

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
19. Oktober 2017 (19.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/178106 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/000450

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. April 2017 (07.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 004 350.4
11. April 2016 (11.04.2016) DE

(71) Anmelder: **LIEBHERR-COMPONENTS BIBERACH GMBH** [DE/DE]; Hans-Liebherr-Straße 45, 88400 Biberach an der Riß (DE).

(72) Erfinder: **PALBERG, Michael**; Spiesshauweg 13, 88499 Riedlingen (DE). **RESCH, Jürgen**; Biberach Straße 29, 88456 Degernau (DE). **FENKER, Oliver**; An der Schlosshalde 3, 88447 Warthausen (DE).

(74) Anwalt: **THOMA, Michael**; Lorenz Seidler Gossel, Rechtsanwälte Patentanwälte Partnerschaft mbB, Widenmayerstraße 23, 80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CRANE, AND METHOD FOR CONTROLLING SUCH A CRANE

(54) Bezeichnung : KRAN UND VERFAHREN ZUM STEuern EINES SOLCHEN KRANS

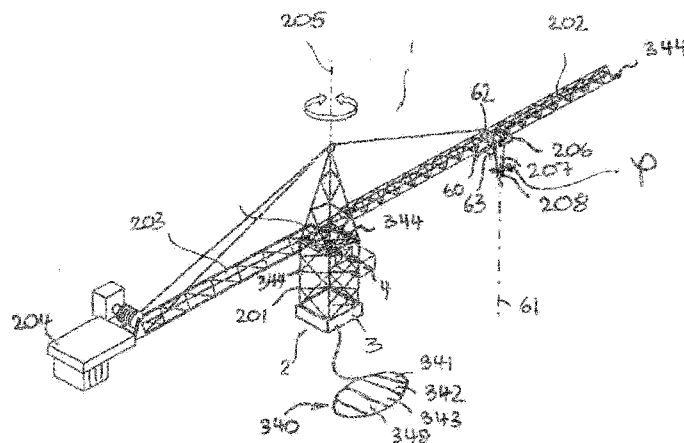


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to a crane (2), in particular a tower slewing crane, comprising a load-receiving means (208) mounted to a hoist rope (207), drive devices for moving a plurality of crane elements, and for moving the load receiving means, a control unit (3) for controlling the drive devices such that the load receiving means travels along a travel path, and a pendulum damping device (340) for damping swinging movements of the load receiving means. Said pendulum damping device has a control module (341) for influencing the actuation of the drive devices as a function of the actual swinging movement of the rope and the deformations and/or movements of the structural components as a result of dynamic loads.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/178106 A1



— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kran (2), insbesondere einen Turmdrehkran, mit einem an einem Hubseil (207) angebrachten Lastaufnahmemittel (208), Antriebseinrichtungen zum Bewegen mehrerer Kranelemente und Verfahren des Lastaufnahmemittels, einer Steuervorrichtung (3) zum Steuern der Antriebseinrichtungen derart, dass das Lastaufnahmemittel entlang eines Verfahrwegs verfährt, sowie einer Pendeldämpfungseinrichtung (340) zum Dämpfen von Pendelbewegungen des Lastaufnahmemittels, wobei die genannte Pendeldämpfungseinrichtung einen Steuerbaustein (341) zum Beeinflussen der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen in Abhängigkeit von der eigentlichen Pendelbewegung des Seils und den Verformungen und/oder Bewegungen der Strukturbauteile infolge dynamischer Belastungen.

Kran und Verfahren zum Steuern eines solchen Krans

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kran, insbesondere einen Turmdrehkran, mit einem an einem Hubseil angebrachten Lastaufnahmemittel, Antriebseinrichtungen zum Bewegen mehrerer Kranelemente und Verfahren des Lastaufnahmemittels, einer Steuervorrichtung zum Steuern der Antriebseinrichtungen derart, dass das Lastaufnahmemittel entlang eines Fahrwegs verfährt, sowie einer Pendeldämpfungseinrichtung zum Dämpfen von Pendelbewegungen des Lastaufnahmemittels, wobei die genannte Pendeldämpfungseinrichtung einen Steuerbaustein zum Beeinflussen der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen in Abhängigkeit von pendelrelevanten Kriterien aufweist. Die Erfindung betrifft ferner auch ein Verfahren zum Steuern eines Krans, bei dem die Ansteuerung der Antriebseinrichtungen von einer Pendeldämpfungseinrichtung in Abhängigkeit von pendelrelevanten Parametern beeinflusst wird

Um den Lasthaken eines Krans entlang eines Fahrwegs bzw. zwischen zwei Zielpunkten verfahren zu können, müssen üblicherweise diverse Antriebseinrichtungen betätigt und gesteuert werden. Beispielsweise bei einem Turmdrehkran, bei dem das Hubseil von einer Laufkatze abläuft, die am Ausleger des Krans verfahrbar ist, muss üblicherweise das Drehwerk, mittels dessen der Turm mit dem darauf

vorgesehenen Ausleger bzw. der Ausleger relativ zum Turm um eine aufrechte Drehachse verdreht werden, sowie der Katzantrieb, mittels dessen die Laufkatze entlang des Auslegers verfahren werden kann, und das Hubwerk, mittels dessen das Hubseil verstellt und damit der Lasthaken angehoben und abgesenkt werden kann, jeweils betätigt und gesteuert werden. Die genannten Antriebseinrichtungen werden hierbei üblicherweise vom Kranführer über entsprechende Bedienelemente wie beispielsweise in Form von Joysticks, Kippschaltern, Drehknöpfen und Schiebern und dergleichen betätigt und gesteuert, was erfahrungsgemäß viel Gefühl und Erfahrung benötigt, um die Zielpunkte rasch und dennoch sanft ohne größere Pendelbewegungen des Lasthakens anzufahren. Während zwischen den Zielpunkten möglichst rasch gefahren werden soll, um eine hohe Arbeitsleistung zu erzielen, soll am jeweiligen Zielpunkt sanft angehalten werden, ohne dass der Lasthaken mit der daran angeschlagenen Last nachpendelt.

Ein solches Steuern der Antriebseinrichtungen eines Krans ist angesichts der erforderlichen Konzentration für den Kranführer ermüdend, zumal oft immer wiederkehrende Fahrwege und monotone Aufgaben zu erledigen sind, beispielsweise wenn beim Betonieren ein am Kranhaken aufgenommener Betonkübel vielfach zwischen einem Betonmischer, an dem der Betonkübel befüllt wird, und einem Betonbereich, in dem der Betonkübel entleert wird, hin und her verfahren werden muss. Zum anderen kommt es bei nachlassender Konzentration oder auch bei einer nicht ausreichenden Erfahrung mit dem jeweiligen Krantyp zu größeren Pendelbewegungen der aufgenommenen Last und damit zu einem entsprechenden Gefährdungspotenzial, wenn der Kranführer die Bedienhebel bzw. -elemente des Krans nicht feinfühlig genug bedient.

Um der Problematik unerwünschter Pendelbewegungen zu begegnen, wurde bereits vorgeschlagen, die Steuervorrichtung des Krans mit Pendeldämpfeinrichtungen zu versehen, die mittels Steuerungsbausteinen in die Steuerung eingreifen und das Ansteuern der Antriebseinrichtungen beeinflussen, beispielsweise zu große Beschleunigungen einer Antriebseinrichtung durch zu schnelles oder zu starkes Betätigen des Bedienhebels verhindern oder abschwächen oder bestimmte Ver-

fahrgeschwindigkeiten bei größeren Lasten beschränken oder in ähnlicher Weise in die Verfahrbewegungen eingreifen, um ein zu starkes Pendeln des Lasthakens zu verhindern.

