



(10) **DE 10 2014 103 907 A1** 2015.09.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 103 907.6**

(22) Anmeldetag: **21.03.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.09.2015**

(51) Int Cl.: **A61G 5/06** (2006.01)

A61G 5/02 (2006.01)

A61G 5/10 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Karlsruher Institut für Technologie, 76131
Karlsruhe, DE**

(72) Erfinder:

**Diehm, Gunter, 76133 Karlsruhe, DE; Hohmann,
Sören, Prof. Dr., 75179 Pforzheim, DE; Wanjek,
Michael, 68753 Waghäusel, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

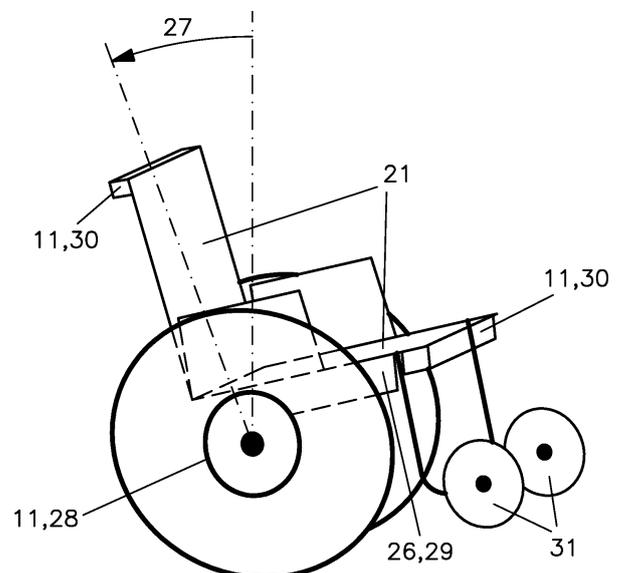
DE	10 2010 008 265	A1
DE	695 33 729	T2
US	2005 / 0 279 551	A1
US	5 971 091	A
US	5 701 965	A
US	5 719 425	A
EP	2 649 973	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Personenfahrzeug und Steuerung eines Personenfahrzeugs sowie ein Verfahren zum Betreiben desselben**

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Betreiben eines Personenfahrzeugs mit mindestens einem Hilfsmotor und mindestens einem dadurch antreibbaren Rad, wobei das Personenfahrzeug unabhängig von äußeren Störungen mit einem über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle vorgegebenen Drehmoment kooperativ auch Hindernisse überwindet. Hierbei sind neben einer Kraftunterstützung während normaler Fahrt auch ein unterstütztes – aber zugleich vom Fahrer kontrolliertes – Balancieren und ein Überwinden von Hindernissen, insbesondere Stufen, in dieser Position möglich.



Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung bezieht sich auf ein Personenfahrzeug, insbesondere ein Rollstuhl, welcher zur Hindernisüberwindung ohne Hilfe durch eine weitere Person oder ohne zusätzlich anzubringende oder mitzuführende Hilfsmittel überwinden kann, gemäß dem ersten Anspruch. Des Weiteren wird ein Verfahren zur Regelung eines solchen Personenfahrzeugs gemäß Anspruch 6 vorgeschlagen.

[0002] Als Selbstfahrer einsetzbare Rollstühle verfügen in der Regel mindestens über zwei unabhängig voneinander motorisch antreibbare Räder bzw. Antriebsräder. Diese werden elektromotorisch angetrieben und können eine Stabilisierung sowohl in der Vorwärts-Rückwärts-Ebene als auch in der Links-Rechts-Ebene oder in beiden Ebenen aufweisen, sobald nicht mehr als zwei Räder zugleich Bodenberührung haben.

[0003] Insbesondere ist hier Gegenstand der Erfindung, dass der Antrieb und die zuvor beschriebene Stabilisierung in der Vorwärts-Rückwärts-Ebene als auch in der Links-Rechts-Ebene des Personenfahrzeugs wahlweise unter Benutzung des Greifrings und der elektromotorisch angetriebenen Räder erfolgt. Hierzu gehört auch die Arbitrierung des Handlungswunsches des Fahrers, welcher Bestandteil des Steuerungs- bzw. Regelungsverfahrens der zusätzlich elektromotorisch angetriebenen Räder ist.

[0004] Fahrzeuge dieser Art werden üblicherweise so betrieben, dass die Bewegung des Fahrzeugs, sowohl geradlinig als auch beim Wenden, durch ein Neigen des Fahrzeugs gesteuert wird, das von einer das Fahrzeug benutzenden Person veranlasst wird. Einige derartige Fahrzeuge werden in der US 5,971,091 A beschrieben.

[0005] Andere Arten von Transportvorrichtungen für Menschen können Steuermechanismen beinhalten, die es dem Personenfahrzeug erlauben, auf zwei Rädern zu balancieren. Die beiden Räder sind hierzu mit einer einzelnen Achse verbunden. Die Achse verbindet die Räder in einer solchen Weise, dass die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung der Vorrichtung senkrecht zu der Achse ist. Die Steuermechanismen können die Vorrichtung und den Benutzer in einer stabilen aufrechten Position halten, indem sie die Räder vorwärts und rückwärts antreiben, um den Schwerpunkt über der Radachse liegend zu halten. Solche Vorrichtungen können zusätzlich für Fortbewegung sorgen, indem zugelassen wird, dass der Schwerpunkt um eine Strecke vorwärts oder rückwärts von der Radachse verschoben wird und die Räder gedreht werden, um den Schwerpunkt an diesem Ort zu halten. Beispiele solcher Vorrichtungen werden in der US 5,701,965 und der US 5,719,425 offenbart.

[0006] Die EP 2649973 A1 offenbart eine Hilfsantriebsvorrichtung welche das von den Antriebseinrichtungen aufgebrachte Drehmoment nicht nur abhängig, von der in die Greifringe eingeleiteten Muskelkraft, sondern auch abhängig von der detektierten Neigung des Rollstuhls in Fahrtrichtung und damit von der Steigung des Geländes abhängig macht.

[0007] Dem vorangegangenen Stand der Technik ist gemein, dass ein Handlungswunsch des Fahrers vom Fahrzeug mittels Neigungssensoren und/oder einem Joystick bzw. einer Mensch-Maschine-Schnittstelle detektiert wird, die jeweilige Handlung wird von dem Fahrzeug aber autonom ohne zusätzlichen Kraftaufwand des Fahrers ausgeführt. Alternativ wird der Fahrer nur durch eine Kraftverstärkung unterstützt, ohne dass zusätzlich in den Regelkreis eingegriffen wird.

[0008] Eine kooperative Handlung, d.h. ein gemeinsames Bewältigen einer Fahraufgabe wie z. B. die Überwindung eines Hindernisses, durch die Kombination der durch den Fahrer und das Personenfahrzeug eingebrachten Drehmomente unter der Berücksichtigung der Einzelschwerpunkte und der einzelnen Trägheitsmomente ist Rahmen des vorgenannten Stand der Technik nicht möglich.

