



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 3 988 439 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
27.04.2022 Patentblatt 2022/17

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B63B 27/10** (2006.01)      **B63B 27/14** (2006.01)  
**B63B 27/30** (2006.01)      **B66C 23/53** (2006.01)  
**B63B 39/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 21192943.5

(22) Anmeldetag: 25.08.2021

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B63B 27/10; B63B 27/143; B63B 27/30;**  
**B63B 39/00; B66C 23/46; B66C 23/53;**  
B63B 2017/0072; B63B 2027/141

(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**

(30) Priorität: 22.10.2020 DE 102020213322

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  

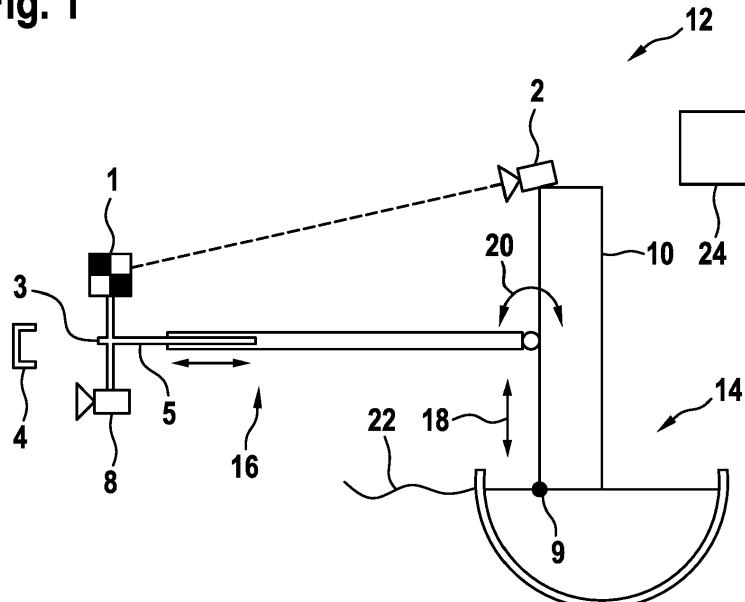
- **Schleyer, Markus**  
**71640 Ludwigsburg (DE)**
- **Nguyen, Quang Huy**  
**70193 Stuttgart (DE)**
- **Voss, Martin**  
**71272 Renningen (DE)**
- **van de Molengraft, Maik**  
**5613EM Eindhoven (NL)**
- **Erz, Michael**  
**75417 Muehlacker (DE)**
- **Kuijpers, Maarten**  
**5291 AE Gemonde (NL)**
- **van der Kant, Rik**  
**5752PD Deurne (NL)**

### (54) SYSTEM MIT EINER BEWEGUNGSKOMPENSATIONSEINRICHTUNG UND VERFAHREN

(57) Offenbart ist ein System mit einem schwimmenden Körper, insbesondere einem Schiff, das einen Arm, insbesondere eine Landungsbrücke, aufweist. Das System weist eine Bewegungskompensationseinrichtung zur Bewegungskompensation des Arms auf. Vorzugs-

weise ist ein Sensor vorgesehen, mit dem sich die Position des Kopfs der Landungsbrücke relativ zu dem Schiff genauer bestimmen lässt. Insbesondere können Verformungen und/oder Schwingungen der Landungsbrücke über den Sensor ermittelt werden.

**Fig. 1**



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein System mit einer Bewegungskompensationseinrichtung für einen schwimmenden Körper gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren mit dem System.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist bekannt zwischen zwei schwimmenden Körpern, wie beispielsweise zwischen einem Schiff und einer Bohrplattform, oder zwischen einem schwimmenden und einem feststehenden Körper, wie beispielsweise zwischen einem Schiff und einer Offshore-Windturbine, Personen und Güter zu transferieren. Hierfür ist ein Kontaktaufbau zwischen den Körpern erforderlich. Dazu wird häufig eine Armkonstruktion, wie beispielsweise eine Gangway oder ein Kran, eingesetzt. Diese kann den Kontakt zwischen den Körpern aufbauen und halten. Eine hauptsächliche Störgröße hierbei sind Wasserbewegungen, insbesondere ein Wellengang. Schon bei vergleichsweise kleiner Wellenhöhe wird ein Kontaktaufbau zwischen den Körpern schwierig oder sogar unmöglich und gefährlich. Um den Kontaktaufbau und den Kontakt zwischen dem schwimmenden und feststehenden Körper zu verbessern, sind Bewegungskompensationssysteme bekannt. Diese bewegen beispielsweise die Armkonstruktion derart, dass ein freies Ende eines Arms, das den Kontakt zum feststehenden Körper aufbaut, keine Bewegung mehr ausführt. Das heißt, dass die welleninduzierte Bewegung des freien Endes des Arms kompensiert wird, sodass ein gefahrloser Kontaktaufbau ermöglicht ist. Dazu wird die Bewegung des Körpers, beispielsweise des Schiffs, auf dem die Armkonstruktion gebaut ist, mit einer Beschleunigungs- und Drehratensorik - Motion Reference Unit (MRU) - erfasst. Über ein kinematisches Modell des Arms kann die dadurch entstehende Bewegung am freien Ende des Arms berechnet werden und entsprechend kompensiert werden. Ein geschlossener Regelkreis ist hierfür nicht notwendig, womit es sich üblicherweise um eine Steuerung handelt.

### Offenbarung der Erfindung

**[0003]** Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes System zur Bewegungskompensation zu schaffen. Außerdem ist es die Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zu schaffen, das zu einer verbesserten Bewegungskompensation führt.

**[0004]** Die Aufgabe hinsichtlich des Systems wird gelöst gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 12.

**[0005]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind

Gegenstand der Unteransprüche.

**[0006]** Erfindungsgemäß ist ein System mit einem schwimmenden Körper vorgesehen, der einen Arm aufweist. Der Arm ist über zumindest einen Aktor bewegbar. Der Arm ist beispielsweise als Gangway oder Kran ausgestaltet. Über den Aktor oder eine Mehrzahl von Aktoren kann beispielsweise eine Länge des Arms verändert werden und/oder ein Winkel zu einer Horizontalebene verstellt werden und/oder um eine Hochachse des Körpers rotiert werden. Der Arm ist hierbei vorzugsweise um einen Lagerpunkt bewegbar. In weiteren Ausgestaltung ist eine Bewegungskompensationseinrichtung vorgesehen. Mit dieser kann eine, insbesondere ungewollte oder mögliche, Bewegung des Arms, insbesondere aufgrund äußerer Einflüsse, wie beispielsweise eine Wasserbewegung oder eine Luftbewegung, kompensiert werden. Vorzugsweise ist eine Sensoreinrichtung vorgesehen. Diese kann derart eingerichtet sein, dass eine, insbesondere sich ändernde und/oder elastische, Verformung des Arms, beispielsweise auch aufgrund eines Lagerspiels und/oder eine Biegung, und/oder eine Schwingung des Arms ermittelbar ist/sind. Vorteilhafterweise kann eine Bewegungskompensationseinrichtung derart eingerichtet sein, dass die ermittelte Verformung und/oder Schwingung für die Bewegungskompensation, insbesondere für die Berechnung der Bewegungskompensation, eingesetzt ist/sind.

