



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.05.2023 Patentblatt 2023/18

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B66C 13/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21205297.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B66C 13/063

(22) Anmeldetag: **28.10.2021**

(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
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

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

(72) Erfinder: **Först, Rafael**
90489 Nürnberg (DE)

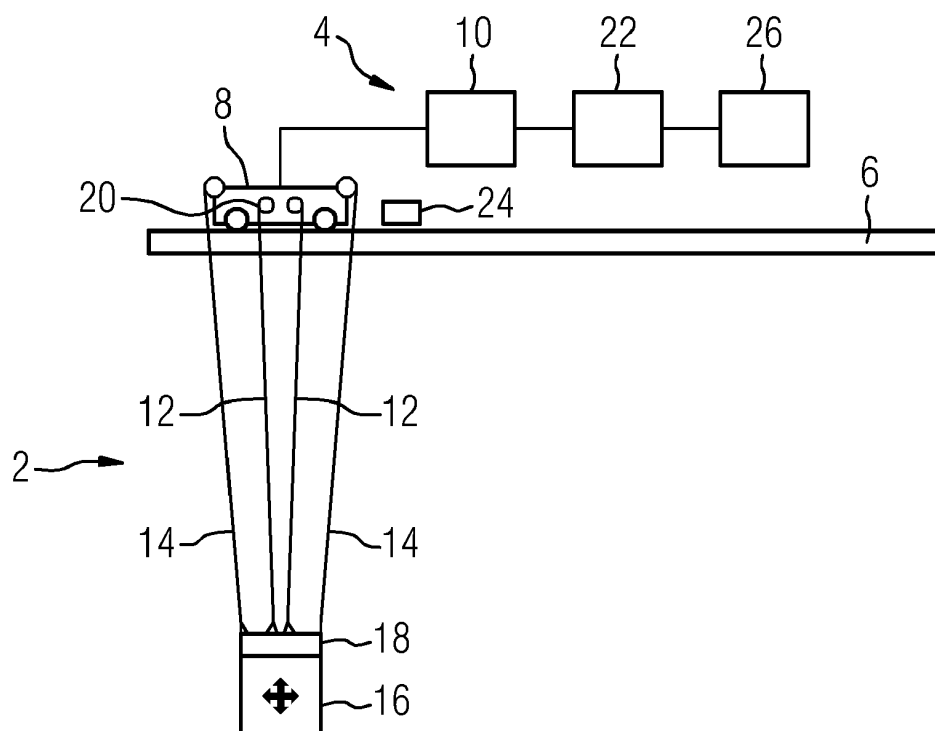
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR BEWEGUNG EINER LAST MIT EINEM KRAN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bewegen einer Last (16) mit einem Kran (2). Um, im Vergleich zum Stand der Technik, ein schnelleres Positionieren der Last und somit höhere Umschlagszahlen zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die Last (16) über seilartige Befestigungsmittel (12, 14) an einer Laufkatze (8) befestigt ist, welche zum Bewegen der Last (16) horizontal verfahren wird, wobei ein Schwingen der Last (16) während des Bewegens mittels mechanischer Pendeldämpfung

reduziert wird, wobei zumindest ein Regelstreckenparameter (28) der mechanischen Pendeldämpfung in einer Regelstrecke (30) eines elektronischen Pendeldämpfungssystems (26) berücksichtigt wird, wobei eine Position (X_L) und/oder Geschwindigkeit (V_L) der Last (16) mittels des elektronischen Pendeldämpfungssystems (26) über einen Bewegungsparameter der Laufkatze (8) gesteuert wird.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bewegen einer Last mit einem Kran.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung eine Steuereinheit mit Mitteln zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

[0003] Überdies betrifft die Erfindung ein Computerprogramm zur Durchführung eines derartigen Verfahrens bei Ablauf in einer Steuereinheit.

[0004] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein System zur Pendeldämpfung aufweisend zumindest eine Antriebseinrichtung für eine Laufkatze und eine Steuereinheit.

[0005] Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Kran aufweisend zumindest ein derartiges System.

[0006] Zum Umschlagen von Lasten, zum Beispiel von einem Schiff auf einen Lastkraft- oder einen Tragwagen, insbesondere Bahntragwagen, kommen Krane, insbesondere sogenannte Containerbrücken, zum Einsatz, die einen im Wesentlichen horizontal orientierten Ausleger sowie eine entlang des Auslegers bewegbare Laufkatze aufweisen. Bei einem derartigen Transportvorgang besteht die Herausforderung, dass die Last, insbesondere durch die Bewegung der Laufkatze sowie durch äußere Einflüsse wie Wind zum Pendeln angeregt wird. Zum zielgenauen Absetzen der Last ist es erforderlich, die Pendelbewegung der Last zu minimieren. Beim Umschlagen von Lasten wird üblicherweise eine vorgegebene Trajektorie mit zumindest einem Hebe- und Senkvorgang gefahren, damit durch eine kurze Pendellänge eine Schwingung, insbesondere mechanisch, ausreichend gedämpft werden kann. Dies führt zu einer Reduzierung von Umschlagszahlen während eines vorgegebenen Zeitfensters.

[0007] Aus der Offenlegungsschrift DE 30 05 461 A1 ist ein Kran mit einem Pendeldämpfungssystem bekannt, bei dem Sollwertverläufe für Fahrgeschwindigkeit und Pendelwinkel errechnet und einer Regeleinrichtung für den Fahrtrieb zugeführt werden. Dabei werden die Sollwertverläufe in einer Recheneinrichtung aus Eingangsgrößen, wie Seillänge und Gewichtskraft einer Last, auf Grundlage von für ein mechanisches Schwingungssystem geltenden Gleichungen berechnet. Während Anfahr- und Bremsvorgängen bezieht die Recheneinrichtung mehrere Umschaltpunkte in die Berechnung der Sollwertverläufe ein und benutzt diese als Maß für eine Vorgabe eines Antriebsmoments bzw. Antriebsstroms. Die Sollwertverläufe werden derart bestimmt, dass das Antriebsmoment beim Anfahren bzw. Bremsen zunächst einen Maximalwert annimmt, dann auf annähernd Null absinkt und anschließend bis zum Ende des Anfahrvorganges bzw. Bremsvorganges wieder den Maximalwert aufweist. Damit wird erreicht, dass der Pendelwinkel am Ende des Anfahr- bzw. Bremsvorganges Null ist.

