

(19)



(11)

**EP 2 977 343 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**27.01.2016 Patentblatt 2016/04**

(51) Int Cl.:  
**B66C 13/06 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **14178330.8**

(22) Anmeldetag: **24.07.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft  
80333 München (DE)**

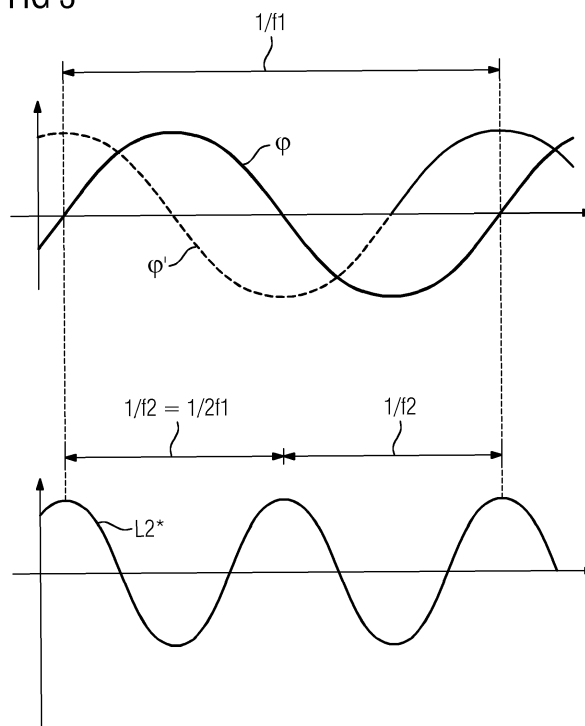
(72) Erfinder: **Hamm, Carsten  
91058 Erlangen (DE)**

(54) **Kran mit aktiver Dämpfung von Pendelbewegungen der Last**

(57) Eine Last (6) ist über ein Seilsystem (5) eines Krans (1) an einem Lastaufhängepunkt (2) des Krans (1) aufgehängt. Zur Beeinflussung einer Pendelbewegung der Last (6), die um den Lastaufhängepunkt (2) erfolgt, auf eine den Lastaufhängepunkt (2) enthaltende vertikale Ebene (11) bezogen ist und eine Pendelfrequenz ( $f_1$ ) aufweist, nimmt eine Steuereinrichtung (7) des Krans (1) während der Pendelbewegung Daten (D) entgegen, die für einen Auslenkwinkel ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung ( $\varphi'$ ) des Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung charakteristisch sind. Die Steuereinrichtung (7) stellt eine wirksame Seillänge ( $L$ ) des Seil-

systems (5) während der Pendelbewegung entsprechend einem resultierenden Längensollwert ( $L^*$ ) ein. Die Steuereinrichtung (7) ermittelt den resultierenden Längensollwert ( $L^*$ ) anhand der Summe eines Grundlängensollwerts ( $L1^*$ ) und eines Zusatzlängensollwerts ( $L2^*$ ). Die Steuereinrichtung (7) ermittelt den Zusatzlängensollwert ( $L2^*$ ) derart, dass der Zusatzlängensollwert ( $L2^*$ ) sich mit einer Modulationsfrequenz ( $f_2$ ) ändert, die gleich dem doppelten der Pendelfrequenz ( $f_1$ ) ist, und dass der Zusatzlängensollwert ( $L2^*$ ) in den Umkehrpunkten der Pendelbewegung minimal und im Nulldurchgang der Pendelbewegung maximal ist.

FIG 3



**EP 2 977 343 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Beeinflussung einer Pendelbewegung einer Last, wobei die Last über ein Seilsystem eines Krans an einem Lastaufhängepunkt des Krans aufgehängt ist, wobei die Pendelbewegung um den Lastaufhängepunkt erfolgt, auf eine den Lastaufhängepunkt enthaltende vertikale Ebene bezogen ist und eine Pendelfrequenz aufweist,

- wobei eine Steuereinrichtung des Krans während der Pendelbewegung Daten entgegennimmt, die für einen Auslenkwinkel der Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels der Pendelbewegung charakteristisch sind,
- wobei die Steuereinrichtung eine wirksame Seillänge des Seilsystems während der Pendelbewegung entsprechend einem resultierenden Längensollwert einstellt.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Computerprogramm, wobei das Computerprogramm Maschinencode umfasst, der von einer Steuereinrichtung für einen Kran abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung den Kran gemäß einem derartigen Verfahren betreibt.

**[0003]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung für einen Kran, wobei die Steuereinrichtung mit einem derartigen Computerprogramm programmiert ist.

**[0004]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Kran,

- wobei der Kran einen Lastaufhängepunkt aufweist, an dem über ein Seilsystem des Krans eine Last aufgehängt ist,
- wobei der Kran eine Erfassungseinrichtung aufweist, mittels derer Daten erfassbar sind, die für einen Auslenkwinkel einer um den Lastaufhängepunkt erfolgenden, auf eine den Lastaufhängepunkt enthaltende vertikale Ebene bezogenen und eine Pendelfrequenz aufweisenden Pendelbewegung der Last und/oder eine zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels der Pendelbewegung charakteristisch sind,
- wobei der Kran eine derartige Steuereinrichtung aufweist.

**[0005]** Die genannten Gegenstände sind allgemein bekannt.

**[0006]** Das Umschlagen von Lasten - beispielsweise zwischen zwei der Komponenten Schiff, Lastkraftwagen, Eisenbahnwaggon, Container- oder sonstiges Lager usw. werden oftmals Krane eingesetzt.

**[0007]** Krane weisen oftmals einen im Wesentlichen horizontal orientierten Ausleger auf, auf dem eine Laufkatze linear verfahrbar ist. Die Laufkatze entspricht in

diesem Fall dem Lastaufhängepunkt der vorliegenden Erfindung. Es kann ferner oftmals der Kran als Ganzes ebenfalls verfahrbar sein. Die Verfahrrichtung des Krans als Ganzes verläuft in diesem Fall in der Regel ebenfalls horizontal, jedoch orthogonal zur Verfahrrichtung der Laufkatze. Derartige Krane können insbesondere als Containerbrücken ausgebildet sein.