Solche Pendeldämpfungseinrichtungen für Krane sind in verschiedenen Ausführungen bekannt, beispielsweise durch Ansteuerung der Drehwerk-, Wipp- und Laufkatzenantriebe in Abhängigkeit von bestimmten Sensorsignalen, beispielsweise Neigungs- und/oder Gyroskopsignalen. Beispielsweise zeigen die Schriften DE 20 2008 018 260 U1 oder DE 10 2009 032 270 A1 bekannte Lastpendeldämpfungen an Kranen, auf deren Gegenstand insoweit, das heißt hinsichtlich der Grundlagen der Pendeldämpfungseinrichtung, ausdrücklich Bezug genommen wird. Bei der DE 20 2008 018 206 U1 wird beispielsweise mittels einer Gyroskopeinheit der Seilwinkel relativ zur Vertikalen und dessen Änderung in Form der Seilwinkelgeschwindigkeit gemessen, um bei Überschreiten eines Grenzwerts für die Seilwinkelgeschwindigkeit gegenüber der Vertikalen automatisch in die Steuerung einzugreifen.

Ferner ist von der Firma Liebherr unter dem Namen „Cycloptronic“ ein Lastpendeldämpfungssystem für maritime Krane bekannt, welches Lastbewegungen und Einflüsse wie Wind im Voraus berechnet und auf Basis dieser Vorausberechnung automatisch Kompensationsbewegungen einleitet, um ein Schwingen der Last zu vermeiden. Konkret werden auch bei diesem System mittels Gyroskopen der Seilwinkel gegenüber der Vertikalen und dessen Änderungen erfasst, um in Abhängigkeit der Gyroskopsignale in die Steuerung einzugreifen.

Bei langen, schlanken Kranstrukturen mit ambitionierter Traglastauslegung, wie dies insbesondere bei Turmdrehkränen der Fall ist, ist es mit herkömmlichen Pendeldämpfungseinrichtungen jedoch bisweilen schwierig, in der richtigen Art und Weise in die Ansteuerung der Antriebe einzugreifen, um die gewünschte, pendeldämpfende Wirkung zu erzielen. Hierbei kommt es im Bereich der Strukturteile, insbesondere des Turms zu dynamischen Effekten und elastischem Verformen der Strukturteile, wenn ein Antrieb beschleunigt oder abgebremst wird, sodass sich

Eingriffe in die Antriebseinrichtungen – beispielsweise Abbremsen oder Beschleunigen des Katzantriebs oder des Drehwerks – nicht direkt in der gewünschten Weise auf die Pendelbewegung des Lasthakens auswirken. Zum einen kann es durch dynamische Wirkungen in den Strukturteilen zu Zeitverzögerungen bei der Übertragung auf das Hubseil und den Lasthaken kommen, wenn Antriebe pendeldämpfend betätigt werden. Zum anderen können die genannten dynamischen Effekte auch übermäßige oder sogar kontraproduktive Auswirkungen auf ein Lastpendel haben. Wenn beispielsweise eine Last durch zunächst zu schnelles Betätigen des Laufkatzantriebs nach hinten zum Turm hin pendelt und die Pendeldämpfungseinrichtung gegensteuert, indem der Katzantrieb verzögert wird, kann es zu einer Nickbewegungen des Auslegers kommen, da sich der Turm entsprechend verformt, wodurch die gewünschte pendeldämpfende Wirkung beeinträchtigt werden kann.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Kran sowie ein verbessertes Verfahren zu dessen Steuerung zu schaffen, die Nachteile des Standes der Technik vermeiden und letzteren in vorteilhafter Weise weiterbilden. Insbesondere soll eine verbesserte Pendeldämpfung bei Turmdrehkränen erzielt werden, die die mannigfachen Einflüsse der Kranstruktur besser berücksichtigt.

Erfindungsgemäß wird die genannte Aufgabe durch einen Kran gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren gemäß Anspruch 15 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Es wird also vorgeschlagen, bei den pendeldämpfenden Maßnahmen nicht nur die eigentliche Pendelbewegung des Seils an sich zu berücksichtigen, sondern auch die Dynamik des Stahlbaus des Krans und dessen Antriebsstränge. Der Kran wird nicht mehr als unbeweglicher Starrkörper angenommen, der Antriebsbewegungen der Antriebseinrichtungen unmittelbar und identisch, d.h. 1:1 in Bewegungen des Aufhängungspunktes des Hubseils umsetzt. Stattdessen betrachtet die Pendeldämpfungseinrichtung den Kran als weiche Struktur, die in ihren Stahlbauteilen wie beispielsweise dem Turmgitter, und in Antriebssträngen Elastizitäten und Nachgie-

bigkeiten bei Beschleunigungen zeigt, und berücksichtigt diese Dynamik der Strukturteile des Krans bei der pendeldämpfenden Beeinflussung der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen.

Erfindungsgemäß umfasst die Pendeldämpfungseinrichtung Bestimmungsmittel zum Bestimmen von dynamischen Verformungen und Bewegungen von Strukturbauteilen unter dynamischen Lasten, wobei der Steuerbaustein der Pendeldämpfungseinrichtung, der das Ansteuern der Antriebseinrichtung pendeldämpfend beeinflusst, dazu ausgebildet ist, beim Beeinflussen der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen die bestimmten dynamischen Verformungen der Strukturbauteile des Krans zu berücksichtigen.

Die Pendeldämpfungseinrichtung betrachtet also die Kran- bzw. Maschinenstruktur nicht als starre, sozusagen unendlich steife Struktur, sondern geht von elastisch verformbaren und/oder nachgiebigen und/oder relativ weichen Struktur aus, die – zusätzlich zu den Stellbewegungsachsen der Maschine wie beispielsweise der Auslegerwippachse oder der Turmdrehachse – Bewegungen und/oder Positionsänderungen durch Verformungen der Strukturbauteile zulässt.

Die Berücksichtigung der Beweglichkeit der Maschinenstruktur infolge von Strukturverformungen unter Last oder dynamischen Belastungen ist gerade bei langgestreckten, schlanken und von den statischen und dynamischen Randbedingungen her bewusst – unter Berücksichtigung der notwendigen Sicherheiten – ausgereizten Strukturen wie bei Turmdrehkränen von Bedeutung, da hier spürbare Bewegungsanteile beispielsweise für den Ausleger und damit die Lasthakenposition durch die Verformungen der Strukturbauteile hinzukommen. Um die Pendelursachen besser bekämpfen zu können, berücksichtigt die Pendeldämpfung solche Verformungen und Bewegungen der Maschinenstruktur unter dynamischen Belastungen.

Hierdurch können beträchtliche Vorteile erreicht werden:

Zunächst wird die Schwingungsdynamik der Strukturbauteile durch das Regelverhalten der Steuereinrichtung reduziert. Dabei wird durch das Fahrverhalten die Schwingung aktiv gedämpft bzw. durch das Regelverhalten erst gar nicht angeregt.

Ebenso wird der Stahlbau geschont und weniger beansprucht. Insbesondere Stoßbelastungen werden durch das Regelverhalten reduziert.

Ferner kann durch dieses Verfahren der Einfluss des Fahrverhaltens definiert werden.

Durch die Kenntnisse der Strukturdynamik und das Reglerverfahren kann insbesondere die Nickschwingung reduziert und gedämpft werden. Dadurch verhält sich die Last ruhiger und schwankt später in Ruhelage nicht mehr auf und ab.

