

(19)



(11)

EP 3 689 807 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.08.2020 Patentblatt 2020/32

(51) Int Cl.:
B66C 15/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19155318.9**

(22) Anmeldetag: **04.02.2019**

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

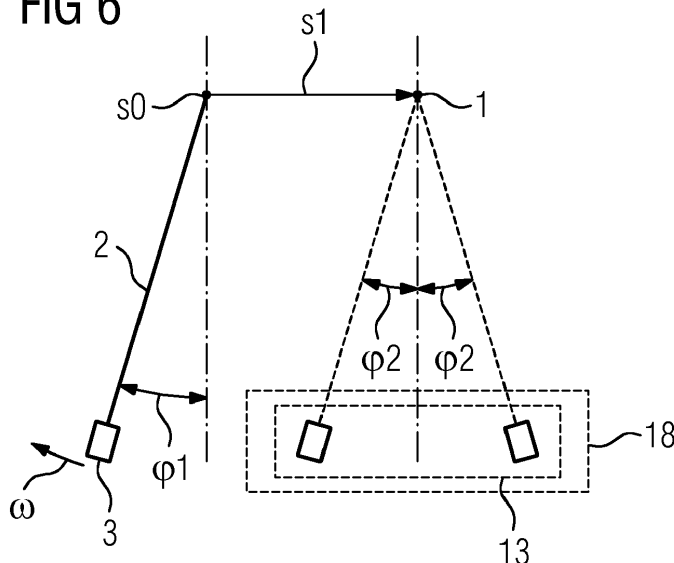
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft 80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
 • **Ladra, Uwe 91056 Erlangen (DE)**
 • **Recktenwald, Alois 91074 Herzogenaurach (DE)**

(54) **KOLLISIONSFREIE WEGFÜHRUNG EINER AN EINEM SEIL HÄNGENDEN LAST**

(57) Ein Kran weist einen oberen Lastaufhängepunkt (1) auf, an dem über ein Seilsystem (2) eine Last (3) aufgehängt ist, so dass die Last (3) um den oberen Lastaufhängepunkt (1) pendeln kann. Eine Steuereinrichtung (9) des Krans steuert Antriebe (4a, 4b) des Krans an, so dass der obere Lastaufhängepunkt (1) und mit ihm die Last (3) entsprechend der Ansteuerung durch die Steuereinrichtung (9) verfahren werden. Die Steuereinrichtung (9) ermittelt beim Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts (1) in Abhängigkeit von Zustandsgrößen ($x, v, l, \varphi_1, \omega, vW$) des Krans dynamisch immer wieder eine innere Sicherheitszone (13) um die Last (3) herum. Die Zustandsgrößen ($x, v, l, \varphi_1, \omega, vW$) umfassen zumindest eine Lage (x) des oberen Lastaufhängepunkts (1), eine Verfahrgeschwindigkeit (v) des oberen Lastaufhängepunkts (1) und eine wirksame Pendellänge (l) der Last (3) um den oberen Lastaufhängepunkt (1). Die Steuereinrichtung (9) prüft anhand von der Steuereinrichtung (9) bekannten weiteren Informationen, ob ein von der Last (3) verschiedenes Objekt (14) in die innere Sicherheitszone (13) eintritt. Sobald ein Objekt (14) in die innere Sicherheitszone (13) eintritt, beendet die Steuereinrichtung (9) das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts (1) oder gibt eine Meldung (M) zum Beenden des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts (1) an eine Bedienerperson (12) des Krans aus. Anderenfalls behält die Steuereinrichtung (9) das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts (1) bei oder gibt keine Meldung (M) zum Beenden des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts (1) an die Bedienerperson (12) des Krans aus.

FIG 6



EP 3 689 807 A1

Beschreibung

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für einen Kran, insbesondere einen Containerkran, der einen oberen Lastaufhängepunkt aufweist, an dem über ein Seilsystem eine Last aufgehängt ist, so dass die Last um den oberen Lastaufhängepunkt pendeln kann,

- wobei eine Steuereinrichtung des Krans Antriebe des Krans ansteuert, so dass der obere Lastaufhängepunkt und mit ihm die Last entsprechend der Ansteuerung durch die Steuereinrichtung verfahren werden.

10 **[0002]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Steuerprogramm für eine Steuereinrichtung eines Krans, wobei das Steuerprogramm Maschinencode umfasst, der von der Steuereinrichtung ausführbar ist, wobei die Ausführung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung den Kran gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

15 **[0003]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung eines Krans, wobei die Steuereinrichtung mit einem derartigen Steuerprogramm programmiert ist, so dass die Ausführung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung den Kran gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

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

- 20 - wobei der Kran einen oberen Lastaufhängepunkt aufweist, an dem über ein Seilsystem eine Last aufhängbar ist, so dass die Last um den oberen Lastaufhängepunkt pendeln kann,
- wobei der Kran Antriebe aufweist, mittels derer der obere Lastaufhängepunkt des Krans und mit ihm die Last verfahrbar sind,
- der Kran eine Steuereinrichtung aufweist, die Antriebe des Krans ansteuert, so dass der obere Lastaufhängepunkt und mit ihm die Last entsprechend der Ansteuerung durch die Steuereinrichtung verfahren werden.

25 **[0005]** Beim Betrieb von Kranen kann es beim Umschlagen einer Last - beispielsweise eines Containers - zu Kollisionen der umgeschlagenen Last mit einem Hindernis kommen. Ein besonderer Fall ist hierbei der manuelle Betrieb des Krans. Beim manuellen Betrieb wird der Kran von einem Kranfahrer bzw. allgemein einer Bedienperson bedient. Die Bedienperson hat die volle Verantwortung für den Kran und die von dem Kran geführte Last. Die Bedienperson muss insbesondere sicherstellen, dass es nicht zu einer Kollision der Last mit anderen Objekten (Hindernissen) kommt. Die Bedienpersonen derartiger Krane sind in der Regel gut geschult und können Situationen, die zu einer Kollision führen könnten, gut einschätzen. Es kann jedoch vorkommen, dass - ohne direkten Einfluss der Bedienperson - die Steuereinrichtung des Krans plötzlich einen Nothalt (Sicherheitsstopp) auslöst. In diesem Fall wird die Bewegung des oberen Lastaufhängepunkts so schnell wie möglich beendet. Das Abbremsen des oberen Lastaufhängepunkts wirkt über das Seilsystem auf die Last. Die Last wird dadurch in manchen Fällen in eine unerwünschte, von der Bedienperson so nicht vorhersehbare Pendelbewegung versetzt. Durch die Pendelbewegung kann es trotz und sogar gerade wegen des Nothalts zu einer Kollision kommen.

[0006] Ähnliche Problematiken können sich im Falle eines automatisierten Betriebs des Krans ergeben, wenn plötzlich ein Nothalt bzw. Sicherheitsstopp ausgelöst wird.

40 **[0007]** Im Stand der Technik sind an sich zwar Lösungen für den Kollisionsschutz bekannt. Diese Lösungen setzen jedoch voraus, dass die Last mit dem oberen Lastaufhängepunkt starr verbunden ist. Bei den Lösungen des Standes der Technik wird also vorausgesetzt, dass die Last nicht um den oberen Lastaufhängepunkt pendeln kann. Für Situationen, in denen ein Pendeln der Last möglich ist, sind Lösungen im Stand der Technik nicht bekannt.

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Kollisionsschutz zuverlässig auch dann zu gewährleisten, wenn ein Pendeln der Last um den oberen Lastaufhängepunkt möglich ist.

[0009] Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 10.

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

- 50 - dass die Steuereinrichtung beim Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts in Abhängigkeit von Zustandsgrößen des Krans dynamisch immer wieder eine innere Sicherheitszone um die Last herum ermittelt,
- dass die Zustandsgrößen zumindest eine Lage des oberen Lastaufhängepunkts, eine Verfahrensgeschwindigkeit des oberen Lastaufhängepunkts und eine wirksame Pendellänge der Last um den oberen Lastaufhängepunkt umfassen,
- 55 - dass die Steuereinrichtung anhand von der Steuereinrichtung bekannten weiteren Informationen prüft, ob ein von der Last verschiedenes Objekt in die innere Sicherheitszone eintritt, und
- dass die Steuereinrichtung, sobald ein Objekt in die innere Sicherheitszone eintritt, das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts beendet oder eine Meldung zum Beenden des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts an eine Bedienperson des Krans ausgibt, und anderenfalls das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts beibehält

oder keine Meldung zum Beenden des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts an die Bedienperson des Krans ausgibt.

5 **[0011]** Es ist möglich, dass die Steuereinrichtung ausschließlich die innere Sicherheitszone ermittelt. Vorzugsweise ist jedoch vorgesehen,

- dass die Steuereinrichtung in Abhängigkeit von den jeweiligen Zustandsgrößen dynamisch mindestens eine die innere Sicherheitszone umgebende äußere Sicherheitszone ermittelt,
- 10 - dass die Steuereinrichtung anhand der weiteren Informationen prüft, ob ein von der Last verschiedenes Objekt in die äußere Sicherheitszone eintritt, und
- dass die Steuereinrichtung, sobald ein Objekt in die äußere Sicherheitszone eintritt, eine Verfahrensgeschwindigkeit des oberen Lastaufhängepunkts reduziert oder eine Meldung zum Reduzieren der Verfahrensgeschwindigkeit des oberen Lastaufhängepunkts an eine Bedienperson des Krans ausgibt, und anderenfalls die Verfahrensgeschwindigkeit des oberen Lastaufhängepunkts beibehält oder keine Meldung zum Reduzieren der Verfahrensgeschwindigkeit des oberen Lastaufhängepunkts an die Bedienperson des Krans ausgibt.
- 15

[0012] Durch diese Ausgestaltung ist es möglich, bereits im Vorfeld, bevor die Gefahr einer Kollision droht, eine entsprechende Reduzierung der Verfahrensgeschwindigkeit vorzunehmen oder anzufordern, dass die Verfahrensgeschwindigkeit reduziert. Dadurch kann die Verfahrbewegung als solche zwar durchgeführt werden, aber nur mit einer reduzierten Verfahrensgeschwindigkeit. Es wird also nicht sofort die Verfahrbewegung abgebrochen bzw. bei der Bedienperson ein derartiger Abbruch angefordert. Das Ausmaß der Reduzierung der Verfahrensgeschwindigkeit ist dadurch bestimmt, dass in dem Falle, dass bei der reduzierten Verfahrensgeschwindigkeit ein Sicherheitsstopp auftritt, der obere Lastaufhängepunkt ohne Gefahr einer Kollision der Last mit einem Hindernis angehalten werden kann. Gegebenenfalls können auch mehrere ineinander verschachtelte äußere Sicherheitszonen ermittelt werden, wobei die Verfahrensgeschwindigkeit - bezogen auf die verschiedenen äußeren Sicherheitszonen - von außen nach innen immer weiter reduziert wird.