**[0008]** Für Krane mit einer Laufkatze ist Stand der Technik bekannt, die Auslenkung der Last (Pendelwinkel) beispielsweise mittels eines Kamerasystems zu erfassen und durch eine geeignete Bewegung des Lastaufhängepunkts (= Laufkatze) dämpfend zu beeinflussen. Eine derartige Vorgehensweise ist eine echte Regelung, welche sowohl Schwingungen aufgrund aktiver Verfahrbewegungen des Krans oder der Laufkatze und als auch Schwingungen aufgrund von einer äußeren Anregung wie beispielsweise Wind dämpft. Im Stand der Technik ist weiterhin bekannt, durch eine geeignete Profilgebung von Führungsgrößen insbesondere der Laufkatze die Anregung von Pendelbewegungen zu vermeiden bzw. zumindest zu minimieren. Eine derartige Vorgehensweise ist lediglich eine Steuerung, mittels derer Schwingungen aufgrund aktiver Verfahrbewegungen der Laufkatze gedämpft werden können, nicht aber Schwingungen aufgrund von äußeren Anregungen. Weiterhin ist bei beiden Vorgehensweisen lediglich eine Dämpfung von Schwingungen möglich, bei denen die Pendelbewegung der Last in einer Ebene erfolgt, welche parallel zu der Verfahrrichtung der Laufkatze verläuft.

**[0009]** Die bekannten Verfahren beeinflussen stets die Bewegung des Lastaufhängepunkts, also beispielsweise der Laufkatze.

**[0010]** Im Betrieb des Krans können weiterhin auch Pendelbewegungen der Last auftreten, welche orthogonal zur Verfahrrichtung der Laufkatze verlaufen. Eine derartige Pendelbewegung kann beispielsweise durch Seitenwind oder durch eine Verfahrbewegung des Krans als Ganzes angeregt werden. Diese Pendelbewegung wird in Fachkreisen als side sway bezeichnet. Eine Dämpfung derartiger Pendelbewegungen ist mittels der im Stand der Technik bekannten Vorgehensweisen nicht möglich.

**[0011]** Eine Pendelbewegung wirkt sich unabhängig von ihrer Pendelebene negativ auf die Umschlagleistung aus, die mittels des Krans erreicht werden kann. Insbesondere muss nach dem Verfahren zu einem Zielort, an dem die Last abgesetzt werden soll, oftmals abgewartet werden, bis die Pendelbewegung abgeklungen ist. Alternativ muss die Pendelbewegung beispielsweise durch manuelles Eingreifen des Kranführers im Handsteuerbetrieb gedämpft werden.

**[0012]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer - unabhängig davon, auf welche Weise eine Pendelbewegung angeregt worden ist - auf einfache und zuverlässige Weise eine automatisierte Dämpfung einer Pendelbewegung der Last möglich ist.

**[0013]** Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den

Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 4.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird ein Verfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet,

- dass die Steuereinrichtung den resultierenden Längensollwert anhand der Summe eines Grundlängensollwerts und eines Zusatzlängensollwerts ermittelt und
- dass die Steuereinrichtung den Zusatzlängensollwert derart ermittelt, dass der Zusatzlängensollwert sich mit einer Modulationsfrequenz ändert, die gleich dem doppelten der Pendelfrequenz ist, und dass der Zusatzlängensollwert in den Umkehrpunkten der Pendelbewegung minimal und im Nulldurchgang der Pendelbewegung maximal ist.

**[0015]** Die vorliegende Erfindung beruht somit auf dem gleichen Prinzip, mittels dessen ein Kind auf einer Schaukel schaukelt. Beim Schaukeln auf einer Schaukel verlagert das Kind (ohne sich der physikalischen Vorgänge als solcher bewusst zu sein) sein Gewicht in mindestens einem der Endpunkte des Schaukelvorgangs (in der Regel am Ende des Zurückschwingens) nach unten und in der Mitte der Schaukelbewegung (Nulldurchgang) wieder nach oben. Dadurch wird der Schaukelbewegung Energie zugeführt, so dass die Schaukelbewegung aufklingt bzw. zumindest Reibungskräfte kompensiert werden. Die vorliegende Erfindung nutzt das gleiche Prinzip, ergreift jedoch die inverse Vorgehensweise, so dass der Pendelbewegung im Ergebnis Energie entzogen wird. Die Pendelbewegung muss daher abklingen.

**[0016]** In vielen Fällen ist der Lastaufhängepunkt mittels einer Laufkatze des Krans in einer Verfahrrichtung verfahrbar. In diesem Fall kann die vertikale Ebene, auf welche die Pendelbewegung bezogen ist, alternativ parallel oder orthogonal zu der Verfahrrichtung der Laufkatze verlaufen. Mittels der vorliegenden Erfindung ist es also nicht nur möglich eine "normale", in der Verfahrrichtung der Laufkatze auftretende Pendelbewegung zu dämpfen, sondern auch eine quer zur Verfahrrichtung der Laufkatze auftretende Pendelbewegung, also den sogenannten side sway.

**[0017]** Es ist möglich, dass der Grundlängensollwert während der Pendelbewegung konstant gehalten wird. Alternativ ist es jedoch ebenso möglich, dass die Steuereinrichtung den Grundlängensollwert während der Pendelbewegung variiert. Die erfindungsgemäße Vorgehensweise kann also auch während des Hebens oder Absenkens der Last erfolgen. In einem derartigen Fall erfolgt das Variieren des Grundlängensollwerts vorzugsweise während mindestens einer Periode der Pendelbewegung mit konstanter Geschwindigkeit. Besonders bevorzugt ist in diesem Zusammenhang, dass die konstante Geschwindigkeit derart auf das Variieren des Zusatzlängensollwerts abgestimmt ist, dass während der mindestens einen Periode der Pendelbewegung eine Ände-

rung des resultierenden Längensollwerts streng monoton ist.

**[0018]** Durch diese Vorgehensweise ergibt sich ein besonders schonender Betrieb des Krans, da die Last nicht zyklisch alternierend in und entgegen ihrer Hauptbewegungsrichtung (wie sie durch das Variieren des Grundlängensollwerts bestimmt ist) abgebremst und beschleunigt werden muss. Die Last wird in diesem Fall vielmehr kontinuierlich angehoben oder abgesenkt, wenn auch mit einer durch den Zusatzlängensollwert modulierten Geschwindigkeit.