[0008] Die Offenlegungsschrift EP 2 878 567 A1 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung zumindest eines Pendelwinkels einer von einer Lasttransportvorrichtung aufgenommenen Last, wobei die Last über wenigstens ein seilartiges Befestigungsmittel an zumindest einem Aufhängepunkt an der Lasttransportvorrichtung befestigt ist und der zumindest eine Aufhängepunkt mittels wenigstens einer Antriebseinrichtung verfahrbar ist, bei dem der Pendelwinkel in Bewegungsrichtung und/oder eine der zeitlichen Ableitungen des Pendelwinkels in Bewegungsrichtung zumindest auf Basis wenigstens einer Betriebsgröße der wenigstens einen Antriebseinrichtung und einer die Ist-Geschwindigkeit des Aufhängepunktes repräsentierenden Größe unter Verwendung wenigstens einer Recheneinrichtung berechnet wird.

[0009] Die Offenlegungsschrift EP 2 902 356 A1 beschreibt einen Kran zum Umschlagen einer Last, der einen unteren Lastaufhängepunkt und einen oberen Lastaufhängepunkt aufweist, die über ein Seilsystem miteinander verbunden sind. Ein Schwerpunkt einer mit dem unteren Lastaufhängepunkt verbundenen Last liegt unterhalb des unteren Lastaufhängepunkts. Mittels einer Erfassungseinrichtung wird ein Auslenkwinkel einer Pendelbewegung und/oder eine zeitliche Ableitung des Auslenkwinkels der Pendelbewegung erfasst, welche die Last, bezogen auf eine den oberen Lastaufhängepunkt enthaltende vertikale Ebene, um den oberen Lastaufhängepunkt durchführt. Von einer Steuereinrichtung wird anhand eines Stellgesetzes eine auf die Last wirkende Stellgröße ermittelt. Eine Stelleinrichtung des Krans wird von der Steuereinrichtung entsprechend der ermittelten Stellgröße angesteuert, so dass mittels der Stelleinrichtung innerhalb der vertikalen Ebene ein Kippmoment um den unteren Lastaufhängepunkt in die Last eingebracht wird. Das in die Last eingebrachte Kippmoment wirkt der Pendelbewegung der Last um den oberen Lastaufhängepunkt entgegen.

[0010] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Bewegen einer Last mit einem Kran anzugeben, welches ein, im Vergleich zum Stand der Technik, schnelleres Positionieren der Last und somit höhere Umschlagszahlen ermöglicht.

[0011] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Bewegen einer Last mit einem Kran, wobei die Last über seilartige Befestigungsmittel an einer Laufkatze befestigt ist, welche zum Bewegen der Last horizontal verfahren wird, wobei ein Schwingen der Last während des Bewegens mittels mechanischer Pendeldämpfung reduziert wird, wobei zumindest ein Regelstreckenparameter der mechanischen Pendeldämpfung in einer Regelstrecke eines elektronischen Pendeldämpfungssystems berücksichtigt wird, wobei eine Position und/oder Geschwindigkeit der Last mittels des elektronischen Pendeldämpfungssystems über einen Bewegungsparameter der Laufkatze gesteuert wird.

[0012] Ferner wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch eine Steuereinheit mit Mitteln zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

[0013] Überdies wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch ein Computerprogramm zur Durchführung eines derartigen Verfahrens bei Ablauf in einer Steuereinheit.

[0014] Des Weiteren wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch ein System zur Pendeldämpfung aufweisend zumindest eine Antriebseinrichtung für eine Laufkatze und eine Steuereinheit.

[0015] Darüber hinaus wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch einen Kran aufweisend zumindest ein derartiges System.

[0016] Die in Bezug auf das Verfahren nachstehend angeführten Vorteile und bevorzugten Ausgestaltungen lassen sich sinngemäß auf die Steuereinheit, das Computerprogramm, das System und den Kran übertragen.

[0017] Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, durch eine Verbesserung der Pendeldämpfung beim Bewegen einer Last mit einem Kran höhere Umschlagszahlen zu erreichen, da auf diese Weise unter anderem Hebe- und Senkvorgänge vermieden werden können. Die Last ist über seilartige Befestigungsmittel, wie z.B. Seile und/oder Ketten, an einer horizontal verfahrbaren Laufkatze befestigt, wobei ein Schwingen der Last während des Bewegens mittels mechanischer Pendeldämpfung reduziert wird. Insbesondere wird die Last entlang eines Auslegers linear in eine Bewegungsrichtung verfahren. Eine mechanische Pendeldämpfung wird beispielsweise durch schräg geführte Dämpfungsseile erreicht. Es wird vorgeschlagen, die mechanische Pendeldämpfung mit einem elektronischen Pendeldämpfungssystem zu kombinieren, wobei ein Regelstreckenparameter der mechanischen Pendeldämpfung in eine Regelstrecke des elektronischen Pendeldämpfungssystems eingeht. Eine Position der Last wird mittels des elektronischen Pendeldämpfungssystems über einen Bewegungsparameter der Laufkatze geregelt. Derartige Bewegungsparameter sind beispielsweise eine Geschwindigkeit, eine Beschleunigung und/oder eine Drehzahländerung der Laufkatze bzw. einer der Laufkatze zugewiesenen Antriebseinrichtung.

[0018] Auf diese Weise wird beispielsweise ein Überschwingen vermieden. Damit einher gehen ein schnelles Positionieren der Last und somit höhere Umschlagszahlen sowie weniger Hebevorgänge und damit ein geringerer Energieverbrauch. Darüber hinaus wird durch geringere Schwingungsamplituden die Sicherheit erhöht.

[0019] Ein Prozessor der Steuereinheit kann unter anderem als Mikroprozessor, Mikrocontroller oder als ASIC (application specific integrated circuit) ausgeführt sein. Das Computerprogramm kann einen "digitalen Zwilling", auch "digital twin" genannt, umfassen oder als ein solcher ausgebildet sein. Ein derartiger digitaler Zwilling ist beispielsweise in der Offenlegungsschrift US 2017/0286572 A1 dargestellt. Der Offenbarungsgehalt von US 2017/0286572 A1 wird durch Verweisung in die vorliegende Anmeldung mit einbezogen. Der "digitale Zwilling" ist in diesem Zusammenhang beispielsweise eine digitale Repräsentanz der für den industriellen Prozess relevanten Komponenten und/oder Funktionen. Ein derartiger "digitaler Zwilling" kann in einer dezentralen IT-Infrastruktur, insbesondere in einer Cloud, hinterlegt sein und über eine Kommunikationsschnittstelle zur Verfügung gestellt werden.

