

(19)



Deutsches  
Patent- und Markenamt



(10) **DE 10 2007 062 472 B4** 2013.07.18

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 062 472.9**

(22) Anmeldetag: **20.12.2007**

(43) Offenlegungstag: **25.06.2009**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **18.07.2013**

(51) Int Cl.: **E05F 15/20** (2006.01)

**B60J 5/04** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Technische Universität München, 80333,  
München, DE**

(74) Vertreter:

**Reichert & Kollegen, 93047, Regensburg, DE**

(72) Erfinder:

**Strolz, Michael, Dipl.-Ing., 80939, München, DE;  
Buss, Martin, Prof. Dr.-Ing., 80637, München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 10 2005 017 250 A1**

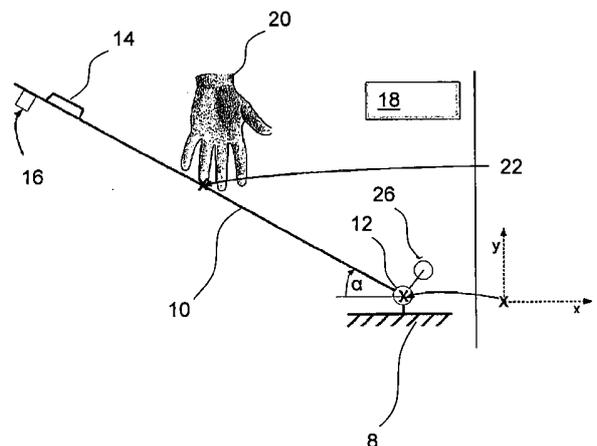
**DE 10 2006 054 163 A1**

**DE 600 15 524 T2**

**US 5 804 937 A**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Anpassung einer Stellkraft eines Aktuators sowie Tür, insbesondere Fahrzeugtür, welcher ein solcher Aktuator zugeordnet ist**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Anpassung einer Stellkraft eines Aktuators (26) zur Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung einer translatorisch und/oder rotatorisch öffnaren Tür, insbesondere Fahrzeugtür (10), an ihre jeweilige Bediensituation, mit einer Auswerteeinrichtung (24) zur Auswertung einer Kontaktsituation zwischen einer Person (20) und der Tür (10) auf der Grundlage von Sensorinformationen, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (24) zudem ausgestaltet ist zur Bestimmung des effektiven Hebelarms einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung der Tür (10) bezüglich einer Bewegungsachse (12) der Tür (10) auf der Grundlage der erfassten Kontaktsituation und zur Anpassung der Stellkraft des Aktuators (26) an die jeweilige Bediensituation der Tür (10) auf der Grundlage des bestimmten effektiven Hebelarms.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Anpassung einer Stellkraft eines Aktuators sowie ein Tür, insbesondere Fahrzeugtür, welcher ein solcher Aktuator zugeordnet ist.

**[0002]** Bekannte Türen öffnen bzw. schwenken in der Regel um einen vertikalen Schwenkwinkel. Bekannte 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 Kräfteinleitung basieren. Die Erfassung kann bspw. mittels Dehnungsmessstreifen erfolgen.

**[0004]** So beschreibt die DE 600 15 524 T2 einen druckempfindlichen Sensor, eine Objekterfassungsvorrichtung und eine Öffnungs-Schließungs-Vorrichtung, die zum Verhindern der Ergreifung 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]** DE 10 2006 054 163 A1 beschreibt eine Fahrzeugtür-Öffnen/Schließen-Vorrichtung, mit welcher basierend auf einer Betätigung eines Sensors an einer Fahrzeugtür sowohl die Fahrertür und/oder andere Fahrzeugtüren geöffnet werden können. Zudem kann eine Fahrzeugtür automatisch entriegelt werden, wenn sich ein Benutzer der Fahrzeugtür nähert.

