



(11) **EP 3 408 211 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.06.2022 Patentblatt 2022/23

(21) Anmeldenummer: **17717626.0**

(22) Anmeldetag: **06.04.2017**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B66C 13/48^(2006.01) B66C 13/06^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B66C 13/063; B66C 13/48

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/000436

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/174196 (12.10.2017 Gazette 2017/41)

(54) **KRAN**
CRANE
GRUE

(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

(30) Priorität: **08.04.2016 DE 102016004249**
11.04.2016 DE 102016004350

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.12.2018 Patentblatt 2018/49

(73) Patentinhaber: **Liebherr-Components Biberach GmbH**
88400 Biberach an der Riß (DE)

(72) Erfinder:
• **PALBERG, Michael**
88499 Riedlingen (DE)
• **RESCH, Juergen**
88456 Degernau (DE)
• **FENKER, Oliver**
88447 Warthausen (DE)

(74) Vertreter: **Thoma, Michael**
Lorenz Seidler Gossel
Rechtsanwälte Patentanwälte
Partnerschaft mbB
Widenmayerstraße 23
80538 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 10 064 182 DE-A1-102004 045 749

DE-A1-102005 002 192 US-A1- 2012 234 787
US-A1- 2013 345 857

- **DATABASE COMPENDEX [Online] ENGINEERING INFORMATION, INC., NEW YORK, NY, US; 2011, SCHAPER U ET AL: "A load position observer for cranes with gyroscope measurements", XP002771888, Database accession no. E20124015493306 -& 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, XP002771889, DOI: 10.3182/20110828-6-IT-1002.01456**
- **DATABASE COMPENDEX [Online] ENGINEERING INFORMATION, INC., NEW YORK, NY, US; 2011, SCHAPER U ET AL: "A load position observer for cranes with gyroscope measurements", Database accession no. E20124015493306 & SCHAPER U ET AL: "A load position observer for cranes with gyroscope measurements", 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**

EP 3 408 211 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein System, das einen Kran, insbesondere einen Turmdrehkran, und einen externen Leitreechner umfasst, wobei der Kran ausgestattet ist mit einem an einem Hubseil angebrachten Lastaufnahmemittel, Antriebseinrichtungen zum Bewe-

gen mehrerer Kranelemente und Verfahren des Lastaufnahmemittels, sowie einer Steuervorrichtung zum Steuern der Antriebseinrichtungen derart, dass das Lastaufnahmemittel entlang eines Fahrwegs zwischen zumindest zwei Zielpunkten verfährt.

[0002] Die Schrift DE 10 064 182 A1 zeigt ein System gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, bei dem in einer vorherigen Fahrt des Krans im Rechner abgespeicherte Soll-Matrixpunkte von einem Bahnplanungsmodul verwendet werden, um unter Berücksichtigung von maximalen Beschleunigungen und Geschwindigkeiten der Verfahrentriebe eine Soll-Verfahrbahn zu planen. Eine Pendeldämpfungseinrichtung greift dann gegebenenfalls in die Betätigung der Verfahrentriebe nochmals ein, um ein Pendeln der Last zu vermeiden.

[0003] Ferner zeigt die Schrift DE 10 2005 002 192 A1 einen Containerkran, bei dem ein Fahrwegsplaner einen Fahrweg in einer horizontalen Ebene um abgestellte Container herum festlegt und dabei die beiden Fahrwegsschenkel im Übergangsbereich abrundet, um schneller verfahren zu können.

[0004] Weitere Krane mit Fahrwegssteuerungen sind aus den Schriften US 2012/234781 A1, US 2013/345857 A1 und DE 10 2004 045 749 A1 bekannt.

[0005] Um den Lasthaken eines Krans 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 kann, 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 oder Drehknöpfe und dergleichen betätigt und gesteuert, was erfahrungsgemäß viel Gefühl und Erfahrung benötigt, um die Zielpunkte rasch und dennoch sanft ohne größere Pendelbewegungen anzufahren. Zwischen den Zielpunkten soll dabei möglichst rasch gefahren werden, während am jeweiligen Zielpunkt sanft angehalten werden soll.

[0006] Ein solches Steuer der Antriebseinrichtungen eines Krans ist angesichts der erforderlichen Konzentration für den Kranführer ermüdend, zumal oft immer wie-

derkehrende 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 Betonierbereich, in dem der Betonkübel entleert wird, hin und her verfahren werden muss. Zum anderen kommt es bei nachlassender Konzentration oder auch nicht ausreichender Erfahrung mit dem jeweiligen Krantyp zu größeren Pendelbewegungen der aufgenommenen Last und damit zu einem entsprechenden Gefährdungspotential.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt hiervon ausgehend die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Kran der eingangs genannten Art zu schaffen, der Nachteile des Standes der Technik vermeidet und Letzteren in vorteilhafter Weise weiterbildet. Insbesondere soll ein ermüdungsfreier Kranbetrieb mit reduziertem Risiko unerwünschter Lastpendelbewegungen erreicht werden.

[0008] Erfindungsgemäß wird die genannte Aufgabe durch ein System gemäß Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0009] Es wird also vorgeschlagen, die Steuervorrichtung im Sinne eines Autopiloten auszubilden, der das Lastaufnahmemittel des Krans automatisch zwischen zumindest zwei Zielpunkten verfahren kann. In die Steuervorrichtung ist ein Automatikmodus implementiert, in dem die Steuervorrichtung ohne manuelle Betätigung der Bedienelemente des Steuerstands durch den Maschinenführer den Lasthaken bzw. das Lastaufnahmemittel zwischen den Zielpunkten verfährt. Erfindungsgemäß besitzt die Steuervorrichtung ein Fahrweg-Bestimmungsmodul zum Bestimmen eines gewünschten Fahrwegs zwischen den zumindest zwei Zielpunkten, und ein automatisches Fahr-Steuer-Modul zum automatischen Verfahren des Lastaufnahmemittels entlang des bestimmten Fahrwegs. Mit dem genannten Fahrweg-Bestimmungsmodul kann zwischen zwei Zielpunkten interpoliert werden bzw. eine Berechnung von Zwischenstellungen vorgenommen werden, die den Fahrweg zwischen zwei Zielpunkten näher bestimmen. Das Fahr-Steuer-Modul steuert dann anhand der interpolierten bzw. berechneten Zwischenstellungen die Antriebsregler bzw. Antriebseinrichtungen an, um mit dem Lastaufnahmemittel die genannten Zwischenstellungen und Zielpunkte anzufahren bzw. den bestimmten Fahrweg automatisch abzufahren.

[0010] Der genannte Automatikmodus der Steuervorrichtung vermeidet ein vorzeitiges Ermüden des Kranführers und erleichtert insbesondere monotone Arbeiten wie ein ständiges Hin- und Herfahren zwischen zwei festen Zielpunkten. Zum anderen können durch die automatische Bestimmung des Fahrwegs zwischen den Zielpunkten und die Ansteuerung der Antriebseinrichtungen in Abhängigkeit des solchermaßen festgelegten Fahrwegs unerwünschte Pendelbewegungen der aufgenommenen Last durch ungeschickte Betätigung der manuellen Bedienelemente oder schlecht gewählte Fahr-

wege vermieden werden.

[0011] Die Bestimmung des Fahrwegs zwischen den Zielpunkten kann dabei grundsätzlich in verschiedener Art und Weise erfolgen. Beispielsweise kann das genannte Fahrweg-Bestimmungsmodul ein PTP- bzw. Punkt-zu-Punkt-Steuermodul aufweisen, welches dazu ausgebildet ist, zwei Zielpunkte exakt anzufahren, wobei der Bahnverlauf zwischen den Punkten jedoch nicht fest definiert ist.

[0012] Ein solches PTP-Steuermodul kann hierbei eine Überschleiffunktion beinhalten, mittels derer der Fahrweg so bestimmt wird, dass zum zeitoptimalen Verfahren ein definierter Zielpunkt nicht genau angefahren, sondern bei Erreichen dessen Überschleifbereichs zum nächsten Punkt abgebogen wird.

[0013] In Weiterbildung der Erfindung kann die genannte Überschleiffunktion des PTP-Steuermoduls dabei asynchron arbeitend ausgebildet sein, so dass mit dem Überschleifen begonnen wird, wenn die letzte zu betätigende Antriebsachse bzw. Antriebseinrichtung die Raumkugel um den genannten Punkt herum erreicht. Alternativ kann die Überschleiffunktion auch synchron ausgebildet bzw. gesteuert sein, so dass mit dem Überschleifen begonnen wird, sobald die führende Bewegungs- bzw. Antriebsachse in die Raumkugel um den programmierten Punkt herum eindringt.

[0014] Alternativ oder zusätzlich zu dem genannten PTP-Steuermodul kann das Fahrweg-Bestimmungsmodul jedoch auch ein Vielpunkt-Steuermodul aufweisen, welches zwischen zwei anzufahrenden Zielpunkten eine Vielzahl von Zwischenpunkten bestimmt, vorzugsweise derart, dass die genannten Zwischenpunkte eine dichte Folge von zeitäquidistanten Punkten bilden. Das Anfahren solcher zeitäquidistanten Zwischenpunkte, die in dichter Folge angeordnet sind, benötigt näherungsweise dieselbe Zeitspanne, so dass eine insgesamt harmonische Betätigung der Antriebseinrichtungen und damit ein harmonisches Verfahren der Kranelemente erreicht werden kann.

