



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2007 062 473 A1 2009.07.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 062 473.7

(22) Anmeldetag: 20.12.2007

(43) Offenlegungstag: 02.07.2009

(51) Int Cl.⁸: **E05F 15/20** (2006.01)
B60J 5/04 (2006.01)

(71) Anmelder:

Technische Universität München, 80333 München,
DE

(74) Vertreter:

Reichert & Benninger Patentanwälte, 93047
Regensburg

(72) Erfinder:

Strolz, Michael, Dipl.-Ing., 80939 München, DE;
Ueberle, Marc-Walter, Dr.-Ing., 86316 Friedberg,
DE; Mühlbauer, Quirin, Dipl.-Ing., 81369 München,
DE; Buss, Martin, Prof. Dr.-Ing. Univ., 80637
München, DE

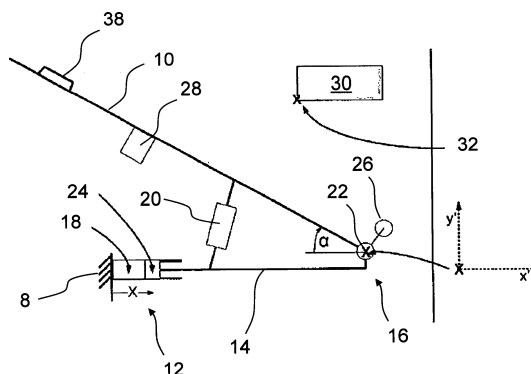
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Tür, insbesondere Fahrzeugtür, mit wenigstens zwei kinematischen Freiheitsgraden und Verfahren zu ihrer Betätigung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Tür, insbesondere eine Fahrzeugtür, mit wenigstens zwei kinematischen Freiheitsgraden und ein Verfahren zur Betätigung einer solchen Tür bzw. Fahrzeugtür.

Die Tür oder Klappe bzw. die insbesondere Fahrzeugtür (10) weist wenigstens zwei kinematische Freiheitsgrade (x , α) auf. Der Tür ist wenigstens ein Aktuator (18, 20) zur motorischen Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung und/oder eines Ent- oder Verriegelungsvorgangs zugeordnet. Der wenigstens eine Aktuator (18, 20) steht mit wenigstens einer Sensoreinrichtung (24, 26, 28, 42, 62, 64, 66) in Wirkverbindung.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Betätigung einer Tür oder Klappe, insbesondere einer Fahrzeugtür (10), mit wenigstens zwei kinematischen Freiheitsgraden (x , α), der wenigstens ein Aktuator (18, 20) zur motorischen Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung und/oder eines Ent- oder Verriegelungsvorgangs zugeordnet ist. Zur Ansteuerung des wenigstens einen Aktuators (18, 20) werden die Signale wenigstens einer Sensoreinrichtung (24, 26, 28, 42, 62, 64, 66) ausgewertet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Tür, insbesondere eine Fahrzeugtür, mit wenigstens zwei kinematischen Freiheitsgraden und ein Verfahren zur Betätigung einer solchen Tür bzw. Fahrzeugtür.

[0002] Bekannte Türflügel wie bspw. Fahrzeugtüren öffnen in der Regel um einen vertikalen Schwenkwinkel seitlich nach vorne, wobei sich die Schwenkachse in Fahrtrichtung vor der Tür befindet. Daneben gibt es zahlreiche Varianten von Schiebetüren, die in Fahrtrichtung nach vorne oder hinten öffnen können. Weiterhin gibt es Heckklappen und Fronthauben, die auf unterschiedliche Weise geöffnet werden können. Insbesondere bei seitlichen Schiebetüren und bei Heckklappen sind elektromotorisch unterstützte Systeme bekannt, die das Öffnen und Schließen erleichtern und teilweise das automatische Öffnen und Schließen der Türen bzw. Klappen ermöglichen.

[0003] Im Interesse einer Erhöhung des Bedienkomforts kann eine Steuerung der Türen auf Grundlage der aufgewendeten Bedienkräfte erfolgen. Dazu ist eine Erfassung der Interaktionskraft zwischen Bediener und einer Steuerung für die Bewegung der Fahrzeugtür erforderlich. Für die Erfassung der Interaktionskraft an einer Fahrzeugtür stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. So können bspw. lokale Verformungen erfasst werden, die auf einer Kraftereinleitung basieren. Die Erfassung kann bspw. mittels Dehnungsmessstreifen oder Beschleunigungssensoren erfolgen.

[0004] So beschreibt die DE 600 15 524 T2 einen druckempfindlichen Sensor, eine Objekterfassungsvorrichtung und eine Öffnungs-Schließungs-Vorrichtung, die zum Verhindern der Ergriffung eines Objekts bei elektrisch betriebenen Fahrzeugfenstern, motorgetriebenen Schiebetüren, motorgetriebenen Sonnendächern, automatischen Gebäudetüren usw. verwendbar sind. Der druckempfindliche Sensor umfasst eine druckempfindliche Einrichtung zum Erzeugen eines verformungsabhängigen Ausgangssignals.

[0005] Eine Einrichtung zur Erfassung einer auf einen Türgriff einer Fahrzeugtür aufgebrachten Kraft sowie der Bewegungsgeschwindigkeit der Tür zur Ansteuerung einer Türbetätigungseinrichtung geht aus der US 58 04 937 A hervor. Die Ansteuerung einer Antriebseinheit der Türbetätigungsrichtung erfolgt auf Grundlage der ermittelten Messwerte.

[0006] Die bekannten Systeme ermöglichen jedoch keine individuelle Anpassung der Betätigungskräfte an äußere Umgebungsbedingungen und die unterschiedlichsten Möglichkeiten, eine Fahrzeugtür zu handhaben.

[0007] Zudem ermöglichen die bekannten Systeme keine universelle Handhabung und Bewegung der Türen, die je nach aktueller Umgebungssituation von einem Benutzer als mehr oder weniger umständlich empfunden werden kann.

[0008] Das Ziel der vorliegenden Erfindung wird daher darin gesehen, eine Tür mit wenigstens zwei Freiheitsgraden sowie ein Verfahren zur Betätigung einer solchen Tür zur Verfügung zu stellen, welche die Nachteile des Standes der Technik vermeiden und dem Benutzer einen erhöhten Betätigungs- und Bedienungskomfort bieten. Insbesondere ist es das Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Fahrzeugtür mit wenigstens zwei Freiheitsgraden sowie ein Verfahren zur Betätigung einer solchen Fahrzeugtür zur Verfügung zu stellen.

[0009] Dieses Ziel der Erfindung wird mit den Gegenständen der unabhängigen Ansprüche erreicht. Merkmale vorteilhafter Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf Türen mit wenigstens zwei kinematischen Freiheitsgraden, was beispielsweise eine translatorisch und rotatorisch öffnende Fahrzeugtür sein kann, der wenigstens ein Aktuator zur motorischen Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung und/oder eines Ent- oder Verriegelungsvorgangs zugeordnet ist. Der wenigstens eine Aktuator steht mit wenigstens einer Sensoreinrichtung in Wirkverbindung.

[0011] Es soll an dieser Stelle betont werden, dass die Erfindung grundsätzlich für alle Arten von Türen, Klappen o. dgl. im stationären Bereich, bei Fahrzeugen, bei Flugzeugen etc. geeignet ist. Wenn im vorliegenden Zusammenhang meist von Fahrzeugtüren die Rede ist, so ist dies nicht einschränkend zu verstehen, sondern dient in erster Linie zur besseren Verständlichmachung der wesentlichen Aspekte der Erfindung, da diese gerade bei Fahrzeugtüren und -klappen (z. B. Heckklappe, Kofferraumhaube etc.) besonders deutlich zutage treten.

[0012] In einer einfachsten Ausgestaltung ist nur einer von mehreren Freiheitsgraden der Tür aktuiert, während der andere Freiheitsgrad oder die Mehrzahl weiterer Freiheitsgrade nicht aktuiert sind, sondern nur durch die Betätigungskraft des Benutzers und/oder durch Koppelkräfte des jeweils aktuierten Freiheitsgrades betätigt werden. Im Gegensatz zu bekannten Türen und Fahrzeugtüren mit nur einem Freiheitsgrad beschreibt die vorliegende Erfindung eine Tür bzw. Fahrzeugtür mit mehr als einem Freiheitsgrad, bspw. eine sog. „Schwenkschiebetür“. Derartige Türen bzw. Fahrzeugtüren mit mehr als einem Freiheitsgrad können grundsätzlich keinen, einen oder mehrere aktuierte Freiheitsgrade aufweisen. Ist kein Freiheitsgrad aktuiert, so lässt sich von einer nicht aktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür mit mehr als einem Freiheitsgrad sprechen. Sind nicht alle, aber mindestens ein Freiheitsgrad aktuiert, so wird im vorliegenden Zusammenhang von einer unteraktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür gesprochen. Sind alle Freiheitsgrade aktuiert, so kann von einer voll aktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür mit mehr als einem Freiheitsgrad gesprochen werden.

[0013] Eine erfindungsgemäße Tür bzw. Fahrzeugtür mit mehr als einem Freiheitsgrad, die wahlweise unteraktuiert oder voll aktuiert sein kann, d. h. die wenigstens einen Aktuator aufweist, kann mehrere Vorteile bieten. Gegenüber konventionellen Türen mit nur einem Freiheitsgrad bieten unteraktuierte Türen mit zwei oder mehr Freiheitsgraden erheblich mehr Bewegungsmöglichkeiten. Gegenüber nicht aktuierten Türen mit mehr als einem Freiheitsgrad können sie zur Unterstützung des Benutzers beim Bewegen der Tür sowie zur automatischen Bewegung der Tür verwendet werden. Gegenüber voll aktuierten Türen oder Fahrzeugtüren mit mehr als einem Freiheitsgrad ergibt sich durch die Verwendung von weniger Aktuatoren eine Anzahl von Vorteilen, so bspw. der geringe Bauraum, der benötigt wird, das relativ geringe Gesamtgewicht der Anordnung, die relativ geringen Kosten aufgrund der wenigen Aktuatoren etc.

[0014] Für die Ansteuerung einer derartigen unteraktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür mit zwei oder mehr kinematischen Freiheitsgraden sind bestimmte Steuer- und/oder Regelstrategien sinnvoll. So kann die Ansteuerung bspw. hinsichtlich einer Kollisionsvermeidung optimiert sein. Andere Steuerparameter können die möglichst weitgehende Reduzierung der Betätigungskräfte für den Benutzer oder die Ermöglichung einer großen Einstiegsöffnung bei gleichzeitiger Minimierung des Öffnungswinkels der Tür sein.

[0015] Der wenigstens eine vorhandene Sensor kann wahlweise zur Bestimmung und/oder Herleitung einer Interaktionskraft zwischen einer die Tür bzw. Fahrzeugtür betätigenden Person und der Tür bzw. Fahrzeugtür dienen und mit dem wenigstens einen Aktuator in Wirkverbindung stehen. Auf diese Weise ist eine indirekte Bestimmung der von einem menschlichen Bediener auf die Tür bzw. Fahrzeugtür ausgeübten Kräfte ermöglicht. Insbesondere sind mittels einer Berücksichtigung verschiedener Betätigungs- und Umgebungsparameter und deren Gewichtung die tatsächlich am Ort der Berührung der Tür durch den Benutzer wirkenden Widerstandskräfte ermittelbar, so dass die von der Aktuatorik aufbrachten Servokräfte sehr präzise an die individuellen Erwartungen und Bedürfnisse verschiedener Benutzer angepasst werden können.