**[0019]** In vielen Fällen umfasst das Seilsystem vier Seile, die von einem jeweiligen im Bereich des Lastaufhängepunkts angeordneten oberen Eckpunkt zu einem jeweiligen im Bereich der Last angeordneten unteren Eckpunkt verlaufen. Eine derartige Konfiguration des Seilsystems findet sich insbesondere oftmals bei Containerkränen für die Aufhängung des sogenannten Spreaders. Im Falle eines vier Seile umfassenden Seilsystems ist bevorzugt, dass die Steuereinrichtung individuell auf jeweils eines der vier Seile wirkende Stellelemente jeweils mit dem Zusatzlängensollwert, nicht aber mit dem Grundlängensollwert beaufschlagt. In analoger Weise beaufschlagt die Steuereinrichtung in diesem Fall vorzugsweise ein auf alle vier Seile gleichartig wirkendes Hubwerk des Krans mit dem Grundlängensollwert, nicht aber mit dem Zusatzlängensollwert.

**[0020]** Stellelemente, die individuell auf je eines der vier Seile wirken, sind häufig bei konventionellen Containerkränen ohnehin vorhanden, beispielsweise um im manuellen Betrieb die sogenannte TLS-Funktionalität (T = trim, L = list, S = skew) zu realisieren. Erfindungsgemäß können diese Stellelemente jedoch auch für die Beaufschlagung des Seilsystems mit dem Zusatzlängensollwert genutzt werden.

**[0021]** Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst. Erfindungsgemäß bewirkt die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung, dass die Steuereinrichtung den Kran gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren betreibt.

**[0022]** Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung mit einem erfindungsgemäßen Computerprogramm programmiert.

**[0023]** Die Aufgabe wird weiterhin durch einen Kran mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Erfindungsgemäß ist ein Kran der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass dessen Steuereinrichtung erfindungsgemäß ausgebildet ist.

**[0024]** Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

FIG 1 einen Kran von der Seite,  
 FIG 2 den Kran von FIG 1 von vorne,  
 FIG 3 Zeitdiagramme,  
 FIG 4 ein Ablaufdiagramm,  
 FIG 5 ein Zeitdiagramm,  
 FIG 6 ein Zeitdiagramm und  
 FIG 7 eine Last, einen Lastaufhängepunkt und ein Seilssystem.

**[0025]** Gemäß den FIG 1 und 2 weist ein Kran 1 einen Lastaufhängepunkt 2 auf. Der Lastaufhängepunkt 2 kann beispielsweise entsprechend der Darstellung in den FIG 1 und 2 an einer Laufkatze 3 angeordnet sein, die auf einem Ausleger 4 des Krans 1 in einer Verfahrrichtung x verfahrbar ist. Ausgehend vom Lastaufhängepunkt 2 verläuft ein Seilsystem 5 zu einer Last 6. Die Last 6 ist über das Seilsystem 5 am Lastaufhängepunkt 2 aufgehängt. Durch Einstellen einer wirksamen Seillänge L des Seilsystems 5 kann die Last 6 angehoben und abgesenkt werden.

**[0026]** Der Kran 1 ist gemäß den FIG 1 und 2 als sogenannte Containerbrücke ausgebildet. Dementsprechend ist die Last 6 gemäß den FIG 1 und 2 als Spreader mit Container ausgebildet. Wenn gerade kein Container transportiert wird, stellt der Spreader allein die Last 6 im Sinne der vorliegenden Erfindung dar. Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend in Verbindung mit einer Ausgestaltung des Krans 1 als Containerbrücke erläutert. Sie ist jedoch nicht auf Containerbrücken oder andere Containerkrane beschränkt. Beispielsweise kann bei entsprechender Ausgestaltung des Krans 1 die Last 6 ebenso als (leerer oder voller) Greifer für Schüttgut ausgebildet sein. Auch andere Ausgestaltungen sind möglich.

**[0027]** Der Kran 1 wird von einer Steuereinrichtung 7 gesteuert. Die Steuereinrichtung 7 ist in der Regel als softwareprogrammierbare Steuereinrichtung ausgebildet. Die Ausbildung der Steuereinrichtung 7 wird in diesem Fall durch ein Computerprogramm 8 bewirkt, mit dem die Steuereinrichtung 7 programmiert ist. Das Computerprogramm 8 umfasst Maschinencode 9, der von der Steuereinrichtung 7 abarbeitbar ist. Die Abarbeitung des Maschinencodes 9 durch die Steuereinrichtung 7 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 7 den Kran 1 betreibt.

**[0028]** Die Abarbeitung des Maschinencodes 9 durch die Steuereinrichtung 7 bewirkt zunächst den normalen Umschlag der Last 6 bzw. den normalen Betrieb des Krans 1, wie im Stand der Technik auch. Weiterhin bewirkt die Abarbeitung des Maschinencodes 9 durch die Steuereinrichtung 7 jedoch zusätzlich, dass die Steuereinrichtung 7 den Kran 1 während des Umschlagens der Last 6 gemäß einem Verfahren zur Beeinflussung einer Pendelbewegung der Last 6 betreibt, das nachstehend näher erläutert wird.

**[0029]** Das Computerprogramm 8 kann der Steuereinrichtung 7 auf beliebige Weise zugeführt werden. Gemäß der Darstellung in den FIG 1 und 2 erfolgt die Zuführung des Computerprogramms 8 über einen Datenträger 10,

auf dem das Computerprogramm 8 in maschinenlesbarer Form - beispielsweise in elektronischer Form - hinterlegt ist. Der Datenträger 10 kann entsprechend der Darstellung in den FIG 1 und 2 beispielsweise als USB-Memorystick ausgebildet sein. Es sind jedoch ebenso andere Ausgestaltungen möglich.

**[0030]** Es ist möglich, dass die über das Seilsystem 5 am Lastaufhängepunkt 2 aufgehängte Last 6 eine Pendelbewegung um den Lastaufhängepunkt 2 durchführt. Die Pendelbewegung ist auf eine vertikale Ebene 11 bezogen. Die vertikale Ebene 11 enthält den Lastaufhängepunkt 2. Die Pendelbewegung kann durch einen Auslenkwinkel  $\varphi$  des Seilsystems 5 aus der Vertikalen um den Lastaufhängepunkt 2 beschrieben werden, wobei der Auslenkwinkel  $\varphi$  gemäß FIG 3 mit der Zeit t variiert. Die Pendelbewegung erfolgt mit einer Pendelfrequenz f1. Eine derartige Pendelbewegung soll erfindungsgemäß gedämpft bzw. unterdrückt werden.