**[0007]** Die bekannten Systeme ermöglichen jedoch keine individuelle Anpassung der Betätigungskräfte an äußere Umgebungsbedingungen und die unterschiedlichsten Möglichkeiten, eine Fahrzeugtür zu handhaben.

**[0008]** US 58 04 037 A beschreibt eine Fahrzeugtürbetätigungsvorrichtung, welche einer Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 entspricht.

**[0009]** Das Ziel der vorliegenden Erfindung wird daher darin gesehen, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Anpassung einer Stellkraft eines Aktuators sowie eine Tür, insbesondere Fahrzeugtür, welcher ein solcher Aktuator zugeordnet ist, zur Verfügung zu stellen, welche die Nachteile des Standes der Technik vermeiden und dem Benutzer einen erhöhten Betätigungs- und Bedienungskomfort der Tür bieten.

**[0010]** Dieses Ziel der Erfindung wird mit der Vorrichtung nach Patentanspruch 1, der Tür nach Patentanspruch 8 und dem Verfahren nach Patentanspruch 10 erreicht. Merkmale vorteilhafter Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

**[0011]** Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie der erfindungsgemäßen Tür 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 aufgebrachten Servokräfte sehr präzise an die individuellen Erwartungen und Bedürfnisse verschiedener Benutzer angepasst werden können.

**[0012]** 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.

**[0013]** Die Sensorinformationen können mit wenigstens einer Sensoreinrichtung erfasst werden, die insbesondere durch eine optische Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person und der Tür bzw. Fahrzeugtür gebildet sein kann. 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.

**[0014]** 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.

**[0015]** 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. Krafteinwirkung 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.

**[0016]** 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.

**[0017]** 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.

**[0018]** 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 Tür bzw. Fahrzeugtür wirkende Gravitationskraft bei der Bestimmung des für den Aktuator notwendigen Steuersignals berücksichtigen, d. h. „herausrechnen“ zu können. Da die auf die Tür bzw. 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.

**[0019]** 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.

**[0020]** Wie zuvor beschrieben, werden mittels mindestens einer Sensoreinrichtung eine Betätigung und/oder eine Betätigungskraft zwischen einer die Tür bzw. Fahrzeugtür betätigenden Person und der Tür bzw. Fahrzeugtür 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. Fahrzeugtür betätigenden Person und der Tür bzw. Fahrzeugtür selbst angesteuert wird. Insbesondere kann eine optische Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person und der Tür bzw. Fahrzeugtür vorgesehen sein.

**[0021]** Wahlweise oder zusätzlich kann eine mechanische Erfassung einer Kontaktsituation zwischen der Person und der Tür bzw. Fahrzeugtür vorgesehen sein. Von Vorteil kann es zudem sein, eine Vorfelderfassung unmittelbar vor einer Kontaktierung der Tür bzw. Fahrzeugtür durch die Person vorzusehen. Weiterhin kann eine Erfassung von Positions-, Bewegungs- und/oder Beschleunigungsparametern der Tür bzw. Fahrzeugtür sowie ggf. von auf die Tür bzw. Fahrzeugtür 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. Fahrzeugtür 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.

**[0022]** Weitere Aspekte des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ansteuerung der Tür bzw. Fahrzeugtür wurden bereits im Zusammenhang mit der aktuatorunterstützten Tür bzw. Fahrzeugtür genannt. Diese Aspekte beziehen sich in gleicher Weise auch auf das Steuerungsverfahren.

