(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 461 693 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
**13.11.2024 Patentblatt 2024/46**

(21) Anmeldenummer: **24173780.8**

(22) Anmeldetag: **02.05.2024**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
***B66C 13/18*** *(2006.01)* ***B66C 23/74*** *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**B66C 23/74; B66C 13/18**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
**BA**
Benannte Validierungsstaaten:
**GE KH MA MD TN**

(30) Priorität: **11.05.2023 DE 102023112413**

(71) Anmelder: **Liebherr-Werk Ehingen GmbH**
**89584 Ehingen/Donau (DE)**

(72) Erfinder:
- **NORZ, Clemens**
  **89584 Ehingen (DE)**
- **HÄBE, Engelbert**
  **89584 Ehingen (DE)**
- **KLEY, Matthias**
  **89584 Ehingen (DE)**
- **JECHLE, Marcus**
  **89075 Ulm (DE)**
- **WENGER, Hans-Joachim**
  **89584 Ehingen (DE)**
- **STROEBELE, Matthias**
  **88448 Oggelsbeuren (DE)**
- **DIESCH, Leonie**
  **89584 Ehingen (DE)**

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

(54) **KRAN MIT DERRICKBALLAST**

(57) Die Erfindung betrifft einen Kran, der einen verfahrbaren Unterwagen, einen drehbar auf dem Unterwagen gelagerten Oberwagen, einen wippbar mit dem Oberwagen verbundenen Ausleger, einen gelenkig mit dem Oberwagen verbundenen Derrickausleger, über den der Ausleger abgespannt ist, eine Kransteuerung, eine mit dem Oberwagen verbundene Führung und einen Derrickballast umfasst. Der Derrickballast umfasst eine Ballastplatte zum Stapeln von Ballastelementen, die über eine Ballastabspannung mit dem Derrickausleger und über die Führung mit dem Oberwagen verbunden ist, sowie einen Ballastwagen. Der Ballastwagen umfasst eine serienmäßige Schwerlasttransportvorrichtung mit eigenem Antrieb und eigener Antriebssteuerung. Erfindungsgemäß ist die Führung mit der Ballastplatte oder dem Ballastwagen über eine Verbindungsvorrichtung verbunden, welche eine Messeinrichtung umfasst und eingerichtet ist, eine Kraft zu erfassen, die einer Relativbewegung zwischen Ballastwagen und Führung entgegenwirkt. Erfindungsgemäß ist ferner die Kransteuerung mit der Antriebssteuerung der Schwerlasttransportvorrichtung über eine Steuerverbindung verbunden und eingerichtet, die Schwerlasttransportvorrichtung in Abhängigkeit der durch die Messeinrichtung erfassten Kraft zu steuern und/oder zu regeln.

EP 4 461 693 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kran gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Krane dieser Art werden auch als Derrickkrane bezeichnet und weisen typischerweise ein Raupenfahrwerk auf. Aufgrund des zusätzlichen Derrickballasts sind diese Krane zum Heben und Bewegen besonders schwerer Lasten ausgelegt. Bei diesen Kranen sind der Hauptausleger (nachfolgend nur "Ausleger" - typischerweise ist dies ein Gittermastausleger) und der Derrickausleger über eine längenverstellbare Wippverseilung miteinander verbunden. Der Derrickausleger ist über eine längenverstellbare Derrickabspannung mit dem hinteren Ende des Oberwagens bzw. Oberwagenheck verbunden. Durch Verstellung (d.h. Verlängerung oder Verkürzung) der Derrickabspannung ist die Neigung des Derrickauslegers relativ zum Oberwagen einstellbar. Im Kranbetrieb ist der Winkel des Derrickauslegers in der Regel unverändert. Die Wippbewegung des Hauptauslegers erfolgt dabei über die Verstellung der Wippverseilung zwischen Ausleger und Derrickausleger.

**[0003]** Das Moment, das der Ausleger mit der aufgenommenen Last in das Auslegersystem einbringt, muss also vom Derrickausleger aufgenommen werden. Darüber hinaus muss das Gesamtsystem "Kran" stabil bleiben. Dies bedeutet, dass der Gesamtschwerpunkt innerhalb der Kippkanten liegen muss. Beim Heben von großen Lasten ist dies allein mit einem Oberwagenballast nicht möglich. Aus diesem Grund wird der Derrickballast als Zusatzballast benötigt. Dieser ist über eine längenveränderliche Ballastabspannung mit dem freien Ende des Derrickauslegers verbunden. Die Länge der Ballastabspannung ist z.B. über hydraulische Zugzylinder veränderbar.

**[0004]** Aus dem Stand der Technik sind Derrickballaste in Form eines Schwebeballasts oder eines auf dem Boden verfahrbaren Ballastwagens mit darauf gestapelten Ballastelementen bekannt. Ein Schwebeballast kann generell zwei Betriebsmodi einnehmen: er kann auf dem Boden abgestellt oder schwebend an der längenveränderlichen Ballastabspannung aufgenommen sein. Diese beiden Zustände sind üblicherweise abhängig vom aufzunehmenden Lastmoment.

**[0005]** Der horizontale Abstand zwischen der Drehachse des Oberwagens bzw. Oberwagendrehachse und dem Schwerpunkt des Derrickballasts wird als Ballastradius bezeichnet. Der Ballastradius ist beim Schwebeballast entweder über die Neigung des Derrickauslegers oder über eine Führung zwischen dem Oberwagenheck und dem Schwebeballast einstellbar. Ein Nachteil derartiger Schwebeballaste ist, dass der Kran als Gesamtsystem nur dann verfahrbar oder drehbar ist, wenn der Schwebeballast vom Boden abgehoben ist. Weiter ist zu beachten, dass nicht die gesamte Masse des Schwebeballasts "aktiv" ist, solange dieser auf dem Boden steht. Die Zugzylinder der Ballastabspannung "nehmen" sich von der Gesamtmasse des Schwebeballasts den benötigten Teil und leiten ihn in das Auslegersystem ein. Die nicht benötigte Masse bleibt am Boden stehen und ist nicht am Kranhub beteiligt.

**[0006]** Ist der Derrickballast in Form eines Ballastwagens mit darauf gestapelten Ballastelementen ausgeführt, ruht der Derrickballast auf einem Ballastwagen, welcher selbst wiederum zum Teil des gesamten Derrickballasts wird. Der zusätzliche Vorteil gegenüber dem Schwebeballast ist die dann mögliche Verfahrbarkeit des Gesamtsystems Kran und Derrickballast. Der Kran bleibt drehbar und auch verfahrbar. Die Aufgabe des Ballastwagens ist es zum einen, die Fahrbarkeit des Krans sicherzustellen und zum anderen, die nicht benötigte Masse des Derrickballasts in den Boden einzuleiten.

**[0007]** Die bisher bekannten Lösungen für Ballastwagen waren in der Regel teure Eigenkonstruktionen der Kranhersteller. Diese waren in der Kransteuerung integriert und waren somit relativ unproblematisch in der Handhabung. Kranbetreiber besitzen häufig auch eine relativ große Anzahl an serienmäßigen Schwerlasttransportvorrichtungen. Dies sind fahrbare Transportsysteme mit eigenem Antrieb und eigener Antriebssteuerung, die in der Lage sind, sehr große Lasten zu tragen und zu bewegen. Seit einiger Zeit gibt es Bestrebungen derartige Schwerlasttransportvorrichtungen als Ballastwagen für Krane zu verwenden.

**[0008]** Ein Problem stellt hierbei ist die eigenständige Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtungen dar, da deren Antriebssteuerungen nicht für den hoch sicherheitsbedürftigen Bereich des Kranbetriebs ausgelegt sind. Problematisch ist vor allem die notwendige starke strukturelle Verbindung zwischen Kran und Schwerlasttransportvorrichtung. Diese muss in der Lage sein, auch sehr große Kräfte zwischen dem Kran und der Schwerlasttransportvorrichtung zu übertragen. Solche große Kräfte können, wenn sich der Kran und der Ballastwagen nicht synchron bewegen, im Kranbetrieb ein Risiko darstellen oder auch Bauteile beschädigen. Der Betrieb von Schwerlasttransportvorrichtungen als Ballastwagen ist aus diesem Grund derzeit nicht zugelassen und ein Einsatz erfolgt somit auf Risiko des Kranbetreibers.

**[0009]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Einsatz von Schwerlasttransportvorrichtungen für Ballastwagen von gattungsgemäßen Kranen zu ermöglichen, bei welchem die hohen Sicherheitsanforderungen des Kranbetriebs erfüllt sind und das Risiko von Beschädigungen am Kransystem minimiert ist.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Kran mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

**[0011]** Demnach wird ein Kran vorgeschlagen, welcher einen verfahrbaren Unterwagen, einen drehbar auf dem Unterwagen gelagerten Oberwagen, einen wippbar mit dem Oberwagen verbundenen Ausleger, einen gelenkig mit dem Oberwagen verbundenen Derrickausle-

ger, eine Kransteuerung, eine mit dem Oberwagen verbundene Führung und einen Derrickballast umfasst. Der Unterwagen kann ein Raupenfahrwerk aufweisen. Der Ausleger ist über den Derrickausleger abgespannt, vorzugsweise über eine längenverstellbare Wippverseilung wie eingangs beschrieben. Der Derrickausleger ist vorzugsweise über eine Derrickabspannung mit dem Oberwagen verbunden, welche insbesondere längenverstellbar ist, wie eingangs beschrieben.

**[0012]** Der Derrickballast umfasst eine Ballastplatte, auf der mehrere Ballastelemente stapelbar sind. Die Ballastplatte, welche auch als Ballastpalette bezeichnet werden kann, ist einerseits über eine Ballastabspannung mit dem Derrickausleger und andererseits über die genannte Führung mit dem Oberwagen, insbesondere dem Oberwagen heck, verbunden. Die Ballastabspannung ist insbesondere längenveränderlich ausgeführt und kann zwei Abspannstränge mit jeweils einem Zugzylinder umfassen. Die Führung ist vorzugsweise als zumindest abschnittsweise starre Konstruktion, beispielsweise als Gitterkonstruktion, ausgeführt.

**[0013]** Der Derrickballast umfasst ferner einen Ballastwagen, welcher mindestens eine serienmäßige Schwerlasttransportvorrichtung mit eigenem Antrieb und eigener Antriebssteuerung umfasst. Aufgrund des eigenen Antriebs kann die Schwerlasttransportvorrichtung auch als Schwerlasttransportfahrzeug bezeichnet werden. Bei der Schwerlasttransportvorrichtung handelt es sich insbesondere um eine fahrbare Plattform mit mehreren Radachsen bzw. einen SPMT ("Self-Propelled Modular Transporter"). Derartige Schwerlasttransportvorrichtungen sind bereits bei vielen Kranbetreibern in großer Stückzahl zum Verfahren von schweren Lasten wie beispielsweise Brückenelementen oder Teilen von Bohrinseln im Einsatz.

**[0014]** Die Ballastplatte ist insbesondere auf einer Transportplattform der Schwerlasttransportvorrichtung abgelegt oder befestigt. Die Schwerlasttransportvorrichtung kann eine Tragfähigkeit von über 1000 Tonnen aufweisen, wobei selbstverständlich auch kleinere Schwerlasttransportvorrichtungen mit geringeren maximalen Traglasten eingesetzt werden können.

**[0015]** Der Ballastwagen kann mehrere miteinander gekoppelte Schwerlasttransportvorrichtungen umfassen. Wenn im Folgenden also von dem Ballastwagen oder von "der" Schwerlasttransportvorrichtung die Rede ist, soll auch die Möglichkeit mehrerer zusammengekoppelter Schwerlasttransportvorrichtungen bzw. eines Schwerlasttransportvorrichtung-Verbunds umfasst sein.

**[0016]** Erfindungsgemäß ist die Führung mit der Ballastplatte oder dem Ballastwagen über eine Verbindungsvorrichtung verbunden. Hierbei ist eine mechanische Verbindung gemeint. Die Verbindungsvorrichtung umfasst eine Messeinrichtung, die eingerichtet ist, eine Kraft zu erfassen, die einer Relativbewegung zwischen Ballastwagen und Führung entgegenwirkt. Diese Kraft wird im Folgenden als Steuerkraft bezeichnet.

**[0017]** Die Steuerkraft resultiert aus einer ungleichförmigen bzw. nicht synchronen Bewegung von Kran bzw. Führung und Ballastwagen. Dreht beispielsweise der Oberwagen um die Oberwagendrehachse, so verschwenkt die mit dem Oberwagen verbundene Führung. Der Ballastwagen muss der Bewegung der Führung, welche über die Verbindungsvorrichtung mit dem Derrickballast verbunden ist, durch eine entsprechende Bewegung folgen, damit keine zu hohen Seitenkräfte in die Führung bzw. in den Derrickausleger eingeleitet werden. Fährt der Ballastwagen beispielsweise zu schnell (d.h. der Ballastwagen eilt der Führung voraus) oder zu langsam (d.h. die Führung eilt dem Ballastwagen voraus) oder stößt der Ballastwagen auf ein Hindernis, so entstünde ohne feste Verbindung zwischen Führung und Ballastwagen eine Relativbewegung.

**[0018]** Durch die Verbindung zwischen Führung und Ballastwagen bzw. Ballastplatte, welche erfindungsgemäß durch die Verbindungsvorrichtung bereitgestellt wird, tritt durch diese ungleichmäßige bzw. nicht synchrone Bewegung eine Kraft auf, die durch die Messeinrichtung erfasst und zur Steuerung der Bewegung des Ballastwagens herangezogen wird. Erfindungsgemäß ist die Kransteuerung hierzu mit der Antriebssteuerung der Schwerlasttransportvorrichtung über eine Steuerverbindung verbunden (hierbei ist insbesondere eine Datenverbindung gemeint) und eingerichtet, die Schwerlasttransportvorrichtung in Abhängigkeit der durch die Messeinrichtung erfassten Steuerkraft zu steuern und/oder zu regeln. Wenn im Folgenden nur von einer "Steuerung" der Schwerlasttransportvorrichtung die Rede ist, soll eine Steuerung und/oder Regelung gemeint sein.

**[0019]** Erfindungsgemäß wird also keine Positionsänderung des Ballastwagens relativ zum Kran bzw. zur Führung oder eine Relativbewegung zwischen Ballastwagen und Kran erfasst und zur Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtung herangezogen, sondern eine Kraft, die aus einer nicht synchronen Bewegung von Kran und Ballastwagen resultiert. Dadurch kann eine stabile oder sogar eine starre Verbindung zwischen Führung und Derrickballast vorgesehen werden. Eine tatsächliche Relativbewegung zwischen Führung und Ballastwagen ist nicht mehr erforderlich für die Steuerung des Ballastwagens. Lenkfehler und Geländeeinflüsse können somit korrigiert und der Ballastwagen bzw. die Schwerlasttransportvorrichtung in Spur "gezwängt" werden.

**[0020]** Darüber hinaus sind bei der erfindungsgemäßen Lösung die Steuersysteme von Kran und Schwerlasttransportvorrichtung miteinander verbunden, d.h. es erfolgt eine Kommunikation zwischen der Kransteuerung und der Antriebssteuerung der Schwerlasttransportvorrichtung. Dadurch kann die Schwerlasttransportvorrichtung alleine über die Kransteuerung gesteuert werden, die Antriebssteuerung der Schwerlasttransportvorrichtung wird somit in die Kransteuerung integriert. Dies vereinfacht die Steuerung des Gesamtsystems Kran und Derrickballast und sorgt dafür, dass direkt und optimal auf Bewegungsabläufe reagiert werden kann, die in einer entsprechenden detektierbaren Steuerkraft resultieren.

Dies ermöglicht es, Situationen zu vermeiden, in der zu große Seitenkräfte durch den starken Antrieb der Schwerlasttransportvorrichtung in die Führung bzw. den Derrickausleger eingeleitet werden.

**[0021]** Die Verbindungsvorrichtung stellt vorzugsweise eine mechanische Verbindung zwischen Führung und Ballastplatte oder Führung und Ballastwagen bereit, welche wenigstens einen Bewegungsfreiheitsgrad aufweist, beispielsweise eine relative Translationsbewegung parallel zur Längsachse der Führung und/oder eine relative Rotation um eine Hochachse (bei horizontaler Ausrichtung der Führung und der Ballastplatte ist dies vorzugsweise eine vertikale Achse). Diese Relativbewegung(en) kann/können mittels eines oder mehrerer Aktuatoren blockierbar sein, um in einem definierten Kraftbereich eine feste Verbindung bereitzustellen und stattdessen die auftretenden Kräfte zu erfassen und für eine Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtung durch die Kransteuerung heranzuziehen. Die Verbindungsvorrichtung kann alternativ eine starre Verbindung zwischen Führung und Ballastplatte oder Führung und Ballastwagen bereitstellen. In diesem Fall werden bevorzugt nur die auftretenden Kräfte gemessen und für die Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtung herangezogen.