[0009] Auch sind die zum Stand der Technik gehörigen Personenfahrzeuge nicht in der Lage, Hindernisse zu erkennen und einen Handlungswunsch des Fahrers, aufgrund dessen Position und Lage im Fahrzeug abzuschätzen. Auch wird keine Abschätzung der Muskelimpedanz zur Überwindung eines Hindernisses herangezogen.

[0010] Somit geht dem Stand der Technik stets einher, dass eine Fahraufgabe immer mit einer Abgabe der Kontrolle gelöst wird. Entweder wird die Kontrolle an eine weitere Person oder komplett an das Personenfahrzeug übergeben. Dies ist aber aus einem Fitness- bzw. Trainingsaspekt, hinderlich für den Fahrer.

[0011] Davon ausgehend liegt die Aufgabe der Erfindung darin, ein Personenfahrzeug, insbesondere ein Rollstuhl vorzuschlagen, welcher sich durch einen einfachen apparativen Aufwand auszeichnet und die vorgenannten Einschränkungen oder Nachteile des Standes der Technik nicht aufweist.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist ferner, ein Verfahren zum Betreiben eines Personenfahrzeugs mit mindestens einem Hilfsmotor und mindestens einem dadurch antreibbaren Antriebsrad z.B. Rad zu schaffen, wobei das Personenfahrzeug z.B. Rollstuhl unabhängig von äußeren Störungen mit einem über die Mensch-Maschine-Schnittstelle z.B. Greifring vorgegebenen Drehmoment kooperativ auch Hindernisse überwindet.

[0013] Diese oben genannte Aufgabe wird durch ein Personenfahrzeug nach Anspruch 1 und eine Verfahren nach Anspruch 6 gelöst. Auf diese rückbezogenen Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen wieder.

[0014] Die Lösung der Aufgabe sieht ein Personenfahrzeug, insbesondere einen Rollstuhl, umfassend eine Aufnahmeeinrichtung für die Positionierung einer Person im Personenfahrzeug vor.

[0015] Die Aufnahmevorrichtung umfasst hierzu mindestens einen Sitzflächenabschnitt und mindestens einen Rückenlehnenabschnitt wobei in den Sitzflächenabschnitt und/oder den Rückenlehnenabschnitt Sensoren z.B. Drucksensoren, Belegungssensoren, Positionssensoren angebracht oder integriert sind.

[0016] Optional umfasst die Aufnahmevorrichtung des Weiteren auch mindestens eine Ablagefläche für die Füße des Fahrers. Die Ablagefläche ist dementsprechend auch mit einer geeigneten Sensorik ausgestattet ist.

[0017] Über die Sensoren der Aufnahmevorrichtung wird somit die Position und Orientierung und das Gewicht des Fahrers im Fahrzeug bestimmt und an mindestens eine Steuer/Regeleinheit übertragen.

[0018] Position und Orientierung umfasst hier Neigung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Drehrate, Rotation und Spur des Personenfahrzeugs und/oder des Gesamtschwerpunkts.

[0019] Weiterhin umfasst das Personenfahrzeug mindestens ein antreibbares Rad, jeweils mit einem Hilfsantrieb und einem fest angebrachten Greifring für die Person, mit derselben Drehachse wie das Rad und jeweils zwischen Greifring und dem Rad, Mittel zur Drehmoment- und Drehwinkelerfassung.

[0020] Aus dem Stand der Technik sind allgemein Mittel zur Drehmoment- und Drehwinkelerfassung als Drehmomentsensoren mit Dehnungsmessstreifen oder auch nach dem piezoelektrischen, dem magnetoelastischen oder dem optischen Prinzip bekannt.

[0021] Es wird ferner vorgeschlagen, mehrere einzelne Sensorelemente über den Umfang des Rades oder des Greifrings zu verteilen. Alternativ werden Sensorelemente auf einer zentralen Welle angeordnet.

[0022] Auch die räumliche Bewegung insbesondere die Position und Orientierung der Arme und/oder Hände und/oder des Oberkörpers, werden vorzugsweise durch nachfolgend genannte Mittel erfasst und an die Steuer/Regeleinheit übertragen.

[0023] Die linearen Bewegungsanteile werden zum Beispiel durch Beschleunigungssensoren, die Drehanteile durch Drehratensensoren (Kreisel) aufgenommen. Für die Bestimmung einer dreidimensionalen Position und Orientierung ist pro Raumrichtung (X, Y, Z) bzw. Raumkoordinaten je ein Sensorpaar zur Detektion der Bewegungsanteile notwendig.

[0024] Auf Grundlage der Sensordaten werden in der Steuer-/Regeleinheit die Bewegungstrajektorien rekonstruiert und eine zeitliche und räumliche Analyse vorgenommen. Optional wird eine Korrelationsanalyse zur Bestimmung von Bewegungsmustern in Trajektorien durchgeführt. Durch die Verknüpfung der Sensordaten nach einer Sensordatenfusion wird die Bewegungsschätzung mittels eines Kalmanfilters weiter verbessert werden.

[0025] Die vorgenannten Sensoren sind vorzugsweise Teil der Kleidung, der zu befördernde Person, beispielsweise in/an der Jacke und/oder Weste und/oder Hose angeheftet oder eingearbeitet. Alternativ werden diese direkt auf oder in der Haut des Fahrers angebracht.

[0026] Ferner wird durch geeignete Mittel der Umgebungsfreiraum des Personenfahrzeugs erfasst und an die Steuer/Regeleinheit weitergeleitet. Geeignete Mittel hierfür sind Erfassungssysteme basierend vorzugsweise auf Radar, Ultraschall, Lidar und/oder optischen Kamerasystem und der Gleichen, diese können entsprechende Sensoren aus dem Stand der Technik sein und sind einem Fachmann hinlänglich bekannt. Die Grundsysteme dieser Mittel sind hinlänglich bekannt.

[0027] Es ist vorgesehen, dass die Steuer-/Regeleinheit mit mindestens einem Hilfsantrieb, mit oder ohne Getriebe derart verbunden ist, dass ein Soll-Drehmoment M_{SOLL} des Hilfsantriebs und eine Soll-Winkelbeschleunigung α_{SOLL} des zugehörigen Antriebsrads jeweils als eine Funktion des erfassten Ist-Drehmoments M_{IST} an dem Antriebsrad des Personenfahrzeugs, steuer- und regelbar ist.

[0028] Das durch die Steuer-/Regeleinheit berechnete Zusatzdrehmoment M_{ZUS} wird durch den Hilfsantrieb, vorzugsweise durch einen in der Felge liegend Radnabenmotor, an das Antriebsrad abgegeben. Alternativ werden ein oder mehrere Hilfsantriebe vorgesehen, optional auch unter der Sitzfläche.

[0029] Weiterhin ist vorgesehen das die Steuer-/Regeleinheit zur Berechnung des Soll-Drehmoments M_{SOLL} die erfassten Positions- und Orientierungsdaten des Personenfahrzeugs, die Positions- und Orientierungsdaten des Fahrers und die in der Steuer-/Regeleinheit berechneten Positions- und Orientierungsdaten des Gesamtschwerpunkts aus Fahrer und Fahrzeug sowie das berechnete Gesamtträgheitsmoment aus den Trägheitsmomenten um die Raumachsen (X, Y, Z-Achse) des Gesamtschwerpunkts in die Bildung des Soll-Drehmoments M_{SOLL} mit einbezieht.