[0015] Alternativ oder zusätzlich zu einem solchen Multipunkt-Steuermodul kann die Bestimmung des Fahrweges auch durch ein Bahnsteuermodul erfolgen, welches eine kontinuierliche, mathematisch definierte Bewegungsbahn zwischen den Zielpunkten berechnet. Ein solches Bahnsteuermodul kann dabei einen Interpolator umfassen, der entsprechend einer vorgegebenen Bahnfunktion oder -teilstückfunktion beispielsweise in Form einer Geraden, eines Kreises oder eines Polynoms Zwischenwerte auf der berechneten Raumkurve ermittelt und sie an die Antriebseinrichtungen bzw. deren Antriebsregler gibt. Ein solcher Interpolator kann eine Linearinterpolation und/oder eine Kreisinterpolation und/oder eine Splineinterpolation und/oder Sonderinterpolationen, beispielsweise Bezier- oder Spiralinterpolationen ausführen, wobei dies mit oder ohne Überschleifen ausgeführt werden kann.

[0016] Die Programmierung bzw. Bestimmung der Bahnführung bzw. des Fahrweges kann online oder

offline erfolgen.

[0017] Bei einer Online-Programmierung kann die Bestimmung des gewünschten Fahrweges insbesondere durch eine Teach-in-Einrichtung vorgenommen werden, mittels derer gewünschte Ziel- und Zwischenpunkte des gewünschten Fahrweges durch manuelle Betätigung der Bedienelemente der Steuervorrichtung oder auch durch Betätigung eines Programmierhandgerätes angefahren werden, wobei die Teach-in-Einrichtung die genannten Ziel- und Zwischenpunkte speichert. Vorteilhafterweise kann ein erfahrener Kranführer mit der Steuerkonsole den Kran bzw. dessen Lasthaken entlang eines gewünschten Fahrweges zwischen den Endpunkten verfahren. Alle so erreichten Koordinaten bzw. Zwischenpunkte können in der Steuerung gespeichert werden. Im Automatikbetrieb kann die Steuervorrichtung des Krans dann alle gespeicherten Ziel- und Zwischenpunkte autonom anfahren.

[0018] Gemäß der Erfindung besitzt das Fahrweg-Bestimmungsmodul eine Playback-Einrichtung zum Bestimmen des gewünschten Fahrweges durch manuelles Verfahren des Lasthakens entlang des gewünschten Fahrweges. Während des manuellen Führens des Lasthakens entlang des gewünschten Fahrweges werden Koordinaten bzw. Zwischenpunkte aufgezeichnet, so dass die Steuervorrichtung des Krans die entsprechenden Bewegungen exakt wiederholen kann.

[0019] Zusätzlich können zur Online-Programmierung des gewünschten Fahrweges auch noch weitere Maßnahmen ergriffen werden, beispielsweise eine Online-Programmierung vorgegebener Programmblöcke oder eine sensorgestützte Programmierung.

[0020] Eine Offline-Bestimmung des gewünschten Fahrweges erfolgt gemäß der Erfindung durch Anbindung des Fahrweg-Bestimmungsmoduls an einen externen Leitrechner, der Zugriff auf ein Bauwerkdatenmodell besitzt und auf Basis der digitalen Daten des Bauwerkdatenmodells Ziel- und/oder Zwischenpunkte für die Bestimmung des Fahrweges bereitstellt. Anhand der aus dem Bauwerkdatenmodell bereitgestellten Ziel- und/oder Zwischenpunkte kann das Fahrweg-Bestimmungsmodul dann in der zuvor erläuterten Weise den Fahrweg bestimmen, beispielsweise durch PTP-Steuerung, Vielpunktsteuerung oder Bahnsteuerung.

[0021] In einem solchen Bauwerkdatenmodell, das auch als BIM-Modell bezeichnet wird, sind digitale Informationen über das zu errichtende bzw. zu bearbeitende Bauwerk enthalten, wobei es sich hierbei insbesondere um ein Gesamtmodell handelt, das in der Regel die dreidimensionalen Planungen aller Gewerke, den Zeitplan und auch den Kostenplan enthält. Solche Bauwerkdaten bzw. BIM-Modelle sind in der Regel computerlesbare Dateien oder Dateikonglomerate und ggf. verarbeitende Computerprogrammbausteine zum Verarbeiten solcher Daten, in denen Informationen und Charakteristika, die das zu errichtende bzw. zu bearbeitende Bauwerk und dessen relevante Eigenschaften in Form digitaler Daten beschreiben. Anhand der vorteilhafterweise dreidimen-

sionalen Bauwerkdaten, die als CAD-Daten vorliegen können, können für vorzunehmende Kranhübe die Zielpunkte bestimmt werden, wobei hierfür vorteilhafterweise ein Kranhub-Bestimmungsmodul vorhanden sein kann, das einerseits Zielpunkte für einen solchen Kranhub und deren Koordinaten identifiziert, beispielsweise die Anlieferungsstation eines Betonmischers und der Entleerbereich des Betonkübels für eine Betonieraufgabe. Zusätzlich werden dann für die Bestimmung des Verfahrwegs Bauwerkdaten, die die Geometrie des Bauwerks in der jeweiligen Bauphase wiedergeben, berücksichtigt, um Kollisionen mit bereits existierenden Konturen des Bauwerks zu vermeiden.

[0022] Sind solchermaßen die Zielpunkte und Kollisionen vermeidende Zwischenpunkte für den Verfahrweg identifiziert, können diese dem Verfahrweg-Bestimmungsmodul zur Verfügung gestellt werden, welches dann anhand dieser Ziel- und Zwischenpunkte in der bereits beschriebenen Weise den Verfahrweg bestimmt.

[0023] Für die Bestimmung des Verfahrwegs können auch Zwischenpunkte gesetzt werden, die Arbeitsbereichsbegrenzungen des Krans berücksichtigen, beispielsweise um Kollisionen mit anderen Kranen zu vermeiden. Solche Arbeitsbereichsbegrenzungen bzw. solche Arbeitsbereichsbegrenzungen definierende Daten können ebenfalls aus dem genannten Bauwerkdatenmodell gewonnen bzw. bereitgestellt werden. Alternativ oder zusätzlich ist auch eine manuelle Eingabe solcher Arbeitsbereichsbegrenzungen direkt am Kran möglich, die dann ebenfalls berücksichtigt werden können, wenn der gewünschte Verfahrweg für einen automatisierten Hub bestimmt und Zwischenpunkte hierfür gesetzt werden. Vorteilhafterweise können solche Arbeitsbereichsbegrenzungen auch dynamisch berücksichtigt werden, insbesondere wenn entsprechende digitale Daten für die Arbeitsbereichsbegrenzungen aus dem Bauwerkdatenmodell bzw. BIM-Modell bereitgestellt werden, welches Baufortschritte und sich ergebende Änderungen in verschiedenen Bauphasen berücksichtigt.

[0024] Das automatische Verfahr-Steuer-Modul der Steuervorrichtung des Krans kann grundsätzlich verschieden arbeiten, wobei das Verfahr-Steuer-Modul insbesondere autark arbeitend ausgebildet sein kann dahingehend, dass Verfahrgeschwindigkeiten und/oder Beschleunigungen und die entsprechenden Ansteuersignale für die Antriebseinrichtungen nicht den Verfahrgeschwindigkeiten oder Beschleunigungen entsprechen müssen, die beispielsweise beim Teach-in-Prozess oder bei der Playback-Programmierung vorgegeben wurden. Das Verfahr-Steuer-Modul kann die Verfahrgeschwindigkeiten und/oder Beschleunigungen der Antriebe autark bestimmen, insbesondere dahingehend, dass einerseits hohe Verfahrgeschwindigkeiten erreicht und die Leistung der Antriebseinrichtungen ausgenutzt wird, andererseits jedoch ein sanftes und pendelfreies Anfahren der Zielpunkte erreicht wird.

[0025] Insbesondere kann das genannte Verfahr-Steuer-Modul an eine Pendeldämpfungseinrichtung an-

gebunden sein und/oder Vorgaben einer Pendeldämpfungseinrichtung berücksichtigen. Solche Pendeldämpfungseinrichtungen für Krane sind grundsätzlich 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, d.h. hinsichtlich der Ausbildung der Pendeldämpfungseinrichtung, ausdrücklich Bezug genommen wird.

[0026] In Weiterbildung der Erfindung kann das Verfahr-Steuer-Modul zur Pendeldämpfung insbesondere den Auslenkwinkel bzw. den Schrägzug des Lasthakens des Krans gegenüber einer Vertikalen berücksichtigen, die durch die Laufkatze bzw. den Aufhängungspunkt des Hubseils gehen kann. Eine entsprechende Erfassungseinrichtung zum Erfassen der Auslenkung des Lastaufnahmemittels gegenüber der Vertikalen kann beispielsweise optisch arbeitend ausgebildet sein und eine bildgebende Sensorik, beispielsweise eine Kamera aufweisen, 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.

