



(11) **EP 0 976 675 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch: **13.08.2008 Patentblatt 2008/33** (51) Int Cl.: **B66B 13/14** <sup>(2006.01)</sup>

(45) Hinweis auf die Patenterteilung: **15.10.2003 Patentblatt 2003/42**

(21) Anmeldenummer: **99114061.7**

(22) Anmeldetag: **20.07.1999**

---

(54) **Verfahren zur Kraftbegrenzung für automatische Aufzugstüren**

Method of force limitation for automatic elevator doors

Méthode de limitation des efforts pour portes automatiques d'ascenseur

---

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE FR GB LI**

(30) Priorität: **30.07.1998 EP 98810733**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.02.2000 Patentblatt 2000/05**

(73) Patentinhaber: **INVENTIO AG**  
**6052 Hergiswil (CH)**

(72) Erfinder: **Grundmann, Steffen, Dr.-Ing.**  
**8906 Bonstetten (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 731 398** **EP-A- 0 838 424**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 098, no. 004, 31. März 1998 (1998-03-31) & JP 09 323877 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 16. Dezember 1997 (1997-12-16)

**EP 0 976 675 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kraftbegrenzung für automatische Aufzugstüren mit einem Türantrieb bestehend aus Steuerung, Motor und Antriebsmechanik zur Bewegung einer Kabinentür und einer Schachttür gemäss eines der Türstellung entsprechenden Geschwindigkeitsverlaufes und Kraftverlaufes von einer Offenstellung in eine Geschlossenstellung oder umgekehrt, wobei der Kraftverlauf an sich im Laufe der Zeit verändernde Türparameter anpassbar ist und die Türen während des Bewegungsvorganges bei einer durch ein Hindernis ausgelösten Störkraft stoppbar und/oder reversierbar sind.

**[0002]** Aus der Patentschrift DE 39 21 158 ist eine Regeleinrichtung für eine mittels Gleichstrommotor angetriebene Gelenktür bekannt. Das Antriebsmoment ist dem Motorankerstrom proportional. In einer Speichereinrichtung sind der Motorstromverlauf in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Tür im störungsfreien Lauf und mit dem maximal zulässigen Drehmoment abgespeichert. Diese Stromwerte können rechnerisch oder experimentell gewonnen werden. Um an der Tür wirkende Reibungsverluste zu berücksichtigen, wird zur Bildung des Sollwertankerstromes der vorstehend genannte Stromwert mit einem gleitenden Mittelwert addiert, der sich aus dem Istwert des Ankerstromes im hindernisfreien Betrieb ergibt. Die Ermittlung des Sollwertes ist nach jedem einwandfreien Öffnen und Schliessen der Tür vorgesehen. Tritt an der Tür ein Hindernis auf, so steigt der Istwert des Ankerstromes überproportional an. In der Regeleinrichtung wird dieser Istwert mit dem Sollwert verglichen. Liegt der Istwert über dem zulässigen Sollwert, so wird der Ankerstrom und somit das Türantriebsmoment reduziert.

**[0003]** Ein Nachteil der bekannten Einrichtung liegt in der aufwendigen und umfangreichen Speicherung der für den Mittelwert notwendigen positionsabhängigen Stromverlaufskurven für den gesamten Fahrbereich der Tür.

**[0004]** Aus der JP 09323877 ist ein Verfahren zur Begrenzung der Schließkraft bei Aufzugstüren bekannt, bei dem ein Aufzugstürmodell aus einem Verschiebungswert des Türmotors sowie einer Motorgeschwindigkeit das Motorantriebsmoment unter Berücksichtigung weiterer Parameter errechnet.

**[0005]** In einem Vergleich wird das errechnete Motorantriebsmoment verglichen mit einem Drehmomentbefehl einer Geschwindigkeitssteuerung. Übersteigt die Differenz zwischen den verglichenen Werten einen Abweichungstoleranzwert, wird ein Reversierbefehl für die Tür ausgegeben.

**[0006]** Davon ausgehend stellt sich für die vorliegende Erfindung die Aufgabe, ein alternatives Verfahren zur Begrenzung der Schließkraft bei Aufzugstüren zur Verfügung zu stellen. Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0007]** Die durch die Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, dass eine kompakte Form der Beschreibung des störkraftfreien Antriebskraftverlaufes möglich ist. Damit kann eine automatische, optimale Einstellung der Antriebskraftbegrenzung erreicht und der Inbetriebnahmeaufwand gesenkt werden. Weiter vorteilhaft ist, dass ein Kraftgrenzwert nicht nur für eine bestimmte Sollgeschwindigkeitsfunktion der Tür zur Verfügung steht, sondern auch für abweichende Verläufe, beispielsweise bei reduzierter Geschwindigkeit oder erhöhter Beschleunigung bereitgestellt werden kann, ohne zuvor eine neue Lernfahrt durchzuführen.