**[0023]** Verschiedene Aspekte der Erfindung werden nachfolgend zusammengefasst. Bisher existierte keine Möglichkeit, aus einem Positions-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssignal einer herkömmlichen Tür bzw. Fahrzeugtür mit einem rotatorischen Freiheitsgrad die von einem menschlichen Bediener an dieser Tür hervorgerufene Kraft präzise zu ermitteln. Der Grund liegt darin, dass neben der wirkenden Kraft ( $F$ ) auch der wirksame Hebelarm ( $r$ ) bezüglich der Rotationsachse unbekannt ist, so dass eine idealisierte Drehmomentengleichung

$$\Sigma M = \vec{F} \times \vec{r} - J \cdot \ddot{\varphi} = 0$$

mit

$$\ddot{\varphi} = \frac{d}{dt} \dot{\varphi} = \frac{d}{dt} \left( \frac{d}{dt} \varphi \right)$$

bei gegebenem Trägheitsmoment ( $J$ ) bezüglich der Rotationsachse sowie bekannter Winkelbeschleunigung bzw. Winkelgeschwindigkeit oder Winkel  $\varphi$  unterbestimmt ist. Die Drehmomentengleichung muss deshalb als idealisiert gelten, da nur eine externe Kraft erfasst wird, die zudem von einer menschlichen Bedienperson verursacht wird. Es werden dagegen keine Störmomente berücksichtigt, die bspw. durch Reibung entstehen. Schließlich wird die Tür als völlig unelastischer Körper betrachtet.

**[0024]** Die Erfassung des Hebelarms kann sich jedoch als schwierig erweisen, da die Bedienperson während der Öffnungs-, der Ein-/Ausstiegs- und der Schließphase typischerweise an insgesamt drei oder vier verschiedenen Bereichen der Tür bzw. Fahrzeugtür Kräfte auf diese ausüben kann. So wird beim Einsteigen normalerweise der Türaußengriff betätigt. Es kann jedoch auch eine Kraft auf den Türrahmen auf Fensterhöhe sowie auf den Türinnengriff ausgeübt werden. Die Punkte der effektiven Krafteinleitung hängen dabei in hohem Maße vom Benutzer (Körpergröße, typische Betätigungskräfte etc.) und der spezifischen Bediensituation (z. B. enge Parklücke) ab und weisen zudem eine relativ große stochastische Streuung auf. Bisher standen deshalb keine Sensorsysteme zur Verfügung, die eine vollständige Bestimmung der relevanten Kräfte bei der Bedienung einer aktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür gewährleisten können. Damit war bisher keine hochwertige, Interaktionskraft-basierte Regelung einer aktuierten Tür bzw. Fahrzeugtür möglich.

**[0025]** Mit der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, eine Vorrichtung und ein Verfahren einzusetzen, die über eine geeignete Sensorik und Datenerfassung eine Kontaktsituation zwischen Benutzer und Tür bzw. Fahrzeugtür erfassen und auf dieser Grundlage durch geeignete Informationsverarbeitung einen effektiven Hebelarm bestimmen können, um auf Basis dieser ermittelten Werte eine möglichst gut einer jeweiligen Bediensituation angepasste Stellkraft eines Aktors zu generieren.

**[0026]** Die Sensorik und Messdatenerfassung ist so auszuwählen, dass die Kontaktstelle(n) von Benutzer und Tür bzw. Fahrzeugtür gemessen werden können. Wichtige Bereiche sind insbesondere ein Türaußengriff, eine Region um den Türaußengriff, eine Region um die der B-Säule zugewandte Kante, eine Region um den Türinnengriff und der Türinnengriff selbst. Ein wichtiger Bereich kann auch der Bewegungsradius des Ellbogens und des Unterarms sein, da auch damit die Tür aufgedrückt werden kann. Für manche Benutzer stellt eine solche Öffnungssituation eine durchaus häufig angewendete Variante dar. Nachfolgend wird eine Variante skizziert, bei der insbesondere der Türaußengriff betrachtet wird. Die damit im Zusammenhang stehenden Aspekte lassen sich auf andere Kontaktsituationen wie z. B. an der Türinnenseite weitgehend übertragen.