**[0007]** Diese Lösung führt zu einer Verbesserung der Stabilität bei einer Regelung oder Steuerung der Bewegungskompensation über die Bewegungskompensationseinrichtung und/oder zu einer Verbesserung einer Regelgüte der Bewegungskompensationseinrichtung. Das System ist beispielsweise vorteilhaft zwischen dem schwimmenden Körper und einem weiteren, insbesondere schwimmenden, Körper, wenn der Arm an dem weiteren Körper andocken soll oder sich diesem annähern soll, vorgesehen. Beispielsweise muss bei zwei schwimmenden Körpern zunächst kontinuierlich eine Relativposition, translatorisch und/ oder rotatorisch, zwischen einem freien Ende des Arms und der Andockstelle erfasst werden. Anschließend kann dann eine Regelung über die Bewegungskompensationseinrichtung umgesetzt werden, die die relative Abweichung zwischen dem freien Ende und der Andockstelle minimiert und laufend in engen Grenzen hält. Hierbei ist beispielsweise ein geschlossener Regelkreis und insbesondere keine Steuerung vorgesehen. Es hat sich gezeigt, dass Schwingungen des freien Ende des Arms eine Regelgüte sehr negativ beeinflussen können und dass diese sogar zu der Instabilität der Regelung der Bewegungskompensationseinrichtung führen können. Durch die Berücksichtigung der Verformung und/oder Schwingung des Arms wird dies vorteilhaft vermieden. Somit können negative Auswirkungen von unerwünschten Schwingungen des freien Endes oder Armendes auf die Regelgüte des Regelkreises zur Bewegungskompensation verhindert oder zumindest verringert werden.

**[0008]** In der Robotik werden häufig in vereinfachen-

der Weise starre Verbindungen zwischen Gelenken und ideale Gelenke ohne Spiel oder Hysterese usw. angenommen. Dadurch ergibt sich ein vereinfachter kinematischer Zusammenhang zwischen einer Basis, wie beispielsweise ein Bezugspunkt auf dem Körper, und dem Endeffektor oder freien Ende oder Armende des Arms, wie beispielsweise eine Spitze einer Schiffsgangway. Eine Schiffsgangway oder ein Kranarm können als Roboterarm interpretiert werden. Die vereinfachenden Annahmen von völlig starren Elementen und idealen Gelenken können aber nicht ohne Weiteres gemacht werden. Einerseits kann es aufgrund der Länge der Konstruktion oder Stahlkonstruktion zu Biegungseffekten kommen, andererseits sind die Gelenke möglicherweise nicht ideal. Insbesondere ein teleskopierbares Ende der Schiffsgangway oder des Arms kann ein Problem darstellen, da dieses beispielsweise auf Hartgummirollen gelagert ist. Diese weisen üblicherweise eine gewisse Elastizität auf. Außerdem kann ein geringes Spiel zwischen den Hartgummirollen und dem teleskopierbaren Ende möglich sein. Durch diese Effekte können Bewegungen und Schwingungen des freien Endes entstehen. Die Berücksichtigung der Bewegungen und Schwingungen bei der Regelung erhöht die Regelgüte und führt zu einer höheren Stabilität des Reglers oder der Bewegungskompositionseinrichtung.

**[0009]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Sensoreinrichtung derart eingerichtet oder ausgebildet, dass eine Relativposition und/oder eine Relativbewegung zwischen zumindest zwei Bereichen oder Punkten des Arms ermittelbar ist. Üblicherweise ist ein Bereich näher am freien Ende oder Armende und ein Bereich näher an einer Basis oder Armbasis des Arms. Die Bereiche sind vorzugsweise in Axialrichtung des Arms gesehen voneinander beabstandet. Die Basis kann somit einen Bezugspunkt am schwimmenden Körper darstellen, zum Beispiel fest mit diesem verbunden sein. Der Bereich näher am freien Ende kann in weiterer Ausgestaltung beispielsweise am freien Ende oder benachbart zum freien Ende vorgesehen sein. Eine derartige Sensoreinrichtung kann vorrichtungstechnisch einfach ausgestaltet werden und ausreichend Informationen liefern, um eine Verformung und/oder Schwingungen des Arms zu erfassen.

**[0010]** Vorzugsweise hat die Sensoreinrichtung zumindest einen Messsensor. Dieser ist vorzugsweise am Arm, insbesondere am freien Ende des Arms, angeordnet, insbesondere starr mit diesem verbunden. Der Messsensor kann beispielsweise in dem Bereich näher am freien Ende des Arms vorgesehen sein. Der Messsensor ist vorzugsweise in Wirkverbindung mit zumindest einer am Körper, also vorzugsweise nicht am Arm, angebrachten Markierung. Hierbei handelt es sich beispielsweise um einen Sichtkontakt. Hierdurch kann auf vorrichtungstechnisch einfache Weise die Relativposition und/oder die Relativbewegung zwischen den zwei Bereichen des Arms ermittelt werden. Alternativ ist denkbar, dass der Messsensor am Körper, also vorzugsweise

nicht am Arm, angeordnet und beispielsweise starr mit diesem verbunden ist. Der Messsensor kann in einer Wirkverbindung mit zumindest einer am Arm, insbesondere am freien Ende des Arms, angebrachten Markierung stehen, wobei insbesondere ein Sichtkontakt vorgesehen ist. Ist die körperseitige Markierung oder der körperseitige Messsensor vom Arm oder von der Basis des Arms beabstandet, wird dieser Abstand einfach bei der Berechnung der Relativposition und/oder der Relativbewegung berücksichtigt. Das gleiche gilt für die Markierung oder den Messsensor, die am Arm oder am freien Ende des Arms befestigt sind, wenn diese also vom freien Ende beabstandet sein sollten. Der Abstand zwischen dem freien Ende und dem Messsensor oder der Markierung wird bei der Berechnung der Relativposition einfach berücksichtigt. Mit dem Messsensor und der Markierung ist eine vorrichtungstechnisch einfache Umsetzung der Sensoreinrichtung ermöglicht. Diese ist kostengünstig und robust ausgestaltbar.

**[0011]** Der Messsensor erfasst vorzugsweise die Markierung beispielsweise regelmäßig oder kontinuierlich oder zu bestimmten Zeitpunkten. Aus den erfassten Messwerten des Messsensors kann dann die Relativposition und/oder die Relativbewegung zwischen dem Messsensor und der Markierung ermittelt werden, wobei die Ermittlung beispielsweise über die Bewegungskompositionseinrichtung erfolgt.

**[0012]** Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Bewegungskompositionseinrichtung derart ausgebildet ist, dass eine Relativposition zwischen zwei Bereichen des Arms über ein kinematisches Modell oder Starkkörpermodell und/oder über eine Mehrkörpersimulation ermittelbar ist. Hierdurch kann eine Relativposition zwischen dem freien Ende des Arms und der Basis des Arms ermittelt werden. Hierfür kann beispielsweise eine Aktorposition des Aktors oder der Akteure zum Bewegen des Arms verwendet sein. Die Bewegungskompositionseinrichtung kann in weiterer Ausgestaltung derart eingerichtet sein, dass es die stationäre Abweichung zwischen der Relativposition, die aus den Werten des Messsensors ermittelt ist, und der Relativposition, die aus dem kinematischen Modell ermittelt ist, als Ergänzung zum kinematischen Modell berücksichtigt, um die Position des Arms zu regeln. Dies hat den Vorteil, dass bei einer Regelung basierend auf dem kinematischen Modell des Arms diese durch die Berücksichtigung der Verformung und/oder der Schwingung des Arms verbessert ist.

**[0013]** Alternativ oder zusätzlich ist denkbar die Bewegungskompositionseinrichtung derart auszustalten, dass es eine dynamische Abweichung zwischen der Relativposition, die aus den Werten des Messsensors ermittelt ist, und der Relativposition, die aus dem kinematischen Modell ermittelt ist, bei der Regelung der Position des Arms derart berücksichtigt, dass die Stabilität der Regelung verbessert ist.