Die vorgenannten elastischen Verformungen und Bewegungen der Strukturbauteile und Antriebsstränge und die sich hierdurch einstellenden Eigenbewegungen können grundsätzlich in verschiedener Art und Weise bestimmt werden. In Weiterbildung der Erfindung können die genannten Bestimmungsmittel eine Schätzeinrichtung umfassen, die die Verformungen und Bewegungen der Maschinenstruktur unter dynamischen Belastungen, die sich in Abhängigkeit von am Steuerstand eingegebenen Steuerbefehlen und/oder in Abhängigkeit von bestimmten Ansteueraktionen der Antriebseinrichtungen und/oder in Abhängigkeit bestimmter Geschwindigkeits- und/oder Beschleunigungsprofile der Antriebseinrichtungen ergeben, unter Berücksichtigung von die Kranstruktur charakterisierenden Gegebenheiten abschätzt.

Eine solche Schätzeinrichtung kann beispielsweise auf ein Datenmodell zugreifen, in dem Strukturgrößen des Krans wie Turmhöhe, Auslegerlänge, Steifigkeiten, Flächenträgheitsmomente und ähnliches abgelegt und/oder miteinander verknüpft sind, um dann anhand einer konkreten Lastsituation, also Gewicht der am Lasthaken aufgenommenen Last und momentane Ausladung, abzuschätzen, welche dynamischen Effekte, das heißt Verformungen im Stahlbau und in den Antriebssträn-

gen für eine bestimmte Betätigung einer Antriebseinrichtung ergeben. In Abhängigkeit einer solchermaßen geschätzten dynamischen Wirkung kann die Pendeldämpfungseinrichtung dann in die Ansteuerung der Antriebseinrichtungen eingreifen und die Stellgrößen der Antriebsregler der Antriebseinrichtungen beeinflussen, um Pendelbewegungen des Lasthakens und des Hubseils zu vermeiden bzw. zu reduzieren.

Insbesondere kann die Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung solcher Strukturverformungen eine Berechnungseinheit aufweisen, die diese Strukturverformungen und sich daraus ergebende Strukturteilmbewegungen anhand eines gespeicherten Berechnungsmodells in Abhängigkeit der am Steuerstand eingegebenen Steuerbefehle berechnet. Ein solches Modell kann ähnlich einem Finite-Elemente-Modell aufgebaut sein oder ein Finite-Elemente-Modell sein, wobei vorteilhafterweise jedoch ein gegenüber einem Finite-Elemente-Modell deutlich vereinfachtes Modell verwendet wird, das beispielsweise empirisch durch Erfassung von Strukturverformungen unter bestimmten Steuerbefehlen und/oder Belastungszuständen am echten Kran bzw. der echten Maschine bestimmt werden kann. Ein solches Berechnungsmodell kann beispielsweise mit Tabellen arbeiten, in denen bestimmten Steuerbefehlen bestimmte Verformungen zugeordnet sind, wobei Zwischenwerte der Steuerbefehle mittels einer Interpolationsvorrichtung in entsprechende Verformungen umgerechnet werden können.

Alternativ oder zusätzlich zu einem Abschätzen oder Berechnen der elastischen Verformungen und dynamischen Bewegungen der Strukturbauteile kann die Pendeldämpfungseinrichtung auch eine geeignete Sensorik umfassen, mittels derer solche elastischen Verformungen und Bewegungen von Strukturbauteilen unter dynamischen Belastungen erfasst werden. Eine solche Sensorik kann beispielsweise Verformungssensoren wie Dehnungsmessstreifen am Stahlbau des Krans, beispielsweise den Gitterfachwerken des Turms und/oder des Auslegers umfassen. Alternativ oder zusätzlich können Beschleunigungs- und/oder Geschwindigkeitssensoren vorgesehen sein, um bestimmte Bewegungen von Strukturbauteilen wie beispielsweise Nickbewegungen der Auslegerspitze und/oder rotatorische Dyna-

mikeffekte am Ausleger zu erfassen. Alternativ oder zusätzlich können auch Neigungssensoren oder Gyroskope beispielsweise am Turm, insbesondere an dessen oberen Abschnitt, an dem der Ausleger gelagert ist, vorgesehen sein, um die Dynamik des Turms zu erfassen. Beispielsweise führen ruckartige Hubbewegungen zu Nickbewegungen des Auslegers, die mit Biegebewegungen des Turm einhergehen, wobei eine Nachschwingen des Turm wiederum zu Nickschwingungen des Auslegers führt, was mit entsprechenden Lasthakenbewegungen einhergeht. Alternativ oder zusätzlich können auch den Antriebssträngen Bewegungs- und/oder Beschleunigungssensoren zugeordnet sein, um die Dynamik der Antriebsstränge erfassen zu können. Beispielsweise können den Umlenkrollen der Laufkatze für das Hubseil und/oder Umlenkrollen für ein Abspannseil eines Wippauslegers Drehgeber zugeordnet sein, um die tatsächliche Seilgeschwindigkeit am relevanten Punkt erfassen zu können.

Vorteilhafterweise sind auch den Antriebseinrichtungen selbst geeignete Bewegungs- und/oder Geschwindigkeits- und/oder Beschleunigungssensoren zugeordnet, um die Antriebsbewegungen der Antriebseinrichtungen entsprechend erfassen und in Zusammenhang mit den abgeschätzten und/oder erfassten Verformungen der Strukturbauteile wie des Stahlbaus und in den Antriebssträngen setzen zu können.

Insbesondere kann die Pendeldämpfungseinrichtung in Weiterbildung der Erfindung eine Filtereinrichtung bzw. einen Beobachter umfassen, der die Kranreaktionen beobachtet, die sich bei bestimmten Stellgrößen der Antriebsregler einstellen und unter Berücksichtigung vorbestimmter Gesetzmäßigkeiten eines Dynamikmodells des Krans, das grundsätzlich verschieden beschaffen sein kann und durch Analyse und Simulation des Stahlbaus gewonnen werden kann, anhand der beobachteten Kranreaktionen die Stellgrößen des Reglers beeinflusst.

Eine solche Filter- bzw. Beobachtereinrichtung kann insbesondere in Form eines sogenannten Kalmanfilters ausgebildet sein, dem als Eingangsgröße die Stellgrößen der Antriebsregler des Krans und die Kranbewegungen, insbesondere die

Lasthakenbewegung, insbesondere deren Pendelbewegung, zugeführt wird und der aus diesen Eingangsgrößen anhand von Kalman-Gleichungen, die das Dynamiksystem der Kranstruktur, insbesondere dessen Stahlbauteile und Antriebsstränge, modellieren, die Stellgrößen der Antriebsregler entsprechend beeinflusst, um die gewünschte pendeldämpfende Wirkung zu erzielen.

Insbesondere wird mittels einer geeigneten Sensorik die Position des Lasthakens, insbesondere auch dessen Schrägzug gegenüber der Vertikalen, das heißt die Auslenkung des Hubseils gegenüber der Vertikalen erfasst und dem genannten Kalmanfilter zugeführt. Die Erfassungseinrichtung für die Positionserfassung des Lasthakens kann vorteilhafterweise eine bildgebende Sensorik, beispielsweise eine Kamera umfassen, die vom Aufhängungspunkt des Hubseils, beispielsweise der Laufkatze, im Wesentlichen senkrecht nach unten blickt. Eine Bildauswerteeinrichtung kann in dem von der bildgebenden Sensorik bereitgestellten Bild den Kranhaken identifizieren und dessen Exzentrizität bzw. dessen Verschiebung aus dem Bildzentrum heraus bestimmen, welche ein Maß für die Auslenkung des Kranhakens gegenüber der Vertikalen ist und damit das Lastpendeln charakterisiert.

Vorteilhafterweise kann die Positionssensorik dazu ausgebildet sein, die Last relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu erfassen und/oder die Verfahrs-Steuereinrichtung dazu ausgebildet sein, die Last relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu positionieren.