**[0027]** Wie anhand der obigen Ausführungen verdeutlicht, können verschiedene Sensorklassen zur Erfassung der Kontaktsituation herangezogen werden. Unterscheiden lassen sich diese in sog. „lokale“ Sensoren und in sog. „globale“ Sensoren. Ein lokaler Sensor ist am Beispiel der Autotür tendenziell auf eine geringe Messumgebung beschränkt. Solche Sensoren können bspw. durch einen druckempfindlichen Piezo-Sensor oder durch Dehnungsmessstreifen auf dem Türaußengriff gebildet sein. Dagegen sind „globale“ Sensoren solche, die tendenziell weite Bereiche der Autotür erfassen. Globale Sensoren können z. B. durch Kameras am Türaußenspiegel gebildet sein. Sowohl lokale als auch globale Sensoren können vorteilhaft eingesetzt werden, vorzugsweise in Kombination miteinander.

**[0028]** Im Normalfall ergibt die Auswertung der Kontaktsensorik keine oder genau eine Kontaktstelle, da ein Bediener typischerweise nicht an mehr als einer Stelle mit der Tür bzw. Fahrzeugtür in Kontakt steht. Sofern kein Kontakt besteht, beträgt die Interaktionskraft Null ( $F = 0 \text{ N}$ ). Sofern genau ein Kontakt besteht, kann die Interaktionskraft nach Ermittlung des Abstandes der Kontaktstelle von der Rotationsachse mit Hilfe der Drehmomentengleichung bestimmt werden. Für den untypischen Fall, dass in einem Zeitpunkt mehr als ein Kontakt zwischen Bediener und Tür bzw. Fahrzeugtür besteht, wird ein Verfahren zur Bestimmung der einzelnen in den Kontaktpunkten wirksamen Kräfte benötigt. Ein solches Verfahren mitsamt den dafür nötigen Algorithmen kann bei Bedarf angewendet werden.

**[0029]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung sowie das erfindungsgemäße Verfahren erlauben erstmals eine präzise Bestimmung der Interaktionskraft zwischen Bediener und Tür bzw. Fahrzeugtür. Damit ermöglichen sie den Einsatz hochwertiger kraftbasierter Regelungen und damit eine signifikante Erhöhung des Bedienkomforts für aktuierte Fahrzeugtüren. Da die für die Vorrichtung und das Verfahren benötigten Sensoren vollständig oder zum Teil für weitere Aufgaben, vor allem Überwachungsaufgaben im Automobil eingesetzt werden können, ergeben sich mögliche Synergieeffekte, die eine kostengünstige Integration in aktuierte Fahrzeugtüren ermöglichen. Da zudem unter anderem preiswerte Standardsensoren zum Einsatz kommen können, sind nur relativ geringe Mehrkosten gegenüber bereits bekannten aktuierten Fahrzeugtüren zu erwarten. Damit ist die Vorrichtung nicht nur für Fahrzeuge in der Oberklasse sehr interessant, sondern kann auch gewinnbringend in kostengünstigeren Serienmodellen der Mittelklasse integriert und verkauft werden.

[0030] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, schon vor dem Zustandekommen eines Kontakts zwischen Bediener und Tür bzw. Fahrzeugtür die Lage des Kontaktpunktes abzuschätzen. Dies ist besonders im Hinblick darauf interessant, dass sich z. B. beim Einsatz eines Kamerasystems Verdeckungen im Bildbereich ergeben können. Wurde nun vor Auftreten einer solchen Verdeckung entdeckt, an welche Stelle der Tür bzw. Fahrzeugtür der Bediener z. B. voraussichtlich greifen möchte, so kann diese Stelle als geschätzte Kontaktstelle verwendet werden, solange keine verlässlicheren Daten bezüglich der Kontaktstelle vorliegen.

