



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.08.2015 Patentblatt 2015/32**

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

(21) Anmeldenummer: **14153004.8**

(22) Anmeldetag: **29.01.2014**

(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**

(72) Erfinder:  
• **Hamm, Carsten**  
**91058 Erlangen (DE)**  
• **Ladra, Uwe**  
**91056 Erlangen (DE)**

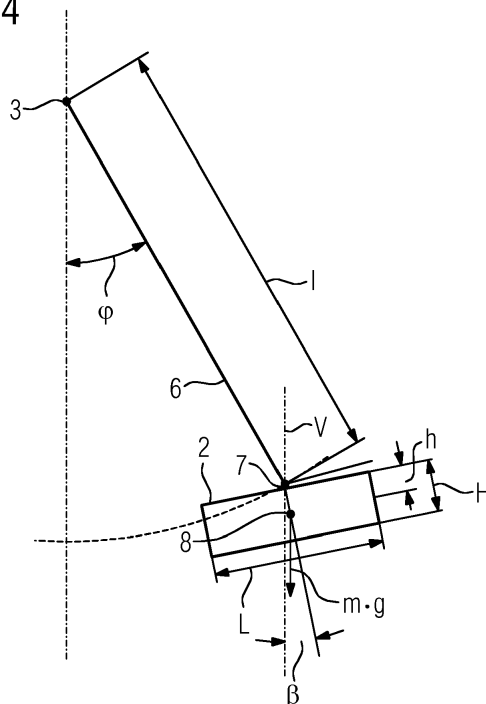
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**80333 München (DE)**

Bemerkungen:  
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

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

(57) Ein Kran (1) zum Umschlagen einer Last (2) weist einen unteren Lastaufhängepunkt (7) und einen oberen Lastaufhängepunkt (3) auf, die über ein Seilsystem (6) miteinander verbunden sind. Ein Schwerpunkt (8) einer mit dem unteren Lastaufhängepunkt (7) verbundenen Last (2) liegt unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts (7). Mittels einer Erfassungseinrichtung (14) wird ein Auslenkwinkel ( $\varphi$ ) einer Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung erfasst, welche die Last (2), bezogen auf eine den oberen Lastaufhängepunkt (3) enthaltende vertikale Ebene (13), um den oberen Lastaufhängepunkt (3) durchführt. Von einer Steuereinrichtung (9) wird anhand eines Stellgesetzes eine auf die Last (2) wirkende Stellgröße (S) ermittelt. Eine Stelleinrichtung (15) des Krans (1) wird von der Steuereinrichtung (9) entsprechend der ermittelten Stellgröße (S) angesteuert, so dass mittels der Stelleinrichtung (15) innerhalb der vertikalen Ebene (13) ein Kippmoment (M) um den unteren Lastaufhängepunkt (7) in die Last (2) eingebracht wird. Das in die Last (2) eingebrachte Kippmoment (M) wirkt der Pendelbewegung der Last (2) um den oberen Lastaufhängepunkt (3) entgegen.

FIG 4



**Beschreibung**

5 [0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beeinflussung einer Pendelbewegung einer mittels eines Krans umgeschlagenen Last, wobei die Last mit einem unteren Lastaufhängepunkt des Krans verbunden ist und der untere Lastaufhängepunkt über ein Seilsystem des Krans mit einem oberen Lastaufhängepunkt des Krans verbunden ist, so dass ein Schwerpunkt der Last unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts liegt, wobei die Pendelbewegung auf eine den oberen Lastaufhängepunkt enthaltende vertikale Ebene bezogen ist.

10 [0002] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm für eine Steuereinrichtung eines Krans, wobei das Computerprogramm Maschinencode umfasst, der von der Steuereinrichtung 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 betrifft weiterhin eine Steuereinrichtung für einen Kran, wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, insbesondere programmiert ist, dass sie den Kran gemäß einem derartigen Verfahren betreibt.

15 [0004] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin einen Kran zum Umschlagen einer Last,  
 - wobei der Kran einen unteren Lastaufhängepunkt, einen oberen Lastaufhängepunkt und ein Seilsystem aufweist,  
 - wobei die Last mit dem unteren Lastaufhängepunkt verbindbar ist, so dass ein Schwerpunkt der Last unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts liegt,  
 - wobei der untere Lastaufhängepunkt über das Seilsystem mit dem oberen Lastaufhängepunkt verbunden ist.

20 [0005] Zum Umschlagen von Lasten - beispielsweise von einem Schiff auf einen Lastkraftwagen oder einen Eisenbahnwaggon oder umgekehrt - werden oftmals Krane eingesetzt. Derartige Krane weisen oftmals einen im wesentlichen horizontal orientierten Ausleger auf, auf dem eine Laufkatze linear verfahrbar ist. Die Laufkatze entspricht einem oberen Lastaufhängepunkt im Sinne der vorliegenden Erfindung. Es kann ferner oftmals der Kran als Ganzes ebenfalls verfahrbar sein. Die Verfahrrichtung des Kranes als Ganzes verläuft in diesem Fall in der Regel ebenfalls horizontal und insbesondere orthogonal zur Verfahrrichtung der Laufkatze. Derartige Krane können insbesondere als Containerbrücken ausgebildet sein.

25 [0006] Zum Umschlagen der Last wird die Last an einem Aufnahmeort mit dem unteren Lastaufhängepunkt verbunden. Danach wird durch entsprechendes Verkürzen einer wirksamen Seillänge des Seilsystems die Last angehoben, durch entsprechendes Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts vom Aufnahmeort zu einem Zielort verfahren und dort durch entsprechendes Verlängern der wirksamen Seillänge des Seilsystems abgesetzt. Während des Verfahrens vom Aufnahmeort zum Zielort sollte die Last idealerweise jederzeit vertikal unter dem oberen Lastaufhängepunkt und ebenfalls vertikal unter dem unteren Lastaufhängepunkt angeordnet sein. Oftmals führt die Last einschließlich des unteren Lastaufhängepunkts jedoch eine Pendelbewegung um den oberen Lastaufhängepunkt durch. Die Pendelbewegung ist auf eine vertikale Ebene bezogen, welche den oberen Lastaufhängepunkt enthält. Die Pendelbewegung kann durch verschiedene Ursachen angeregt werden. Eine mögliche Ursache ist die Verfahrbewegung des oberen Lastaufhängepunkts, beispielsweise der Laufkatze. In diesem Fall ist die vertikale Ebene derart orientiert, dass sie zusätzlich zur Vertikalrichtung die Verfahrrichtung der Laufkatze enthält. Alternativ kann die Pendelbewegung beispielsweise durch Seitenwind oder durch eine Verfahrbewegung des Kranes als Ganzes angeregt werden. In diesem Fall ist die vertikale Ebene derart orientiert, dass sie orthogonal zur Verfahrrichtung der Laufkatze verläuft. Diese Pendelbewegung wird in Fachkreisen als side sway bezeichnet.

35 [0007] Eine Pendelbewegung wirkt sich negativ auf die Umschlagleistung aus. Beispielsweise muss nach dem Verfahren zum Zielort abgewartet werden, bis die Pendelbewegung abgeklungen ist. Alternativ muss die Pendelbewegung beispielsweise durch manuelles Eingreifen des Kranführers im Handsteuerbetrieb gedämpft werden.

40 [0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer auf einfache und zuverlässige Weise eine automatisierte Dämpfung einer Pendelbewegung der Last möglich ist.

[0009] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 6.

45 [0010] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet,

50 - dass ein Auslenkwinkel der Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels der Pendelbewegung erfasst und einer Steuereinrichtung des Krans zugeführt werden,  
 - dass von der Steuereinrichtung anhand eines Stellgesetzes eine auf die Last wirkende Stellgröße ermittelt wird und  
 - dass von der Steuereinrichtung eine Stelleinrichtung des Krans entsprechend der ermittelten Stellgröße angesteuert wird, so dass mittels der Stelleinrichtung innerhalb der vertikalen Ebene ein Kippmoment um den unteren Lastaufhängepunkt in die Last eingebracht wird, das der Pendelbewegung der Last um den oberen Lastaufhängepunkt entgegenwirkt.

**[0011]** Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet somit nach demselben Prinzip, mittels dessen ein Kind auf einer Schaukel schaukelt. Im Gegensatz zur normalen Vorgehensweise eines Kindes beim Schaukeln wird die Pendelbewegung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch nicht angeregt, sondern gedämpft.