**[0031]** Gemäß der Darstellung in FIG 1 ist es möglich, dass die Last 6 in der Verfahrrichtung x der Laufkatze 3 pendelt. In diesem Fall verläuft die vertikale Ebene 11 entsprechend der Markierung in FIG 2 parallel zur Verfahrrichtung x der Laufkatze 3. Alternativ ist es möglich, dass die Last 6 entsprechend der Darstellung in FIG 2 orthogonal zur Verfahrrichtung x der Laufkatze 3 pendelt. In diesem Fall verläuft die vertikale Ebene 11 entsprechend der Markierung in FIG 1 orthogonal zur Verfahrrichtung x der Laufkatze 3 (sogenannter side sway). Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können beide Arten von Pendelbewegungen gedämpft werden. Auch ist es möglich, eine Pendelbewegung zu dämpfen, bei der die Last 6 in einer anderen vertikalen Ebene 11 pendelt.

**[0032]** Der Kran 1 weist eine Erfassungseinrichtung 12 auf. Mittels der Erfassungseinrichtung 12 können Daten D erfasst werden, die für den Auslenkwinkel  $\varphi$  des Seilsystems 5 und/oder mindestens eine zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels  $\varphi$  - beispielsweise die Winkelgeschwindigkeit oder die Winkelbeschleunigung - charakteristisch sind. Beispielsweise können gemäß der Darstellung in den FIG 1 und 2 mittels Kameras, die ortsfest am Kran 1 angeordnet sind, Bilder erfasst werden, durch deren Auswertung der Auslenkwinkel  $\varphi$  und/oder dessen zeitliche Ableitung ermittelt werden können. Alternativ ist es möglich, mittels einer auf der Laufkatze 3 angeordneten Kamera ein nach unten gerichtetes Bild zu erfassen und durch dessen Auswertung den Auslenkwinkel  $\varphi$  und/oder dessen zeitliche Ableitung zu ermitteln. Weiterhin ist es möglich, eine horizontal wirkende Kraft zu erfassen, die auf die Laufkatze 3 wirkt und diese Kraft im Sinne einer entsprechenden Auswertung zu verarbeiten. Die letztgenannte Vorgehensweise ist insbesondere dann möglich, wenn die vertikale Ebene 11 parallel zur Verfahrrichtung x verläuft. Welche Vorgehensweise konkret ergriffen wird, ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung von untergeordneter Bedeutung. Entscheidend ist lediglich, dass anhand der erfassten Daten D der Auslenkwinkel  $\varphi$  und/oder dessen zeitliche Ableitung ermittelt werden können.

**[0033]** Die mittels der Erfassungseinrichtung 12 erfassten Daten D werden gemäß den FIG 1 und 2 der Steuereinrichtung 7 zugeführt. Die Steuereinrichtung 7 nimmt die Daten D gemäß FIG 4 in einem Schritt S1 entgegen.

**[0034]** In einem Schritt S2 ermittelt die Steuereinrichtung 7 anhand der Daten D den Auslenkwinkel  $\varphi$  und -gegebenenfalls unter zusätzlicher Heranziehung mindestens eines früheren Auslenkwinkels  $\varphi$  zumindest dessen erste zeitliche Ableitung, also die Winkelgeschwindigkeit  $\varphi'$ .

**[0035]** In einem Schritt S3 ermittelt die Steuereinrichtung 7 sodann einen Zusatzlängensollwert  $L2^*$ . Die Steuereinrichtung 7 ermittelt entsprechend der Darstellung in FIG 3 den Zusatzlängensollwert  $L2^*$  derart, dass der Zusatzlängensollwert  $L2^*$  sich mit einer Modulationsfrequenz  $f2$  ändert. Die Modulationsfrequenz  $f2$  ist, wie sich aus FIG 3 ergibt, gleich dem doppelten der Pendelfrequenz  $f1$ . Weiterhin ist eine Phasenlage des Zusatzlängensollwerts  $L2^*$  derart bestimmt, dass der Zusatzlängensollwert  $L2^*$  in den Umkehrpunkten der Pendelbewegung (wenn der Auslenkwinkel  $\varphi$  also maximal oder minimal ist und hiermit korrespondierend die Winkelgeschwindigkeit  $\varphi'$  Null ist) minimal ist und im Nulldurchgang der Pendelbewegung (wenn der Auslenkwinkel  $\varphi$  also Null ist und hiermit korrespondierend der Betrag der Winkelgeschwindigkeit maximal ist) maximal ist.

**[0036]** Gemäß der Darstellung in FIG 3 oszilliert der Zusatzlängensollwert  $L2^*$  sinusförmig. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Alternativ könnte beispielsweise (zumindest näherungsweise) eine Sägezahnform, eine Dreieckform oder eine Rechteckform realisiert sein. Auch andere funktionale Verläufe sind möglich.

**[0037]** Das Ausmaß, um welches der Zusatzlängensollwert  $L2^*$  oszilliert, (also dessen Amplitude) bestimmt die Dämpfung der Pendelbewegung. Es kann nach Bedarf bestimmt sein. Es müssen jedoch - selbstverständlich - die üblichen technischen Randbedingungen eingehalten werden, beispielsweise der Abstand zu Hindernissen und maximal mögliche Kräfte und Momente von Antriebseinrichtungen, mittels derer die wirksame Seillänge L eingestellt wird. Es ist möglich, dass der Zusatzlängensollwert  $L2^*$  der Steuereinrichtung 7 fest vorgegeben ist oder als solcher vorgegeben wird, beispielsweise von einem Bediener des Krans 1. Alternativ ist es möglich, dass der Steuereinrichtung 7 eine Dämpfung fest vorgegeben ist oder von dem Bediener des Krans 1 vorgegeben wird. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung 7 anhand der vorgegebenen Dämpfung den entsprechenden Zusatzlängensollwert  $L2^*$  ermitteln.

**[0038]** In einem Schritt S4 addiert die Steuereinrichtung 7 den Zusatzlängensollwert  $L2^*$  zu einem Grundlängensollwert  $L1^*$  hinzu und ermittelt dadurch einen resultierenden Längensollwert  $L^*$ .

**[0039]** In einem Schritt S5 stellt die Steuereinrichtung 7 die wirksame Seillänge L des Seilsystems 5 entsprechend dem resultierenden Längensollwert  $L^*$  ein. Dies erfolgt durch entsprechende Ansteuerung von auf die

wirksame Seillänge L wirkenden Stelleinrichtungen 13, 14.