[0031] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung erlaubt es, äußere auf die Tür bzw. Fahrzeugtür einwirkende Kräfte, wie beispielsweise Wind oder Gravitation, zu erfassen. Damit kann auch bei solchen „Störgrößen“ gemäß dem Superpositionsprinzip eine Bestimmung der Interaktionskraft stattfinden, wenn das von den Störkräften auf die Tür bzw. Fahrzeugtür bezüglich der Rotationsachse ausgeübte Drehmoment nach folgender Formel bestimmt wird:

$$\Sigma M = \vec{F}_{Int} \times \vec{r}_{Int} - M_{Wind} - M_{Gravitation} - J \cdot \ddot{\varphi} = 0$$

[0032] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung erlaubt es, durch Reibung im Türmechanismus hervorgerufene Momente bei der Bestimmung der Interaktionskraft zu berücksichtigen und damit eine höhere Genauigkeit zu erreichen:

$$\Sigma M = \vec{F}_{Int} \times \vec{r}_{Int} - M_{Reibung} - J \cdot \ddot{\varphi} = 0$$

[0033] 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.

[0034] [Fig. 1](#) zeigt in einer vereinfachten schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer aktuierten Fahrzeugtür.

[0035] [Fig. 2](#) zeigt in einem schematischen Blockschaltbild eine Übersicht der Verschaltung und Signalverarbeitung einer Fahrzeugtür gemäß [Fig. 1](#).

[0036] In dem nachfolgend näher erläuterten Ausführungsbeispiel 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.

[0037] Als anschauliches Beispiel wird in [Fig. 1](#) auf eine Fahrzeugtür **10** mit einem rotatorischen Freiheitsgrad  $\alpha$  (Schwenkwinkel  $\alpha$ ) Bezug genommen. Es handelt sich dabei also um eine an einer Seite eines Fahrzeuges **8** angeordnete herkömmliche Schwenktür **10**, wie sie im Kraftfahrzeugbau üblicherweise eingesetzt werden. Die Fahrzeugtür **10** wird dabei um eine annähernd vertikal verlaufende Schwenkachse **12** verschwenkt. Unabhängig vom gewählten Beispiel lassen sich die Prinzipien der vorliegenden Erfindung aber auf nahezu beliebige Kinematiken mit einem oder mehreren Freiheitsgraden anwenden, bspw. auf Schiebetüren oder auf kombinierte Schwenk-Schiebetüren etc.

[0038] Im gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Fahrzeugtür **10** eine bestimmte Trägheit bezüglich der Drehachse **12** auf. Die Fahrzeugtür **10** weist weiterhin einen außen angeordneten Türgriff **14** sowie einen in der Fahrzeugtür, vorzugsweise relativ weit außen bzw. in Nähe des Türgriffs **14** angeordneten Beschleunigungssensor **16** auf. Am Fahrzeug **8** ist zudem eine Kamera **18** so montiert, dass sie wichtige Bereiche der Interaktion zwischen einem Benutzer **20** und der Fahrzeugtür **10** im Sichtfeld hat. Die Kamera **18** kann bspw. am Außenspiegel der entsprechenden Tür montiert sein. Der Benutzer **20** ist in der Darstellung der [Fig. 1](#) durch eine Hand angedeutet, die sich an einem aktueller Kontaktpunkt **22** nahe der Türaußenseite befindet.

[0039] In der Darstellungen der [Fig. 2](#) sind die Komponenten der erfindungsgemäßen Vorrichtung, ihre Verschaltung sowie die relevante Signalverarbeitung dargestellt. Von der optionalen Kamera **18** kann erfasst werden, ob ein Kontakt zwischen Bediener **20** und der Fahrzeugtür **10** stattfindet. Im Kontaktfall wird durch eine geeignete Bildverarbeitung **19** auf Grundlage der geometrischen und kinematischen Gegebenheiten der Fahr-

zeugtür **10** (Form der Türaußenseite, Öffnungswinkel, relative Lage zwischen Kamera und Fahrzeugtür, etc.) die Entfernung zwischen dem Kontaktpunkt **22** und der Rotationsachse **12** bestimmt. Diese Entfernung entspricht dem effektiven Hebelarm. Der ermittelte Wert wird als Information an eine Recheneinheit **24** gesendet bzw. dieser als Signal zur Verfügung gestellt. Für den Fall, dass kein Kontakt vorliegt, wird der ermittelte Wert für den Hebelarm auf Null gesetzt; durch die eingesetzten Algorithmen ergibt sich daraus eine Interaktionskraft von Null, und damit das gewünschte Verhalten.