**[0008]** Beim Türschliessvorgang besteht die Gefahr, dass sich im zunehmend kleiner werdenden Türspalt Hindernisse wie beispielsweise Personen oder Gegenstände befinden und eingeklemmt werden können. Beim Türöffnungsvorgang besteht die Gefahr, dass beispielsweise Kinderhände oder flache Gegenstände zwischen die sich gegeneinander verschiebenden Türflügel oder zwischen Türflügel und Türrahmen gelangen können.

**[0009]** Das erfindungsgemässe Verfahren bezieht sich auf den Türschliessvorgang wie auch auf den Türöffnungsvorgang. Kraftbegrenzung bedeutet beim Türschliessvorgang eine Begrenzung der Schliesskraft bzw. eine Begrenzung der Öffnungskraft beim Öffnungsvorgang. Kraftverlauf bezieht sich auf den Kraftverlauf während des Türschliessvorganges bzw. während des Türöffnungsvorganges.

**[0010]** Im folgenden wird die Erfindung anhand von ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemässen Verfahrens und

Fig. 2 statistische Funktionen zur Auswertung der Differenz zwischen Soll- und Itschliesskraftwerten.

**[0011]** Fig. 1 zeigt ein System für den Betrieb einer automatischen Aufzugstür bestehend aus einem Sollwerterzeuger 1 für die Geschwindigkeit, einem Istwerterfasser 2 der Geschwindigkeit/Türposition, einem Bewegungsregler 3, einem Geschwindigkeitserzeuger 4 in der Form eines Türantriebes bestehend aus Steuerung, Motor und Antriebsmechanik sowie einem Istwerterfasser 5 für die erzeugte bzw. aufgebrauchte Antriebskraft. Als Antriebs- oder Motorkraft wird dabei die vom Motor aufgebrauchte, unter Berücksichtigung der realisierten Getriebeübersetzungen auf die Tür umgerechnete Kraft bezeichnet. Die Schliesskraft bzw. Öffnungskraft ist diejenige Kraft, die während eines Schliessvorganges bzw. Öffnungsvorganges von der Türkante bzw. Tür auf ein Hindernis ausgeübt wird. Ein Antriebskraftmodell 6 für die Antriebskraft errechnet aufgrund eines mathematischen Modells und der ermittelten Türparameter die im störkraftfreien

Betrieb aufzubringende Antriebskraft. Ein Grenzwertrezeuger 7 berechnet aus dem Antriebskraftmodellwert und einer zulässigen Störkraft einen Kraftgrenzwert, der mittels eines Vergleichers 8 dem Istwert der Antriebskraft bzw. der auf-  
gebrachten Antriebskraft gegenübergestellt wird. Beim Überschreiten des Kraftgrenzwertes wird die Tür gestoppt und/  
oder eine Reversierbewegung ausgelöst.

5 **[0012]** Mit Hilfe eines mathematischen Modells der beteiligten Tür und Antriebskomponenten stellt das Antriebskraft-  
modell 6 die aufzuwendende Antriebskraft zur Verfügung. Dieses mathematische Modell bestimmt anhand von Bewe-  
gungsgleichungen und der vorab ermittelten Türparameter die bei einer bestimmten Beschleunigung und bei einer  
bestimmten Geschwindigkeit unter normalen, ungestörten Verhältnissen aufzubringende Antriebskraft. Der Kraftgrenz-  
wert wird aus der aufzubringenden Antriebskraft und der maximal zulässigen Störkraft berechnet. Trifft die Tür während  
10 der Bewegung auf ein Hindernis, so wird beim Überschreiten des Kraftgrenzwertes durch die aufgebrauchte Antriebskraft  
ein Stoppen und/oder Reversieren der Aufzugstür ausgelöst, um die Sicherheit der Aufzugsbenutzer zu gewährleisten.

**[0013]** Das mathematische Modell kann fest eingestellt werden oder in einer weiteren Ausführungsvariante adaptiv  
gestaltet werden, wobei eine Anpassung an die während des Betriebes auftretenden Parameteränderungen erfolgt.

15 **[0014]** Das Modell kann basierend auf Differentialgleichungen (explizit) realisiert werden. Das explizite mathematische  
Modell basiert auf den Newtonschen Bewegungsgleichungen für die Türmechanik. Diese sind hier für ein vereinfachtes  
Modell der Türmechanik angegeben.