**[0040]** Der Grundlängensollwert  $L1^*$  kann nach Bedarf bestimmt sein, wenn und solange er die Dämpfung der Pendelbewegung der Last 6 durch den Zusatzlängensollwert  $L2^*$  nicht oder zumindest nur unwesentlich beeinflusst. Im Regelfall bedeutet dies, dass der Grundlängensollwert  $L1^*$  - bezogen auf eine jeweilige Periode der Pendelbewegung - entweder konstant ist oder aber sich streng monoton ändert. Im letztgenannten Fall variiert die Steuereinrichtung 7 somit den Grundlängensollwert  $L1^*$  zwar während der Pendelbewegung. Während mindestens einer Periode der Pendelbewegung erfolgt das Variieren des Grundlängensollwerts  $L1^*$  gemäß FIG 5 jedoch mit konstanter Geschwindigkeit. Die konstante Geschwindigkeit kann nach Bedarf bestimmt sein. Vorzugsweise ist die konstante Geschwindigkeit gemäß FIG 6 jedoch größer als der Maximalwert, mit welchem sich der Zusatzlängensollwert  $L2^*$  ändert. Die Überlagerung der beiden Geschwindigkeiten - also die Änderung des resultierenden Längensollwerts  $L^*$  - weist somit innerhalb der betrachteten Periode der Pendelbewegung stets dasselbe Vorzeichen auf, ist also während der betrachteten Periode der Pendelbewegung entweder einheitlich positiv oder einheitlich negativ.

**[0041]** Insbesondere im Falle eines Containerkrans umfasst das Seilsystem 5 entsprechend der Darstellung in FIG 7 oftmals vier Seile 15. In diesem Fall verläuft je eines der Seile 15 von einem jeweiligen im Bereich des Lastaufhängepunkts 2 angeordneten oberen Eckpunkt 16 zu einem jeweiligen im Bereich der Last 6 angeordneten unteren Eckpunkt 17. Die Seile 15, die oberen Eckpunkte 16 und die unteren Eckpunkte 17 sind in FIG 7 durch einen jeweiligen Buchstaben a bis d ergänzt. In der Regel definieren entsprechend der Darstellung in FIG 7 die oberen Eckpunkte 16 ein oberes Rechteck. In analoger Weise definieren die unteren Eckpunkte 17 ein unteres Rechteck. In der Regel ist das obere Rechteck größer als das untere Rechteck.

**[0042]** Den Seilen 15 sind oftmals Stellelemente 13 zugeordnet, die individuell auf jeweils eines der vier Seile 15 wirken. Beispielsweise kann es sich um einzelne Hubwerke handeln, mittels derer die Seile 15 in erheblichem Umfang einzeln verstellt werden können. In der Regel kann mittels der Stellelemente 13 jedoch nur eine relativ geringe Längenverstellung des jeweiligen Seils 15 erfolgen. Beispielsweise können die Stellelemente 13 als Hydraulikzylinder ausgebildet sein. Wenn mittels der Stellelemente 13 nur eine relativ geringe Längenverstellung des jeweiligen Seils 15 möglich ist, ist zusätzlich zu den Stellelementen 13 ein Hubwerk 14 vorhanden, das auf alle vier Seile 15 gleichartig wirkt.

**[0043]** Wenn die Stellelemente 13 als einzelne Hubwerke ausgebildet sind und kein weiteres, auf alle vier Seile 15 gleichartig wirkendes Hubwerk 14 vorhanden ist, werden die Stellelemente 13 stets mit dem resultierenden Längensollwert  $L^*$  beaufschlagt. Wenn jedoch zusätzlich zu den Stellelementen 13 das Hubwerk 14 vor-

handen ist, beaufschlagt vorzugsweise entsprechend der Darstellung in FIG 7 die Steuereinrichtung 7 die Stellelemente 13 jeweils mit dem Zusatzlängensollwert  $L2^*$ , jedoch nicht mit dem Grundlängensollwert  $L1^*$ . Umgekehrt beaufschlagt die Steuereinrichtung 7 in diesem Fall das Hubwerk 14 mit dem Grundlängensollwert  $L1^*$ , aber nicht mit dem Zusatzlängensollwert  $L2^*$ . Die jeweilige Beaufschlagung der Stellelemente 13 und des Hubwerks 14 ist also ausschließlich. Alternativ ist es jedoch ebenso möglich, auch im Falle des Vorhandenseins sowohl der Stellelemente 13 als auch des Hubwerks 14 das Hubwerk 14 stets mit dem resultierenden Längensollwert  $L^*$  zu beaufschlagen.

**[0044]** Zusammengefasst betrifft die vorliegende Erfindung somit folgenden Sachverhalt:

**[0045]** Eine Last 6 ist über ein Seilsystem 5 eines Krans 1 an einem Lastaufhängepunkt 2 des Krans 1 aufgehängt. Zur Beeinflussung einer Pendelbewegung der Last 6, die um den Lastaufhängepunkt 2 erfolgt, auf eine den Lastaufhängepunkt 2 enthaltende vertikale Ebene 11 bezogen ist und eine Pendelfrequenz  $f1$  aufweist, nimmt eine Steuereinrichtung 7 des Krans 1 während der Pendelbewegung Daten D entgegen, die für einen Auslenkwinkel  $\varphi$  der Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung  $\varphi'$  des Auslenkwinkel  $\varphi$  der Pendelbewegung charakteristisch sind. Die Steuereinrichtung 7 stellt eine wirksame Seillänge L des Seilsystems 5 während der Pendelbewegung entsprechend einem resultierenden Längensollwert  $L^*$  ein. Die Steuereinrichtung 7 ermittelt den resultierenden Längensollwert  $L^*$  anhand der Summe eines Grundlängensollwerts  $L1^*$  und eines Zusatzlängensollwerts  $L2^*$ . Die Steuereinrichtung 7 ermittelt den Zusatzlängensollwert  $L2^*$  derart, dass der Zusatzlängensollwert  $L2^*$  sich mit einer Modulationsfrequenz  $f2$  ändert, die gleich dem doppelten der Pendelfrequenz  $f1$  ist, und dass der Zusatzlängensollwert  $L2^*$  in den Umkehrpunkten der Pendelbewegung minimal und im Nulldurchgang der Pendelbewegung maximal ist.