[0040] Von dem Beschleunigungssensor **16** wird die rotatorische Beschleunigung der Fahrzeugtür **10** um die Schwenkachse **12** erfasst. Anstelle des dargestellten absolut messenden Beschleunigungssensors **16** könnte auch ein relativ messender Beschleunigungssensor eingesetzt werden. Als weitere Alternative könnte auch die Rotationsgeschwindigkeit erfasst und differenziert oder der Drehwinkel  $\alpha$  zweimal differenziert werden. Das Beschleunigungssignal wird nach einer geeigneten Signalaufbereitung **17** (Filterung, Verstärkung) ebenfalls der Recheneinheit **24** zur Verfügung gestellt. Die Recheneinheit **24** kann auf Grundlage von Entfernungs- und Beschleunigungssignal die Gleichung

$$\Sigma M = \vec{F} \times \vec{r} - J \cdot \ddot{\phi} = 0$$

wie folgt auswerten:

$$F_{\text{orthogonal}} = \frac{1}{r} \cdot J \cdot \ddot{\phi}$$

[0041] Es wird also die beschleunigend wirkende Kraft  $F_{\text{orthogonal}}$  ermittelt. Diese wird der Steuerung und/oder Regelung verwendet und einem Aktuator **26** der Fahrzeugtür **10** zur Verfügung gestellt, um beispielsweise damit einen Kraft-basierten Regelkreis zu schließen. Ein solcher Aktuator **26** kann bspw. ein elektrischer Servomotor, ein hydraulischer oder pneumatischer Linear- oder Rotationsantrieb o. dgl. sein.

[0042] Neben dem erwähnten Beschleunigungssensor **16** und der Kamera **18** als optischer Erfassungseinrichtung kann wahlweise ein weiterer mechanischer Sensor vorgesehen sein, bspw. ein berührungs- und/oder druckempfindlicher Sensor am äußeren Türgriff **14** und/oder an einem inneren Türgriff (nicht dargestellt).

[0043] Eine weitere vorteilhafte Variante kann vorsehen, dass die Recheneinheit **24** einen Kennfeldspeicher aufweist, in dem bspw. benutzerspezifische Kenndaten und/oder Kenndaten für verschiedene Fahrzeugtüren hinterlegt sind. Besonders vorteilhaft ist es zudem, wenn weitere Kenndaten hinterlegt sind, die einen Verschleiß der Türöffnungsmechanik und damit leicht veränderte Reibwerte bzw. ein insgesamt leicht verändertes mechanisches Verhalten der Tür **10** und/oder des Aktuators **26** berücksichtigen können. Durch ein geeignet konfiguriertes Kennfeld muss das Alterungsverhalten einer bestimmten Tür nicht gemessen werden, so lange das Alterungsverhalten einer Vielzahl von Türen einem typischen Verlauf entspricht. Ein solcher typischer Verlauf kann mittels eines Kennfeldes berücksichtigt werden.

[0044] Die Erfindung ist nicht auf die vorstehenden Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen denkbar, die von dem erfindungsgemäßen Gedanken Gebrauch machen und deshalb ebenfalls in den Schutzbereich fallen.