[0016] Die wenigstens eine Sensoreinrichtung kann insbesondere durch eine optische Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person und der Tür bzw. Fahrzeugtür gebildet sein. Diese optische Erfassungseinrichtung kann bspw. eine Kamera mit nachgeschalteter Bildauswerteeinrichtung sein, so dass erfasst und ausgewertet werden kann, ob ein Kontakt zwischen Benutzer und Tür bzw. Fahrzeugtür stattfindet. Im Kontaktfall kann durch Bildverarbeitung auf Grundlage der geometrischen und kinematischen Gegebenheiten der Tür bzw. Fahrzeugtür die Entfernung zwischen dem Kontaktpunkt und der Rotationsachse bzw. der Verschiebungsebene bestimmt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Generierung von Steuersignalen für einen oder mehrere Aktuatoren bei Türen mit mehr als einem Bewegungs-Freiheitsgrad aufwändiger ist als beschrieben. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich jedoch auf den Spezialfall einer Tür mit nur einem Freiheitsgrad. Diese Entfernung zwischen dem Kontaktpunkt und der Rotationsachse entspricht dem effektiven Hebelarm, d. h. der Projektion des Kontaktpunktes zur Schwenkachse, dessen Wert als Information an eine Rechen- und Auswerteeinheit gesendet bzw. dieser als Signalwert zur Verfügung gestellt wird. Für den Fall, dass kein Kontakt vorliegt oder zustande kommt, wird dieser Wert auf Null gesetzt; durch die eingesetzten Algorithmen kann somit die Interaktionskraft mit Null definiert werden.

[0017] Wahlweise kann die wenigstens eine Sensoreinrichtung einen mechanischen Sensor und/oder wenigstens eine druckempfindliche Fläche zur Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person und der Tür bzw. Fahrzeugtür umfassen. Ein solcher Sensor kann erfassen, ob eine Berührung stattfindet und/oder wie stark der Benutzer an der Tür zieht oder drückt, wenn er sie bewegen will. Je nach gemessenen und ausgewerteten Sensorwerten kann eine mehr oder weniger starke Unterstützung durch den Aktuator bereitgestellt werden. Diese Unterstützung kann als sog. Servounterstützung wirken. Sie kann jedoch auch für die selbsttätige Aktivierung der Tür bzw. Fahrzeugtür sorgen.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die wenigstens eine Sensoreinrichtung eine Vorfelderfassung unmittelbar vor einer Kontaktierung. Der Begriff der Vorfelderfassung meint im vorliegenden Zusammenhang eine Erkennung einer sich anbahnenden Interaktion und im Idealfall eine Antizipation einer wahrscheinlichen Berührung bzw. Kraffteinwirkung durch den Benutzer auf die Tür. So kann bspw. mittels einer geeigneten Vorfelderfassung eine Vorauswahl aus mehreren typischen Interaktionsmustern getroffen werden, da bei einer Annäherung einer Person von außen bei nicht besetztem Fahrzeug eine Türöffnung von innen als nicht wahrscheinlicher Interaktionsfall ausgeschlossen werden kann.

[0019] Eine solche Vorfelderfassung kann wiederum kameraunterstützt oder sensorunterstützt erfolgen, bspw. mittels induktiver Sensoren, die eine Annäherung einer Person erfassen können. Eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante der Erfindung kann eine Koppelung mit einer bereits vorhandenen Transpondereinrichtung vorsehen, bei der eine Annäherung einer einen Transponder tragende Person erfasst und dahingehend ausgewertet wird, dass bspw. die Türverriegelungen aktiviert werden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung kann ein solches Signal zusätzlich dafür genutzt werden, die Türöffnungsparameter wie die Servounterstützung an die jeweils erkannte Person bzw. deren individuelle Transpondereinrichtung anzupassen.

[0020] Vorzugsweise ist wenigstens eine weitere Sensoreinrichtung zur Erfassung des Bewegungszustands der Tür bzw. Fahrzeugtür, d. h. von Positions-, Bewegungs- und/oder Beschleunigungswerten der Tür bzw. Fahrzeugtür vorgesehen, so dass aus den gesamten Sensordaten sinnvolle Steuergrößen zur Aktivierung einer servounterstützten oder selbsttätigen Türbewegung gewonnen werden können. Wenigstens ein derartiger Sensor wird bei den meisten Anwendungsfällen unverzichtbar sein und ist besonders sinnvoll einzusetzen, da derartige Sensoren sehr kostengünstig zur Verfügung stehen.

[0021] Zusätzlich kann eine weitere Sensoreinrichtung zur Erfassung von auf die Tür bzw. Fahrzeugtür einwirkenden äußeren Umwelteinflüssen vorgesehen sein. Hiermit können bspw. Windgeschwindigkeiten und Neigungsverhältnisse aufgrund eines Standes des Fahrzeugs auf geneigter Fahrbahn berücksichtigt werden. Da insbesondere die Fahrzeugneigung einen starken Einfluss auf die auf die Tür bzw. Fahrzeugtür einwirkenden Kräfte hat, sollte sinnvollerweise ein die Fahrzeugneigung erfassender Sensorwert berücksichtigt werden, um die auf die Fahrzeugtür wirkende Gravitationskraft bei der Bestimmung des für den Aktuator notwendigen Steuersignals berücksichtigen. Da die auf die Fahrzeugtür wirkende Gravitationskraft im vorliegenden Zusammenhang als Störgröße anzusehen ist, muss sie für die Generierung eines sinnvollen Steuersignals zur Ansteuerung des Aktuators rechnerisch kompensiert werden. Darüber hinaus können mit solchen Sensoreinrichtungen bewegte Objekte wie Fußgänger, Radfahrer oder andere Fahrzeuge erfasst werden, da auch solche Objekte für die aktuierte Fahrzeugtür als äußere Umwelteinflüsse aufgefasst werden können.

[0022] Die wenigstens eine Sensoreinrichtung ist mit einer Auswerteeinrichtung gekoppelt, die aus den Sensordaten ein Steuersignal zur Ansteuerung des wenigstens einen Aktuators generiert. Die Auswerteeinrichtung sieht vorzugsweise eine Rechenvorschrift zur Herleitung von Steuerparametern für die Ansteuerung des Aktuators auf Grundlage von tür- und/oder fahrzeug- und/oder benutzer- und/oder umgebungsspezifischen Kennwerten vor, da im Schwenkgelenk der Tür bei höheren Temperaturen bspw. andere Widerstände vorliegen können. Auf diese Weise ist es möglich, eine universell verwendbare Steuerung für viele verschiedene Anwendungsfälle einzusetzen. Darüber hinaus ist es jedoch auch möglich, Alterungs- oder Verschleißprozesse zu antizipieren und entsprechende Kennfelddaten abzulegen, die bspw. eine leichte Modifikation der Steuerdaten in Abhängigkeit von der erfassten Anzahl der Lastspiele vorsehen. So können die Widerstände bzw. die Reibung im Türscharnier nach einer hohen Anzahl von Öffnungs- und Schließbewegungen der Tür entsprechend einem typischen Verlauf variieren, was mittels eines geeigneten Kennfeldes oder einer mathematischen Beschreibung bei der Ansteuerung des Aktuators berücksichtigt werden kann. Auf diese Weise können die den Benutzer unterstützenden Servokräfte derart angepasst werden, dass die Charakteristik der Bedienung die Tür weitgehend erhalten bleibt, auch bei Änderung der physikalischen Parameter. Das Ziel hierbei ist die weitgehende Konstanthaltung der Charakteristik der Tür für den Benutzer. Wahlweise kann ein Teil der erwähnten Kennwerte in geeigneten Kennfeldern abgespeichert sein, was insbesondere bei solchen Kennwerten sinnvoll sein kann, die bestimmten Gesetzmäßigkeiten gehorchen, bspw. einen typischen Alterungsverlauf aufweisen.

[0023] Weiterhin kann es von Vorteil sein, das nahe Umfeld der Tür bzw. Fahrzeugtür derart zu überwachen, dass Kollisionen mit Objekten verhindert werden können, die sich im Schwenk- und/oder Verschiebebereich der erfindungsgemäßen Tür bzw. Fahrzeugtür befinden. So kann eine solche Kollisionsvermeidung bspw. durch eine Änderung der Bewegungsgeschwindigkeit erfolgen, insbesondere durch eine Abbremsung der Tür bzw. Fahrzeugtür vor einer Kontaktierung mit einem Objekt, so dass vor einer Kollision zunächst die Bewegungsgeschwindigkeit der Tür reduziert wird, bevor diese ggf. zum Stillstand gebracht wird. Auf diese Weise

kann ein Benutzer der Tür bzw. Fahrzeugtür davor bewahrt werden, die Tür bzw. Fahrzeugtür und/oder andere Objekte und/oder andere Menschen zu beschädigen bzw. zu verletzen.

[0024] Eine solche Kollisionserkennung und/oder -vermeidung kann auch bei einer stationären Tür sinnvoll sein, bspw. im industriellen Einsatz oder in Krankenhäusern o. dgl. Auf diese Weise kann eine Kollision der Tür bei ihrer Öffnungsbewegung mit anderen Personen, mit Objekten oder mit Fahrzeugen – bspw. mit die Tür passierenden Flurförderzeugen – verhindert werden.

[0025] Aufgrund der zwei oder mehr zur Verfügung stehenden Freiheitsgrade zur Verschwenkung und/oder Verschiebung der Tür kann eine drohende Kollision auch dadurch verhindert werden, dass die Bewegungsrichtung der Tür geändert wird, indem bspw. einer der Freiheitsgrade blockiert wird. So kann bspw. bei einer drohenden Kollision einer um eine Schwenkachse aufschwenkenden Tür diese Schwenkachse festgelegt werden, so dass die Tür nur noch entlang einer Verschieberichtung geöffnet werden kann. Dies kann bspw. bei relativ engen Parksituationen mit nur wenig Raum zu einem benachbarten Fahrzeug oder einem fest stehenden Objekt sinnvoll sein.

[0026] Die gezielten Einschränkungen der Bewegungsrichtungen der Tür bzw. Fahrzeugtür lassen sich mit der zur Verfügung stehenden Aktuatorik zur Bewegung der Tür bzw. Fahrzeugtür unterstützen, bspw. indem die Aktuatorik eine bestimmte Schwenk- und/oder Schiebebewegung unterstützt und eine zu einer Kollision führende Schwenkbewegung unterdrückt, indem der Widerstand erhöht oder sogar ein Freiheitsgrad blockiert wird. Die beschriebenen Bewegungen können durch eine automatische Öffnungs- und/oder Schließbewegung der Tür bzw. Fahrzeugtür unterstützt werden.

[0027] Eine besonders vorteilhafte weitere Variante der vorliegenden Erfindung kann eine sinnvolle Pfadplanung aller Bewegungskomponenten der Tür bzw. Fahrzeugtür vorsehen. So können mittels des wenigstens einen Sensors, vorzugsweise mittels mehrerer Sensoren, Informationen über den Arbeitsraum der Tür gewonnen werden. Weiterhin stehen Sensorwerte für aktuelle Bewegungszustände der Tür selbst zur Verfügung. Schließlich können in einer zentralen Steuereinheit weitere Informationen über die Kinematik der Tür, über die Geometrie der Tür bzw. Fahrzeugtür und der Fahrzeugkarosserie zur Verfügung stehen. Darüber hinaus sind weitere Informationsquellen denkbar, bspw. die Daten einer Fahrzeugnavigation, mit denen bspw. erfasst werden kann, ob das Fahrzeug sich in einem Gebäude wie einem Parkhaus befindet, wo typischerweise wenig Platz zu benachbarten Fahrzeugen und damit ein reduzierter Arbeitsraum für die Türen zur Verfügung steht. Weiterhin können ggf. statische und/oder dynamische Sensordaten von anderen Fahrzeugen zur Verfügung stehen, die mittels Funkübertragung zur Verfügung gestellt werden können. Derartige Systeme befinden sich in der Erprobung und sollen einen besseren Verkehrsfluss und einen sichereren Verkehr durch Kommunikation der Fahrzeuge untereinander in einem bestimmten Nahbereich ermöglichen.