**[0015]** Für die nachfolgenden Betrachtungen werden alle Kräfte und Geschwindigkeiten im Richtungssinn der schlies-  
senden Tür positiv definiert. Wird die Mechanik als Einmassensystem mit der auf die Türkante umgerechneten Gesamt-  
türmasse  $m_{GT}$  modelliert, so ergibt sich die folgende Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Kraft (Newtonsche  
20 Bewegungsgleichung, direkte Kraftübertragung zwischen Gegengewicht und Türkante vorausgesetzt):

$$\dot{v}_T = \frac{F_{MT} - F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G}{m_{GT}} \quad [1]$$

25

wobei

- 30  $\dot{v}_T$  die Beschleunigung,
- $v_T$  die Geschwindigkeit der Türkante,
- $F_{MT}$  die vom Motor aufgebrauchte, unter Berücksichtigung der kraftübertragenden und kraftumformenden Mecha-  
nik auf die Türkante/Tür umgerechnete Antriebskraft,
- $F_R$  die als konstant angenommene Summe aller auf die Türkante umgerechneten Gleit- und Rollreibungskräfte  
der Türmechanik,
- 35  $\text{sign}(v_T)$  die Signumfunktion, die für  $v_T > 0$  den Wert 1 und für  $v_T < 0$  den Wert -1 aufweist,
- $g$  die Schwerebeschleunigung  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,
- $m_G$  die Masse des Gegengewichtes und
- $m_{GT}$  die Summe der unter Berücksichtigung der kraftübertragenden und kraftumformenden Mechanik auf die  
Türkante/Tür umgerechneten Massen aller bewegten Teile (Türflügel, Rollen, Zahnriemen, Riemenscheiben,  
40 Stahlseile, Gegengewicht, Rotor des Motors, usw.) bedeuten.

**[0016]** Durch Umstellen nach der Kraft  $F_{MT}$  erhält man:

45

$$F_{MT} = \dot{v}_T \cdot m_{GT} + F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G \quad [2]$$

50

$$\dot{v}_T = \frac{v_T(t) - v_T(t-T)}{T} \quad [3]$$

**[0017]** Dies ist ein mechanisches Türmodell in expliziter Form, bei der die physikalischen Parameter noch als solche  
erkennbar sind.

55 **[0018]** Nach der angeführten Gleichung lässt sich die zu jedem Zeitpunkt aufzubringende Antriebskraft in Abhängigkeit  
von den Parametern und der Beschleunigung  $\dot{v}_T$  berechnen. Die Beschleunigung wird wie in Gleichung [3] dargestellt  
näherungsweise aus den Geschwindigkeitswerten berechnet, wobei T eine geeignet gewählte Abtastzeit ist.

**[0019]** Die Gleichungen [2], [3] können leicht programmiert werden und liefern den Antriebskraftmodellwert für die  
Kraftüberwachung. Werden die Parameter  $F_R$ ,  $m_G$  und  $m_{GT}$  einmalig, beispielsweise bei der Herstellung oder bei der

Inbetriebnahme der Tür, fest eingestellt, so handelt es sich um ein fest eingestelltes Modell. Werden die Parameter des Modells während des Betriebes der Tür automatisch an die tatsächlichen Parameter der Türmechanik angepasst, so spricht man von einem adaptiven Modell.

5 **[0020]** Der Sollwerterzeuger 1 erzeugt einen Geschwindigkeitssollwert als Funktion der Zeit oder des Weges bzw. der Türposition. Der Bewegungsregler 3 kann beispielsweise ein Geschwindigkeits-/Positionsregler sein, der auf der Basis einer gemessenen Geschwindigkeits/Positionsinformation eine Geschwindigkeitsvorgabe erzeugt.

**[0021]** Das mathematische Modell stellt die Abhängigkeit der jeweiligen erzeugten Antriebskraft von der Beschleunigung, der Geschwindigkeitsvorgabe und der Türposition her. Vom mathematischen Modell wird diejenige Motorkraft berechnet, die ohne Hindernis die vorgegebene Geschwindigkeitskurve erzeugt. Dieser Normalverlauf hängt beispielsweise von der vorgegebenen Beschleunigung, der Charakteristik der Geschwindigkeitserzeugung, den Reibkräften, der Masse der bewegten Teile und von den Parametern der Mechanik und der Reibungsverhältnissen in der Mechanik ab.

10 **[0022]** Die vom Antriebskraftmodell 6 generierte, aufzuwendende Antriebskraft ist im Laufe des Betriebes der Tür Veränderungen durch Verschleiss und Alterung ausgesetzt. Deshalb kann das Antriebskraftmodell 6 so gestaltet sein, dass eine langsame Adaption der aufzubringenden Antriebskraft an den Veränderungen unterworfenen Verlauf erfolgt. Der Istwert der Antriebskraft bzw. die aufgebrachte Antriebskraft kann in Verbindung mit der Soll/Istgeschwindigkeit ausgewertet werden, um die effektive, bewegte Masse, das Schliessgewicht der Tür und die Reibkraft einmalig oder laufend während des Betriebes zu bestimmen.

15 **[0023]** Zur Gewinnung der unbekanntenen physikalischen Parameter des expliziten Modells werden Testfahrten durchgeführt, bei denen die Messwerte für die auf die Türkante/Tür umgerechneten Motorkraft und die Geschwindigkeit der Türkante/Tür periodisch erfasst und gespeichert werden. Nach Gleichung [1] ist die Beschleunigung von der Motorkraft abhängig. Die rechte Seite der Gleichung [1] enthält einen zur Kraft linearen und einen konstanten Anteil.