#### Bezugszeichenliste

8	Fahrzeug
10	Fahrzeugtür
12	Schwenkachse
14	Türgriff
16	Beschleunigungssensor
17	Signalverarbeitung
18	Kamera
19	Bildverarbeitung

- 20 Benutzer
- 22 Kontaktpunkt
- 24 Recheneinheit
- 26 Aktuator

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Anpassung einer Stellkraft eines Aktuators (26) zur Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung einer translatorisch und/oder rotatorisch öffnbaren Tür, insbesondere Fahrzeugtür (10), an ihre jeweilige Bediensituation, mit einer Auswerteeinrichtung (24) zur Auswertung einer Kontaktsituation zwischen einer Person (20) und der Tür (10) auf der Grundlage von Sensorinformationen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinrichtung (24) zudem ausgestaltet ist zur Bestimmung des effektiven Hebelarms einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung der Tür (10) bezüglich einer Bewegungsachse (12) der Tür (10) auf der Grundlage der erfassten Kontaktsituation und zur Anpassung der Stellkraft des Aktuators (26) an die jeweilige Bediensituation der Tür (10) auf der Grundlage des bestimmten effektiven Hebelarms.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Auswerteeinrichtung (24) zudem derart ausgestaltet ist, dass sie die Anpassung der Stellkraft des Aktuators an die jeweilige Bediensituation der Tür (10) zudem auf der Grundlage von Positions-, Geschwindigkeits- und/oder Beschleunigungswerten der Tür (10) vornimmt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Auswerteeinrichtung (24) zudem zur Verwendung von Daten einer optischen Erfassungseinrichtung und/oder eines mechanischen Sensors und/oder einer druckempfindlichen Fläche ausgestaltet ist, um die Kontaktsituation auszuwerten.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinrichtung (24) zudem zur Vorauswahl von typischen Interaktionsmustern einer Person (20) mit der Tür (10) ausgestaltet ist und die Vorauswahl auf der Grundlage einer Vorfelderfassung unmittelbar vor einer Kontaktierung der Tür (10) durch die Person (20) durchführt.
5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinrichtung (24) derart ausgestaltet ist, dass sie eine Anpassung der Stellkraft des Aktuators (26) an die jeweilige Bediensituation der Tür (10) zudem auf der Grundlage von auf die Tür (10) einwirkenden äußeren Umwelteinflüssen vornimmt.
6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinrichtung (24) derart ausgestaltet ist, dass sie eine Anpassung der Stellkraft des Aktuators (26) an die jeweilige Bediensituation der Tür (10) zudem auf der Grundlage einer Fahrzeugneigung vornimmt.
7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinrichtung (24) wenigstens eine Rechenvorschrift zur Herleitung von Steuerparametern für die Ansteuerung des Aktuators (26) auf Grundlage von tür- und/oder fahrzeug- und/oder benutzer- und/oder umgebungsspezifischen Kennwerten aufweist.
8. Tür, insbesondere Fahrzeugtür (10), welcher ein Aktuator (26) zur motorischen Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung der Tür (10) zugeordnet ist, wobei eine Stellkraft des Aktuators (26) mittels einer Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche anpassbar ist.
9. Tür nach Anspruch 8, zudem mit einem Türaußengriff zum Betätigen der Tür von außerhalb eines Fahrzeugs, wenn die Tür an einem Fahrzeug angebracht ist, einem Türinnengriff zum Betätigen der Tür von innerhalb eines Fahrzeugs, wenn die Tür an einem Fahrzeug angebracht ist, und einer Sensoreinrichtung zur Erfassung der Kontaktsituation, wobei die Sensoreinrichtung an dem Türaußengriff, und/oder in einer Region um den Türaußengriff und/oder dem Türinnengriff und/oder in einer Region um den Türinnengriff und/oder in einer Region um eine einer B-Säule des Fahrzeugs zugewandten Kante angebracht ist.
10. Verfahren zur Anpassung einer Stellkraft eines Aktuators (26) zur Unterstützung einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung einer translatorisch und/oder rotatorisch öffnbaren Tür, insbesondere Fahrzeugtür (10), an ihre jeweilige Bediensituation, mit den Schritten:

Auswerten einer Kontaktsituation zwischen einer Person (**20**) und der Tür (**10**) auf der Grundlage von Sensorinformationen,