**[0046]** Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere ist die erfindungsgemäße Vorgehensweise bei jedem Kran 1 realisierbar, da eine Längenverstellung des Seilsystems 5 stets vorhanden ist. Weiterhin ist die erfindungsgemäße Vorgehensweise unabhängig von der Orientierung der vertikalen Ebene 11 realisierbar, also sowohl bei einer Pendelbewegung parallel zur Verfahrriichtung x der Laufkatze 3 als auch bei einer Pendelbewegung quer zur Verfahrriichtung x der Laufkatze 3 als auch bei einer Pendelbewegung, bei der die vertikale Ebene 11 zwischen diesen beiden Orientierungen liegt.

**[0047]** Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das Verfahren der Laufkatze 3 durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise nicht beeinflusst wird. Insbesondere kann die eigentliche Verfahrbewegung der Laufkatze 3 als solche dadurch zeitoptimal ausgeführt werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die erfindungsgemäße Vorgehensweise auch mit einer Längenverstellung des Seilsystems 5 kombiniert werden kann.

**[0048]** Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die erfindungsgemäße Vorgehensweise zum Dämpfen einer Pendelbewegung orthogonal zur Verfahrriichtung x der Laufkatze 3 genutzt werden kann und gleichzeitig die Laufkatze 3 zum Dämpfen einer Pendelbewegung parallel zur Verfahrriichtung x der Laufkatze 3 genutzt werden kann. Denn in diesem Fall stehen zwei voneinander unabhängige und auch voneinander entkoppelte Möglichkeiten zur Verfügung, um die beiden Pendelbewegungen unabhängig voneinander zu dämpfen. Insbesondere ist durch diese Vorgehensweise eine effektive Dämpfung der resultierenden Pendelbewegung der Last 6 sogar dann möglich, wenn die Pendelbewegung parallel zur Verfahrriichtung x der Laufkatze 3 und die Pendelbewegung orthogonal zur Verfahrriichtung x der Laufkatze 3 einen Phasenversatz relativ zueinander aufweisen, so dass die sich durch Überlagerung der beiden Pendelbewegungen ergebende resultierende Pendelbewegung einen Kreis oder eine Ellipse beschreibt.

**[0049]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise im Mittelbereich der Verfahrbewegung der Last 6 von einem Anfangsort zu einem Zielort ausgeführt. Zu Beginn der Verfahrbewegung (also am Anfangsort und in dessen Nähe) und am Ende der Verfahrbewegung (also am Zielort und in dessen Nähe) ist das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise unterdrückt.

**[0050]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

### 35 Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung einer Pendelbewegung einer Last (6), wobei die Last (6) über ein Seilsystem (5) eines Krans (1) an einem Lastaufhängepunkt (2) des Krans (1) aufgehängt ist, wobei die Pendelbewegung um den Lastaufhängepunkt (2) erfolgt, auf eine den Lastaufhängepunkt (2) enthaltende vertikale Ebene (11) bezogen ist und eine Pendelfrequenz ( $f1$ ) aufweist,

- wobei eine Steuereinrichtung (7) des Krans (1) während der Pendelbewegung Daten (D) entgegennimmt, die für einen Auslenkwinkel ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung ( $\varphi'$ ) des Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung charakteristisch sind,

- wobei die Steuereinrichtung (7) eine wirksame Seillänge (L) des Seilsystems (5) während der Pendelbewegung entsprechend einem resultierenden Längensollwert ( $L^*$ ) einstellt,

- wobei die Steuereinrichtung (7) den resultierenden Längensollwert ( $L^*$ ) anhand der Summe eines Grundlängensollwerts ( $L1^*$ ) und eines Zu-

- satzlängensollwerts ( $L2^*$ ) ermittelt und  
 - wobei die Steuereinrichtung (7) den Zusatzlängensollwert ( $L2^*$ ) derart ermittelt, dass der Zusatzlängensollwert ( $L2^*$ ) sich mit einer Modulationsfrequenz ( $f2$ ) ändert, die gleich dem doppelten der Pendelfrequenz ( $f1$ ) ist, und dass der Zusatzlängensollwert ( $L2^*$ ) in den Umkehrpunkten der Pendelbewegung minimal und im Nulldurchgang der Pendelbewegung maximal ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Lastaufhängepunkt (2) mittels einer Laufkatze (3) des Krans (1) in einer Verfahrrichtung (x) verfahrbar ist und dass die vertikale Ebene (11), auf welche die Pendelbewegung bezogen ist, parallel oder orthogonal zu der Verfahrrichtung (x) der Laufkatze (3) verläuft.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (7) den Grundlängensollwert ( $L1^*$ ) während der Pendelbewegung variiert, dass das Variieren des Grundlängensollwerts ( $L1^*$ ) während mindestens einer Periode der Pendelbewegung mit konstanter Geschwindigkeit erfolgt und dass die konstante Geschwindigkeit derart auf das Variieren des Zusatzlängensollwerts ( $L2^*$ ) abgestimmt ist, dass während der mindestens einen Periode der Pendelbewegung eine Änderung des resultierenden Längensollwerts ( $L^*$ ) streng monoton ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das Seilsystems (5) vier Seile (15) umfasst, die von einem jeweiligen im Bereich des Lastaufhängepunkts (2) angeordneten oberen Eckpunkt (16) zu einem jeweiligen im Bereich der Last (6) angeordneten unteren Eckpunkt (17) verlaufen, dass die Steuereinrichtung (7) individuell auf jeweils eines der vier Seile (15) wirkende Stellelemente (13) jeweils mit dem Zusatzlängensollwert ( $L2^*$ ), nicht aber mit dem Grundlängensollwert ( $L1^*$ ) beaufschlagt und dass die Steuereinrichtung (7) ein auf alle vier Seile (15) gleichartig wirkendes Hubwerk (14) des Krans (1) mit dem Grundlängensollwert ( $L1^*$ ), nicht aber mit dem Zusatzlängensollwert ( $L2^*$ ) beaufschlagt.
5. Computerprogramm, wobei das Computerprogramm Maschinencode (9) umfasst, der von einer Steuereinrichtung (7) für einen Kran (1) abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (9) durch die Steuereinrichtung (7) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (7) den Kran (1) gemäß einem Verfahren nach einem der obigen Ansprüche betreibt.
6. Steuereinrichtung für einen Kran (1), wobei die Steuereinrichtung mit einem Computerprogramm (8)

nach Anspruch 5 programmiert ist.