[0028] Auf Grundlage dieser zur Verfügung stehenden und mittels Sensoren gewonnener Daten kann für jede denkbare Konstellation ein geeigneter Bewegungspfad für die Öffnungs- und Schließbewegung der Tür bzw. Fahrzeugtür generiert werden, auf dessen Grundlage Steuersignale für den wenigstens einen Aktuator generiert werden können. Wahlweise können Informationen über eine oder mehrere aktuelle oder zukünftige Bewegungen von Objekten im Arbeitsraum der Tür bzw. Fahrzeugtür in die Berechnung des Bewegungspfades einfließen. So kann diese Pfadplanung in sinnvoller Weise mit Algorithmen zur Kollisionsvermeidung verknüpft werden.

[0029] Die ermittelten Pfade können in vorteilhafter Weise auch für das automatische Bewegen, insbesondere für das automatische Öffnen und Schließen der Tür bzw. Fahrzeugtür verwendet werden. Die erfindungsgemäße Pfadplanung ermöglicht es somit, aus einer Menge durch die kinematischen Eigenschaften der Tür bzw. Fahrzeugtür gegebenen möglichen Bewegungspfade einen oder mehrere geeignete Pfade zu ermitteln, um damit die Bewegung einer Tür bzw. Fahrzeugtür so steuern zu können, dass es zu keiner Kollision der Tür bzw. Fahrzeugtür mit Objekten oder Menschen kommt. So können bspw. günstige Pfade für den Fall gefunden werden, dass ein oder mehrere Objekte sich momentan oder in naher Zukunft im Arbeitsraum der Tür bzw. Fahrzeugtür bewegen. So kann bspw. die Geschwindigkeit eines Fußgängers, der sich der Tür bzw. Fahrzeugtür nähert, bei der Pfadplanung mit berücksichtigt werden. Damit können Pfade ausgeschlossen werden, die in naher Zukunft durch den Fußgänger blockiert sein könnten.

[0030] Die Pfadplanung kann auch dafür verwendet werden, Menschen bei der Bedienung der Tür bzw. Fahrzeugtür in geeigneter Weise zu unterstützen, insbesondere durch eine durch die Aktuatorik der Tür bzw. Fahrzeugtür erzeugte Hilfskraft. Vorzugsweise wird auch hierbei auf eine Kollisionsvermeidung geachtet. Wahlweise kann die Pfadplanung auch mit einer automatischen Türsteuerung kombiniert werden, so dass ein sicheres

automatisches Öffnen und Schließen durch ein vom Benutzer ausgelöstes Signal veranlasst werden kann.

[0031] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann ein durch die Pfadplanung als günstig eingestuftes Pfad als Referenzpfad für die Bewegung der Tür bzw. Fahrzeugtür durch den Benutzer verwendet werden. Indem Abweichungen vom Referenzpfad durch von der Aktuatorik erzeugte Stell- und/oder Haltekräfte entgegengewirkt wird, kann der Benutzer dabei unterstützt werden, die Tür bzw. Fahrzeugtür auf einem besonders geeigneten Pfad zu bewegen. Anstelle einer unterstützenden Kraft können aber auch akustische, optische und/oder taktile Signale erzeugt werden, die dem Benutzer signalisieren können, ob er sich auf dem als günstig betrachteten Referenzpfad befindet oder nicht.

[0032] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, die von der Pfadplanung untersuchten möglichen Pfade auf solche einzuschränken, die als nicht unwahrscheinliche vom Benutzer gewünschte Pfade eingestuft werden. Wenn beispielsweise zu erwarten ist, dass der Benutzer die Tür öffnen möchte, indem er sie tendenziell nach links bewegt, so kann der von der Pfadplanung zu untersuchende Arbeitsraum in der Regel stark eingeschränkt werden, da Pfade, die außerhalb des möglichen Bewegungsraums liegen, als unwahrscheinlich bzw. als nicht möglich eingestuft werden können. Dies führt zu einer deutlichen Beschleunigung der Berechnung eines geeigneten Pfades, so dass die Pfadplanung bei gegebener Recherausstattung in gleichen Zeiträumen häufiger ausgeführt werden kann.

[0033] Bei der Berechnung der Pfadplanung können wahlweise auch Informationen über den menschlichen Benutzer der Tür bzw. Fahrzeugtür, insbesondere über seine Absicht hinsichtlich der Türbewegung oder über seine körperliche Konstitution, mit für die Berechnung verwendet werden. So kann die körperliche Konstitution, insbesondere die physische Stärke des Benutzers in die Pfadplanung mit einbezogen werden. Wird beispielsweise davon ausgegangen, dass der Benutzer überdurchschnittlich stark ist, so kann dies bei einer die Dynamik der bewegten Tür bzw. Fahrzeugtür berücksichtigenden Pfadplanung dazu verwendet werden, ein größeres externes Beschleunigungsvermögen anzunehmen.

[0034] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung kann vorsehen, dass die Pfadplanung derart mit einer Interaktionserkennung kombiniert wird, dass die Intentionen des Benutzers hinsichtlich der Bewegungen der Tür bzw. Fahrzeugtür berücksichtigt werden, bspw. indem die Vielzahl der möglichen Bahnen der Tür bzw. Fahrzeugtür in bevorzugte und nicht bevorzugte unterschieden wird. In diesem Zusammenhang kann es von Vorteil sein, wenn nicht bevorzugte Bahnen nur in bestimmten Fällen verfolgt werden, bspw. bei einem Wechsel zwischen verschiedenen bevorzugten Bahnen. So kann von einer bevorzugten Bahn auf eine andere bevorzugte Bahn gewechselt werden, wenn erkannt wird, dass der Benutzer die zunächst verfolgte Bahn nicht mehr weiterverfolgen will. Bei diesem Wechsel beschreibt die Tür eine Bewegung entlang einer nicht bevorzugten Bahn. Beispiele für bevorzugte Bahnen können bspw. eine angenäherte Bewegungsbahn einer Schwenktür, einer Schiebetür oder einer Flügeltür sein. Der Benutzer kann je nach Algorithmus von diesen bevorzugten Bahnen abweichen oder diese ganz verlassen, indem eine Bewegung auf einer nicht bevorzugten Bahn stattfindet. Allerdings sollten die nicht bevorzugten Bahnen so gestaltet sein, dass sie auf eine der bevorzugten Bahnen führen. Um jedoch zu erkennen, welche bevorzugte Bahn der Benutzer dabei anwählen will, ist eine Intentionserkennung unverzichtbar.

[0035] Für die Erkennung der Intentionen des Benutzers können die verschiedensten Sensorwerte verwendet werden, die Informationen über den Zustand des Fahrzeugs, der Tür bzw. Fahrzeugtür, des Benutzers oder der näheren Umgebung des Fahrzeugs enthalten, so bspw. die Position, die Orientierung, die Geschwindigkeit, die Beschleunigung jeweils der Tür oder des Türgriffs. Es kann auch eine extern auf die Tür bzw. Fahrzeugtür wirkende Kraft und/oder ein externes, auf die Tür bzw. Fahrzeugtür wirkendes Drehmoment ausgewertet werden. Nahezu beliebige Kombinationen der erwähnten Sensorwerte können zur Intentionserkennung ausgewertet werden. In einer sinnvollen Weiterbildung der Intentionserkennung kann auch ein geeigneter Algorithmus eingesetzt werden, insbesondere ein probabilistischer Algorithmus.

[0036] Eine vorteilhafte Anwendung kombiniert die Intentionserkennung mit einer Kollisionsvermeidung, die eine bevorzugte Bahn dann begrenzt, wenn eine Kollision der Tür bzw. Fahrzeugtür mit einem Gegenstand oder einer Person droht. Um eine solche drohende Kollision zu erkennen, können verschiedene Sensorwerte ausgewertet werden. Um die Kollision zu vermeiden, kann vorzugsweise von der zunächst bevorzugten, jedoch aufgrund einer erkannten drohenden Kollision begrenzten Bahn auf eine alternative bevorzugte Bahn gewechselt werden. Allerdings ist eine solche Kollisionserkennung nicht zwingend notwendig, da auch die Betätigung des Benutzers dahin gehend verstanden und sensiert werden kann, dass der Benutzer von sich aus jede Kollision mit einem äußeren Gegenstand oder einer Person zu vermeiden trachtet, so dass er in einem solchen Fall eine geänderte Bewegungsanforderung an die Tür bzw. Fahrzeugtür stellt, der durch Wechsel auf

eine alternative bevorzugte Bahn Rechnung getragen werden kann.

[0037] Besonders vorteilhaft an der Interaktionserkennung ist der vollständige Verzicht auf mechanische Begrenzungen oder sonstige mechanische Einrichtungen. Die gesamte Bahnführung der Tür basiert auf der Auswertung verschiedener Sensorwerte und der Auswahl verschiedener sinnvoller Bahnen aus einer nahezu unbegrenzt großen Vielzahl möglicher Bahnführungen anhand der Bewegungen, die der Benutzer durchführt und/oder anhand weiterer Sensorwerte. Die eigentliche Bahnführung wird mittels wenigstens eines Aktors, sinnvollerweise jedoch mittels mehreren Aktoren gesteuert bzw. unterstützt. Mittels der erfindungsgemäßen Tür bzw. Fahrzeugtür ist es möglich, kleinere Hindernisse zu umfahren, indem kurzzeitig von den bevorzugten Bahnen abgewichen wird. Es ist auch möglich, dynamisch auftretenden Hindernissen auszuweichen, indem eine bevorzugte Bahn ganz verlassen wird.

[0038] Bei der erfindungsgemäßen Interaktionserkennung soll der Benutzer beim Öffnen und Schließen der Tür bzw. Fahrzeugtür eine optimale Unterstützung erfahren. Da die Tür aktuiert ist, kann dies mittels einer geeignet dosierten Kraftunterstützung erfolgen. Hierfür kann der Benutzer z. B. entlang einer bevorzugten Bahn geführt werden. Folgt der Benutzer einer dieser Bahnen, so verhält sich die Tür wie eine normale Tür bzw. Fahrzeugtür, bspw. indem sie einer dem Benutzer vertrauten Bewegungsbahn einer seitlichen Schwenktür folgt. Für den Benutzer ergibt sich somit ein vertrautes Handling der Tür. Das Verlassen einer bevorzugten Bahn ist unter Aufwendung einer zusätzlichen Kraft möglich, etwa um Hindernissen auszuweichen. Wenn der Benutzer eine bevorzugte Bahn verlässt, so wird davon ausgegangen, dass er einer neuen Bahn folgen will. Dabei folgt er zunächst einer nicht bevorzugten Bahn, deren Ziel aber eine neue bevorzugte Bahn ist. Um aus der Mehrzahl der möglichen bzw. sinnvollen bevorzugten Bahnen die passende auszuwählen, muss die jeweilige Intention des Benutzers erfasst und erkannt werden. Hierbei können insbesondere die Position und die Orientierung des Türgriffs (innen und/oder außen), die Bewegungsrichtung des Türgriffs und die Kräfte und Drehmomente, die vom Benutzer aufgebracht werden, als Sensordaten verwendet werden.