[0027] Das genannte Verfahr-Steuer-Modul kann die solchermaßen bestimmten Auslenkung des Lasthakens berücksichtigen und die Antriebseinrichtungen derart ansteuern und/oder deren Beschleunigungen und Geschwindigkeiten derart bestimmen, dass die Auslenkungen des Lasthakens gegenüber der Vertikalen minimiert werden bzw. ein bestimmtes Maß nicht überschreiten.

[0028] Vorteilhafterweise kann die Positionssensorik dazu ausgebildet sein, die Last relativ zu einem fixen Weltkoordinatensystem zu erfassen und/oder die Verfahr-Steuereinrichtung dazu ausgebildet sein, die Last relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu positionieren.

[0029] Vorteilhafterweise kann eine Steuereinrichtung vorgesehen werden, welche die Last relativ zum fixen Weltkoordinatensystem oder dem Kranfundament positioniert und somit nicht direkt abhängig von der Kranstrukturschwingung und der Kranposition ist. Durch eine solche Steuereinrichtung wird die Lastposition von der Kranschwingung entkoppelt, wobei die Last nicht direkt relativ zum Kran, sondern relativ zum fixen Weltkoordinatensystem oder dem Kranfundament geführt wird.

[0030] Insbesondere können Strukturschwingungen des Krans bzw. dessen Strukturteile in der Steuereinrichtung mit berücksichtigt und durch das Fahrverhalten gedämpft werden. Dies wirkt sich wiederum schonend auf

den Stahlbau aus, welcher dadurch weniger beansprucht wird.

[0031] Durch die Lastpositionserfassung kann dabei auch 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 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.

[0032] 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.

[0033] Insbesondere kann das Verfah-Steuer-Modul bei den pendeldämpfenden Maßnahmen nicht nur die eigentliche Pendelbewegung des Seils an sich 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 Nachgiebigkeiten bei Beschleunigungen zeigt, und berücksichtigt diese Dynamik der Strukturteile des Krans bei der pendeldämpfenden Beeinflussung der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen.

[0034] Vorteilhafterweise kann die Pendeldämpfungseinrichtung Bestimmungsmittel zum Bestimmen von dynamischen Verformungen und Bewegungen von Strukturbauteilen unter dynamischen Lasten umfassen, 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.

[0035] Die Pendeldämpfungseinrichtung betrachtet also vorteilhafterweise 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.

[0036] 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 - ausgezeigten 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.

[0037] 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.

[0038] Ebenso wird der Stahlbau geschont und weniger beansprucht. Insbesondere Stoßbelastungen werden durch das Regelverhalten reduziert.

[0039] Ferner kann durch dieses Verfahren der Einfluss des Fahrverhaltens definiert werden.

[0040] Durch die Kenntnisse der Struktur- und 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.

[0041] 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.

[0042] 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 Antriebssträngen 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.

[0043] Insbesondere kann die Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung solcher Strukturverformungen eine Berechnungseinheit aufweisen, die diese Strukturverformungen und sich daraus ergebende Strukturteilbewegungen 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.

[0044] 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 Dynamikeffekte am Ausleger zu erfassen.

[0045] Alternativ oder zusätzlich können auch Nei-

gungssensoren oder Gyroskope beispielsweise am Turm, insbesondere an dessen oberem 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.

[0046] 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.

[0047] Alternativ oder zusätzlich zu einer solchen Berücksichtigung der Vorgaben einer Pendeldämpfungseinrichtung durch das Verfahr-Steuer-Modul können pendeldämpfende Maßnahmen auch bereits bei der Planung bzw. Bestimmung des gewünschten Verfahrwegs berücksichtigt werden. Beispielsweise kann das Verfahrweg-Bestimmungsmodul Knicke des Verfahrwegs runden oder Kurvenradien großzügig bemessen und/oder Schlangenlinien vermeiden.

[0048] Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele und zugehöriger Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Turmdrehkrans, dessen Lasthaken zwischen zwei Zielpunkten in Form einer Betonanlieferungsstation und eines Betonierfelds hin und her zu verfahren ist,

Fig. 2: ein schematisches Diagramm zur Verdeutlichung der Arbeitsweise eines PTP-Steuermoduls, das den Verfahrweg im Sinne einer Punkt-zu-Punkt-Steuerung bestimmt,

Fig. 3: ein schematisches Diagramm zur Verdeutlichung der Arbeitsweise eines Vielpunkt-Steuermoduls, das den Verfahrweg im Sinne einer Vielpunkt-Steuerung bestimmt,

Fig. 4: die durch eine Vielpunkt-Steuerung erzeugte Verfahrbahn, die durch eine dichte Folge von zeitäquidistanten Punkten definiert wird, und

Fig. 5: zwei schematische Diagramme zur Verdeutlichung der Arbeitsweise eines Bahnsteuermoduls, das den Fahrweg als kontinuierliche, mathematisch berechnete Bewegungsbahn bestimmt, wobei das Teildiagramm (a) eine Bahnsteuerung ohne Überschleifen und das Teildiagramm (b) eine Bahnsteuerung mit Überschleifen zeigt,

Fig. 6: eine schematische Darstellung eines Steuermoduls, das an den Lasthaken oder ein daran befestigtes Bauteil angedockt werden kann, um den Lasthaken an einem Zielpunkt feinjustieren zu können oder für eine Play-Back oder Teach-In Programmierung händisch entlang einer gewünschten Bahnverfahren zu können, und

Fig. 7: 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.

[0049] 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 koaxial 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.

[0050] 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.

[0051] 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 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.

[0052] 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 der Lasthaken 208 und/oder ein daran aufgenommenes Bauteil wie beispielsweise ein Betonkübel händisch von einem Maschinenbediener mittels eines Handsteuermoduls 65 mit einem Handgriff 66 manipuliert, wie dies Fig. 6 zeigt, d.h. in eine Richtung gedrückt oder gezogen und/oder verdreht wird bzw. dies versucht wird, um ein händisches Feindirigieren der Lasthaken- und damit Betonkübelposition beispielsweise beim Betonieren zu ermöglichen.

[0053] 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.

[0054] 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 händisches Drücken oder Ziehen am Lasthaken 208 bzw. dem in Fig. 9 gezeigten Betonkübel 50, wandert die Bildwiedergabe des Lasthakens 208 aus dem Zentrum des Kamerabilds heraus, was durch eine Bildauswerteeinrichtung 64 bestimmt werden kann.

[0055] In Abhängigkeit der erfassten Auslenkung gegenüber der Vertikalen 61, insbesondere unter Berücksichtigung der Richtung und Größe der Auslenkung, kann die Steuervorrichtung 3 den Drehwerksantrieb und den Laufkatzenantrieb ansteuern, um die Laufkatze 206 wieder mehr oder minder exakt über den Lasthaken 208 zu bringen, d.h. die Steuervorrichtung 3 steuert die Antriebsvorrichtungen des Krans 1 derart an, dass der Schrägzug bzw. die erfasste Auslenkung möglichst kompensiert wird. Hierdurch kann ein intuitives, einfaches Dirigieren und feines Einstellen der Position des Lasthakens und einer daran aufgenommenen Last erreicht werden.

[0056] Alternativ oder zusätzlich kann die genannte Erfassungseinrichtung 60 auch das genannte Steuer-Modul 65 umfassen, das mobil ausgebildet und an den Lasthaken 208 und/oder eine daran angeschlagene Last an-

dockbar ausgebildet sein kann. Wie Fig. 6 zeigt, kann ein solches Hand-teuer-Modul 65 beispielsweise einen Haltegriff 66 umfassen, der mittels geeigneter Haltemittel 67 vorzugsweise lösbar an dem Lastaufnahmemittel 208 und/oder einem daran angelenkten Bauteil wie beispielsweise dem Betonkübel befestigt werden kann. Die genannten Haltemittel 67 können beispielsweise Magnethalter, Saugnäpfe, Rasthalter, Bajonettverschlusshalter oder ähnliches umfassen.

[0057] Dem genannten Haltegriff 66 können Kraft- und/oder Momentensensoren 68 und ggf. bei einer möglichen beweglichen Lagerung oder Ausbildung des Haltegriffs 66 auch Bewegungssensoren zugeordnet sein, mittels derer auf den Haltegriff 66 ausgeübte Kräfte und/oder Momente und/oder Bewegungen erfasst werden können. Die dem Haltegriff 66 zugeordnete Sensorik ist dabei vorteilhafterweise derart ausgebildet, dass die Kräfte und/oder Momente und/oder Bewegungen hinsichtlich ihrer Wirkrichtung und/oder betragsmäßigen Größe erfasst werden können, vgl. Fig. 6.

[0058] Anhand der am Haltegriff 66 ausgeübten Manipulationskräfte und/oder -momente und/oder -bewegungen, die von der Erfassungseinrichtung 60 erfasst werden, kann die Steuervorrichtung 3 die Antriebseinrichtungen des Krans 1 derart ansteuern, dass die erfassten händischen Manipulationen in motorische Kranstellbewegungen umgesetzt werden.