20

25

[0013] Es ist möglich, dass die Steuereinrichtung in einem automatischen Betrieb arbeitet, in dem die Steuereinrichtung eigenständig ermittelt, welche Verfahrbewegung der obere Lastaufhängepunkt jeweils ausführen soll. Vorzugsweise arbeitet die Steuereinrichtung jedoch in einem manuellen Betrieb, in dem die Steuereinrichtung von der Bedienperson immer wieder Fahrbefehle für den oberen Lastaufhängepunkt entgegennimmt. In diesem Fall nimmt die Steuereinrichtung die Ansteuerung der Antriebe zumindest dann, wenn kein von der Last verschiedenes Objekt in die innere Sicherheitszone bzw. in die äußere Sicherheitszone eingetreten ist, jeweils entsprechend den vorgegebenen Fahrbefehlen vor.

30

[0014] Vorzugsweise ermittelt die Steuereinrichtung anhand der momentanen Verfahrensgeschwindigkeit des oberen Lastaufhängepunkts einen Bremsweg des oberen Lastaufhängepunkts und berücksichtigt im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone den Bremsweg des oberen Lastaufhängepunkts und eine Pendelbewegung der Last um den oberen Lastaufhängepunkt. Durch diese Vorgehensweise lässt sich die innere Sicherheitszone möglichst gut abschätzen. Ein Eingreifen in die eigentlich gewünschte Verfahrbewegung des oberen Lastaufhängepunkts wird dadurch auf diejenigen Fälle reduziert, in denen sie tatsächlich erforderlich ist.

35

[0015] In der Regel legt die Steuereinrichtung der Ermittlung des Bremsweges des oberen Lastaufhängepunkts eine vorbekannte, konstante Beschleunigung zu Grunde.

[0016] Im optimalen Fall umfassen die Zustandsgrößen - zusätzlich zur Verfahrensgeschwindigkeit des oberen Lastaufhängepunkts und der wirksamen Pendellänge - für die tatsächliche Pendelbewegung charakteristische Größen. Dadurch ist es möglich, dass die Steuereinrichtung anhand der für die tatsächliche Pendelbewegung charakteristischen Größen - also der konkret gegebenen Pendelbewegung zu dem Zeitpunkt, zu dem der Sicherheitsstopp auftritt - eine maximale Auslenkung der Pendelbewegung für denjenigen Zeitpunkt ermittelt, zu dem der obere Lastaufhängepunkt gestoppt ist, und im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone die ermittelte maximale Auslenkung der Pendelbewegung berücksichtigt. Dadurch kann die innere Sicherheitszone sehr genau entsprechend der tatsächlichen Gegebenheiten ermittelt werden.

40

45

[0017] Alternativ ist es möglich, dass die Zustandsgrößen, die für die tatsächliche Pendelbewegung charakteristischen Größen nicht umfassen. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung die Pendelbewegung dadurch berücksichtigen, dass sie einer Pendeltabelle einen von der Verfahrensgeschwindigkeit des oberen Lastaufhängepunkts und der wirksamen Pendellänge abhängigen Wert entnimmt und diesen Wert im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone berücksichtigt. In der Pendeltabelle ist hierbei ein Wert hinterlegt, der in der Praxis dem schlimmstmöglichen Fall entspricht. Es wird also eine worst case Betrachtung vorgenommen. Dadurch ist eine zuverlässige Ermittlung der inneren Sicherheitszone auch dann möglich, wenn die tatsächliche Pendelbewegung nicht bekannt ist.

50

[0018] Es ist weiterhin möglich, dass die Zustandsgrößen zusätzlich eine Windgeschwindigkeit eines die Last umströmenden Windes umfassen. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone zusätzlich auch eine Auslenkung der Last durch den Wind mitberücksichtigen. Dadurch kann die Wahrscheinlichkeit von Kollisionen noch weiter reduziert werden. Die Windgeschwindigkeit kann als richtungsunabhängiger Betrag

55

oder in Form eines Vektors gegeben sein.

[0019] Vorzugsweise ermittelt die Steuereinrichtung die Auslenkung der Last durch Wind dadurch, dass sie einer Windtabelle einen Wert entnimmt, der von der Windgeschwindigkeit, einer Masse der Last und einer Angriffsfläche der Last für den Wind abhängig ist, und anhand dieses Wertes die Auslenkung der Last durch den Wind ermittelt. Diese Vorgehensweise gestaltet sich als besonders effizient.

[0020] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Steuerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Erfindungsgemäß wird ein Steuerprogramm der eingangs genannten Art derart ausgestaltet, dass die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung den Kran gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0021] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Erfindungsgemäß wird eine Steuereinrichtung der eingangs genannten Art mit einem erfindungsgemäßen Steuerprogramm programmiert, so dass die Steuereinrichtung den Kran gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0022] Die Aufgabe wird weiterhin durch einen Kran mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung des Krans als erfindungsgemäße Steuereinrichtung ausgebildet.

[0023] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

- FIG 1 eine Seitenansicht eines Krans,
- FIG 2 den Kran von FIG 1 von oben,
- FIG 3 eine Pendelbewegung,
- FIG 4 ein Steuerungsdiagramm,
- FIG 5 ein Ablaufdiagramm,
- FIG 6 einen oberen Lastaufhängepunkt, eine Last und Sicherheitszonen,
- FIG 7 eine erste Pendeltabelle,
- FIG 8 eine zweite Pendeltabelle,
- FIG 9 ein Ablaufdiagramm,
- FIG 10 ein Ablaufdiagramm,
- FIG 11 ein Ablaufdiagramm,
- FIG 12 eine Windtabelle und
- FIG 13 ein Ablaufdiagramm.

[0024] Gemäß den FIG 1 und 2 weist ein Kran einen oberen Lastaufhängepunkt 1 auf. An dem oberen Lastaufhängepunkt 1 kann über ein Seilsystem 2 eine Last 3 aufgehängt werden. Aufgrund des Umstands, dass die Last 3 somit eine hängende Last ist, kann die Last 3 entsprechend der Darstellung in FIG 3 um den oberen Lastaufhängepunkt 1 pendeln. Die Last 3 kann entsprechend der Darstellung in den FIG 1 und 2 beispielsweise als Container ausgebildet sein. In diesem Fall ist der Kran ein Containerkran.

[0025] Die Pendelbewegung kann, sofern die Pendelbewegung in einer vertikalen Ebene erfolgt, durch drei Größen vollständig beschrieben werden. Diese drei Größen sind die wirksame Pendellänge l , der momentane Auslenkungswinkel φ_1 und die momentane Winkelgeschwindigkeit ω . Die momentane Winkelgeschwindigkeit ω entspricht, wie allgemein bekannt ist, der zeitlichen Ableitung des momentanen Auslenkungswinkels φ_1 . Der momentane Auslenkungswinkel φ_1 weist einen Wert von 0° auf, wenn - innerhalb der vertikalen Ebene - die Last 3 sich exakt unter dem oberen Lastaufhängepunkt 1 befindet. Die vorliegende Erfindung wird nachstehend in Verbindung mit einer derartigen Pendelbewegung erläutert. Im Falle einer zusätzlichen Pendelbewegung in einer zu der genannten vertikalen Ebene orthogonalen Ebene müssen ein weiterer momentaner Auslenkungswinkel und eine weitere momentane Winkelgeschwindigkeit und gege-

benenfalls ein Phasenversatz der beiden Pendelbewegungen relativ zueinander berücksichtigt werden. Dies ist jedoch ohne weiteres möglich, da die beiden zueinander orthogonalen Ebenen unabhängig voneinander betrachtet werden können. Die Systematik bleibt also dieselbe.

[0026] Der Kran weist gemäß FIG 4 Antriebe 4a, 4b auf. Mittels der Antriebe 4a, 4b ist der obere Lastaufhängepunkt 1 und mit ihm die Last 3 verfahrbar. Beispielsweise kann der Kran entsprechend der Darstellung in den FIG 1 und 2 ein Grundgerüst 5 aufweisen, in dessen oberem Bereich eine Traverse 6 verläuft. Auf der Traverse 6 kann eine Laufkatze 7 angeordnet sein, die mittels des Antriebs 4a durch Vorgabe eines entsprechenden Sollwertes x^* in einer x-Richtung verfahren werden kann. Der obere Lastaufhängepunkt 1 ist in diesem Fall an der Laufkatze 7 angeordnet. Zusätzlich ist es möglich, dass mittels des Antriebs 4b das Grundgerüst 5 als Ganzes durch Vorgabe eines entsprechenden Sollwertes y^* in einer y-Richtung verfahren werden kann. Die x-Richtung und die y-Richtung sind orthogonal zueinander und verlaufen beide (exakt oder zumindest im Wesentlichen) horizontal. Der Kran weist ferner einen weiteren Antrieb 4c auf, der ein Hubwerk 8 antreibt. Mittels des Weiteren Antriebs 4c und des Hubwerks 8 kann durch Vorgabe eines entsprechenden Sollwertes l^* die Last 3 angehoben und abgesenkt werden und hiermit korrespondierend die wirksame Pendellänge l eingestellt werden.

[0027] Im Falle einer derartigen Ausgestaltung - also als Kran mit einem Grundgerüst 5, einer Traverse 6 und einer Laufkatze 7 - kann der Kran beispielsweise als Portalkran oder als Containerbrücke ausgebildet sein. Insbesondere Containerbrücken werden oftmals zum Umschlagen von Containern zu und von Schiffen eingesetzt (STS = ship to shore). Es sind aber auch andere Ausgestaltungen möglich, beispielsweise als Portalkran. Auch muss die Last 3 nicht notwendigerweise ein Container sein, auch wenn dies oftmals der Fall ist.

[0028] Die Vorgabe der entsprechenden Sollwerte x^* , y^* , l^* (oder die Vorgabe von Änderungsrichtungen und gegebenenfalls auch Änderungsgeschwindigkeiten) erfolgt durch eine Steuereinrichtung 9, welche die Antriebe 4a, 4b, 4c des Krans ansteuert. Entsprechend der Ansteuerung der Antriebe 4a, 4b werden der obere Lastaufhängepunkt 1 und mit ihm die Last 3 verfahren, entsprechend der Ansteuerung des Antriebs 4c wird die Last 3 angehoben oder abgesenkt.