[0039] Gemäß einer möglichen Ausführungsvariante kann dem Benutzer bspw. eine Hilfskraft zur Verfügung gestellt werden, um die Kraftunterstützung zu realisieren. Aus dieser Hilfskraft und der Betätigungskraft kann anschließend eine Sollposition für die Tür bzw. Fahrzeugtür berechnet werden. Hierbei handelt es sich um eine sog. Admittanzregelung. Es soll jedoch an dieser Stelle bemerkt werden, dass eine derartige Admittanzregelung nur eine von mehreren möglichen Regelstrategien darstellt. Eine solche Admittanzregelung ist keinesfalls zwingend notwendig, sondern es sind auch andere Strategien mit oder ohne Einbeziehung der Kraftmessung (Interaktionskraftbestimmung) möglich. Die Kraftbestimmung an der Tür bzw. Fahrzeugtür ist aufgrund der dafür notwendigen Sensorik relativ aufwändig. Kostengünstiger kann deshalb bspw. eine Impedanzregelung realisierbar sein.

[0040] Für die Intentionserkennung können auch alternative Algorithmen eingesetzt werden, bspw. sog. Hidden-Markov-Modelle zur Erkennung von Bewegungsmustern des Benutzers. Aus erkannten Mustern kann auf eine Intention geschlossen werden. Eine weitere Alternative stellt die Verwendung von Bayes'schen Netzen dar. Diese dienen zur Repräsentation von unsicherem Wissen und liefern eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über eine bestimmte Gruppe von beobachtbaren Ereignissen. Im vorliegenden Zusammenhang ist es erforderlich, diese Ereignisse zunächst zu definieren. Anschließend muss einer Gruppe von Ereignissen eine bestimmte Intention des Benutzers zugeordnet werden.

[0041] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann es wünschenswert sein, der erfindungsgemäßen Tür bzw. Fahrzeugtür mit zwei oder mehr kinematischen Freiheitsgraden durch eine geeignete Sensorik und Aktuatorik bestimmte dynamische Eigenschaften zu geben, die an spezifische Situationen angepasst sind. Auf diese Weise können die dynamischen Eigenschaften mittels adaptiver Parameter variiert und an verschiedene Gegebenheiten angepasst werden. Ziel hierbei ist es, durch die Steuerung und Regelung der Tür bzw. Fahrzeugtür den Komfort bei der Türbetätigung zu steigern. Zunächst wird wie zuvor beschrieben eine externe, vom Benutzer auf die Tür ausgeübte Interaktionskraft gemessen. Aus dieser Kraft wird – für den Fall der sog. Admittanzregelung – über einen oder mehrere Parameter eine Sollgröße für einen nachgelagerten Positions- oder Geschwindigkeitsregelkreis berechnet. Wahlweise kann auch eine Impedanzregelung zur Anwendung kommen. Ggf. können auch andere Regelkonzepte eingesetzt werden. Über eine gezielte Anpassung eines Parameters oder mehrerer Parameter des auf Grundlage der gemessenen Kraft arbeitenden Regelkreises können die vom Benutzer der Tür wahrgenommenen dynamischen Eigenschaften gezielt verändert werden, wodurch ein höherer Bedienungskomfort erreicht werden kann. Für den Benutzer weist eine solchermaßen aktuierte Tür bzw. Fahrzeugtür eine scheinbar geringere oder größere Masse und/oder eine scheinbar geringere oder größere Massenträgheit auf. Andere Auswirkungen sind z. B. eine Kompensation von Reibungseffekten, eine kompensierte Dämpfung, Schwerkraft etc.

[0042] Die Wahl der Parameterwerte kann insbesondere in Abhängigkeit von bekannten, von geschätzten und/oder von mittels Sensoren erfassten, personenspezifischen Werten erfolgen. Solche personenspezifischen Werte können bspw. die Position des Benutzers relativ zur Tür bzw. Fahrzeughür, die körperliche und/oder emotionale Konstitution des Benutzers oder die Intention des Benutzers hinsichtlich der Türbewegung sein. Auf diese Weise ist es möglich, die Steuerparameter für die Ansteuerung der Türaktuatorik so anzupassen, dass die vom Benutzer wahrgenommenen dynamischen Eigenschaften der geregelten Tür bzw. Fahrzeughür zu seiner aktuellen Position, zu seiner geistigen und körperlichen Konstitution oder zu seiner Bewegungsabsicht passen. Durch eine solche Individualisierung der Parameter ist eine weitere Steigerung des Bedienkomforts erzielbar.

[0043] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung können die Parameterwerte in Abhängigkeit von aktuellen klimatischen Bedingungen wie z. B. Temperatur, Regen oder Wind angepasst werden. Durch eine zusätzliche Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen kann die Ansteuerung der Tür bzw. Fahrzeughür noch besser den aktuellen Bedürfnissen angepasst werden. So kann die Tür bzw. Fahrzeughür bspw. im Falle widriger Bedingungen (starker Regen oder Schneefall) durch eine sehr geringe gefühlte Masse und/oder Trägheit besonders leicht und schnell öffnbar gemacht werden. Dies kann auch dann gelten, wenn dies im Normalfall nicht angestrebt wird, da sich die Tür bzw. Fahrzeughür dann nicht mehr so anfühlt, wie der Benutzer dies möglicherweise erwartet. Im Interesse eines möglichst hohen Bedienkomforts sollte eine derartige Diskrepanz zwischen auf Grund von Erfahrung erwarteter und tatsächlich gefühlter Dynamik vermieden werden. Dennoch kann eine geänderte Dynamik für manche Fälle sinnvoll sein.

[0044] Eine weitere Ausführungsvariante kann vorsehen, dass die Wahl der Parameterwerte in Abhängigkeit der in einem vergangenen Zeitintervall ausgeführten Bewegung der Tür bzw. Fahrzeughür erfolgt. Eine solche Variante erlaubt es, die Anpassung der Regelparameter in Abhängigkeit der Bewegung der Tür bzw. Fahrzeughür in der Vergangenheit vorzunehmen. Dies kann z. B. zur Online-Adaption verwendet werden, also zur Anpassung der Regelparameter in Echtzeit während der Bedienung der Tür bzw. Fahrzeughür.

[0045] Auch bei den oben erwähnten Varianten kann eine zusätzliche Anpassung der Parameterwerte in Abhängigkeit von Relativbewegungen zwischen Tür bzw. Fahrzeughür und externen Objekten vorgesehen sein.

[0046] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur translatorischen und/oder rotatorischen, mittels wenigstens eines Aktuators unterstützten Betätigung einer Tür bzw. Fahrzeughür, die zwei oder mehr kinematische Freiheitsgrade aufweist, insbesondere zur motorischen Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung und/oder eines Ent- oder Verriegelungsvorgangs. Mittels Sensoren werden Bewegungsgrößen und/oder eine Betätigung und/oder eine Betätigungskraft zwischen einer die Tür bzw. Fahrzeughür betätigenden Person und der Tür bzw. Fahrzeughür selbst gemessen. Der wenigstens eine Aktuator wird auf Basis dieser gemessenen Werte angesteuert. Dabei ist vorgesehen, dass der wenigstens eine Aktuator auf Basis einer gemessenen oder hergeleiteten Interaktion und/oder einer resultierenden Interaktionskraft zwischen der die Tür bzw. Fahrzeughür betätigenden Person und der Tür bzw. Fahrzeughür selbst angesteuert wird. Insbesondere kann eine optische Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person und der Tür bzw. Fahrzeughür vorgesehen sein.

[0047] Wahlweise oder zusätzlich kann eine mechanische Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person und der Tür bzw. Fahrzeughür vorgesehen sein. Von Vorteil kann es zudem sein, eine Vorfelderfassung unmittelbar vor einer Kontaktierung der Tür bzw. Fahrzeughür durch die Person vorzusehen. Weiterhin kann eine Erfassung von Positions-, Bewegungs- und/oder Beschleunigungsparametern der Tür bzw. Fahrzeughür sowie ggf. von auf die Tür bzw. Fahrzeughür einwirkenden äußeren Umwelteinflüssen vorgesehen sein. Aus den Sensordaten wird ein Steuersignal zur Ansteuerung des wenigstens einen Aktuators generiert. Zudem können aus den Sensordaten und/oder aus den Kennfelddaten Werte für einen auf die Tür bzw. Fahrzeughür wirkenden effektiven Hebelarm gewonnen werden. Für die Generierung der Steuer- bzw. Regelparameter für die Ansteuerung des Aktuators können darüber hinaus weitere tür- und/oder fahrzeug- und/oder benutzerspezifischen Kennwerten berücksichtigt werden.

[0048] Weitere Aspekte des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ansteuerung der Tür bzw. Fahrzeughür wurden bereits im Zusammenhang mit der aktuatorunterstützten Tür bzw. Fahrzeughür genannt. Diese Aspekte beziehen sich in gleicher Weise auch auf das Steuerungsverfahren.

[0049] Wenn im vorliegenden Zusammenhang von Ansteuerungen der Tür bzw. Fahrzeughür und von einer geregelten Aktuatorik zur Bewegung der Tür bzw. Fahrzeughür die Rede ist, so wird damit auf die Begrifflichkeit der Regelungstechnik Bezug genommen, nach der ein Regelkreis mit Rückkopplungselementen vorliegen

muss, damit von einer Regelung gesprochen werden kann. Bei der Verwendung des Begriffs der Steuerung ist in der Regel die Ansteuerung eines Aktuators mittels zuvor generierter Steuersignale gemeint. Wenn davon gesprochen wird, dass der Aktuator derart angesteuert wird, schließt dies jedoch keinesfalls das Vorhandensein eines Regelkreises aus, der bspw. dadurch gebildet sein kann, dass die vom Aktuator beeinflussten Bewegungen von wenigstens einem Sensor erfasst und die Sensorsignale von einer Steuereinheit zur Bildung und/oder zur Modifikation der Steuersignale für den Aktuator verarbeitet werden.

[0050] Wenn zudem im vorliegenden Zusammenhang die Rede von einer unteraktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür die Rede ist, so ist damit auch der Begriff der teilaktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür mit umfasst. Von einer teilaktuierten oder unteraktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür kann immer dann gesprochen werden, wenn die Tür mehrere kinematischen Freiheitsgrade aufweist, diese kinematischen Freiheitsgrade jedoch nicht alle aktuiert sind. Eine Tür mit zwei Freiheitsgraden ist bspw. dann unteraktuiert oder teilaktuiert, wenn nur ein Aktuator vorhanden ist, der bspw. eine rotatorische Schwenkbewegung der Tür ermöglicht, während eine translatorische Bewegungskomponente über keine Aktuatorik verfügt.

[0051] Weitere Merkmale, Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der nun folgenden detaillierten Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hervor, die als nicht einschränkendes Beispiel dient und auf die beigefügten Zeichnungen Bezug nimmt. Gleiche Bauteile weisen dabei grundsätzlich gleiche Bezugszeichen auf und werden teilweise nicht mehrfach erläutert.

[0052] [Fig. 1](#) zeigt in einer vereinfachten schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer aktuierten Fahrzeugtür mit zwei kinematischen Freiheitsgraden.

[0053] [Fig. 2](#) zeigt in einem schematischen Blockschaltbild eine Übersicht der Verschaltung und Signalverarbeitung einer Fahrzeugtür gemäß [Fig. 1](#).

[0054] [Fig. 3](#) zeigt in einer vereinfachten schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer unteraktuierten Fahrzeugtür mit zwei kinematischen Freiheitsgraden.

[0055] [Fig. 4](#) zeigt in einem schematischen Blockschaltbild eine Übersicht der Verschaltung und Signalverarbeitung einer Fahrzeugtür gemäß [Fig. 3](#).

[0056] [Fig. 5](#) zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Variante einer Türsteuerung mit einer Pfadplanung.