7. Kran,

- 5 - wobei der Kran einen Lastaufhängepunkt (2) aufweist, an dem über ein Seilsystem (5) des Krans eine Last (6) aufgehängt ist,  
 - wobei der Kran eine Erfassungseinrichtung (12) aufweist, mittels derer Daten (D) erfassbar sind, die für einen Auslenkwinkel ( $\varphi$ ) einer um den Lastaufhängepunkt (2) erfolgenden, auf eine den Lastaufhängepunkt (2) enthaltende vertikale Ebene (11) bezogenen und eine Pendelfrequenz ( $f1$ ) aufweisenden Pendelbewegung der Last (6) und/oder eine zeitliche Ableitung ( $\varphi'$ ) des Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung charakteristisch sind,  
 - wobei der Kran eine Steuereinrichtung (7) aufweist, die gemäß Anspruch 6 ausgebildet ist.



FIG 3

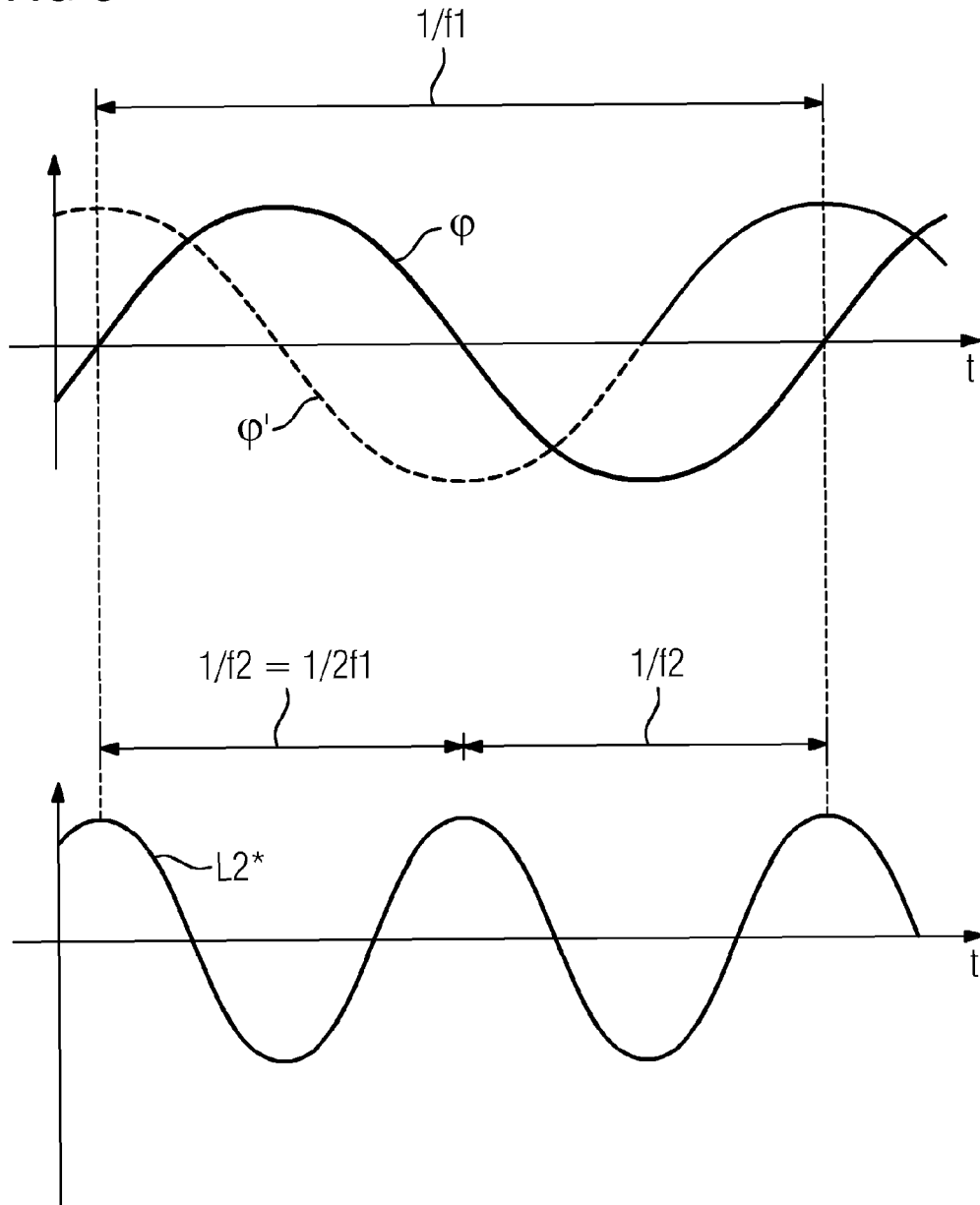


FIG 4

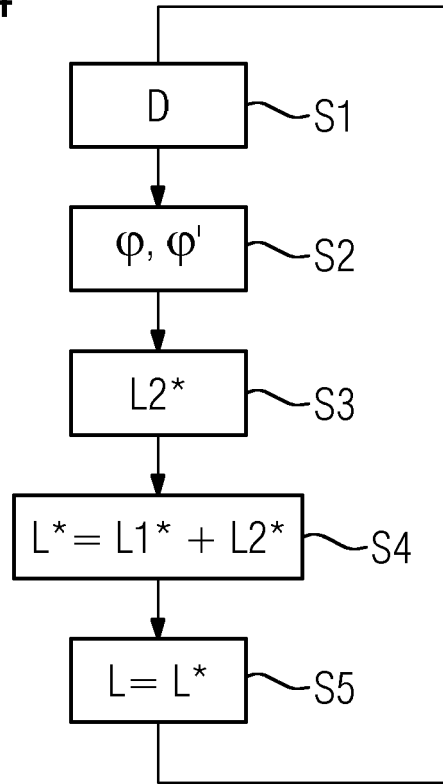


FIG 5

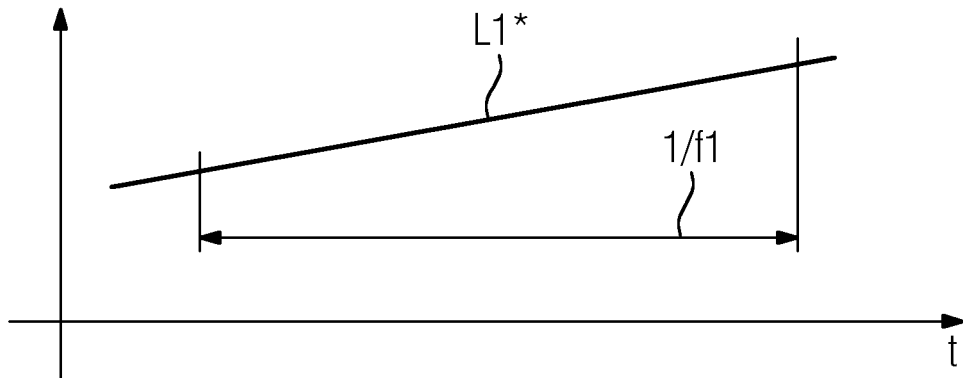


FIG 6

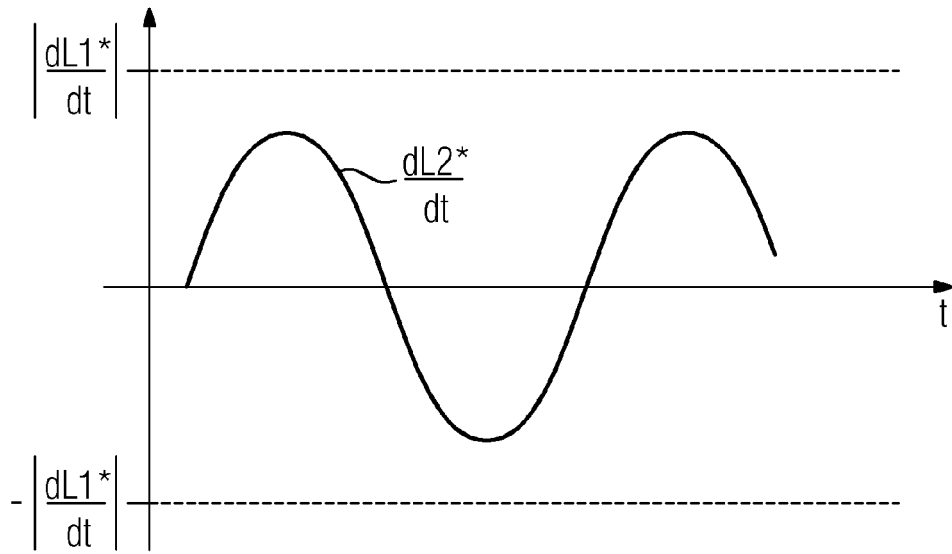