[0029] Die Steuereinrichtung 9 ist mit einem Steuerprogramm 10 programmiert. Das Steuerprogramm 10 umfasst Maschinencode 11, der von der Steuereinrichtung 9 ausführbar ist. Die Ausführung des Maschinencodes 11 durch die Steuereinrichtung 9 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 9 den Kran gemäß einem Betriebsverfahren betreibt, das nachstehend näher erläutert wird.

[0030] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird angenommen, dass der Kran eine Verfahrbewegung in der x-Richtung ausführt. Für eine Verfahrbewegung in der y-Richtung oder eine kombinierte Verfahrbewegung sowohl in der x-Richtung als auch in der y-Richtung gelten gegebenenfalls völlig analoge Ausführungen.

[0031] Gemäß FIG 5 nimmt die Steuereinrichtung in einem Schritt S1 Daten der Last 3 entgegen. Die Daten können insbesondere die Masse und die Abmessungen der Last 3 umfassen.

[0032] In einem Schritt S2 bestimmt die Steuereinrichtung 9 - wenn auch nur vorläufig - Steuerbefehle C für die Antriebe 4a, 4b, 4c. In einem Automatikbetrieb bestimmt die Steuereinrichtung 9 die Steuerbefehle C eigenständig anhand ihres Steuerprogramms 10. In einem manuellen Betrieb bestimmt die Steuereinrichtung 9 die Steuerbefehle C aufgrund von Fahrbefehlen F einer Bedienperson 12. Die Steuerbefehle C legen insbesondere die Sollwerte x^* , y^* und l^* für die Antriebe 4a, 4b, 4c fest.

[0033] Auf welche Art und Weise die Steuerbefehle C bestimmt werden, ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung von untergeordneter Bedeutung. Vorzugsweise arbeitet die Steuereinrichtung 9 jedoch im manuellen Betrieb, in dem die Steuereinrichtung 9 von der Bedienperson 12 immer wieder die Fahrbefehle F entgegennimmt. Die Fahrbefehle F umfassen in diesem Fall zum einen die Fahrbefehle für das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1. Zum anderen umfassen sie die Fahrbefehle für das Heben und Senken der Last 3.

[0034] In einem Schritt S3 prüft die Steuereinrichtung 9, ob ein Sicherheitsstopp ausgelöst wurde. Wenn dies der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 9 zu einem Schritt S4 über, in dem die Steuereinrichtung 9 das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1 und mit ihm der Last 3 so schnell wie möglich beendet (Nothalt). In einem nachfolgenden Schritt S5 prüft die Steuereinrichtung 9 sodann, ob ihr wieder eine Freigabe zur Wiederaufnahme des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts 1 vorgegeben wird. Die Steuereinrichtung 9 führt den Schritt S5 immer wieder erneut aus, bis dies erfolgt.

[0035] Wenn kein Sicherheitsstopp ausgelöst wurde, ermittelt die Steuereinrichtung 9 in einem Schritt S6 eine innere Sicherheitszone 13 um die Last 3 herum (siehe FIG 6). Die innere Sicherheitszone 13 ist derart bestimmt, dass im Falle eines plötzlich auftretenden Sicherheitsstopps die Last 3 nicht mit Objekten 14 (siehe FIG 1) in Kontakt kommt, sofern diese sich außerhalb der inneren Sicherheitszone 13 befinden. Die innere Sicherheitszone 13 erstreckt sich horizontal über bestimmte Abmessungen. Dies wird später erläutert werden. In Vertikalrichtung kann sich die innere Sicherheitszone 13, ausgehend von der momentanen Position der Last 3 unter dem oberen Lastaufhängepunkt 1, nach oben prinzipiell unbegrenzt erstrecken. Alternativ ist es möglich, dass sie sich nach oben nur in begrenztem Umfang erstreckt. Nach unten ist die Sicherheitszone 13 stets begrenzt, und zwar - ausgehend von der momentanen Höhenposition der Last 3 - durch den Bremsweg, der beim Absenken der Last 3 zum Anhalten des Hubwerks 8 erforderlich ist.

[0036] Die Ermittlung der inneren Sicherheitszone 13 erfolgt in Abhängigkeit von Zustandsgrößen des Krans. Hierbei

handelt es sich um die Zustandsgrößen, wie sie zu dem Zeitpunkt vorliegen, zu dem der Sicherheitsstopp ausgelöst wird. Die Zustandsgrößen umfassen zumindest die Lage des oberen Lastaufhängepunkts 1, also beispielsweise dessen x- und y-Position, die Verfahrgeschwindigkeit v des oberen Lastaufhängepunkts 1 und den Abstand der Last 3 vom oberen Lastaufhängepunkt 1, also im Ergebnis die wirksame Pendellänge l. Nachfolgend wird angenommen, dass es sich um die entsprechenden Istwerte x, y, l handelt. Alternativ kann es sich aber ebenso um die Sollwerte x*, y*, l* handeln. Die Ermittlung der inneren Sicherheitszone 13 wird später noch näher erläutert werden.

[0037] In einem Schritt S7 nimmt die Steuereinrichtung 9 Informationen aus der Umgebung der Last 3 entgegen. Die Informationen können der Steuereinrichtung 3 auf verschiedene Art und Weise - gegebenenfalls auch in Kombination - zur Verfügung gestellt werden. Beispielsweise kann es sich um Informationen über ortsfeste Hindernisse handeln, beispielsweise bauliche Strukturen. Derartige Informationen müssen der Steuereinrichtung 9 nur einmalig vorgegeben werden. Auch kann es sich um Informationen über temporär ortsfeste Hindernisse handeln, beispielsweise über bereits umgeschlagene oder noch umzuschlagende andere Lasten. Informationen über bereits umgeschlagene Lasten können der Steuereinrichtung 9 aufgrund ihres Betriebs in der Vergangenheit bekannt sein. Informationen über noch umzuschlagende Lasten können der Steuereinrichtung 9 anderweitig bekannt gegeben werden, beispielsweise durch Vorgabe einer abzuarbeitenden Sequenz zum Umschlag von Lasten. Auch kann es sich um Informationen über bewegliche Hindernisse handeln, beispielsweise Fahrzeuge oder Personen. Derartige Informationen können der Steuereinrichtung 9 beispielsweise über Bilder einer Kamera oder mehrerer Kameras bekannt gegeben werden.

[0038] Durch Auswerten der entgegengenommenen Informationen prüft die Steuereinrichtung 9 in einem Schritt S8, ob ein von der Last 3 verschiedenes Objekt 14 in die innere Sicherheitszone 13 eintritt.

[0039] Wenn dies nicht der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 9 zu einem Schritt S9 über. Im Schritt S9 führt die Steuereinrichtung 9 die im Schritt S2 ermittelten Steuerbefehle C aus. Sie steuert also die Antriebe 4a, 4b, 4c entsprechend an. Der obere Lastaufhängepunkt 1 und mit ihm die Last 3 werden somit durch die Steuereinrichtung 9 entsprechend der gewünschten Ansteuerung verfahren. Im Ergebnis behält die Steuereinrichtung 9 somit das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1 bei. Eine besondere Meldung M an die Bedienperson 12 erfolgt nicht. Insbesondere nimmt die Steuereinrichtung 9 im Falle des manuellen Betriebs die Ansteuerung der Antriebe 4a, 4b, 4c in diesem Fall jeweils entsprechend den vorgegebenen Fahrbefehlen F vor.

[0040] Wenn die Steuereinrichtung 9 hingegen im Schritt S8 erkannt hat, dass ein von der Last 3 verschiedenes Objekt 14 in die innere Sicherheitszone 13 eingetreten ist, beendet die Steuereinrichtung 9 in einem Schritt S10 das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1. Auch im Schritt S10 wird das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1 - analog zum Schritt S4 - so schnell wie möglich beendet. Alternativ oder zusätzlich kann die Steuereinrichtung 9 in einem Schritt S11 die erwähnte besondere Meldung M an die Bedienperson 12 ausgeben. Durch die besondere Meldung M wird die Bedienperson 12 aufgefordert, das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1 zu beenden.

[0041] Sowohl vom Schritt S9 als auch vom Schritt S10 bzw. vom Schritt S11 aus geht die Steuereinrichtung 9 wieder zum Schritt S2 zurück. Im Ergebnis wird dadurch - unter anderem - die innere Sicherheitszone 13 beim Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1 dynamisch immer wieder neu ermittelt.

[0042] Nachfolgend werden verschiedene Möglichkeiten zum Ermitteln der inneren Sicherheitszone 13 in Horizontalrichtung erläutert. Die Ermittlung in Vertikalrichtung ist einfach und unkritisch.

[0043] Die Ermittlung der inneren Sicherheitszone 13 beginnt mit der Überlegung, dass der obere Lastaufhängepunkt 1 sich zu dem Zeitpunkt, zu dem der Sicherheitsstopp des Schrittes S10 ausgelöst wird, bei einer momentanen Position s0 befindet und sich mit einer Verfahrgeschwindigkeit v bewegt. Unter der Annahme, dass das Abbremsen des oberen Lastaufhängepunkts 1 mit einer konstanten Beschleunigung a erfolgt, gilt somit für den Bremsweg s1 des oberen Lastaufhängepunkts 1 die Bedingung

$$s1 = v^2/2a \tag{1}$$

[0044] Die Beschleunigung a ist - selbstverständlich - der Verfahrgeschwindigkeit v entgegen gerichtet.

[0045] Es ist weiterhin möglich, eine analoge Vorgehensweise auch für die Pendellänge l vorzunehmen. Die Änderung der Pendellänge l, also die Hubgeschwindigkeit, mit der die Last 3 angehoben oder abgesenkt wird, wird in diesem Fall über eine Geschwindigkeitsrampe auf 0 reduziert. Die Beschleunigung, mit der die Hubgeschwindigkeit auf 0 reduziert wird, kann alternativ lastunabhängig oder lastabhängig sein. Insbesondere beim Absenken der Last 3 kann die Beschleunigung, mit der die Hubgeschwindigkeit auf 0 reduziert wird, von der Masse m der Last und gegebenenfalls auch von der Position der Laufkatze 7 auf der Traverse 6 abhängig sein. Wenn die Last 3 hingegen gerade angehoben wird, kann die Hubgeschwindigkeit in der Regel sehr schnell und unabhängig von der Masse der Last 3 und der Position der Laufkatze 7 auf der Traverse 6 auf 0 abgesenkt werden.