25 
$$\dot{v}_T = \frac{1}{m_{GT}} \cdot F_{MT} + \frac{-F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G}{m_{GT}} a \cdot F_{MT} + b \quad [4]$$

**[0024]** Werden für einen Öffnungs- oder Schliessvorgang die Grössen  $v_T$  und  $F_{MT}$  über der Zeit aufgezeichnet, so lassen sich die Koeffizienten  $a$  und  $b$  der linearen Gleichung [4] leicht, beispielsweise mittels linearer Regression bestimmen. Die ermittelten Werte für einen Schliessvorgang seien mit  $a_s$  und  $b_s$ , die für einen Öffnungsvorgang mit  $a_0$  und  $b_0$  bezeichnet. Dann gilt:

35 
$$a_s = a_0 = \frac{1}{m_{GT}} \quad [5]$$

40 
$$m_{GT} = \frac{1}{a_s} = \frac{1}{a_0} \quad [6]$$

45 
$$b_s = \frac{-F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G}{m_{GT}} = \frac{-F_R \cdot 1 + g \cdot m_G}{m_{GT}} \quad [7]$$

50 
$$b_0 = \frac{-F_R \cdot \text{sign}(v_T) + g \cdot m_G}{m_{GT}} = \frac{-F_R \cdot (-1) + g \cdot m_G}{m_{GT}} \quad [8]$$

55 
$$m_G = \frac{(b_s + b_0) \cdot m_{GT}}{2g} \quad [9]$$

$$F_R = \frac{(b_0 + b_s) \cdot m_{GT}}{2} \quad [10]$$

5 **[0025]** Damit sind alle interessierenden Parameter des expliziten Modells bekannt. (Die Schwerebeschleunigung  $g$  wird als bekannt vorausgesetzt). Erfolgt die beschriebene Parameteridentifikation nur einmalig, wird das resultierende Modell fest eingestellt. Die Messwerte können aber ebenso im laufenden Betrieb erfasst und verarbeitet werden. Die so gewonnenen aktuellen Parameter können zur Nachführung der Modellparameter und zur Anpassung an langsame Veränderungen in der Türmechanik, beispielsweise durch Verschleiss und Verschmutzung, genutzt werden. In diesem Fall wird das Modell adaptiert.

10 **[0026]** Als Geschwindigkeitserzeuger 4 kann beispielsweise ein Asynchronmotor in Verbindung mit einem Frequenzumrichter mit einer darauf implementierten rotorflussorientierten Stromregelung und überlagerter Geschwindigkeitsregelung verwendet werden, wobei die momentbildende, zum Rotorfluss orthogonale Stromkomponente  $i_{sq}$  als interne Grösse verwendbar ist.

15 **[0027]** Zur Erzeugung des Drehmomentes in einem rotatorischen Asynchronmotor ist die Erzeugung eines um die Motorachse rotierenden magnetischen Feldes erforderlich. Eine besonders einfache Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Motorstrom, magnetischem Fluss und Motormoment ist durch Gleichungen möglich, wenn man eine Koordinatentransformation durchführt.

20 **[0028]** Die in den drei Motorphasen gemessenen Statorströme überlagern sich zu einem resultierenden Stromvektor  $\vec{i}_s$ , der durch Betrag und den Winkel bezüglich der ersten Motorwicklungsachse gekennzeichnet ist. Die Koordinatentransformation besteht darin, dass man als Bezugspunkt nicht die Position der ersten Wicklungsachse, sondern den aktuellen magnetischen Fluss im Rotor der Maschine wählt. Der Strom im Stator  $\vec{i}_s$  kann dann zerlegt werden in eine zum Rotorfluss parallele Komponente  $i_{sd}$  und eine dazu rechtwinklige Komponente  $i_{sq}$ . Der Betrag des Rotorflusses kann durch die geeignet gesteuerte Stromkomponente  $i_{sd}$  konstant gehalten werden. Es gilt dann Proportionalität zwischen  $i_{sq}$  und dem aufgebrauchten Motormoment, so dass  $i_{sq}$  ein Mass für die an der Türkante/Tür wirksame Antriebskraft ist.

25 **[0029]** Als Geschwindigkeitserzeuger 4 kann beispielsweise auch ein Asynchronmotor in Verbindung mit einer darauf implementierten U/f-Steuerung verwendet werden, wobei der erfasste Schlupf als Mass für die aufgebrauchte Antriebskraft dient.