[0020] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass der zumindest eine Regelstreckenparameter zumindest eine Schwingungsfrequenz und eine zumindest Dämpfung beinhaltet. Durch Einbeziehung zumindest einer Schwingungsfrequenz und zumindest einer Dämpfung wird ein Überschwingen vermieden.

[0021] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass die Schwingungsfrequenz und die Dämpfung der mechanischen Pendeldämpfung mit Hilfe von mindestens einem Sensor ermittelt werden. Ein derartiger Sensor kann unter anderem eine Kamera, ein Beschleunigungssensor, ein Laser aber auch eine Stoppuhr sein. Eine sensorbasierte Ermittlung ist einfach und zuverlässig.

[0022] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass der zumindest eine Regelstreckenparameter der mechanischen Pendeldämpfung mittels zumindest einer Referenzfahrt ermittelt wird. Durch eine Referenzfahrt ist der zumindest eine Regelstreckenparameter, wie beispielsweise eine Dämpfung, einfach und zuverlässig ermittelbar.

[0023] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass Referenzfahrten bei unterschiedlichen Hubwerkspositionen durchgeführt werden. Insbesondere bei schräg geführten Dämpfungsseilen ist die mechanische Dämpfung stark von der Seillänge abhängig, sodass der zumindest eine Regelstreckenparameter durch Referenzfahrten bei unterschiedlichen Hubwerkspositionen besonders flexibel modellierbar ist

[0024] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass durch die zumindest eine Referenzfahrt ein neuronales Netz trainiert wird, wobei der zumindest eine Regelstreckenparameter der mechanischen Pendeldämpfung vom neuronalen Netz ermittelt wird. Durch die Verwendung derartiger künstlicher Intelligenz wird die Flexibilität der Modellierung der mechanischen Dämpfung zusätzlich erhöht.

[0025] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass die Last über innere seilartige Befestigungsmittel und äußere seilartige Befestigungsmittel an der Laufkatze befestigt ist, wobei die mechanischen Pendeldämpfung zumindest teilweise mittels zumindest einem äußeren seilartigen Befestigungsmittel durchgeführt wird. Eine derartige mechanische Pendeldämpfung ist einfach und zuverlässig zu implementieren.

[0026] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass zumindest eine äußere seilartige Befestigungsmittel aktiv gestrafft wird. Auf diese Weise wird eine Schlaffseilbildung effektiv verhindert.

[0027] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass während des Bewegens der Last eine zusätzliche Störgröße, insbesondere sensorbasiert, erfasst wird, welche in die Regelstrecke des elektronischen Pendeldämpfungssystems eingeht. Ein derartiger Sensor kann unter anderem eine Kamera, ein Beschleunigungssensor oder ein Laser sein, welche beispielsweise an der Laufkatze befestigt ist. Auf diese Weise ist ein aktueller Schwingungszustand, insbesondere in Echtzeit, erfassbar, um zusätzliche Abweichungen zwischen Modell und Realität zu berücksichtigen.

[0028] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass die Laufkatze mittels einer Antriebseinrichtung verfahren wird, wobei der Bewegungsparameter der Laufkatze durch Ansteuerung der Antriebseinrichtung variiert wird. Die Antriebseinrichtung umfasst beispielsweise einen Umrichter. Ferner kann der Antriebseinrichtung ein Motor und/oder ein Getriebe zugeordnet sein. Beispielsweise wird der Bewegungsparameter der Laufkatze über eine Umrichtersteuerung variiert, was einfach und zuverlässig implementierbar ist.

[0029] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Es zeigen

FIG 1 eine schematische Darstellung eines Krans mit einem System zur Pendeldämpfung,

FIG 2 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführung eines elektronischen Pendeldämpfungssystems,

FIG 3 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführung eines elektronischen Pendeldämpfungssystems,

FIG 4 eine schematische Darstellung des Bewegens einer Last mittels eines Krans zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten und

FIG 5 eine graphische Darstellung einer Position, einer Geschwindigkeit und eines Pendelwinkels.

[0030] Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Ausführungsformen auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

[0031] Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

[0032] FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Krans 2 mit einem System 4 zur Pendeldämpfung. Der Kran 2, welcher beispielhaft als Containerbrücke ausgeführt ist, umfasst eine entlang eines Auslegers 6 horizontal verfahrbare Laufkatze 8. Ferner ist dem Kran 2 eine Antriebseinrichtung 10 zugeordnet, über welche die Laufkatze 8 entlang des Auslegers 6 in beide Richtungen bewegbar ist. An der Laufkatze 8 ist über seilartige Befestigungsmittel 12, 14, beispielsweise Seile und/oder Ketten, eine Last 16, bei der es sich in dem dargestellten Ausführungsbeispiel um einen Container handelt, befestigt. Beispielhaft sind innere seilartige Befestigungsmittel 12, sogenannte Hubseile, und äußere seilartige Befestigungsmittel 14, sogenannte Dämpfungsseile, welche beispielhaft schräg geführt sind, vorgesehen.

[0033] Beispielsweise ist die Last 16 von einem in der Figur nicht dargestellten Schiff zu einem ebenfalls nicht dargestellten Lastkraftwagen zu transportieren. Die seilartigen Befestigungsmittel 12, 14 sind an einem Lastaufnahmemittel 18, einem Spreader und/oder Headblock befestigt, der an der Oberseite der Last 16 vorgesehen ist. Eine Länge der seilartige Befestigungsmittel 12, 14 ist mittels eines Hubwerkes 20 veränderbar, um beispielsweise die Last 16 anzuheben, abzusetzen und/oder Hindernisse entlang eines Transportweges zu überwinden. Die Antriebseinrichtung 10, welche beispielsweise einen Umrichter umfasst, wird von einer Steuereinheit 22 angesteuert.