[0046] Durch die momentane Position s0 und den Bremsweg s1 ist die innere Sicherheitszone 13 aber noch nicht vollständig definiert. Denn die Last 3 führt zu dem Zeitpunkt, zu dem der Sicherheitsstopp ausgelöst wird, eine Pendel-

bewegung aus. Es ist also erforderlich, dass die Steuereinrichtung 9 im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone 13 nicht nur die momentane Position s_0 und den Bremsweg s_1 des oberen Lastaufhängepunkts 1 berücksichtigt. Vielmehr muss die Steuereinrichtung 9 zusätzlich auch die Pendelbewegung der Last 3 um den oberen Lastaufhängepunkt 1 berücksichtigen.

5 **[0047]** Die Pendelbewegung kann, wie bereits erwähnt, durch die wirksame Pendellänge l , den momentanen Auslenkungswinkel φ_1 und die momentane Winkelgeschwindigkeit ω beschrieben werden. Die Pendellänge l ist der Steuereinrichtung 9 stets bekannt. Es ist möglich, dass der momentane Auslenkungswinkel φ_1 und die momentane Winkelgeschwindigkeit ω der Steuereinrichtung 9 ebenfalls bekannt sind. Es ist aber ebenso möglich, dass sie der Steuereinrichtung 9 nicht bekannt sind.

10 **[0048]** Nachfolgend wird zwischen diesen beiden Fällen - der momentane Auslenkungswinkel φ_1 und die momentane Winkelgeschwindigkeit ω sind der Steuereinrichtung 9 bekannt oder nicht bekannt - zunächst nicht unterschieden. Stattdessen wird erläutert, wie eine vierdimensionale Tabelle 15 (siehe FIG 7) mit Einträgen gefüllt werden kann. Eingangsgrößen für die Tabelle 15 sind - jeweils auf den Zeitpunkt bezogen, zu dem der Sicherheitsstopp ausgelöst wird - die Verfahrensgeschwindigkeit v , die wirksame Pendellänge l , der momentane Auslenkungswinkel φ_1 und die momentane Winkelgeschwindigkeit ω . Ausgangsgröße φ_2 der Tabelle 15 ist für die Pendelbewegung der Last 3 zu dem Zeitpunkt, zu dem der obere Lastaufhängepunkt 1 gestoppt ist, die maximale - nicht die momentane - Auslenkung φ_2 der nunmehrigen Pendelbewegung, nachfolgend als Maximalauslenkung φ_2 bezeichnet. Die Tabelle 15 wird nachfolgend als erste Pendeltabelle 15 bezeichnet.

15 **[0049]** Um die einzelnen Einträge für die erste Pendeltabelle 15 ermitteln zu können, müssen die vier Eingangsgrößen v , l , φ_1 und ω schrittweise variiert werden. Die anderen Parameter - beispielsweise die Beschleunigung a - sind konstant und vorgegeben. Für jede konkrete Kombination der vier Eingangsgrößen v , l , φ_1 und ω kann die jeweilige Maximalauslenkung φ_2 ohne weiteres ermittelt werden. Insbesondere sind die Bewegungsgleichungen des oberen Lastaufhängepunkts 1 und der Last 3 bekannt und können - analytisch oder numerisch - ohne weiteres gelöst werden.

20 **[0050]** Die Grenzen für die Eingangsgrößen v , l , φ_1 und ω der ersten Pendeltabelle 15 können ohne weiteres sinnvoll bestimmt werden. Für die Verfahrensgeschwindigkeit v ist ohne weiteres bekannt, welcher Wert maximal möglich ist. Minimal weist die Verfahrensgeschwindigkeit v den Wert 0 auf. Gleiches gilt für die Pendellänge l . Auch hier können ohne weiteres ein Minimalwert und ein Maximalwert sinnvoll bestimmt werden. Für die Pendelbewegung der Last 3 zu dem Zeitpunkt, zu dem der Sicherheitsstopp ausgelöst wird, können vernünftige Annahmen getroffen werden. Insbesondere kann aufgrund von empirischen Erfahrungswerten bekannt sein, wie stark die Pendelbewegung sein kann. Beispielsweise kann empirisch bekannt sein, dass im tatsächlichen Betrieb maximal ein Pendeln um 5° erfolgt. Der empirische Zahlenwert von 5° ist selbstverständlich nur rein beispielhaft. Weiterhin kann der empirische Zahlenwert insbesondere von der Pendellänge l und gegebenenfalls auch von der Verfahrensgeschwindigkeit v abhängen.

25 **[0051]** Zum Füllen der ersten Pendeltabelle 15 müssen also die verschiedenen möglichen Werte für die Verfahrensgeschwindigkeit v und die Pendellänge l schrittweise abgearbeitet werden (in der Regel als äußere und nächstinnere Schleife). Schrittweiten dieser beiden Schleifen können nach Bedarf bestimmt werden. Für jeden konkreten Wert der Verfahrensgeschwindigkeit v und der Pendellänge l wird sodann jeweils der zugehörige empirisch maximal mögliche Pendelwinkel - nachfolgend mit dem Bezugszeichen α versehen - bestimmt. Nun werden in einer nächstinneren Schleife mögliche Werte - nachfolgend mit dem Bezugszeichen β versehen - zwischen 0 und dem empirisch maximal möglichen Pendelwinkel α angesetzt und in einer innersten Schleife für den jeweiligen Wert β der Pendelbewegung mögliche Zustände durchgerechnet. Auch für diese beiden Schleifen können die Schrittweiten nach Bedarf bestimmt werden.

30 **[0052]** Um die Vorgehensweise etwas konkreter zu erläutern, wird nachstehend ein programmähnlicher Code wiedergegeben. Hierbei werden die Größen v_1 , v_2 und δv für den Minimalwert, den Maximalwert und die Schrittweite der Verfahrensgeschwindigkeit v verwendet. In analoger Weise werden die Größen l_1 , l_2 und δl für den Minimalwert, den Maximalwert und die Schrittweite der Pendellänge l verwendet. Die Größe $\delta\beta$ wird für die Schrittweite beim Variieren der Maximalauslenkung β verwendet. Die Größe $\delta\varphi$ wird für die Schrittweite beim Betrachten der einzelnen Zustände einer konkreten Pendelbewegung verwendet.

```

Anfang do-Schleife v von v1 bis v2 mit δv
  Anfang do-Schleife l von l1 bis l2 mit δl
    (optional: bestimme α)
    Anfang do-Schleife β von 0 bis α mit δβ
      Anfang do-Schleife φ1 von -β bis +β mit δφ
        bestimme ω
          ermittle φ2
          invertiere ω
          ermittle nochmals φ2
        Ende do-Schleife φ1
      Ende do-Schleife β
    Ende do-Schleife l
  Ende do-Schleife l

```

Ende do-Schleife v

5 **[0053]** Anhand der ersten Pendeltabelle 15 kann eine weitere Tabelle 16 ermittelt werden. Die weitere Tabelle 16 ist entsprechend der Darstellung in FIG 8 nur zweidimensional. Sie wird nachfolgend als zweite Pendeltabelle 16 bezeichnet. Eingangsgroßen für die zweite Pendeltabelle 16 sind - jeweils auf den Zeitpunkt bezogen, zu dem der Sicherheitsstopp ausgelöst wird, - die Verfahrensgeschwindigkeit v und die wirksame Pendellänge l. Ausgangsgröße φ_3 der zweiten Pendeltabelle 16 ist der größte der Einträge, der in ersten Pendeltabelle 15 für die jeweilige Verfahrensgeschwindigkeit v und die jeweilige wirksame Pendellänge als Maximalauslenkung φ_2 eingetragen ist. Die Ausgangsgröße φ_3 der zweiten Pendeltabelle 16 gibt also bei gegebener Verfahrensgeschwindigkeit v und gegebener wirksamer Pendellänge l das Maximum der möglichen Maximalauslenkungen φ_2 an.

10 **[0054]** Um die Vorgehensweise etwas konkreter zu erläutern, wird nachstehend ein programmähnlicher Code wiedergegeben. Hierbei wird die gleiche Nomenklatur verwendet wie zuvor für die erste Pendeltabelle 15. Weiterhin wird angenommen, dass die Einträge für die erste Pendeltabelle 15 bereits ermittelt sind.

```
15   Anfang do-Schleife v von v1 bis v2 mit  $\delta v$ 
      Anfang do-Schleife l von l1 bis l2 mit  $\delta l$ 
           $\varphi_3 = \text{Maximum aller } \varphi_2 \text{ (variiert werden } \varphi_1 \text{ und } \omega)$ 
      Ende do-Schleife l
  Ende do-Schleife v
```

20 **[0055]** Es ist sogar möglich, auch im Rahmen der obenstehend erläuterten Ermittlung der beiden Pendeltabellen 15, 16 die Hubgeschwindigkeit und gegebenenfalls auch die zugehörige Beschleunigung mit zu berücksichtigen. Durch diese Vorgehensweise werden die beiden Pendeltabellen 15, 16 bezüglich ihrer Eingangsgroßen gegebenenfalls um eine Dimension (nämlich die Hubgeschwindigkeit) oder um zwei Dimensionen (nämlich die Hubgeschwindigkeit und die Beschleunigung, mit der die Hubgeschwindigkeit auf 0 reduziert wird) vergrößert. Die prinzipielle Vorgehensweise bleibt jedoch die gleiche.

25 **[0056]** Es ist möglich, dass die Steuereinrichtung 9 entsprechend der Darstellung in FIG 9 in einem Schritt S21 die aktuellen Werte für den Auslenkungswinkel φ_1 und die Winkelgeschwindigkeit ω entgegennimmt. In diesem Fall werden die entsprechenden Werte φ_1 , ω mittels geeigneter Messsysteme erfasst. Die Winkelgeschwindigkeit ω kann von der Steuereinrichtung 9 gegebenenfalls durch Ermitteln der zeitlichen Ableitungen mehrerer zeitlich nacheinander erfasster Auslenkungswinkel φ_1 selbst ermittelt werden. Die Messsysteme können insbesondere als sichere Messsysteme ausgebildet sein.

30 **[0057]** Ebenso kann die Steuereinrichtung 9 auch andere Werte entgegennehmen, welche die Pendelbewegung charakterisieren. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung 9 anhand der charakteristischen Größen den Auslenkungswinkel φ_1 und die Winkelgeschwindigkeit ω ermitteln.