**[0014]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung hat die Bewegungskompositionseinrichtung vorzugsweise

zumindest einen Sensor. Dieser kann derart eingerichtet sein, um eine Bewegung des Körpers, der den Arm aufweist, zu erfassen. Bei der Bewegung handelt es sich insbesondere um eine Störgröße. Als Sensor kann beispielsweise ein Beschleunigungssensor und/oder ein Drehratensor vorgesehen sein. Durch den Sensor können über den Körper dann beispielsweise Wasserbewegungen, insbesondere Wellenbewegungen oder Luftbewegungen, erfasst werden, um basierend darauf den Arm für die Bewegungskompensation zu steuern oder zu regeln. Beispielsweise kann mit der Bewegungskompensationseinrichtung eine Bewegung des freien Endes des Arms, insbesondere im Voraus oder aktuell, berechenbar sein. Dies führt dann dazu, dass die Bewegung des freien Endes des Arms entsprechend kompensierbar ist. Hierbei handelt es sich dann vorzugsweise um eine Steuerung oder Störgrößenkompensation.

**[0015]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann bei dem System ein weiterer, insbesondere schwimmender, Körper vorgesehen sein. Dieser hat beispielsweise einen Andockbereich für den Arm des ersten schwimmenden Körpers. An dem Andockbereich oder benachbart zu diesem oder gegenüber von diesem kann das freie Ende des Arms anordnbar oder andockbar sein. Vorzugsweise ist die Bewegungskompensationseinrichtung derart eingerichtet, dass die Relativposition zwischen dem Andockbereich und dem freien Ende des Arms erfassbar ist. Weiter erfolgt die Einrichtung vorzugsweise derart, dass eine relative Abweichung und/oder Relativbewegung zwischen dem Andockbereich und dem freien Ende minimierbar ist und/oder in, insbesondere engen Grenzen gehalten wird. Hierfür kann beispielsweise ein geschlossener Regelkreis eingesetzt werden. Die Regelung der Relativposition und/oder der Relativbewegung und/oder des Abstands zwischen dem Andockbereich und dem freien Ende des Arms kann vorteilhafter Weise durch Einbeziehung der ermittelten Verformung und/oder der Schwingung des Arms stabiler sein und die Regelgüte kann positiv beeinflusst werden.

**[0016]** Vorzugsweise ist zumindest ein Sensor zum Erfassen oder Erkennen des Andockbereichs vorgesehen. Beispielsweise ist der Sensor am freien Ende des Arms, insbesondere im Bereich des freien Endes oder benachbart zum freien Ende des Arms, angeordnet.

**[0017]** In weiterer Ausgestaltung basiert die Regelung der Bewegungskompensationseinrichtung zur Berechnung der Bewegungskompensation insbesondere auf einem kinematischen Modell des Arms oder auf einer Mehrkörpersimulation des Arms. Vorzugsweise ist die Bewegungskompensationseinrichtung dann derart ausgebildet, dass bei der Weiterverarbeitung der vom zumindest einen Sensor erfassten Messwerte die von der Sensoreinrichtung ermittelte Verformung und/oder Schwingung berücksichtigt wird oder werden. Dies kann beispielsweise derart erfolgen, dass die Verformung und/oder die Schwingung von erfassten Messwerten des Sensors abgezogen werden.

**[0018]** In einer derartigen Konstellation, bei der ein Körper eine Andockstelle hat, geht es bei einem bewegungskompensierten Arm darum, unabhängig von der Bewegung des Körpers und unter Umständen unabhängig von der Bewegung der Andockstelle, falls diese beweglich ist, eine möglichst konstante Position im Raum bei fester Andockstelle oder eine möglichst konstante Relativposition bezüglich der beweglichen Andockstelle zu gewährleisten.

**[0019]** Bei fester Andockstelle kann die Position des freien Endes des Arms oder der Gangwayspitze mit Hilfe des kinematischen Modells vorgesteuert werden. Hierbei kann beispielsweise die Wellenbewegung am Körper über einen Sensor oder Sensoren gemessen werden, bei den Sensoren handelt es sich beispielsweise um eine Motion Reference Unit (MRU). Über das kinematische Modell des Arms und zusammen mit einem oder mehreren Positionssensor/en an einem oder mehreren Aktoren zum Bewegen des Arms, bei denen es sich beispielsweise um einen oder mehrere Hydraulikzylinder handelt, kann die Bewegung des freien Endes des Arms aufgrund der Bewegung des Körpers berechnet werden. Des Weiteren können beispielsweise mit Hilfe eines inversen kinematischen Modells die Aktoren oder Gangway-Aktoren so vorgesteuert sein, dass die welleninduzierte Bewegung kompensiert wird. Positionsabweichungen aufgrund einer Verformung und/oder Schwingungen des Arms, beispielsweise aufgrund von Biegung und/oder eines Lagerspiels, können beispielsweise additiv auf die Position des freien Endes des Arms aufgerechnet werden.

**[0020]** Ist zumindest ein Sensor zum Erfassen des Andockbereichs vorgesehen, dann ist dies insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Andockstelle sich bewegt. Der oder die Sensor/en, die bei beispielsweise auf der Gangwayspitze angebracht sind, kann/können beispielsweise als Kamera oder als Light Detection and Ranging (LiDAR) Sensor oder als Radio Detection and Ranging (RADAR) Sensor ausgestaltet sein. Bei Verwendung des oder der entsprechenden Sensors/en zur Bewegungskompensation können dann die Störungen durch Verformung und/oder Schwingung, insbesondere durch Biegung oder Lagerspiel, des Arms beispielsweise direkt Eingang in einen geschlossenen Regelkreis der Bewegungskompensationseinrichtung finden. Sie würden dann die Regelgüte und Stabilität negativ beeinflussen. Damit dies verhindert wird, können diese unerwünschten, nicht im kinematischen Modell berücksichtigten Positionsabweichungen durch die Sensoreinrichtung - die die Relativposition zwischen Körper mit Arm und Armspitze ermittelt - gemessen und bei der Bestimmung des Messsignals für die Regelung durch die Bewegungskompensationseinrichtung entsprechend abgezogen werden. Aus diesem Grund wird über die Sensoreinrichtung die Verformung und/oder die Schwingung des Arms für die Bewegungskompensation ermittelt. Hierdurch verbessert sich die Regelgüte und die Stabilität der Regelung.

**[0021]** Der Messsensor - der insbesondere zum Ermitteln der Relativposition zwischen Körper mit Arm und Armspitze vorgesehen ist - ist beispielsweise als Kamera oder LIDAR oder RADAR ausgestaltet. Sind mehrere Messsensoren vorgesehen, so können diese vom gleichen Typ sein oder so können diese als unterschiedliche Typen ausgebildet sein.

**[0022]** Mit anderen Worten kann der zumindest eine Messsensor in der Nähe der Gangwayspitze und in starker Verbindung zu ihr eingerichtet sein, wobei er zum Schiff gerichtet ist. Der Messsensor kann dann laufend Bilder eines oder mehrerer auf dem Körper, beispielsweise in Form eines Schiffs, angebrachter Marker liefern. Als Marker wird beispielsweise ein ArUco-Marker eingesetzt. Aus den Bildern kann dann mit Hilfe von Algorithmen die Relativposition zwischen dem Messsensor und dem Marker bestimmt werden. Alternativ kann der Messsensor auch am Körper, insbesondere am Schiff, angebracht sein und der Marker ist dann beispielsweise in der Nähe der Gangwayspitze vorgesehen.