30 **[0030]** Der Schlupf  $s$  ist definiert nach folgender Gleichung:

$$s = \frac{w_s - w}{w_s} = \frac{n_s - n}{n_s} \quad [11]$$

$$n_s = f_s / z_p$$

40 wobei

- s der Schlupf,
- 45  $n_s$  die Synchrondrehzahl des umlaufenden magnetischen Feldes,
- $n$  die mechanische Drehzahl der Motorwelle,
- $w_s$  die Synchronkreisfrequenz des magnetischen Feldes,
- $w$  die mechanische Kreisfrequenz,
- $f_s$  die aktuelle Synchron- bzw. Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters und
- 50  $z_p$  die Polzahl des verwendeten Motors ist.

**[0031]** Nach der bekannten Klossschen Formel gilt:

$$m_M = \frac{2M_K}{s/s_K + s_K/s} = \frac{2M_K \cdot s}{s^2/s_K + s_K} \quad [12]$$

wobei

$M_K$  das Kippmoment und  
 $s_K$  der Kippschlupf ist.

5

**[0032]** Beide Grössen sind für einen gegebenen Motor und U/f-Kennliniensteuerung konstant.

**[0033]** Für kleine Schlupfbeträge ( $s < s_K$ ) gilt die Näherung:

10

$$m_M = \frac{2M_K \cdot s}{s^2/s_K + s_K} \approx \frac{2M_K \cdot s}{s_K} \quad [13]$$

15

so dass aus einer gemessenen mechanischen Drehzahl  $n$  und der bekannten Frequenz der Ausgangsspannung  $f_s$  eines Frequenzumrichters der Schlupf und aus diesem wiederum das Motormoment nach der Formel

20

$$m_M = \frac{2M_K}{s_K} \cdot \frac{f_s/zp - n}{f_s/z} \quad [14]$$

berechnet werden kann.

**[0034]** Als Geschwindigkeitserzeuger kann beispielsweise auch ein spannungs- und frequenzgesteuerter Asynchronmotor verwendet werden, wobei der gemessene Ständerstrombetrag als Mass für die Antriebskraft dient.

25

**[0035]** Der zeitliche Mittelwert des Strombetrages durch die Ständerwicklung der Asynchronmaschine ist bei U/f-Steuerung vom aufgebrauchten Motormoment  $m_M$  über die Formeln

30

$$m_M = -K \cdot I_{r\alpha} \quad [15]$$

35

$$|I_s| = \sqrt{I_\mu^2 + I_{r\alpha}^2} \quad [16]$$

abhängig, wobei  $I_{r\alpha}$  die im zeitlichen Mittel momentproportionale Stromkomponente,  $K$  eine von den Motordaten abhängige Konstante und  $I_\mu$  der konstante Magnetisierungsstrombetrag ist. Damit ergibt sich der Betrag des Moments aus dem gemessenen Strombetrag nach

40

$$m_M = -K \cdot I_{r\alpha} \quad [15]$$

45

$$|m_M| = 1/K \cdot \sqrt{I_s^2 - I_\mu^2} \quad [17]$$

50

$$K = 3/2 \cdot zp \cdot \frac{L_m \cdot U_{nom}}{L_s \cdot 2\pi \cdot f_{nom}} \quad [18]$$

55

$$I_\mu = \frac{U_{nom}}{2\pi \cdot f_{nom} \cdot L_m} \quad [19]$$

wobei

	z <sub>p</sub>	die Polpaarzahl,
	I <sub>s</sub>	der Betrag des Ständerstromes,
	L <sub>m</sub>	die Hauptinduktivität des Motors,
	L <sub>s</sub>	die Ständerinduktivität des Motors,
5	U <sub>nom</sub>	die Nennspannung des Motors und
	f <sub>nom</sub>	die Nennfrequenz des Motors ist.

**[0036]** Damit ist der Betrag des Antriebsmomentes aus dem gemessenen Strombetrag berechenbar. Andere Anordnungen und Regelverfahren, wie beispielsweise Synchronantriebe mit Messung des Polradwinkels oder des Statorstrombetrages oder Gleichstromantriebe mit Ständerstrommessung, etc., die einen Rückschluss auf die tatsächlich vom Aktor aufgebrauchte Kraft zulassen, sind als Geschwindigkeitserzeuger auch möglich.

**[0037]** Als Geschwindigkeitserzeuger 4 kann beispielsweise auch ein Synchronmotor verwendet werden.

**[0038]** Der Grenzwert 7 berechnet aus dem mittels des mathematischen Modells bestimmten Antriebskraftmodellwert und einer zulässigen Störkraft einen Kraftgrenzwert. Im einfachsten Fall geschieht dies durch Addition der per Vorschrift festgesetzten höchstzulässigen Störkraft von beispielsweise 120 N.