35 **[0058]** Somit umfassen die Zustandsgrößen, anhand derer die Steuereinrichtung 9 die innere Sicherheitszone 13 bestimmt, also zusätzlich zur Verfahrensgeschwindigkeit v und zur wirksamen Pendellänge l für die tatsächliche Pendelbewegung charakteristische Größen φ_1 , ω . Die Steuereinrichtung 9 ist daher nicht nur in der Lage, in einem Schritt S22 den Bremsweg s1 zu ermitteln. Vielmehr ist die Steuereinrichtung 9 auch in der Lage, in einem Schritt S23 anhand der nunmehr konkret gegebenen vier Werte v, l, φ_1 und ω konkret die Maximalauslenkung φ_2 zu ermitteln. Hierbei ist es möglich, dass die Steuereinrichtung 9 eine analytische Ermittlung vornimmt. Vorzugsweise wurde die Ermittlung jedoch bereits vorab vorgenommen und wird der Steuereinrichtung 9 entsprechend der Darstellung in FIG 4 in Form der ersten Pendeltabelle 15 zur Verfügung gestellt. Die Maximalauslenkung φ_2 kann ein Winkel sein. In diesem Fall muss zur Ermittlung der zugehörigen Längsauslenkung s2 noch die Pendellänge l mit berücksichtigt werden:

45

$$s_2 = l \cdot \sin(\varphi_2) \tag{2}$$

50 **[0059]** In einem Schritt S24 ermittelt die Steuereinrichtung 9 sodann die innere Sicherheitszone 13. Die innere Sicherheitszone 13 ergibt sich somit vom Ansatz her durch Berücksichtigung des Bremsweges s1 und der Längsauslenkung s2. Im einfachsten Fall ergibt sich in die momentane Fahrrichtung gesehen als Grenze der inneren Sicherheitszone 13 die Position s wie folgt:

55

$$s = s_0 + s_1 + s_2 \tag{3}$$

[0060] Zusätzlich kann die Steuereinrichtung 9 im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone 13 auch andere Größen verwenden. Im Gegensatz zu den genannten Größen ändern sich diese Größen beim Verfahren des oberen

Lastaufhängepunkts 1 aber nicht. Beispiele derartiger Größen sind die Abmessungen der Last 3 oder maximal mögliche Abmessungen der Last 3. Beispielsweise kann, falls die Last 3 ein Container ist, bekannt sein, dass maximal 48-Fuß-Container umgeschlagen werden. Die zugehörige Länge, Breite und Höhe würde Maximalwerten für die Abmessungen der Last 3 entsprechend. Wenn konkret beispielsweise ein 40-Fuß-Container oder ein 20-Fuß-Container umgeschlagen wird, können alternativ aber auch diese Werte mit verwendet werden.

[0061] Alternativ ist es möglich, dass die Steuereinrichtung 9 die aktuellen Werte für den Auslenkungswinkel φ_1 und die Winkelgeschwindigkeit ω (oder andere Werte, welche die tatsächliche Pendelbewegung charakterisieren) nicht entgegennimmt. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung 9 nur eine worst case Betrachtung vornehmen. Ein Schritt S31 (FIG 10) kann zwar 1:1 mit dem Schritt S22 korrespondieren. Die Steuereinrichtung 9 kann aber entsprechend der Darstellung in FIG 10 in einem Schritt S32 lediglich das Maximum φ_3 der möglichen Maximalauslenkungen φ_2 ermitteln. Theoretisch ist auch hier wieder möglich, dass die Steuereinrichtung 9 eine analytische Ermittlung vornimmt. Auch hier wurde die Ermittlung jedoch vorzugsweise bereits vorab vorgenommen und wird der Steuereinrichtung 9 entsprechend der Darstellung in FIG 4 in Form der zweiten Pendeltabelle 16 zur Verfügung gestellt. Analog zur Maximalauslenkung φ_2 kann das Maximum φ_3 ein Winkel sein. In diesem Fall muss zur Ermittlung der zugehörigen Längsauslenkung s_2 noch die Pendellänge l mit berücksichtigt werden:

$$s_2 = l \cdot \sin(\varphi_3) \quad (4)$$

[0062] In einem Schritt S33 ermittelt die Steuereinrichtung 9 sodann die innere Sicherheitszone 13. Der Schritt S33 korrespondiert mit dem Schritt S24 von FIG 8.

[0063] Die Vorgehensweise von FIG 10 kann weiter ausgestaltet werden. Insbesondere ist es entsprechend der Darstellung in den FIG 4 und 11 möglich, dass die Steuereinrichtung 9 in einem Schritt S41 zwar nicht den Auslenkungswinkel φ_1 und die Winkelgeschwindigkeit ω entgegennimmt, wohl aber eine Windgeschwindigkeit v_W eines die Last 3 umströmenden Windes. Die Windgeschwindigkeit v_W kann als reiner Betrag vorgegeben sein. Sie kann aber auch als Vektorgröße vorgegeben sein.

[0064] Aufgrund der Entgegennahme der Windgeschwindigkeit v_W können die Zustandsgrößen, anhand derer die innere Sicherheitszone 13 ermittelt wird, also zusätzlich die Windgeschwindigkeit v_W umfassen. Dadurch ist die Steuereinrichtung 9 in der Lage, in einem Schritt S42 eine Zusatzauslenkung s_3 zu ermitteln. Die Zusatzauslenkung s_3 entspricht der durch die Windgeschwindigkeit v_W bewirkten statischen Auslenkung der Last 3. Sie ist abhängig von der wirksamen Pendellänge l , der von dem Wind auf die Last 3 ausgeübten Kraft und der Masse m der Last 3. Die Kraft wiederum ist abhängig von der Windgeschwindigkeit v_W . Es ist daher beispielsweise möglich, entsprechend der Darstellung in FIG 12 eine weitere Tabelle 17 zu ermitteln. Die Tabelle 17 kann als Eingangsgrößen die Windgeschwindigkeit v_W , die Masse m der Last 3, eine wirksame Angriffsfläche A der Last 3 für den Wind und die wirksame Pendellänge l aufweisen und als Ausgangsgröße die Zusatzauslenkung s_3 liefern. Auch hier ist jedoch wieder eine analytische Ermittlung möglich.

[0065] Unabhängig von der Art und Weise, auf welche die Steuereinrichtung 9 die Zusatzauslenkung s_3 ermittelt, ist die Steuereinrichtung 9 jedoch in der Lage, in einem Schritt S43 im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone 13 nicht nur den Bremsweg s_1 und die Längsauslenkung s_2 , sondern zusätzlich auch die Zusatzauslenkung s_3 zu berücksichtigen.

[0066] Die vorliegende Erfindung kann weiterhin auch auf andere Art und Weise ausgestaltet werden. Dies wird nachstehend in Verbindung mit FIG 13 näher erläutert.

[0067] FIG 13 geht aus von der Vorgehensweise von FIG 5. Zusätzlich sind jedoch Schritte S51 bis S54 vorhanden.

[0068] Im Schritt S51 ermittelt die Steuereinrichtung 9 mindestens eine äußere Sicherheitszone 18. Die äußere Sicherheitszone 18 umgibt entsprechend der Darstellung in FIG 6 die innere Sicherheitszone 13. Der Schritt S51 wird von der Steuereinrichtung 9 - ebenso wie der Schritt S6 - dynamisch immer wieder ausgeführt. Auch wird die äußere Sicherheitszone 18 in Abhängigkeit von den gleichen Zustandsgrößen ermittelt wie die innere Sicherheitszone 13.

[0069] Im Schritt S52 prüft die Steuereinrichtung 9, ob das Objekt 14 in die äußere Sicherheitszone 18 eintritt. Wenn dies nicht der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 9 zum Schritt S9 über. Insbesondere im manuellen Betrieb nimmt die Steuereinrichtung 9 die Ansteuerung der Antriebe 4a, 4b, 4c in diesem Fall jeweils entsprechend den vorgegebenen Fahrbefehlen F vor. Eine etwaige Meldung M' zum Reduzieren der Verfahrensgeschwindigkeit v wird nicht an die Bedienungsperson 12 ausgegeben. Wenn dies hingegen der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 9 zum Schritt S8 über.

[0070] Wenn die Steuereinrichtung 9 im Schritt S8 feststellt, dass das Objekt 14 zwar in die äußere Sicherheitszone 18, nicht aber in die innere Sicherheitszone 13 eingetreten ist, geht die Steuereinrichtung 9 zu einem Schritt S53 über. Im Schritt S53 ermittelt die Steuereinrichtung 9 modifizierte Steuerbefehle C . Insbesondere reduziert die Steuereinrichtung 9 im Schritt S53 die Verfahrensgeschwindigkeit v des oberen Lastaufhängepunkts 1. Alternativ oder zusätzlich kann sie eine entsprechende Meldung M' an die Bedienungsperson 12 ausgeben, dass diese die Verfahrensgeschwindigkeit v redu-

zieren soll.

[0071] Zusammengefasst betrifft die vorliegende Erfindung somit folgenden Sachverhalt:

Ein Kran weist einen oberen Lastaufhängepunkt 1 auf, an dem über ein Seilsystem 2 eine Last 3 aufgehängt ist, so dass die Last 3 um den oberen Lastaufhängepunkt 1 pendeln kann. Eine Steuereinrichtung 9 des Krans steuert Antriebe 4a, 4b des Krans an, so dass der obere Lastaufhängepunkt 1 und mit ihm die Last 3 entsprechend der Ansteuerung durch die Steuereinrichtung 9 verfahren werden. Die Steuereinrichtung 9 ermittelt beim Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1 in Abhängigkeit von Zustandsgrößen $x, v, l, \varphi, \omega, vW$ des Krans dynamisch immer wieder eine innere Sicherheitszone 13 um die Last 3 herum. Die Zustandsgrößen $x, v, l, \varphi, \omega, vW$ umfassen zumindest eine Lage x des oberen Lastaufhängepunkts 1, eine Verfahrgeschwindigkeit v des oberen Lastaufhängepunkts 1 und eine wirksame Pendellänge l der Last 3 um den oberen Lastaufhängepunkt 1. Die Steuereinrichtung 9 prüft anhand von der Steuereinrichtung 9 bekannten weiteren Informationen, ob ein von der Last 3 verschiedenes Objekt 14 in die innere Sicherheitszone 13 eintritt. Sobald ein Objekt 14 in die innere Sicherheitszone 13 eintritt, beendet die Steuereinrichtung 9 das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1 oder gibt eine Meldung M zum Beenden des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts 1 an eine Bedienerperson 12 des Krans aus. Anderenfalls behält die Steuereinrichtung 9 das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts 1 bei oder gibt keine Meldung M zum Beenden des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts 1 an die Bedienerperson 12 des Krans aus.