[0030] Das Soll-Drehmoment des Antriebsrad M_{SOLL} umfasst die Momente durch die eingeprägte Kräfte am Greifring, die erfassten Position und Orientierungsdaten des Personenfahrzeugs, die erfasste Position und Orientierungsdaten des Fahrers, die Position und Orientierungsdaten des Gesamtschwerpunkts sowie das Ist-Drehmoment M_{IST} .

[0031] Die Steuer/Regeleinheit deutet bzw. erkennt aufgrund von Sensorinformationen an den Drehmomentensensoren zwischen Greifring und Rad bzw. der Mensch-Maschine-Schnittstelle und den zeitgleich erfassten Sensordaten der Bewegung der Arme und/oder des Oberkörpers den Handlungswunsch des Fahrers.

[0032] Hierzu werden die vom Fahrer am Rad eingeprägte Kraft sowie die Position der Arme und/oder des Oberkörpers gemessen und die Muskelimpedanz geschätzt.

[0033] Durch entsprechende Ansteuerung des Hilfsantriebs wird der Fahrer bei der Ausführung seiner Handlung unterstützt, ohne jedoch seine Handlungswirkung zu ersetzen oder zu überstimmen.

[0034] Die Muskelimpedanz wird hier als eine nicht messbare und daher nur geschätzte Größe der innere Verspannungszustände Arm und/oder Oberkörpermuskulatur definiert. Die Muskelimpedanz (mechanische Impedanz) des Bewegungssystems der Arme und/oder des Oberkörpers (oberer Teil des menschlichen Körpers) beschreibt die Steifigkeit der über mehrere Knochen, Gelenke und Muskeln verbundenen Mehrkörperkette. Durch die paarweise Anordnung von Muskeln in Agonisten und Antagonisten werden einzelne Muskeln, Gelenke und somit der ganze Arm bzw. die Arme und/oder der Oberkörper in bestimmten Positionen verspannt bzw. angespannt, sodass sich der/die Arm(e) und/oder der Oberkörper neben der Beweglichkeit durch bewusst angesteuerte Muskelaktivierungen auch ähnlich einer passiven Feder verhält, welche auf Auslenkungen mit einer proportionalen Gegenkraft reagiert. Die Schätzung der Muskelimpedanz erfolgt anhand eines kinetischen Näherungsmodells) der Arme und/oder des Oberkörpers, wobei die beteiligten Knochen, Muskeln und Gelenke auf einem geeigneten Abstraktionslevel beschrieben werden.

[0035] Das kinetischen Näherungsmodell wird insoweit abstrahiert, dass es sich auf eine Mehrkörperkette bezieht, wobei für die einzelnen Elemente der Mehrkörperkette von einem Crash-Test-Dummy abgeleitet werden. Auf Grundlage des Crash-Test-Dummys z. B. dem Hybrid III 50th Male Dummy werden die normierten Abmaße und Gewichte der einzelnen Körperteile herangezogen. Hieraus werden für den Fahrer normierte Trägheitsmomente und Schwerpunkte bestimmt und je nach Fahrsituation abgeglichen. Der Hybrid III 50th Male Dummy ist ein Abbild des durchschnittlichen männlichen Menschen. Auf der Grundlage seiner Daten wird ein Modell aus Zylindern und Quadern für die einzelnen Körperteile erstellt. Dadurch entsteht eine Annäherung an den echten Körper eines Menschen. Die Position der Person (Fahrer) wird über die Aufnahmevorrichtung ermittelt. Aus den gemessenen Werten, Gewicht und/oder der Position der Person (des Fahrers) erfolgt auch eine Plausibilitätsprüfung, bzw. eine Anpassung an die in dem Modell hinterlegten Werte des Crash-Test-Dummys.

[0036] Mit Hilfe des kinetischen Näherungsmodells wird mit dem Drehmomentverlauf der eingepprägten Drehmomente und der Bewegungsverläufe der Arme eine Muskelimpedanz der Arme dynamisch geschätzt. Dies geschieht z. B. in Form eines Kalman-Filters. Vorteilhafterweise werden hier weiter Sensordaten mit einbezogen z. B. der Anpressdruck aus der Gewichts-Positionsermittlung in der Aufnahmeeinrichtung.

[0037] Da die Muskelimpedanz vom Menschen durch das neuromuskuläre System variierbar ist, ist sie als ein Indikator für die Handlungsabsicht heranziehbar. Für das Personenfahrzeug werden ebenso Gewicht, Trägheitsmoment und die Position und Orientierung des Schwerpunkts herangezogen.

[0038] In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst das Fahrzeug mindestens zwei Radnabenmotoren und einen elektrischen Energiespeicher. Die Radnabenmotoren sind so ausgelegt, dass sie ausreichend Drehmoment aufbringen können, um das Gewicht der Personenfahrzeugs und der Person (Fahrer) über Steigungen und Hindernisse zu bewegen. Hierbei ist neben einer Kraftunterstützung während normaler Fahrt mit mehr als zwei Rädern auf dem Boden auch ein unterstütztes – aber zugleich vom Fahrer kontrolliertes – Balancieren auf den Hinterrädern (angetriebene Räder, Rad) und ein Überwinden von Hindernissen, insbesondere Stufen, in dieser Position möglich.

[0039] Die an die Hilfsmotoren über die Mensch-Maschine-Schnittstelle kommandierten Drehmomente werden in der Steuer-/Regeleinheit dabei derart berechnet, dass

- a) die Person jegliche Bewegung des Personenfahrzeugs initiiert und kontrolliert,
- b) die Person dafür nur geringe Muskelkraft benötigt und
- c) die Steuer-/Regeleinheit ein mangelndes Balancegefühl der Person kompensiert.

[0040] Durch zusätzliche Sensorik wird die Fahrsituation ermittelt, d.h. die Lage und Position des Personenfahrzeugs (Rollstuhls), Sitzposition der Person und Hindernisse detektiert.

[0041] Die Steuer-/Regeleinheit ist derart ausgelegt, dass sie das Personenfahrzeug durch Ansteuerung der Hilfsmotoren in eine auf den Hinterrädern (Räder) balancierende Position bringen und dort stabil halten kann.

[0042] Weiterhin ist sie robust in Bezug auf unterschiedliche Körpergewichte und -größen sowie gegenüber Störungen, wie plötzlichen Schwerpunktverlagerungen durch ruckartige Bewegungen der Person.

[0043] Durch die Regelung kann die balancierende Position auch an Steigungen oder an Stufen (veränderliche Steigung) aufrechterhalten werden.