**[0012]** In vielen Fällen ist der obere Lastaufhängepunkt mittels einer Laufkatze des Krans in einer Verfahrrichtung verfahrbar. Es ist möglich, dass die vertikale Ebene, auf welche die Pendelbewegung bezogen ist, parallel zu der Verfahrrichtung der Laufkatze verläuft. Bei einer Pendelbewegung in einer derartigen vertikalen Ebene stehen jedoch zusätzlich zur erfindungsgemäßen Vorgehensweise auch andere Möglichkeiten zur Verfügung, die Pendelbewegung zu dämpfen. Insbesondere kann eine Verfahrgeschwindigkeit der Laufkatze angepasst werden, um die Pendelbewegung zu dämpfen. Es ist jedoch alternativ möglich, dass die vertikale Ebene, auf welche die Pendelbewegung der Last bezogen ist, orthogonal zu der Verfahrrichtung verläuft (sogenannter side sway). In diesem Fall bietet die erfindungsgemäße Vorgehensweise erstmals die Möglichkeit, automatisiert eine derartige Pendelbewegung zu dämpfen.

**[0013]** Es ist möglich, dass die Stelleinrichtung am unteren Lastaufhängepunkt angeordnet ist. Beispielsweise kann der untere Lastaufhängepunkt zu diesem Zweck einen innerhalb der vertikalen Ebene im wesentlichen horizontal verfahrbaren Linearantrieb aufweisen. Die Anordnung der Stelleinrichtung am unteren Lastaufhängepunkt ist insbesondere dann sinnvoll, wenn das Seilsystem ein einziges Seil aufweist.

**[0014]** In vielen Fällen umfasst das Seilsystem vier Seile, die von einem jeweiligen im Bereich des oberen Lastaufhängepunkts angeordneten oberen Eckpunkt zu einem jeweiligen im Bereich des unteren Lastaufhängepunkts angeordneten unteren Eckpunkt verlaufen. In diesem Fall ist es möglich, dass die Stelleinrichtung zum Einbringen des Kippmoments in die Last eine Längenverstellung der Seile relativ zueinander bewirkt. Durch eine derartige Längenverstellung der Seile relativ zueinander wird die Last sozusagen schief aufgehängt. Die schiefe Aufhängung der Last muss in diesem Fall derart auf die Pendelbewegung abgestimmt werden, dass die schiefe Aufhängung der Pendelbewegung entgegenwirkt.

**[0015]** Die letztgenannte Vorgehensweise erfordert insbesondere bei bereits bestehenden Kranen in der Regel nur einen minimalen Modifikationsaufwand. Denn die individuelle Längenverstellbarkeit der Seile ist in der Regel bereits gegeben. Die entsprechende Funktionalität ist in Fachkreisen als so genannte TLS-Funktionalität bekannt. Die Abkürzung TLS steht für trimm - list - skew. Die TLS-Funktionalität wird im Stand der Technik jedoch nur genutzt, um im Rahmen des Verbindens der Last mit dem unteren Lastaufhängepunkt am Aufnahmeort manuell den unteren Lastaufhängepunkt exakt auf die Last abzusenken und um im Rahmen des Absetzens der Last am Zielort beim Absenken der Last die Last unmittelbar vor dem Absetzen in diesen drei Bewegungsrichtungen manuell exakt auszurichten.

**[0016]** Vorzugsweise wird im Falle eines vier Seile umfassenden Seilsystems die Stelleinrichtung zum Einbringen des Kippmoments in die Last derart angesteuert, dass sie jeweils zwei der vier Seile verlängert und verkürzt. Dadurch wird die effektive Hubhöhe der Last durch die Dämpfung der Pendelbewegung nicht beeinflusst.

**[0017]** Oftmals definieren die oberen Eckpunkte ein oberes Rechteck mit einer oberen Länge und einer oberen Breite und die unteren Eckpunkte ein unteres Rechteck mit einer unteren Länge und einer unteren Breite. In diesem Fall sind in der Regel die obere Länge größer als die untere Länge und/oder die obere Breite größer als die untere Breite.

**[0018]** Vorzugsweise ist im Falle eines vier Seile umfassenden Seilsystems den Seilen zusätzlich zur Stelleinrichtung ein Hubwerk des Krans zugeordnet, mittels dessen eine wirksame Länge der Seile gleichmäßig veränderbar ist. Dadurch ist insbesondere eine voneinander unabhängige Steuerung der Hubbewegung der Last einerseits und der Verkippung der Last zur Dämpfung der Pendelbewegung andererseits realisierbar.

**[0019]** Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Erfindungsgemäß bewirkt die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung, dass die Steuereinrichtung den Kran gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren betreibt.

**[0020]** Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung derart ausgebildet, insbesondere programmiert, dass sie den Kran gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren betreibt.

**[0021]** Die Aufgabe wird weiterhin durch einen Kran mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Krans sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 10 bis 14.

**[0022]** Erfindungsgemäß wird ein Kran der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet,

- dass der Kran eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung eines Auslenkwinkels einer Pendelbewegung und/oder einer zeitlichen Ableitung des Auslenkwinkels der Pendelbewegung aufweist, welche die Last, bezogen auf eine den oberen Lastaufhängepunkt enthaltende vertikale Ebene, um den oberen Lastaufhängepunkt durchführt,
- dass der Kran eine Stelleinrichtung aufweist, mittels derer in die Last innerhalb der vertikalen Ebene ein Kippmoment einbringbar ist,
- dass der Kran eine Steuereinrichtung aufweist, welcher der erfasste Auslenkwinkel und/oder die erfasste zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels zugeführt werden, von der anhand eines Stellgesetzes eine Stellgröße der Stelleinrichtung ermittelt wird und von der die Stelleinrichtung entsprechend der ermittelten Stellgröße angesteuert wird, und
- dass die Stellgröße von der Steuereinrichtung derart ermittelt wird, dass das in die Last eingebrachte Kippmoment

der Pendelbewegung der Last um den oberen Lastaufhängepunkt entgegenwirkt.

**[0023]** Die vorteilhaften Ausgestaltungen des Krans korrespondieren im wesentlichen mit denen des Verfahrens, so dass von detaillierten Erläuterungen dieser Ausgestaltungen abgesehen werden kann.

**[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 ein Ablaufdiagramm,
- FIG 4 eine pendelnde Last,
- FIG 5 eine Last und einen unteren Lastaufhängepunkt,
- FIG 6 eine Last, einen oberen und einen unteren Lastaufhängepunkt und ein Seilsystem,
- FIG 7 ein Blockschaltbild einer Regelstrecke einschließlich der zugehörigen Regelung und
- FIG 8 eine Ergänzung zu FIG 6.

**[0025]** Gemäß den FIG 1 und 2 weist ein Kran 1 zum Umschlagen einer Last 2 einen oberen Lastaufhängepunkt 3 auf. Der obere Lastaufhängepunkt 3 kann beispielsweise entsprechend der Darstellung in den FIG 1 und 2 an einer Laufkatze 4 angeordnet sein, die auf einem Ausleger 5 des Krans 1 in einer Verfahrrichtung x verfahrbar ist. Ausgehend vom oberen Lastaufhängepunkt 3 verläuft ein Seilsystem 6 zu einem unteren Lastaufhängepunkt 7. Der untere Lastaufhängepunkt 7 ist somit über das Seilsystem 6 mit dem oberen Lastaufhängepunkt 3 verbunden. Durch Einstellen einer wirksamen Seillänge 1 kann der untere Lastaufhängepunkt 7 angehoben und abgesenkt werden. Die Last 2 ist mit dem unteren Lastaufhängepunkt 7 lösbar verbunden. Wenn und solange die Last 2 mit dem unteren Lastaufhängepunkt 7 verbunden ist, wird die Last 2 zusammen mit dem unteren Lastaufhängepunkt 7 angehoben und abgesenkt. Die Last 2 weist einen Schwerpunkt 8 auf. Der Schwerpunkt 8 der Last 2 liegt unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts 7. Der Schwerpunkt 8 weist somit vom unteren Lastaufhängepunkt 7 einen Abstand h auf.

**[0026]** Der Kran 1 wird von einer Steuereinrichtung 9 gesteuert. Die Steuereinrichtung 9 ist in der Regel als softwareprogrammierbare Steuereinrichtung ausgebildet. Die Ausbildung der Steuereinrichtung 9 wird in diesem Fall durch ein Computerprogramm 10 bewirkt, mit dem die Steuereinrichtung 9 programmiert ist. Das Computerprogramm 10 umfasst Maschinencode 11, der von der Steuereinrichtung 9 abarbeitbar ist. Die Abarbeitung des Maschinencodes 11 durch die Steuereinrichtung 9 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 9 den Kran 1 betreibt.