**[0022]** In einer möglichen Ausführungsform ist die Führung so ausgebildet, dass sich die durch den Derrickballast erzeugte Kraft in eine in die Führung eingeleitete bzw. durch die Führung übertragene erste Kraft und eine in die Ballastabspannung eingeleitete bzw. durch die Ballastabspannung übertragene zweite Kraft aufteilt. Zusammen mit dem Derrickausleger, mit dessen freiem Ende vorzugsweise die Ballastabspannung verbunden ist, ergibt sich somit ein Kräftedreieck, innerhalb welchem die sehr hohen, aus der Masse des Derrickballasts resultierenden Kräfte übertragen werden. Diese aus der Derrickmasse resultierenden Kräfte, d.h. auch deren über die Führung und die Ballastabspannung in den Kran eingeleiteten Kraftkomponenten, sind insbesondere wesentlich größer als die Steuerkraft, die durch die Messeinrichtung erfasst und der Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtung durch die Kransteuerung zugrunde gelegt wird.

**[0023]** Damit diese hohen Kräfte nicht die Erfassung der Steuerkraft durch die Messeinrichtung überlagern, ist die Messeinrichtung außerhalb der die ersten und zweiten Kräfte übertragenden Strukturen der Führung und der Ballastabspannung, d.h. außerhalb des genannten Kräftedreiecks angeordnet. Dies ermöglicht nicht nur eine effektive Erfassung der Steuerkraft, welche der Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtung durch die Kransteuerung zugrunde liegt, sondern auch die Verwendung einer einfacheren Sensorik, die nicht für solch hohe Kräfte ausgelegt sein muss. Weiterhin erhöht sich durch eine solche Anordnung die Feinfühligkeit der Messeinrichtung (Messsysteme, die für größere Kräfte ausgelegt sind, besitzen eine geringere Genauigkeit bei der Erfassung kleinerer Kräfte).

**[0024]** Bevorzugt befindet sich die Messeinrichtung unterhalb der die ersten und zweiten Kräfte übertragenden Strukturen der Führung und der Ballastabspannung, vorzugsweise unterhalb der Verbindungsmittel, die die Ballastabspannung mit dem Derrickballast (d.h. insbesondere mit der Führung, der Ballastplatte oder der Verbindungsvorrichtung) verbinden. Es sei angemerkt, dass sich die Angaben "unterhalb", "oberhalb", "unten", "oben" usw. auf den Fall beziehen, dass der Kran und der Derrickballast auf einem ebenen, horizontalen Untergrund stehen. Darüber hinaus ist die Angabe "unterhalb" nicht so zu verstehen, dass sich die betreffenden Komponenten in Draufsicht überdecken müssen, sondern lediglich, dass die "untere" Komponente einen geringeren Abstand vom Untergrund aufweist als die "obere" Komponente.

**[0025]** Die Messung außerhalb, insbesondere unterhalb des genannten Kräftedreiecks ermöglicht zudem hohe Ballastradien, d.h. Situationen, bei denen die Ballastabspannung nicht vertikal, sondern schräg verläuft, da in Draufsicht die Verbindungsmittel der Ballastabspannung am Derrickballast einen größeren Abstand zur Oberwagendrehachse aufweisen als das freie Ende des Derrickauslegers. Dadurch lassen sich mit derselben Masse des Derrickballasts höhere Momente und somit eine höhere maximale Traglast des Krans erreichen.

**[0026]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Messeinrichtung mindestens einen ersten Aktuator umfasst, mittels welchem eine in Längsrichtung der Führung wirkende Steuerkraft (hierin auch als Längskraft bezeichnet) erfassbar ist. Der mindestens eine erste Aktuator ist bevorzugt als Hydraulikzylinder ausgebildet, wobei prinzipiell auch andere Arten von Aktuatoren, z.B. ein Hydraulikmotor, infrage kommen. Die Erfassung erfolgt insbesondere über einen entsprechenden in den Aktuator integrierten Sensor (z.B. einen Drucksensor).

**[0027]** Vorzugsweise ist der erste Aktuator eingerichtet, in einem ersten Kraftbereich, in dem die Längskraft kleiner als eine definierte Grenzkraft ist, eine starre Verbindung zwischen Führung und Ballastwagen in Längsrichtung bereitzustellen. Im ersten Kraftbereich, in dem die Längskraft nicht zu hoch ist, hält der erste Aktuator also den Ballastwagen "in der Spur" und blockiert eine aus einer nicht synchronen Bewegung resultierende Relativbewegung. Der Widerstand, den der erste Aktuator dieser Relativbewegung entgegenstellt, resultiert in einem entsprechenden Kraftanstieg im ersten Aktuator (z.B. ein Druckanstieg in einer der Zylinderkammern des Hydraulikzylinders), welcher durch die Messeinrichtung erfasst und der Kransteuerung als Steuerkraft bereitgestellt wird.

**[0028]** Die definierte Grenzkraft kann beispielsweise über ein entsprechend ausgelegtes bzw. eingestelltes Druckbegrenzungsventil bereitgestellt werden. Steigt ein der Steuerkraft entsprechender Druck über den am Druckbegrenzungsventil eingestellten Grenzdruck, so öffnet das Ventil und ein weiterer Druck- bzw. Kraftanstieg im ersten Aktuator wird verhindert. Der Aktuator "rutscht sodann durch".

**[0029]** Vorzugsweise ist die Kransteuerung eingerichtet, die Schwerlasttransportvorrichtung in Abhängigkeit der erfassten Längskraft so zu steuern und/oder zu regeln, dass die Längskraft minimiert wird. Im ersten Kraftbereich, in dem die Längskraft noch relativ klein ist, wird diese also als Steuergröße für die Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtung herangezogen. Die Kransteuerung nimmt die Längskraft auf und ermittelt, welche Bewegung der Schwerlasttransportvorrichtung sie einleiten muss, damit die Längskraft wieder kleiner wird. Aufgrund dieses Steuerbereichs ist in der Regel kein Stoppen der Bewegung des Krans bzw. des Ballastwagens notwendig. Die ausgleichende Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtung erfolgt vorzugsweise automatisch, d.h. ohne Eingreifen des Kranfahrers. Im Vergleich zu bestehenden Systemen muss daher wesentlich seltener manuell bzw. nach einem Stoppen in die Kranbewegung eingegriffen werden. In vielen Fällen können Abschaltungen daher vermieden werden.

**[0030]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist erste Aktuator eingerichtet, in einem zweiten Kraftbereich, in dem die Längskraft die definierte Grenzkraft übersteigt, einer Relativbewegung zwischen Führung und Ballastwagen nachzugeben. Wird die Längskraft also zu hoch, gibt der erste Aktuator die aus der nicht synchronen Bewegung resultierende Bewegung des Ballastwagens relativ zum Kran bzw. zur Führung frei, sodass ein weiterer Kraftanstieg und somit eine Beschädigung der Krankomponenten verhindert wird. Die Freigabe der Relativbewegung kann beispielsweise über ein entsprechend eingestelltes Druckbegrenzungsventil erfolgen, wie zuvor beschrieben.

**[0031]** Die nun freigegebene Relativbewegung wird von der Kransteuerung erkannt und entsprechende Maßnahmen eingeleitet. Hierzu umfasst die Messeinrichtung vorzugsweise einen ersten Positionssensor, mittels welchem eine Positionsänderung des Ballastwagens relativ zur Führung erfassbar ist. Bevorzugt wird hierbei eine Längen- oder Winkeländerung des ersten Aktuators (z.B. eine Ein- oder Ausschubbewegung eines Hydraulikzylinders) direkt erfasst. Alternativ könnte auch die Änderung der relativen Positionen von Ballastwagen und Führung an einer beliebigen anderen Stelle erfolgen. Hierzu können beliebige Sensoren eingesetzt werden, beispielsweise optische Abstandssensoren, magnetische Näherungssensoren usw.

**[0032]** Die Kransteuerung ist eingerichtet, eine Bewegung des Krans und/oder des Ballastwagens in Reaktion auf eine durch den ersten Positionssensor erfasste Positionsänderung zu stoppen oder zu begrenzen. Anschließend kann manuell oder automatisch über die Kransteuerung eine ausgleichende Bewegung der Schwerlasttransportvorrichtung vorgenommen werden, sodass der erste Aktuator wieder gesperrt und die Bewegung des Kran-Derrickballast-Verbunds fortgesetzt werden kann.

**[0033]** Für die vorstehend beschriebene Steuerung werden vorzugsweise nicht nur die Längskräfte betrachtet, sondern auch die quer zur Längsrichtung der Führung wirkenden Kräfte bzw. Momente, die sich beispielsweise bei einer Drehung des Oberwagens ergeben, wenn sich der Ballastwagen nicht synchron mitbewegt (z.B. weil er auf ein Hindernis stößt oder aufgrund eines Geländeabfalls vorauseilt).

**[0034]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist daher vorgesehen, dass die Messeinrichtung mindestens einen zweiten Aktuator umfasst, mittels welchem ein einer Drehbewegung zwischen Ballastwagen und Führung entgegenwirkendes Drehmoment erfassbar ist. Dieses Drehmoment wird im Folgenden auch als Steuermoment bezeichnet und geht mit einer Steuerkraft einher, die nicht parallel zur Längsachse der Führung wirkt und im Folgenden auch als Querkraft bezeichnet wird. Derartige Momente um die z-Achse können beispielsweise bei einer Oberwagendrehung und korrespondierender Kreisfahrt des Ballastwagens auftreten, wenn die Drehmitte des Krans und die Drehmitte der Schwerlasttransportvorrichtung auseinanderfallen (beispielsweise aufgrund eines Lenkfehlers der Schwerlasttransportvorrichtung) oder beim Auftreffen des Krans oder der Schwerlasttransportvorrichtung auf ein exzentrisch einwirkendes Hindernis bei einer Schlepp- oder Parallelfahrt.

**[0035]** Der mindestens eine zweite Aktuator ist bevorzugt als Hydraulikzylinder ausgebildet, wobei prinzipiell auch andere Arten von Aktuatoren, z.B. ein Hydraulikmotor, infrage kommen. Die Erfassung erfolgt insbesondere über einen entsprechenden in den Aktuator integrierten Sensor (z.B. einen Drucksensor). Vorzugsweise ist der zweite Aktuator eingerichtet, in einem ersten Momentbereich, in dem das Steuermoment kleiner als ein definiertes Grenzmoment ist, eine rotationsstarre Verbindung zwischen Führung und Ballastwagen bereitzustellen. Da sich das Steuermoment einfach in eine entsprechende Steuerkraft und das definierte Grenzmoment in eine entsprechende Grenzkraft umrechnen lassen, sollen die Begriffe Steuermoment und Steuerkraft, Grenzmoment und Grenzkraft sowie Momentbereich und Kraftbereich im Folgenden austauschbar verwendet werden. Es kommt insbesondere nicht darauf an, ob in der Steuerung nun mit Momenten oder Kräften gerechnet wird, da die Umrechnung insbesondere über einen einfachen Umrechnungsfaktor erfolgen kann.

**[0036]** Im ersten Momentbereich, in dem das Steuermoment bzw. die Querkraft nicht zu hoch ist, hält der zweite Aktuator also den Ballastwagen "in der Spur" und blockiert eine aus einer nicht synchronen Bewegung resultierende Relativbewegung. Der Widerstand, den der zweite Aktuator dieser Relativbewegung entgegenstellt, resultiert in einem entsprechenden Kraftanstieg im zweiten Aktuator (z.B. ein Druckanstieg in einer Zylinderkammer des Hydraulikzylinders), der durch die Messeinrichtung erfasst und der Kransteuerung als Steuerkraft bzw. -moment bereitgestellt wird.

**[0037]** Das definierte Grenzmoment kann beispielsweise über ein entsprechend ausgelegtes bzw. einge-

stelltes Druckbegrenzungsventil bereitgestellt werden. Steigt ein dem Steuermoment entsprechender Druck über den am Druckbegrenzungsventil eingestellten Grenzdruck, so öffnet das Ventil und ein weiterer Druck- bzw. Kraftanstieg im zweiten Aktuator wird verhindert.

**[0038]** Vorzugsweise ist die Kransteuerung eingerichtet, die Schwerlasttransportvorrichtung in Abhängigkeit des erfassten Steuermoments so zu steuern und/oder zu regeln, dass das aus der nicht synchronen Bewegung resultierende Drehmoment minimiert wird. Es gelten die Ausführungen zur Steuerung / Regelung basierend auf der erfassten Längskraft hierfür analog, sodass auf Wiederholungen verzichtet wird.

**[0039]** Prinzipiell ist es denkbar, dass nur die Längskräfte über mindestens einen ersten Aktuator oder nur die Querkräfte bzw. Momente über mindestens einen zweiten Aktuator erfasst und ausgeglichen werden. Bevorzugt sind jedoch sowohl erste als auch zweite Aktuatoren vorhanden (oder ein Aktuator fungiert sowohl als erster als auch als zweiter Aktuator) und es werden sowohl die Längskräfte als auch die Querkräfte bzw. Momente erfasst und ausgeglichen.

**[0040]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der zweite Aktuator eingerichtet ist, in einem zweiten Momentbereich, in dem das erfasste Steuermoment das definierte Grenzmoment übersteigt, einer relativen Drehung zwischen Führung und Ballastwagen nachzugeben. Wird das Steuermoment bzw. die entsprechende Querkraft also zu hoch, gibt der zweite Aktuator die aus der nicht synchronen Bewegung resultierende Bewegung des Ballastwagens relativ zum Kran bzw. zur Führung frei, sodass ein weiterer Kraftanstieg und somit eine Beschädigung der Krankomponenten verhindert wird. Die Freigabe der Relativbewegung kann beispielsweise über ein entsprechend eingestelltes Druckbegrenzungsventil erfolgen, wie zuvor beschrieben.

**[0041]** Die nun freigegebene Relativbewegung wird von der Kransteuerung erkannt und entsprechende Maßnahmen eingeleitet. Hierzu umfasst die Messeinrichtung vorzugsweise einen zweiten Positionssensor, mittels welchem eine Positionsänderung des Ballastwagens relativ zur Führung im zweiten Kraftbereich erfassbar ist. Bevorzugt wird hierbei eine Längen- oder Winkeländerung des zweiten Aktuators (z.B. eine Ein- oder Ausschubbewegung eines Hydraulikzylinders) direkt erfasst. Alternativ könnte auch die Änderung der relativen Positionen von Ballastwagen und Führung an einer beliebigen anderen Stelle erfolgen. Hierzu können beliebige Sensoren eingesetzt werden, beispielsweise optische Abstandssensoren, magnetische Näherungssensoren bzw. Induktionssensoren usw.

**[0042]** Die Kransteuerung ist eingerichtet, eine Bewegung des Krans und/oder des Ballastwagens in Reaktion auf eine durch den zweiten Positionssensor erfasste Positionsänderung zu stoppen oder zu begrenzen. Anschließend kann manuell oder automatisch über die Kransteuerung eine ausgleichende Bewegung der Schwerlasttransportvorrichtung vorgenommen werden, sodass der zweite Aktuator wieder gesperrt und die Bewegung des Kran-Derrickballast-Verbunds fortgesetzt werden kann.

**[0043]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verbindungsvorrichtung zwischen Führung und Ballastplatte angeordnet ist und ein starr mit der Führung verbundenes (beispielsweise verbolztes) Kopplungsteil umfasst. Die Verbindungsvorrichtung ist vorzugsweise Teil der Führung, könnte in bestimmten Ausführungsformen aber auch als Teil der Ballastplatte betrachtet werden.

**[0044]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verbindungsvorrichtung ein bewegliches Element umfasst, welches mit der Ballastplatte verbunden ist. Das bewegliche Element ist relativ zum Kopplungsteil in Längsrichtung der Führung beweglich gelagert und ermöglicht somit (bei einer freigegebenen Bewegung) eine gewisse Bewegung des Ballastwagens relativ zum Kran bzw. zur Führung. Bewegt sich der Ballastwagen bzw. die Schwerlasttransportvorrichtung relativ zum Kran parallel zur Längsrichtung der Führung, würde dies bei Freigabe des beweglichen Elements (wenn dieses also nicht z.B. über einen Aktuator blockiert ist) in einer entsprechenden Bewegung des beweglichen Elements relativ zum Kopplungsteil resultieren. Das bewegliche Element kann beispielsweise über ein Rollenlager oder ein Gleitlager verschiebbar am oder im Kopplungsteil der Verbindungsvorrichtung gelagert sein. Das Kopplungsteil kann entsprechende Führungselemente oder Schienen zur Führung des beweglichen Elements umfassen.