[0034] Während des Bewegens unterliegt die über die seilartigen Befestigungsmittel 12, 14 an der Laufkatze 8 befestigte Last 16 Pendelbewegungen. Ein Schwingen der Last 16 während des Bewegens wird mittels mechanischer Pendeldämpfung reduziert. Beispielhaft wird eine mechanische Pendeldämpfung durchgeführt, indem die Dämpfungsseile aktiv gestrafft werden, um eine Schlaffseilbildung zu verhindern. Zusätzlich oder alternativ wird ein Schwingen der Last durch eine passive mechanische Pendeldämpfung, beispielsweise durch schräg geführte Dämpfungsseile, erreicht.

[0035] Um das Schwingen während der Bewegung der Last 16 zu minimieren, kommt ein elektronisches Pendeldämpfungssystem 26 zum Einsatz, in welchem ein Einfluss der mechanischer Pendeldämpfung berücksichtigt wird. Insbesondere geht zumindest ein Regelstreckenparameter der mechanischen Pendeldämpfung in eine Regelstrecke des elektronischen Pendeldämpfungssystems 26 ein. Derartige Regelstreckenparameter sind beispielsweise eine Schwingungsfrequenz und eine Dämpfung. Die Schwingungsfrequenz und die Dämpfung können beispielsweise mit Hilfe von mindestens einem Sensor 24 ermittelt werden. Ein derartiger Sensor 24 kann unter anderem eine Kamera, ein Beschleunigungssensor, ein Laser aber auch eine Stoppuhr sein. Unter anderem kann der Sensor 24 an der Laufkatze 8 angeordnet sein.

[0036] Die Ermittlung von Streckenparametern, insbesondere Dämpfung D und Streckenkreisfrequenz ω , sind beispielsweise über eine Anschlagzeit und eine relative Überschwingweite bei einem schwingungsfähigen System mit zwei konjugiert komplexen Polpaaren bestimmbar:

$$\frac{1}{\omega} \cdot \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \frac{2D}{\omega} \cdot \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k \cdot u(t)$$

- 5 ω = Streckenkreisfrequenz
 D = Dämpfung
 y = Ausgangsgröße
 u = Eingangsgröße
 k = Verstärkung

10

$$\ddot{u} = \frac{y_{max} - y(t \rightarrow \infty)}{y(t \rightarrow \infty)}$$

- 15 \ddot{u} = relative Überschwingweite

20

$$D = \frac{-\ln(\ddot{u})}{\sqrt{\pi^2 + (\ln(\ddot{u}))^2}}$$

T_{an} = Zeit vom Start bis erstmals $y(t \rightarrow \infty)$ erreicht wird

25

$$\omega = \frac{\arccos(-D)}{T_{an} \sqrt{1 - D^2}}$$

30 **[0037]** Beispielsweise wird die mechanischer Pendeldämpfung mittels eines Modells simuliert, das die Kinematik zumindest eines Teils des Krans 2 abbildet. Das Modell kann insbesondere als "digitaler Zwilling" ausgeführt oder Teil eines "digitalen Zwillings" sein. Ein "digitale Zwilling" ist in diesem Zusammenhang beispielsweise eine digitale Repräsentanz der für den industriellen Prozess relevanten Komponenten und/oder Funktionen. Ein derartiger "digitaler Zwilling" kann in einer dezentralen IT-Infrastruktur, insbesondere in einer Cloud, hinterlegt sein und über eine Kommunikationsschnittstelle zur Verfügung gestellt werden.

35 **[0038]** Beispielsweise wird der zumindest eine Regelstreckenparameter mittels zumindest einer Referenzfahrt ermittelt. Insbesondere werden Referenzfahrten bei unterschiedlichen Hubwerkspositionen durchgeführt. Mittels aufgezeichneter Daten, z.B. aus zumindest einer Referenzfahrt, kann ein neuronales Netz trainiert werden, wobei der zumindest eine Regelstreckenparameter der mechanischen Pendeldämpfung vom neuronalen Netz ermittelt wird. Durch das elektronisches Pendeldämpfungssystem 26 wird eine Position der Last 16 über einen Bewegungsparameter der Laufkatze 8 gesteuert. Ein derartiger Bewegungsparameter kann unter anderem eine Geschwindigkeit, eine Beschleunigung und/oder eine Drehzahländerung sein. Der Bewegungsparameter kann unter anderem durch eine Umrichtersteuerung, z.B. PLC, gesteuert werden.

40 **[0039]** FIG 2 zeigt eine schematische Darstellung einer ersten Ausführung eines elektronischen Pendeldämpfungssystems 26 mit einer um zumindest einen Regelstreckenparameter 28 der mechanischen Pendeldämpfung erweiterten Regelstrecke 30. Der zumindest eine Regelstreckenparameter 28 kann in Algorithmen einer Vorsteuerung 31 in Abhängigkeit von Antriebs- und Mechanikdynamikbegrenzungen und Zielgrößen X_Z berücksichtigt werden. Die Vorsteuerung 31 erzeugt zumindest eine Sollgröße X_S . Sollgrößen X_S sind beispielsweise eine Sollposition, eine Sollgeschwindigkeit eine Sollbeschleunigung und/oder ein Sollmoment. Eine Zustandsgröße n_R , welche einen Zustand der Regelstrecke 30 mit dem zumindest einen Regelstreckenparameter 28, beispielsweise Drehzahl der Laufkatze, Pendelwinkel, Pendeldämpfung, enthält, wird von einer Regelung 32 weiterverarbeitet. Zusätzlich oder alternativ kann die eine Zustandsgröße n_R eine Pendelwinkelgeschwindigkeit und/oder eine Position der Laufkatze 8 enthalten. Die Regelung 32 gibt, in Abhängigkeit der Antriebs- und Mechanikdynamikbegrenzungen, eine Stellgröße X_R aus. Stellgrößen X_R sind beispielsweise eine Stellposition, eine Stellgeschwindigkeit eine Stellbeschleunigung und/oder ein Stellmoment. Auf diese Weise wird eine Position X_L und/oder Geschwindigkeit V_L der Last 16 derartig gesteuert, dass eine Pendelbewegung bzw. ein Schwingen der Last 16 minimiert wird. Die weitere Ausführung des elektronischen Pendeldämpfungssystems 26 in FIG 2 entspricht der in FIG 1.