[0044] Die Person und das Personenfahrzeug bilden einen Gesamtschwerpunkt und ein Gesamtträgheitsmoment, welche aus den übertragenen Informationen der Sensoren durch die Steuer/Regeleinheit berechnet werden. Die Steuer/Regeleinheit gibt nach Abschätzung bzw. Berechnung und Auswahl eines geeigneten Reglers, der jeweiligen Fahrsituation angepasst, ein Signal zum Aufbringen eines Zusatzmoments M_{ZUS} an den Hilfsantrieb.

[0045] Aus den erfassten Daten, was auch jeweils die räumliche Bewegung umfasst wird die Muskelimpedanz abgeschätzt und die Handlungsabsicht abgeleitet. Hierzu werden die Positions- und Orientierungsdaten des Personenfahrzeugs, sowie die Positions- und Orientierungsdaten des Fahrers, im speziellen Positions- und Orientierung der Arme und/oder des Oberkörpers herangezogen.

[0046] Ein Steuer- und Regelkreis umfasst die Führungsgrößen wie Soll-Drehmoment M_{SOLL} mindestens eines Rads und eine Soll-Winkelbeschleunigung α_{SOLL} mindestens eines Rads und die Handlungsabsicht des Fahrers und/oder der Gesamtschwerpunkt, des Weiteren umfassend Stellgrößen wie eine Steuer-/Regeleinheit mit mindestens einem Regler, der für das mindestens eine Rad zur Verfügung gestellte Drehmoment. Ferner die Regelstrecke welche das Personenfahrzeug darstellt und die ermittelte Ist-Geschwindigkeit V_{IST} des Personenfahrzeugs das ermittelte Drehmoment M_{IST} mindestens eines Rads und eine ermittelte Ist-Winkelbeschleunigung α_{IST} mindestens eines Rads, die ermittelte Positions- und Orientierungsdaten des Personenfahrzeugs die Positions- und Orientierungsdaten des Fahrers und der Positions- und Orientierungsdaten des Gesamtschwerpunkts die Regelgrößen umfasst. Über diese hinaus wird die Steigung m einer Fahrstrecke und/oder die Traktion bzw. die Reibungskraft F_{R} mindestens eines Rades und/oder die Hindernis-Charakterisierung und/oder die Änderung eines Trägheitsmoments als Störgrößen für den Steuer- und Regelkreis mit einbezogen und zur Ermittlung des Soll-Drehmoments M_{SOLL} und der Soll-Winkelbeschleunigung α_{SOLL} des mindesten einen Rads und der Soll-Positions- und Orientierungsdaten POD_{SOLL} der Gesamtschwerpunkt und dessen räumliche Änderung berücksichtigt.

[0047] Auf Grundlage der der Fahrsituation, und der Handlungsabsicht des Fahrers wird eine geeignete Reglerart ausgewählt und ein Zusatzmoment M_{ZUS} durch die Steuer-/Regeleinheit vorgegeben. Zur Abschätzung der Fahrsituation werden der Umgebungsfreiraum sowie die Traktion mindestens eines Rads berücksichtigt.

[0048] Das durch den Fahrer am Greifring eingeprägte IST-Drehmoment M_{IST} , wird nach der Arbitrierung durch einen Hilfsantrieb aufgebrachte Zusatzmoment M_{zus} überlagert.

[0049] Per Definition ist eine Arbitrierung ein Einigungsprozess zwischen mehreren Partnern über gemeinsame Ziele und/oder gemeinsam verwendete Ressourcen. Der Ablauf einer Arbitrierung im Fall zweier ungleich berechtigter Partner d.h. der Fahrer soll die Kontrolle behalten, besteht aus mehreren Schritten. Dazu zählt das gegenseitige Erkennen der Handlungsabsicht der Person (Fahrer) sowie das Kommunizieren der erkannten Absicht und letztlich die Verifikation bzw. Kontrolle des erkannten Handlungswunsches bzw. die Einigung über das gemeinsame Ziel bzw. die gemeinsame Handlung. Bezogen auf die Erfindung gehört als Prozess bereits die Erkennung der Handlungsabsicht. Im Rahmen der Erfindung wird bereits die Erkennung der Handlungsabsicht einer Arbitrierung unterzogen.

[0050] Hierbei werden allgemein die Stellgrößen beider Partner miteinander verknüpft und eine resultierende gemeinsame Stellgröße für die nachgelagerte Motoransteuerung bestimmt. Diese Verknüpfung wird in der Regel eine beliebige komplexe regelungs-/informationstechnische Funktion sein.

[0051] Im einfachsten Fall wäre dies die Subtraktion oder Addition des Fahrermomentes vom Reglermoment, sodass der Motor genau die Differenz zum Reglermoment aufbringt, den der Fahrer nicht bereits am Rad eingepägt hat. Eine solche Subtraktion oder Addition kann natürlich auch gewichtet erfolgen z. B. zur Mittelwertbildung. Werden auch vergangene Werte beider Signale berücksichtigt, ergeben sich FIR-/IIR-Filter bzw. sonstige lineare Übertragungsglieder. Eines der beiden Momente kann auch verzögert auf das andere addiert werden. Weiterhin sind auch nichtlineare systemtheoretische Operationen denkbar. Alternativ kann die Verknüpfung durch ein künstliches neuronales Netz erfolgen oder auf Basis von Regeln programmiert werden, z. B. Fuzzy-Logik. Die Verwendung spieltheoretischer Ansätze stellt eine weitere Alternative dar, ebenso online-optimierungsbasierte Methoden.

[0052] In allen genannten Fällen kann die Verknüpfung dabei zeitkontinuierlich oder in Abhängigkeit von Ereignissen zu diskreten Zeitpunkten erfolgen. Neben einer ausschließlich gleichzeitigen Verarbeitung beider Stellgrößen kann auch eine sequentielle Verarbeitung zum Einsatz kommen, sodass zeitweise nur einer der beiden Partner die Ansteuerung des Motors kontrolliert.

[0053] Alternativ, wird die Kenntnis über das zukünftige Verhalten des Reglers mit einbezogen, sodass modellprädiktive Verfahren durchführbar sind. Dieser Einigungsprozess bzw. die Arbitrierung beinhaltet zusätzlich Sicherheitsfunktionen zum Schutz des Fahrers, sodass z.B. die Hände nicht aufgrund übermäßiger Beschleunigungen des Greifringes durch den Motor verletzt werden. Hier kommt etwa eine regelbasierte Begrenzung des Ausgangsmomentes zum Einsatz. Auch eine situationsabhängige Sicherheitsabschaltung des Motors für den Fall längeren Kontaktabbrisses der Hände zum Rad wird hier berücksichtigt.

[0054] Die Verspannung oder Anspannung als Pendant zur Federkonstante kann durch die Muskelpaare variabel eingestellt werden und gibt Hinweise auf die Bewegungsintention am Arm bzw. die Handlungsabsicht des Fahrers (Person). Die Handlungsabsicht der Person (Fahrer) lässt sich somit aus den Arm- und/oder Oberkörperbewegungen, der jeweiligen Muskelimpedanz und der durch den Fahrer eingepägten Momenten an einem Antriebsrad (Rad) ermitteln.