[0057] [Fig. 6](#) zeigt in einem schematischen Blockschaltbild eine Übersicht des Programmablaufs und der Signalverarbeitung einer Türsteuerung gemäß [Fig. 5](#).

[0058] [Fig. 7](#) zeigt in einer vereinfachten schematischen Darstellung die Komponenten einer Türsteuerung mit adaptiven Parametern.

[0059] [Fig. 8](#) zeigt in einem schematischen Blockschaltbild eine Übersicht der Verschaltung und Signalverarbeitung einer Türsteuerung gemäß [Fig. 7](#).

[0060] [Fig. 9](#) zeigt in einem schematischen Blockschaltbild eine Übersicht des Programmablaufs und der Signalverarbeitung einer Türsteuerung gemäß [Fig. 7](#).

[0061] In den nachfolgend näher erläuterten Ausführungsbeispielen wird grundsätzlich auf eine Fahrzeugtür Bezug genommen, was jedoch nicht bedeutet, dass die Erfindung auf Fahrzeugtüren beschränkt ist. Die erfindungsgemäßen Prinzipien lassen sich auf viele unterschiedliche Bauarten und Varianten von Klappen und Türen anwenden und übertragen. Die Ausführungsbeispiele sind deshalb nicht einschränkend dahin gehend zu verstehen, dass nur Fahrzeugtüren auf die beschriebene Weise bewegt und angesteuert werden können.

[0062] Die vereinfachte schematische Darstellung der [Fig. 1](#) zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer aktuierten Fahrzeugtür **10** mit zwei kinematischen Freiheitsgraden. Ein erster kinematischer Freiheitsgrad ist ein rotatorischer Freiheitsgrad α (Schwenkwinkel α), während der zweite kinematische Freiheitsgrad ein translatorischer Freiheitsgrad x (Verschiebeweg x) ist. Es handelt sich dabei um eine sog. serielle kinematische Kette, bestehend aus Fahrzeug **8**, Schubgelenk **12**, Verbindungselement **14**, Schwenkgelenk **16** und Fahrzeugtür **10**, da die Fahrzeugtür **10** über das Schwenkgelenk **16** und das starre Verbindungselement **14** mit dem Schubgelenk **12** in Verbindung steht. Das Schubgelenk **12** bildet die translatorisch gegenüber dem Fahrzeug **8** ver-

schiebbare Verbindung zum Fahrzeug **8**.

[0063] Dem Schubgelenk **12** ist ein erster Aktuator **18** zugeordnet, der für die gesteuerte Verschiebung entlang des horizontalen oder leicht gegen die Horizontale geneigten Verschiebewegs x sorgen kann. Dem Schwenkgelenk **16** ist ein zweiter Aktuator **20** zugeordnet, der für eine Verschwenkung der Tür **10** um die vertikale oder leicht gegen die Vertikale geneigte Schwenkachse **22** sorgen kann. Dem Schubgelenk **12** ist weiterhin ein erster Sensor **24** zugeordnet, der die Schubbewegungen und ggf. weitere Werte wie einen mechanischen Widerstand, eine Verstellgeschwindigkeit, eine Beschleunigung etc. erfasst. Dem Schwenkgelenk **16** ist ein zweiter Sensor **26** zugeordnet, der die Schwenkbewegungen und ggf. weitere Werte wie einen mechanischen Widerstand, eine Verdrehgeschwindigkeit, eine Beschleunigung etc. erfasst.

[0064] Ein dritter Sensor **28** kann zur Objekterkennung dienen, so dass Objekte **30** im Arbeitsbereich der Tür **10** bspw. auf optischem Wege erkannt werden können. Je nach Auflösung können ggf. auch die der Tür am nächsten liegenden Berührungspunkte **32** eines solchen Objekts **30** erfasst werden.

[0065] Das Schwenkgelenk **16** wird als Mittelpunkt eines Koordinatensystems mit den orthogonalen Achsen x' und y' betrachtet, wobei x' parallel zum translatorischen Freiheitsgrad x verläuft. Wie in [Fig. 1](#) angedeutet, befindet sich im Arbeitsbereich der Tür **10** das Objekt **30**, dessen der Tür **10** am nächsten liegender Punkt **32** die Koordinaten x'_{obj} und y'_{obj} aufweist.

[0066] Wie anhand des Blockschaltbilds der [Fig. 2](#) verdeutlicht, wird eine Steuereinheit **34** verwendet, um für die beiden Aktuatoren **18** und **20** auf Basis der Signale der Sensoren **24**, **26** und **28** geeignete Ansteuersignale zu berechnen und die Aktoren **18** und **20** anzusteuern. Ggf. kann die Steuereinheit **34** über ein zusätzliches Aktivierungssignal **36** initiiert werden. Ggf. können zudem weitere Sensorsignale ausgewertet werden, bspw. solche, die mit einem Türgriff **38** (vgl. [Fig. 1](#)) gekoppelt sind und bspw. eine Betätigung durch einen Benutzer und/oder die vom Benutzer aufgebraachten Betätigungskräfte erfassen.

[0067] Um nun bei einer durch die Sensoren **28** erkannten drohenden Kollision von den zwei zur Verfügung stehenden Freiheitsgraden vorteilhaft Gebrauch machen zu können, kann ein Algorithmus verwendet werden, der im Falle einer drohenden Kollision die aktuellen kinematischen und dynamischen Verhältnisse der Fahrzeughür **10** und der relevanten Objekte **30** berücksichtigt. Auf diese Weise können die Aktoren **18** und **20** differenziert und situationsgerecht angesteuert werden, was in der Regel bedeutet, dass die beiden Aktoren **18** und **20** nicht gleichartig betrieben werden.

[0068] So ist es bei einer Schwenkschiebetür **10** entsprechend [Fig. 1](#) denkbar, dass sich in einem orthogonalen Abstand y'_{obj} mit geringerem Abstand als die maximale Türlänge L ein externes Objekt **30** befindet, das bspw. ein benachbart parkendes Fahrzeug sein kann. In diesem Fall ist es wichtig, dass der rotatorische Freiheitsgrad auf einen Wert

$$\alpha \leq \alpha_{max} = \left(\arcsin \left(\frac{y'_{obj}}{L} \right) - \alpha_{Sicherheit} \right)$$

begrenzt wird, um ein Berühren der Fahrzeughür **10** mit dem Objekt **30** zu vermeiden. Der translatorische Freiheitsgrad muss hingegen nicht eingeschränkt werden, sofern das Objekt **30** parallel zur x' -Richtung steht. Es wird also im Bedarfsfall nur die rotatorische Bewegung gebremst und blockiert, so dass der Benutzer die Fahrzeughür **10** weiterhin translatorisch bewegen und damit aus dem unmittelbaren Ein-/Ausstiegsbereich entfernen kann.

[0069] Es ist jedoch auf denkbar, dass sich ein Objekt **30** so im Arbeitsbereich der Fahrzeughür **10** befindet, dass ab einer gewissen Türstellung sowohl eine translatorische als auch eine rotatorische Bewegung zu einer Kollision der Fahrzeughür **10** mit dem Objekt **30** führen würde. In diesem Fall müssen beide Bewegungen begrenzt werden. Da die beiden Begrenzungen kinematisch voneinander abhängen, kann eine der Begrenzungen gezielt gewählt werden. Das lässt sich nutzen, um eine Endkonfiguration zu erreichen, die das größte Maß an Ein-/Ausstiegskomfort gewährleisten kann. Wenn bspw. ein Mindestöffnungswinkel von $\alpha_{\text{Öffnen_min}}$ erstrebenswert ist, und die translatorische Öffnung eine untergeordnete Rolle spielt, dann kann die translatorische Begrenzung auf

$$x \leq x_{\text{Begrenzung}} = \left(\bar{x}'_{obj} + y'_{obj} \cdot \cot(\alpha_{\text{Öffnen_min}} + \Delta\alpha + \alpha_{\text{Sicherheit}}) + x_{\text{Sicherheit}} \right)$$

festgelegt werden, wobei $\Delta\alpha$ die Differenz zwischen dem tatsächlichen Winkel und dem Mindestwinkel bezeichnet, und die Sicherheiten $\alpha_{\text{Sicherheit}}$ und $x_{\text{Sicherheit}}$ berücksichtigt werden.

[0070] Bei einer voll aktuierten Fahrzeugtür **10** mit zwei oder mehr kinematischen Freiheitsgraden sind theoretisch unendlich viele verschiedene Bewegungsbahnen möglich. Das kann unter Umständen zu einer mentalen Belastung und Überforderung des Benutzers führen. Um dem vorzubeugen, kann eine assistierende Türsteuerung zum Einsatz kommen, die auf Grundlage von als günstig eingestuft Referenzbahnen den Benutzer über die Aktuatorik durch Hilfskräfte dabei unterstützt, die Fahrzeugtür **10** auf einer der Referenzbahnen zu bewegen.

[0071] Ein Spezialfall davon ist es, genau eine Referenzbahn zu verwenden. Diese kann so gewählt werden, dass die Bahn vom Nullpunkt zum Punkt der maximalen translatorischen und rotatorischen Öffnung verläuft, wobei zwischen der rotatorischen und der translatorischen Bewegung ein linearer Zusammenhang besteht:

$$\frac{\alpha}{x} = \text{const} = c_1$$

[0072] Dies kann dazu genutzt werden, eine virtuelle kinematische Verkopplung der beiden Freiheitsgrade zu erreichen. So kann bspw. auf Grundlage des Öffnungswinkels α ein über den ersten Aktuator **18** eine Hilfskraft erzeugendes Ansteuersignal gemäß dem Zusammenhang

$$F_{\text{Aktor}_b} = \Delta x \cdot \text{PID} = (x_{\text{soll}} - x_{\text{Ist}}) \cdot \text{PID} \quad \text{mit} \quad x_{\text{soll}} = \frac{\alpha}{c_1} \quad \text{und} \quad \text{PID} = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d s$$

errechnet werden. Werden die Verstärkungsfaktoren K_p , K_i , K_d geeignet gewählt, so erfährt der Benutzer eine Hilfskraft, die ihn beim Bewegen der Fahrzeugtür auf dem Referenzpfad unterstützt, es ihm gleichzeitig aber auch ermöglicht, diese Hilfskraft relativ leicht zu überwinden und die Tür auf einem anderen, von ihm präferierten Pfad zu bewegen. Der Benutzer hat damit einerseits die Möglichkeit einer komfortablen Bedienung der Fahrzeugtür **10**, behält aber andererseits die volle Kontrolle über deren Bewegung. Dies ist besonders dann sinnvoll, wenn der Referenzpfad durch ein Hindernis blockiert ist, aber andere Pfade möglich sind, auf denen der Benutzer die Fahrzeugtür **10** kollisionsfrei öffnen kann.

[0073] Die schematische Darstellung der [Fig. 3](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel einer unteraktuierten Fahrzeugtür **10** mit zwei kinematischen Freiheitsgraden. Gleiche Teile, die bereits in [Fig. 1](#) bezeichnet wurden, sind grundsätzlich mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel fehlt der erste Aktuator zur Verschiebung der Fahrzeugtür **10** entlang des Verschiebewegs x , während der zweite Aktuator **20** zur Verschwenkung der Fahrzeugtür **10** um die Schwenkachse **22** vorhanden ist. Der translatorische Freiheitsgrad ist daher nicht aktuiert, sondern wird durch externe Kräfte, u. a. von der Betätigungskraft des Benutzers beeinflusst. Derartige unteraktuierte Fahrzeugtüren können aus mehreren Gründen sinnvoll eingesetzt werden. Gegenüber konventionellen Türen mit einem Freiheitsgrad bieten sie mehr Bewegungsmöglichkeiten. Gegenüber nicht aktuierten Türen mit mehr als einem Freiheitsgrad können sie zur Unterstützung des Benutzers beim Bewegen der Tür sowie zur automatischen Bewegung der Tür verwendet werden. Gegenüber voll aktuierten Fahrzeugtüren mit mehr als einem Freiheitsgrad ergibt sich durch die Verwendung von weniger Aktuatoren eine Reihe von Vorteilen, da weniger Bauraum benötigt wird, das Gesamtgewicht geringer ist und Aktuatoren-Kosten eingespart werden können.