Bestimmen des effektiven Hebelarms einer Öffnungs- und/oder Schließbewegung der Tür (**10**) bezüglich einer Bewegungsachse (**12**) der Tür (**10**) auf der Grundlage der erfassten Kontaktsituation, und

Anpassen der Stellkraft des Aktuators (**26**) an die jeweilige Bediensituation der Tür (**10**) auf der Grundlage des bestimmten effektiven Hebelarms.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

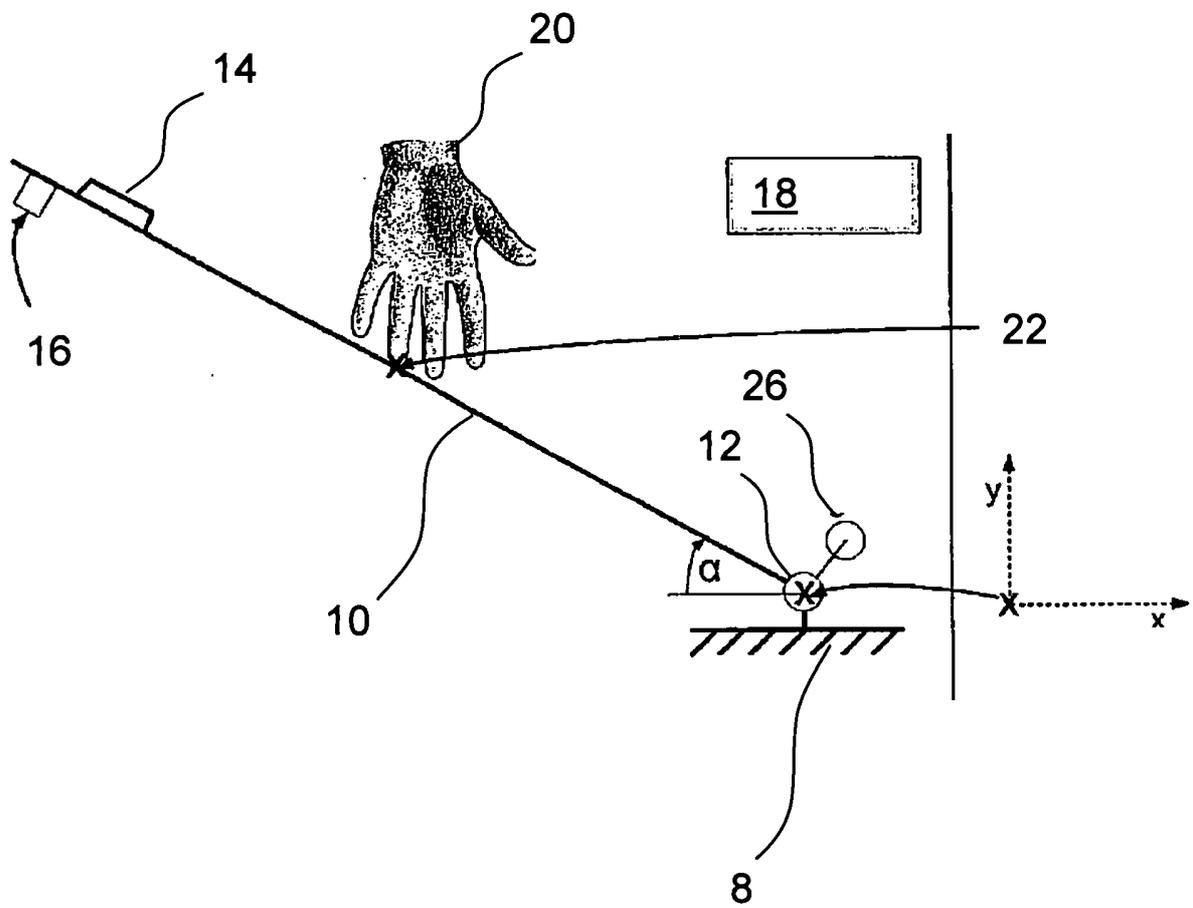


Fig. 2