[0055] Eine große Muskelimpedanz bei nach vorne gerichteten Armen ohne nennenswerte Bewegung der Arme deutet auf die Absicht bremsen bei normaler Fahrt hin. Ebenso kann die die Absicht bremsen/stehen bei nach vorne geneigter Rampe auf die kommende Absicht Stufe überwinden bei zusätzlichem Kontakt zu einer Stufe am Rad hindeuten.

[0056] Nachfolgende werden die möglichen Handlungsabsichten kategorisiert dargestellt:

- C1) konstante Fahrt vorwärts auf Ebene sowie einer Rampe Pendelbewegungen der Arme mit mittlerer Muskelimpedanz und Momenteneinprägung in der Vorwärtsbewegung
- C2) Beschleunigung vorwärts auf Ebene/Rampe Pendelbewegungen, hohe Kraft in Vorwärtsbewegung
- C3) Abbremsen vorwärts
- C4) konstante Fahrt rückwärts, Pendeln der Arme, mittlere Muskelimpedanz in Rückwärtsbewegung)
- C5) Beschleunigen rückwärts
- C6) Bremsen rückwärts
- C7) Ankippen in Balance, ruckartige Bewegung der Arme mit sehr hoher Muskelimpedanz und Momenteneinprägung mit schnellem Richtungswechsel, zunächst rückwärts, dann vorwärts

- C8) Hindernis rückwärts überwinden aus der Balance
- C9) Balance halten, kleine Korrekturbewegungen, hohe Muskelimpedanz, geringe Momente
- C10) in der Balance fahren
- C11) Kurve fahren, unsymmetrische Bewegung der Arme

[0057] Zusätzlich wird hierbei die Steigung und das Umfeld erkannt und kategorisiert, z.B.

- A1) waagrechte Ebene, ohne Hindernis
- A2) schiefe Ebene, ohne Hindernis
- A3) waagrechte Ebene, mit Hindernis z. B. symmetrische Treppenstufe oder Kante
- A4) waagrechte Ebene, mit Hindernis z. B. unsymmetrisches Hindernis wie eine Wendeltreppe, etc.

[0058] Zusätzlich wird aus den Sensorendaten die relative Position der Person (Fahrer) zum Personenfahrzeug und damit die Lage des Gesamtschwerpunkts sowie des Gesamtträgheitsmomentes ermittelt.

- B1) normale Sitzposition, Arme angewinkelt, Hände oben an den Greifringen
- B2) normale Sitzposition, Arme gestreckt nach oben oder vorne
- B3) normale Sitzposition, jedoch Beine ausgestreckt oder angezogen
- B4) nach vorne gebeugter Oberkörper.

[0059] Der kooperative Regler wird hier definiert als in verschiedenen Modi, der je nach Modus nicht oder nicht nur stabilisiert. Die folgende Tabelle enthält für die verschiedenen Kombinationen aus detektiertem Handlungswunsch C1 bis C11 und vorliegender Fahrsituation A1 bis A4 geeignete Reglerarten.

	A1	A2	A3	A4
C1	Linearer dynamischer Regler (v-Regelung), evtl. auch einfache regelbasierte Implementierung	Linearer dynamischer Regler (v-Regelung) mit Rückrollschutz beim Umgreifen, evtl. auch regelbasierte Implementierung		
C2	Linearer dynamischer Regler (v-/a-Regelung) / regelbasiert	Linearer dynamischer Regler (v-/a-Regelung) mit Rückrollschutz beim Umgreifen, evtl. regelbasiert		
C3	Linearer dynamischer	Linearer dynamischer		

	Regler mit Sollwertgeber zum Schutz vor zu starkem Abbremsen	Regler mit Sollwertgeber zum Schutz vor zu starkem Abbremsen, unter Berücksichtigung der Hangabtriebskraft		
C4-C6	Wie C1-C3, abweichende Parametrierungen			
C7	Nichtlinearer Mehrgrößen-Optimalregler, (φ, x) -Regelung Auch lin. dyn. Regler mit I-Anteil möglich	Nichtlinearer Mehrgrößen-Optimalregler, (φ, x) -Regelung Auch lin. dyn. Regler mit I-Anteil möglich	Nichtlinearer dynamischer Regler φ -Regelung mit Randbedingungen in x	Nichtlinearer dynamischer Regler φ -Regelung mit Randbedingungen in x
C8			Linearer/nichtlinearer Mehrgrößenregler (φ, x) -Regelung, mit I-Anteil	Linearer/nichtlinearer Mehrgrößenregler (φ, x) -Regelung, mit I-Anteil, asymmetrische Ansteuerung beider Räder
C9	Linearer dynamischer Regler (mindestens PID), φ -Regelung	Linearer dynamischer Regler (mindestens PID), φ -Regelung	Nichtlinearer dynamischer Regler (mindestens PID), φ -Regelung, Randbedingungen in x	Nichtlinearer dynamischer Regler (mindestens PID), φ -Regelung, Randbedingungen in x
C10	Linearer	Linearer		

	dynamischer Regler (mindestens PID), φ - und x-/v-Regelung, Kaskadenstruktur	dynamischer Regler (mindestens PID), φ - und x-/v-Regelung, Kaskadenstruktur		
C11	Wie C1-C3, abweichende Parametrierung und asymmetrische Ansteuerung beider Räder			

[0060] Als Umgebungsfreiraum wird hier definiert als Gesamtheit dessen, was das Fahrzeug umgibt, besonders Landschaft, Bauwerke, Straßen, Randsteine, Hindernisse im Allgemeinen usw. im Umkreis um einen Ort, ein Haus o. Ä..

[0061] Als Hinderniserkennung wird hier ein Vorgang definiert, welcher durch die an dem Fahrzeug angebrachten Sensoren in der Lage ist eine Erkennung eines Hindernisses sowie eine Kategorisierung des Hindernisses durchzuführen. Hierzu wird auf Grundlage der mit Sensoren ermittelten Geometrie des Hindernisses eine Fallunterscheidung betreffend der Überwindbarkeit vorgenommen. Auf Grundlage der im Steuergerät hinterlegten Algorithmen und unter Bezugnahme auf die ermittelten geometrischen Werte des Hindernisses kann eine Einteilung in ein überwindbares Hindernis oder ein nicht überwindbares Hindernis erfolgen.

[0062] Für den Fall das der Handlungswunsch des Fahrers, in Bezug auf das Hindernis bzw. die Fahrsituation, nicht den Möglichkeiten des Fahrzeugs entspricht oder der Handlungswunsch, in Bezug auf das Hindernis bzw. die Fahrsituation, den Fahrer in eine gefährliche Situation bringen würde, wird die vom Fahrzeug gegebenen Unterstützung zur Durchführung des Handlungswunsches nicht ausgeführt. Stufen sind sowohl überwindbare Hindernisse wie auch nicht überwindbares Hindernisse.

[0063] Die Stufen selbst werden hierzu nochmals unterschiedlich in der Hinderniserkennung in drei Arten unterteilt.

[0064] Eine Treppe oder Wendeltreppe wird wie eine endliche Aneinanderreihung von Stufen behandelt. Ein Bordstein oder der Gleichen, wird hier auch als eine Stufe angesehen.