[0074] Gemäß [Fig. 3](#) umfasst die unteraktuierte Fahrzeugtür **10** ein gegenüber dem Fahrzeug **8** über das Schubgelenk **12** translatorisch in x -Richtung verschiebbare Verbindungselement **14**, an dessen Ende das Schwenkgelenk **16** angelenkt ist. Über den ersten Sensor **24** am Schubgelenk **12** kann die Auslenkung x und/oder die Auslenkgeschwindigkeit dx/dt bestimmt werden. Das Schwenkgelenk **16** weist den zweiten Sensor **26** auf, der der Bestimmung des Schwenkwinkels α und/oder der Winkelgeschwindigkeit $d\alpha/dt$ dient. Am Schwenkgelenk **16** ist die Fahrzeugtür **10** mit dem Türgriff **38** befestigt. Der zwischen Fahrzeugtür **10** und Verbindungsstück **14** angeordnete Aktuator **20** dient zur Verschwenkung der Fahrzeugtür **10**. Es handelt sich dabei um eine serielle Kinematik mit einem nicht aktuierten translatorischen und einem aktuierten rotatorischen Freiheitsgrad. Der Wertebereich der Variablen beträgt $[0 \dots x_{\text{max}}]$ bzw. $[0 \dots \alpha_{\text{max}}]$, wobei die Nullposition der geschlossenen Fahrzeugtür **10** entspricht.

[0075] Das schematische Blockschaltbild der [Fig. 4](#) zeigt eine Übersicht der Verschaltung und Signalverarbeitung der unteraktuierten Fahrzeugtür **10** gemäß [Fig. 3](#). Die Steuereinheit **34** empfängt die Signale der Sensoren **24** und **26**. Ein weiteres Eingangssignal ist die Aktivierung **36**, die ein Öffnen bzw. Schließen der Fahr-

zeugtür **10** veranlassen soll. Das einzige Ausgangssignal ist die Stellgröße für den Aktuator **20**. Für das automatische Öffnen wird die Fahrzeugtür **10** zunächst durch den Aktuator **20** rotatorisch beschleunigt, wodurch es zu einer Bewegung der Tür **10** um die Schwenkachse **22** des Schwenkgelenks **16** kommt. Anfänglich führt das zu keiner Bewegung im Schubgelenk **12**, da die durch die Beschleunigung hervorgerufene Gegenkraft in x-Richtung von der mechanischen Konstruktion aufgenommen wird:

$$x = 0, \dot{x} = 0$$

[0076] Durch die Steigerung der rotatorischen Geschwindigkeit $d\alpha/dt$ wird eine Zunahme der kinetischen Energie

$$T = \frac{1}{2} m_1 \dot{x}^2 + \frac{1}{2} m_2 l^2 \dot{\alpha}^2 + \frac{1}{2} J \dot{\alpha}^2 = \frac{1}{2} m_1 \dot{x}^2 + \left(\frac{1}{2} m_2 l^2 + \frac{1}{2} J \right) \dot{\alpha}^2 = c_1 \dot{x}^2 + c_2 \dot{\alpha}^2$$

der gesamten Türkonstruktion erreicht. Als idealisierte Annahme werden die Massen und Trägheiten des Aktuators **20**, des Sensors **26** und der Drehachse **22** vernachlässigt, wobei

- m_1 = Masse der gesamten Türkonstruktion inkl. Aktor **20** und Drehgelenk **16**;
- m_2 = Masse des rotatorisch bewegten Türflügels;
- l = Abstand des Schwerpunkts des Türflügels zur Drehachse **22**;
- J = Trägheitsmoment des rotatorisch bewegten Türflügels bezüglich der Drehachse **22** gilt, unter der idealisierten Annahme, dass die Masse und das Trägheitsmoment des Aktuators **20**, des Sensors **24** und der Drehachse **22** sowie des Sensors **26** jeweils gleich Null sind.

[0077] Mit der obigen Gleichung ergibt sich für die anfängliche Bewegung die kinetische Energie zu:

$$T = c_2 \dot{\alpha}^2$$

[0078] Wird die rotatorische Bewegung nun vollständig unterbunden, bspw. durch den Aktuator **20** oder alternativ durch eine Bremse (nicht dargestellt), so wird die in x-Richtung wirkende Komponente der kinetischen Energie zu einer Bewegung der gesamten Türkonstruktion in x-Richtung führen:

$$\begin{aligned} T_{\text{vorher}_\alpha} &\approx T_{\text{nachher}_x} \\ \rightarrow c_2 \dot{\alpha}_{\text{vorher}}^2 &\approx c_1 \dot{x}_{\text{nachher}}^2 \\ \rightarrow \dot{x}_{\text{nachher}} &\approx \frac{c_2}{c_1} \sqrt{\dot{\alpha}_{\text{vorher}}^2} \end{aligned}$$

[0079] Durch eine passende Wahl des Abbremszeitpunktes und der erzeugten kinetischen Energie kann über diesen Zusammenhang eine Bewegung der gesamten Türkonstruktion in x-Richtung von 0 bis x_{\max} erreicht werden. Der ideale Winkel für den Beginn des Abbremsens läge bei ca. $\alpha = 90^\circ$.

[0080] Das schematische Blockschaltbild der [Fig. 5](#) zeigt eine Variante einer Türsteuerung mit einer Pfadplanung. Dabei wird wiederum auf eine voll aktuierte Fahrzeugtür **10** mit zwei Freiheitsgraden entsprechend [Fig. 1](#) Bezug genommen. Zusätzlich ist eine den Arbeitsraum der Tür **10** erfassende Kamera **40** vorgesehen. Die Steuereinheit **34** für die Türsteuerung ist zudem mit der allgemein als Sensorik **42** bezeichneten Sensorausstattung verknüpft. Die Steuereinheit **34** steuert die Aktuatorik **44** an, die alle Aktuatoren der Tür **10** umfasst. Die Türsteuerung **34** ist gekoppelt mit einem Pfadplanungsmodul **46**, das weiterhin mit einem Speichermodul **48** gekoppelt ist. Der Pfadplaner **46** stellt ein Hilfsmittel für die Türsteuerung **34** dar, indem er aus einer Menge von Bewegungsmöglichkeiten genau einen Pfad berechnet, der geeignet für die Bewegung der Fahrzeugtür **10** ist.

[0081] Das schematische Blockschaltbild der [Fig. 6](#) zeigt eine Übersicht des Programmablaufs und der Signalverarbeitung einer derartigen Türsteuerung mit Pfadplanung gemäß [Fig. 5](#). Zunächst werden in einem ersten Schritt S1 die Lage und Gestalt der durch die Kamera **40** erfassten Hindernisse im Arbeitsraum der Tür eingelesen und diese Daten ggf. verarbeitet. Als Ausgangssignal werden Hindernisdaten **50** gewonnen. Gleichzeitig wird im Schritt S2 auf Grundlage des bisherigen Bewegungsverlaufs der Tür und des vom Bediener der Tür eingprägten Kraftverlaufs (Benutzerdaten **52**) der aktuell für die Türbewegung relevante Bereich bestimmt. Die daraus errechneten Arbeitsraumdaten **54** werden zusammen mit den Hindernisdaten **50** in ei-

nem dritten Schritt S3 zur Selektion der für die aktuelle Türbewegung relevanten Hindernisse verarbeitet. Unter Berücksichtigung zusätzlicher Modelldaten **56** erfolgt im nächsten Schritt **84** eine Szenenrepräsentation, bei der alle irrelevanten Hindernisse bereits eliminiert sind. Auf dieser Datengrundlage können im Schritt S5 kollisionsfreie Pfade bestimmt werden, die im nächsten Schritt S6 unter Berücksichtigung zusätzlicher Benutzerdaten **58** zur Selektion des am besten zur aktuellen Türbewegung passenden Pfades genutzt werden können. Das Ergebnis ist ein Steuersignal für die Aktuatoren für einen geeigneten Pfad **60**. Dieser Öffnungspfad **60** wird von der Türsteuerung **34** als Referenz für die Bewegung der Fahrzeugtür verwendet. Die Türsteuerung unterstützt den Benutzer ggf. durch geeignete Hilfskräfte, die durch die Aktuatorik aufgebracht werden, dabei, dem besten Pfad zu folgen.

[0082] Bei diesem Algorithmus wird davon ausgegangen, dass die erkannten Hindernisse als statisch betrachtet werden können. Damit sind ausschließlich diejenigen Hindernisse für die Pfadplanung von Interesse, die im zuvor bestimmten Arbeitsraum liegen. Aus den Daten dieser Hindernisse sowie aus bekannten Daten von Fahrzeug und Fahrzeugtür wird dann eine Szene erstellt, die als Grundlage für die Pfadplanung dient.

[0083] Die vereinfachte schematische Darstellung der [Fig. 7](#) zeigt die Komponenten einer Türsteuerung mit adaptiven Parametern. Es wird dabei ein Fahrzeug **8** betrachtet, das über eine aktuierte Fahrzeugtür **10** mit einer Kraftmesseinrichtung **62** sowie mit einer Sensorik **64** zur Anthropometrie-Erfassung sowie mit einer Wetter-Sensorik **66** zur Erfassung des aktuellen Wetterzustandes ausgestattet ist. Die Fahrzeugtür **10** wird von einem menschlichen Benutzer **68** betätigt.

[0084] Das schematische Blockschaltbild der [Fig. 8](#) zeigt eine Übersicht der Verschaltung und Signalverarbeitung einer Türsteuerung gemäß [Fig. 7](#). Die Steuereinheit **34** bestimmt auf Grundlage der Daten der Wetter-sensorik **66**, ob ein kritischer Wetter-Zustand vorliegt, was bspw. bei starkem Regen oder Schneefall der Fall sein kann. Die Tür **10** soll hierbei mit möglichst geringer Kraft geöffnet werden. Ist dies der Fall, so werden die Parameter des virtuellen Modells im Kraftregelkreis (vgl. [Fig. 9](#)) so adaptiert, dass sich eine möglichst geringe wahrgenommene Masse und Dämpfung der geregelten Tür **10** ergibt und der Benutzer damit in der Lage ist, die Tür schnell zu öffnen. Wird dagegen kein kritischer Wetter-Zustand detektiert, so erfolgt eine Adaption der Parameter des virtuellen Modells in Abhängigkeit von den anthropometrischen Daten **64** des Benutzers **68**. Dazu werden aus den Signalen der Anthropometrie-Sensorik **64** die Körpergröße und die Proportionen der Körperteile ermittelt. Auf dieser Grundlage erfolgt die Berechnung weiterer Zwischengrößen, wie bspw. des geschätzten Körpergewichts.

[0085] Aus einem im Speicher **48** hinterlegten Zusammenhang zwischen antropometrischen Daten und günstigen Parametern des virtuellen Modells werden die am besten zum jeweiligen Benutzer passenden Einstellungen ausgelesen bzw. berechnet. Diese ersetzen im virtuellen Modell des Kraftregelkreises ([Fig. 9](#)) die Standard-Parameter. Damit ergibt sich eine Veränderung der Charakteristik des Kraftregelkreises, die sich in eine veränderte wahrgenommene Dynamik der geregelten Tür und damit in einer Erhöhung des subjektiven Bedienkomforts für den Benutzer auswirkt.