[0072] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere kann auf einfache und effiziente Weise gewährleistet werden, dass die Last 3, obwohl sie pendeln kann, auch im Falle eines plötzlichen Sicherheitsstopps nicht mit einem plötzlich auftauchenden Hindernis (Objekt 14) kollidiert. Dies gilt gleichermaßen im manuellen Betrieb und im automatisierten Betrieb des Krans. Diese Gefahr besteht anderenfalls, obwohl im Normalbetrieb oftmals oftmals eine so genannte sway control (Pendelkontrolle) wirkt. Denn mit dem Auslösen eines Sicherheitsstopps verliert eine derartige sway control ihre Funktion, da der Sicherheitsstopp Vorrang hat. Weiterhin kann die vorliegende Erfindung auch bei Kranen eingesetzt werden, bei denen die wirksame Pendellänge l hohe Werte - teilweise über 50 m - erreichen kann. Bei derart großen Pendellängen l sind Schrägverseilungen, die bei kleinen Pendellängen l ein nennenswertes Pendeln der Last 3 wirksam verhindern, nahezu wirkungslos. Weiterhin ist zum einen eine einfache Realisierung möglich, bei welcher nur Größen verwendet werden, die im Rahmen des Betriebs des Krans ohne weiteres zur Verfügung stehen, nämlich die Pendellänge l und die Verfahrgeschwindigkeit v . Diese Lösung ist sehr kosteneffizient. Alternativ ist es möglich, auch die aktuelle Pendelbewegung mit zu erfassen. Dadurch können die innere und gegebenenfalls auch die äußere Sicherheitszone 13, 18 situationsbezogen so klein wie gefahrlos gerade noch möglich bestimmt werden.

[0073] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für einen Kran, insbesondere einen Containerkran, der einen oberen Lastaufhängepunkt (1) aufweist, an dem über ein Seilsystem (2) eine Last (3) aufgehängt ist, so dass die Last (3) um den oberen Lastaufhängepunkt (1) pendeln kann,

- wobei eine Steuereinrichtung (9) des Krans Antriebe (4a, 4b) des Krans ansteuert, so dass der obere Lastaufhängepunkt (1) und mit ihm die Last (3) entsprechend der Ansteuerung durch die Steuereinrichtung (9) verfahren werden,

- wobei die Steuereinrichtung (9) beim Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts (1) in Abhängigkeit von Zustandsgrößen ($x, v, l, \varphi, \omega, vW$) des Krans dynamisch immer wieder eine innere Sicherheitszone (13) um die Last (3) herum ermittelt,

- wobei die Zustandsgrößen ($x, v, l, \varphi, \omega, vW$) zumindest eine Lage (x) des oberen Lastaufhängepunkts (1), eine Verfahrgeschwindigkeit (v) des oberen Lastaufhängepunkts (1) und eine wirksame Pendellänge (1) der Last (3) um den oberen Lastaufhängepunkt (1) umfassen,

- wobei die Steuereinrichtung (9) anhand von der Steuereinrichtung (9) bekannten weiteren Informationen prüft, ob ein von der Last (3) verschiedenes Objekt (14) in die innere Sicherheitszone (13) eintritt, und

- wobei die Steuereinrichtung (9), sobald ein Objekt (14) in die innere Sicherheitszone (13) eintritt, das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts (1) beendet oder eine Meldung (M) zum Beenden des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts (1) an eine Bedienerperson (12) des Krans ausgibt, und anderenfalls das Verfahren des oberen Lastaufhängepunkts (1) beibehält oder keine Meldung (M) zum Beenden des Verfahrens des oberen Lastaufhängepunkts (1) an die Bedienerperson (12) des Krans ausgibt.

2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** die Steuereinrichtung (9) in Abhängigkeit von den jeweiligen Zustandsgrößen (x , v , l , φ_1 , w , vW) dynamisch mindestens eine die innere Sicherheitszone (13) umgebende äußere Sicherheitszone (18) ermittelt,
- **dass** die Steuereinrichtung (9) anhand der weiteren Informationen prüft, ob ein von der Last (3) verschiedenes Objekt (14) in die äußere Sicherheitszone (18) eintritt, und
- **dass** die Steuereinrichtung (9), sobald ein Objekt (14) in die äußere Sicherheitszone (18) eintritt, eine Verfahrgeschwindigkeit (v) des oberen Lastaufhängepunkts (1) reduziert oder eine Meldung (M') zum Reduzieren der Verfahrgeschwindigkeit (v) des oberen Lastaufhängepunkts (1) an eine Bedienperson (12) des Krans ausgibt, und anderenfalls die Verfahrgeschwindigkeit (v) des oberen Lastaufhängepunkts (1) beibehält oder keine Meldung (M') zum Reduzieren der Verfahrgeschwindigkeit (v) des oberen Lastaufhängepunkts (1) an die Bedienperson (12) des Krans ausgibt.

3. Betriebsverfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (9) in einem manuellen Betrieb arbeitet, in dem die Steuereinrichtung (9) von der Bedienperson (12) immer wieder Fahrbefehle (F) für den oberen Lastaufhängepunkt (1) entgegennimmt und dass die Steuereinrichtung (9) die Ansteuerung der Antriebe (4a, 4b) zumindest dann, wenn kein von der Last (3) verschiedenes Objekt (14) in die äußere Sicherheitszone (18) eingetreten ist, jeweils entsprechend den vorgegebenen Fahrbefehlen (F) vornimmt.

4. Betriebsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (9) in einem manuellen Betrieb arbeitet, in dem die Steuereinrichtung (9) von der Bedienperson (12) immer wieder Fahrbefehle (F) für den oberen Lastaufhängepunkt (1) entgegennimmt und dass die Steuereinrichtung (9) die Ansteuerung der Antriebe (4a, 4b) zumindest dann, wenn kein von der Last (3) verschiedenes Objekt (14) in die innere Sicherheitszone (13) eingetreten ist, jeweils entsprechend den vorgegebenen Fahrbefehlen (F) vornimmt.

5. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (9) anhand der momentanen Verfahrgeschwindigkeit (v) des oberen Lastaufhängepunkts (1) einen Bremsweg (s_1) des oberen Lastaufhängepunkts (1) ermittelt und dass die Steuereinrichtung (9) im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone (13) den Bremsweg (s_1) des oberen Lastaufhängepunkts (1) und eine Pendelbewegung der Last (3) um den oberen Lastaufhängepunkt (1) berücksichtigt.

6. Betriebsverfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (9) der Ermittlung des Bremsweges (s_1) des oberen Lastaufhängepunkts (1) eine vorbekannte, konstante Beschleunigung (a) zu Grunde legt.

7. Betriebsverfahren nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Zustandsgrößen (x , v , l , φ_1 , ω , vW) zusätzlich für die tatsächliche Pendelbewegung charakteristische Größen (φ_1 , ω) umfassen, dass die Steuereinrichtung (9) anhand der für die tatsächliche Pendelbewegung charakteristischen Größen (φ_1 , ω) eine maximale Auslenkung (s_2) der Pendelbewegung ermittelt und dass die Steuereinrichtung (9) im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone (13) die ermittelte maximale Auslenkung (s_2) der Pendelbewegung berücksichtigt.

8. Betriebsverfahren nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (9) die Pendelbewegung dadurch berücksichtigt, dass sie einer Pendeltabelle (15, 16) einen von der Verfahrgeschwindigkeit (v) des oberen Lastaufhängepunkts (1) und der wirksamen Pendellänge (l) abhängigen Wert (φ_2 , φ_3) entnimmt und diesen Wert (φ_2 , φ_3) im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone (13) berücksichtigt.

9. Betriebsverfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Zustandsgrößen (x , v , l , φ , ω , vW) zusätzlich eine Windgeschwindigkeit (vW) eines die Last (3) umströmenden Windes umfassen und dass die Steuereinrichtung (9) im Rahmen der Ermittlung der inneren Sicherheitszone (13) zusätzlich auch eine Auslenkung (s_3) der Last (3) durch den Wind mit berücksichtigt.

- 5 **10.** Betriebsverfahren nach Anspruch 9,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Steuereinrichtung (9) die Auslenkung der Last (3) durch Wind dadurch ermittelt, dass sie einer Windtabelle (17) einen Wert entnimmt, der von der Windgeschwindigkeit (vW), einer Masse (m) der Last (3) und einer Angriffsfläche (A) der Last (3) für den Wind abhängig ist, und anhand dieses Wertes (s_3) die Auslenkung (s_3) der Last (3) durch den Wind ermittelt.
- 10
- 11.** Steuerprogramm für eine Steuereinrichtung (9) eines Krans, wobei das Steuerprogramm Maschinencode (11) umfasst, der von der Steuereinrichtung (9) ausführbar ist, wobei die Ausführung des Maschinencodes (11) durch die Steuereinrichtung (9) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (9) den Kran gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche betreibt.
- 15
- 12.** Steuereinrichtung eines Krans, wobei die Steuereinrichtung mit einem Steuerprogramm (10) nach Anspruch 11 programmiert ist, so dass die Ausführung des Maschinencodes (11) durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung den Kran gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 betreibt.
- 20
- 13.** Kran, insbesondere Containerkran,
- wobei der Kran einen oberen Lastaufhängepunkt (1) aufweist, an dem über ein Seilsystem (2) eine Last (3) aufhängbar ist, so dass die Last (3) um den oberen Lastaufhängepunkt (1) pendeln kann,
- 25 - wobei der Kran Antriebe (4a, 4b) aufweist, mittels derer der obere Lastaufhängepunkt (1) des Krans und mit ihm die Last (3) verfahrbar sind,
- der Kran eine Steuereinrichtung (9) aufweist, die Antriebe (4a, 4b) des Krans ansteuert, so dass der obere Lastaufhängepunkt (1) und mit ihm die Last (3) entsprechend der Ansteuerung durch die Steuereinrichtung (9) verfahren werden,
- 30 - wobei die Steuereinrichtung (9) gemäß Anspruch 12 ausgebildet ist.