[0065] Eine Stufe besitzt eine ebene Fläche, welche Auftritt genannt wird. Der Auftritt wird waagrecht von der Vorderkante einer Stufe bis zur Projektion der Vorderkante der folgenden Stufe in der Lauflinie gemessen. Die Höhe einer Stufe wird als Steigung definiert. Die Steigung wird lotrecht von der Vorderkante der Stufe zur Vorderkante der Trittfläche der folgenden Stufe im Gehbereich gemessen. Als Laufbreite wird die nutzbare Breite einer Stufe bezeichnet.

[0066] Die „lange Stufe“ ermöglicht es dem balancierenden Rollstuhl, auf einem Auftritt zu stehen. Das Rad berührt dabei mit seinem tiefsten Punkt den Auftritt. Sobald das Antriebsrad die Kante einer langen Stufe berührt, dreht sich das Rad auf einer Kreisbahn um den Berührungspunkt der Kante. Der Abstand bis zur Kante wird mit X_r bezeichnet.

[0067] Bei einer „kurzen Stufe“ hängt das Antriebsrad über die Kante über. Die Räder berühren nie den Auftritt, sondern nur die Kanten der Stufen.

[0068] Bei einer sehr kurzen Stufe sind die einzelnen Stufen so klein, dass das Antriebsrad nicht die Kante der untersten Stufe, sondern erst die Kante einer der nächsten Stufen berührt.

[0069] Stabilität wird hier den mechanischen Zustand einer Betriebsposition des Personenfahrzeugs bezogen. Die Methode der Einstellung der Motordrehmomente im Gleichgewichtsmodus eine Vorwärts-Rückwärts-Stabilität ermöglicht, die ohne die Notwendigkeit zusätzlicher Stabilisierungsräder oder Verstrebrungen erreicht werden kann, auch wenn derartige Stabilitätshilfen zusätzlich angeordnet sind.

[0070] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen und den Figuren näher erläutert.

[0071] Hierbei zeigen:

[0072] Fig. 1: Eine schematische Darstellung des erfindungsgemässen kooperativen Steuer- und Regelkreises

[0073] Fig. 2: Eine schematische Ansicht des Personenfahrzeugs (Rollstuhl)

[0074] Fig. 3: Eine schematische Darstellung einer Person (Fahrer) mit Sensoren zur Erfassung der Armbewegung

[0075] In den Figuren sind für gleiche oder gleich wirkende Elemente der Erfindung identische Bezugszeichen verwendet. Ferner sind der Übersicht halber nur Bezugszeichen in den einzelnen Figuren dargestellt, die für die Beschreibung der jeweiligen Figur erforderlich sind. Die dargestellten Ausführungsformen stellen lediglich Beispiele dar, wie das erfindungsgemäße Fahrzeug ausgestaltet sein kann und sind nicht als abschließende Begrenzung zu verstehen. Die Größenverhältnisse der einzelnen Elemente zueinander in den Figuren entsprechen nicht immer den realen Größenverhältnissen, da einige Formen vereinfacht und andere Formen zur besseren Veranschaulichung vergrößert im Verhältnis zu anderen Elementen dargestellt sind.

[0076] In Fig. 1 ist der kooperative Regelkreis dargestellt wobei mit den Pfeilen der jeweilig Signalweg demonstriert wird. Block 1 (Fahrer/Person) liefert das Initiale Signal zur Fortbewegung welches in Block 2 (Mensch-Maschine-Schnittstelle / Greifring) und Block 3 (Bewegungssensoren) eingehen. Die erfassten Sensorendaten aus Block 3 werden sowohl in Block 4 (Impedanzschätzung) als auch in Block 6 (Handlungsabsichtsdetektion) weiterverarbeitet. Hier wird auch das Ergebnis der Impedanzschätzung aus Block 4 und Block 12 (Situationsbewertung) mit einbezogen. Ebenso wird das Signal aus Block 2 (Mensch-Maschine-Schnittstelle) welches in Block 5 (Momentensensor) erfasst wird zum einen in Block 4 und direkt in Block 6 entriert. Das Ergebnis aus Block 6 wird als Eingangssignal in Block 7 (kooperativer Regler) zusammen mit Block 12 (Situationsbewertung) und Block 11 (Sensoren am Fahrzeug) an Block 8 (Arbitrierung) übergeben. In Block acht findet ebenso Eingang das Signal aus Block 4, Block 5 und Block 12. Nach erfolgter Arbitrierung in Block 8 wird ein Signal an Block 9 (Motoren) des Hilfsantriebs gesendet. Das Drehmoment der Motoren wird additiv mit Block 2 zusammengeführt und an Block 10 (Rollstuhlssystem) weitergegeben. Das Gesamtdrehmoment wird über geeignete Feedback-Aktoren (nicht dargestellt) an die Mensch-Maschine-Schnittstelle zurück übermittlelt. Auch die subjektive Wahrnehmung des Fahrers (13) sowie die Sensoren am Fahrzeug (Block 11) wird durch den Zustand des Rollstuhl-System (Block 10) beeinflusst. Durch die Informationen aus Block 11 wird somit die Situationsbewertung in Block 12 komplettiert.

[0077] In Fig. 2 wird in einer schematischen Ansicht das Personenfahrzeug (Rollstuhl) dargestellt, wobei sich dieses in einer Balance-Position befindet. In der Balance-Position ist der Kippwinkel 27 ungleich 0°. Im Einzelnen zeigt Fig. 2 eine Aufnahmeeinrichtung mit Druckmatten 21 für eine Person (nicht dargestellt) wobei die Person über den Greifring 25 ein Drehmoment an das antreibbare Rad (Rad) 23 ausgibt. Des Weiteren umfasst das Fahrzeug eine Drehachse 22 welche kongruent mit der Raumachse z ausgerichtet ist und an der die antreibbaren Räder 23 angebracht sind. Ferner wird eine Batterie 26, ein Steuergeräten 29, Drehzahl-, Drehmomentsensor 28, Drehraten-, Beschleunigungssensoren 30, Fußstützen mit Drucksensoren 31 dargestellt.

[0078] In Fig. 3 wird in einer schematischen Ansicht eine Person eins dargestellt, wobei an den Extremitäten (Arme) der Person Sensoren befestigt sind.

[0079] Hierbei handelt es sich um Sensoren zur Aufnahme der räumlichen Bewegung, Position- und Orientierung der Arme und/oder des Oberkörpers der Person 33.