[0059] Das solchermaßen ermöglichte manuelle Dirigieren des Betonkübels bzw. des Lastaufnahmemittels 208 ermöglicht es einerseits, automatisiert angefahrne Zielpositionen nochmals fein nachjustieren. Andererseits ermöglicht es auch ein Bestimmen des gewünschten Verfahrensweges zwischen zwei Zielpunkten im Sinne einer Playback-Steuerung.

[0060] Um automatisierte Kranhübe ausführen zu können, beispielsweise zwischen der Betonanlieferungsstation und der Betonierfläche automatisch hin und her fahren zu können, umfasst die Steuervorrichtung 3 ein Verfahrensweg-Bestimmungsmodul 300 zum Bestimmen eines gewünschten Verfahrensweges zwischen zumindest zwei Zielpunkten sowie ein automatisches Fahr-Steuermodul 310 zum automatischen Verfahren des Lastaufnahmemittels entlang des bestimmten Verfahrensweges durch entsprechendes Ansteuern der Antriebseinrichtung des Krans 200.

[0061] Um verschiedene Betriebsarten zu ermöglichen, kann das genannte Verfahrensweg-Bestimmungsmodul 300 verschiedene Arbeitsmodi haben und entsprechende Module aufweisen, insbesondere ein PTP- bzw. Punkt-zu-Punkt-Steuermodul 301, ein Vielpunkt-Steuermodul 302 und ein Bahnsteuermodul 303, vgl. Fig. 1.

[0062] Ein solches PTP-Steuermodul 301 kann hierbei eine Überschleiffunktion beinhalten, mittels derer der Verfahrensweg so bestimmt wird, dass zum zeitoptimalen Verfahren ein definierter Zielpunkt nicht genau angefahren, sondern bei Erreichen dessen Überschleiffbereichs zum nächsten Punkt abgebogen wird, vgl. Fig. 2.

[0063] In Weiterbildung der Erfindung kann die ge-

nannte Überschleiffunktion des PTP-Steuermoduls 301 dabei asynchron arbeitend ausgebildet sein, so dass mit dem Überschleifen begonnen wird, wenn die letzte zu betätigende Antriebsachse bzw. Antriebseinrichtung die Raumkugel um den genannten Punkt herum erreicht. Alternativ kann die Überschleiffunktion auch synchron ausgebildet bzw. gesteuert sein, so dass mit dem Überschleifen begonnen wird, sobald die führende Bewegungs- bzw. Antriebsachse in die Raumkugel um den programmierten Punkt herum eindringt.

[0064] Alternativ oder zusätzlich zu dem genannten PTP-Steuermodul 301 kann das Verfahrensweg-Bestimmungsmodul 300 jedoch auch ein Vielpunkt-Steuermodul 302 aufweisen, vgl. Fig. 3, welches zwischen zwei anzufahrenden Zielpunkten 500, 510 eine Vielzahl von Zwischenpunkten 501, 502, 503, 504 ...n bestimmt, vorzugsweise derart, dass die genannten Zwischenpunkte 501, 502, 503, 504 ...n eine dichte Folge von zeitäquidistanten Punkten bilden, vgl. Fig. 4. Das Anfahren solcher zeitäquidistanten Zwischenpunkte 501, 502, 503, 504 ...n, die in dichter Folge angeordnet sind, benötigt näherungsweise dieselbe Zeitspanne, so dass eine insgesamt harmonische Betätigung der Antriebseinrichtungen und damit ein harmonisches Verfahren der Kranelemente erreicht werden kann.

[0065] Alternativ oder zusätzlich zu einem solchen Multipunkt-Steuermodul 302 kann die Bestimmung des Verfahrensweges auch durch ein Bahnsteuermodul 303 erfolgen, welches eine kontinuierliche, mathematisch definierte Bewegungsbahn zwischen den Zielpunkten berechnet, vgl. Fig. 5. Ein solches Bahnsteuermodul kann dabei einen Interpolator umfassen, der entsprechend einer vorgegebenen Bahnfunktion oder -teilstückfunktion beispielsweise in Form einer Geraden, eines Kreises oder eines Polynoms Zwischenwerte auf der berechneten Raumkurve ermittelt und sie an die Antriebseinrichtungen bzw. deren Antriebsregler gibt. Ein solcher Interpolator kann eine Linearinterpolation und/oder eine Kreisinterpolation und/oder eine Splineinterpolation und/oder Sonderinterpolationen, beispielsweise Bezier- oder Spiralinterpolationen ausführen, wobei dies mit oder ohne Überschleifen ausgeführt werden kann. Fig. 5a zeigt eine Bahn ohne Überschleifen, Fig. 5b eine Bahn mit Überschleifen.

[0066] Die Programmierung bzw. Bestimmung der Bahnführung bzw. des Verfahrensweges kann online oder offline erfolgen.

[0067] Bei einer Online-Programmierung kann die Bestimmung des gewünschten Verfahrensweges insbesondere durch eine Teach-in-Einrichtung 320 vorgenommen werden, mittels derer gewünschte Ziel- und Zwischenpunkte des gewünschten Verfahrensweges durch manuelle Betätigung der Bedienelemente der Steuervorrichtung oder auch durch Betätigung eines Programmierhandgerätes angefahren werden, wobei die Teach-in-Einrichtung 320 die genannten Ziel- und Zwischenpunkte speichert. Vorteilhafterweise kann ein erfahrener Kranführer mit der Steuerkonsole den Kran 2 bzw. dessen Lastha-

ken 208 entlang eines gewünschten Verfahrenswegs zwischen den Endpunkten verfahren. Alle so erreichten Koordinaten bzw. Zwischenpunkte können in der Steuerung 3 gespeichert werden. Im Automatikbetrieb kann die Steuervorrichtung 3 des Krans 2 dann alle gespeicherten Ziel- und Zwischenpunkte autonom anfahren.

[0068] Gemäß der Erfindung weist das Verfahrenweg-Bestimmungsmodul 300 auch eine Playback-Einrichtung 330 zum Bestimmen des gewünschten Verfahrenswegs durch manuelles Verfahren des Lasthakens entlang des gewünschten Verfahrenswegs auf.

[0069] Während des manuellen Führens des Lasthakens 208 entlang des gewünschten Verfahrenswegs, was beispielsweise mittels des Handsteuermoduls 65, vgl. Fig. 6, erfolgen kann, werden Koordinaten bzw. Zwischenpunkte aufgezeichnet, so dass die Steuervorrichtung 3 des Krans 2 die entsprechenden Bewegungen exakt wiederholen kann.

[0070] Das automatische Verfahr-Steuer-Modul 310 kann vorteilhafterweise Vorgaben einer Pendeldämpfungseinrichtung 340 berücksichtigen, wobei die genannte Pendeldämpfungseinrichtung 340 vorteilhafterweise die Signale der vorgenannten Erfassungseinrichtung 60 nutzen kann, die die Auslenkung des Lasthakens 208 gegenüber der Vertikalen 61 erfasst.

[0071] Wie Fig. 1 ferner zeigt, ist kann die Steuervorrichtung 3 an einen externen, separaten Leitreechner 400 angebunden, der Zugriff auf ein Bauwerkdatenmodell im Sinne eines BIM-Modells haben kann und digitale Daten aus diesem Bauwerkdatenmodell der Steuervorrichtung 3 bereitstellen kann. In der eingangs erläuterten Weise können diese digitalen Daten aus dem Bauwerkdatenmodell insbesondere dazu genutzt werden, für die Bestimmung des gewünschten Verfahrenswegs Ziel- und Zwischenpunkte bereitzustellen, die Bauwerksdaten in verschiedenen Phasen und Arbeitsbereichsbegrenzungen dynamisch berücksichtigen können.

[0072] 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 die genannte Pendeldämpfungseinrichtung 340 pendelrelevante Bewegungsparameter erfasst.

[0073] Hierzu kann der Kran 1 die genannte Erfassungseinrichtung 60 nutzen, die einen Schrägzug des Hubseils 207 und/oder Auslenkungen des Lasthakens 208 gegenüber der Vertikalen 61, die durch den Aufhängungspunkt des Lasthakens 208, d.h. die Laufkatze 206 geht, erfasst. Insbesondere kann der Seilzugwinkel gegen die Schwerkraftwirklinie, d.h. die Vertikale 61 erfasst werden, vgl. Fig. 1.

[0074] 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, bzw. zu reduzieren oder gar nicht erst eintreten zu lassen.

[0075] Hierzu kann die Pendeldämpfungseinrichtung 340 auch Bestimmungsmittel 342 zum Bestimmen von dynamischen Verformungen von Strukturbauteilen aufweisen, 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.

[0076] 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 Ansteuerreaktionen der Antriebseinrichtungen 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 Strukturteilbewegungen anhand eines gespeicherten Berechnungsmodells in Abhängigkeit der am Steuerstand eingegebenen Steuerbefehle berechnen.

[0077] 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.

[0078] Insbesondere kann die Pendeldämpfungseinrichtung 340 eine Filtereinrichtung bzw. einen Beobachter 345 umfassen, 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.