**[0045]** Vorzugsweise ist das bewegliche Element unterhalb von Verbindungsmitteln angeordnet, über die die Ballastabspannung mit der Führung verbunden ist. Die Verbindungsmittel können dabei an der Führung selbst oder am Kopplungsteil angeordnet sein. Dadurch ergibt sich der zuvor beschriebene Effekt, dass die Messeinrichtung, die eine der Bewegung des beweglichen Elements entgegenstehende Steuerkraft erfasst, unterhalb des genannten Kräftedreiecks angeordnet ist. Das bewegliche Element kann plattenförmig ausgebildet sein.

**[0046]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass mindestens ein erster Aktuator einerseits mit dem beweglichen Element und andererseits mit der Führung gekoppelt ist. Insbesondere ist der erste Aktuator mit dem Kopplungsteil verbunden. Der erste Aktuator ist bevorzugt als Hydraulikzylinder ausgebildet und ausgelegt, bis zur definierten Grenzkraft eine Relativbewegung zwischen beweglichem Element und Kopplungsteil zu blockieren. Dagegen gibt der erste Aktuator eine Relativbewegung frei, falls die Längskraft die definierte Grenzkraft übersteigt. Der Hydraulikzylinder ist insbesondere parallel zur Längsachse der Führung ausgerichtet.

**[0047]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verbindungsvorrichtung eine Drehvorrichtung umfasst, über welche die Ballastplatte

um eine vertikale Achse drehbar mit der Führung verbunden ist. Die Angabe "vertikal" bezieht sich auf den Fall, das der Kran auf einem ebenen, horizontalen Untergrund steht und die Führung insbesondere ebenfalls horizontal ausgerichtet ist. Die Drehvorrichtung umfasst ein Drehlager, welches vorzugsweise am beweglichen Element angeordnet ist, insbesondere an einer dem Ballastwagen zugewandten Unterseite des beweglichen Elements. Dadurch ermöglicht die Kombination aus beweglichem Element und Drehlager sowohl eine Relativbewegung zwischen Ballastwagen und Kran in Längsrichtung der Führung (also zum Kran hin oder von diesem weg) als auch eine Drehung des Ballastwagens relativ zum Kran.

**[0048]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Drehlager ein mit der Verbindungsvorrichtung verbundenes erstes Lagerteil und ein mit der Ballastplatte verbundenes zweites Lagerteil umfasst. Die genannten Verbindungen können jeweils direkt oder indirekt sein. So kann das zweite Lagerteil direkt mit der Ballastplatte oder aber z.B. mit einem Zwischenstück, welches wiederum mit der Ballastplatte verbunden ist, verbunden sein. Das erste Lagerteil ist insbesondere mit dem beweglichen Element verbunden.

**[0049]** Mindestens ein zweiter Aktuator ist einerseits mit dem beweglichen Element und andererseits mit der Ballastplatte gekoppelt. Der zweite Aktuator kann mit dem ersten Lagerteil und/oder mit dem zweiten Lagerteil gekoppelt sein, wobei er bevorzugt beide Lagerteile miteinander koppelt und somit direkt die Drehung zwischen den beiden Lagerteilen überwacht bzw. erfasst und ggf. blockiert. Der zweite Aktuator ist vorzugsweise als Hydraulikzylinder ausgeführt, kann aber alternativ als Drehantrieb (z.B. als Hydraulikmotor) ausgebildet sein. Der zweite Aktuator ist ausgelegt, bis zum definierten Grenzmoment eine relative Drehung zwischen den Lagerteilen zu blockieren und bei einem größeren Steuermoment eine Drehung freizugeben.

**[0050]** In einer alternativ möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verbindungsvorrichtung anstelle des beschriebenen beweglichen Elements mindestens zwei schwenkbar gelagerte Schwingen umfasst, über die die Verbindungsvorrichtung beweglich mit der Ballastplatte verbunden ist (direkt oder indirekt). Die Schwingen sind vorzugsweise direkt am Kopplungsteil gelagert. Im einfachsten Fall können die Schwingen jeweils um horizontale Schwenkachsen schwenkbar am Kopplungsteil und/oder am Ballastwagen (oder einem mit der Ballastplatte verbundenen Zwischenstück) gelagert sein.

**[0051]** Anstelle eines verschiebbaren beweglichen Elements erlauben bei dieser Ausführungsform die Schwingen eine Bewegung der Ballastplatte relativ zum Kopplungsteil in Längsrichtung der Führung. Die Schwingen können direkt mit der Ballastplatte oder mit einem mit der Ballastplatte verbundenen Zwischenstück verbunden sein, beispielsweise über Bolzverbindungen. Die Schwingen sind vorzugsweise unterhalb von Verbindungsmitteln angeordnet, über die die Ballastabspannung mit der Führung verbunden ist. Die Verbindungsmittel können dabei an der Führung selbst oder am Kopplungsteil angeordnet sein. Dadurch ergibt sich der zuvor beschriebene Effekt, dass die Messeinrichtung unterhalb des genannten Kräftedreiecks angeordnet ist.

**[0052]** Die Schwingen können eine längliche Form aufweisen und identisch ausgebildet sein. Es können mehrere unabhängig voneinander bewegliche Einzelschwingen vorgesehen. Alternativ können einige der Schwingen miteinander verbunden sein (z.B. über gelenkig mit den Schwingen verbundene Kopplungselemente) und eine gemeinsame Bewegung ausführen.

**[0053]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass mindestens ein erster Aktuator einerseits mit einer Schwinge oder einem mittels der Schwinge bewegbaren Zwischenstück und andererseits mit der Führung, insbesondere mit dem Kopplungsteil, gekoppelt ist. Dabei ist der erste Aktuator vorzugsweise als Hydraulikzylinder ausgebildet und ausgelegt, bis zur definierten Grenzkraft eine Schwenkbewegung der Schwingen zu blockieren. Der mindestens eine erste Aktuator hält bis zur definierten Grenzkraft somit die Schwingen in einer festen Position und gibt eine Schwingung bzw. Relativbewegung erst frei, wenn die Längskraft die definierte Grenzkraft übersteigt.

**[0054]** Prinzipiell kann jeder Schwinge ein erster Aktuator zugeordnet sein. Alternativ können eine oder mehrere Schwingen selbst nicht mit einem ersten Aktuator gekoppelt sein. Dadurch, dass der erste Aktuator im ersten Kraftbereich eine Schwinge blockiert, können sich auch die übrigen Schwingen nicht bewegen und die Längsposition des Ballastwagens relativ zum Kran ist damit fixiert.

**[0055]** Auch bei der Ausführungsform mit einer über Schwingen ermöglichten Beweglichkeit in Längsrichtung der Führung besteht bevorzugt ein weiterer Bewegungsfreiheitsgrad in Form einer Drehung des Ballastwagens relativ zum Kran bzw. zur Führung um eine insbesondere vertikale Drehachse, um Momente um die z-Achse erfassen und eine relative Drehbewegung im ersten Momentbereich blockieren zu können.

**[0056]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist daher vorgesehen, dass die Verbindungsvorrichtung eine Drehvorrichtung umfasst, über welche die Ballastplatte um eine vertikale Achse drehbar mit der Führung verbunden ist, wobei die Drehvorrichtung am Kopplungsteil oder an einem die Schwingen mit der Ballastplatte verbindenden Zwischenstück angeordnet ist und ein Drehlager mit zwei gegeneinander drehbaren Lagerteilen umfasst. Wie in Bezug auf die Ausführungsform mit dem beweglichen Element bereits ausgeführt, können die Lagerteile über mindestens einen zweiten Aktuator direkt (d.h. der Aktuator ist direkt mit den Lagerteilen verbunden) oder indirekt (d.h. der Aktuator ist an einem Ende oder an beiden Enden nicht direkt mit dem jeweiligen Lagerteil, sondern mit einem mit dem Lagerteil verbundenen Element wie z.B. dem Kopplungsteil oder einem

mit der Ballastplatte verbundenen Zwischenstück) verbunden sein, wobei der zweite Aktuator ausgelegt ist, bis zum definierten Grenzmoment eine relative Drehung zwischen den Lagerteilen zu blockieren. Die Drehvorrichtung befindet sich vorzugsweise zwischen den Schwingen und der Ballastplatte, beispielsweise an einem über die Schwingen mit dem Kopplungsteil der Verbindungsvorrichtung verbundenen Zwischenstück.

**[0057]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Drehung nicht über eine Drehvorrichtung, sondern über die Schwingen selbst ermöglicht wird. Hierzu sind mindestens vier Schwingen vorhanden, welche insbesondere als Einzelschwingen ausgeführt sind. Die Schwingen sind derart ausgebildet, dass sie eine Drehung der Ballastplatte relativ zum Kopplungsteil zu erlauben. Dies kann beispielsweise dadurch ermöglicht werden, dass die Schwingen am Kopplungsteil und/oder an der Ballastplatte nicht über ein Lineargelenk (Beweglichkeit um eine Achse), sondern über ein Kugelgelenk, ein Kardangelenk oder eine beliebige andere Gelenkvorrichtung, welche eine Schwenkbewegung um mehr als eine Achse erlaubt, befestigt sind. Alternativ können die Schwingen zwischen ihren Befestigungspunkten ein Zusatzgelenk aufweisen, das diese Beweglichkeit ermöglicht. Mindestens ein zweiter Aktuator ist hierbei direkt mit mindestens einer Schwinge oder mit einem die Schwingen mit der Ballastplatte verbindenden Zwischenstück gekoppelt.

**[0058]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform sind mindestens zwei zweite Aktuatoren vorgesehen, die jeweils einerseits mit dem Kopplungsteil und andererseits mit einer der Schwingen oder mit einem die Schwingen mit der Ballastplatte verbindenden Zwischenstück gekoppelt sind und gleichzeitig als erste Aktuatoren fungieren. Hierbei wird der Umstand ausgenutzt, dass einige Schwingen bei einer Drehbewegung des Ballastwagens relativ zur Führung in unterschiedliche Richtungen auslenken. Sind die unterschiedlich auslenkenden Schwingen jeweils mit einem ersten Aktuator gekoppelt, werden diese Aktuatoren unterschiedlich belastet (z.B. Druckanstieg bei einem als Hydraulikzylinder ausgeführten Aktuator in einer ersten Drucckammer und bei einem anderen Aktuator in der anderen Druckkammer).

**[0059]** Die zweiten Aktuatoren sind folglich insbesondere so angeordnet, dass sie bei einer Drehung der Ballastplatte relativ zum Kopplungsteil unterschiedlich belastet werden, wobei die Kransteuerung eingerichtet ist, von der Messeinrichtung die unterschiedlichen Belastungen (d.h. Steuermomente bzw. -kräfte) zu erhalten und die Schwerlasttransportvorrichtung in Abhängigkeit des dadurch erfassten Belastungsunterschieds zu steuern und/oder zu regeln.

**[0060]** In einer alternativ möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verbindungsvorrichtung nicht zwischen der Führung und der Ballastplatte, sondern zwischen der Ballastplatte und der Schwerlasttransportvorrichtung angeordnet ist. In diesem Fall wird eine Relativbewegung zwischen der Schwerlasttransportvorrichtung und der Ballastplatte überwacht und insbesondere über erste und/oder zweite Aktuatoren blockiert oder ggf. freigegeben. Die Ballastabspannung kann hierbei direkt mit der Ballastplatte verbunden sein.

**[0061]** Die Verbindungsvorrichtung umfasst mindestens ein Adapterelement, welches ein mit der Ballastplatte verbundenes erstes Adapterteil sowie ein relativ zum ersten Adapterteil in Längsrichtung der Führung bewegbares zweites Adapterteil, welches mit der Schwerlasttransportvorrichtung verbunden ist, umfasst. Die überwachte und ggf. blockierte / freigegebene Relativbewegung erfolgt hier also zwischen den beiden Adapterteilen des mindestens einen Adapterelements.

**[0062]** Mindestens ein erster Aktuator, welcher vorzugsweise als Hydraulikzylinder ausgebildet ist, ist mit dem ersten und mit dem zweiten Adapterteil gekoppelt und ausgelegt, bis zur definierten Grenzkraft eine Relativbewegung zwischen den Adapterteilen zu blockieren. Das Adapterelement und der erste Aktuator sind dabei mit ihren Längsachsen insbesondere parallel zur Längsachse der Führung ausgerichtet. Eines der Adapterteile kann ein äußeres Adapterteil sein, in welchem das andere, innere Adapterteil verschiebbar gelagert ist. Zwischen den Adapterteilen sind insbesondere entsprechende Lager eingebracht, beispielsweise Gleit- oder Rolllager. Das äußere Adapterteil kann beispielsweise mit der Schwerlasttransportvorrichtung verbunden sein, während das innere Adapterteil mit der Ballastplatte verbunden ist. Die umgekehrte Anordnung ist ebenfalls denkbar.

**[0063]** Auch bei der Ausführungsform mit einer Beweglichkeit in Längsrichtung der Führung, die durch zwischen Ballastplatte und Schwerlasttransportvorrichtung eingebaute Zwischenadapter bzw. Adapterelemente ermöglicht wird, besteht bevorzugt ein weiterer Bewegungsfreiheitsgrad in Form einer Drehung der Schwerlasttransportvorrichtung relativ zur Ballastplatte und somit zum Kran um eine insbesondere vertikale Drehachse, um Momente um die z-Achse erfassen und eine relative Drehbewegung im ersten Momentbereich blockieren zu können.

**[0064]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform sind daher mindestens zwei Adapterelemente vorgesehen, die quer zur Längsachse der Führung voneinander beabstandet sind und jeweils mindestens einen ersten Aktuator umfassen. Die Adapterelemente sind derart ausgebildet, dass die zweite Adapterteile nicht nur parallel zur Längsachse der Führung relativ zu den ersten Adapterteilen verschiebbar sind, sondern dass sie auch seitlich dazu verschwenkbar sind, insbesondere in einer Ebene, die die Längsachsen der Adapterelemente beinhaltet (insbesondere ist dies eine Ebene parallel zur Ballastplatte bzw. zu einer Transportplattform der Schwerlasttransportvorrichtung). Hierzu können zwischen den ersten und zweiten Adapterteilen entsprechend ausgebildete Lager eingebaut sein, die eine solche seitliche Relativbewegung der Adapterteile ermöglichen. Ferner müssen die Adapterteile bzw. die Lager ein entsprechen-

des Spiel aufweisen, damit sich die zweiten Adapterteile seitlich bewegen können. Die Lager können hierzu beispielsweise ballig ausgeführt sein. Es können pro Adapterelement acht oder mehr Lagerstellen vorgesehen sein, beispielsweise vier Lagerstellen in jedem Endbereich der Adapterelemente, jeweils zwei unten und zwei oben.

**[0065]** Vorzugsweise fungieren die ersten Aktuatoren gleichzeitig als zweite Aktuatoren und sind so angeordnet, dass sie bei einer Drehung der Schwerlasttransportvorrichtung bzw. des Ballastwagens relativ zur Ballastplatte unterschiedlich belastet werden. Die Kransteuerung ist hierbei eingerichtet, die Schwerlasttransportvorrichtung in Abhängigkeit des erfassten Belastungsunterschieds zu steuern und/oder zu regeln. Das Prinzip der unterschiedlich wirkenden Belastungen kann demjenigen entsprechen, das zuvor in Bezug auf die Ausführungsform mit den Schwingen erläutert wurde.

**[0066]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Führung ein Kopfstück mit einem mit dem übrigen Gefüge der Führung starr verbundenen Kopplungsabschnitt und einem mit der Ballastplatte verbundenen Schwenkteil umfasst. Das Kopfstück kann direkt mit dem Oberwagen verbunden sein. Alternativ kann das Kopfstück mit einem Anlenkstück der Führung verbunden sein, welches wiederum mit dem Oberwagen verbunden ist, insbesondere schwenkbar mit dem Oberwagen verbunden. Alternativ können zwischen Kopfstück und Anlenkstück ein oder mehrere Zwischenstücke der Führung verbaut sein.