Bezugszeichenliste

1	Fahrer / Person
2	Mensch-Maschine-Schnittstelle
3	Bewegungssensoren des Fahrers
4	Impedanzschätzung
5	Momentensensor
6	Handlungsabsichtsdetektion
7	Kooperativer Regler
8	Arbitrierung (Verifikationsinstanz)
9	Motoren
10	Rollstuhl-System
11	Sensoren am Fahrzeug
12	Situationsbewertung
13	Wahrnehmung des Fahrers
14	Arm- und Oberkörperbewegungen
20	Personenfahrzeug
21	Aufnahmeeinrichtung mit Druckmatten
22	Drehachse
23	antreibbares Rad (Rad)
24	Hilfsantrieb (Antrieb)
25	Greifring
26	Steuer-/Regeleinheit
27	Kippwinkel
28	Drehzahl-, Drehmomentsensor
29	Energiespeicher
30	Drehraten-, Beschleunigungssensoren
31	Fußstützen mit Drucksensoren
33	Sensoren zur Aufnahme der räumlichen Bewegung, Position- und Orientierung der Arme und/oder des Oberkörpers der Person

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- US 5971091 A [0004]
- US 5701965 [0005]
- US 5719425 [0005]
- EP 2649973 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Personenfahrzeug (20), umfassend eine Aufnahmeeinrichtung (21) für die Positionierung einer Person (1) im Personenfahrzeug (20), wobei Person (1) und Personenfahrzeug (20) einen gemeinsam resultierende gemeinsam resultierende Gesamtschwerpunkt und ein Gesamtträgheitsmoment bilden und eine Drehachse (22) für mindestens ein Rad (23) mit mindestens einem Hilfsantrieb (24) vorgesehen ist, und wobei an jedem Rad (23) jeweils ein fest angebrachter Greifring (25) für die Person (1) vorgesehen ist, wobei jeweils auf dem und/oder zwischen Greifring (25) und dem Rad (23) Mittel zur Erfassung der durch die Person (1) eingepprägaren Drehmomente angebracht sind und Mittel zur Bestimmung der Position und Orientierung des Personenfahrzeugs (20) sowie von Person (1) mit mindestens einer Steuer-/Regeleinheit (26) derart mit dem Hilfsantrieb (24) verbunden sind, dass Steuersignale an den Hilfsantrieb (24) sendbar sind, wobei die Steuer-/Regeleinheit (26) ein Soll-Drehmoment M_{SOLL} und eine Soll-Winkelbeschleunigung α_{SOLL} von mindestens einem Rad (23) jeweils als eine Funktion der erfassten Positions- und Orientierungsdaten des Personenfahrzeugs (20) und der erfassten Positions- und Orientierungsdaten der Person (1) und die berechneten Positions- und Orientierungsdaten des Gesamtschwerpunkts bilden **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel zur Erfassung von räumlicher Bewegung, Position und Orientierung der Arme und/oder des Oberkörpers der in der Aufnahmeeinrichtung (21) des Personenfahrzeugs (20) anwesenden Person (1) vorgesehen sind.
2. Personenfahrzeug (20) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erfassung der räumlichen Bewegung die Position und Orientierung der Arme und/oder des Oberkörpers in die Kleidung der Person (1) in der Aufnahmeeinrichtung (21) des Personenfahrzeugs (20) integriert ist.
3. Personenfahrzeug (20) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel zur Erfassung des Umgebungsfreiraums des Personenfahrzeugs (20) vorgesehen sind.
4. Personenfahrzeug (20) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Steuer-/Regeleinheit (26) ein Zusatzmoment M_{ZUS} in Abhängigkeit der Reglerart an dem Hilfsantrieb (24) aufbringbar ist.
5. Personenfahrzeug (20) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Personenfahrzeug (20) zusammenklappbar ist.
6. Verfahren zum Betreiben eines Personenfahrzeugs (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend folgende Verfahrensschritte:
 - a) Kontinuierliches erfassen der Positions- und Orientierungsdaten des Personenfahrzeugs (20),
 - b) Kontinuierliches Erfassen der Positions- und Orientierungsdaten der Person (1) in der Aufnahmeeinrichtung (21) des Personenfahrzeugs (20)
 - c) Kontinuierliches Ermitteln von Gesamtschwerpunkt des Personenfahrzeug sowie dessen Positions- und Orientierung,
 - d) Kontinuierliche Ermittlung der Trägheitsmomente um die Raumkoordinaten des Gesamtschwerpunkts,
 - e) Kontinuierliches Erfassen des Umgebungsfreiraums des Personenfahrzeugs (20)
 - f) Erfassen der räumlichen Bewegung, Positions- und Orientierung der Arme und/oder des Oberkörpers der Person (1),
 - g) Abschätzung der Muskelimpedanz der Arme und/oder des Oberkörpers der Person (1),
 - h) Bewerten und Kategorisieren der Fahrsituation,
 - i) Ableiten der Handlungsabsicht der Person (1)
7. Verfahren zum Betreiben eines Personenfahrzeugs (20) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Steuer- und Regelkreis dadurch gebildet wird, dass ein Soll-Drehmoment M_{SOLL} mindestens eines Rads und eine Soll-Winkelbeschleunigung α_{SOLL} mindestens eines Rads und die Handlungsabsicht der Person (1) und/oder der Gesamtschwerpunkt die Führungsgrößen, mindestens einer Steuer-/Regeleinheit (26) mit mindestens einem Regler, der für das mindestens eine Rad (23) zur Verfügung gestellte Drehmoment, die Stellgröße, die Regelstrecke das Personenfahrzeug (20) und

die ermittelte Ist-Geschwindigkeit V_{IST} des Personenfahrzeugs (20) das ermittelte Drehmoment M_{IST} mindestens eines Rads (23) und
eine ermittelte Ist-Winkelbeschleunigung α_{IST} mindestens eines Rads (23) die ermittelte Positions- und Orientierungsdaten des Personenfahrzeugs (20)
die Positions- und Orientierungsdaten der Person (1) und der Positions- und Orientierungsdaten des Gesamtschwerpunkts die Regelgrößen bilden.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Steigung einer Fahrstrecke und/oder
die Traktion mindestens eines Rades (23) und/oder
der Hinderniserkennung und/oder
eine zeitliche Änderung eines Trägheitsmoments um die Raumachsen des Gesamtschwerpunkts als Störgrößen für den Steuer- und Regelkreis ermittelt
und beim Ermitteln des Soll-Drehmoments M_{SOLL}
und der Soll-Winkelbeschleunigung α_{SOLL} des mindestens einen Rads (23) und der Soll-Positions- und Orientierungsdaten POD_{SOLL} der Gesamtschwerpunkt und dessen räumliche Änderung berücksichtigt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch den kooperativen Regler auf Grundlage der der Fahrsituation, und
der Handlungsabsicht der Person (1) eine Reglerart auswählt und
ein Zusatzmoment M_{ZUS} durch die Steuer-/Regeleinheit (26) vorgegeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die durch die Person (1) am Greifring (25) eingeprägte IST-Drehmoment M_{IST} , zusätzlich durch mindestens einen Hilfsantrieb (24) aufgebrachte Zusatzmoment M_{ZUS} nach einer Arbitrierung überlagert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Abschätzung der Fahrsituation, der Umgebungsfreiraum berücksichtigt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Abschätzung der Fahrsituation, die Traktion der durch das Zusatzmoment M_{ZUS} beaufschlagten Räder (23) berücksichtigt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