**[0039]** Als sensiblere Lösung für die Bestimmung des Kraftgrenzwertes kann ein statistisches Auswerteverfahren beispielsweise nach einer Gaußschen Normalverteilung eingesetzt werden. Die Gaußsche Normalverteilung ist nur eine von vielen möglichen Verteilungsfunktionen. Exponential-, Weibull- oder Gleichverteilung sind ebenso einsetzbar. Alle diese Funktionen haben eine Dichtefunktion und eine Verteilungsfunktion, wobei die berechneten Zahlenwerte natürlich verschieden sein können. Durch die statistische Auswertung der Differenz zwischen dem Istwert der Antriebskraft und dem vom mathematischen Modell gelieferten Wert der Antriebskraft lässt sich bestimmen, wie gut die Messwerte bei ungestörtem Verlauf mit den theoretischen Werten übereinstimmen. Unter der Annahme einer Gaußschen Normalverteilung der Differenzwerte lässt sich, wie in Fig. 2 gezeigt, aus der ermittelten Standardabweichung bestimmen, wieviel Prozent aller Differenzwerte ausschliesslich infolge von zufallsbedingten Einflüssen einen bestimmten Grenzwert überschreiten ohne dass tatsächlich ein Hindernis im Laufe des Schliessvorganges aufgetreten ist. Umgekehrt lässt sich der minimale Grenzwert angeben und nutzen, bei dem die Wahrscheinlichkeit für ein fälschlicherweise ausgelöstes Reversieren akzeptabel klein ist.

**[0040]** Angenommen bei einer grösseren Anzahl von Messungen wird festgestellt, dass die Differenzwerte um den Mittelwert 0 der Dichtefunktion  $\phi(z)$  (Kurve 9) der Normalverteilung streuen und zwar mit einer Standardabweichung von 10 N. Gemäss der Verteilungsfunktion  $\Phi(z)$  (Kurve 10) der Normalverteilung sind somit 50% aller Differenzwerte kleiner als 0. 84% aller Grenzwerte sind kleiner als 10 N, 97,7% sind kleiner als 20 N und 99,86% sind kleiner als 30 N. Setzt man den Grenzwert also 30 N grösser an als den vom mathematischen Modell gelieferten Sollwert der Türschliesskraft, so werden nur 0,14% aller Messwerte durch zufällige Störungen den Grenzwert überschreiten. Damit lässt sich ohne Einbusse bei der Zuverlässigkeit eine niedrigere Auslöseschwelle realisieren und das Verletzungsrisiko senken. Anhand der laufenden statistischen Auswertung der Differenzwerte kann eine Adaption während des Betriebes erfolgen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Kraftbegrenzung für automatische Aufzugstüren mit einem Türantrieb bestehend aus Steuerung, Motor und Antriebsmechanik zur Bewegung einer Kabinentür und einer Schachttür gemäss eines der Türstellung entsprechenden Geschwindigkeitsverlaufes und Kraftverlaufes von einer Offenstellung in eine Geschlossenstellung oder umgekehrt, wobei der Kraftverlauf an sich im Laufe der Zeit verändernde Türparameter anpassbar ist und die Türen während des Bewegungsvorganges bei einer durch ein Hindernis ausgelösten Störkraft stoppbar und/oder reversierbar sind, wobei
  - dass der im störkraftfreien Betrieb aufzubringende Antriebskraftverlauf mittels eines mathematischen Modells für den Türantrieb bestimmt wird,
  - dass das mathematische Modell auf Newtonschen Bewegungsgleichungen für die Türmechanik basiert,
  - dass der im störkraftfreien Betrieb aufzubringende Antriebskraftverlauf mit dem Istwert, des Antriebskraftverlaufes verglichen wird, und
  - dass durch die Störkraft ausgelöste Abweichungen bestimmter Grösse zwischen dem aufzubringenden Kraftverlauf und dem Istwert des Kraftverlaufes die Türen stoppen und/oder reversieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** das mathematische Modell ein adaptives Modell ist, bei dem die Parameter während des laufenden Betriebes der Tür automatisch an die tatsächlichen Parameter der Türmechanik angepasst werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein spannungs- und frequenzgesteuerter Asynchronmotor vorgesehen ist, wobei der erfasste Motorschlupf als Mass für die Antriebskraft dient.
- 5
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein spannungs- und frequenzgesteuerter Asynchronmotor vorgesehen ist, wobei der erfasste Ständerstrombetrag als Mass für die Antriebskraft dient.
- 10
5. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein frequenzumrichter gespeister Asynchronmotor vorgesehen ist, wobei die zum Rotorfluss orthogonale Stromkomponente  $i_{sq}$  als Mass für die Antriebskraft dient.
- 15
6. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zur Erzeugung des Kraftverlaufes ein Synchronmotor vorgesehen ist.
- 20
7. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** aus dem mittels des mathematischen Modells bestimmten Antriebskraftmodellwert und einer zulässigen Störkraft einen Kraftgrenzwert bestimmt wird, wobei beim Überschreiten des Kraftgrenzwertes die Türen stoppen und/oder reversieren.
- 25
8. Verfahren nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Kraftgrenzwert mittels eines statistischen Auswerteverfahrens nach einer Dichte- und Verteilungsfunktion bestimmt wird.
- 30