**[0067]** Das Schwenkteil umfasst ein mit der Ballastplatte verbundenes erstes Schwenkelement und ein mit dem Kopplungsabschnitt verbundenes zweites Schwenkelement. Der Kopplungsabschnitt kann direkt am zweiten Schwenkelement ausgebildet sein oder ein mit diesem verbundenes Bauteil darstellen. Die beiden Schwenkelemente sind dabei zueinander um eine parallel zur Längsachse der Führung verlaufende Schwenkachse schwenkbar gelagert. Die Schwenkelemente erlauben eine Drehung der Ballastplatte um die genannte Schwenkachse. Beispielsweise kann das erste Schwenkelement drehbar im zweiten Schwenkelement gelagert sein, wobei vorzugsweise entsprechende Lager (z.B. Gleit- oder Rollenlager) zwischen den Schwenkelementen angeordnet sind. Die Schwenkelemente können rohrförmig ausgebildet sein. Die Ballastabspannung ist vorzugsweise direkt mit der Ballastplatte über entsprechende Verbindungsmittel verbunden.

**[0068]** In einer alternativ möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verbindungsvorrichtung zwischen der Führung und der Ballastplatte angeordnet ist. Anstelle einer in Längsrichtung der Führung beweglichen Kopplung von Ballastwagen und Führung und einer entsprechenden Erfassung und ggf. Blockade von Relativbewegungen durch erste und/oder zweite Aktuatoren ist hierbei eine starre Verbindung zwischen Führung und Ballastwagen in Längsrichtung der Führung vorgesehen. Hierzu umfasst die Verbindungsvorrichtung ein Kopplungsteil, welches starr mit der Führung verbunden ist. Die Verbindung zwischen Kopplungsteil und Führung bzw. Ballastplatte kann wiederum direkt oder indirekt (beispielsweise über ein oder mehrere starr miteinander verbundene Zwischenstücke) bestehen. Die Messeinrichtung umfasst mindestens einen Kraftmessbolzen, mittels welchem eine einer Relativbewegung zwischen Ballastwagen und Führung in Längsrichtung der Führung entgegenwirkende Längskraft erfassbar ist, wobei die Kransteuerung vorzugsweise eingerichtet ist, die Schwerlasttransportvorrichtung in Abhängigkeit der erfassten Längskraft so zu steuern und/oder zu regeln, dass die Längskraft minimiert wird. Die Längsachse des Kraftmessbolzens ist vorzugsweise senkrecht zur Längsachse der Führung orientiert.

**[0069]** Bei dieser Ausführungsform ist es also nicht vorgesehen, dass bei einer Überschreitung einer definierten Grenzkraft eine Relativbewegung in Längsrichtung der Führung freigegeben wird. Stattdessen wird die Längskraft als Steuerkraft zum Steuern von Ausgleichsbewegungen der Schwerlasttransportvorrichtung direkt über einen oder mehrere Kraftmessbolzen erfasst, der / die Teil einer starren Bolzenverbindung der Verbindungsvorrichtung ist / sind. Vorzugsweise ist der mindestens eine Kraftmessbolzen unterhalb von Verbindungsmitteln angeordnet, über welche die Ballastabspannung mit der Führung verbunden ist.

**[0070]** Vorzugsweise umfasst die Verbindungsvorrichtung ein über den mindestens einen Kraftmessbolzen mit dem Kopplungsteil verbundenes Zwischenstück, welches wiederum mit der Ballastplatte verbunden ist. Das Zwischenstück kann einen kastenförmigen Aufbau aufweisen.

**[0071]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verbindungsvorrichtung eine Drehvorrichtung mit zwei gegeneinander drehbaren Lagerteilen umfasst, über welche die Ballastplatte um eine vertikale Achse drehbar mit dem Kopplungsteil verbunden ist, wobei die Lagerteile vorzugsweise direkt oder indirekt über mindestens einen zweiten Aktuator miteinander gekoppelt sind, welcher ausgelegt ist, bis zum definierten Grenzmoment eine Drehung zwischen den Lagerteilen zu blockieren. Hierbei ist das Kopplungsteil also nicht vollständig starr mit der Ballastplatte verbunden, sondern es besteht ein Bewegungsfreiheitsgrad in Form einer Drehung des Ballastwagens relativ zum Kopplungsteil. Die Drehverbindung, die Erfassung des Steuermoments und die entsprechende Steuerung der Schwerlasttransportvorrichtung können wir bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen ausgestaltet sein.

**[0072]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Kopplungsteil nicht nur starr mit der Führung, sondern auch starr mit der Ballastplatte (direkt oder indirekt) verbunden ist, d.h. es sind keinerlei Bewegungsfreiheitsgrade zwischen Führung und Ballastwagen über die Verbindungsvorrichtung vorgesehen. Um trotzdem ein Steuermoment resultierend aus

einer nicht synchronen Bewegung des Ballastwagens erfassen und die Schwerlasttransportvorrichtung entsprechend steuern zu können, sind mindestens zwei, vorzugsweise jedoch mindestens vier Kraftmessbolzen vorgesehen, welche so angeordnet sind, dass sie bei einer Drehung der Ballastplatte relativ zur Führung unterschiedlich belastet werden. Die Kransteuerung ist hierbei eingerichtet, die Schwerlasttransportvorrichtung in Abhängigkeit des erfassten Belastungsunterschieds zu steuern und/oder zu regeln.

**[0073]** Vorzugsweise sind die Kransteuerung und/oder die Kraftmessbolzen eingerichtet, eine Lage bzw. Richtung eines an der Verbindungsvorrichtung angreifenden Kraftvektors zu ermitteln, wodurch die Kransteuerung feststellen kann, ob es sich um eine reine Längskraft, oder um ein Drehmoment bzw. eine Überlagerung von einer Längskraft und einem Drehmoment handelt.

**[0074]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Kopplungsteil Verbindungsmittel umfasst, über die die Ballastabspannung mit der Verbindungsvorrichtung bzw. der Führung verbunden ist, wobei der mindestens eine Kraftmessbolzen Teil einer unterhalb der genannten Verbindungsmittel befindlichen Bolzverbindung ist, vorzugsweise einer Bolzverbindung des Kopplungsteils mit der Ballastplatte oder mit einem mit der Ballastplatte verbundenen Zwischenstück. Dadurch liegen die Kraftmessbolzen außerhalb des zuvor beschriebenen Kräftedreiecks und können entsprechend kleiner bzw. für die Erfassung kleinerer Kräfte und Momente ausgelegt sein.

**[0075]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Kran mindestens einen Abspannbock umfasst, wobei der Abspannbock erste Verbindungsmittel zum Verbinden mit der Ballastabspannung und zweite Verbindungsmittel zum Verbinden mit der Ballastplatte umfasst. Der Abspannbock kann somit bei Bedarf an der Ballastplatte montiert und die Ballastabspannung mit dem mindestens einen Abspannbock verbunden werden. Die Verbindung zwischen Abspannbock und Ballastabspannung kann gelenkig sein und eine Schwenkbewegung um eine horizontale Achse erlauben. Die Ballastplatte ist ferner vom Ballastwagen abbaubar, wobei die Abspannböcke und die Ballastplatte derart ausgebildet sind, dass der Derrickballast bei montiertem Abspannbock und nach erfolgter Trennung vom Ballastwagen als Schwebeballast eingesetzt werden kann. Vorzugsweise sind zwei Abspannböcke vorgesehen, um den Schwebeballast stabil zu halten.

**[0076]** Dadurch lässt sich der Derrickballast in einen Schwebeballast umbauen. Hierzu werden die Abspannböcke an der Ballastplatte montiert, die Ballastabspannung mit den Verbindungsmitteln der Abspannböcke verbunden und die Ballastplatte vom Ballastwagen bzw. der Schwerlasttransportvorrichtung getrennt, sodass die Ballastplatte mit den darauf gestapelten Ballastelementen abgehoben werden kann. Die Montage der Abspannböcke kann bei auf dem Boden abgestellter Ballastplatte erfolgen.

**[0077]** Der Schwebeballast kann mit oder ohne Führung eingesetzt werden. Bei Verwendung mit angebauter Führung (diese ist also weiterhin mit der Ballastplatte verbunden, beispielsweise durch eine der zuvor beschriebenen Verbindungsvorrichtungen), kann die Verbindung zwischen Abspannböcken und Ballastabspannung und/oder die Verbindung zwischen Abspannböcken und Führung gelenkig ausgebildet sein. Alternativ könnte der Schwebeballast ohne Führung verwendet werden, wobei sich der Schwebeballast dann unterhalb des freien Endes des Derrickauslegers befindet und die Ballastabspannung im Wesentlichen vertikal verläuft.

**[0078]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Führung längenverstellbar ausgebildet ist. Hierzu kann die Führung beispielsweise ein mit dem Oberwagen verbundenes Anlenkstück und mindestens ein zwischen Anlenkstück und Verbindungsvorrichtung lösbar einbaubares Zwischenstück umfassen. Die Länge der Führung kann dann über den Einbau oder Ausbau einer entsprechenden Anzahl von Zwischenstücken eingestellt werden.

**[0079]** Alternativ oder zusätzlich kann die Führung ein Teleskopstück mit mindestens zwei ineinander verschiebbar gelagerten Schüssen umfassen, die insbesondere mittels eines Aktuators (beispielsweise eines Teleskopierzylinders) ein- und austeleskopiert werden können, wodurch die Führung in ihrer Länge verändert wird. Das Teleskopstück kann ein Anlenkstück der Führung ersetzen und direkt am Oberwagen montiert, insbesondere schwenkbar angelenkt sein. Ebenfalls ist denkbar, dass das Teleskopstück ein Zwischenstück darstellt und zwischen einem Anlenkstück und einem Kopfstück oder einer Verbindungsvorrichtung eingebaut ist, wobei das Kopfstück oder die Verbindungsvorrichtung mit der Ballastplatte verbunden ist. Ebenfalls ist es denkbar, dass das Teleskopstück ein Kopfstück oder eine Verbindungsvorrichtung darstellt und mit der Ballastplatte verbunden ist. Das genannte Kopfstück oder die genannte Verbindungsvorrichtung kann dabei an einem der verschiebbaren Schüsse angeordnet sein. Auch ist vorstellbar, dass einer der Schüsse ein Anlenkstück bildet, während ein dazu verschiebbarer Schuss ein Kopfstück oder eine Verbindungsvorrichtung bildet, dass also das Teleskopstück selbst die gesamte Führung darstellt. Bei den vorgenannten Beispielen kann die Verbindungsvorrichtung entsprechend einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele ausgebildet sein.

**[0080]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Ballastplatte auf dem Ballastwagen, insbesondere direkt auf der mindestens einen Schwerlasttransportvorrichtung, aufgesetzt und über Verbindungselemente lösbar mit diesem verbunden ist. Die Ballastplatte kann somit auf verschiedenen Schwerlasttransportvorrichtungen montiert werden und ggf. sogar ohne Ballastwagen als Schwebeballast eingesetzt werden.

**[0081]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform

ist vorgesehen, dass die Führung um eine horizontale Achse schwenkbar am Oberwagen gelagert ist, insbesondere über ein Anlenkstück. Dadurch lässt sich die Höhe des Derrickballasts verändern. Alternativ oder zusätzlich kann die Abspannung des Krans so ausgebildet sein, dass der horizontale Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Derrickballasts und der Oberwagendrehachse (d.h. der Ballastradius) größer ist als der horizontale Abstand zwischen der Spitze des Derrickauslegers und der Oberwagendrehachse. Dadurch ergibt sich eine höhere maximale Traglast des Krans bei gleicher Masse des Derrickballasts, aber auch eine stärkere Beanspruchung der Führung, da sich die Kraft, die der Derrickballast ausübt, aufteilt in eine über die Ballastabspannung übertragene Kraftkomponente und eine über die Führung übertragene Kraftkomponente. Die Messeinrichtung ist daher bevorzugt außerhalb des durch diese Kraftkomponenten und die über den Derrickausleger übertragene Kraft aufgespannten Kräftedreiecks, insbesondere unterhalb dieses Kräftedreiecks, angeordnet.

**[0082]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuerverbindung zwei separate und insbesondere diversitäre Datenverbindungen zwischen der Kransteuerung und der Antriebssteuerung der Schwerlasttransportvorrichtung umfasst. Hierbei kann bevorzugt eine erste Datenverbindung einen Datenbus, beispielsweise einen CAN-Bus, und/oder eine zweite Datenverbindung mindestens ein Sicherheitsschaltgerät mit einem Sicherheitsrelaiskontakt umfassen. Es kann mindestens ein Sicherheitsschaltgerät an der Schwerlasttransportvorrichtung und mindestens ein Sicherheitsschaltgerät am Kran vorgesehen sein. Die zweite Datenverbindung kann selbst wiederum zwei getrennte Datenverbindungen umfassen, der jeweils ein kranseitiges oder ein schwerlasttransportvorrichtungsseitiges Sicherheitsschaltgerät zugeordnet ist.

**[0083]** Das Sicherheitsschaltgerät kann eingerichtet sein, dem jeweiligen Empfänger ein Signal zu übermitteln, dass ein über die erste Datenverbindung übertragenes Signal (z.B. ein Befehl) akzeptiert bzw. verifiziert werden kann. Der Empfänger kann die Antriebssteuerung oder die Kransteuerung sein. Ein über die erste Datenverbindung gesendeter Befehl wird daher nur ausgeführt, wenn eine entsprechende Datenkommunikation über die zweite Datenverbindung stattfindet. Dadurch ergibt sich eine erhöhte Sicherheit bei der Kransteuerung.

**[0084]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuerverbindung zwei Nothalt-Signalketten mit einem am Kran angeordneten ersten Nothalt-Schalter und einem an der Schwerlasttransportvorrichtung angeordneten zweiten Nothalt-Schalter umfasst. Die Kransteuerung ist vorzugsweise eingerichtet, bei Betätigung eines der beiden Nothalt-Schalter sämtliche Bewegungen des Krans und der Schwerlasttransportvorrichtung zu stoppen. Vorzugsweise verfügt die Schwerlasttransportvorrichtung über eine eigene, autarke Nothalt-Signalkette, die über das mindestens eine Sicherheitsschaltgerät mit der Nothalt-Signalkette des Krans elektronisch gekoppelt ist.

**[0085]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Kran eine Steigungserfassungsvorrichtung mit mindestens einem Sensor zur Erfassung einer Neigung des Derrickballasts, insbesondere einer Neigung der Ballastplatte, umfasst. Die Kransteuerung ist vorzugsweise eingerichtet, auf Grundlage der von der Steigungserfassungsvorrichtung bereitgestellten Daten die Schwerlasttransportvorrichtung derart zu steuern und/oder zu regeln, dass eine aktuelle Geländesteigung ausgeglichen wird. Dadurch kann beispielsweise ein Vorauseilen der Schwerlasttransportvorrichtung gegenüber dem Kran bei einer negativen Geländesteigung (d.h. Fahrt bergab) oder ein verlangsamtes Verfahren der Schwerlasttransportvorrichtung gegenüber dem Kran bei einer positiven Geländesteigung (d.h. Fahrt bergauf) vermieden werden. Insbesondere ist die Kransteuerung eingerichtet, einen Antriebsdruck des Antriebs der Schwerlasttransportvorrichtung bei einer erkannten positiven Geländesteigung zu erhöhen und bei einer erkannten negativen Geländesteigung zu verringern. Der Antrieb kann ein hydraulischer Antrieb sein.

**[0086]** In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Kran mindestens einen am Ballastwagen und/oder an der Ballastplatte angeordneten Aktuator umfasst, mittels welchem die Ballastplatte und/oder der Ballastwagen relativ zum Boden anhebbar oder verschwenkbar ist. Beispielsweise kann ein Bereich der Ballastplatte gegenüber dem Ballastwagen angehoben werden, um eine Neigung der Ballastplatte zu verändern. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, die Neigung der Ballastplatte über eine Veränderung der Achsen des Ballastwagens zu verändern. Dadurch kann beispielsweise eine von der horizontalen Ausrichtung abweichende Neigung der Ballastplatte ausgeglichen werden. Hierzu ist die Kransteuerung eingerichtet, auf Grundlage der von der Steigungserfassungsvorrichtung bereitgestellten Daten den mindestens einen Aktuator derart zu steuern und/oder zu regeln, dass die Ballastplatte in einer horizontalen Ausrichtung gehalten wird. Alternativ kann die Schwerlasttransportvorrichtung an wenigstens einer Radachse einen Aktuator zum Anheben einer Transportplattform gegenüber der Radachse aufweisen. Auch hierüber ist eine Nivellierung der auf der Schwerlasttransportvorrichtung montierten Ballastplatte möglich.