**[0027]** Die Abarbeitung des Maschinencodes 11 durch die Steuereinrichtung 9 bewirkt zunächst den normalen Umschlag von Lasten 2, wie im Stand der Technik auch. Weiterhin bewirkt die Abarbeitung des Maschinencodes 11 durch die Steuereinrichtung 9 jedoch zusätzlich das die Steuereinrichtung 9 den Kran 1 während des Umschlagens der Last 2 gemäß einem Verfahren zur Beeinflussung einer Pendelbewegung der Last 2 betreibt, das nachstehend näher erläutert wird.

**[0028]** Das Computerprogramm 10 kann der Steuereinrichtung 9 auf beliebige Weise zugeführt werden. Gemäß der Darstellung in den FIG 1 und 2 erfolgt die Zuführung des Computerprogramms 10 über einen Datenträger 12, auf dem das Computerprogramm 10 in maschinenlesbarer Form - beispielsweise in elektronischer Form - hinterlegt ist. Der Datenträger 12 kann entsprechend der Darstellung in den FIG 1 und 2 beispielsweise als USB-Memorystick ausgebildet sein. Es sind jedoch ebenso andere Ausgestaltungen möglich.

**[0029]** Während des Umschlagens der Last 2 kann es geschehen, dass die Last 2 eine Pendelbewegung um den oberen Lastaufhängepunkt 3 durchführt. Die Pendelbewegung ist auf eine vertikale Ebene 13 bezogen. Die vertikale Ebene 13 enthält den oberen Lastaufhängepunkt 3. Die Pendelbewegung kann durch einen Auslenkwinkel  $\varphi$  des Seilsystems 6 aus der Vertikalen um den oberen Lastaufhängepunkt 3 beschrieben werden, wobei der Auslenkwinkel  $\varphi$  mit der Zeit variiert. Eine derartige Pendelbewegung soll erfindungsgemäß gedämpft bzw. unterdrückt werden.

**[0030]** Gemäß der Darstellung in FIG 1 ist es möglich, dass die Last 2 in der Verfahrrichtung x pendelt. In diesem Fall verläuft die vertikale Ebene 13 entsprechend der Markierung in FIG 2 parallel zur Verfahrrichtung x. Alternativ ist es möglich, dass die Last 2 entsprechend der Darstellung in FIG 2 orthogonal zur Verfahrrichtung x pendelt. In diesem Fall verläuft die vertikale Ebene 13 entsprechend der Markierung in FIG 1 orthogonal zur Verfahrrichtung x (sogenannter side sway). Dieser letztgenannte Fall stellt den Regelfall der Anwendung der vorliegenden Erfindung dar. Auch der erstgenannte Fall ist jedoch möglich. Weiterhin können die beiden Fälle unabhängig voneinander betrachtet werden. Sogar in dem Fall, dass beide Pendelbewegungen auftreten und die Pendelbewegungen einen Phasenversatz relativ zueinander aufweisen, können die beiden Pendelbewegungen somit unabhängig voneinander gedämpft werden.

**[0031]** Der Kran 1 weist eine Erfassungseinrichtung 14 auf. Mittels der Erfassungseinrichtung 14 kann der Auslenkwinkel  $\varphi$  des Seilsystems 6 erfasst werden. Alternativ oder zusätzlich kann mittels der Erfassungseinrichtung 14 eine

zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels  $\varphi$  erfasst werden, beispielsweise die erste zeitliche Ableitung (Winkelgeschwindigkeit) und/oder die zweite zeitliche Ableitung (Winkelbeschleunigung). Gemäß der Darstellung in den FIG 1 und 2 ist die Erfassungseinrichtung 14 als Kamerasystem ausgebildet. Diese Ausgestaltung ist derzeit bevorzugt. Prinzipiell kann die Erfassungseinrichtung 14 jedoch beliebig ausgebildet sein, sofern sie die erforderliche Funktionalität aufweist. Weiterhin ist das Kamerasystem gemäß der Darstellung in den FIG 1 und 2 auf dem Ausleger 5 angeordnet. Alternativ kann das Kamerasystem auf der Laufkatze 4 angeordnet sein. Diese letztgenannte Ausgestaltung stellt den Regelfall dar.

**[0032]** Die Erfassungseinrichtung 14 ist mit der Steuereinrichtung 9 datentechnisch verbunden. Insbesondere werden der erfasste Auslenkwinkels  $\varphi$  und/oder die erfasste zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels  $\varphi$  der Steuereinrichtung 9 zugeführt. Die Steuereinrichtung 9 nimmt den erfassten Auslenkwinkels  $\varphi$  und/oder die erfasste zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels  $\varphi$  gemäß FIG 3 in einem Schritt S1 entgegen.

**[0033]** In einem Schritt S2 ermittelt die Steuereinrichtung 9 anhand eines Stellgesetzes - das Stellgesetz wird später noch detailliert erläutert werden - eine Stellgröße S für eine Stelleinrichtung 15 (siehe FIG 5 und 6). In einem Schritt S3 steuert die Steuereinrichtung 9 sodann die Stelleinrichtung 15 entsprechend der ermittelten Stellgröße S an. Die Stellgröße S wirkt auf die Last 2. Insbesondere wird mittels der Stelleinrichtung 15 ein Kippmoment M um den unteren Lastaufhängepunkt 7 in die Last 2 eingebracht. Die Ermittlung der Stellgröße S erfolgt derart, dass das in die Last 2 eingebrachte Kippmoment M der Pendelbewegung der Last 2 um den oberen Lastaufhängepunkt 3 entgegenwirkt.

**[0034]** Nachfolgend wird in Verbindung mit FIG 4 das Stellgesetz hergeleitet. In Verbindung mit FIG 4 wird zum einen der allgemeine Fall erläutert. Weiterhin werden mehrfach konkretere Ausführungen für den häufigen Anwendungsfall getroffen, dass die Last 2 ein Container ist. Die Last 2 kann jedoch ebenso als andere Last ausgebildet sein.

**[0035]** Die Last 2 weist eine Masse m auf. Das Seilsystem 6 weist ferner, wie bereits erwähnt, eine wirksame Seillänge 1 auf. Schließlich weist der Schwerpunkt 8 der Last 2 vom unteren Lastaufhängepunkt 7 den Abstand h auf.

**[0036]** Wenn die Last 2 zusätzlich zur Pendelbewegung um den oberen Lastaufhängepunkt 3 um den unteren Lastaufhängepunkt 7 pendeln kann, sind diese beiden Pendelbewegungen miteinander gekoppelt. Wenn die Auslenkung der Last 2 aus einer Ruhelage um den unteren Lastaufhängepunkt 7 - genauer: des Schwerpunkts 8 der Last 2 aus einer Vertikalen V durch den unteren Lastaufhängepunkt 7 - mit  $\beta$  bezeichnet wird, gehorchen die beiden gekoppelten Pendelbewegungen - zumindest für kleine Pendelbewegungen - näherungsweise der Beziehung

$$J_{\varphi} \ddot{\varphi} + mgl\varphi + J_{\beta} \ddot{\beta} + mgh\beta = 0 \quad (1)$$

**[0037]** In obiger Formel ist in üblicher Weise mit 2 Punkten die zweite zeitliche Ableitung bezeichnet.  $J_{\varphi}$  entspricht dem wirksamen Trägheitsmoment der Last 2 um den oberen Lastaufhängepunkt 3. m ist die Masse der Last 2, g die Erdbeschleunigung.  $J_{\beta}$  entspricht dem wirksamen Trägheitsmoment der Last 2 um den unteren Lastaufhängepunkt 7. Für den Fall eines Containers, der in Vertikalrichtung eine Höhe H und in der Horizontalrichtung der betrachteten Pendelbewegung eine Längserstreckung L aufweist, ergeben sich die beiden Trägheitsmomente  $J_{\varphi}$  und  $J_{\beta}$  zu

$$J_{\varphi} = m \cdot l \left( l + \frac{H}{2} \right) \quad (2)$$

und

$$J_{\beta} = m \cdot \left( \left( \frac{H^2}{3} + \frac{L^2}{12} \right) + l \frac{H}{2} \right) \quad (3)$$

**[0038]** Hierbei wurde angenommen, dass der untere Lastaufhängepunkt 7 sich mittig an der Oberseite des Containers befindet.