**[0023]** Von besonderem Interesse ist vorzugsweise nicht die Relativposition zwischen dem Messsensor und der Markierung, sondern vorzugsweise zwischen dem freien Ende des Arms, insbesondere der Gangwayspitze, und der Basis des Arms, insbesondere der Gangwaybasis. Diese Relativposition kann berechnet werden, vorzugsweise, nachdem die festen Relativpositionen zwischen dem freien Ende des Arms, also beispielsweise der Gangwayspitze, und der Markierung einerseits und dem Messsensor und der Basis des Arms, insbesondere der Gangwaybasis, andererseits über ein Kalibrierverfahren bestimmt worden sind. Zusätzlich, insbesondere gleichzeitig, oder alternativ kann die Relativposition zwischen der Basis des Arms, insbesondere der Gangwaybasis, und dem freien Ende des Arms, insbesondere der Gangwayspitze, mit dem kinematischen Modell des Arms, insbesondere der Gangway, berechnet werden. Die Differenzen zwischen den beiden Relativpositionen sind zunächst beispielsweise unmodifizierte Abweichungen. Ein stationärer Anteil dieser Abweichungen, wie beispielsweise eine dauerhafte Durchbiegung des Arms, kann beispielsweise als Ergänzung zum kinematischen Modell berücksichtigt werden. Dynamische Anteile, wie beispielsweise Schwingungen oder hochfrequente Schwingungen des Arms, die beispielsweise nach ruckartigen Bewegungen entstehen können, sind unerwünscht. Unter Kenntnis der unerwünschten Abweichungen kann dann die Regelung der Bewegungskompensationseinrichtung zwischen der Andockstelle und dem freien Ende des Arms erheblich verbessert werden. Hierdurch steigen die Regelungsgüte und die Stabilität.

**[0024]** Erfundengemäß ist ein Verfahren mit einem System gemäß einem oder mehrerer der vorhergehenden Aspekte vorgesehen. Mit der Bewegungskompensationseinrichtung wird vorzugsweise die Bewegung des Arms, insbesondere kontinuierlich, kompensiert. Des Weiteren kann die Verformung und/oder die Schwingung des Arms, insbesondere kontinuierlich, über die Senso-

reinrichtung ermittelt werden und für die Bewegungskompensation des Arms von der Bewegungskompensationseinrichtung verwendet werden.

**[0025]** Vorzugsweise ist in weiterer Ausgestaltung des Verfahrens vorgesehen, dass die Bewegungskompensationseinrichtung die Relativposition zwischen dem Andockbereich und dem freien Ende des Arms über Mittel, insbesondere über einen Sensor, erfasst. Die Bewegungskompensationseinrichtung kann somit zumindest einen Aktor des Arms basierend auf der Relativposition ansteuern. Dies kann beispielsweise derart erfolgen, dass ein Abstand kleiner wird und/oder in, insbesondere kleinen, Grenzen gehalten wird.

**[0026]** Bei dem Verfahren kann vorteilhafter Weise die Bewegungskompensationseinrichtung aus der Relativposition zwischen dem Andockbereich und dem freien Ende des Arms, die beispielsweise basierend auf den Messwerten des zumindest einen Sensors ermittelt wird, und der Relativposition zwischen dem freien Ende des Arms und der Basis des Arms, die vorzugsweise basierend auf den Messwerten des zumindest einen Messsensors ermittelt wird, die Relativposition zwischen dem Andockbereich und der Basis des Arms ermitteln. Diese Relativposition ist äußerst vorteilhaft bei der Regelung der Armposition über einen oder mehrerer seiner Akto-

**[0027]** In weiterer oder alternativer Ausgestaltung des Verfahrens ist denkbar, dass die Bewegungskompensationseinrichtung die Relativposition zwischen dem freien Ende des Arms und der Basis des Arms, basierend auf den Messwerten des zumindest einen Messsensors, ermittelt. Zusätzlich kann die Relativposition aus dem kinematischen Modell berechnet werden. Störungen können aus der Differenz der Relativpositionen erfasst werden. Somit wird die Relativposition, die über den Messsensor erfasst ist, und die Relativposition, die aus dem kinematischen Modell berechnet wird, herangezogen, und daraus wird dann eine Differenz gebildet. Bei der Differenz handelt es sich dann um die Störungen oder aus der Differenz können die Störungen ermittelt werden. Die Störungen können dann von der über den Sensor ermittelten Relativposition zwischen dem Andockbereich und dem freien Ende des Arms abgezogen werden oder berücksichtigt werden, so dass eine störungsfreie Relativposition zwischen dem Andockbereich und dem freien Ende des Arms resultiert. Die Relativposition zwischen dem Andockbereich und der Basis des Arms kann dann aus der störungsfreien Relativposition ermittelt werden.

**[0028]** Offenbart ist ein System mit einem schwimmenden Körper, insbesondere einem Schiff, das einen Arm, insbesondere eine Landungsbrücke, aufweist. Das System weist eine Bewegungskompensationseinrichtung

zur Bewegungskompensation des Arms auf. Vorzugsweise ist ein Sensor vorgesehen, mit dem sich die Position des Kopfs der Landungsbrücke relativ zu dem Schiff genauer bestimmen lässt. Insbesondere können Verformungen und/oder Schwingungen der Landungsbrücke über den Sensor ermittelt werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0029]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in einer schematischen Darstellung ein System gemäß einem Ausführungsbeispiel,

Figur 2 schematisch eine Regelung für das System aus Figur 1 und

Figur 3 schematisch eine Regelung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel für das System aus Figur 1.

**[0030]** Gemäß Figur 1 ist ein System 12 für einen schwimmenden Körper 14 in Form eines Schiffs vorgesehen. Der Körper 14 hat einen bewegbaren Arm 16, bei dem es sich um eine Schiffsgangway handelt. Der Arm 16 ist an einem Turm 10 oder Gangwayturm befestigt. Der Arm 16 kann entlang einer Hochachse 18 des Körpers 14 mit einem entsprechenden (nicht dargestellten) Aktor bewegt werden. Außerdem ist der Arm 16 um einen Drehpunkt in zwei Drehrichtungen 20 über einen entsprechenden Aktor drehbar. Somit kann der Arm 16 um den Drehpunkt nach oben und unten gedreht werden. Die Drehachse liegt dabei beispielsweise in einer Ebene, die die Hochachse 18 des Körpers 14 senkrecht schneidet. Durch die Drehung kann somit ein freies Ende 3 des Arms 16 hin zu einer Wasseroberfläche 22 oder weg von der Wasseroberfläche 22 bewegt werden. Vorzugsweise bewegt sich das freie Ende 3 oder der Arm 16 bei einer Drehung in den Drehrichtungen 20 in einer Ebene, die die Drehachse senkrecht schneidet und sich parallel zur Hochachse 18 erstreckt. Über einen weiteren Aktor kann der Arm 16 in seiner Länge verstellt werden. So ist beispielsweise ein vom Turm 10 entfernter Armteil 5 oder Gangwayteil des Arms 16 teleskopierbar oder ein- und ausfahrbar bezüglich des übrigen Arms 16.