Durch die Lastpositionserfassung kann dabei eine Schrägzugreglung realisiert werden, welche eine statische Verformung durch die angehängte Last eliminiert bzw. zumindest reduziert. Um eine Schwingungsdynamik zu reduzieren bzw. gar nicht erst entstehen zu lassen, kann die Pendeldämpfungseinrichtung dazu ausgebildet sein, das Drehwerk und das Katzfahrwerk so zu korrigieren, dass das Seil möglichst immer im senkrechten Lot zur Last steht, auch wenn sich der Kran durch das zunehmende Lastmoment immer mehr nach vorne neigt. Beispielsweise kann beim Anheben einer Last vom Boden die Nickbewegung des Krans infolge seiner Verformung unter der Last berücksichtigt und das Katzfahrwerk unter Berücksichtigung

der erfassten Lastposition so nachgefahren bzw. unter vorausschauender Abschätzung der Nickverformung so positioniert werden, dass das Hubseil bei der sich ergebenden Kranverformung im senkrechten Lot über der Last steht. Die größte statische Verformung tritt dabei an dem Punkt auf, an dem die Last den Boden verlässt. Dann ist keine Schrägzugregelung mehr notwendig. In entsprechender Weise kann alternativ oder zusätzlich auch das Drehwerk unter Berücksichtigung der erfassten Lastposition so nachgefahren und/oder unter vorausschauender Abschätzung einer Querverformung so positioniert werden, dass das Hubseil bei der sich ergebenden Kranverformung im senkrechten Lot über der Last steht.

Eine solche Schrägzugregelung kann zu einem späteren Zeitpunkt vom Bediener wieder aktiviert werden, der dadurch den Kran als Manipulator verwenden kann. Hierdurch kann dieser die Last nur durch Drücken und/oder Ziehen nachpositionieren. Die Schrägzugregelung versucht dabei der Auslenkung, welche vom Bediener hervorgerufen wird, zu folgen. Dadurch kann eine Manipulatorsteuerung realisiert werden.

Die genannte Pendeldämpfeinrichtung kann bei manueller Betätigung des Krans durch Betätigung entsprechender Bedienelemente wie Joysticks und dergleichen die Eingabebefehle des Kranführers überwachen und bei Bedarf übersteuern, insbesondere in dem Sinne, dass vom Kranführer beispielsweise zu stark vorgegebene Beschleunigungen reduziert werden oder auch Gegenbewegungen automatisch eingeleitet werden, wenn eine vom Kranführer vorgegebene Kranbewegung zu einem Pendeln des Lasthakens geführt hat oder führen würde.

Alternativ oder zusätzlich kann die Pendeldämpfungseinrichtung auch bei einer automatisierten Betätigung des Krans eingesetzt werden, bei der die Steuervorrichtung des Krans im Sinne eines Autopiloten das Lastaufnahmemittel des Krans automatisch zwischen zumindest zwei Zielpunkten entlang eines Fahrwegs fährt. Bei einem solchen Automatikbetrieb, bei dem ein Fahrweg-Bestimmungsmodul der Steuervorrichtung einen gewünschten Fahrweg beispielsweise im Sinne einer Bahnsteuerung bestimmt und ein automatisches Ver-

fahrsteuermodul der Steuervorrichtung die Antriebsregler bzw. Antriebseinrichtungen so ansteuert, dass der Lasthaken entlang des bestimmten Verfahrenswegs verfahren wird, kann die Pendeldämpfungseinrichtung in die Ansteuerung der Antriebsregler durch das genannte Verfahrensteuermodul eingreifen, um den Kranhaken pendelfrei zu verfahren bzw. Pendelbewegungen zu dämpfen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels und zugehöriger Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Turmdrehkrans, bei dem die Lasthakenposition und ein Seilwinkel gegenüber der Vertikalen durch eine bildgebende Sensorik erfasst wird, und bei dem eine Pendeldämpfungseinrichtung die Ansteuerung der Antriebseinrichtungen beeinflusst, um Pendelbewegungen des Lasthakens und dessen Hubseils zu verhindern,
- Fig. 2: eine schematische Darstellung eines Kalmanfilters der Pendeldämpfungseinrichtung und die von diesem vorgenommene Beeinflussung der Stellgrößen der Antriebsregler,
- Fig. 3: eine schematische Darstellung von Verformungen und Schwingungsformen eines Turmdrehkrans unter Last und deren Dämpfung bzw. Vermeidung durch eine Schrägzugregelung, wobei die Teilansicht a.) eine Nickverformung des Turmdrehkrans unter Last und einen damit verknüpften Schrägzug des Hubseils zeigt, die Teilansichten b.) und c.) eine Querverformung des Turmdrehkrans in perspektivischer Darstellung sowie in Draufsicht von oben zeigen, und die Teilansichten d.) und e.) einen mit solchen Querverformungen verknüpften Schrägzug des Hubseils zeigen.

Wie Fig. 1 zeigt, kann der Kran als Turmdrehkran ausgebildet sein. Der in Fig. 1 gezeigte Turmdrehkran kann beispielsweise in an sich bekannter Weise einen Turm 201 aufweisen, der einen Ausleger 202 trägt, der von einem Gegenausleger

203 ausbalanciert wird, an dem ein Gegengewicht 204 vorgesehen ist. Der genannte Ausleger 202 kann zusammen mit dem Gegenausleger 203 um eine aufrechte Drehachse 205, die coaxial zur Turmachse sein kann, durch ein Drehwerk verdreht werden. An dem Ausleger 202 kann eine Laufkatze 206 durch einen Katzantrieb verfahren werden, wobei von der Laufkatze 206 ein Hubseil 207 abläuft, an dem ein Lasthaken 208 befestigt ist.

Wie Fig. 1 ebenfalls zeigt, kann der Kran 2 dabei eine elektronische Steuervorrichtung 3 aufweisen, die beispielsweise einen am Kran selbst angeordneten Steuerungsrechner umfassen kann. Die genannte Steuervorrichtung 3 kann hierbei verschiedene Stellglieder, Hydraulikkreise, Elektromotoren, Antriebsvorrichtungen und andere Arbeitsaggregate an der jeweiligen Baumaschine ansteuern. Dies können beispielsweise bei dem gezeigten Kran dessen Hubwerk, dessen Drehwerk, dessen Katzantrieb, dessen –ggf. vorhandener – Ausleger-Wippantrieb oder dergleichen sein.

Die genannte elektronische Steuervorrichtung 3 kann hierbei mit einem Endgerät 4 kommunizieren, das am Steuerstand bzw. in der Führerkabine angeordnet sein kann und beispielsweise die Form eines Tablets mit Touchscreen und/oder Joysticks, Drehknöpfe, Schiebeschalter und ähnliche Bedienelemente aufweisen kann, so dass einerseits verschiedene Informationen vom Steuerungsrechner 3 an dem Endgerät 4 angezeigt und umgekehrt Steuerbefehle über das Endgerät 4 in die Steuervorrichtung 3 eingegeben werden können.

Die genannte Steuervorrichtung 3 des Krans 1 kann insbesondere dazu ausgebildet sein, die genannten Antriebsvorrichtungen des Hubwerks, der Laufkatze und des Drehwerks auch dann anzusteuern, wenn eine Pendeldämpfungseinrichtung 340 pendelrelevante Bewegungsparameter erfaßt.

Hierzu kann der Kran 1 eine Erfassungseinrichtung 60 aufweisen, die einen Schrägzug des Hubseils 207 und/oder Auslenkungen des Lasthakens 208 gegenüber einer Vertikalen 61, die durch den Aufhängungspunkt des Lasthakens 208,

d.h. die Laufkatze 206 geht, erfasst. Insbesondere kann der Seilzugwinkel φ gegen die Schwerkraftwirklinie, d.h. die Vertikale 62 erfaßt werden, vgl. Fig. 1.