**[0039]** Gleichung 1 kann umgeformt werden zu

$$\ddot{\varphi} + \frac{J_{\beta}}{J_{\varphi}} \ddot{\beta} + \frac{mgh}{J_{\varphi}} \beta + \frac{mgl}{J_{\varphi}} \varphi = 0 \quad (4)$$

[0040] Eine gedämpfte Schwingung der Last 2 um den oberen Lastaufhängepunkt 3 hat allgemein die Form

$$5 \quad \ddot{\varphi} + 2D\omega_{\varphi}\dot{\varphi} + \omega_{\varphi}^2\varphi = 0 \quad (5)$$

[0041] In Gleichung 5 bedeutet D eine frei wählbare Dämpfung. In obiger Formel ist weiterhin in üblicher Weise mit einem Punkt die erste zeitliche Ableitung bezeichnet.  $\omega_{\varphi}$  ist die Eigenfrequenz der Schwingung.

10 [0042] Durch Vergleich der beiden Gleichungen 4 und 5 ergibt sich somit zum einen die Eigenfrequenz  $\omega_{\varphi}$  der Schwingung zu

$$15 \quad \omega_{\varphi} = \sqrt{\frac{mgh}{J_{\varphi}}} \quad (6)$$

[0043] Konkret für den Fall eines Containers ergibt sich

$$20 \quad \omega_{\varphi} = \sqrt{\frac{2g}{2l + H}} \quad (7)$$

[0044] Zum anderen sind die Dämpfung D der Pendelbewegung der Last 2 um den oberen Lastaufhängepunkt 3 und die Schwingung der Last 2 um den unteren Lastaufhängepunkt 7 durch die Beziehung

$$30 \quad 2D\omega_{\varphi}\dot{\varphi} = \frac{J_{\beta}}{J_{\varphi}}\ddot{\beta} + \frac{mgh}{J_{\varphi}}\beta \quad (8)$$

35 miteinander gekoppelt. In dieser Gleichung sind - ebenso wie in den übrigen Gleichungen - mit Ausnahme der Dämpfung D, des Auslenkwinkels  $\varphi$  der Last 2 um den oberen Lastaufhängepunkt 3, deren zeitlichen Ableitungen, der Auslenkung  $\beta$  der Last 2 um den unteren Lastaufhängepunkt 7 und deren zeitlichen Ableitungen alle Größen bekannt.

[0045] Somit ergibt sich bei gewünschter Dämpfung D das Stellgesetz zu

$$40 \quad \ddot{\beta} = \frac{2J_{\varphi}}{J_{\beta}}D\omega_{\varphi}\dot{\varphi} - \frac{mgh}{J_{\varphi}}\beta \quad (9)$$

[0046] Die Beschleunigung der Auslenkung  $\beta$  ist über das Trägheitsmoment  $J_{\beta}$  mit dem erforderlichen Kippmoment M gekoppelt:

$$50 \quad M = J_{\beta}\ddot{\beta} = 2J_{\varphi}D\omega_{\varphi}\dot{\varphi} - \frac{J_{\beta}}{J_{\varphi}}mgh\beta \quad (10)$$

55 [0047] FIG 7 zeigt den entsprechenden Aufbau der Regelstrecke und die Ermittlung des Kippmoments M. In FIG 7 sind mit dem Bezugszeichen 16 Integratoren bezeichnet, welche die ihnen jeweils zugeführte Eingangsgröße über die Zeit integrieren. Mit dem Bezugszeichen 17 sind Multiplizierer bezeichnet, welche die ihnen jeweils zugeführte Ein-

gangsgröße mit einem Faktor multiplizieren. Der jeweilige Faktor, mit dem multipliziert wird, ist in FIG 7 im jeweiligen Multiplizierer 17 angegeben. Mit dem Bezugszeichen 18 sind Knotenpunkte bezeichnet, an denen die dem jeweiligen Knotenpunkt 18 zugeführten Größen addiert werden bzw. - sofern ein Minuszeichen vermerkt ist - subtrahiert werden. Der L-förmige Teil von FIG 7 beschreibt die Regelstrecke, also die von der Last 2 ausgeführte Pendelbewegung um den oberen Lastaufhängepunkt 3. Der rechteckige Teil beschreibt die Ermittlung des Kippmoments M bzw. der zugehörigen Beschleunigung der Auslenkung  $\beta$ .

**[0048]** Es ist möglich, dass die wirksame Seillänge 1 zeitlich konstant ist. Es ist jedoch ebenso möglich, dass die wirksame Seillänge 1 zeitlich variiert. In diesem Fall ist es lediglich erforderlich, die Faktoren der Multiplizierer 17 von FIG 7 kontinuierlich zu aktualisieren. Dies ist problemlos realisierbar.

**[0049]** Die Stelleinrichtung 15, mittels derer das Kippmoment M in die Last 2 eingebracht wird, kann nach Bedarf ausgestaltet sein. In dem in FIG 5 dargestellten Fall, bei dem das Seilsystem 6 ein einziges, zentral am unteren Lastaufhängepunkt 7 angreifendes Seil 19 umfasst, kann die Stelleinrichtung 15 insbesondere am unteren Lastaufhängepunkt 7 angeordnet sein und direkt - vor Ort - das Kippmoment M in die Last 2 einbringen. Beispielsweise kann Stelleinrichtung 15 in diesem Fall entsprechend der Darstellung in FIG 5 als Linearantrieb 20 ausgebildet sein, mittels dessen eine Masse 21 linear verfahren wird.

**[0050]** Oftmals umfasst das Seilsystem 6 gemäß der Darstellung in FIG 6 vier Seile 19. In diesem Fall verläuft je eines der Seile 19 von einem jeweiligen im Bereich des oberen Lastaufhängepunkts 3 angeordneten oberen Eckpunkt 22 zu einem jeweiligen im Bereich des unteren Lastaufhängepunkts 7 angeordneten unteren Eckpunkt 23. Die Seile 19, die oberen Eckpunkte 22 und die unteren Eckpunkte 23 sind in FIG 6 durch einen jeweiligen Buchstaben a bis d ergänzt, um sie bei Bedarf voneinander unterscheiden zu können. Die Stelleinrichtung 15 zum Einbringen des Kippmoments M in die Last 2 bewirkt in diesem Fall - also im Fall eines aus vier Seilen 19 bestehenden Seilsystems 6 - eine Längenverstellung der Seile 19 relativ zueinander. Beispielsweise können, ausgehend von einer einheitlichen wirksamen Seillänge 1 für alle Seile 19, die wirksamen Seillängen  $l_a$ ,  $l_b$  um eine Längenänderung  $\delta l$  variiert werden und/oder die wirksamen Seillängen  $l_c$ ,  $l_d$  um eine Längenänderung  $-\delta l$  variiert werden. Vorzugsweise werden beide Maßnahmen gleichzeitig ergriffen. In diesem Fall wird die Stelleinrichtung 15 derart angesteuert, dass sie jeweils zwei der vier Seile 19 verlängert und verkürzt.

**[0051]** In der Regel definieren entsprechend der Darstellung in FIG 8 die oberen Eckpunkte 22 ein oberes Rechteck mit einer oberen Länge  $L_o$  und einer oberen Breite  $B_o$ . In analoger Weise definieren die unteren Eckpunkte 23 ein unteres Rechteck mit einer unteren Länge  $L_u$  und einer unteren Breite  $B_u$ . Vorzugsweise ist die obere Länge  $L_o$  größer als die untere Länge  $L_u$ . Alternativ oder zusätzlich ist vorzugsweise die obere Breite  $B_o$  größer als die untere Breite  $B_u$ .

**[0052]** Um eine individuelle Verstellung der wirksamen Seillängen  $l_a$  bis  $l_d$  zu ermöglichen, können den Seilen 19a bis 19d individuell ansteuerbare Hubwerke zugeordnet sein, mittels derer sowohl die Hubbewegung der Last 2 als auch die individuelle Längenverstellung der Seile 19 realisiert wird. In diesem Fall entsprechen die Hubwerke in ihrer Gesamtheit der Stelleinrichtung 15. Vorzugsweise ist den Seilen 19 jedoch entsprechend der Darstellung in FIG 6 zusätzlich zur Stelleinrichtung 15 ein Hubwerk 24 zugeordnet, mittels dessen die wirksame Länge 1 der Seile 19 gleichmäßig veränderbar ist. Diese Ausgestaltung weist den Vorteil auf, dass die Stelleinrichtung 15 nur einen geringen Stellweg ermöglichen muss. Beispielsweise kann die Stelleinrichtung 15 im Falle der Ausgestaltung von FIG 6 als Gruppe von vier Hydraulikzylindern ausgebildet sein, mittels derer ein relativ kurzer Stellweg von jeweils beispielsweise 50 cm realisierbar ist. Je nach Lage des Einzelfalls kann der Stellweg natürlich auch größer oder kleiner sein. Alternativ zu einer Gruppe von Hydraulikzylindern kann die Stelleinrichtung 15 im Falle der Ausgestaltung gemäß FIG 5 beispielsweise als Gruppe von elektrisch betriebenen Seilwinden ausgebildet sein.