Bezugszeichenliste

8	Fahrzeug
10	Fahrzeugtür
12	Schubgelenk
14	Verbindungselement
16	Schwenkgelenk
18	erster Aktuator
20	zweiter Aktuator
22	Schwenkachse
24	erster Sensor
26	zweiter Sensor
28	dritter Sensor
30	Objekt
32	Berührungspunkt
34	Steuereinheit
36	Aktivierungssignal
38	Türgriff
40	Kamera
42	Sensorik

44	Aktuatorik
46	Pfadplanungsmodul
48	Speichermodul
50	Hindernisdaten
52	Benutzerdaten
54	Arbeitsraumdaten
56	Modelldaten
58	zusätzliche Benutzerdaten
60	geeigneter Pfad
62	Kraftmesseinrichtung
64	Anthropometrie-Sensorik
66	Wetter-Sensorik
68	Benutzer

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 60015524 T2 [\[0004\]](#)
- US 5804937 A [\[0005\]](#)

Patentansprüche

1. Tür oder Klappe, insbesondere Fahrzeugtür (**10**), mit wenigstens zwei kinematischen Freiheitsgraden (x, α), der wenigstens ein Aktuator (**18, 20**) zur motorischen Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung und/oder eines Ent- oder Verriegelungsvorgangs zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Aktuator (**18, 20**) mit wenigstens einer Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) in Wirkverbindung steht.
2. Tür nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) zur Erfassung von Bewegungskennwerten der Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) vorgesehen ist.
3. Tür nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) zur Erfassung von Umgebungsparametern der Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) vorgesehen ist.
4. Tür nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) zur Erfassung einer unmittelbaren Umgebung der Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) vorgesehen ist.
5. Tür nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) zur Erfassung einer Betätigung und/oder einer Betätigungskraft zwischen einer die Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) betätigenden Person (**68**) und der Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) vorgesehen ist.
6. Tür nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) zur Erfassung mindestens einer Bewegungsgröße (z. B. Geschwindigkeit, Beschleunigung, Ort) der Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) vorgesehen ist.
7. Tür nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) eine optische Erfassungseinrichtung (**40**) zur Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person (**68**) und der Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) umfasst.
8. Tür nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) einen mechanischen Sensor und/oder wenigstens eine druckempfindliche Fläche zur Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person (**68**) und der Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) umfasst.
9. Tür nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) zur Erfassung von auf die Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) einwirkenden äußeren Umwelteinflüssen vorgesehen ist.
10. Tür nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) zur Erfassung einer Fahrzeugneigung vorgesehen ist.
11. Tür nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) mit einer informationsverarbeitenden Einheit (**34**) gekoppelt ist, die aus den Sensordaten ein Steuersignal zur Ansteuerung des wenigstens einen Aktuators (**18, 20**) generiert.
12. Tür nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die informationsverarbeitende Einheit bzw. die Auswerteeinrichtung (**34**) wenigstens eine Rechenvorschrift zur Wahl von Steuerparametern für die Ansteuerung des Aktuators (**18, 20**) auf Grundlage von tür- und/oder fahrzeug- und/oder benutzer- und/oder umgebungsspezifischen Kennwerten aufweist.
13. Tür nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (**34**) Werte für eine auf die Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) wirkende effektive Kraft aus den Sensordaten und/oder aus einer Rechenvorschrift auf Grundlage der sensierten Bedienerinteraktion und des Zustands der Tür (**10**) gewinnt.
14. Verfahren zur Betätigung einer Tür oder Klappe, insbesondere einer Fahrzeugtür (**10**) mit wenigstens zwei kinematischen Freiheitsgraden (x, α), der wenigstens ein Aktuator (**18, 20**) zur motorischen Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung und/oder eines Ent- oder Verriegelungsvorgangs zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ansteuerung des wenigstens einen Aktuators (**18, 20**) die Signale wenig-

tens einer Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) ausgewertet werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) Bewegungskennwerte der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) erfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) Umgebungsparameter der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) erfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) eine unmittelbare Umgebung der Tür (**10**) erfasst.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) eine Betätigung und/oder eine Betätigungskraft zwischen einer die Tür bzw. Fahrzeughür betätigenden Person (**68**) und der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) erfasst.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sensoreinrichtung den Bewegungszustand der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) erfasst.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 40, 42, 62, 64, 66**) auf optischem Wege eine Kontaktsituation zwischen der Person (**68**) und der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) erfasst.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) auf mechanischem Wege eine Kontaktsituation zwischen der Person (**68**) und der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) erfasst.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Sensoreinrichtung auf die Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) einwirkende äußere Umwelteinflüssen erfasst.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fahrzeugneigung erfasst wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sensoreinrichtung (**24, 26, 28, 42, 62, 64, 66**) mit einer Auswerteeinrichtung (**34**) gekoppelt ist, die aus den Sensordaten ein Steuersignal zur Ansteuerung des wenigstens einen Aktuators (**18, 20**) generiert.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (**34**) wenigstens eine Rechenvorschrift zur Herleitung von Steuerparametern für die Ansteuerung des Aktuators (**18, 20**) auf Grundlage von tür- und/oder fahrzeug- und/oder benutzer- und/oder umgebungsspezifischen Kennwerten aufweist.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass für die Bewegung der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) mindestens ein bevorzugter Pfad definierbar ist.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine bevorzugte Pfad aus Sensorwerten über eine Umgebungs- und/oder Umweltsituation und/oder aus benutzerspezifischen Kennwerten ermittelt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine bevorzugte Pfad auf Basis der kinematischen Eigenschaften der Tür (**10**) und/oder aus Sensorwerten über aktuelle Bewegungszustände der Tür (**10**) ermittelt wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine ermittelte Pfad für das automatische Bewegen, insbesondere für das automatische Öffnen und Schließen der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) verwendet wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass aus einer Menge der durch die kinematischen Eigenschaften der Tür bzw. Fahrzeughür (**10**) gegebenen möglichen Bewegungspfade ein geeigneter Pfad oder mehrere geeignete Pfade ermittelt werden.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Pfadplanung die Tür bzw. Fahrzeugtür (**10**) derart gesteuert wird, dass es zu keiner Kollision der Tür bzw. Fahrzeugtür mit Objekten (**30**) oder Menschen kommt.

32. Verfahren nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Pfadplanung untersuchten möglichen Pfade auf solche eingeschränkt werden, die als nicht unwahrscheinliche vom Benutzer (**68**) gewünschte Pfade eingestuft werden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