55 **[0040]** FIG 3 zeigt eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführung eines elektronischen Pendeldämpfungssystems

systems 26. Während des Bewegens der Last 16 wird eine zusätzliche Störgröße z , insbesondere sensorbasiert, erfasst, um weitere Abweichung zwischen Modell und Realität zu berücksichtigen. Die zusätzliche Störgröße z , welche unter anderem eine wetterbedingte Bewegung der Last sein kann, geht zusätzlich, insbesondere in Echtzeit, in Regelstrecke 30 des elektronischen Pendeldämpfungssystems 26 ein. Die weitere Ausführung des elektronischen Pendeldämpfungssystems 26 in FIG 3 entspricht der in FIG 2.

[0041] FIG 4 zeigt eine schematische Darstellung des Bewegens einer Last 16 mittels eines Krans 2 zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten t_1 , t_2 . „Das System 4 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Die Last 16 wird entlang der x-Achse x linear in eine Bewegungsrichtung 34 verfahren. Durch Verwendung eines elektronischen Pendeldämpfungssystems 26, welches die mechanischer Pendeldämpfung berücksichtigt, ist ein Verfahren der Last 16 ohne einen, insbesondere merklichen, Hebe- und Senkvorgang, z.B. in Z-Richtung, möglich.

[0042] FIG 5 zeigt eine graphische Darstellung einer Position x , einer Geschwindigkeit v und eines Pendelwinkels α einer Laufkatze 8 in Abhängigkeit einer Zeit t bei einer Bewegung der Last 16 gemäß FIG 4. Beispielhaft ist die Zeit in Sekunden dargestellt. Es sind eine ideale Zielposition X_T , eine Sollposition X_S und eine geregelte Sollposition $X_{S,R}$ dargestellt. Aus der Darstellung der korrespondierenden geregelten Sollgeschwindigkeit $v_{S,R}$ im Vergleich zur Sollgeschwindigkeit v_S in Zusammenschau mit dem geregelten Pendelwinkel α wird deutlich, dass die Geschwindigkeitsregelung dazu führt, dass die Pendelbewegung der Last 16 minimiert wird.

[0043] Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bewegen einer Last 16 mit einem Kran 2. Um, im Vergleich zum Stand der Technik, ein schnelleres Positionieren der Last und somit höhere Umschlagszahlen zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die Last 16 über seilartige Befestigungsmittel 12, 14 an einer Laufkatze 8 befestigt ist, welche zum Bewegen der Last 16 horizontal verfahren wird, wobei ein Schwingen der Last 16 während des Bewegens mittels mechanischer Pendeldämpfung reduziert wird, wobei zumindest ein Regelstreckenparameter 28 der mechanischen Pendeldämpfung in einer Regelstrecke 30 eines elektronischen Pendeldämpfungssystems 26 berücksichtigt wird, wobei eine Position X_L und/oder Geschwindigkeit V_L der Last 16 mittels des elektronischen Pendeldämpfungssystems 26 über einen Bewegungsparameter der Laufkatze 8 gesteuert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bewegen einer Last (16) mit einem Kran (2),

wobei die Last (16) über seilartige Befestigungsmittel (12, 14) an einer Laufkatze (8) befestigt ist, welche zum Bewegen der Last (16) horizontal verfahren wird, wobei ein Schwingen der Last (16) während des Bewegens mittels mechanischer Pendeldämpfung reduziert wird,

wobei zumindest ein Regelstreckenparameter (28) der mechanischen Pendeldämpfung in einer Regelstrecke (30) eines elektronischen Pendeldämpfungssystems (26) berücksichtigt wird, wobei eine Position (X_L) und/oder Geschwindigkeit (V_L) der Last (16) mittels des elektronischen Pendeldämpfungssystems (26) über einen Bewegungsparameter der Laufkatze (8) gesteuert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

wobei der zumindest eine Regelstreckenparameter (28) zumindest eine Schwingungsfrequenz (ω) und eine zumindest Dämpfung (D) beinhaltet.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

wobei die Schwingungsfrequenz (ω) und die Dämpfung (D) der mechanischen Pendeldämpfung mit Hilfe von mindestens einem Sensor (24) ermittelt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei der zumindest eine Regelstreckenparameter (28) der mechanischen Pendeldämpfung mittels zumindest einer Referenzfahrt ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

wobei Referenzfahrten bei unterschiedlichen Hubwerkspositionen durchgeführt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4,

wobei durch die zumindest eine Referenzfahrt ein neuronales Netz trainiert wird,

wobei der zumindest eine Regelstreckenparameter (28) der mechanischen Pendeldämpfung vom neuronalen

Netz ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

5 wobei die Last (16) über innere seilartige Befestigungsmittel (12) und äußere seilartige Befestigungsmittel (14) an der Laufkatze (8) befestigt ist, wobei die mechanische Pendeldämpfung zumindest teilweise mittels zumindest einem äußeren seilartigen Befestigungsmittel (14) durchgeführt wird.

10 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das zumindest eine äußere seilartige Befestigungsmittel (14) aktiv gestrafft wird.

15 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei während des Bewegens der Last (16) eine zusätzliche Störgröße (z), insbesondere sensorbasiert, erfasst wird, welche in die Regelstrecke (30) des elektronischen Pendeldämpfungssystems (26) eingeht.

20 10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Laufkatze (8) mittels einer Antriebseinrichtung (10) verfahren wird, wobei der Bewegungsparameter der Laufkatze (8) durch Ansteuerung der Antriebseinrichtung (10) variiert wird.

11. Steuereinheit (22) mit Mitteln zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche.

25 12. Computerprogramm zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 bei Ablauf in einer Steuereinheit (22) nach Anspruch 11.

13. System (4) zur Pendeldämpfung aufweisend zumindest eine Antriebseinrichtung (10) für eine Laufkatze (8) und eine Steuereinheit (22) nach Anspruch 11.

30 14. Kran (2) aufweisend zumindest ein System (4) nach Anspruch 13.