**[0053]** Zusammengefasst betrifft die vorliegende Erfindung somit folgenden Sachverhalt:

Ein Kran 1 zum Umschlagen einer Last 2 weist einen unteren Lastaufhängepunkt 7 und einen oberen Lastaufhängepunkt 3 auf, die über ein Seilsystem 6 miteinander verbunden sind. Ein Schwerpunkt 8 einer mit dem unteren Lastaufhängepunkt 7 verbundenen Last 2 liegt unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts 7. Mittels einer Erfassungseinrichtung 14 wird ein Auslenkwinkel  $\varphi$  einer Pendelbewegung und/oder eine zeitlichen Ableitung des Auslenkwinkels  $\varphi$  der Pendelbewegung erfasst, welche die Last 2, bezogen auf eine den oberen Lastaufhängepunkt 3 enthaltende vertikale Ebene 13, um den oberen Lastaufhängepunkt 3 durchführt. Von einer Steuereinrichtung 9 wird anhand eines Stellgesetzes eine auf die Last 2 wirkende Stellgröße S ermittelt. Eine Stelleinrichtung 15 des Krans 1 wird von der Steuereinrichtung 9 entsprechend der ermittelten Stellgröße S angesteuert, so dass mittels der Stelleinrichtung 15 innerhalb der vertikalen Ebene 13 ein Kippmoment M um den unteren Lastaufhängepunkt 7 in die Last 2 eingebracht wird. Das in die Last 2 eingebrachte Kippmoment M wirkt der Pendelbewegung der Last 2 um den oberen Lastaufhängepunkt 3 entgegen.

**[0054]** Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere ist es auf einfache Weise möglich, Pendelbewegungen der Last 2 um den oberen Lastaufhängepunkt 3 sowohl in Verfahrrichtung x der Laufkatze 4 als auch quer dazu zu dämpfen. Insbesondere im Falle eines Seilsystems 6 mit vier Seilen 19 ist eine aktive Dämpfung der Pendel-

bewegung der Last 2 auch ohne im Bereich des unteren Lastaufhängepunkts 7 angeordnete Stelleinrichtung möglich. Die Regelung erweist sich weiterhin als sehr robust.

[0055] 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.

### Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zur Beeinflussung einer Pendelbewegung einer mittels eines Krans (1) umgeschlagenen Last (2), wobei die Last (2) mit einem unteren Lastaufhängepunkt (7) des Krans (1) verbunden ist und der untere Lastaufhängepunkt (7) über ein Seilsystem (6) des Krans (1) mit einem oberen Lastaufhängepunkt (3) des Krans (1) verbunden ist, so dass ein Schwerpunkt (8) der Last (2) unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts (7) liegt, wobei die Pendelbewegung auf eine den oberen Lastaufhängepunkt (3) enthaltende vertikale Ebene (13) bezogen ist,
- 15 - wobei ein Auslenkwinkel ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels ( $\dot{\varphi}$ ) der Pendelbewegung erfasst und einer Steuereinrichtung (9) des Krans (1) zugeführt werden,
- wobei von der Steuereinrichtung (9) anhand eines Stellgesetzes eine auf die Last (2) wirkende Stellgröße (S) ermittelt wird und
- 20 - wobei von der Steuereinrichtung (9) eine Stelleinrichtung (15) des Krans (1) entsprechend der ermittelten Stellgröße (S) angesteuert wird, so dass mittels der Stelleinrichtung (15) innerhalb der vertikalen Ebene (13) ein Kippmoment (M) um den unteren Lastaufhängepunkt (7) in die Last (2) eingebracht wird, das der Pendelbewegung der Last (2) um den oberen Lastaufhängepunkt (3) entgegenwirkt.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der obere Lastaufhängepunkt (3) mittels einer Laufkatze (4) des Krans (1) in einer Verfahrrichtung (x) verfahrbar ist und dass die vertikale Ebene (13), auf welche die Pendelbewegung der Last (2) bezogen ist, orthogonal zu der Verfahrrichtung (x) der Laufkatze (4) verläuft.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stelleinrichtung (15) am unteren Lastaufhängepunkt (7) angeordnet ist.
- 35 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Seilsystem (6) vier Seile (19) umfasst, die von einem jeweiligen im Bereich des oberen Lastaufhängepunkts (3) angeordneten oberen Eckpunkt (22) zu einem jeweiligen im Bereich des unteren Lastaufhängepunkts (7) angeordneten unteren Eckpunkt (23) verlaufen, und dass die Stelleinrichtung (15) zum Einbringen des Kippmoments (M) in die Last (2) eine Längenverstellung ( $\delta l$ ) der Seile (19) relativ zueinander bewirkt.
- 40 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stelleinrichtung (15) zum Einbringen des Kippmoments (M) in die Last (2) derart angesteuert wird, dass sie jeweils zwei der vier Seile (19) verlängert und verkürzt.
- 45 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** den Seilen (19) zusätzlich zur Stelleinrichtung (15) ein Hubwerk (24) des Krans (1) zugeordnet ist, mittels dessen eine wirksame Länge (l) der Seile (19) gleichmäßig veränderbar ist.
- 50 7. Computerprogramm für eine Steuereinrichtung (9) eines Krans (1), wobei das Computerprogramm Maschinencode (11) umfasst, der von der Steuereinrichtung (9) abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (11) durch die Steuereinrichtung (9) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (9) den Kran (1) gemäß einem Verfahren nach einem der obigen Ansprüche betreibt.
- 55 8. Steuereinrichtung für einen Kran (1), wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, insbesondere programmiert ist, dass sie den Kran (1) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 betreibt.

9. Kran zum Umschlagen einer Last (2),

- wobei der Kran einen unteren Lastaufhängepunkt (7), einen oberen Lastaufhängepunkt (3) und ein Seilsystem (6) aufweist,
- wobei die Last (2) mit dem unteren Lastaufhängepunkt (7) verbindbar ist, so dass ein Schwerpunkt (8) der Last (2) unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts (7) liegt,
- wobei der untere Lastaufhängepunkt (7) über das Seilsystem (6) mit dem oberen Lastaufhängepunkt (3) verbunden ist,
- wobei der Kran eine Erfassungseinrichtung (14) zur Erfassung eines Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) einer auf eine den oberen Lastaufhängepunkt (3) enthaltende vertikale Ebene (13) bezogenen Pendelbewegung der Last (2) und/oder einer zeitlichen Ableitung des Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung aufweist,
- wobei der Kran eine Stelleinrichtung (15) aufweist, mittels derer in die Last (2) innerhalb der vertikalen Ebene (13) ein Kippmoment (M) um den unteren Lastaufhängepunkt (7) einbringbar ist,
- wobei der Kran eine Steuereinrichtung (9) aufweist, welcher der erfasste Auslenkwinkel ( $\varphi$ ) und/oder die erfasste zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) zugeführt werden, von der anhand eines Stellgesetzes eine Stellgröße (S) der Stelleinrichtung (15) ermittelt wird und von der die Stelleinrichtung (15) entsprechend der ermittelten Stellgröße (S) angesteuert wird, und
- wobei die Stellgröße (S) von der Steuereinrichtung (9) derart ermittelt wird, dass das in die Last (2) eingebrachte Kippmoment (M) der Pendelbewegung der Last (2) um den oberen Lastaufhängepunkt (3) entgegenwirkt.

10. Kran nach Anspruch 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** der Kran eine Laufkatze (4) aufweist, mittels derer der obere Lastaufhängepunkt (3) in einer Verfahrrichtung (x) verfahrbar ist und dass die vertikale Ebene (13), auf welche die Pendelbewegung der Last (2) bezogen ist, orthogonal zu der Verfahrrichtung (x) der Laufkatze (4) verläuft.

11. Kran nach Anspruch 9 oder 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Stelleinrichtung (15) am unteren Lastaufhängepunkt (7) angeordnet ist.