**[0031]** Am Turm 10 ist ein Messsensor 2 einer Sensoranordnung lagefixiert befestigt. Der Messsensor 2 ist beispielsweise als Kamera oder als LIDAR-Sensor oder als Laser-Sensor oder RADAR-Sensor ausgestaltet. Denkbar ist auch, mehrere Messsensoren 2 vorzusehen. Diese können gleich ausgestaltet sein oder unterschiedlichen Typs sein, beispielsweise ein Kamerassensor und ein LIDAR-Sensor. Der Messsensor 2 wirkt mit einer Markierung 1 zusammen. Diese ist endseitig des Arms 16, auf Seiten seines freien Endes 3, fest und lagefixiert mit diesem verbunden. Der Messsensor 2 erfasst dann kontinuierlich die Markierung 1. Diese ist beispielsweise als Marker oder Reflektor ausgestaltet. Denkbar wäre, eine

an den Messsensor 2 angepasste Markierung 1 zu verwenden. Beispielsweise kann ein vordefinierter Marker, wie beispielsweise ein ArUco-Marker, für den Messsensor 2 in Form einer Kamera eingesetzt sein. Oder es wird ein vordefinierter Marker für den Messsensor 2 in Form des LIDAR-Sensors verwendet. Denkbar wäre auch, die Markierung 1 als Reflektor oder Prisma für den Messsensor 2 in Form eines Laser-Sensors zu verwenden. Auch wäre denkbar, die Markierung 1 als RADAR-Reflektor für den Messsensor 2 auszustalten, wenn der Sensor 2 als RADAR-Sensor ausgebildet ist. Außerdem wäre denkbar, mehrere Markierungen vorzusehen. Auch ist denkbar, mehrerer Markierungen gleichen Typs oder unterschiedlichen Typs auszustalten. Die Markierung 1 ist vorzugsweise in unmittelbarer Nähe zum freien Ende 3 oder zur Gangwayspitze starr mit dem Arm 16, insbesondere mit dem Armteil 5, verbunden. Alternativ wäre denkbar, dass die Position der Markierung 1 und des Messsensors 2 vertauscht ist. Auch wäre denkbar, bei der Position der Markierung 1 zusätzlich einen weiteren Messsensor vorzusehen und bei der Position des Messsensors 2 eine weitere Markierung, wobei der weitere Messsensor und die weitere Markierung in Wirkverbindung stehen. Außerdem ist denkbar, an weiteren Positionen zumindest einen weiteren Messsensor und/oder eine weitere Markierung vorzusehen, um eine Messgenauigkeit weiter zu verbessern.

**[0032]** Des Weiteren ist bei dem System 12 aus Figur 1 endseitig des Arms 16, insbesondere benachbart zu seinem freien Ende 3, ein Sensor 8 angeordnet. Dieser dient zum Erfassen eines Andockbereichs 4 oder einer Andockstelle eines weiteren Körpers. Der Andockbereich 4 ist beispielsweise ortsfest oder ebenfalls schwimmend, indem er beispielsweise Teil eines Schiffs ist.

**[0033]** In der weiteren Beschreibung werden folgende Begrifflichkeiten verwendet: Eine Relativposition zwischen zwei Körpern soll die Translation und die Rotation zwischen den Koordinatensystemen der beiden Körper oder Starrkörper erfassen und weist im besonderen sieben Werte auf. Zum einen Translationen in drei Koordinatenrichtungen und vier Quaternionenwerte, um eine Rotation darzustellen. Alternativ zu den vier Quaternionenwerten ist denkbar, beispielsweise drei Eulerwinkel zu verwenden. Die Relativposition zwischen zwei Körpern A und B soll mit  $T_{AB}$  abgekürzt werden. Hierbei handelt es sich um eine homogene Transformation, die einen homogenen Vektor vom Koordinatensystem B in das Koordinatensystem A überführt. Ist die Transformation von Koordinatensystem B nach A  $T_{AB}$  und vom Koordinatensystem A nach C  $T_{CA}$  bekannt, so ergibt sich die Transformation von B nach C  $T_{CB}$  als Konkatenation der Einzeltransformationen  $T_{CA} * T_{AB}$ .

**[0034]** In einem ersten Schritt erfolgt die Bestimmung einer Positions differenz zwischen einem berechneten kinematischen Modell und einer tatsächlichen Messung der Position des Arms 16, was im Folgenden erläutert ist. Vorzugsweise bestimmt eine schematisch in Figur 1 dargestellte Bewegungskompensationseinrichtung 24

oder eine Sensoreinheit mit dem Messsensor 2, insbesondere mit einem computerimplementierten Algorithmus, die Relativposition zwischen dem Messsensor 2 und der Markierung 1. Die Relativposition ist insbesondere aus drei Translationswerten und vier Quaternionenwerten zusammengesetzt. Vorzugsweise wird initial zusätzlich eine Relativposition zwischen der Markierung 1 und dem freien Ende 3 oder der Gangwayspitze und eine Relativposition zwischen dem Messsensor 2 und einer Basis 9 oder Gangwaybasis ermittelt. Es kann somit auf die Relativposition zwischen dem freien Ende 3 und der Basis 9 oder dem Abstand zwischen diesen Punkten basierend auf dem Messsensor 2 erfassten Werten geschlossen werden. Zusätzlich wird diese Relativposition vorzugsweise über ein kinematisches Modell oder kinematisches Starkkörpermodell berechnet. Durch ein geeignetes Kalibrierverfahren kann die Differenz dieser Relativpositionen ermittelt werden. In anderen Worten kann durch ein geeignetes Kalibrierverfahren die Positionsdifferenz für die Gangwayspitze zwischen dem kinematischen Modell für die Gangway und den vom Messsensor 2 tatsächlich erfassten Positions値 ermittelt werden.

**[0035]** Es ist denkbar, dass nicht nur ein Messsensor 2 zum Einsatz kommt, sondern mehrere, insbesondere parallel, deren Einzelsignale dann zu einem Gesamtignal fusioniert werden.

**[0036]** In einem nächsten zweiten Schritt wird dann die Positionsdifferenz aus dem vorhergehenden Schritt in einer Regelung für die Bewegungskompensation durch die Bewegungskompensationseinrichtung 24 berücksichtigt. Die Regelung funktioniert folgendermaßen: Mit Hilfe eines oder mehrerer der Sensoren 8 wird die Relativposition zwischen dem Andockbereich 4 und dem freien Ende 3, insbesondere kontinuierlich, bestimmt. Ein Regler der Bewegungskompensationseinrichtung 24 steuert dann Aktoren des Arms 16 derart an, dass diese Relativposition hinreichend klein wird und in entsprechend hinreichend kleinen Grenzen gehalten wird. Das heißt, dass ein Kontakt zwischen dem Andockbereich 4 und dem freien Ende 3 vorzugsweise aufgebaut und gehalten wird. In das Signal des Messsensors 2 oder Relativpositionssignal gehen sämtliche Bewegungen des freien Endes 3 ein, beispielsweise alle Schwingungen, die sich aufgrund des Spiels oder der Biegung des teleskopierbaren Arms 5 ergeben. Dieser Signalanteil ist aufgrund seiner geringen Größe für ein genaues Regelergebnis wenig relevant, allerdings kann er umgekehrt das Regelverhalten negativ beeinflussen bis hin zur Instabilität. Um diesen negativen Effekt zu vermeiden, werden die Signalanteile, die im vorhergehend beschriebenen Schritt als Differenz zwischen dem kinematischen Modell und der Messung über den Messsensor 2 bestimmt wurden, bei der Regelung der Bewegungskompensation vorteilhaft benutzt.