35

40

45

50

55

FIG 1

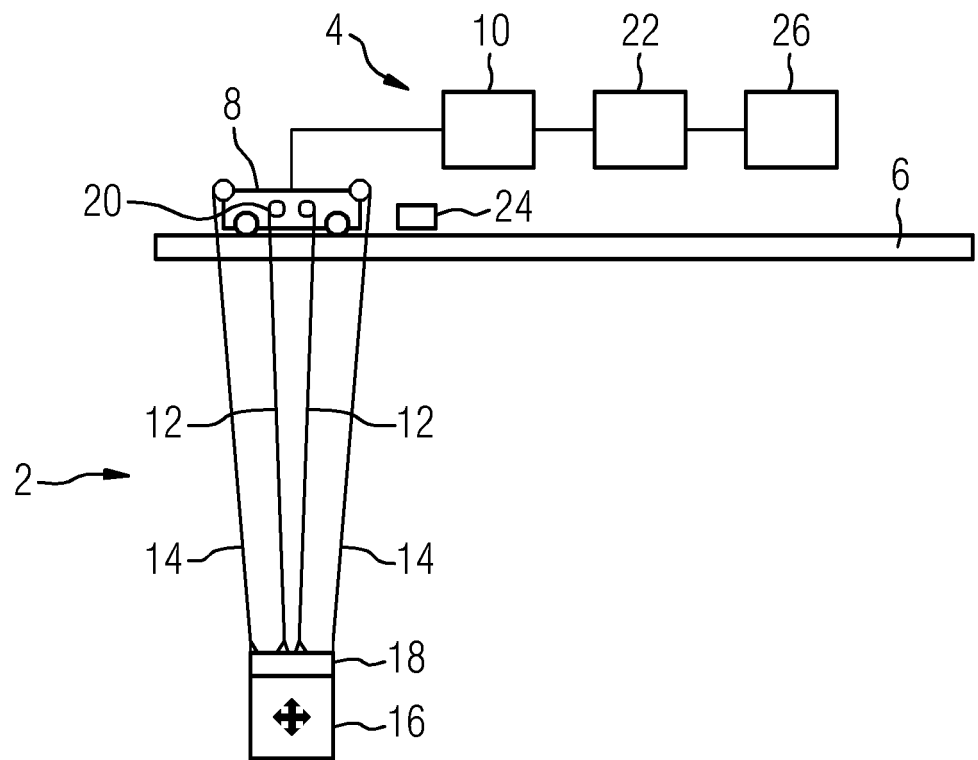


FIG 2

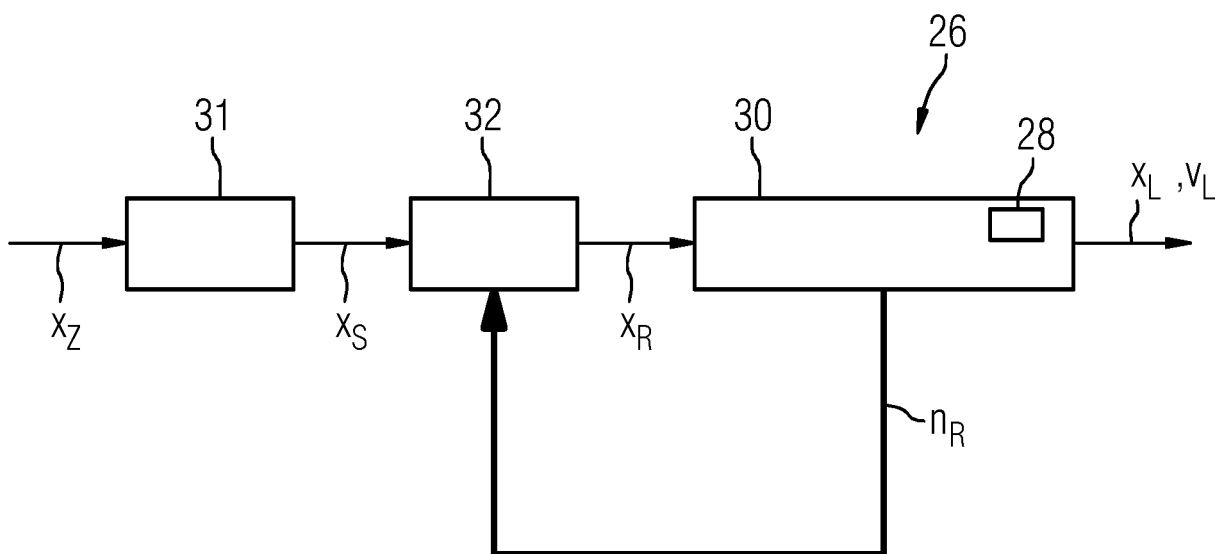


FIG 3

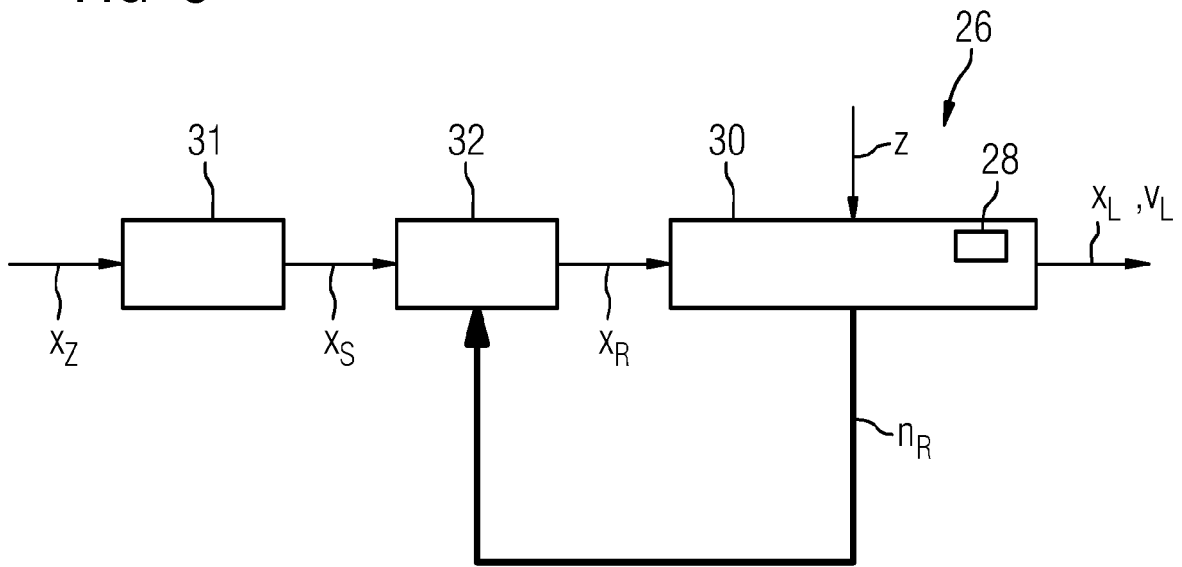