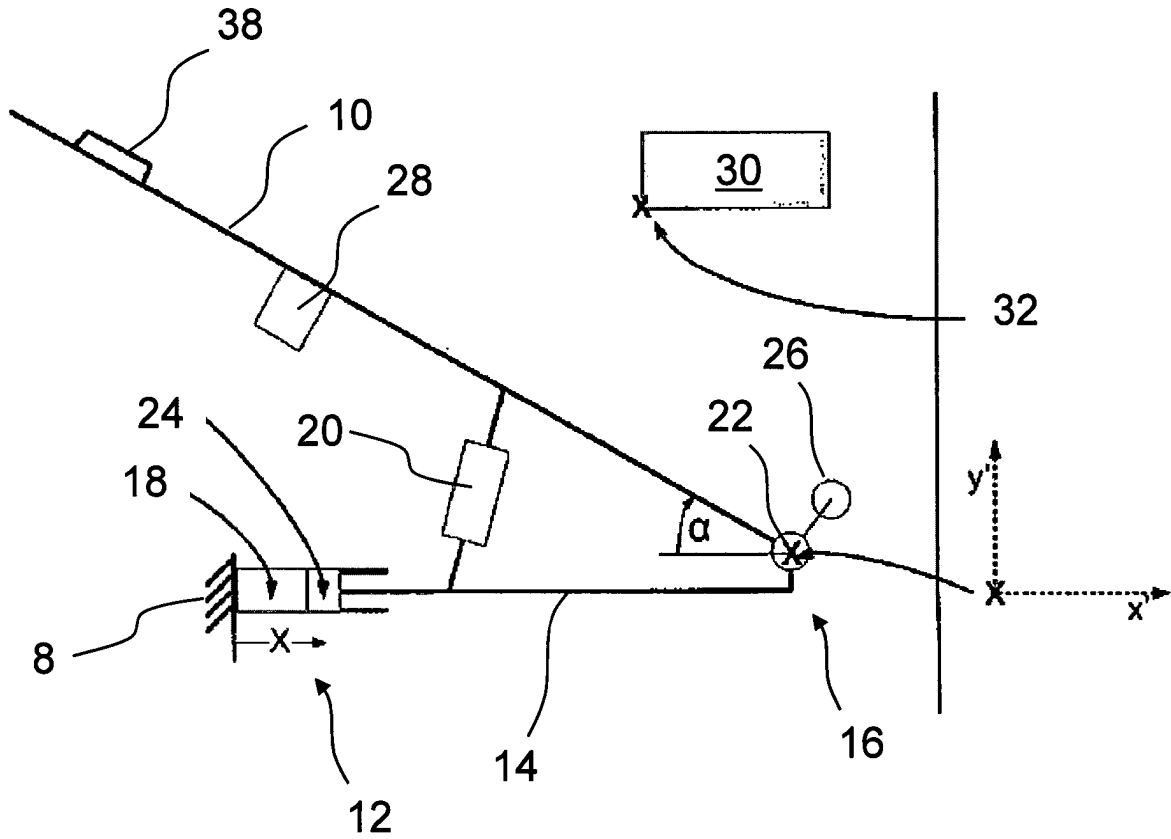


Fig. 2

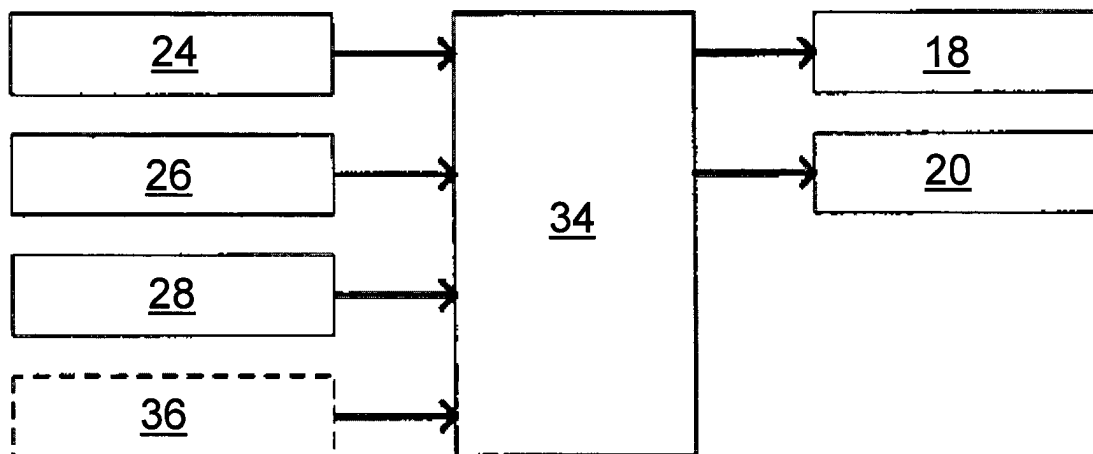


Fig. 3

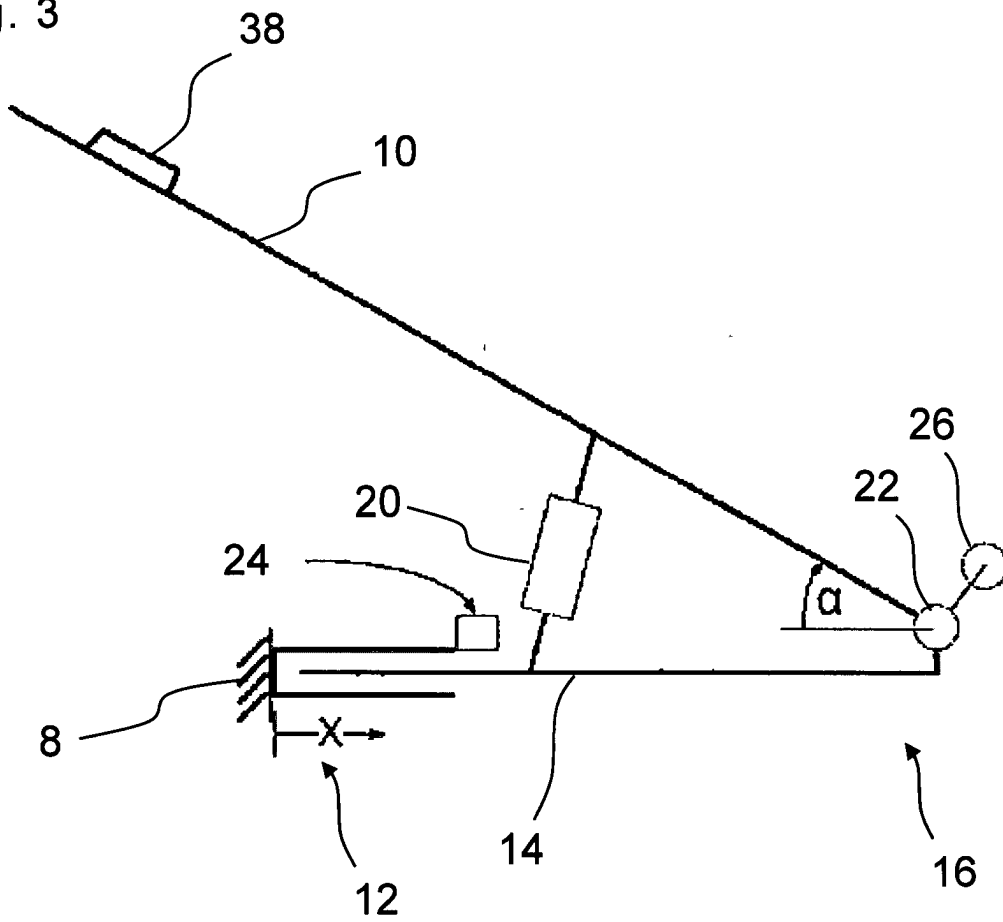


Fig. 4

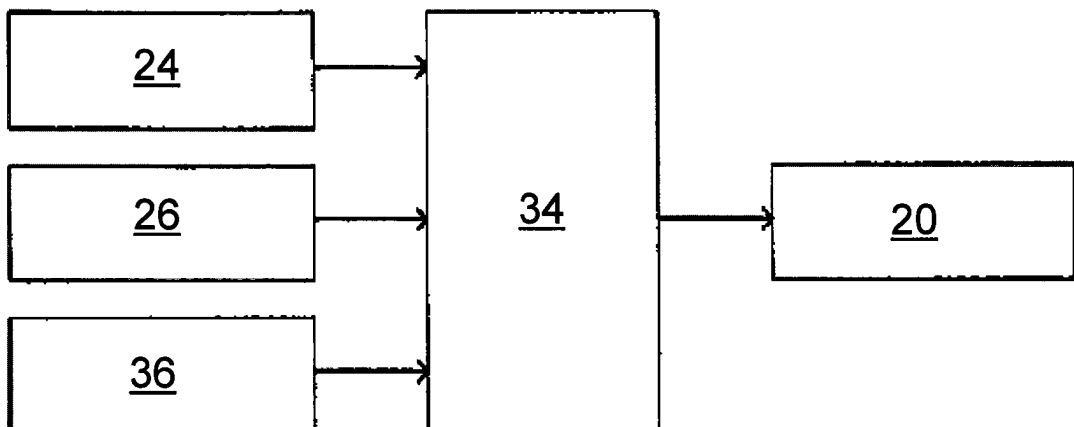


Fig. 5

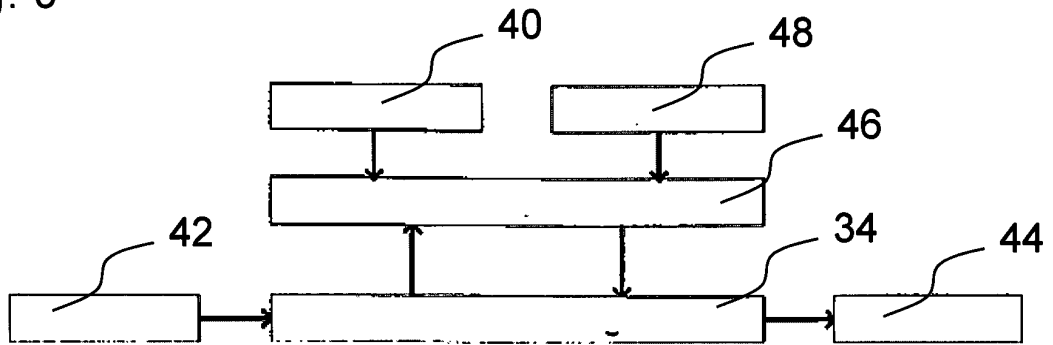


Fig. 6

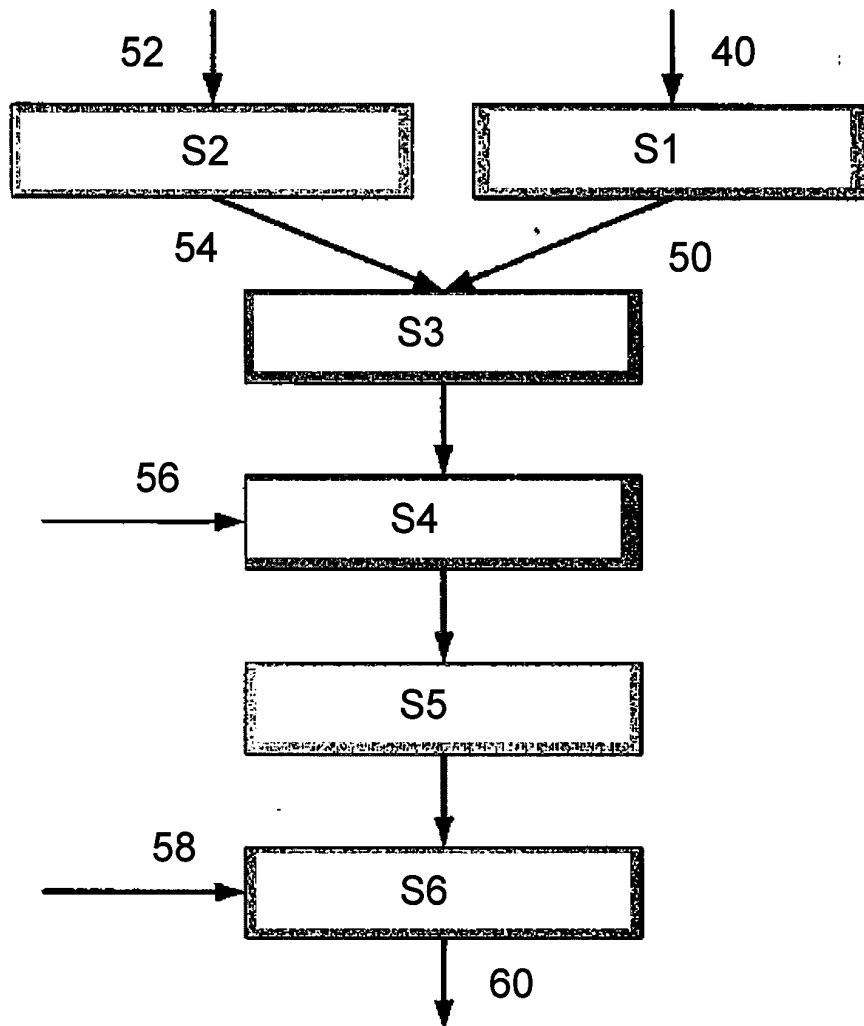


Fig. 7

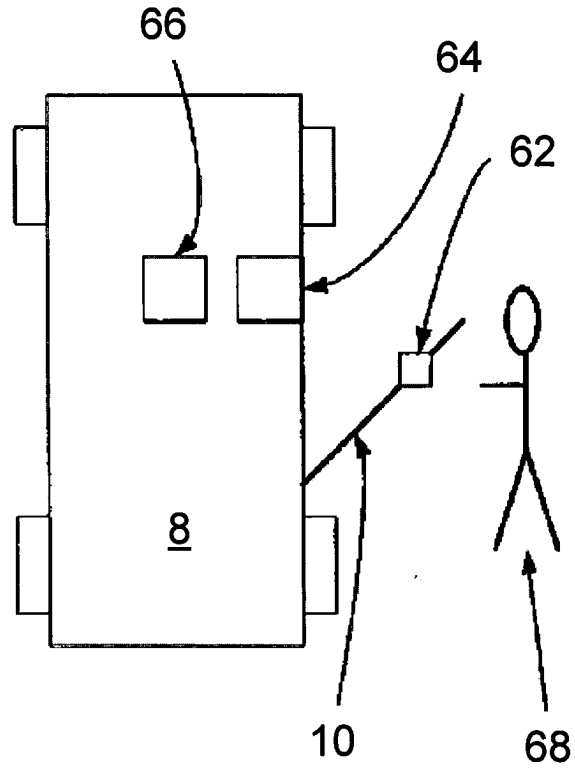


Fig. 8

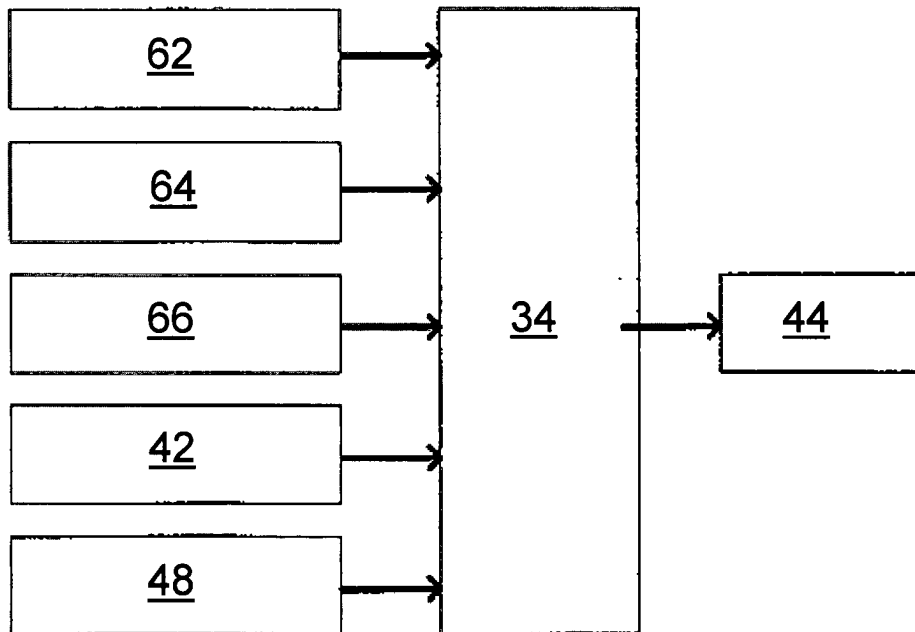


Fig. 9