[0079] Eine solche Filter- bzw. Beobachtereinrichtung 345 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.

[0080] Mithilfe einer solchen Schrägzugregelung können insbesondere Verformungen und Schwingungsformen des Turmdrehkrans unter Last gedämpft bzw. von Anfang an vermieden werden, wie sie in Fig. 7 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,.

[0081] Ferner zeigen die Teilansichten b.) und c.) der Fig. 7 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.

[0082] Schließlich zeigt die Fig. 7 in ihren Teilansichten d.) und e.) einen mit solchen Querverformungen verknüpften Schrägzug des Hubseils.

[0083] Um der entsprechenden Schwingungsdynamik entgegenzuwirken, kann die Pendeldämpfungseinrichtung 340 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.

[0084] Vorteilhafterweise kann die Positionssensorik dazu ausgebildet sein, die Last bzw. den Lasthaken 208 relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu erfassen und/oder die Pendeldämpfungseinrichtung 340 dazu ausgebildet sein, die Last relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu positionieren.

[0085] 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 340 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.

[0086] 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.

[0087] 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.

Patentansprüche

1. System, das einen Kran, insbesondere Turmdrehkran, und einen externen Leitreechner umfasst, wobei der Kran ausgestattet ist mit einem an einem Hubseil (207) angebrachten Lastaufnahmemittel (208), Antriebseinrichtungen zum Bewegen mehrerer Kranelemente und Verfahren des Lastaufnahmemittels (208), sowie einer Steuervorrichtung (3) zum Steuern der Antriebseinrichtungen derart, dass das Lastaufnahmemittel (208) entlang eines Fahrwegs zwischen zumindest zwei Zielpunkten (500, 510) verfährt, wobei die Steuervorrichtung (3)

- ein Fahrweg-Bestimmungsmodul (300) zum Bestimmen eines gewünschten Fahrwegs zwischen den zumindest zwei Zielpunkten (500, 510), das mit einer Playback-Einrichtung (330) zum Bestimmen des gewünschten Fahrwegs und/oder gewünschter Ziel- und Zwischenpunkte (500 ... 510) des Fahrwegs durch manuelles Verfahren des Lastaufnahmemittels entlang des gewünschten Fahrwegs verbunden ist, und
- ein automatisches Fahrweg-Steuer-Modul (310)

- zum automatischen Verfahren des Lastaufnahmemittels (208) entlang des bestimmten Verfahrenswegs aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahrensweg-Bestimmungsmodul (300) an dem externen Leitreechner (400) angebunden ist, der Zugriff auf ein Bauwerkdatenmodell (BIM) besitzt und Ziel- und Zwischenpunkte (500 ... 510) für die Bestimmung des Verfahrenswegs bereitstellt, wobei von dem Leitreechner (400) zyklisch oder kontinuierlich aktualisierte Daten betreffend die Bauwerkskonturen verschiedener Bauphasen bereitgestellt werden und das Verfahrensweg-Bestimmungsmodul dazu ausgebildet ist, bei der Bestimmung des Verfahrenswegs die aktualisierten Daten betreffend die Bauwerkskonturen zu berücksichtigen.
2. System nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Verfahrensweg-Bestimmungsmodul (300) ein Punkt-zu-Punkt-Steuermodul (301) zum Bestimmen des Verfahrenswegs zwischen den Zielpunkten (500, 510) aufweist, wobei das Punkt-zu-Punkt-Steuermodul (301) eine Überschleiffunktion aufweist und asynchron arbeitend ausgebildet ist derart, dass bei Erreichen eines Überschleifbereichs eines Zielpunkts ohne genaues Anfahren dieses Zielpunkts zum nächsten Zielpunkt abgebogen wird, wobei mit dem Überschleifen begonnen wird, wenn die letzte Bewegungsachse eine Raumkugel um den Zielpunkt erreicht, oder synchron arbeitend ausgebildet ist derart, dass bei Erreichen eines Überschleifbereichs eines Zielpunkts ohne genaues Anfahren dieses Zielpunkts zum nächsten Zielpunkt abgebogen wird, wobei mit dem Überschleifen begonnen wird, wenn die führende Bewegungsachse eine Raumkugel um den Zielpunkt erreicht.
 3. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahrensweg-Bestimmungsmodul (300) ein Vielpunkt-Steuermodul (302) zum Bestimmen einer Vielzahl von Zwischenpunkten (501, 502, 503 ...) zwischen zwei Zielpunkten (500, 510) aufweist, wobei das Vielpunkt-Steuermodul (302) dazu ausgebildet ist, die Vielzahl der Zwischenpunkte äquidistant voneinander festzulegen.
 4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahrensweg-Bestimmungsmodul (300) ein Bahnsteuermodul (303) zum Bestimmen einer kontinuierlichen, mathematisch definierten Bahn zwischen zwei Zielpunkten (500, 510) aufweist.
 5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahrensweg-Bestimmungsmodul (300) mit einer Teach-in-Einrichtung (320) zum Bestimmen des gewünschten Verfahrenswegs durch manuelles Anfahren der gewünschten Ziel- und Zwischenpunkte (500 ... 510) verbunden ist.
 6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahrensweg-Bestimmungsmodul (300) dazu ausgebildet ist, Arbeitsbereichsbegrenzungen zu berücksichtigen und den Verfahrensweg um Arbeitsbereichsbegrenzungen herum zu bestimmen.
 7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Pendeldämpfungseinrichtung (340) vorgesehen ist, wobei das automatische Verfahrensweg-Steuer-Modul (310) Vorgaben und/oder ein Signal der Pendeldämpfungseinrichtung (340) bei der Ansteuerung der Antriebseinrichtungen und der Bestimmung der Verfahrensgeschwindigkeiten und/oder -beschleunigungen der Antriebseinrichtungen berücksichtigt.
 8. System nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Pendeldämpfungseinrichtung (340) eine Erfassungseinrichtung (60) zum Erfassen der Auslenkung des Hubseils (207) und/oder des Lastaufnahmemittels (208) gegenüber einer Vertikalen (61) durch einen Aufhängungspunkt des Hubseils (207) aufweist, wobei das automatische Verfahrensweg-Steuer-Modul (310) die Antriebseinrichtungen in Abhängigkeit eines Auslenkungs- und/oder Schrägzugsignals der genannten Erfassungseinrichtung (61) ansteuert.
 9. System nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei 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.
 10. System 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.
 11. System 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.

12. System nach einem der Ansprüche 9 bis 11, 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, und/oder eine Berechnungseinheit (348), die Strukturverformungen und sich daraus ergebende Strukturteilbewegungen anhand eines gespeicherten Berechnungsmodells in Abhängigkeit von am Steuerstand eingegebenen Steuerbefehle berechnet, und/oder eine Sensorik (344) zum Erfassen der Verformungen und/oder Dynamikparameter der Strukturbauteile aufweisen.
13. System 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.
14. System nach einem der Ansprüche 9 bis 13 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 dynamisch induzierten Bewegungen von Kranelementen und/oder Verformungen von Strukturbauteilen die Reglerstellgrößen zu beeinflussen, wobei die Filter- und/oder Beobachtereinrichtung (345) als Kalman-Filter (346) ausgebildet ist, 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.
15. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuervorrichtung (3) eine Positionssensorik umfaßt, die dazu ausgebildet ist, das Lastaufnahmemittel (208) relativ zu einem fixem Weltkoordinatensystem zu erfassen, und/oder dazu ausge-

bildet ist, das Lastaufnahmemittel (208) relativ zu einem fixen Weltkoordinatensystem zu positionieren.

Claims

1. A system comprising a crane, in particular tower crane, and an external master computer, wherein the crane is equipped with a load lifting means (208) mounted on a hoisting cable (207), driving devices for moving several crane elements and traversing the load lifting means (208), and a control device (3) for controlling the driving devices such that the load lifting means (208) moves along a traversing path between at least two target points (500, 510), wherein the control device (3) includes

- a traversing path determining module (300) for determining a desired traversing path between the at least two target points (500, 510), which is connected to a playback device (330) for determining the desired traversing path and/or desired target and intermediate points (500 ... 510) of the traversing path by manually traversing the load lifting means along the desired traversing path, and

- an automatic traversing control module (310) for automatically traversing the load lifting means (208) along the determined traversing path,

characterized in that the traversing path control module (300) is coupled to the external master computer (400) which has access to a building data module (BIM) and provides target and intermediate points (500 ... 510) for determining the traversing path, wherein the master computer (400) cyclically or continuously provides updated data concerning the building contours of various building phases, and the traversing path determining module is configured to take account of the updated data concerning the building contours when determining the traversing path.