### Claims

1. Method of force limitation for automatic elevator doors with a door drive comprising a control, motor, and drive mechanism for imparting motion to a car door and a hoistway door according to a pattern of speed and pattern of force corresponding to the position of the door from an open position to a closed position or vice versa, the pattern of force itself being adaptable to door parameters which change with the passage of time, and the doors being stoppable and/or reversible should a disruptive force caused by an obstruction occur while they are in motion, wherein the pattern of driving force needed during unobstructed operation is determined by means of a mathematical model for the door drive,  
the mathematical model is based on Newtonian equations of motion for the door mechanism,  
the pattern of driving force requiring to be generated when operating free of disruptive forces is compared with the actual value of the pattern of driving force, and deviations of a specified amount between the necessary pattern of force and the actual value of the pattern of force caused by the disruptive force stop and/or reverse the doors.
- 35
2. Method according to Claim 1,  
**characterized in that**  
the mathematical model is an adaptive model in which the parameters are automatically adjusted to the actual parameters of the door mechanism while the door is in operation.
- 40
3. Method according to Claim 1,  
**characterized in that**  
an asynchronous motor with voltage and frequency control is provided to generate the pattern of force, the measured motor slip serving as a measure of the driving force.
- 45
4. Method according to Claim 1,  
**characterized in that**  
an asynchronous motor with voltage and frequency control is provided to generate the pattern of force, the measured
- 50
- 55

value of the stator current serving as a measure of the driving force.

5. Method according to Claim 1,  
**characterized in that**

an asynchronous motor supplied by a frequency converter is provided to generate the pattern of force, the component of current  $i_{sq}$  orthogonal to the rotor flux serving as a measure of the driving force.

6. Method according to Claim 1,  
**characterized in that**

a synchronous motor is provided to generate the pattern of force.

7. Method according to Claim 1,  
**characterized in that**

a limiting value of force is determined from the model value for the driving force obtained from the mathematical model and a permissible disruptive force, the doors stopping and/or reversing when the limiting value of force is exceeded.

8. Method according to Claim 7,  
**characterized in that**

the limiting value of force is determined by means of a method of statistical analysis by reference to a density function and a distribution function.

### Revendications

1. Procédé de limitation de force pour des portes d'ascenseur automatiques avec un entraînement de porte comprenant commande, moteur et mécanique d'entraînement pour le mouvement d'une porte de cabine et d'une porte palière suivant une courbe de vitesse et une courbe de force correspondant à la position de la porte à partir d'une position ouverte vers une position fermée ou inversement, la courbe de force pouvant être adaptée à des paramètres de porte variant au cours du temps et les portes pouvant être arrêtées et/ou leur mouvement être inversé pendant le processus de mouvement en cas de force perturbatrice déclenchée par un obstacle, la courbe de force d'entraînement à fournir pendant le fonctionnement exempt de force perturbatrice étant déterminée au moyen d'un modèle mathématique pour l'entraînement de porte, le modèle mathématique étant basé sur des équations de déplacement de Newton pour la mécanique de porte, la courbe de force d'entraînement à fournir pendant le fonctionnement exempt de force perturbatrice étant comparée à la valeur réelle de la courbe de force d'entraînement, et les écarts d'une valeur définie, déclenchés par la force perturbatrice, entre la courbe de force à fournir et la valeur réelle de la courbe de force arrêtent les portes et/ou inversent leur mouvement.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le modèle mathématique est un modèle adaptatif, dans lequel les paramètres sont adaptés automatiquement aux paramètres réels de la mécanique de porte au cours du fonctionnement de la porte.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour produire la courbe de force, il est prévu un moteur asynchrone commandé en tension et fréquence, le glissement de moteur saisi servant de mesure pour la force d'entraînement.
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour produire la courbe de force, il est prévu un moteur asynchrone commandé en tension et fréquence, la grandeur de courant du stator déterminée servant de mesure pour la force d'entraînement.
5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour produire la courbe de force, il est prévu un moteur asynchrone alimenté par un convertisseur de fréquence, la composante de courant  $i_{sq}$  orthogonale au flux du rotor servant de mesure pour la force d'entraînement.
6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour produire la courbe de force, il est prévu un moteur synchrone.

## EP 0 976 675 B2

7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, à partir de la valeur de modèle de force d'entraînement déterminée au moyen du modèle mathématique et d'une force perturbatrice admissible, on détermine une valeur limite de force, les portes étant arrêtées et/ou leur mouvement inversé en cas de dépassement de la valeur limite de force.