Die hierzu vorgesehenen Bestimmungsmittel 62 der Erfassungseinrichtung 60 können beispielsweise optisch arbeiten, um die genannte Auslenkung zu bestimmen. Insbesondere kann an der Laufkatze 206 eine Kamera 63 oder eine andere bildgebende Sensorik angebracht sein, die von der Laufkatze 206 senkrecht nach unten blickt, so dass bei unausgelenktem Lasthaken 208 dessen Bildwiedergabe im Zentrum des von der Kamera 63 bereitgestellten Bilds liegt. Wird indes der Lasthaken 208 gegenüber der Vertikalen 61 ausgelenkt, beispielsweise durch ruckhaftes Anfahren der Laufkatze 206 oder abruptes Bremsen des Drehwerks, wandert die Bildwiedergabe des Lasthakens 208 aus dem Zentrum des Kamerabilds heraus, was durch eine Bildauswerteeinrichtung 64 bestimmt werden kann.

In Abhängigkeit der erfassten Auslenkung gegenüber der Vertikalen 61, insbesondere unter Berücksichtigung der Richtung und Größe der Auslenkung, kann die Steuervorrichtung 3 mithilfe der Pendeldämpfungseinrichtung 340 den Drehwerksantrieb und den Laufkatzenantrieb ansteuern, um die Laufkatze 206 wieder mehr oder minder exakt über den Lasthaken 208 zu bringen und Pendelbewegungen zu kompensieren, bz. zu reduzieren oder gar nicht erst eintreten zu lassen.

Hierzu umfasst die Pendeldämpfungseinrichtung 430 Bestimmungsmittel 342 zum Bestimmen von dynamischen Verformungen von Strukturbauteilen, wobei der Steuerbaustein 341 der Pendeldämpfungseinrichtung 340, der das Ansteuern der Antriebseinrichtung pendeldämpfend beeinflusst, dazu ausgebildet ist, beim Beeinflussen der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen die bestimmten dynamischen Verformungen der Strukturbauteile des Krans zu berücksichtigen.

Dabei können die Bestimmungsmittel 342 eine Schätzeinrichtung 343 umfassen, die die Verformungen und Bewegungen der Maschinenstruktur unter dynamischen Belastungen, die sich in Abhängigkeit von am Steuerstand eingegebenen Steuerbefehlen und/oder in Abhängigkeit von bestimmten Ansteueraktionen der An-

triebseinrichtungen und/oder in Abhängigkeit bestimmter Geschwindigkeits- und/oder Beschleunigungsprofile der Antriebseinrichtungen ergeben, unter Berücksichtigung von die Kranstruktur charakterisierenden Gegebenheiten abschätzt. Insbesondere kann eine Berechnungseinheit 348 die Strukturverformungen und sich daraus ergebende Strukturteilmbewegungen anhand eines gespeicherten Berechnungsmodells in Abhängigkeit der am Steuerstand eingegebenen Steuerbefehle berechnen.

Alternativ oder zusätzlich kann die Pendeldämpfungseinrichtung 340 auch eine geeignete Sensorik 344 umfassen, mittels derer solche elastischen Verformungen und Bewegungen von Strukturbauteilen unter dynamischen Belastungen erfasst werden. Eine solche Sensorik 344 kann beispielsweise Verformungssensoren wie Dehnungsmessstreifen am Stahlbau des Krans, beispielsweise den Gitterfachwerken des Turms 201 oder des Auslegers 202 umfassen. Alternativ oder zusätzlich können Beschleunigungs- und/oder Geschwindigkeitssensoren vorgesehen sein, um bestimmte Bewegungen von Strukturbauteilen wie beispielsweise Nickbewegungen der Auslegerspitze oder rotatorische Dynamikeffekte am Ausleger 202 zu erfassen. Alternativ oder zusätzlich können auch Neigungssensoren oder Gyroskope beispielsweise am Turm 201, insbesondere an dessen oberen Abschnitt, an dem der Ausleger gelagert ist, vorgesehen sein, um die Dynamik des Turms 201 zu erfassen. Alternativ oder zusätzlich können auch den Antriebssträngen Bewegungs- und/oder Beschleunigungssensoren zugeordnet sein, um die Dynamik der Antriebsstränge erfassen zu können. Beispielsweise können den Umlenkrollen der Laufkatze 206 für das Hubseil und/oder Umlenkrollen für ein Abspannseil eines Wippauslegers Drehgeber zugeordnet sein, um die tatsächliche Seilgeschwindigkeit am relevanten Punkt erfassen zu können.

Wie Fig. 2 zeigt, besitzt Pendeldämpfungseinrichtung 340 eine Filtereinrichtung bzw. einen Beobachter 345, der die Kranreaktionen beobachtet, die sich bei bestimmten Stellgrößen der Antriebsregler 347 einstellen und unter Berücksichtigung vorbestimmter Gesetzmäßigkeiten eines Dynamikmodells des Krans, das grundsätzlich verschieden beschaffen sein kann und durch Analyse und Simulation des

Stahlbaus gewonnen werden kann, anhand der beobachteten Kranreaktionen die Stellgrößen des Reglers beeinflusst.

Eine solche Filter- bzw. Beobachtereinrichtung 345b kann insbesondere in Form eines sogenannten Kalmanfilters 346 ausgebildet sein, dem als Eingangsgröße die Stellgrößen der Antriebsregler 347 des Krans und die Kranbewegungen, insbesondere der Seilzugwinkel φ gegenüber der Vertikalen 62 und/oder dessen zeitliche Änderung bzw. die Winkelgeschwindigkeit des genannten Schrägzugs, zugeführt wird und der aus diesen Eingangsgrößen anhand von Kalman-Gleichungen, die das Dynamiksystem der Kranstruktur, insbesondere dessen Stahlbauteile und Antriebsstränge, modellieren, die Stellgrößen der Antriebsregler 347 entsprechend beeinflusst, um die gewünschte pendeldämpfende Wirkung zu erzielen.

Mithilfe einer solchen Schrägzugregelung können insbesondere Verformungen und Schwingungsformen des Turmdrehkrans unter Last gedämpft bzw. von Anfang an vermieden werden, wie sie in Fig. 3 beispielhaft gezeigt sind, wobei dort die Teilansicht a.) zunächst schematisch eine Nickverformung des Turmdrehkrans unter Last infolge eines Durchbiegens des Turms 201 mit dem damit einhergehenden Absenken des Auslegers 202 und einen damit verknüpften Schrägzug des Hubseils zeigt.

Ferner zeigen die Teilansichten b.) und c.) der Fig. 3 beispielhaft in schematischer Weise eine Querverformung des Turmdrehkrans in perspektivischer Darstellung sowie in Draufsicht von oben mit den dabei auftretenden Verformungen des Turms 201 und des Auslegers 202.

Schließlich zeigt die Fig. 3 in ihren Teilansichten d.) und e.) einen mit solchen Querverformungen verknüpften Schrägzug des Hubseils.

Um der entsprechenden Schwingungsdynamik entgegenzuwirken, kann die Pendeldämpfungseinrichtung 430 eine Schrägzugregelung umfassen. Insbesondere wird mittels der Bestimmungsmittel 62 die Position des Lasthakens 208, insbesondere auch dessen Schrägzug gegenüber der Vertikalen, das heißt die Auslenkung

des Hubseils 207 gegenüber der Vertikalen erfasst und dem genannten Kalmanfilter 346 zugeführt.

Vorteilhafterweise kann die Positionssensorik dazu ausgebildet sein, die Last bzw. den Lasthaken 208 relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu erfassen und/oder die Pendeldämpfungseinrichtung 430 dazu ausgebildet sein, die Last relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu positionieren.