2. The system according to the preceding claim, wherein the traversing path determining module (300) includes a point-to-point control module (301) for determining the traversing path between the target points (500, 510), wherein the point-to-point control module (301) includes an overlooping function and is configured to operate asynchronously such that upon reaching an overlooping area of a target point without exactly approaching this target point a turn is made to the next target point, wherein overlooping is started when the last axis of movement reaches a sphere around the target point, or is configured to operate synchronously such that upon reaching an

- overlooping area of a target point without exactly approaching this target point a turn is made to the next target point, wherein overlooping is started when the leading movement axis reaches a sphere around the target point.
3. The system according to any of the preceding claims, wherein the traversing path determining module (300) includes a multipoint control module (302) for determining a plurality of intermediate points (501, 502, 503 ...) between two target points (500, 510), wherein the multipoint control module (302) is configured to fix the plurality of intermediate points equidistantly from each other.
 4. The system according to any of the preceding claims, wherein the traversing path determining module (300) includes a path control module (303) for determining a continuous, mathematically defined path between two target points (500, 510).
 5. The system according to any of the preceding claims, wherein the traversing path determining module (300) is connected to a teach-in device (320) for determining the desired traversing path by manually approaching the desired target and intermediate points (500 ... 510).
 6. The system according to any of the preceding claims, wherein the traversing path determining module (300) is configured to take account of working range limitations and determine the traversing path around working range limitations.
 7. The system according to any of the preceding claims, wherein a sway damping device (340) is provided, wherein the automatic traversing control module (310) takes account of specifications and/or a signal of the sway damping device (340) in the actuation of the driving devices and the determination of the traversing speeds and/or accelerations of the driving devices.
 8. The system according to the preceding claim, wherein the sway damping device (340) includes a detection device (60) for detecting the deflection of the hoisting cable (207) and/or the load lifting means (208) with respect to a vertical (61) through a suspension point of the hoisting cable (207), wherein the automatic traversing control module (310) actuates the driving devices in dependence on a deflection and/or diagonal pull signal of said detection device (61).
 9. The system according to any of the two preceding claims, wherein the sway damping device (340) includes determination means (342) for determining deformations and/or movements of structural components of the crane as a result of dynamic loads, wherein the control module (341) of the sway damping device (340) is configured to take account of the determined deformations and/or movements of the structural components as a result of dynamic loads when influencing the actuation of the driving devices.
 10. The system according to the preceding claim, wherein the structural components comprise a tower (201) and/or a boom (202) and the determination means (342) are configured to determine deformations and/or loads of the tower (201) and/or the boom (202) as a result of dynamic loads.
 11. The system according to any of the two preceding claims, wherein the structural components comprise drive train parts such as slewing gear parts, trolley drive parts and the like, and the determination means (342) are configured to determine deformations and/or movements of the drive train parts as a result of dynamic loads.
 12. The system according to any of claims 9 to 11, wherein the determination means (342) include an estimation device (343) for estimating the deformations and/or movements of the structural components as a result of dynamic loads on the basis of digital data of a data model describing the crane structure, and/or a calculation unit (348) that calculates structural deformations and resulting movements of structural components with reference to a stored calculation model in dependence on control commands entered at the control stand, and/or a sensor system (344) for detecting the deformations and/or dynamic parameters of the structural components.
 13. The system according to the preceding claim, wherein the sensor system (344) includes an inclination and/or acceleration sensor for detecting tower inclinations and/or velocities, a rotational speed and/or acceleration sensor for detecting the rotational speed and/or acceleration of a boom and/or a pitching movement sensor for detecting pitching movements and/or accelerations of the boom, and/or a cable speed and/or acceleration sensor for detecting cable speeds and/or accelerations of the hoisting cable (207).
 14. The system according to any of claims 9 to 13, wherein the sway damping device (340) includes a filter and/or observer device (345) for influencing the actuating variables of drive regulators (347) for actuating the driving devices, wherein said filter and/or observer device (345) is configured to receive the actuating variables of the drive regulators (347) and the detected and/or estimated movements of crane elements and/or deformations and/or movements of

structural components, which occur as a result of dynamic loads, as input variables, and influence the regulator actuating variables in dependence on the dynamic-induced movements of crane elements obtained for particular regulator actuating variables and/or deformations of structural components, wherein the filter and/or observer device (345) is configured as a Kalman filter (346), wherein detected and/or estimated and/or calculated and/or simulated functions that characterize the dynamics of the structural components of the crane are implemented in the Kalman filter (346).

15. The system according to any of the preceding claims, wherein the control device (3) comprises a position sensor system that is configured to detect the load lifting means (208) relative to a fixed world coordinate system and/or is configured to position the load lifting means (208) relative to a fixed world coordinate system.

Revendications

1. Système comprenant une grue, en particulier une grue à tour, et un ordinateur maître externe, dans lequel la grue est équipée d'un moyen de levage de charge (208) monté sur un câble de levage (207), de dispositifs d'entraînement pour déplacer plusieurs éléments de grue et traverser le moyen de levage de charge (208), et d'un dispositif de commande (3) pour commander les dispositifs d'entraînement de telle sorte que le moyen de levage de charge (208) se déplace le long d'une trajectoire de déplacement entre au moins deux points cibles (500, 510), dans lequel le dispositif de commande (3) comprend

- un module de détermination de trajectoire de déplacement (300) pour déterminer une trajectoire de déplacement souhaité entre les au moins deux points cibles (500, 510), qui est connecté à un dispositif de lecture (330) pour déterminer la trajectoire de déplacement souhaité et/ou les points cibles et intermédiaires (500 ... 510) souhaités du trajectoire de déplacement en déplaçant manuellement le moyen de levage de charge le long du trajectoire de déplacement souhaité, et

- un module de commande de déplacement automatique (310) pour faire traverser automatiquement le moyen de levage de charge (208) le long du trajectoire de déplacement déterminé,

caractérisé en ce que le module de détermination de trajectoire de déplacement (300) est couplé à l'ordinateur maître externe (400) qui a accès à un module de données de bâtiment (BIM) et fournit des

points cibles et intermédiaires (500 ... 510) pour déterminer la trajectoire de déplacement, l'ordinateur maître (400) fournissant de manière cyclique ou continue des données actualisées concernant les contours de bâtiment de différentes phases de construction, et le module de détermination de trajectoire de déplacement étant configuré pour prendre en compte les données actualisées concernant les contours de bâtiment lors de la détermination du trajectoire de déplacement.

2. Système selon la revendication précédente, dans lequel le module de détermination de trajectoire de déplacement (300) comprend un module de commande point à point (301) pour déterminer la trajectoire de déplacement entre les points cibles (500, 510), dans lequel le module de commande point à point (301) comprend une fonction de surloopping et est configuré pour fonctionner de manière asynchrone de telle sorte que lorsqu'il atteint une zone de surloopping d'un point cible sans s'approcher exactement de ce point cible, un virage est effectué vers le point cible suivant, dans lequel le surloopping est démarré lorsque le dernier axe de mouvement atteint une sphère autour du point cible, ou est configuré pour fonctionner de manière synchrone de telle sorte qu'en atteignant une zone de surloopping d'un point cible sans s'approcher exactement de ce point cible, un virage est effectué vers le point cible suivant, dans lequel le surloopping est démarré lorsque l'axe de mouvement principal atteint une sphère autour du point cible.

3. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module de détermination de trajectoire de déplacement (300) comprend un module de commande multipoint (302) pour déterminer une pluralité de points intermédiaires (501, 502, 503...) entre deux points cibles (500, 510), dans lequel le module de commande multipoint (302) est configuré pour fixer la pluralité de points intermédiaires à équidistance les uns des autres.

4. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module de détermination de trajectoire de déplacement (300) comprend un module de contrôle de trajectoire (303) pour déterminer une trajectoire continue, mathématiquement défini, entre deux points cibles (500, 510).

5. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module de détermination du trajectoire de déplacement (300) est connecté à un dispositif d'apprentissage (320) pour déterminer la trajectoire de déplacement souhaité en approchant manuellement les points cibles et intermédiaires (500 ... 510) souhaités.

6. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module de détermination de trajectoire de déplacement (300) est configuré pour prendre en compte des limites de plage de travail et déterminer la trajectoire de déplacement autour des limites de plage de travail.
7. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un dispositif d'amortissement de balancement (340) est prévu, dans lequel le module de commande de déplacement automatique (310) prend en compte des spécifications et/ou un signal du dispositif d'amortissement de balancement (340) dans l'actionnement des dispositifs d'entraînement et la détermination des vitesses de déplacement et/ou des accélérations des dispositifs d'entraînement.
8. Système selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif d'amortissement de balancement (340) comprend un dispositif de détection (60) pour détecter la déviation du câble de levage (207) et/ou du moyen de levage de charge (208) par rapport à une verticale (61) à travers un point de suspension du câble de levage (207), dans lequel le module de commande de déplacement automatique (310) actionne les dispositifs d'entraînement en fonction d'un signal de déviation et/ou de traction diagonale dudit dispositif de détection (61).
9. Système selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, dans lequel le dispositif d'amortissement de balancement (340) comprend des moyens de détermination (342) pour déterminer des déformations et/ou des mouvements de composants structurels de la grue à la suite de charges dynamiques, dans lequel le module de commande (341) du dispositif d'amortissement de balancement (340) est configuré pour prendre en compte les déformations et/ou les mouvements déterminés des composants structurels à la suite de charges dynamiques lorsqu'il influence l'actionnement des dispositifs d'entraînement.
10. Système selon la revendication précédente, dans lequel les composants structurels comprennent une tour (201) et/ou une flèche (202) et les moyens de détermination (342) sont configurés pour déterminer les déformations et/ou les charges de la tour (201) et/ou de la flèche (202) à la suite de charges dynamiques.
11. Système selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, dans lequel les composants structurels comprennent des parties de train d'entraînement telles que des parties du mécanisme de rotation, des parties d'entraînement du chariot et analogues, et les moyens de détermination (342) sont configurés pour déterminer des déformations et/ou des mouvements des parties de train d'entraînement à la suite de charges dynamiques.
12. Système selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel les moyens de détermination (342) comprennent un dispositif d'estimation (343) pour estimer les déformations et/ou les mouvements des composants structurels à la suite de charges dynamiques sur la base de données numériques d'un modèle de données décrivant la structure de la grue, et/ou une unité de calcul (348) qui calcule les déformations structurelles et les mouvements résultants des composants structurels à l'aide d'un modèle de calcul mémorisé en fonction d'instructions de commande entrées sur le poste de commande, et/ou un système de capteurs (344) pour détecter les déformations et/ou les paramètres dynamiques des composants structurels.
13. Système selon la revendication précédente, dans lequel le système de capteurs (344) comprend un capteur d'inclinaison et/ou d'accélération pour détecter les inclinaisons et/ou les vitesses de la tour, un capteur de vitesse de rotation et/ou d'accélération pour détecter la vitesse de rotation et/ou l'accélération d'une flèche et/ou un capteur de mouvement de tangage pour détecter les mouvements de tangage et/ou les accélérations de la flèche, et/ou un capteur de vitesse et/ou d'accélération du câble pour détecter les vitesses et/ou les accélérations du câble de levage (207).
14. Système selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans lequel le dispositif d'amortissement de balancement (340) comprend un dispositif de filtrage et/ou d'observation (345) pour influencer les variables d'actionnement des régulateurs d'entraînement (347) pour l'actionnement des dispositifs d'entraînement, dans lequel ledit dispositif de filtrage et/ou d'observation (345) est configuré pour recevoir les variables d'actionnement des régulateurs d'entraînement (347) et les mouvements détectés et/ou estimés des éléments de grue et/ou les déformations et/ou les mouvements des composants structurels, qui se produisent à la suite de charges dynamiques, en tant que variables d'entrée, et influencer les variables d'actionnement des régulateurs en fonction des mouvements des éléments de grue induits par la dynamique, obtenus pour certaines variables d'actionnement des régulateurs et/ou déformations des composants structurels, le dispositif de filtrage et/ou d'observation (345) étant configuré comme un filtre de Kalman (346), des fonctions détectées et/ou estimées et/ou calculées et/ou simulées, qui caractérisent la dynamique des composants structurels de la grue, étant implémentées dans le filtre de Kalman (346).

15. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de commande (3) comprend un système de capteurs de position qui est configuré pour détecter le moyen de levage de charge (208) par rapport à un système de coordonnées mondiales fixe et/ou est configuré pour positionner le moyen de levage de charge (208) par rapport à un système de coordonnées mondiales fixe.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

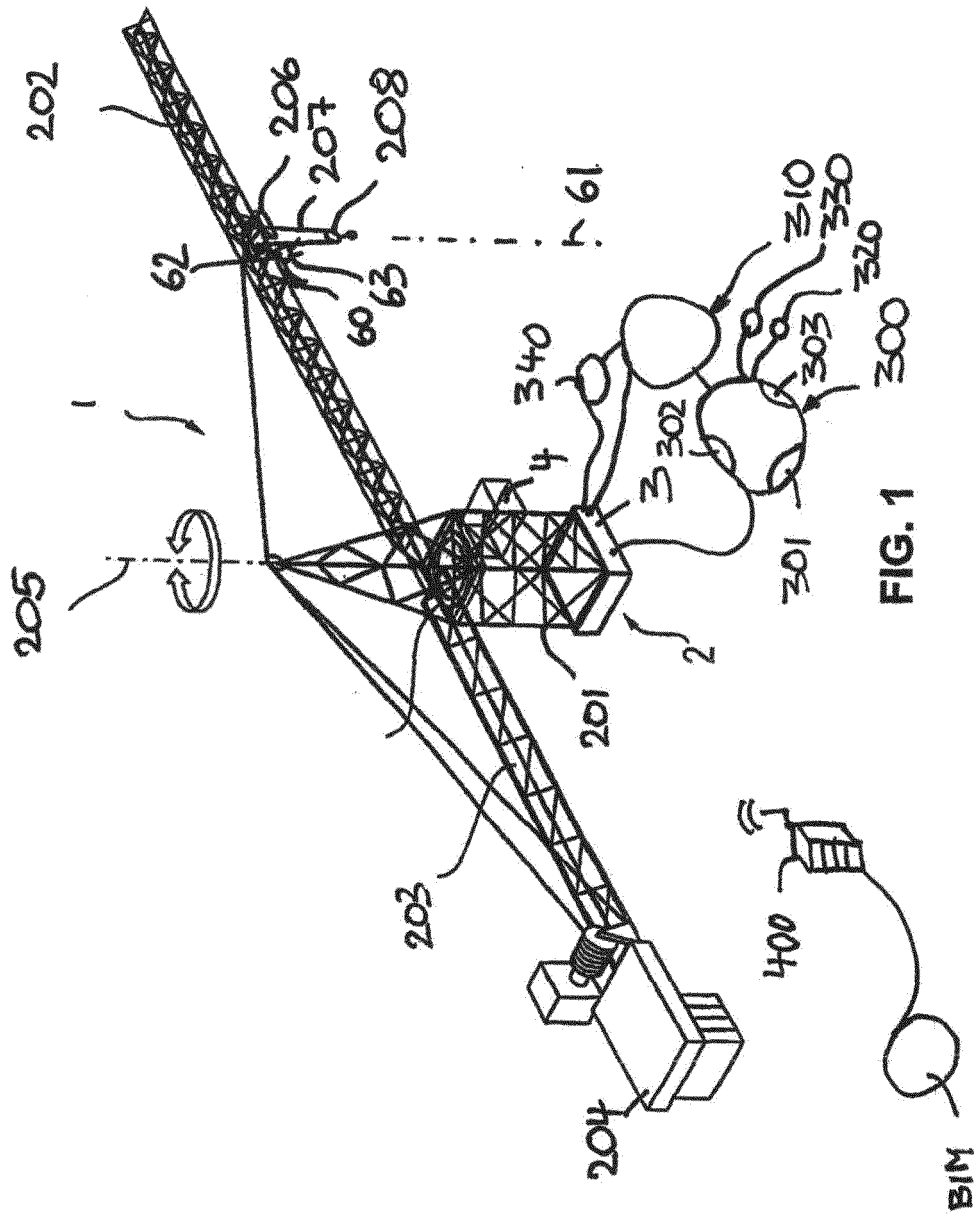


FIG. 1

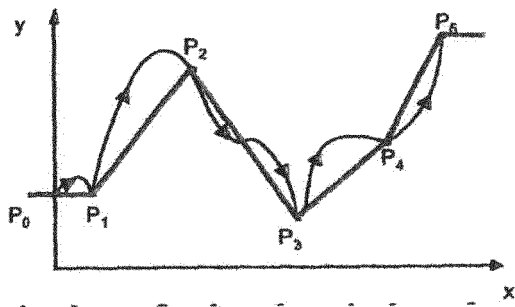


Fig. 2

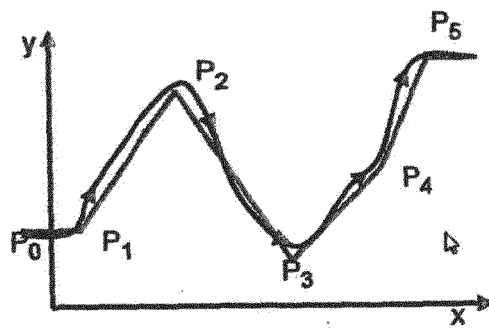


Fig. 3

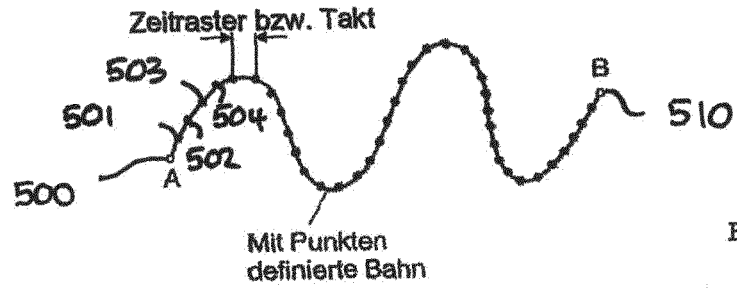
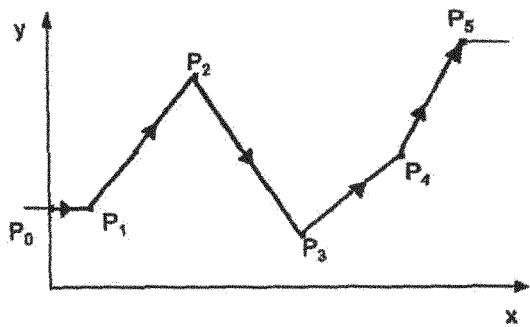
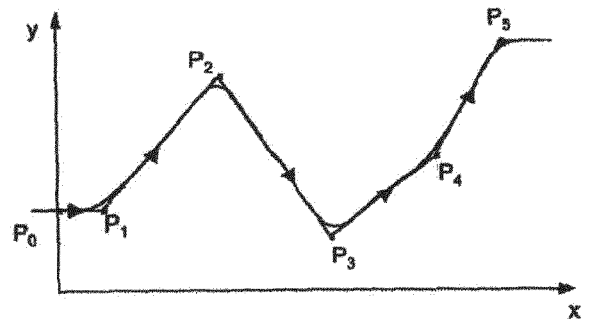