FIG 4

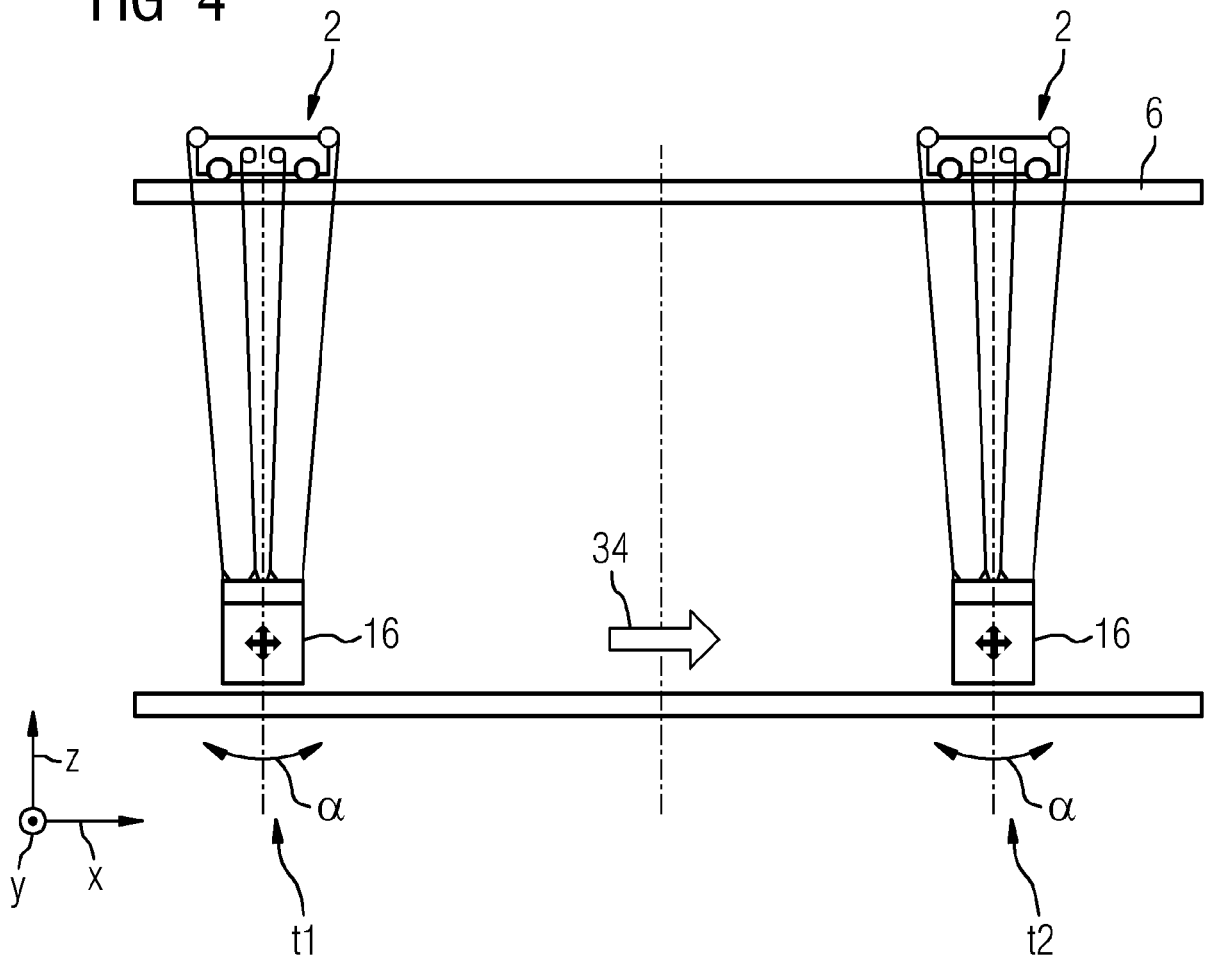
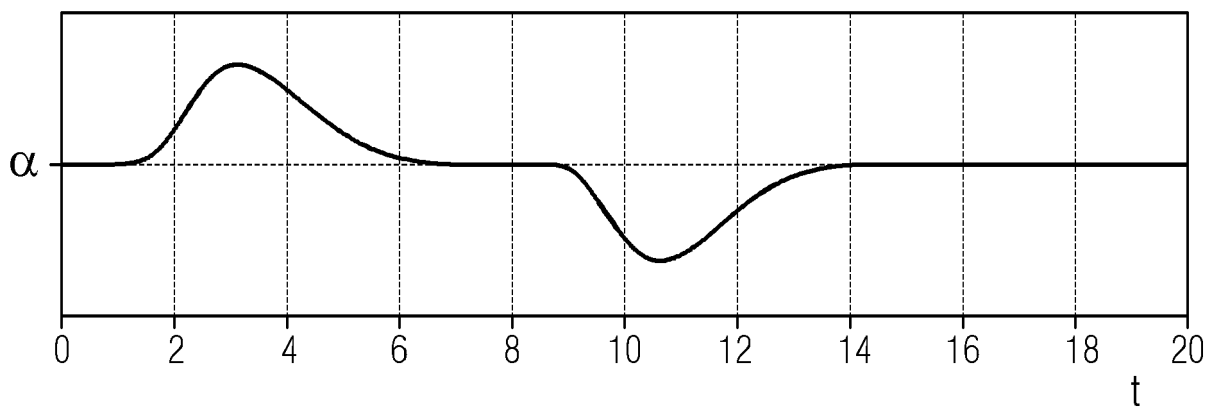
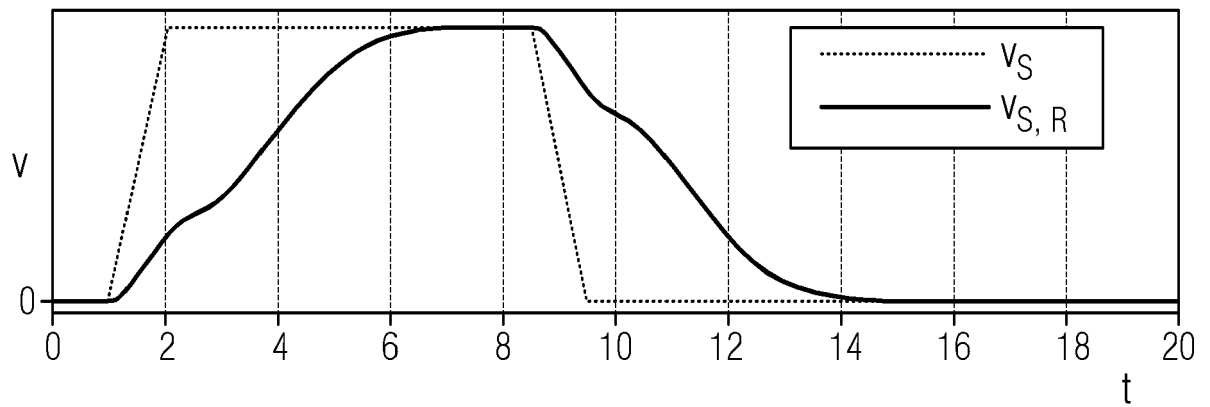
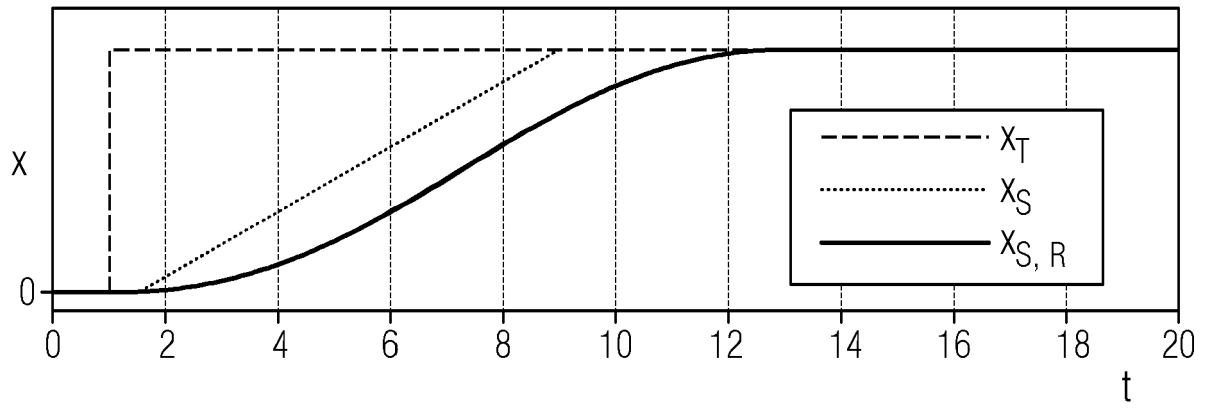