Durch die Lastpositionserfassung kann dabei eine Schrägzugregelung realisiert werden, welche eine statische Verformung durch die angehängte Last eliminiert bzw. zumindest reduziert. Um eine Schwingungsdynamik zu reduzieren bzw. gar nicht erst entstehen zu lassen, kann die Pendeldämpfungseinrichtung 430 dazu ausgebildet sein, das Drehwerk und das Katzfahrwerk so zu korrigieren, dass das Seil möglichst immer im senkrechten Lot zur Last steht, auch wenn sich der Kran durch das zunehmende Lastmoment immer mehr nach vorne neigt.

Beispielsweise kann beim Anheben einer Last vom Boden die Nickbewegung des Krans infolge seiner Verformung unter der Last berücksichtigt und das Katzfahrwerk unter Berücksichtigung der erfassten Lastposition so nachgefahren bzw. unter vorausschauender Abschätzung der Nickverformung so positioniert werden, dass das Hubseil bei der sich ergebenden Kranverformung im senkrechten Lot über der Last steht. Die größte statische Verformung tritt dabei an dem Punkt auf, an dem die Last den Boden verlässt. Dann ist keine Schrägzugregelung mehr notwendig. In entsprechender Weise kann alternativ oder zusätzlich auch das Drehwerk unter Berücksichtigung der erfassten Lastposition so nachgefahren und/oder unter vorausschauender Abschätzung einer Querverformung so positioniert werden, dass das Hubseil bei der sich ergebenden Kranverformung im senkrechten Lot über der Last steht.

Eine solche Schrägzugregelung kann zu einem späteren Zeitpunkt vom Bediener wieder aktiviert werden, der dadurch den Kran als Manipulator verwenden kann. Hierdurch kann dieser die Last nur durch Drücken und/oder Ziehen nachpositio-

- 17 -

nieren. Die Schrägzugregelung versucht dabei der Auslenkung, welche vom Bediener hervorgerufen wird, zu folgen. Dadurch kann eine Manipulatorsteuerung realisiert werden.

Patentansprüche

1. Kran, insbesondere Turmdrehkran, mit einem an einem Hubseil (207) angebrachten Lastaufnahmemittel (208), Antriebseinrichtungen zum Bewegen mehrerer Kranelemente und Verfahren des Lastaufnahmemittels (208), einer Steuervorrichtung (3) zum Steuern der Antriebseinrichtungen derart, dass das Lastaufnahmemittel (208) entlang eines Fahrwegs verfährt, sowie einer Pendeldämpfungseinrichtung (340) zum Dämpfen von Pendelbewegungen des Lastaufnahmemittels (208) und/oder des Hubseils (207), wobei die Pendeldämpfungseinrichtung (340) einen Steuerbaustein (341) zum Beeinflussen der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen in Abhängigkeit von pendelrelevanten Parametern aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Pendeldämpfungseinrichtung (340) Bestimmungsmittel (342) zum Bestimmen von Verformungen und/oder Bewegungen von Strukturbauteilen des Krans infolge dynamischer Belastungen aufweist, wobei der Steuerbaustein (341) der Pendeldämpfungseinrichtung (340) dazu ausgebildet ist, beim Beeinflussen der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen die bestimmten Verformungen

und/oder Bewegungen der Strukturbauteile infolge dynamischer Belastungen zu berücksichtigen.

2. Kran nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Strukturbauteile einen Turm (201) und/oder einen Ausleger (202) umfassen und die Bestimmungsmittel (342) dazu ausgebildet sind, Verformungen und/oder Belastungen des Turms (201) und/oder des Auslegers (202) infolge dynamischer Belastungen zu bestimmen.
3. Kran nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die Strukturbauteile Antriebsstrangteile wie Drehwerksteile, Katzantriebsteile und dergleichen, umfassen und die Bestimmungsmittel (342) dazu ausgebildet sind, Verformungen und/oder Bewegungen der Antriebsstrangteile infolge dynamischer Belastungen zu bestimmen.
4. Kran nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestimmungsmittel (342) eine Schätzeinrichtung (343) zum Schätzen der Verformungen und/oder Bewegungen der Strukturbauteile infolge dynamischer Lasten auf Basis von digitalen Daten eines die Kranstruktur beschreibenden Datenmodells aufweisen.
5. Kran nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestimmungsmittel (342) eine Berechnungseinheit (348) aufweisen, die Strukturverformungen und sich daraus ergebende Strukturteilbewegungen anhand eines gespeicherten Berechnungsmodells in Abhängigkeit von am Steuerstand eingegebenen Steuerbefehle berechnet.
6. Kran nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestimmungsmittel (342) eine Sensorik (344) zum Erfassen der Verformungen und/oder Dynamikparameter der Strukturbauteile aufweisen.

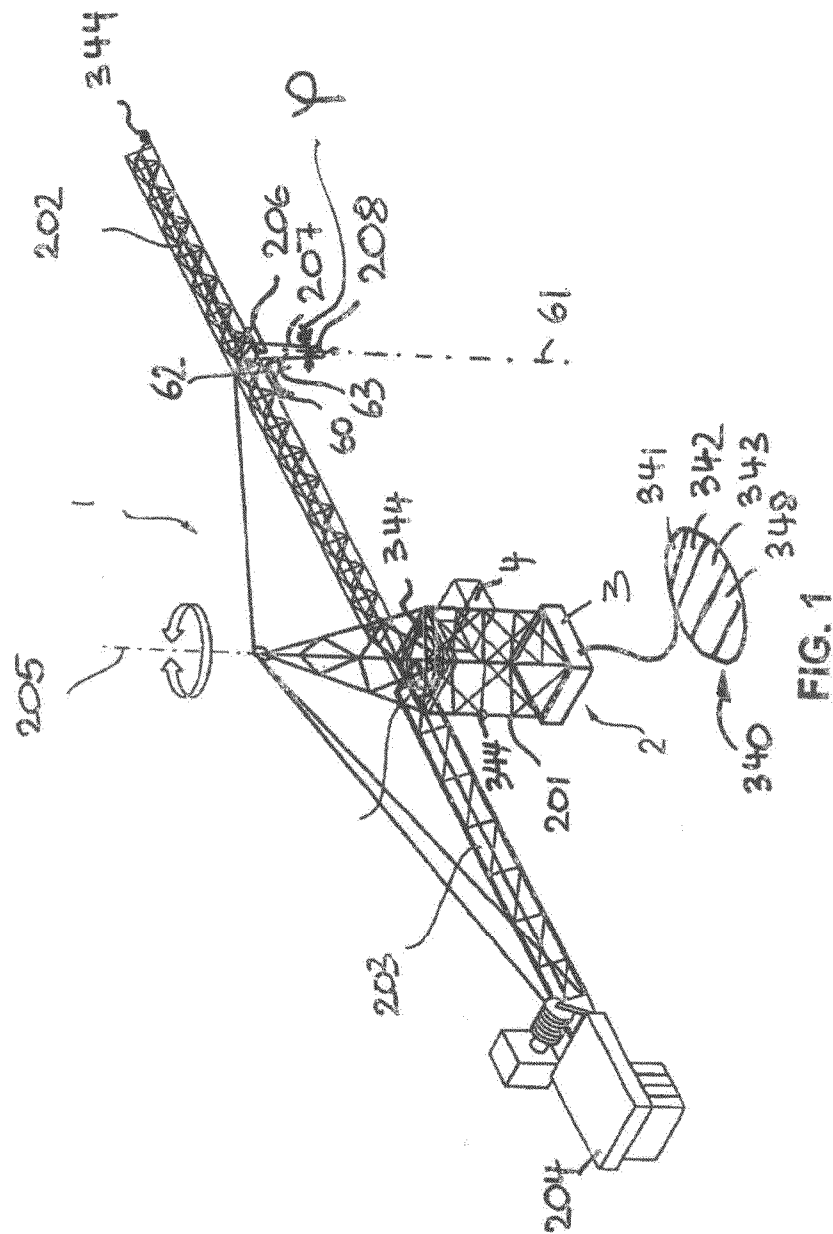
7. Kran nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Sensorik (344) einen Neigungs- und/oder Beschleunigungssensor zum Erfassen von Turmneigungen und/oder –geschwindigkeiten, einen Drehgeschwindigkeits- und/oder –beschleunigungssensor zum Erfassen der Drehgeschwindigkeit und/oder –beschleunigung eines Auslegers und/oder einen Nickbewegungssensor zum Erfassen von Nickbewegungen und/oder –beschleunigungen des Auslegers, und/oder einen Seilgeschwindigkeits- und/oder –beschleunigungssensor zum Erfassen von Seilgeschwindigkeiten und/oder –beschleunigungen des Hubseils (207) aufweist.
8. Kran nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Erfassungseinrichtung (60) zum Erfassen einer Auslenkung (φ) des Hubseils (207) und/oder des Lastaufnahmemittels (208) gegenüber einer Vertikalen (61) vorgesehen ist, wobei der Steuerbaustein (341) der Pendeldämpfungseinrichtung (340) dazu ausgebildet ist, die Ansteuerung der Antriebseinrichtungen in Abhängigkeit der ermittelten Auslenkung des Hubseils (207) und/oder des Lastaufnahmemittels (208) gegenüber der Vertikalen (61) zu beeinflussen.
9. Kran nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Erfassungseinrichtung (60) eine bildgebende Sensorik, insbesondere eine Kamera (62) aufweist, die im Bereich eines Aufhängepunktes des Hubseils (207), insbesondere einer Laufkatze (206), im Wesentlichen senkrecht nach unten blickt, wobei eine Bildauswerteeinrichtung (64) zum Auswerten eines von der bildgebenden Sensorik bereitgestellten Bilds hinsichtlich der Position des Lastaufnahmemittels (208) in dem bereitgestellten Bild und Bestimmung der Auslenkung (φ) des Lastaufnahmemittels (208) und/oder des Hubseils (207) und/oder der Auslenkungsgeschwindigkeit gegenüber der Vertikalen (61) vorgesehen ist.
10. Kran nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pendeldämpfungseinrichtung (340) eine Filter- und/oder