**[0037]** In Figur 2 wird mit  $T_{yx}$  die Relativposition zwischen Element X oder Körper X und Element Y oder Körper Y oder zwischen dem Koordinatensystem von Körper X und Y bezeichnet. X und Y betreffen im Folgenden die

Bezugszeichen aus Figur 1. Die Bestimmung von  $P_{39}$ , also die Relativposition zwischen der Basis 9 und dem freien Ende 3 wurde in Schritt 1 erläutert. Wie vorstehend erläutert wird über den Sensor 8 die Relativposition  $T_{43}$  zwischen dem freien Ende 3 und dem Andockbereich 4 ermittelt. Fügt man  $T_{39}$  und  $T_{43}$  zusammen, so ergibt sich die Relativposition zwischen der Basis 9 und dem Andockbereich 4, was als  $T_{49}$  bezeichnet wird. Gemäß Figur 2 wird für die Relativposition  $T_{39}$  die Relativposition zwischen  $T_{12}$ , also zwischen der Markierung 1 und dem Messsensor 2, über einen Positionsbestimmungsalgorithmus 26 ermittelt. Als Eingang für diesen ist das Messsignal des Messsensors 2 vorgesehen. Als weitere Basis für die Relativposition  $T_{39}$  dient die Relativposition  $T_{31}$ , also zwischen dem freien Ende 3 und der Markierung 1, die über einen Kalibrierungsalgorithmus 28 ermittelt wird. Außerdem dient als Basis für die Relativposition  $T_{39}$  die Relativposition zwischen dem Messsensor 2 und der Basis 9, die als  $T_{29}$  bezeichnet ist und über einen Kalibrierungsalgorithmus 30 ermittelt wird. Aus den Relativpositionen  $T_{12}$ ,  $T_{31}$  und  $T_{29}$  ergibt sich dann die Relativposition  $T_{39}$ . Für die Relativposition  $T_{43}$  aus Figur 2 dient die Relativposition  $T_{48}$  zwischen dem Sensor 8 und dem Andockbereich 4 und die Relativposition  $T_{83}$  zwischendem freien Ende 3 und dem Sensor 8 als Basis. Die Relativposition  $T_{48}$  wird über einen Positionsbestimmungsalgorithmus 32 ermittelt, der als Eingang Sensorsignale des Sensors 8 hat. Die Relativposition  $T_{83}$  wird über einen Kalibrierungsalgorithmus 33 ermittelt. Wie bereits beschrieben ergibt sich dann aus Relativpositionen  $T_{39}$  und  $T_{43}$  die Relativposition  $T_{49}$ . Da die Messsignale der Sensoren 2 und 8 die ungewollten Störungen enthalten, kompensieren sich diese in der Addition, so dass sich eine daraus ergebende Relativposition  $T_{49}$ , s. Figur 2, störungsfrei ist. Diese eignet sich somit wesentlich besser zur Regelung, als wenn  $T_{43}$  mit  $T_{39,ideal}$  aus einem idealisierten, insbesondere starren, kinematischen Modell des Arms 16 kumuliert wird.

**[0038]** Der Arm 16 aus Figur 1 kann eine Vielzahl von unterschiedlichen Relativpositionen  $T_{39}$  zwischen der Basis 9 und dem freien Ende realisieren. Entsprechend muss dem Regler der Bewegungskompensationseinrichtung 24 vorgegeben werden, wo das freie Ende 3 oder die Gangwayspitze relativ zum Andockbereich 4 oder der Andockstelle stehen soll, wobei dies als  $T_{34,Soll}$  bezeichnet ist, s. Figur 2. Soll das freie Ende 3 oder die Gangwayspitze exakt auf dem Andockbereich 4 positioniert werden, so ist der Sollwert für den Regler  $T_{39,Soll} = T_{49}$ . Eine Positionierung in einem beliebigen Abstand zum Andockbereich 4 ist aber auch möglich, wobei dann  $T_{39,Soll} = T_{34,Soll} * T_{49}$  gilt. Der Regler setzt dann aus den Relativpositionen  $T_{49}$  und  $T_{34,Soll}$ , die Relativpositionsanforderung als Reglersollwert  $T_{39,Soll}$  um. Dies erfolgt dadurch, dass aus  $T_{39,Soll}$  über ein inverses Modell 34 Aktoranforderungen errechnet werden, die zum Erreichen der Sollfunktion benötigt werden. Als Aktoranforderungen sind beispielsweise bei Hydrozylindern Ausfahr- und Einfahrlängen einer jeweiligen Kolbenstange

und Aus- und Einfahrgeschwindigkeiten der jeweiligen Kolbenstange vorgesehen. Gemäß Figur 2 sind beispielhaft drei Aktoren 36, 38 und 40 schematisch dargestellt. [0039] Gemäß Figur 3 ist eine weitere Ausführungsform einer Regelung der Bewegungskompensationseinrichtung 24 aus Figur 1 gezeigt. Die Bestimmung der Relativpositionen  $T_{39}$  und  $T_{43}$  ist entsprechend Figur 2 ausgestaltet. Die Relativposition  $T_{49}$  wird allerdings alternativ berechnet. Unerwünschte Störungen  $\Delta T_{39}$  werden explizit berechnet als Differenz zwischen Relativpositionen  $T_{39, \text{Modell}}$  aus dem kinematischen Modell 42 des Arms 16 und der über die Sensorsignale des Messsensors 2 bestimmte Relativposition  $T_{39}$  zwischen der Basis 9 und dem freien Ende 3. Zum Berechnen des Modells 42 werden Sensorsignale der Sensoren 44, 46 und 48 verwendet, die einen jeweiligen Aktor 36, 38 und 40 zuordnet sind. Die Sensoren 44 bis 48 ermitteln beispielsweise die aktuelle Aktorposition, womit ein Rückchluss auf die Position des Arms 16 ermöglicht ist. Im Anschluss werden die Störungen, insbesondere  $\Delta T_{39}$ , von der über den Sensor 8 bestimmten Relativposition zwischen dem freien Ende 3 und dem Andockbereich 4, die als  $T_{43}$  bezeichnet ist, abgezogen. Daraus wird eine störungsfreie Relativposition  $T_{43, \text{ohne}}$  Störung erhalten. Die Relativposition  $T_{49}$  ergibt sich dann aus der störungsfreien Relativposition  $T_{43, \text{ohne}}$  Störung und  $T_{39, \text{modell}}$ . Die weitere Verarbeitung der Relativposition  $T_{49}$  ist entsprechend Figur 2 ausgestaltet.

#### Bezugszeichenliste

#### [0040]

1	Markierung
2	Messsensor
3	freies Ende
5	Armteil
4	Andockbereich
8	Sensor
9	Basis
10	Turm
12	System
14	Körper
16	Arm
18	Hochachse
20	Drehrichtung
22	Wasseroberfläche
24	Bewegungskompensationseinrichtung
26, 32	Positionsbestimmungsalgorithmus
28, 30, 33	Kalibrierungsalgorithmus
34	Inverses Modell
36, 38, 40	Aktor
42	Modell
44, 46, 48	Sensor

#### Patentansprüche

1. System mit einem schwimmenden Körper (14), der einen Arm (16) aufweist, wobei der Arm (16) über zumindest einen Aktor (36, 38, 40) bewegbar ist, wobei eine Bewegungskompensationseinrichtung (24) vorgesehen ist, mit der eine Bewegung des Arms (16) kompensierbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Sensoreinrichtung (1, 2) vorgesehen ist, die derart eingerichtet ist, dass eine Verformung des Arms (16) und/oder eine Schwingung des Arms (16) ermittelbar ist, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) derart eingerichtet ist, dass die von der Sensoreinrichtung (1, 2) ermittelte Verformung und/oder Schwingung für die Bewegungskompensation eingesetzt ist.
2. System nach Anspruch 1, wobei die Sensoreinrichtung derart eingerichtet ist, dass eine Relativposition zwischen zwei Bereichen des Arms (16) ermittelbar ist.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Sensoreinrichtung (1, 2) zumindest einen Messsensor (2) hat, der am Arm (16) angeordnet ist, wobei der Messsensor (2) in Wirkverbindung mit zumindest einer am Körper (14) angebrachten Markierung (1) steht, oder der am Körper (14) angeordnet ist, wobei der Messsensor (2) in Wirkverbindung mit zumindest einer am Arm (16) angebrachten Markierung (1) steht.
4. System nach Anspruch 3, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) derart eingerichtet ist, dass aus den erfassten Werten des Messsensors (2) eine Relativposition zwischen dem freien Ende (3) und der Basis (9) des Arms (16) ermittelbar ist.
5. System nach Anspruch 4, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) derart eingerichtet ist, dass eine Relativposition zwischen dem freien Ende (3) des Arms (16) und der Basis (9) des Arms (16) über ein kinematisches Modell ermittelt ist.
6. System nach Anspruch 5, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) derart eingerichtet ist, dass es die stationäre Abweichung zwischen der Relativposition, die aus den Werten des Messsensors (2) ermittelt ist, und der Relativposition, die aus dem kinematischen Modell ermittelt ist, als Ergänzung zum kinematischen Modell berücksichtigt, um die Position des Arms (16) zu regeln, und/oder dass es die dynamische Abweichung zwischen der Relativposition, die aus den Werten des Messsensors (2) ermittelt ist, und der Relativposition, die aus dem kinematischen Modell ermittelt ist, bei der Regelung der Position des Arms (16) derart berücksichtigt, dass die Stabilität der Regelung verbessert ist.