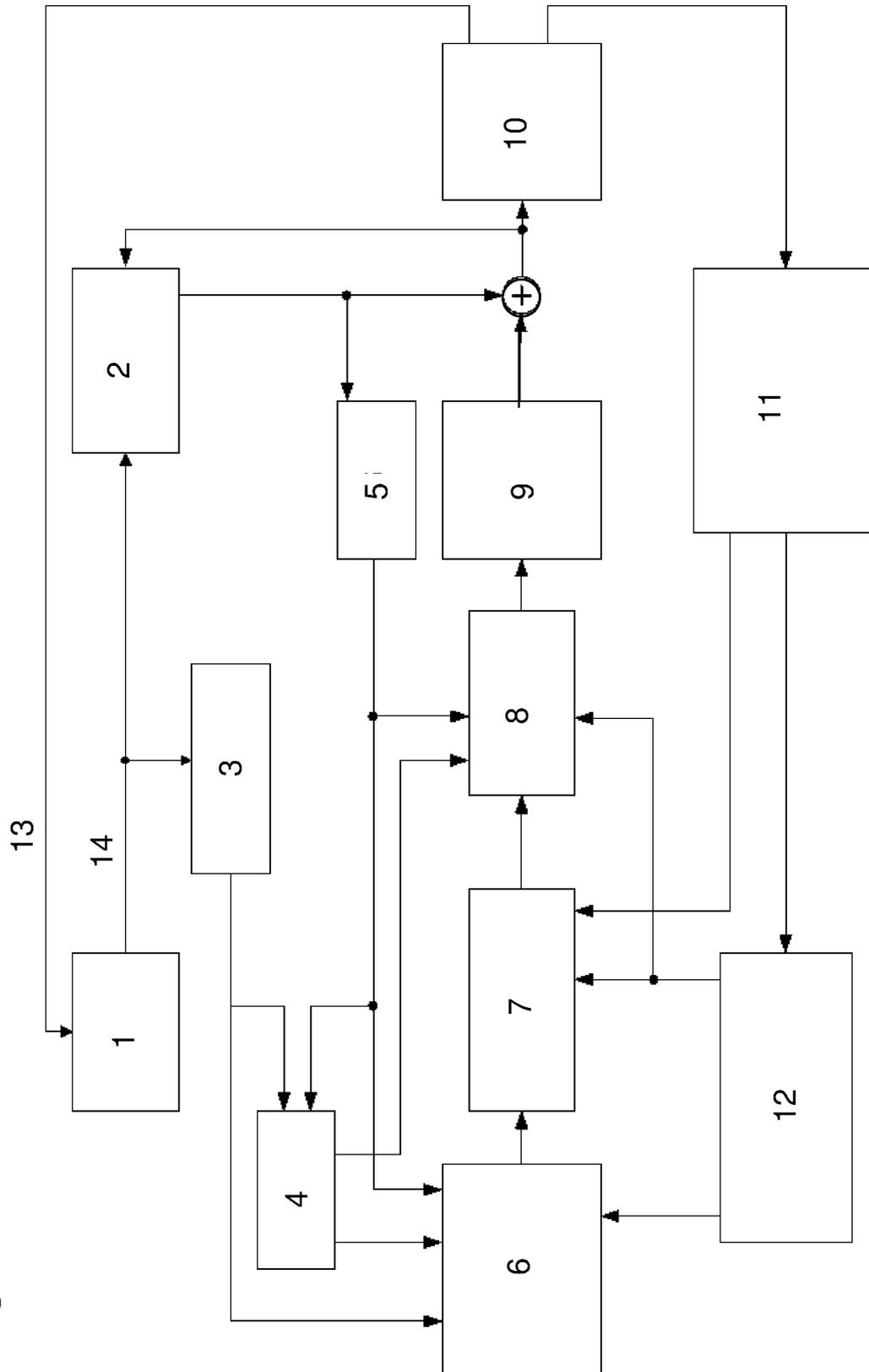


Fig. 2

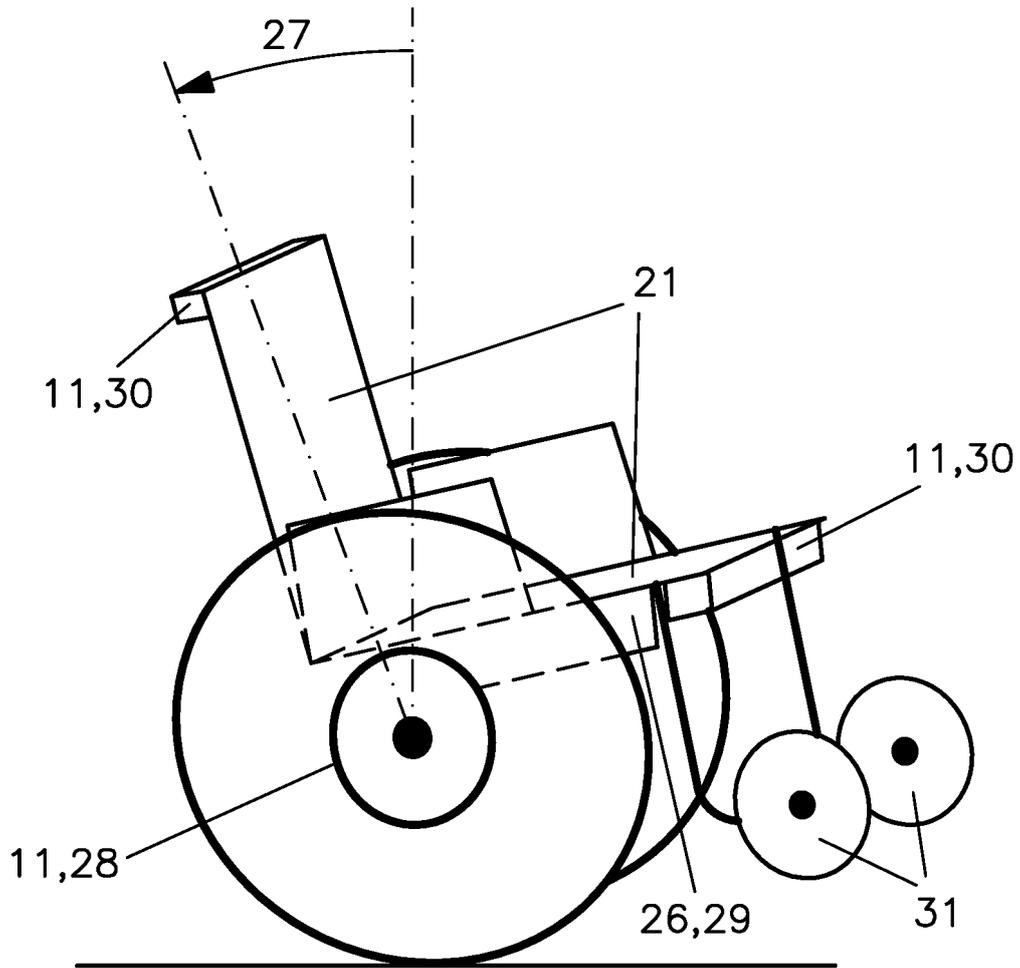


Fig. 3