**[0087]** Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend anhand der Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1: den erfindungsgemäßen Kran gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht;

Figur 2: den Derrickballast des Krans in einer Seitenansicht;

Figur 3: eine schematische Darstellung der auftretenden und übertragenen Kräfte;

Figuren 4a-c: mögliche Fahrmodi des Kran-Derrickballast-Verbunds jeweils in einer Draufsicht;

Figur 5: die Führung mit Verbindungsvorrichtung und Ballastplatte des Krans gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht;

Figuren 6-7: die Verbindungsvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels in unterschiedlichen Ansichten;

Figur 8: das bewegliche Element der Verbindungsvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels in einer perspektivischen Ansicht;

Figuren 9-10: Schnitte entlang der und quer zur Führungslängsachse durch die Verbindungsvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels;

Figur 11: eine vergrößerte Ansicht der Ballastplatte und deren Verbindung zur Schwerlasttransportvorrichtung in einer perspektivischen Ansicht;

Figur 12: die Führung mit Verbindungsvorrichtung, Ballastplatte und Ballastwagen gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht;

Figur 13: die Verbindungsvorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels in einer perspektivischen Ansicht;

Figur 14: die Führung mit Verbindungsvorrichtung, Ballastplatte und Ballastwagen gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht;

Figuren 15-16: eine perspektivische Ansicht und eine Schnittansicht entlang der Längsachse eines Adapterelements des dritten Ausführungsbeispiels;

Figur 17: eine perspektivische Gesamtansicht des Krans gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel;

Figur 18: die Führung mit Verbindungsvorrichtung, Ballastplatte und Ballastwagen gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht;

Figur 19: eine perspektivische Gesamtansicht des Krans gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel;

Figur 20: die Führung mit Verbindungsvorrichtung, Ballastplatte und Ballastwagen gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel in einer Seitenansicht;

Figur 21: die Führung mit Verbindungsvorrichtung, Ballastplatte und Ballastwagen gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel in einer Seitenansicht, wobei der Derrickballast als Schwebeballast verwendet wird; und

Figuren 22-23: schematische Darstellungen der Steuersysteme und der Datenverbindungen des Krans und der Schwerlasttransportvorrichtung.

**[0088]** In der Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Krans 10 in einer perspektivischen Gesamtansicht dargestellt. Bei dem Kran 10 handelt es sich um einen Raupenkran mit einem Gittermastausleger als Hauptausleger 16 (nachfolgend nur als "Ausleger" bezeichnet), wobei in der Figur 1 nur das Anlenkstück des Auslegers 16 dargestellt ist, welches um eine horizontale Wippachse an den Oberwagen 14 angelenkt ist. Der Kran 10 umfasst einen Unterwagen 12 mit Raupenfahrwerk. Der Unterwagen 12 stützt sich dabei über die beiden seitlichen Raupenträger 13 des Raupenfahrwerks auf dem Boden ab. Über die beiden Raupenträger 13 ist der Kran 10 verfahrbar. Diese Verfahrbarkeit ist in Geradeausfahrt möglich, welche vorwärts und rückwärts erfolgen kann. Ebenso können die Raupenträger 13 ihre Raupenketten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegen, so dass eine Kurvenfahrt des Krans 10 möglich ist.

**[0089]** Auf dem Unterwagen 12 ist ein Oberwagen 14 über ein Drehwerk um eine vertikale Drehachse (hierin auch als Oberwagendrehachse bezeichnet) drehbar auf dem Unterwagen 12 gelagert. Neben dem Ausleger 16 besitzt der Kran 10 einen Derrickausleger 18, welcher ebenfalls um eine horizontale Schwenkachse schwenkbar an den Oberwagen 14 angelenkt ist. Am Oberwagenheck befindet sich ein Oberwagenballast 15 mit mehreren (in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel auf zwei seitliche Ballaststapel aufgeteilten) aufeinandergestapelten Ballastelementen. Der Derrickausleger 18 ist mit dem Ausleger 16 über eine nicht dargestellte, längenveränderliche Wippverseilung verbunden. Der Derrickausleger 18 ist wiederum mit dem Oberwagenheck

über eine längenveränderliche Derrickabspannung 19 verbunden. Die Verbindung mit dem Oberwagen 14 kann über einen zusätzlichen, schwenkbaren Abspannbock 11 (auch als A-Bock, oder SA-Bock bezeichnet) erfolgen (in der Fig. 1 ist die Seileinscherung zwischen A-Bock 11 und Derrickabspannung 19 nicht dargestellt). An der Vorderseite des Oberwagens 14 kann sich eine Fahrerkabine befinden.

**[0090]** Zusätzlich zum Oberwagenballast 15 besitzt der Kran 10 einen Derrickballast 40 mit einem auf dem Boden verfahrbaren Ballastwagen 44, auf dem eine Ballastplatte 42 befestigt ist, auf der wiederum mehrere Ballastelemente 41 aufgestapelt sind. Der Derrickballast 40 ist über eine Führung 20 mit dem Oberwagenheck und über eine längenveränderliche Ballastabspannung 30 mit der Spitze bzw. dem freien Ende des Derrickauslegers 18 verbunden. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die Ballastabspannung 30 zwei parallele Abspannstränge mit jeweils einem hydraulischen Zugzylinder 32, durch deren Ein- und Ausfahren die Länge der Abspannstränge der Ballastabspannung 30 verändert und dadurch das durch den Derrickballast 40 wirkende Gewicht eingestellt werden kann.

**[0091]** Bezüglich der Funktionen der Wippverseilung, Derrickabspannung 19 und Ballastabspannung 30 sowie des Derrickballasts 40 wird auf die einleitenden Ausführungen verwiesen, welche auch für den Kran 10 gemäß dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel gelten. Auf eine wiederholende Erläuterung wird daher weitgehend verzichtet. Zusätzlich wird der Derrickausleger 18 in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel gegen die Kraft der Derrickabspannung 30 über eine Rückfallsicherung in seiner Position gehalten, welche zwei hydraulische Rückfallstützen 17 umfassen kann, die der Bewegung des Derrickauslegers 18 folgen und eine entsprechende Stützkraft auf den Derrickausleger 18 ausüben. Auch der Ausleger 16 kann über eine entsprechende Rückfallsicherung (siehe Fig. 17) verfügen.

**[0092]** Der Ballastwagen 44 des Derrickballasts 40 umfasst eine serienmäßige und an sich aus dem Stand der Technik bekannte Schwerlasttransportvorrichtung 50 (nachfolgend als SPMT bezeichnet), welche bei vielen Kranbetreibern und Anwendern für unterschiedliche Zwecke bereits vorhanden sind und einen eigenen Antrieb mit eigener Antriebssteuerung aufweisen. Der Ballastwagen 44 kann hierbei einen einzelnen SPMT 50 oder mehrere zusammengekoppelte (oder über die Ballastplatte 42 verbundene) SPMT 50 umfassen - die Anzahl ist vorliegend nicht von Bedeutung. Die Ballastplatte 42 ist insbesondere auf einer Transportoberfläche bzw. Plattform des SPMT 50 abgelegt.

**[0093]** Da die Antriebssteuerung des SPMT 50 nicht für den sicherheitsrelevanten Kranbetrieb ausgelegt ist und außerdem die Gefahr besteht, dass durch den sehr starken Antrieb des SPMT 50 zu hohe Kräfte, insbesondere Seitenkräfte, auf die Führung 20 und den Derrickausleger 18 ausgeübt werden, sieht die erfindungsgemäße Lösung vor, die Steuerungssysteme von Kran 10 und SPMT 50 miteinander zu verbinden, sodass der SPMT 50 über die Kransteuerung 90 gesteuert werden kann. Darüber hinaus umfasst der Kran 10 eine Verbindungsvorrichtung 60, welche entweder Teil der Führung 20 oder eine eigenständige Vorrichtung ist und eine Messeinrichtung umfasst, mittels welcher Kräfte erfassbar sind, die aus einer nicht synchronen Bewegung von Kran 10 und Ballastwagen 44 resultieren. Diese erfassten Steuerkräfte Fs werden an die Kransteuerung 90 übermittelt und von dieser zur Steuerung des SPMT 50 herangezogen, sodass nicht synchrone bzw. auseinanderlaufende Bewegungen ausgeglichen werden und ein möglichst synchroner Fahrbetrieb gewährleistet ist.

**[0094]** Eine nicht synchrone Bewegung von Ballastwagen 44 und Kran 10 kann aus verschiedenen Gründen bzw. in unterschiedlichen Situationen erfolgen. In den Figuren 4a-4c sind drei mögliche Bewegungsmodi des erfindungsgemäßen Krans 10 in einer Draufsicht dargestellt, wobei der Pfeil 100 die Fahrtrichtung des Krans 10 und der Pfeil 200 die Fahrtrichtung des Ballastwagens 44 bzw. des SPMT 50 anzeigt.

**[0095]** Die Figur 4a zeigt eine Schleppfahrt des Kransystems, bei der Kran 10 (bzw. Unterwagen 12) und Ballastwagen 44 hintereinander in dieselbe Richtung (d.h. geradeaus oder rückwärts) parallel zur Längsachse der Führung 20 fahren. Stößt nun beispielsweise der Ballastwagen 44 an einer Seite auf ein Hindernis, können unerlaubt hohe Kräfte bzw. Momente entstehen, die zu einer Beschädigung der Krankomponenten, insbesondere der Führung 20, führen können. Hierbei kann es zu einer Entstehung von Drehmomenten um die z-Achse und/oder die y-Achse kommen (vgl. Fig. 3).

**[0096]** Die Figur 4b zeigt eine Parallelfahrt des Kransystems, bei der Kran 10 (bzw. Unterwagen 12) und Ballastwagen 44 versetzt zueinander in dieselbe Richtung (d.h. geradeaus oder rückwärts) quer zur Längsachse der Führung 20 fahren. Ist die Führung 20 über eine Drehvorrichtung mit dem Ballastwagen 44 verbunden, so kann eine Parallelfahrt auch in einem Winkel von weniger als 90° zur Längsachse der Führung 20 erfolgen. Stößt der Ballastwagen 44 hier auf ein Hindernis, wirken Kräfte quer zur Längsachse der Führung 20, sodass es zur Entstehung von Momenten um die z-Achse und um die y-Achse kommen kann (vgl. Fig. 3).

**[0097]** Die Figur 4c zeigt schließlich eine Drehung des Oberwagens 14 um dessen Oberwagendrehachse (auch als Kreisfahrt bezeichnet). Hierbei kann der Unterwagen 12 stillstehen und der Ballastwagen 44 verfährt um die Oberwagendrehachse als Drehbzw. Lenkzentrum mit einer Geschwindigkeit, die an die Drehgeschwindigkeit des Oberwagens 14 angepasst ist. Abgesehen von der Möglichkeit, dass der Ballastwagen 44 auf ein Hindernis stößt, kann es hier vorkommen, dass das Drehzentrum des Ballastwagens 44 nicht mit der Oberwagendrehachse zusammenfällt oder dass der Ballastwagen zu schnell oder zu langsam fährt. Auch hier kann es zur Entstehung von Momenten um die z-Achse und um die y-Achse kommen (vgl. Fig. 3).

**[0098]** Ebenfalls kann es bei einer beliebigen Bewegung zur Entstehung hoher Kräfte bzw. Momente kommen, wenn der Ballastwagen 44 aufgrund der hohen Masse des Derrickballasts 40 in den Boden einsinkt (z.B. Normalkräfte der Führung 20 steigen bis zur maximalen Vortriebskraft des Krans 10) oder wenn der Ballastwagen 44 schneller oder langsamer fährt als der Kran 10 (Geradeausfahrt: Ballastwagen 44 fährt schneller / langsamer als der Unterwagen 12; Drehung / Kreisfahrt: der Ballastwagen 44 fährt schneller / langsamer um das Drehzentrum der SPMT 50 als sich der Oberwagen 14 um die Oberwagendrehachse dreht oder sich der Unterwagen 12 bei einer Kurvenfahrt um dessen Drehzentrum bewegt). Bei einer Schleppfahrt kann es dabei insbesondere zu einer Entstehung von Momenten um die y-Achse kommen, während bei einer Drehung / Kreisfahrt oder Parallelfahrt sowie generell beim Auftreffen auf exzentrisch einwirkende Hindernisse auch Momente um die z-Achse entstehen können. Bei einer unterschiedlichen Geländeneigung oder einem Einsinken des Ballastwagens 44 kommen Momente um die x-Achse hinzu. Häufig wird eine Kombination vom Momenten um alle drei Achsen vorliegen, wobei je nach Bewegungsart und Grund für die nicht synchrone Bewegung bestimmte Momente dominieren.

**[0099]** Die Figur 2 zeigt den Derrickballast 40 in einer Seitenansicht, wobei die im Betrieb auftretenden und in das Kransystem eingeleiteten Kräfte als schwarze Pfeile eingezeichnet sind (die Längen und Richtungen der Pfeile sind lediglich schematisch und dienen nur der Veranschaulichung). Der Ballastwagen 44 und somit der SPMT 50 ist über das Dreieck, welches gebildet ist aus den Schenkeln Führung 20, Ballastabspannung 30 und Derrickausleger 18, mit dem Kransystem verbunden. Dieses Dreieck ist schematisch in der Figur 3 dargestellt, zusammen mit den jeweiligen Kräften.

**[0100]** In der Führung 20 entsteht eine Druckkraft abhängig von der "aktivierten" Masse bzw. Gewichtskraft $F_B$ aus dem Derrickballast 40. Diese "Aktivierung" erfolgt über die Zugzylinder 32 und die Ballastabspannung 30. Durch das Einfahren der Zugzylinder 32 verkürzt sich der Schenkel mit der Ballastabspannung 30, sodass die Masse des Derrickballasts 40 bedarfsgemäß genutzt bzw. die in das Kransystem eingeleitete Kraft Fs eingestellt werden kann. Diese "Aktivierung" bewirkt ein Moment, welches den Kran 10 gegen ein Umkippen absichert, sowie eine Kraft, die das Auslegersystem 14, 16 im Gleichgewicht hält. Diese in das Kransystem eingeleiteten Kräfte sind folglich in der Regel sehr groß, sodass es nicht ohne Weiteres möglich ist, in diesem hochbelasteten Bereich (d.h. in der Führung 20 oder in der Ballastabspannung 30) eine Sensorik für eine Erfassung von aus nicht synchronen Bewegungen resultierenden Kräften und eine sichere Steuerung des SPMT 50 einzubauen.

**[0101]** Die Führung 20 ist am Oberwagen 14 schwenkbar gelagert. Der Derrickausleger 18 bleibt bei der Betätigung der Zugzylinder 32 vorzugsweise unbewegt. Somit ergibt sich eine minimale Bewegung an der Verbindung zwischen Kransystem und Derrickballast 40 in vertikaler Richtung. Solange die Masse des Derrickballasts 40 groß genug ist, bleibt diese Bewegung unmerklich und es vergrößert sich im Wesentlichen nur die aus der Masse des Derrickballasts 40 resultierende und über die Einstellung der Zugzylinder 32 "aktivierte" Kraft $F_B$. An den Verbindungsmitteln 34 der Ballastabspannung 30, welche letztere mit der Führung 20 verbinden, teilt sich diese Kraft $F_B$ in eine über die Ballastabspannung 30 in das Kransystem eingeleitete Kraft $F_A$ und eine über die Führung 20 in das Kransystem eingeleitete Kraft $F_F$ auf. Diese Kräfte sind sehr groß und bilden zusammen mit den über den Derrickausleger 18 übertragenen Kräften ein Kräftedreieck entlang der in der Figur 3 eingezeichneten Schenkel.

**[0102]** Als Steuerkraft für die Steuerung des SPMT 50 soll daher eine Kraft Fs Verwendung finden, die außerhalb dieses Dreiecks liegt. Die Messeinrichtung zur Erfassung dieser Kraft befinden sich daher außerhalb dieses Kräftedreiecks, insbesondere unterhalb des Kräftedreiecks bzw. unterhalb der Verbindungsmittel 34. In diesem Bereich werden die Steuerkräfte Fs nicht durch die anderen Kräfte $F_A$ und $F_F$ überlagert, sodass die Messeinrichtung für kleinere Kräfte ausgelegt werden kann.

**[0103]** Die rein vertikale Kraft $F_B$ wird von der Verbindung zwischen der Führung 20 und dem SPMT 50 übertragen, wobei erfindungsgemäß eine Verbindungsvorrichtung 60 Teil dieser Verbindung ist und die genannte Messeinrichtung umfasst, die mit der Kransteuerung 90 verbunden ist und Daten mit dieser austauscht. Die Verbindungsvorrichtung 60 kann je nach Ausführungsform zwischen Führung 20 und Ballastplatte 42 oder zwischen Ballastplatte 42 und Ballastwagen 44 bzw. SPMT 50 eingebaut sein. Ergibt sich ein ungleicher Lauf zwischen den Radsätzen des SPMT 50 und den Raupenträgern 13 des Krans 10, bleibt die Kraft Fs weiterhin vertikal aber es resultiert eine Steuerkraft Fs quer oder in einem bestimmten Winkel zur Kraft $F_B$. Die Verbindung zwischen Ballastwagen 44 und der Führung 20 ist insbesondere im Winkel 90° biegesteif, wobei die Steuerkraft Fs ein Moment um die biegesteife Verbindung erzeugt.