5

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la valeur limite de force est déterminée à l'aide d'un procédé d'évaluation statistique suivant une fonction de densité et de distribution.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

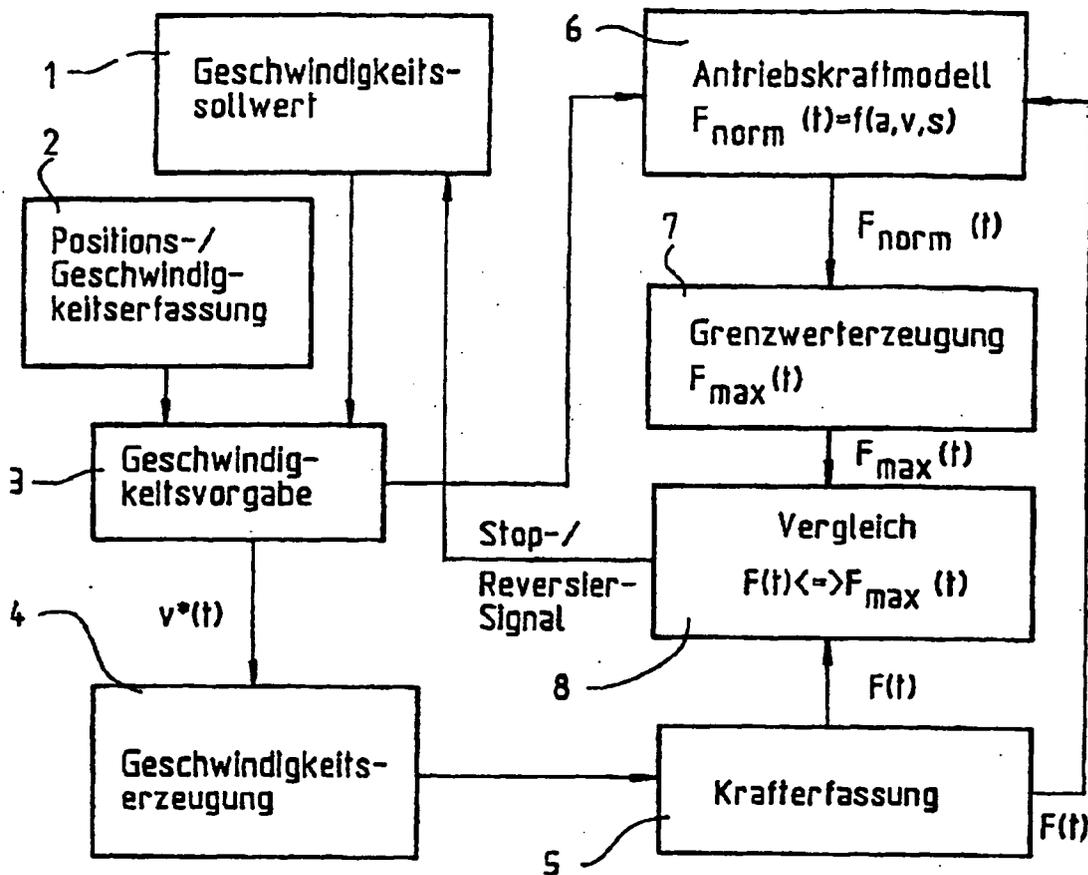
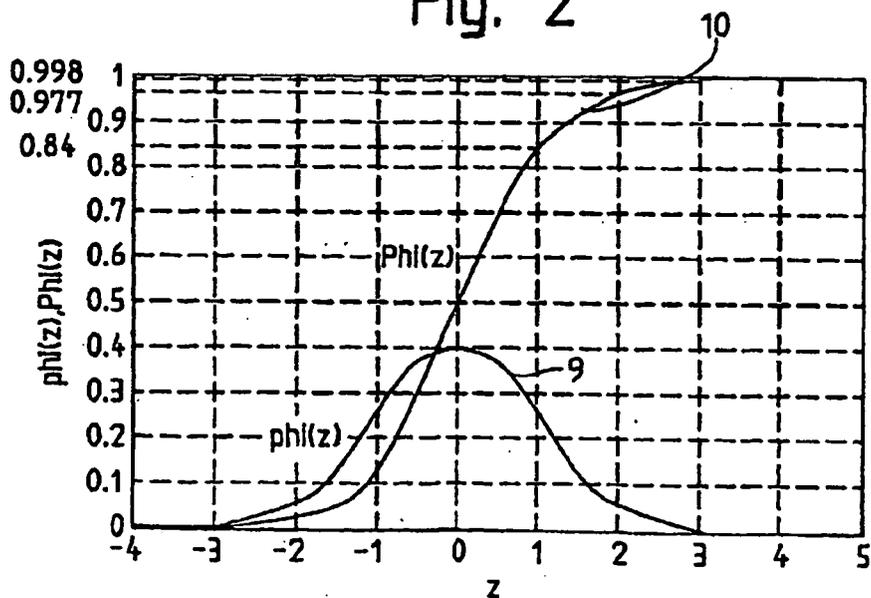


Fig. 2



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 3921158 [0002]
- JP 09323877 B [0004]