12. Kran nach Anspruch 9 oder 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** das Seilsystem (6) vier Seile (19) umfasst, die von einem jeweiligen im Bereich des oberen Lastaufhängepunkts (3) angeordneten oberen Eckpunkt (22) zu einem jeweiligen im Bereich des unteren Lastaufhängepunkts (7) angeordneten unteren Eckpunkt (23) verlaufen, und dass die Stelleinrichtung (15) zum Einbringen des Kippmoments (M) in die Last (2) eine Längenverstellung ( $\delta l$ ) der Seile (19) relativ zueinander bewirkt.

13. Kran nach Anspruch 12,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Stelleinrichtung (15) zum Einbringen des Kippmoments (M) in die Last (2) derart angesteuert wird, dass sie jeweils zwei der vier Seile (19) verlängert und verkürzt.

14. Kran nach Anspruch 12 oder 13,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** den Seilen (19) zusätzlich zur Stelleinrichtung (15) ein Hubwerk (24) des Krans (1) zugeordnet ist, mittels dessen eine wirksame Länge (1) der Seile (19) gleichmäßig veränderbar ist.

**Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.**

1. Verfahren zur Beeinflussung einer Pendelbewegung einer mittels eines Krans (1) umgeschlagenen Last (2), wobei die Last (2) mit einem unteren Lastaufhängepunkt (7) des Krans (1) verbunden ist und der untere Lastaufhängepunkt (7) über ein Seilsystem (6) des Krans (1) mit einem oberen Lastaufhängepunkt (3) des Krans (1) verbunden ist, so dass ein Schwerpunkt (8) der Last (2) unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts (7) liegt, wobei die Pendelbewegung auf eine den oberen Lastaufhängepunkt (3) enthaltende vertikale Ebene (13) bezogen ist,

- wobei ein Auslenkwinkel ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung erfasst und einer Steuereinrichtung (9) des Krans (1) zugeführt werden,

- wobei von der Steuereinrichtung (9) anhand eines Stellgesetzes eine auf die Last (2) wirkende Stellgröße (S) ermittelt wird,
  - wobei von der Steuereinrichtung (9) eine Stelleinrichtung (15) des Krans (1) entsprechend der ermittelten Stellgröße (S) angesteuert wird, so dass mittels der Stelleinrichtung (15) innerhalb der vertikalen Ebene (13) ein Kippmoment (M) um den unteren Lastaufhängepunkt (7) in die Last (2) eingebracht wird, das der Pendelbewegung der Last (2) um den oberen Lastaufhängepunkt (3) entgegenwirkt,
  - wobei das Seilsystem (6) aus vier Seilen (19) besteht, die von einem jeweiligen im Bereich des oberen Lastaufhängepunkts (3) angeordneten oberen Eckpunkt (22) zu einem jeweiligen im Bereich des unteren Lastaufhängepunkts (7) angeordneten unteren Eckpunkt (23) verlaufen,
  - wobei durch Einstellen einer wirksamen Seillänge (l) der untere Lastaufhängepunkt (7) angehoben und abgesenkt wird und
  - wobei die Stelleinrichtung (15) zum Einbringen des Kippmoments (M) in die Last (2) eine Längenverstellung ( $\delta l$ ) der Seile (19) relativ zueinander bewirkt.
- 5
- 10
- 15 **2.** Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der obere Lastaufhängepunkt (3) mittels einer Laufkatze (4) des Krans (1) in einer Verfahrrichtung (x) verfahrbar ist und dass die vertikale Ebene (13), auf welche die Pendelbewegung der Last (2) bezogen ist, orthogonal zu der Verfahrrichtung (x) der Laufkatze (4) verläuft.
- 20
- 3.** Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Stelleinrichtung (15) zum Einbringen des Kippmoments (M) in die Last (2) derart angesteuert wird, dass sie jeweils zwei der vier Seile (19) verlängert und verkürzt.
- 25
- 4.** Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** den Seilen (19) zusätzlich zur Stelleinrichtung (15) ein Hubwerk (24) des Krans (1) zugeordnet ist, mittels dessen die wirksame Länge (l) der Seile (19) gleichmäßig veränderbar ist.
- 30
- 5.** Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** den Seilen (19) individuell ansteuerbare Hubwerke zugeordnet sind, mittels derer sowohl die Hubbewegung der Last (2) als auch die individuelle Längenverstellung der Seile (19) realisiert wird, und dass die Hubwerke in ihrer Gesamtheit der Stelleinrichtung (15) entsprechen.
- 35
- 6.** Computerprogramm für eine Steuereinrichtung (9) eines Krans (1), wobei das Computerprogramm Maschinencode (11) umfasst, der von der Steuereinrichtung (9) abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (11) durch die Steuereinrichtung (9) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (9) den Kran (1) gemäß einem Verfahren nach einem der obigen Ansprüche betreibt.
- 40
- 7.** Steuereinrichtung für einen Kran (1), wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, insbesondere programmiert ist, dass sie den Kran (1) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 betreibt.
- 45
- 8.** Kran zum Umschlagen einer Last (2),
- wobei der Kran einen unteren Lastaufhängepunkt (7), einen oberen Lastaufhängepunkt (3) und ein aus vier Seilen (19) bestehendes Seilsystem (6) aufweist,
  - wobei die Seile (19) von einem jeweiligen im Bereich des oberen Lastaufhängepunkts (3) angeordneten oberen Eckpunkt (22) zu einem jeweiligen im Bereich des unteren Lastaufhängepunkts (7) angeordneten unteren Eckpunkt (23) verlaufen,
  - wobei die Last (2) mit dem unteren Lastaufhängepunkt (7) verbindbar ist, so dass ein Schwerpunkt (8) der Last (2) unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts (7) liegt,
  - wobei der untere Lastaufhängepunkt (7) über das Seilsystem (6) mit dem oberen Lastaufhängepunkt (3) verbunden ist,
  - wobei der Kran eine Erfassungseinrichtung (14) zur Erfassung eines Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) einer auf eine den oberen Lastaufhängepunkt (3) enthaltende vertikale Ebene (13) bezogenen Pendelbewegung der Last (2) und/oder einer zeitlichen Ableitung des Auslenkwinkels ( $\varphi$ ) der Pendelbewegung aufweist,
- 50
- 55

- wobei der Kran eine Stelleinrichtung (15) aufweist, mittels derer in die Last (2) innerhalb der vertikalen Ebene (13) ein Kippmoment (M) um den unteren Lastaufhängepunkt (7) einbringbar ist,
- wobei der Kran eine Steuereinrichtung (9) aufweist, welcher der erfasste Auslenkwinkel ( $\varphi$ ) und/oder die erfasste zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels ( $\dot{\varphi}$ ) zugeführt werden, von der anhand eines Stellgesetzes eine Stellgröße (S) der Stelleinrichtung (15) ermittelt wird und von der die Stelleinrichtung (15) entsprechend der ermittelten Stellgröße (S) angesteuert wird,
- wobei die Stellgröße (S) von der Steuereinrichtung (9) derart ermittelt wird, dass das in die Last (2) eingebrachte Kippmoment (M) der Pendelbewegung der Last (2) um den oberen Lastaufhängepunkt (3) entgegenwirkt,
- wobei durch Einstellen einer wirksamen Seillänge (1) der untere Lastaufhängepunkt (7) angehoben und abgesenkt wird,
- wobei die Stelleinrichtung (15) zum Einbringen des Kippmoments (M) in die Last (2) eine Längenverstellung ( $\delta l$ ) der Seile (19) relativ zueinander bewirkt.

9. Kran nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** der Kran eine Laufkatze (4) aufweist, mittels derer der obere Lastaufhängepunkt (3) in einer Verfahrrichtung (x) verfahrbar ist, und dass die vertikale Ebene (13), auf welche die Pendelbewegung der Last (2) bezogen ist, orthogonal zu der Verfahrrichtung (x) der Laufkatze (4) verläuft.

10. Kran nach Anspruch 8 oder 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Stelleinrichtung (15) zum Einbringen des Kippmoments (M) in die Last (2) derart angesteuert wird, dass sie jeweils zwei der vier Seile (19) verlängert und verkürzt.

11. Kran nach Anspruch 8, 9 oder 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** den Seilen (19) zusätzlich zur Stelleinrichtung (15) ein Hubwerk (24) des Krans (1) zugeordnet ist, mittels dessen die wirksame Länge (1) der Seile (19) gleichmäßig veränderbar ist.

12. Kran nach Anspruch 8, 9 oder 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** den Seilen (19) individuell ansteuerbare Hubwerke zugeordnet sind, mittels derer sowohl die Hubbewegung der Last (2) als auch die individuelle Längenverstellung der Seile (19) realisiert wird, und dass die Hubwerke in ihrer Gesamtheit der Stelleinrichtung (15) entsprechen.