7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (14) zumindest einen Sensor aufweist, der derart eingerichtet ist, um eine Bewegung des Körpers (14) zu erfassen. 5
8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein weiterer Körper vorgesehen ist, der einen Andockbereich (4) für den Arm (16) aufweist, an den oder benachbart oder gegenüber zu diesem das freie Ende (3) des Arms (16) anordnenbar ist. 10
9. System nach Anspruch 8, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) derart eingerichtet ist, dass die Relativposition zwischen dem Andockbereich (4) und dem freien Ende (3) des Arms (16) erfassbar ist und eine relative Abweichung zwischen dem Andockbereich (4) und dem freien Ende (3) minimierbar ist. 15
10. System nach Anspruch 8 oder 9, wobei zumindest ein Sensor (8) zum Erfassen des Andockbereichs (4) vorgesehen ist. 20
11. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Regelung des Arms (16) über die Bewegungskompensationseinrichtung (24) auf einem kinematischen Modell des Arms (16) basiert. 25
12. Verfahren mit einem System gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mit der Bewegungskompensationseinrichtung (24) die Bewegung des Arms (16) kompensiert wird, wobei die Verformung und/oder die Schwingung des Arms (16) ermittelt wird und für die Bewegungskompensation des Arms (16) der Bewegungskompensationseinrichtung (24) verwendet wird. 30
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) aus der Relativposition ( $T_{43}$ ) zwischen dem Andockbereich (4) und dem freien Ende (3) des Arms (16), die basierend auf den Messwerten des zumindest einen Sensors (8) ermittelt wird, und aus der Relativposition ( $T_{39}$ ) zwischen dem freien Ende (3) des Arms (16) und der Basis (9) des Arms (16), die basierend auf den Messwerten des zumindest einen Messsensors (2) ermittelt wird, die Relativposition ( $T_{49}$ ) zwischen dem Andockbereich (4) und der Basis (9) des Arms (16) ermittelt. 40
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) die Relativposition ( $T_{43}$ ) zwischen dem Andockbereich (4) und dem freien Ende (3) des Arms (16) über Mittel (8) erfasst, und wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) zumindest einen Aktor (36, 38, 40) des Arms (16) basierend auf der Relativposition ( $T_{43}$ ) ansteuert, so dass ein Abstand zwischen dem Andock- 50
- bereich (4) und dem freien Ende (3) kleiner wird und/oder in Grenzen gehalten wird. 55
15. System nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Bewegungskompensationseinrichtung (24) die Relativposition ( $T_{39}$ ) zwischen dem freien Ende (3) des Arms (16) und der Basis (9) des Arms (16), die basierend auf den Messwerten des zumindest einen Messsensors (2) ermittelt ist, erfasst, und die Relativposition ( $T_{39,Modell}$ ) zwischen dem freien Ende des Arms (3) und der Basis (9) des Arms (16) aus dem kinematischen Modell (42) berechnet, wobei aus diesen Relativpositionen ( $T_{39}, T_{39,Modell}$ ) Störungen ermittelbar sind, die bei der über den Sensor (8) ermittelten Relativposition ( $T_{43}$ ) zwischen dem Andockbereich (4) und dem freien Ende (3) des Arms (16) berücksichtigt werden, so dass eine störungsfreie Relativposition ( $T_{43,ohne Störung}$ ) zwischen dem Andockbereich (4) und dem freien Ende (3) resultiert. 60