**[0104]** Dabei erfolgt die Steuerung des Kransystems bzw. des SPMT 50 abhängig von der oder den erfassten Steuerkräften Fs in zwei unterschiedlichen Kraftbereichen (im Folgenden werden mit den Begriffen Kraft bzw. Kraftbereich auch die aus nicht synchroner Bewegung resultierenden Drehmomente bezeichnet). In einem ersten Kraftbereich, in dem die Steuerkraft Fs noch relativ klein ist, wird die Steuerkraft Fs als Steuer- und/oder Regelgröße für die Bewegung des SPMT 50 herangezogen. Die Kransteuerung 90 erhält von der Messeinrichtung die erfasste Steuerkraft Fs und ermittelt, welche Bewegung sie einleiten muss, damit die Steuerkraft Fs wieder kleiner wird. Aufgrund der in diesem ersten Kraftbereich vergleichsweise geringen Steuerkräfte Fs ist in der Regel kein Stoppen der Kranbewegung notwendig, sondern es erfolgt von der Kransteuerung insbesondere selbstständ-

dig eine kontinuierliche Bewegung, wie sie der Kranfahrer wünscht. Die Kransteuerung passt lediglich die Bewegung des SPMT 50 an, damit die Steuerkraft Fs minimiert wird, insbesondere durch ein Beschleunigen oder Abbremsen des SPMT 50 bzw. eine Anpassung der Geschwindigkeit und/oder eine Anpassung des Lenkwinkels.

**[0105]** In einem zweiten Kraftbereich wird die auftretende Steuerkraft Fs gezielt begrenzt, um Schäden zu vermeiden. Der zweite Kraftbereich liegt oberhalb einer definierten Grenzkraft, wobei für die unterschiedlich auftretenden Kräfte und Momente unterschiedliche Grenzkräfte bzw. Grenzmomente definiert sein können, z.B. eine definierte Grenzkraft für eine Steuerkraft Fs in Längsrichtung der Führung (Längskraft) und eine andere definierte Grenzkraft bzw. ein definiertes Grenzmoment für ein auftretendes Steuermoment um die z-Achse (Querkraft).

**[0106]** Beim Überschreiten der Grenzkraft, d.h. im zweiten Kraftbereich, soll die Kraft Fs gleichbleibend sein und sich eine detektierbare Bewegung zwischen Ballastwagen 44 und Führung 20 ergeben, die von der Messeinrichtung erfasst werden kann. Während der Ausführung dieser Bewegung greift die Kransteuerung 90 vorzugsweise ein und stoppt die Bewegung des Kransystems, d.h. des Unterwagens 12, des Oberwagens 14 und des SPMT 50. Somit bleibt ein sicherer Zustand des Kransystems gewährleistet. Anschließend kann der Ballastwagen 44 wieder in einen "sicheren Bereich" bewegt und die Kranbewegung fortgesetzt werden. Die Korrektur bzw. die Bewegung des SPMT 50 zurück in den sicheren Bereich kann durch einen Kranfahrer, einen Einweiser oder vollautomatisch durch die Kransteuerung 90 durchführbar sein.

**[0107]** Im Folgenden werden anhand der Figuren 5-21 mehrere Ausführungsbeispiele des Krans 10, insbesondere im Hinblick auf die Realisierung der Verbindungsvorrichtung 60 und der Erfassung der Steuerkräfte Fs, diskutiert.

**[0108]** Ein erstes Ausführungsbeispiel ist in den Figuren 5-10 dargestellt. Die Figur 5 zeigt dabei eine perspektivische Ansicht der Führung 20, der Verbindungsvorrichtung 60 und der Ballastplatte 42, welche miteinander verbunden sind. Die Ballastelemente 41 und der Ballastwagen 44 mit dem SPMT 50 sind nicht abgebildet.

**[0109]** Die Führung umfasst ein um eine horizontale Schwenkachse schwenkbar an das Oberwagenheck angelenktes Anlenkstück 21 und ein über Bolzverbindungen (insbesondere Gabel-Finger-Verbindungen) mit dem Anlenkstück 21 verbundenes Zwischenstück 22, welche eine Gitterkonstruktion mit mehreren Längs-, Quer- und Diagonalstreben umfassen können. Die Verbindungsvorrichtung 60 ist mit dem Zwischenstück 22 verbolzt und mit der Ballastplatte 42 verbunden und bildet in diesem Ausführungsbeispiel einen Teil der Führung 20. Die Verbindungsvorrichtung 60 umfasst ein starr mit dem Zwischenstück 22 verbundenes Kopplungsteil 23 und ein in Längsrichtung der Führung 20 verschiebbar am bzw. im Kopplungsteil 23 gelagertes bewegliches Element 62, welches in den Figuren 6 und 7 besser zu erkennen ist. Die Figur 6 zeigt die Verbindungsvorrichtung 60 mit Blick auf die Oberseite 34, während die Figur 7 den Blick auf die Unterseite der Verbindungsvorrichtung 60 zeigt.

**[0110]** Das bewegliche Element 62 ist in diesem Ausführungsbeispiel als plattenförmiges Element ausgebildet, welches in Führungsschienen verschiebbar gelagert ist, die sich am Kopplungsteil 23 in Längsrichtung der Führung 20 erstrecken. Die Beweglichkeit des beweglichen Elements 62 wird über Lager 64 sichergestellt, bei denen es sich beispielsweise um Gleit- oder Rollenlager handeln kann. Die Figur 9 zeigt einen Querschnitt durch die Verbindungsvorrichtung 60 quer zur Längsachse der Führung 20, aus dem die Lage und Form der Führungsschienen, der Lager 64 und des beweglichen Elements 62 hervorgehen. Ein Schnitt entlang der Längsachse der Führung 20 ist in der Figur 10 gezeigt.

**[0111]** An der Unterseite des beweglichen Elements 62, die der Ballastplatte 42 zugewandt ist, befindet sich eine Drehvorrichtung, welche eine Drehung der Ballastplatte 42 relativ zur Führung 20 um eine Achse senkrecht zur Ausdehnungsrichtung der Ballastplatte 42 (d.h. bei einer horizontal ausgerichteten Führung 20 um eine vertikale Achse bzw. um die z-Achse) erlaubt. Die Drehvorrichtung umfasst ein Drehlager 66 mit einem ersten Lagerteil 67, welches mit dem beweglichen Element 62 verbunden ist, und einem drehbar mit dem ersten Lagerteil 67 verbundenen zweiten Lagerteil 68, welches ein Zwischenstück bildet, das direkt mit der Ballastplatte 42 verbolzt ist. Alternativ könnten weitere Zwischenstücke zwischen dem zweiten Lagerteil 68 und der Ballastplatte 42 vorgesehen sein. Das bewegliche Element 62 mit dem ersten Lagerteil 67 ist in der Figur 8 mit Blick auf dessen Unterseite isoliert dargestellt.

**[0112]** Die Verbindungsvorrichtung 60 besitzt also zwei Bewegungsfreiheitsgrade und erlaubt eine relative Translationsbewegung der Ballastplatte 42 bzw. des daran befestigten Ballastwagens 44 parallel zur Längsachse der Führung 20 (d.h. zum Oberwagen 14 hin oder von diesem weg) sowie eine Drehung der Ballastplatte 42 bzw. des Ballastwagens 44 relativ zur Führung 20.

**[0113]** Wie in den Figuren 5 und 6 zu erkennen ist, sind die als Anbolzpunkte ausgebildeten Verbindungsmittel 34 für die Ballastabspannung 30 am Kopplungsstück 23 angeordnet und befinden sich an dessen Oberseite. Somit befinden sich das bewegliche Element 62 und das Drehlager 66 unterhalb der Verbindungsm ittel 34 und insbesondere unterhalb der Strukturen der Führung 20, die die aus dem Derrickballast 40 resultierenden hohen Kräfte $F_F$ übertragen. Die Resultierende aus Stangenkraft und gezogenem Ballastgewicht geht insbesondere direkt von den Verbindungsmitteln 34 in die Eckstielrohre der Führung 20.

**[0114]** Bewegen sich Kran 10 und Ballastwagen 44 nicht synchron (z.B. aus einem der in Bezug auf die Figuren 4a-4c dargelegten Gründe), so entsteht eine Re-

lativbewegung zwischen Ballastplatte 42 und Führung 20. Dies kann eine Verschiebung des beweglichen Elements 62 relativ zum Kopplungsteil 23 und/oder eine Drehung des zweiten Lagerteils 68 relativ zum ersten Lagerteil 67 bedeuten. Derartige Relativbewegungen sollen im ersten Kraftbereich vermieden bzw. durch entsprechende Gegensteuerung des SPMT 50 minimiert werden.

**[0115]** Hierzu umfasst die Verbindungsvorrichtung 60 einen ersten Aktuator 1, welcher in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel als Hydraulikzylinder 1 ausgebildet ist, der einerseits mit dem Kopplungsteil 23 und andererseits mit dem beweglichen Element 62 verbunden ist und sich parallel zur Längsrichtung der Führung 20 (d.h. des Bewegungsfreiheitsgrads des beweglichen Elements 62) erstreckt (vgl. Fig. 6-7). Wie in der Figur 10 zu erkennen ist, kann es sich dabei um einen doppeltwirkenden Hydraulikzylinder handeln. Im ersten Kraftbereich blockiert der erste Aktuator 1 eine Bewegung des beweglichen Elements 62 relativ zum Kopplungsteil 23. Dies kann beispielsweise durch ein mit dem ersten Aktuator 1 hydraulisch verbundenes Druckbegrenzungsventil erreicht werden (nicht dargestellt), welches bis zu einem definierten Grenzdruck geschlossen bleibt und eine Verschiebung der Kolbenstange blockiert. Dadurch wird das bewegliche Element 62 im ersten Kraftbereich in einer Mittelstellung gehalten (vgl. Fig. 10).

**[0116]** Über einen Sensor der Messeinrichtung, insbesondere einen Drucksensor, wird die in Längsrichtung der Führung 20 wirkende Steuerkraft Fs bzw. Längskraft erfasst, die aufgrund einer nicht synchronen Bewegung von Kran 10 und Ballastwagen 44 auf den ersten Aktuator 1 wirkt. Ist die Längskraft kleiner als die definierte Grenzkraft (die z.B. aus dem eingestellten Grenzdruck des genannten Druckbegrenzungsventils resultiert), wird die Bewegung des beweglichen Elements 62 blockiert und die erfasste Längskraft von der Kransteuerung 90 herangezogen, um den SPMT 50 so zu steuern, dass die abweichende Bewegung ausgeglichen wird und sich die Längskraft verringert. Dadurch kann eine Abschaltung des Krans 10 vermieden werden.

**[0117]** Ein um die z-Achse auftretendes Moment, das aus einer nicht synchronen Bewegung resultiert (= Steuermoment), wird über zweite Aktuatoren 2 erkannt. In dem hier diskutierten Ausführungsbeispiel sind zwei zweite Aktuatoren 2 vorgesehen, die ebenfalls als Hydraulikzylinder ausgeführt sind. Alternativ könnte die Druck- und Drehwegüberwachung auch mit einem oder mehreren Drehantrieben realisiert werden. Die zweiten Aktuatoren 2 sind gelenkig sowohl mit dem ersten Lagerteil 67 als auch mit dem zweiten Lagerteil 68 gekoppelt (vgl. Fig. 7 und 8), d.h. sie sind zwischen Ballastplatte 42 und Kopplungsteil 23 gekoppelt, sodass die Momente um die Drehachse des Drehlagers 66 auf die zweiten Aktuatoren 2 wirken. Wie beim ersten Aktuator 1 blockieren die zweiten Aktuatoren 2 bis zu einer definierten Grenzkraft bzw. einem definierten Grenzmoment eine Drehbewegung des zweiten Lagerteils 68 relativ zum ersten Lagerteil 67. Auch hier kann das Grenzmoment durch mindestens ein Druckbegrenzungsventil definiert sein. Entsprechende Sensoren (insbesondere Drucksensoren) erfassen die aufgrund des Steuermoments auf die zweiten Aktuatoren 2 wirkenden Kräfte, d.h. die entsprechenden Querkräfte, und die Kransteuerung 90 steuert auf dieser Basis den SPMT 50 derart, dass das Steuermoment aufgrund einer entsprechenden Ausgleichsbewegung minimiert wird.

**[0118]** Durch die blockierten ersten und zweiten Aktuatoren 1, 2 wird der Ballastwagen 44 im ersten Kraftbereich "in die Spur" gezwängt. Dadurch, dass die ersten und zweiten Aktuatoren 1, 2 unterhalb des in der Figur 3 gezeigten Kräftedreiecks liegen, können sie deutlich kleiner ausgeführt werden und die gemessenen Steuerkräfte Fs werden nicht durch die hohen Kräfte $F_A$ und $F_F$ überlagert.

**[0119]** Damit es zu keinen Beschädigungen kommt, öffnen die ersten und zweiten Aktuatoren 1, 2 bei einem Überschreiten der jeweiligen Grenzkraft bzw. des jeweiligen Grenzmoments, sodass eine entsprechende Relativbewegung zwischen Ballastwagen 44 und Führung 20 freigegeben wird. Dabei bewegen sich die betreffenden Aktuatoren 1, 2 um eine bestimmte Strecke. Übersteigt beispielsweise die Längskraft die definierte Grenzkraft des ersten Aktuators 1, so gibt dieser eine Bewegung des beweglichen Elements 62 relativ zum Kopplungsteil 23 frei und bei der darauffolgenden Bewegung bewegt sich die Kolbenstange relativ zum Zylindergehäuse des ersten Aktuators 1. Dasselbe gilt für die zweiten Aktuatoren 2. Diese Positionsänderungen der Aktuatoren 1, 2 werden von entsprechenden Positions- bzw. Lagesensoren der Messeinrichtung erkannt und an die Kransteuerung 90 weitergegeben. Die Kransteuerung 90 stoppt daraufhin sämtliche Bewegungen des Krans 10 und des SPMT 50. Alternativ zu einer Erkennung einer Bewegung der Aktuatoren 1, 2 könnten die betreffenden Relativbewegungen auch anderweitig erfasst werden, z.B. durch Positions- oder Näherungssensoren, die am beweglichen Element 62, am Kopplungsteil 23, am ersten Lagerteil 67 und/oder am zweiten Lagerteil 68 angeordnet sind.

**[0120]** Zusammengefasst werden die durch die Verbindungsvorrichtung 60 bereitgestellten Bewegungsfreiheitsgrade also erst dann freigegeben, wenn die betreffenden Kräfte bzw. Momente zu groß werden. Dann "rutschen" die jeweiligen Aktuatoren 1, 2 durch und die erkannte Bewegung führt dazu, dass die Kransteuerung 90 die Bewegung des Kran-Derrickballast-Verbunds stoppt, sodass eine Korrektur erfolgen kann.

**[0121]** Die Ballastplatte 42 ist insbesondere über Verbindungselemente 52 mit der SPMT 50 verbunden. Ein mögliches Beispiel für eine solche lösbare Verbindung ist in der Figur 11 dargestellt. Dabei kann die Ballastplatte 42 durch Lösen der durch die Verbindungselemente 52 bereitgestellten Verbindungen vom Ballastwagen 44 bzw. vom SPMT 50 abgebaut werden.

**[0122]** Ein zweites Ausführungsbeispiel ist in den Figuren 12 und 13 dargestellt. Hierbei umfasst die Verbin-

dungsvorrichtung 60 kein beweglich gelagertes Element 62 und kein Drehlager 66, sondern ein Kopplungsteil 23 mit vier Schwingen 70, die jeweils um eine senkrecht zur Längsachse der Führung 20 (und bei ebenem Untergrund horizontal) verlaufende Schwenkachse schwenkbar am Kopplungsteil 23 gelagert sind. Die unabhängig voneinander beweglichen Schwingen 70 können, so wie in der Fig. 12 gezeigt, seitlich am Kopplungsstück 23 befestigt sein, wobei auch andere Anordnungen in Frage kommen, z.B. an der Unterseite des Kopplungsteils 23.

**[0123]** Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Schwingen 70 mit ihren unteren Enden direkt mit der Ballastplatte 42 gelenkig verbunden. Alternativ könnten die Schwingen 70 an einem Zwischenstück gelenkig befestigt und das Zwischenstück wiederum mit der Ballastplatte 42 verbunden sein.