Fig. 4



(a)



(b)

Fig. 5

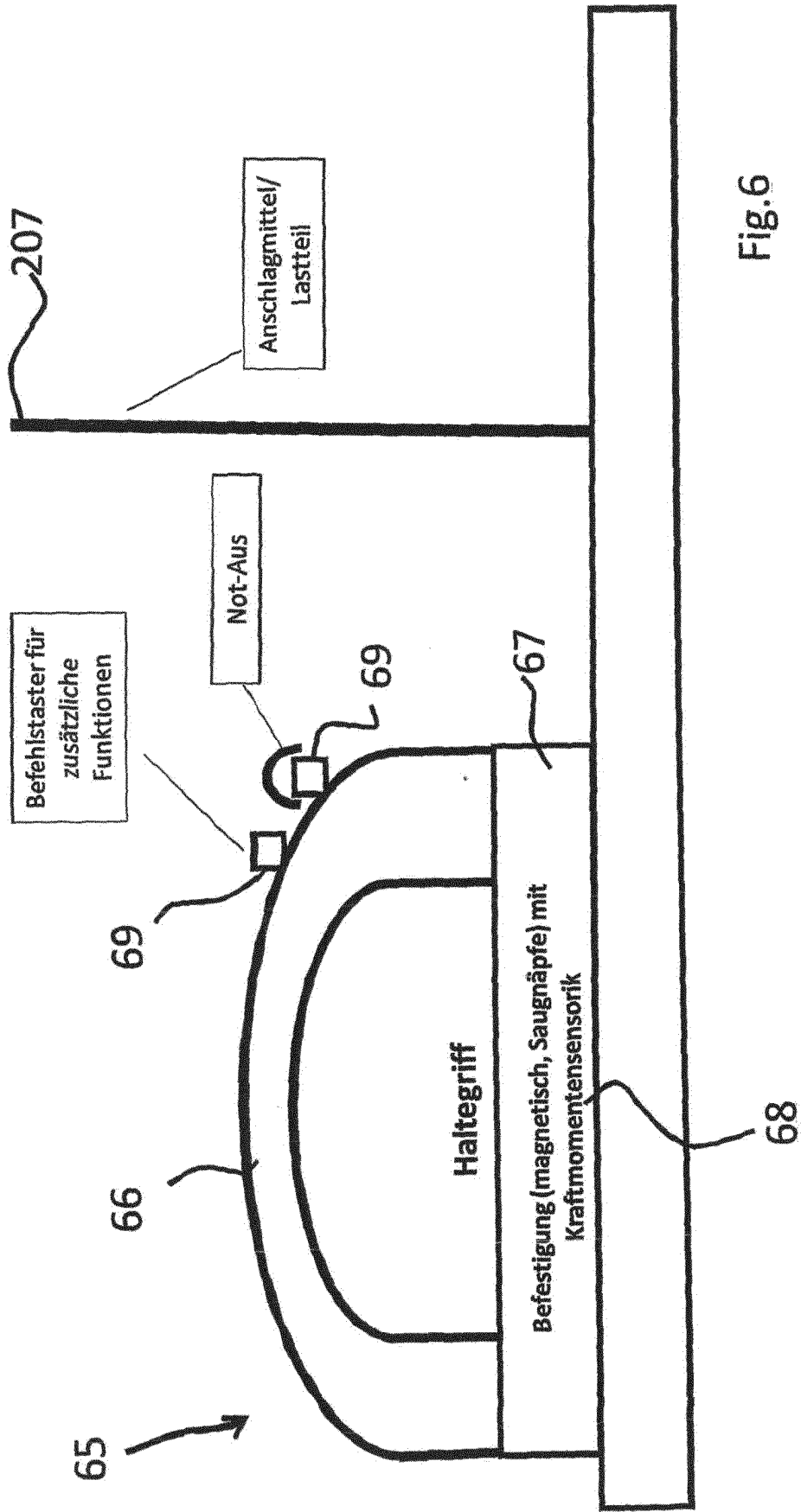


Fig.6

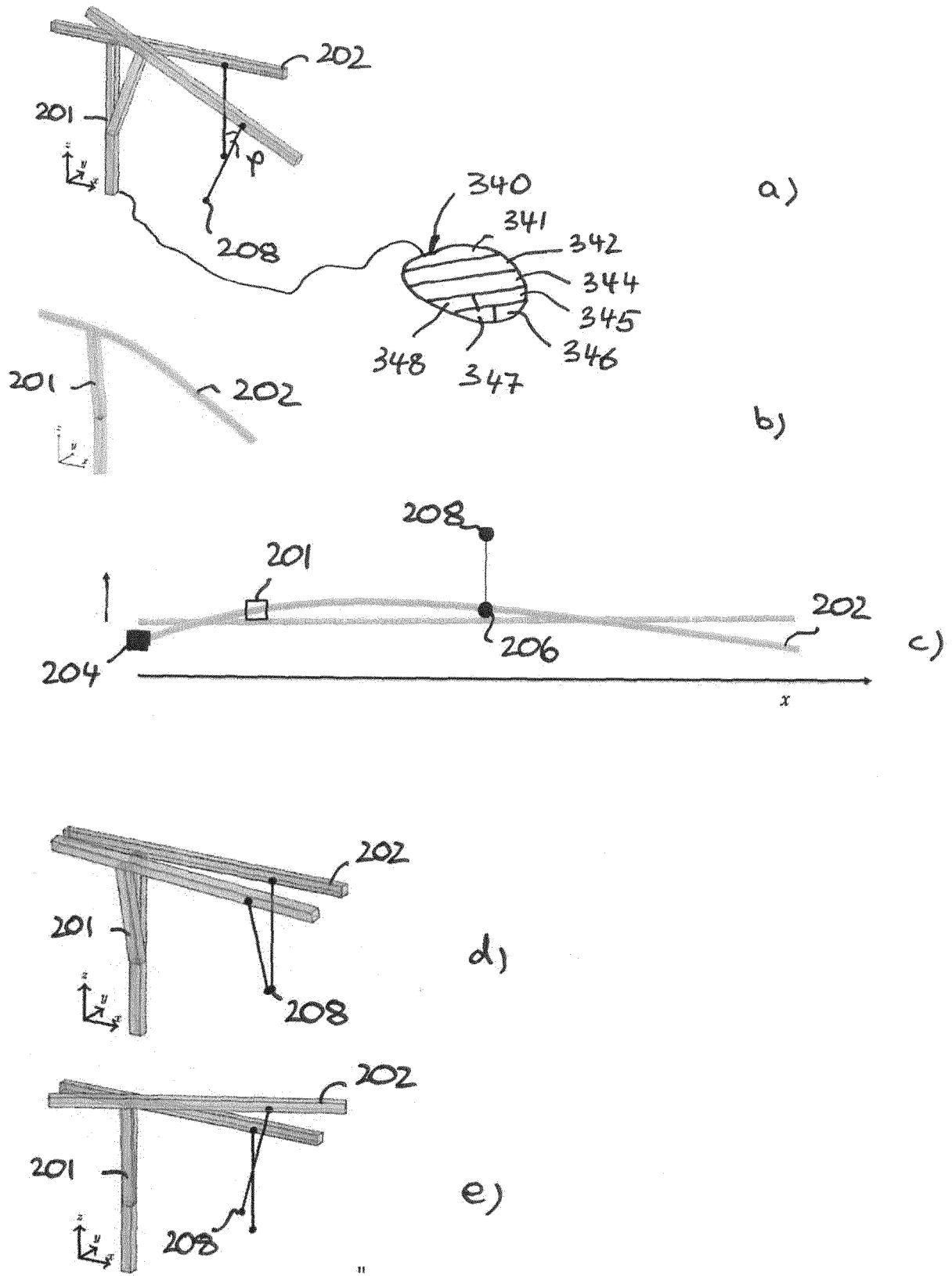


Fig. 7

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 10064182 A1 [0002]
- DE 102005002192 A1 [0003]
- US 2012234781 A1 [0004]
- US 2013345857 A1 [0004]
- DE 102004045749 A1 [0004]
- DE 202008018260 U1 [0025]
- DE 102009032270 A1 [0025]