Beobachtereinrichtung (345) zum Beeinflussen der Stellgrößen von Antriebsreglern (347) zum Ansteuern der Antriebseinrichtungen aufweist, wobei die genannte Filter- und/oder Beobachtereinrichtung (345) dazu ausgebildet ist, als Eingangsgrößen die Stellgrößen der Antriebsregler (347) und die erfassten und/oder geschätzten Bewegungen von Kranelementen und/oder Verformungen und/oder Bewegungen von Strukturbauteilen, die infolge dynamischer Belastungen auftreten, zu erhalten und in Abhängigkeit der für bestimmte Reglerstellgrößen erhaltenen dynamikinduzierten Bewegungen von Kranelementen und/oder Verformungen von Strukturbauteilen die Reglerstellgrößen zu beeinflussen.

11. Kran nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Filter- und/oder Beobachtereinrichtung (345) als Kalman-Filter (346) ausgebildet ist.
12. Kran nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei in dem Kalman-Filter (346) erfasste und/oder geschätzte und/oder berechnete und/oder simulierte Funktionen, die die Dynamik der Strukturbauteile des Krans charakterisieren, implementiert sind.
13. Kran nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pendeldämpfungseinrichtung (340) eine Positionssensorik umfaßt, die dazu ausgebildet ist, das Lastaufnahmemittel (208) relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu erfassen, und/oder dazu ausgebildet ist, das Lastaufnahmemittel (208) relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu positionieren.
14. Kran nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pendeldämpfungseinrichtung (340) einen Schrägzuregler umfaßt und dazu ausgebildet ist, die Antriebseinrichtungen zum Bewegen der Kranelemente und Verfahren des Lastaufnahmemittels (208) so zu betätigen, dass das Hubseil (207) möglichst immer im senkrechten Lot zur Last steht, auch wenn sich der Kran durch das zunehmende Lastmoment und/oder durch

zunehmende Querkräfte und/oder zunehmende Querverwindungsmomente immer mehr verformt.

15. Verfahren zum Steuern eines Krans, insbesondere Turmdrehkrans, dessen an einem Hubseil (207) angebrachtes Lastaufnahmemittel (208) durch Antriebseinrichtungen verfahren wird, welche Antriebseinrichtungen von einer Steuervorrichtung (3) des Krans angesteuert werden, wobei die Ansteuerung der Antriebseinrichtungen von einer Pendeldämpfungseinrichtung (340) in Abhängigkeit von pendelrelevanten Parametern beeinflusst wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Pendeldämpfungseinrichtung (340) Verformungen und/oder Bewegungen von Strukturbauteilen des Krans, die infolge dynamischer Belastungen auftreten, bestimmt und beim Beeinflussen der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen berücksichtigt.
16. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Pendeldämpfungseinrichtung (340) einen Kalman-Filter (346) aufweist, dem als Eingangsgrößen die Stellgrößen von Antriebsreglern (347) zum Ansteuern der Antriebseinrichtungen sowie sich bei diesen Stellgrößen einstellende Kranbewegungen und/oder Verformungen und/oder dynamikinduzierte Bewegungen der Strukturteile als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei der Kalman-Filter (346) in Abhängigkeit der genannten Eingangsgrößen eine Beeinflussung der Stellgrößen der Antriebsregler (347) vornimmt.