**[0124]** Aufgrund der Beweglichkeit der Schwingen 70 kann sich die Ballastplatte 42 relativ zum Kopplungsteil 23 in Längsrichtung der Führung 20 bewegen, ähnlich zum beweglichen Element 62 des ersten Ausführungsbeispiels. Bei der hier gezeigten Ausführungsvariante sind zwei Schwingen 70 auf gegenüberliegenden Seiten des Kopplungsteils 23 über jeweils einen Hydraulikzylinder mit dem Kopplungsteil 23 gekoppelt (vgl. Fig. 13). Diese Hydraulikzylinder fungieren einerseits als erste Aktuatoren 1, da sie bei einer nicht synchronen Bewegung die in Längsrichtung der Führung 20 wirkende Steuerkraft Fs bzw. Längskraft erfassen können. Das Prinzip der Blockade der Relativbewegung in einem ersten Kraftbereich und der Freigabe der Bewegung in einem zweiten Kraftbereich funktioniert analog zum ersten Ausführungsbeispiel. Im ersten Kraftbereich halten die ersten Aktuatoren 1 die Schwingen 70 in einer Mittelstellung (vgl. Fig. 13) und sind wiederum über entsprechende Sensoren der Messeinrichtung längen- und kraft- bzw. drucküberwacht.

**[0125]** Die Verbindungsmittel 34 für die Ballastabspannung 30 befinden sich wiederum oberhalb der ersten Aktuatoren 1 (insbesondere an den oberen Eckstielen des Kopplungsteils 23, wie in der Fig. 13 gezeigt), sodass letztere unterhalb des Kräftedreiecks angeordnet sind.

**[0126]** Die Hydraulikzylinder können bei der hier gezeigten Ausführungsvariante mit vier Einzelschwingen 70 gleichzeitig als zweite Aktuatoren 2 fungieren, wenn die Schwingen 70 über entsprechende Gelenklager verfügen bzw. gelagert sind, die eine Auslenkung der Schwingen 70 in unterschiedliche Richtungen erlauben bzw. Freiheitsgrade in 2 Achsen besitzen. In diesem Fall werden bei einer Drehbewegung der Ballastplatte 42 relativ zum Kopplungsteil 23 um die z-Achse die Schwingen 70 auf den unterschiedlichen Seiten des Kopplungsteils 23 in unterschiedliche Richtungen ausgelenkt (bzw. im ersten Kraftbereich wirken die Steuerkräfte Fs in unterschiedliche Richtungen). Die Kransteuerung 90 ist in diesem Fall eingerichtet, die unterschiedlichen Belastungen zu erkennen und daraus ein Steuermoment abzuleiten, auf dessen Grundlage eine entsprechende Steuerung des SPMT 50 erfolgt, analog zum ersten Ausführungsbeispiel. Um diese Variante zu ermöglichen, müssen mindestens vier Einzelschwingen 70 vorgesehen sein. Diese können beispielsweise über Gelenklager mit dem Kopplungsteil 23 und/oder mit der Ballastplatte 42 (bzw. einem Zwischenstück) verbunden sein und/oder ein zwischen den Anlenkpunkten der Schwingen 70 angeordnetes Zusatzgelenk aufweisen.

**[0127]** Alternativ könnte das Steuermoment auch über eine zusätzliche Drehvorrichtung mit entsprechender Kraft- und Längenüberwachung über mindestens einen zweiten Aktuator 2, beispielsweise analog zum ersten Ausführungsbeispiel, erfasst werden. Eine solche Drehvorrichtung könnte an einem Zwischenstück angeordnet sein, welches über die Schwingen 70 mit dem Kopplungsteil 23 verbunden ist.

**[0128]** Ein drittes Ausführungsbeispiel ist in den Figuren 14-17 dargestellt. Die Figur 14 zeigt die Führung 20, die Verbindungsvorrichtung 60, die Ballastplatte 42 sowie den SPMT 50, mit dem die Ballastplatte 42 verbunden ist. Hierbei umfasst die Führung 20 nur das Anlenkstück 21 und ein damit verbundenes Kopfstück 24 mit einem starr mit dem Anlenkstück 21 verbundenen Kopplungsabschnitt und einem mit der Ballastplatte 42 verbundenen Schwenkteil 29. Das Schwenkteil 29 umfasst in dieser Ausführungsvariante zwei um die Längsachse der Führung 20 gegeneinander schwenkbar gelagerte Rohrelemente, wobei ein inneres Rohrelement (= erstes Schwenkelement) über entsprechende Anschlussstellen mit der Ballastplatte 42 und ein äußeres Rohrelement (= zweites Schwenkelement) mit dem Kopplungsabschnitt verbunden ist. Alternativ könnte das äußere Rohrelement über entsprechende Anschlussstellen mit der Ballastplatte 42 verbunden sein. Die Rohrelemente erlauben eine Drehbewegung der Ballastplatte 42 relativ zur Führung 20 um die Längsachse der Führung 20 (was bei horizontaler Ausrichtung der Führung 20 der x-Achse entspricht).

**[0129]** Bei diesem Ausführungsbeispiel befindet sich die Verbindungsvorrichtung 60 nicht zwischen Führung 20 und Ballastplatte 42, sondern zwischen Ballastplatte 42 und Ballastwagen 44 bzw. SPMT 50. Die Verbindungsvorrichtung 60 umfasst zwei Adapterelemente 80 (alternativ können auch nur ein Adapterelement 80 oder mehr als zwei Adapterelemente 80 vorgesehen sein), die in Längsrichtung des SPMT 50 (d.h. quer zur Längsachse der Führung 20) voneinander beabstandet sind und die entsprechenden Bewegungsfreiheitsgrade des Ballastwagens 44 relativ zur Führung 20 bereitstellen.

**[0130]** Hierzu umfassen die Adapterelemente 80 jeweils ein (äußeres) erstes Adapterteil 81, welches mit dem SPMT 50 verbunden ist, und ein verschiebbar im äußeren Adapterteil 81 gelagertes (inneres) zweites Adapterteil 82. Die Figuren 15 und 16 zeigen jeweils ein einzelnes Adapterelement 80 in einer perspektivischen Ansicht (Fig. 15) und in einer seitlichen Schnittansicht entlang der Längsachse des Adapterelements 80 (Fig. 16). Die zweiten Adapterteile 82 weisen entsprechende Verbindungselemente 83 auf, die durch die Hüllen der

ersten Adapterteile 81 ragen und mit der Unterseite der Ballastplatte 42 verbindbar bzw. verbunden sind (vgl. Fig. 15). Die ersten Adapterteile 81 umfassen entsprechende Verbindungselemente zum Verbinden mit dem SPMT 50. Alternativ könnten die ersten (äußeren) Adapterteile 81 mit der Ballastplatte 42 und die zweiten (inneren) Adapterteile 82 mit dem SPMT 50 verbunden sein.

**[0131]** Die Adapterelemente 80 umfassen eine Lagerung, um die Beweglichkeit der Adapterteile 81, 82 zueinander zu gewährleisten, wobei die Lagerung mehrere Lager 84 umfassen kann, welche beispielsweise als Gleit- oder als Rollenlager ausgebildet sein können. In den Figuren 15 und 16 ist eine mögliche Anordnung der Lager 84 gezeigt, wobei an jeder Seite und an jedem Endabschnitt des zweiten Adapterteils 82 jeweils ein unteres und ein oberes Lager 84 vorgesehen sind, insgesamt also acht Lager 84 pro Adapterelement 80. Selbstverständlich könnte auch eine andere Anordnung oder eine andere Anzahl (z.B. weniger oder mehr als acht) an Lagern 84 verwendet werden.

**[0132]** Die ersten und zweiten Adapterteile 81, 82 sind über einen ersten Aktuator 1 in Form eines Hydraulikzylinders miteinander verbunden (vgl. Fig. 16), sodass die aus einer nicht synchronen Bewegungen resultierenden Längskräfte erfasst werden können. Das Prinzip der Blockade der Relativbewegung in einem ersten Kraftbereich und der Freigabe der Bewegung in einem zweiten Kraftbereich funktioniert analog zu den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen. Im ersten Kraftbereich halten die ersten Aktuatoren 1 die Adapterteile 81, 82 in einer Mittelstellung (vgl. Fig. 16) und sind wiederum über entsprechende Sensoren der Messeinrichtung längen- und kraft- bzw. drucküberwacht.

**[0133]** Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Verbindungsmittel 34 zur Verbindung der Ballastabspannung 30 direkt an der Ballastplatte 42 angeordnet. Der Kraftfluss erfolgt somit einerseits von der Ballastplatte 42 über die Verbindungsmittel 34 in die Ballastabspannung 30 und andererseits über das Schwenkteil 29 in die Führung 20. Da die Adapterelemente 80 der Verbindungsvorrichtung 60 unterhalb der Ballastplatte 42 angeordnet sind, befinden sich die ersten Aktuatoren 1 wiederum unterhalb des Kräftedreiecks.

**[0134]** Um eine Erfassung der Momente um die z-Achse mittels der Adapterelemente 80 zu ermöglichen, können letztere so ausgebildet sein, dass die zweiten Adapterteile 82 nicht nur längsverschieblich zu den ersten Adapterteilen 81 gelagert sind, sondern auch seitlich zu diesen bewegt bzw. ausgeschwenkt werden können. In diesem Fall würden die ersten Aktuatoren 1 der Adapterelemente 80 unterschiedlich belastet, woraus die Kransteuerung 90 das Steuermoment ableiten und den SPMT 50 entsprechend steuern kann. In diesem Fall würden die ersten Aktuatoren 1 gleichzeitig als zweite Aktuatoren 2 fungieren. Das Prinzip funktioniert insbesondere analog zu der entsprechenden Variante des zweiten Ausführungsbeispiels mit den vier Schwingen 70 und den als zweite Aktuatoren 2 fungierenden ersten Aktuatoren 1. Um diese Beweglichkeit zu ermöglichen, können die Lager 84 entsprechend ausgelegt sein und ein entsprechendes Spiel aufweisen. Die Lager 84 können hierzu beispielsweise ballig ausgeführt sein. Der Ballastwagen 44 kann sich dann mit den zweiten Adapterteilen 82 gegenüber der Ballastplatte 42 mit den ersten Adapterteilen 81 um die z-Achse verdrehen. Diese Bewegung wird allerdings erst im zweiten Kraftbereich freigegeben. Im ersten Kraftbereich ist die Drehbewegung blockiert und es erfolgt eine entsprechende Steuerung des SPMT 50, um die Steuermomente und -kräfte auszugleichen.

**[0135]** Die Figur 17 zeigt eine perspektivische Gesamtansicht des Krans 10 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel, wobei erkennbar ist, dass das Schwenkteil 29 zwischen zwei auf der Ballastplatte 42 seitlich aufgestapelten Ballaststapeln angeordnet ist.

**[0136]** In der Figur 17 ist zudem ein Beispiel gezeigt, bei dem der Oberwagen 14 über einen zusätzlichen A-Bock 11 verfügt, der schwenkbar am Oberwagen 14 gelagert und über die Derrickabspannung 19 mit dem Derrickausleger 18 verbunden ist. Der A-Bock 11 ist wiederum über eine längenveränderliche Abspannverseilung mit dem Oberwagen 14 verbunden. Eine solche Konfiguration kann der erfindungsgemäße Kran 10 unabhängig von der konkreten Ausgestaltung der Führung 20 bzw. des Derrickballasts 40 aufweisen.

**[0137]** Ein viertes Ausführungsbeispiel ist in der Figur 18 dargestellt, wobei die Führung 20, die Verbindungsvorrichtung 60, die Ballastplatte 42 sowie der SPMT 50, mit dem die Ballastplatte 42 verbunden ist, gezeigt sind. Hierbei umfasst die Führung 20 ein Anlenkstück 21 und eine mit dem Anlenkstück 21 verbundene Verbindungsvorrichtung 60, welche wiederum mit der Ballastplatte 42 verbunden ist. Die Verbindungsvorrichtung 60 umfasst ein mit dem Anlenkstück 21 verbolztes Kopplungsteil 23 und ein mit der Ballastplatte 42 verbolztes Zwischenstück 25. Im Unterschied zu den vorherigen Ausführungsbeispielen stellt die Verbindungsvorrichtung 60 in dieser Ausführungsvariante keinen Bewegungsfreiheitsgrad bereit, sondern ist sowohl mit dem Anlenkstück 21 als auch mit der Ballastplatte 42 starr verbunden. Das Zwischenstück 25 kann als Bestandteil der Verbindungsvorrichtung 60 bzw. der Führung 20 angesehen werden.

**[0138]** Das Zwischenstück 25 ist mit dem Kopplungsteil 23 verbolzt, wobei wenigstens einer der Bolzen als Kraftmessbolzen 3 ausgeführt ist. Dabei steht die Längsachse des Kraftmessbolzens 3 insbesondere quer zur Längsachse der Führung 20. Bei der hier gezeigten Ausführungsvariante sind vier Bolzenverbindungen vorgesehen und alle vier Bolzen sind als Kraftmessbolzen 3 ausgeführt, deren Längsachsen quer zur Längsachse der Führung 20 ausgerichtet sind. Die Kraftmessbolzen 3 erfassen die in Längsrichtung der Führung 20 wirkenden Längskräfte, welche als Steuerkraft Fs der Kransteuerung 90 bereitgestellt werden. Es kann eine definierte Grenzkraft vorgesehen sein, bis zu der analog zu den vorherigen Ausführungsbeispielen eine Steuerung des SPMT 50 zum Ausgleich der Steuerkraft Fs erfolgt, d.h.

ohne dass die aktuelle Kranbewegung gestoppt werden muss. Bei Überschreitung der definierten Grenzkraft kann ein Bewegungsstopp durch die Kransteuerung 90 erfolgen.

**[0139]** Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Verbindungsmittel 34 zur Verbindung der Ballastabspannung 30 am Kopplungsteil 23 angeordnet, sodass sich die Messeinrichtung mit den Kraftmessbolzen 3 unterhalb des Kräftedreiecks befindet. Dadurch können die Kraftmessbolzen 3 kleiner ausgelegt sein.

**[0140]** Eine Erfassung der Momente um die z-Achse kann durch Auswertung der durch die verschiedenen Kraftmessbolzen 3 erfassten Kräfte erfolgen. Hierzu können Kraftmessbolzen 3 eingesetzt werden, welche ausgelegt sind, die Richtung der angreifenden Kraft, d.h. die Lage des Kraftvektors zu erfassen. Bei einem Moment um die z-Achse werden die Kraftmessbolzen 3 unterschiedlich belastet, woraus sich auf das Steuermoment schließen lässt. Durch die Kransteuerung 90 kann dann eine entsprechende Ausgleichsbewegung des SPMT 50 veranlasst werden.

**[0141]** Alternativ könnte die Verbindungsvorrichtung 60 eine Drehvorrichtung umfassen, beispielsweise analog zum ersten Ausführungsbeispiel. Diese könnte am Zwischenstück 25 oder an einem weiteren Bauteil der Verbindungsvorrichtung 60 vorgesehen sein und über mindestens einen zweiten Aktuator 2 längen- und kraftüberwacht werden. Das Funktionsprinzip der Erfassung des Steuermoments wäre dann insbesondere analog zum ersten Ausführungsbeispiel.

**[0142]** Alternativ könnten die Kraftmessbolzen 3 in der Verbindung zwischen Zwischenstück 25 und Ballastplatte 42 vorgesehen sein. Ebenfalls wäre es denkbar, auf das Zwischenstück 25 zu verzichten und das Kopplungsteil 23 über die Kraftmessbolzen 3 direkt mit der Ballastplatte 42 zu verbolzen.

**[0143]** Bei allen zuvor gezeigten Ausführungsbeispielen können beliebig viele weitere Zwischenstücke 22 in die Führung 20 einbaubar sein, um die Gesamtlänge der Führung 20 beispielsweise an einen geforderten Ballastradius bzw. eine bestimmte Höhe des Ballastmoments anpassen zu können.

**[0144]** Die Figuren 19 und 20 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel der Führung 20 in einer perspektivischen Gesamtansicht des Krans 10 (Fig. 19) und in einer Seitenansicht der Führung 20 (Fig. 20). Hierbei ist die Führung 20 teleskopierbar ausgeführt und umfasst ein Teleskopierstück 26 mit wenigstens einem äußeren Schuss 27 und einen verschiebbar darin gelagerten inneren Schuss 28. Bei der hier gezeigten Ausführungsvariante bildet das Teleskopierstück 26 selbst die Führung 20 und umfasst einen Anlenkabschnitt, der mit dem Oberwagen 14 verbunden ist, sowie einen Verbindungsabschnitt, welcher mit der Ballastplatte 42 verbunden ist (vgl. Fig. 20). Der äußere Schuss 27 ist dabei mit dem Anlenkabschnitt 74 verbunden, während der innere Schuss mit der Verbindungsvorrichtung 60 verbunden ist, welche den genannten Verbindungsabschnitt bildet. Alternativ könnte der äußere Schuss 27 mit der Verbindungsvorrichtung 60 und der innere Schuss 28 mit dem Anlenkabschnitt 74 verbunden sein. Durch Ein- und Austeleskopieren der Schüsse 27, 28 lässt sich der Abstand der Verbindungsvorrichtung 60 zum Oberwagen 14 und somit der Ballastradius verändern und kontinuierlich einstellen. Es können mehr als zwei Schüsse 27, 28 vorgesehen sein.