FIG 1

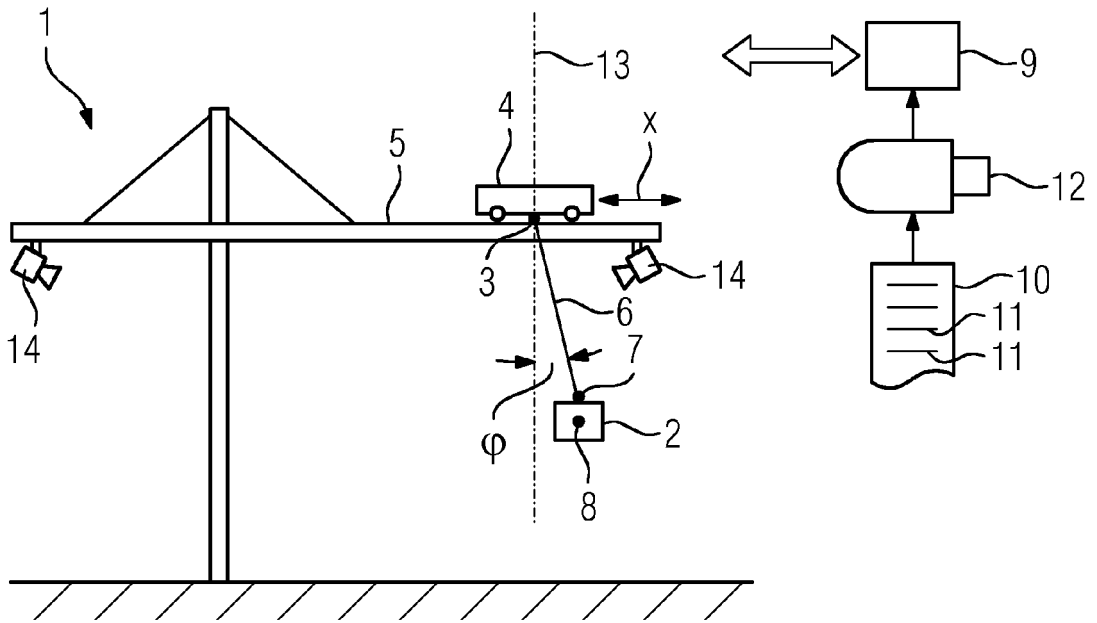


FIG 2

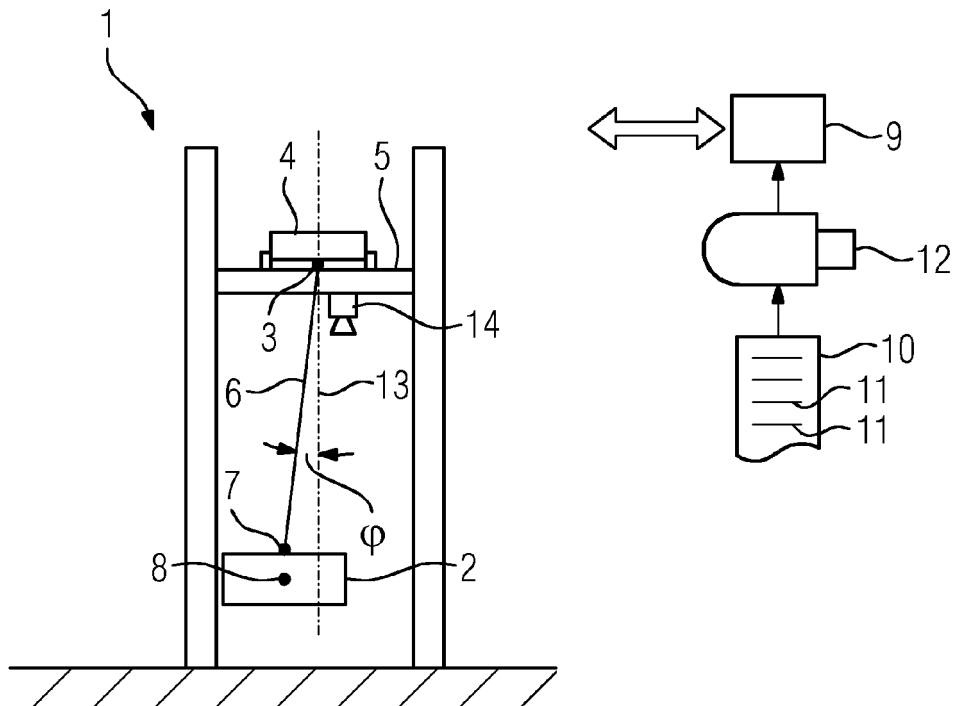


FIG 3

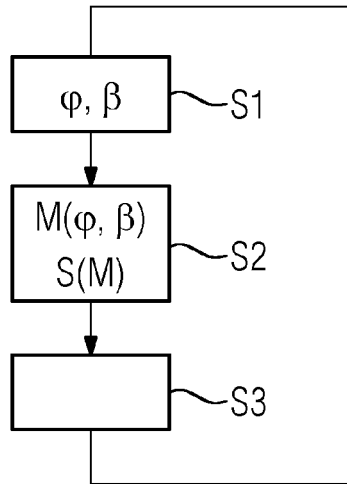


FIG 4

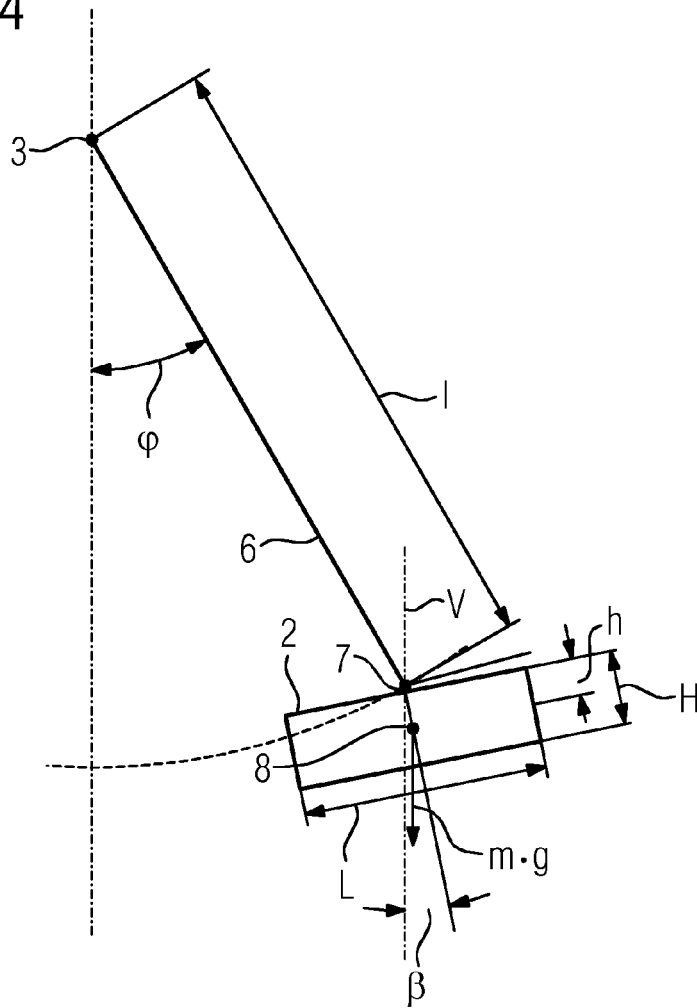


FIG 5

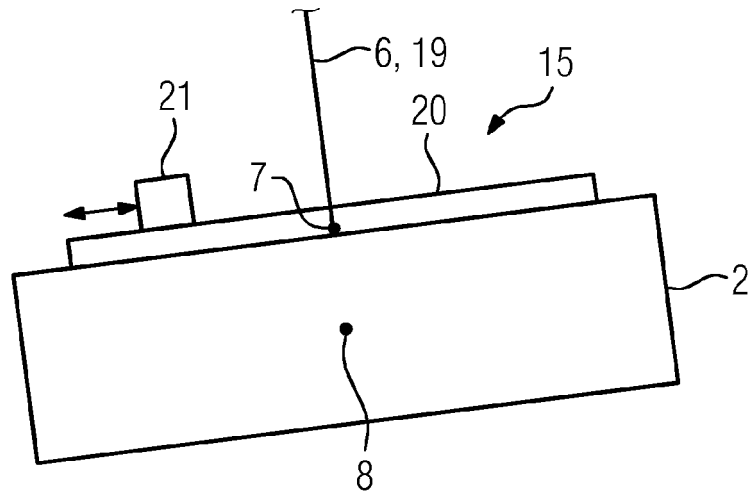


FIG 6

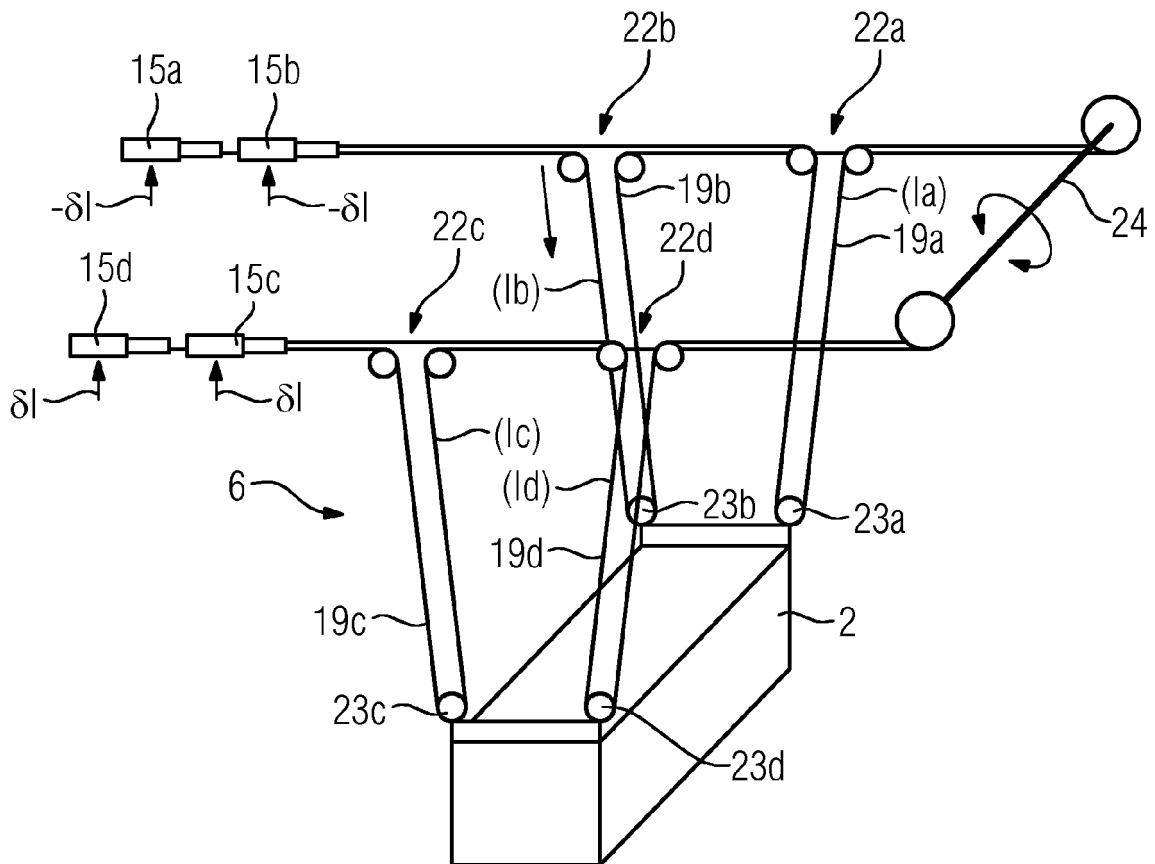
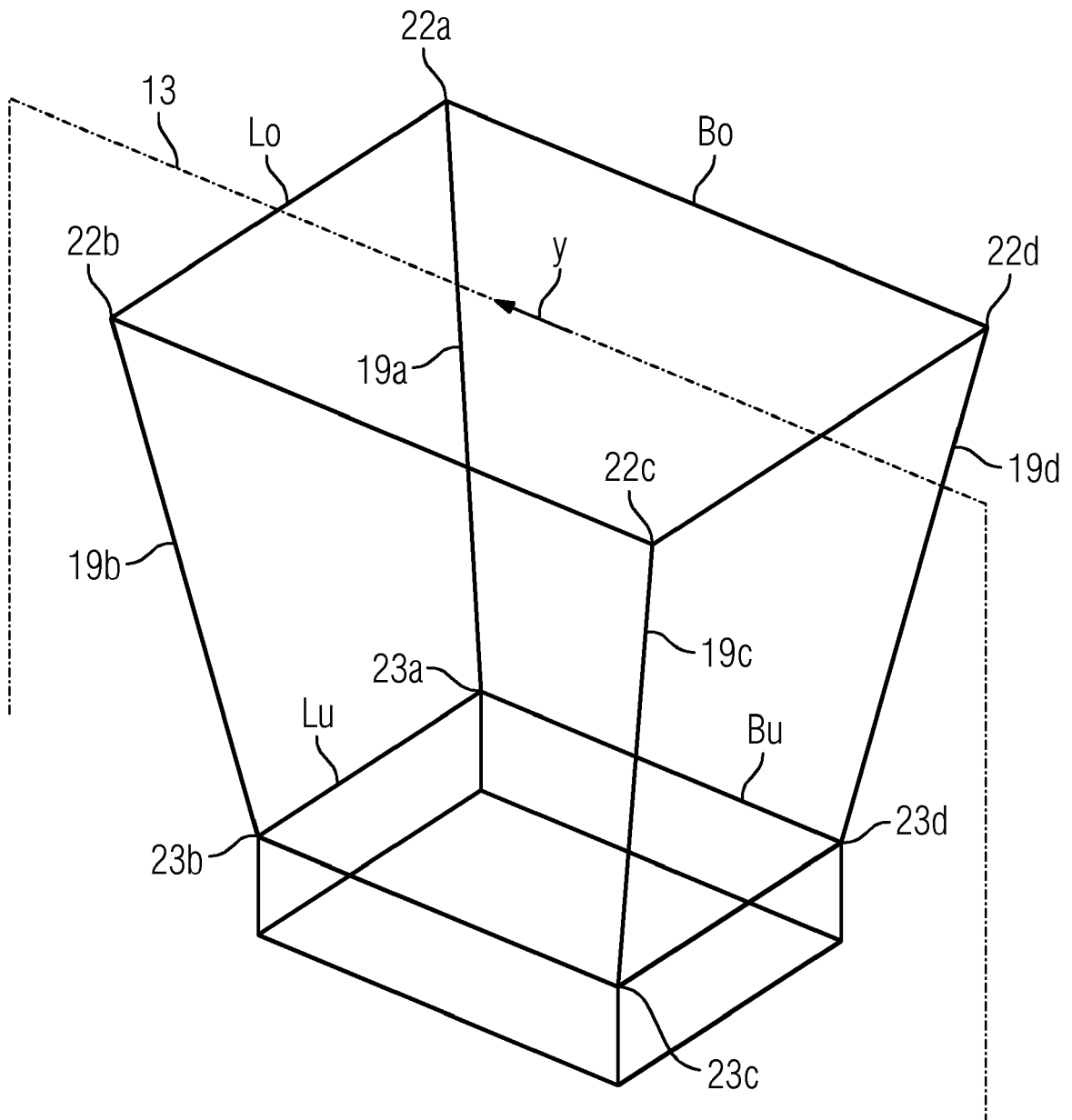




FIG 8





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 14 15 3004

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 43 25 946 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 9. Februar 1995 (1995-02-09) * Spalte 2, Zeile 30 - Spalte 6, Zeile 60; Ansprüche 1-7; Abbildungen 1-2c *	1-14	INV. B66C13/06
X	EP 0 841 296 A1 (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND [JP]) 13. Mai 1998 (1998-05-13) * Spalte 4 - Spalte 5; Abbildungen 1,2,8,9 *	1,3,7-9, 11	
X	JP 2010 247928 A (TOSHIBA CORP) 4. November 2010 (2010-11-04) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,7-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC) B66C
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 7. April 2014	Prüfer Özsoy, Sevda
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	

EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

2

50

55

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

EP 14 15 3004

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

07-04-2014

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4325946	A1	09-02-1995	DE	4325946 A1	09-02-1995
			EP	0638510 A1	15-02-1995
-----					
EP 0841296	A1	13-05-1998	AU	4275497 A	14-05-1998
			CA	2219433 A1	07-05-1998
			CN	1184074 A	10-06-1998
			EP	0841296 A1	13-05-1998
-----					
JP 2010247928	A	04-11-2010	JP	5254115 B2	07-08-2013
			JP	2010247928 A	04-11-2010
-----					

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