Fig. 1

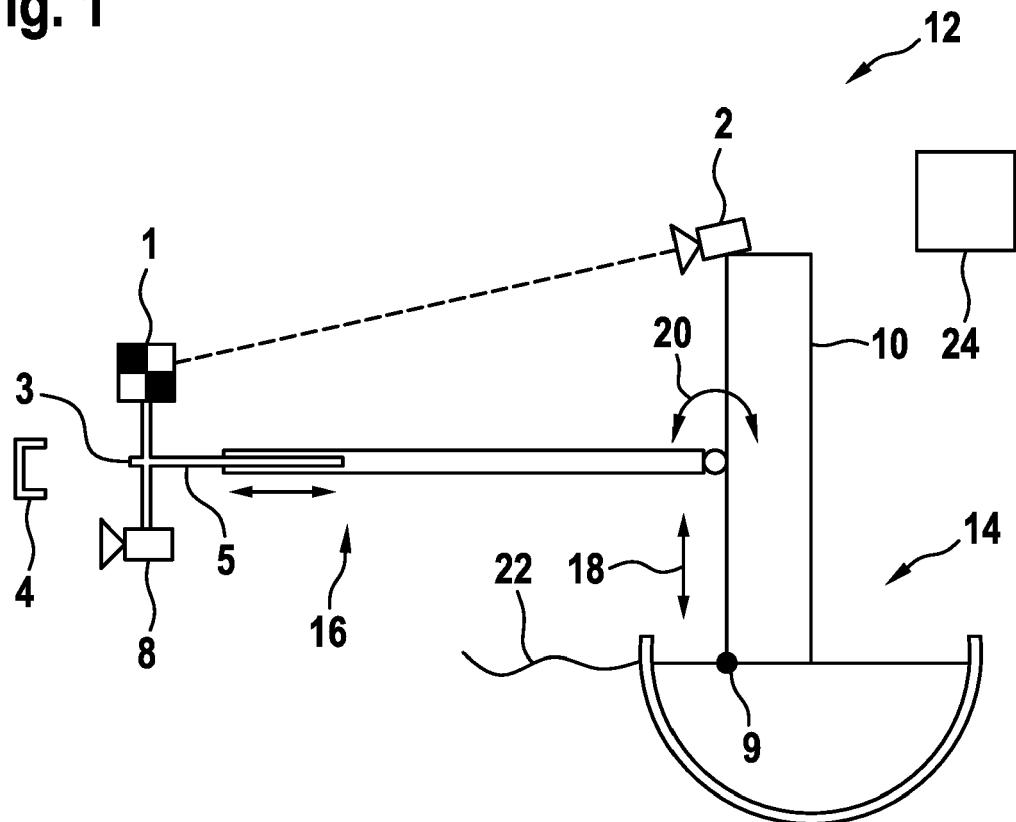


Fig. 2

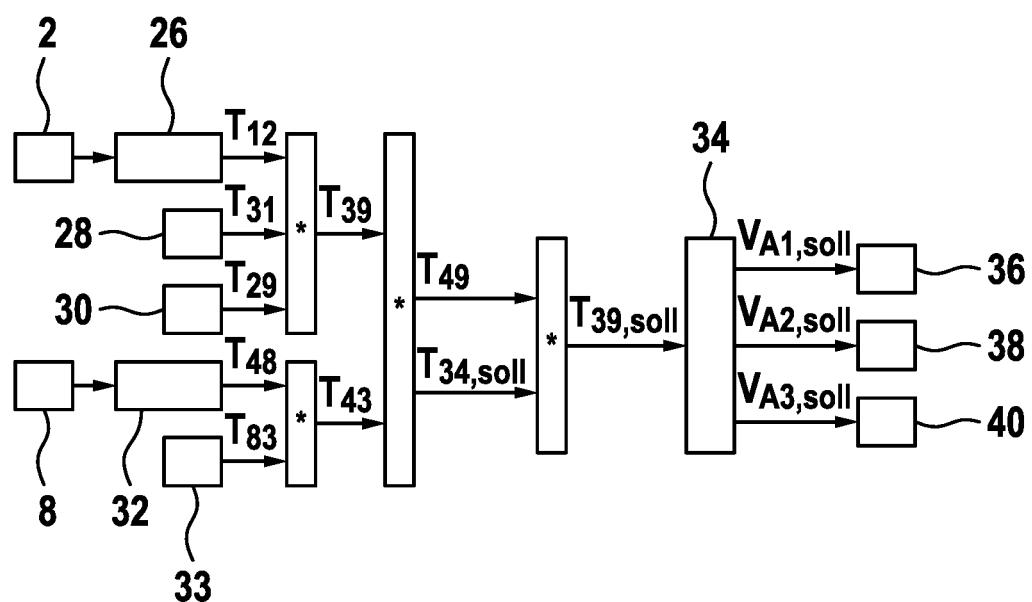
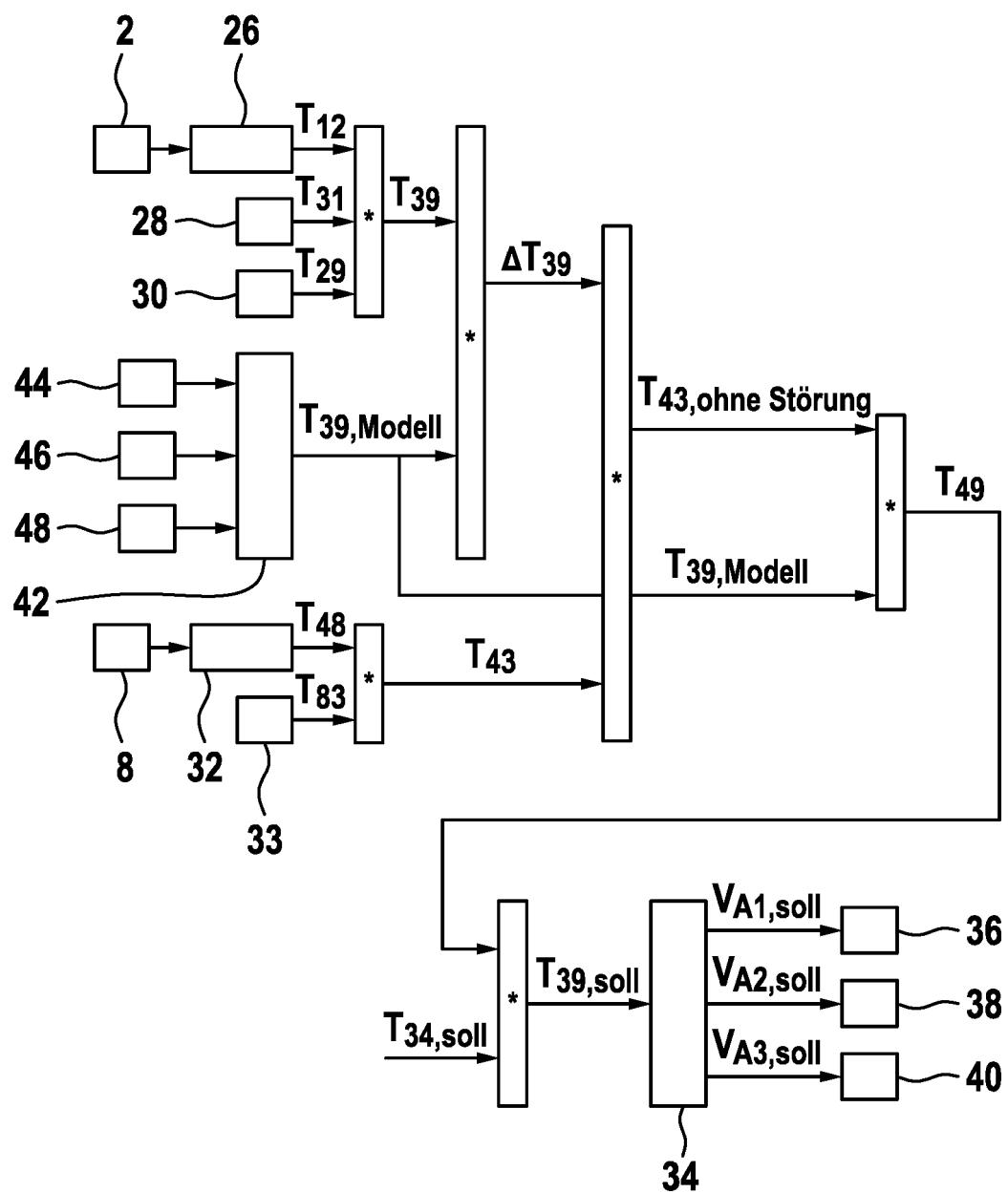


Fig. 3





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 19 2943

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	EP 3 722 197 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14. Oktober 2020 (2020-10-14) * Abbildungen 2-5 * * Absätze [0026], [0057], [0071] * -----	1-15	INV. B63B27/10 B63B27/14 B63B27/30 B66C23/53 B63B39/00
15	X	DE 10 2011 050857 A1 (HOPPE BORDMESSSTECHNIK GMBH [DE]) 6. Dezember 2012 (2012-12-06) * Abbildungen 1-2 * * Absätze [0013], [0056] * -----	1-10, 12-15	
20	X	US 2020/299108 A1 (VAN VELUW CORNELIS MARTINUS [NL] ET AL) 24. September 2020 (2020-09-24) * Abbildungen 1-11 * * Absätze [0057] - [0059], [0172] - [0174] * -----	1-10, 12-15	
25				RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
30				B63B B66F B66C
35				
40				
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 9. Februar 2022	Prüfer Freire Gomez, Jon	
	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 Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
55	EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)			

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

EP 21 19 2943

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.

09-02-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	<b>EP 3722197 A1</b>	<b>14-10-2020</b>	<b>DE 102019205186 A1</b> <b>EP 3722197 A1</b>	<b>15-10-2020</b> <b>14-10-2020</b>
15	<b>DE 102011050857 A1</b>	<b>06-12-2012</b>	<b>CN 103732489 A</b> <b>DE 102011050857 A1</b> <b>EP 2718177 A1</b> <b>KR 20140045495 A</b> <b>WO 2012168340 A1</b>	<b>16-04-2014</b> <b>06-12-2012</b> <b>16-04-2014</b> <b>16-04-2014</b> <b>13-12-2012</b>
20	<b>US 2020299108 A1</b>	<b>24-09-2020</b>	<b>CN 110719886 A</b> <b>EP 3615467 A2</b> <b>JP 6987152 B2</b> <b>JP 2020519514 A</b> <b>US 2020299108 A1</b> <b>US 2021316965 A1</b> <b>WO 2018199743 A2</b>	<b>21-01-2020</b> <b>04-03-2020</b> <b>22-12-2021</b> <b>02-07-2020</b> <b>24-09-2020</b> <b>14-10-2021</b> <b>01-11-2018</b>
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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