FIG 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 20 5297

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)
X	US 5 806 696 A (HYTONEN KIMMO [FI]) 15. September 1998 (1998-09-15)	1-8, 10-14	INV. B66C13/06
Y	* Zusammenfassung * * Spalte 4, Zeile 20 - Zeile 67 * * Spalte 5, Zeile 36 - Spalte 6, Zeile 62 * * Spalte 7, Zeile 21 - Zeile 33 * * Abbildungen * * Spalte 8, Zeile 44 - Spalte 9, Zeile 15 *	9	
Y	US 5 785 191 A (FEDDEMA JOHN T [US] ET AL) 28. Juli 1998 (1998-07-28)	9	
	* Zusammenfassung * * Abbildung 1b *		
X	US 6 135 301 A (MONZEN TADAAKI [JP] ET AL) 24. Oktober 2000 (2000-10-24)	1,10-14	
Y	* Zusammenfassung * * Spalte 6, Zeile 1 - Zeile 21 * * Spalte 6, Zeile 45 - Zeile 67 * * Spalte 16, Zeile 42 - Zeile 43 * * Spalte 17, Zeile 14 - Zeile 21 * * Abbildungen 1-5 *	2, 3	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC) B66C
Y	DE 44 90 569 B4 (MATERIALS HANDLING INTERNAT S [LU]) 6. Juli 2006 (2006-07-06)	2, 3	
A	* Zusammenfassung * * Absatz [0011] - Absatz [0015] * * Absatz [0023] - Absatz [0026] * * Ansprüche 1,3-6 * * Abbildungen *	1,11-14	
A,D	DE 30 05 461 A1 (MASCHF AUGSBURG NUERNBERG AG [DE]) 24. September 1981 (1981-09-24)	1-14	
	* Anspruch 1 * * Abbildungen 1,4 *		
-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 25. April 2022	Prüfer Cabral Matos, A
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 : nichtschriftliche 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 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Numer der Anmeldung
EP 21 20 5297

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A, D	EP 2 878 567 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3. Juni 2015 (2015-06-03) * Absatz [0007] - Absatz [0013] * * Abbildungen *	1-14	
A, D	EP 2 902 356 A1 (SIEMENS AG [DE]) 5. August 2015 (2015-08-05) * Zusammenfassung * * Abbildungen *	1-14	
			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 25. April 2022	Prüfer Cabral Matos, A
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 : nichtschriftliche 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	

10

15

20

25

30

35

40

45

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

50

55

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

EP 21 20 5297

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.

25-04-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5806696 A	15-09-1998	KEINE	
US 5785191 A	28-07-1998	KEINE	
US 6135301 A	24-10-2000	US 6135301 A	24-10-2000
		US 6182844 B1	06-02-2001
		US 6234332 B1	22-05-2001
DE 4490569 B4	06-07-2006	AU 5887194 A	29-08-1994
		DE 4490569 B4	06-07-2006
		DE 4490569 T1	21-12-1995
		FI 930430 A	09-07-1993
		GB 2290393 A	20-12-1995
		WO 9418107 A1	18-08-1994
DE 3005461 A1	24-09-1981	KEINE	
EP 2878567 A1	03-06-2015	KEINE	
EP 2902356 A1	05-08-2015	KEINE	

EPO FORM P0461

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

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 3005461 [0007]
- EP 2878567 A1 [0008]
- EP 2902356 A1 [0009]
- US 20170286572 A1 [0019]