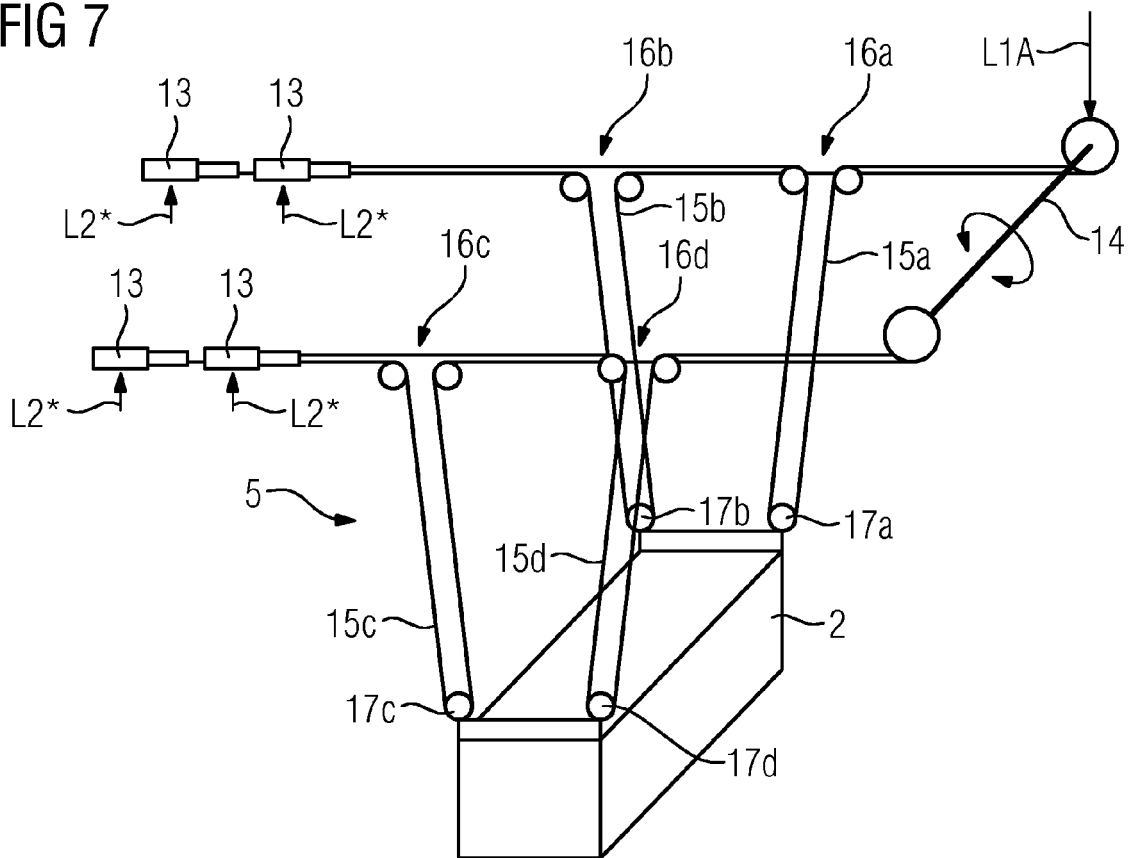


FIG 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 14 17 8330

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 43 25 946 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 9. Februar 1995 (1995-02-09) * das ganze Dokument * -----	1-7	INV. B66C13/06
A	DE 35 13 007 A1 (HITACHI LTD [JP]) 19. Dezember 1985 (1985-12-19) * das ganze Dokument * -----	1-7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B66C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>10. Februar 2015</b>	Prüfer <b>Faymann, L</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPC FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 17 8330

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-02-2015

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4325946 A1	09-02-1995	DE 4325946 A1 EP 0638510 A1	09-02-1995 15-02-1995
DE 3513007 A1	19-12-1985	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82