35

40

45

50

55

FIG 1

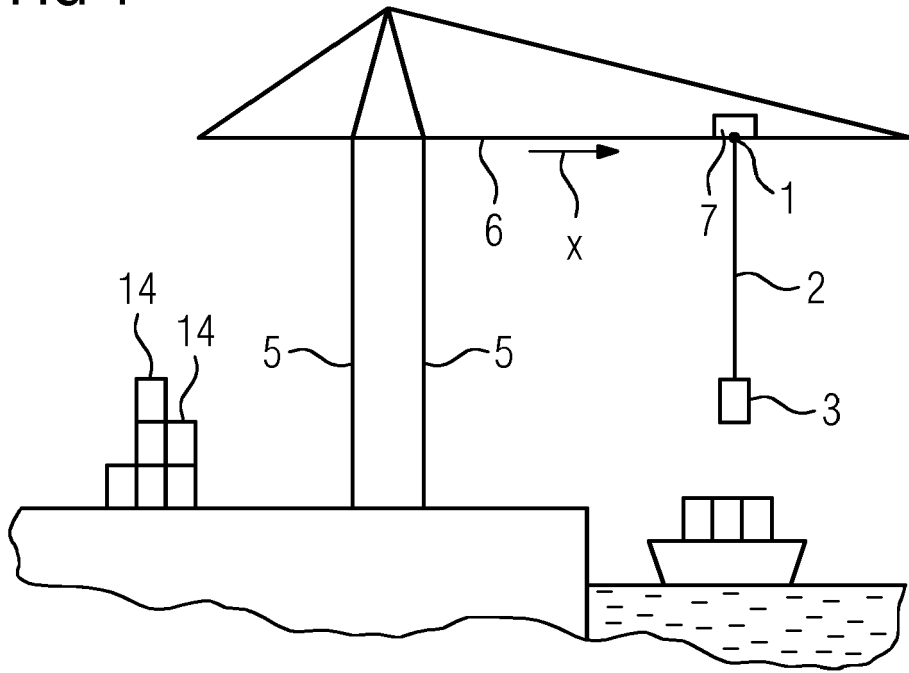


FIG 2

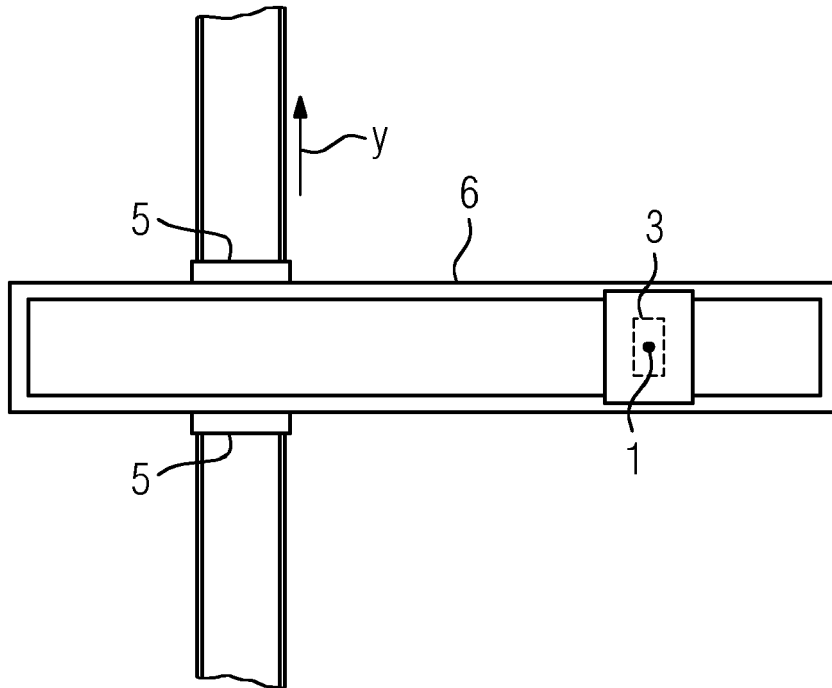


FIG 3

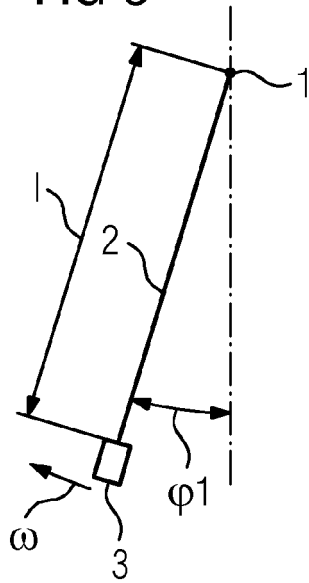


FIG 4

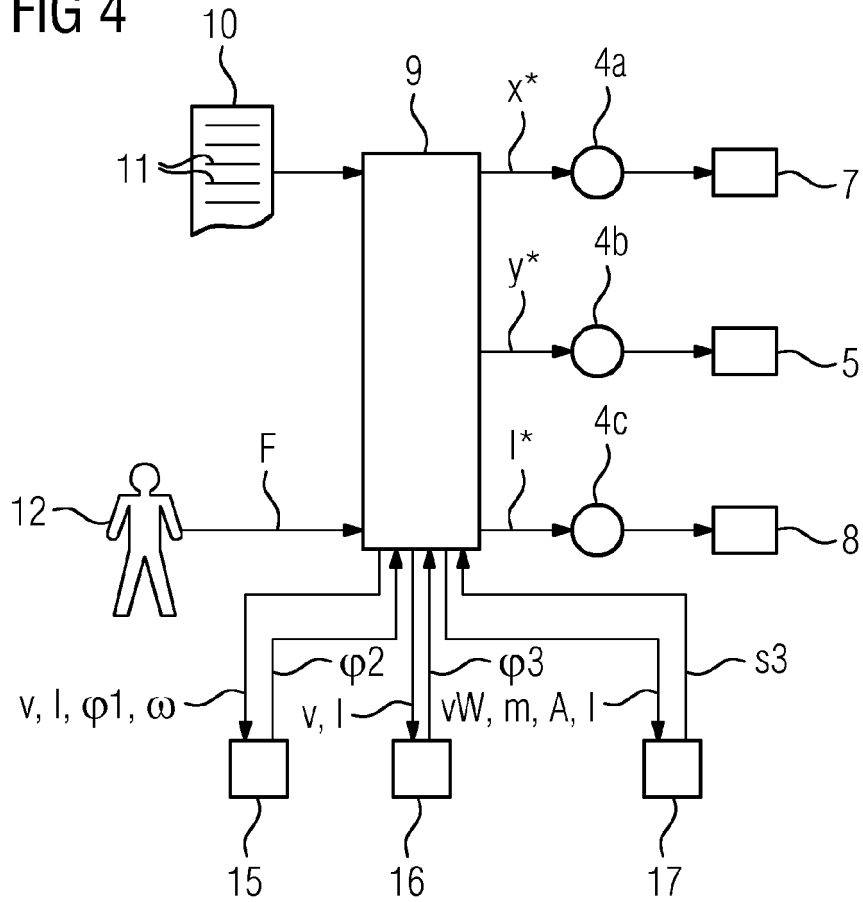


FIG 5

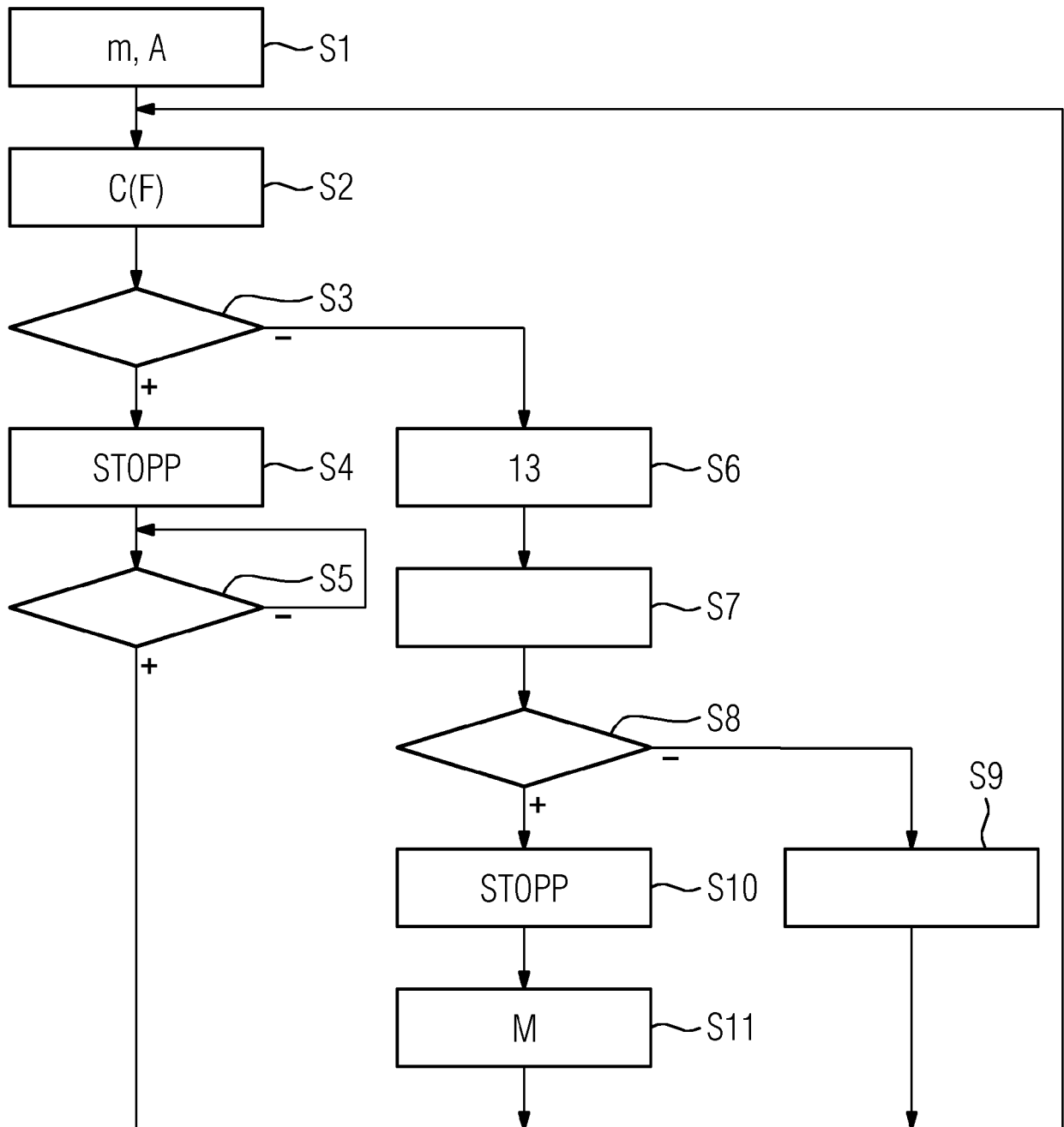


FIG 6

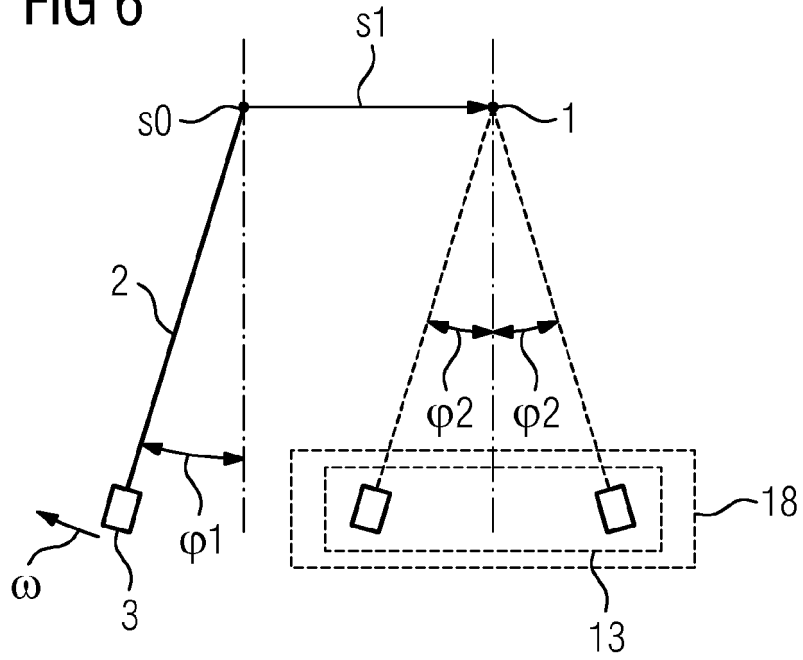


FIG 7

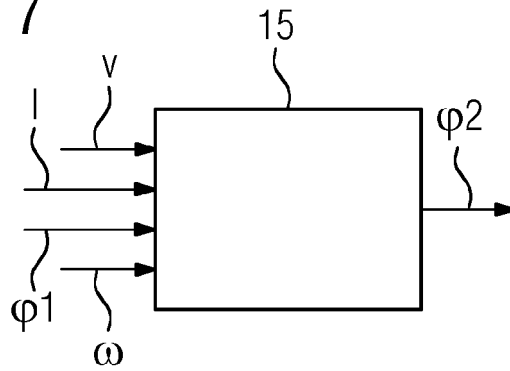


FIG 8

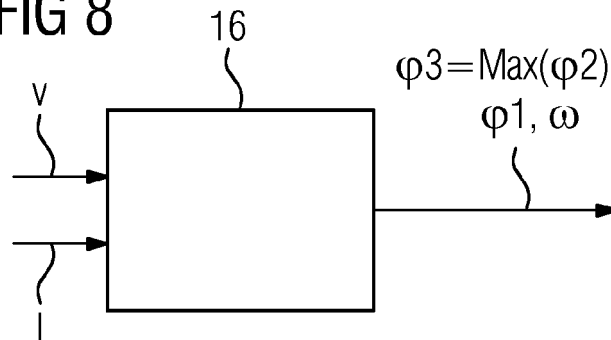


FIG 9

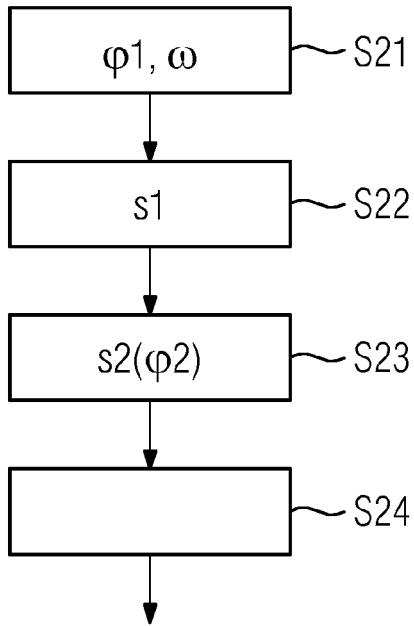


FIG 10

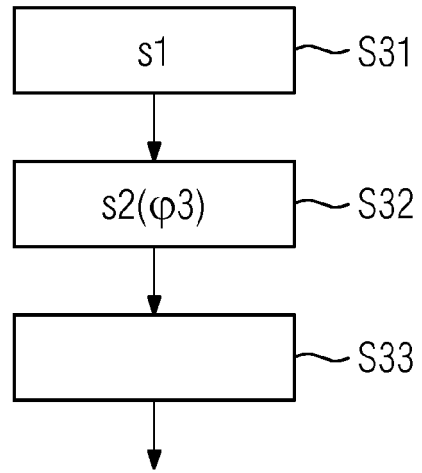


FIG 11

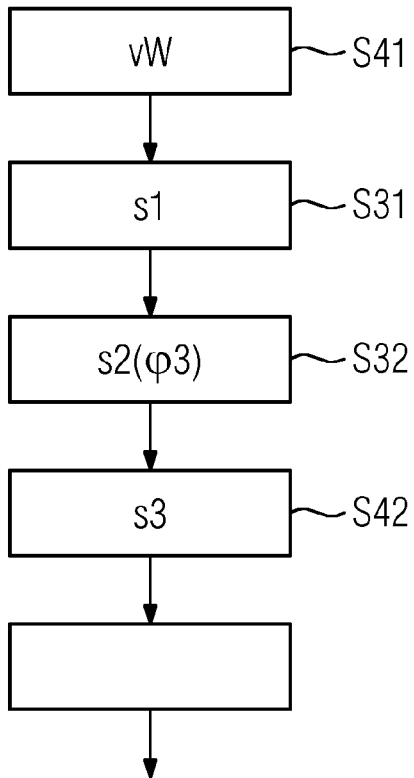


FIG 12

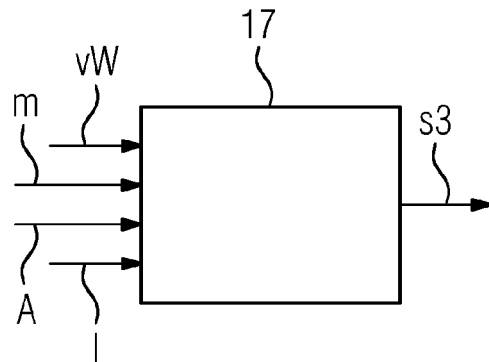
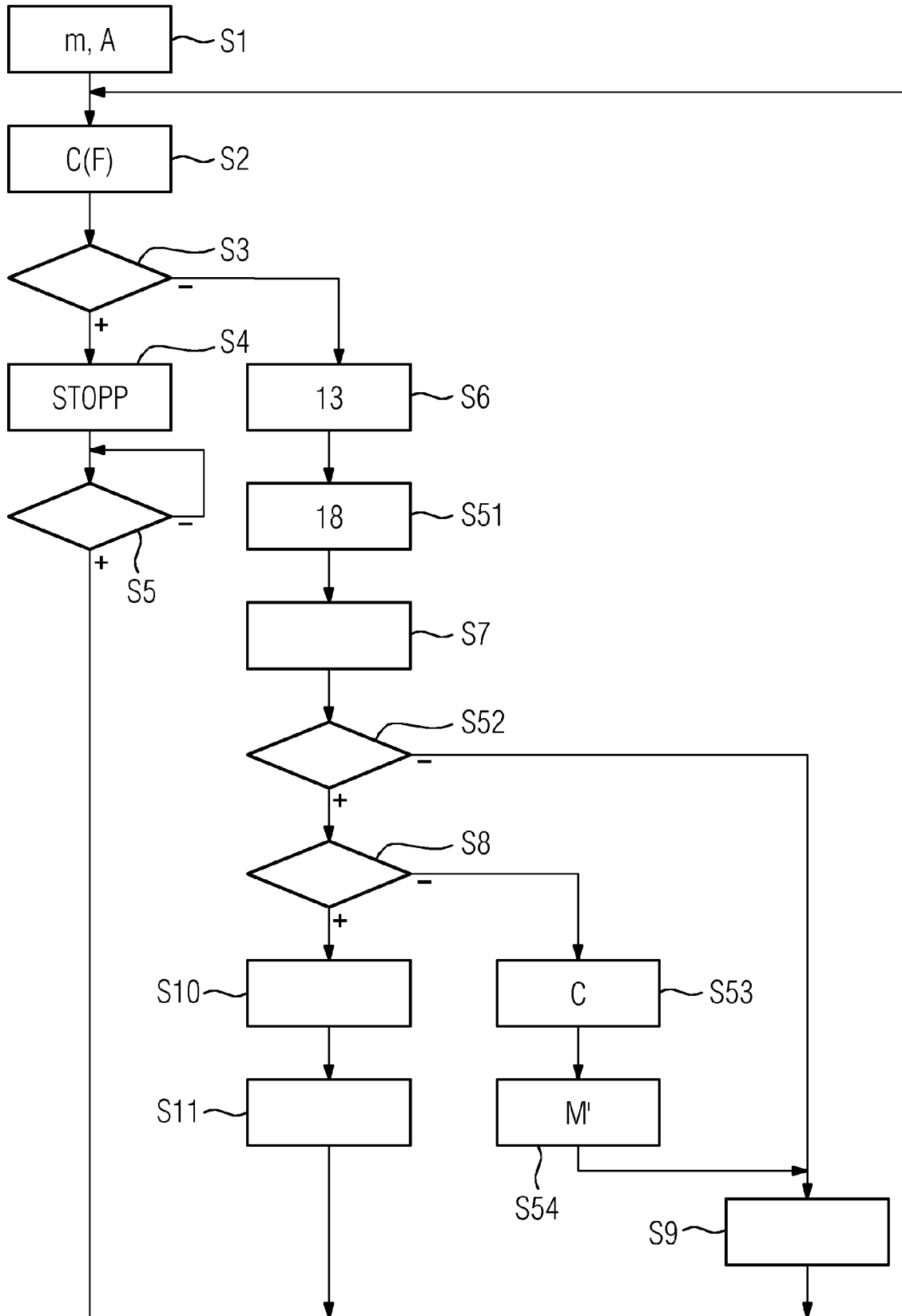


FIG 13





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 15 5318

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2012 007940 A1 (THYSSENKRUPP MILLSERVICES & SYSTEMS GMBH [DE]) 24. Oktober 2013 (2013-10-24) * Absätze [0014], [0022] * -----	1-13	INV. B66C15/04
A	WO 2013/182675 A1 (JAGUAR LAND ROVER LTD [GB]) 12. Dezember 2013 (2013-12-12) * Zusammenfassung * -----	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B66C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 31. Juli 2019	Prüfer Serôdio, Renato
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 19 15 5318

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

31-07-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102012007940 A1	24-10-2013	KEINE	

15	WO 2013182675 A1	12-12-2013	BR 112014030563 A2	27-06-2017
			CN 104507847 A	08-04-2015
			EP 2858937 A1	15-04-2015
			GB 2504817 A	12-02-2014
			JP 5926862 B2	25-05-2016
20			JP 2015518804 A	06-07-2015
			US 2015122761 A1	07-05-2015
			WO 2013182675 A1	12-12-2013

25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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