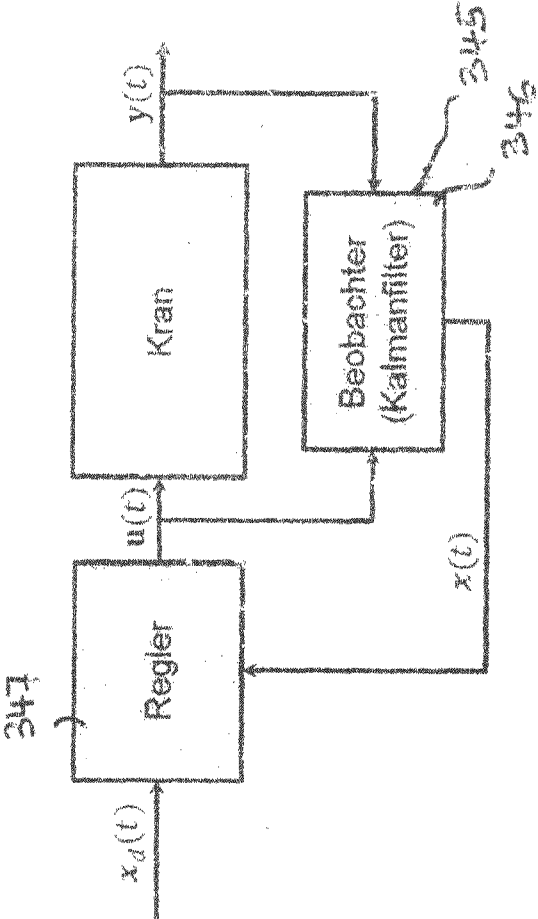


Fig. 2

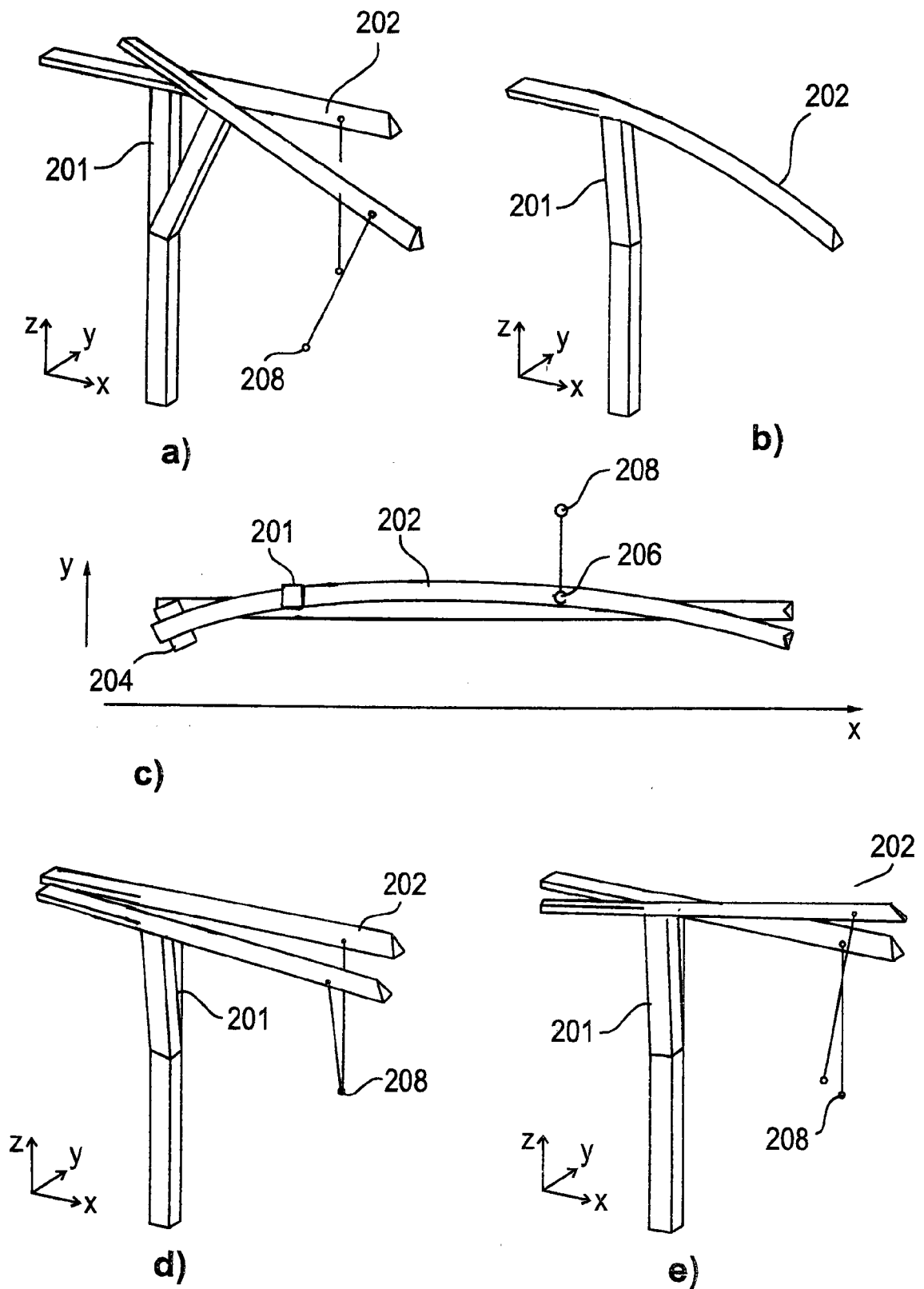


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/000450

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B66C13/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B66C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 64 182 A1 (LIEBHERR WERK NENZING [AT]) 8 May 2002 (2002-05-08)	1-10, 13-15
Y	abstract paragraph [0040] - paragraph [0065] paragraph [0101] paragraph [0113] claims 1-6 figures	11,12,16
Y	----- EP 1 880 971 A2 (LIEBHERR WERK NENZING [AT]) 23 January 2008 (2008-01-23) abstract paragraph [0025] paragraph [0055] - paragraph [0072] claims figures ----- -/-	11,12,16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2017

Date of mailing of the international search report

21/07/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sheppard, Bruce

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/000450

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 43 15 005 A1 (DEUTSCHE AEROSPACE [DE]) 10 November 1994 (1994-11-10) the whole document	8,9,14
A	----- DATABASE COMPENDEX [Online] ENGINEERING INFORMATION, INC., NEW YORK, NY, US; 2011, SCHAPER U ET AL: "A load position observer for cranes with gyroscope measurements", XP002771861, Database accession no. E20124015493306 abstract & IFAC PROCEEDINGS VOLUMES (IFAC-PAPERSONLINE) - PROCEEDINGS OF THE 18TH IFAC WORLD CONGRESS 2011 IFAC SECRETARIAT AUS, vol. 18, no. PART 1, 2011, pages 3563-3568, DOI: 10.3182/20110828-6-IT-1002.01456 -----	10-12,16
A	Siemens Ag: "Simocrane Advanced Technology Sway Control", , 17 September 2012 (2012-09-17), pages 1-2, XP055389077, Retrieved from the Internet: URL:https://c4b.gss.siemens.com/resources/ articles/e20001-a1010-p620-x-7600.pdf [retrieved on 2017-07-07] the whole document -----	8,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/000450

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10064182	A1	08-05-2002	NONE

EP 1880971	A2	23-01-2008	DE 102006033277 A1 07-02-2008
			EP 1880971 A2 23-01-2008
			ES 2608403 T3 10-04-2017
			US 2008017601 A1 24-01-2008

DE 4315005	A1	10-11-1994	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B66C13/06
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B66C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 100 64 182 A1 (LIEBHERR WERK NENZING [AT]) 8. Mai 2002 (2002-05-08)	1-10, 13-15
Y	Zusammenfassung Absatz [0040] - Absatz [0065] Absatz [0101] Absatz [0113] Ansprüche 1-6 Abbildungen	11,12,16
Y	EP 1 880 971 A2 (LIEBHERR WERK NENZING [AT]) 23. Januar 2008 (2008-01-23) Zusammenfassung Absatz [0025] Absatz [0055] - Absatz [0072] Ansprüche Abbildungen	11,12,16
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Juli 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/07/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sheppard, Bruce

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 43 15 005 A1 (DEUTSCHE AEROSPACE [DE]) 10. November 1994 (1994-11-10) das ganze Dokument	8,9,14
A	----- DATABASE COMPENDEX [Online] ENGINEERING INFORMATION, INC., NEW YORK, NY, US; 2011, SCHAPER U ET AL: "A load position observer for cranes with gyroscope measurements", XP002771861, Database accession no. E20124015493306 Zusammenfassung & IFAC PROCEEDINGS VOLUMES (IFAC-PAPERSONLINE) - PROCEEDINGS OF THE 18TH IFAC WORLD CONGRESS 2011 IFAC SECRETARIAT AUS, Bd. 18, Nr. PART 1, 2011, Seiten 3563-3568, DOI: 10.3182/20110828-6-IT-1002.01456 -----	10-12,16
A	Siemens Ag: "Simocrane Advanced Technology Sway Control", 17. September 2012 (2012-09-17), Seiten 1-2, XP055389077, Gefunden im Internet: URL:https://c4b.gss.siemens.com/resources/ articles/e20001-a1010-p620-x-7600.pdf [gefunden am 2017-07-07] das ganze Dokument -----	8,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/000450

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10064182	A1	08-05-2002	KEINE

EP 1880971	A2	23-01-2008	DE 102006033277 A1 07-02-2008
			EP 1880971 A2 23-01-2008
			ES 2608403 T3 10-04-2017
			US 2008017601 A1 24-01-2008

DE 4315005	A1	10-11-1994	KEINE