**[0145]** Die Verbindungsvorrichtung 60 kann gemäß dem ersten, zweiten oder vierten Ausführungsbeispiel ausgeführt sein. Ebenfalls ist es denkbar, dass sich am Ende des inneren Schusses 28 ein Schwenkteil 24 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel befindet und eine Verbindungsvorrichtung 60 mit einem oder mehreren Adapterelementen 80 vorgesehen ist.

**[0146]** Alternativ kann das Teleskopierstück 26 nur eines von mehreren miteinander verbindbaren Stücken der Führung 20 bilden. Letztere kann zusätzlich ein Anlenkstück 21 und/oder ein oder mehrere Zwischenstücke 22 umfassen. Insbesondere kann es möglich sein, das Teleskopierstück 26 bei Bedarf auszubauen und die Führung 20 ohne Teleskopierstück 26 zu verwenden.

**[0147]** Es ist vorstellbar, dass der maximale Hub des Teleskopierstücks 26 der Länge eines ebenfalls vorhandenen Zwischenstücks 22 darstellt, sodass bei einer wahlweisen Verwendung des kontinuierlich teleskopierbaren Teleskopierstücks 26 die ursprüngliche Längenstufung der gesamten Führung 20 im Wesentlichen erhalten bleibt. Dabei ist allerdings auch der Betrieb im nicht ganz ausgefahrenen Zustand möglich und von der Kranteuerung 90 überwacht

**[0148]** Die Führung 20 kann generell einen modularen Aufbau aufweisen und mehrere wahlweise miteinander verbindbare Module bzw. Stücke umfassen (z.B. eines oder mehrere von: Anlenkstück 21, Zwischenstück 22, Kopfstück bzw. Verbindungsvorrichtung 60, Schwenkteil 24, Teleskopierstück 26).

**[0149]** Für den Fall, dass die Hubaufgabe keinen verfahrbaren Ballast benötigt, kann der Derrickballast 40 so ausgebildet sein, dass er auch als Schwebeballast verwendet werden kann. Hierzu kann der Kran 10 zusätzliche Abspannböcke 86 umfassen, die bei Bedarf an der Ballastplatte 42 montiert werden können. Hierzu sind erste und zweite Verbindungsmittel 87, 88 vorgesehen, über die eine Verbindung mit der Ballastabspannung 30 hergestellt werden kann. Die ersten Verbindungsmittel 87 ersetzen dabei die Verbindungsmittel 34 an der Führung 20 oder an der Ballastplatte 42. Ein Beispiel für eine solche Ausführungsvariante ist in der Figur 21 dargestellt, wobei hier zwei Abspannböcke 86 über dritte Verbindungsmittel 85 mit der Ballastplatte 42 verbolzt sind. Die ersten Verbindungsmittel 87 verbinden hierbei insbesondere die Führung 20 gelenkig mit der Ballastabspannung 30, während die zweiten Verbindungsmittel 88 insbesondere die Abspannböcke 86 gelenkig mit der Führung 20 verbinden und sich am oberen Ende der Abspannböcke 86 befinden, die von der Seite gesehen eine im Wesentlichen dreieckige Form aufweisen.

**[0150]** In diesem Fall kann die Ballastplatte 42 vom Ballastwagen 44 abgebaut und auf dem Boden abgesetzt werden, woraufhin die Abspannböcke 86 montiert werden und die Ballastabspannung 30 mit den ersten Verbindungsmitteln 87 der Abspannböcke 86 verbunden wird.

**[0151]** Der Schwebeballast könnte ohne Führung 20 verwendet werden, wobei er nur über die Ballastabspannung 30 gehalten wird und letztere vertikal ausgerichtet ist (d.h. der Schwebeballast befindet sich unterhalb des freien Endes des Derrickauslegers 18). Alternativ könnte der Schwebeballast mit angebauter Führung 20 verwendet werden. Hierfür könnte ein spezielles Kopfstück 89 in der Führung 20 verbaut bzw. einbaubar sein (vgl. Fig. 21), welches insbesondere mit dem oberen Enden der Abspannböcke 86 verbunden ist. Dieses besitzt keine biegesteife Verbindung mit den Abspannböcken 86, sondern eine gelenkige Verbindung. Diese gelenkige Verbindung kann die zweiten Verbindungsmittel 88 umfassen. Durch ein solches Kopfstück 89 wird also eine gelenkige Verbindung zwischen der Ballastabspannung 30, der Führung 20 und den Abspannböcken 86 hergestellt. Dadurch kann der Schwebeballst zusammen mit der Führung 20 genutzt und dadurch ein größerer Ballastradius erreicht werden.

**[0152]** Die Verwendung von einem oder mehreren SPMT 50 als Ballastwagen 44 bietet generell mehrere Vorteile:

- SPMT besitzen eine hohe Tragfähigkeit (beispielsweise > 1000 t);
- SPMT sind oftmals bereits beim Anwender vorhanden;
- SPMT stellen bewährte und erprobte Systeme dar;
- Eine Ansteuerung des SPMT durch den Kran 10 ist möglich (z.B. Lenkpolverschiebung, Fahren, Not-Aus, Abstützart, Heben/Senken etc.).

**[0153]** Zur Steuerung des SPMT 50 ist die Kransteuerung 90 mit der Antriebssteuerung 54 des SPMT 50 über eine Steuerverbindung verbunden, sodass der Kran-Derrickballast-Verbund über die Kransteuerung 90 gesteuert werden kann. Hierfür weisen sowohl der Kran 10 als auch der SPMT 50 geeignete Schnittstellen auf.

**[0154]** Die steuerungstechnische Anbindung des SPMT 50 deckt einen oder mehrere (bevorzugt alle) der folgende Bereiche und Anwendungen ab:

- Not-Halt: Verbindung der Not-Haltkreise von Kran 10 und SPMT 50;
- Kraftbegrenzung;
- Momentbegrenzung;
- Kraftausgleich: entstehende Kräfte ermitteln und gegensteuern;
- Momentausgleich: entstehende Momente ermitteln und gegensteuern;
- Lenkbetriebsarten: Schleppfahrt, Parallelfahrt, Kreisfahrt, Rotationsfahrt und/oder Längsfahrt;
- Antrieb: benötigte Antriebskraft ermitteln;
- Nivellierung: geringfügige Geländesteigungen bzw. -gefälle durch eine entsprechende SPMT-Achsnivellierung ausgleichen.

**[0155]** Tritt ein Bewegungsstopp ausgelöst durch eine Kraftbegrenzung (Eintritt in einen zweiten Kraftbereich bei einem oder mehreren ersten oder zweiten Aktuatoren 1, 2 oder bei einem oder mehreren Kraftmessbolzen 3) ein, wird bevorzugt in Folge eine Fehlermeldung an einem Kranmonitor ausgegeben, welche den Fehlerzustand im Detail beschreibt. Der Kranmonitor kann sich in einer Oberwagenfahrerkabine und/oder auf einem mobilen Gerät wie z.B. einem Tablet oder einer mobilen Steuereinheit befinden.

**[0156]** Im Folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der steuerungstechnischen Anbindung der Antriebssteuerung 54 des SPMT 50 an die Kransteuerung 90 des Krans 10 anhand der Figur 22 beschrieben.

**[0157]** Die steuerungstechnische Anbindung von Kran 10 zu SPMT 50 (oder bei Verwendung mehrerer SPMT 50 zum SPMT-Verbund) wird über eine erste Datenverbindung 91 in Form eines CAN-Busses realisiert. Zusätzlich zu den Sicherheitsmechanismen des CAN-Protokolls werden die zu übertragenden Daten auf der Applikationsebene vorzugsweise mittels "live-bit" gesichert. In diesem Fall sendet die Kransteuerung 90 zyklisch einen variablen Wert an den SPMT 50, den dieser (bzw. die Antriebssteuerung 54) innerhalb einer definierten Zeit zurücksenden muss. Ist die Rückübertragung nicht korrekt, werden alle Bewegungen gestoppt und der Kranfahrer wird z.B. mittels Fehlermeldung auf die inkonsistente Datenverbindung hingewiesen.

**[0158]** Alle sicherheitstechnischen Funktionen wie z.B. Motor EIN/AUS, Lenken oder Fahren werden zweikanalig über die CAN-Busverbindung und jeweils über einen separaten Sicherheitsrelaiskontakt eines kranseitigen Sicherheitsschaltgeräts 93 ausgeführt. Das Sicherheitsrelais gibt an den Empfänger (d.h. den SPMT 50) den Auftrag, den Befehl aus dem CAN-Bus 91 zu akzeptieren (diversitäre Ausführung, in beiden Richtungen). Sicherheitsrelevante Informationen des SPMT 50 an den Kran 10 wie z.B. "alle Lenkwinkel in Position" werden ebenfalls durch separate Sicherheitsrelaiskontakte eines SPMT-seitigen Sicherheitsschaltgeräts 94 ausgeführt. Die Datenverbindungen über die Sicherheitsschaltgeräte 93, 94 bilden eine parallel zum CAN-Bus 91 bestehende zweite Datenverbindung 92. Die Sicherheitsschaltgeräte 93, 94 dienen dem sicherheitsgerichteten Unterbrechen eines Sicherheitsstromkreises. Die im Sicherheitsschaltgerät 93, 94 verbauten Sicherheitsrelaiskontakte sind insbesondere redundant und zwangsgeführt.

**[0159]** Wird die Verbindung zwischen Kransteuerung 90 und Antriebssteuerung 54 des SPMT 50 über die Steuerleitung hergestellt, übernimmt die Kransteuerung 90 die meisten, insbesondere alle maßgeblichen steuerungsrelevanten Berechnungen und der SPMT 50 führt

die geforderten Anforderungen aus. In diesem Betriebszustand ist es dem SPMT 50 bzw. der Antriebssteuerung 54 nicht mehr möglich, selbstständig Bewegungen ohne Freigaben der Kransteuerung 90 auszuführen. Hierzu kann es erforderlich sein, eine vorhandene Eingabeeinheit des SPMT 50 auszustecken und durch eine Verbindungseinheit zum Kran 10 zu ersetzen.

**[0160]** Im Folgenden wird anhand der Figur 23 ein Ausführungsbeispiel einer Implementierung einer Nothaltfunktion beim erfindungsgemäßen Kran 10 erläutert. Alle in Figur 23 abgebildeten Sicherheitsschaltgeräte, Schaltrelais und deren Schaltkontakte sind im stromlosen Zustand dargestellt. Werden die Sicherheitsschaltgeräte mit Strom versorgt, ändern sich die dargestellten Schaltzustände der Kontakte in den betätigten Zustand. Kommt auf ein Relais (z.B. Relais K1) Strom, dann ändert sich der Schaltzustand von allen Kontakten "K1" 107, 113, 114. Im Beispiel "K3" sind zwei Schließ-Kontakte 115, 116 und ein Öffner-Kontakt 117 vorhanden.

**[0161]** Die in der Figur 23 abgebildeten Steuerungsmodule 95, 96 entsprechen insbesondere den Steuerungsmodulen 95, 96 des Krans 10 der Figur 22.

**[0162]** Sowohl der Kran 10 als auch der SPMT 50 besitzen jeweils einen Nothalt-Schalter (vgl. Figur 23: Nothalt-Schalter Kran: 106; Nothalt-Schalter SPMT: 108). Beim Kranbetrieb mit SPMT 50 führt die Betätigung eines beliebigen Not-Haltschalters auf Seiten des Krans 10 oder des SPMT 50 zu einem Not-Halt beider Geräte. Da der SPMT 50 über eine autarke Not-Halt-Kette verfügt, müssen die Not-Halt-Ketten beider Geräte über Sicherheitsschaltgeräte miteinander gekoppelt sein.

**[0163]** Um die beiden Not-Halt-Ketten miteinander zu koppeln, muss insbesondere folgende Abfolge eingehalten werden:

1. Kein Not-Haltschalter 106 am Kran 10 darf betätigt sein.
2. Die Steuerung des Krans 10 muss gestartet werden. Das Sicherheitsschaltgerät 107 (K1) wird nun durch den Kran 10 mit Strom versorgt. Die Sicherheitsschaltkontakte 113, 114 werden geschlossen.
3. Kein Not-Haltschalter 108 am SPMT 50 darf betätigt sein.
4. Die Steuerung des SPMT 50 muss gestartet werden.
5. Jetzt muss der Wahlschalter 110 (T1) am SPMT 50 betätigt werden. Durch die Betätigung von Wahlschalter 110 (T1) werden die Schaltrelais 111 (K3) und 112 (K4) mit Strom versorgt. Die Schaltkontakte 115, 116 werden geschlossen. Die Schaltkontakte 117, 118 werden geöffnet und integrieren somit den Sicherheitsschaltkontakt 119 in die Not-Halt-Kette. Das Sicherheitsschaltgerät 109 (K2) wird mit Strom versorgt, die Sicherheitsschaltkontakte 119, 120 werden geschlossen.
6. Beide Not-Halt-Ketten sind nun miteinander gekoppelt. Die gemeinsame Not-Halt-Kette ist aktiv.
7. Die Sicherheitsschaltkontakte 114, 120 dienen der Leitungsüberwachung (Funktion der Schalter geprüft).

**[0164]** Mit Betätigung eines beliebigen Not-Haltschalters 106 des Krans 10 wird beim Kran 10 der Not-Halt ausgelöst. Das Sicherheitsschaltgerät 107 (K1) wird stromlos und unterbricht durch Öffnen des Sicherheitsschaltkontakts 113 die Not-Halt-Kette des SPMT 50. Bei Betätigung eines beliebigen Not-Haltschalters 108 des SPMT 50 wird beim SPMT 50 der Not-Halt ausgelöst, das Sicherheitsschaltgerät 109 (K2) wird stromlos und unterbricht durch Öffnen des Sicherheitsschaltkontakts 119 die Not-Halt-Kette des Krans 10.

**[0165]** Das in der Figur 23 gezeigte Sicherheitsschaltgerät 107 kann insbesondere dem in der Figur 22 gezeigten kranseitigen Sicherheitsschaltgerät 93 entsprechen. Das in der Figur 23 gezeigte Sicherheitsschaltgerät 109 kann insbesondere dem in der Figur 22 gezeigten SPMT-seitigen Sicherheitsschaltgerät 94 entsprechen.

**[0166]** Die verschiedenen Lenkbetriebsarten (z.B. Schleppfahrt, Parallelfahrt, Kreisfahrt, Längsfahrt, Rotationsfahrt) werden insbesondere von der Kransteuerung 90 vorgegeben. Durch Übergabe des Ballastradius und des Oberwagendrehwinkels von der Kransteuerung 90 an den SPMT 50 wird am SPMT 50 jede Radachse auf den richtigen Lenkwinkel eingestellt. Der SPMT 50 besitzt vorzugsweise einen hydraulischen Antriebsmotor. Für die verschiedenen Fahrbewegungen wird der entsprechende Antriebsdruck am hydraulischen Antriebsmotor des SPMT 50 von der Kransteuerung 90 geregelt. Der SPMT 50 stellt den geforderten Antriebsdruck ein. Dieser kann durch folgende Faktoren beeinflusst sein:

- Geländeneigung;
- Fahrgeschwindigkeit;
- Aufgelegte Last bzw. Masse des Derrickballasts 40;
- Lenkbetriebsart;
- Ballastradius.

**[0167]** Die Geländeneigung wird in einer bevorzugten Ausführungsform über eine Sensorik ermittelt, welche die aktuelle Ballastneigung durch einen Sensor erfasst, beispielsweise einen Sensor an bzw. auf der Ballastplatte 42. Bewegt sich der SPMT 50 in einer Steigung aufwärts, wird der Antriebsdruck im Vergleich zur Fahrt in der Ebene erhöht, damit eine gleichmäßige Fahrbewegung gegeben ist. Bewegt sich der SPMT 50 in einer Steigung abwärts, wird der Antriebsdruck im Vergleich zur Fahrt in der Ebene abgesenkt. Dies hat zur Folge, dass der SPMT 50 bzw. der Ballastwagen 44 abgebremst wird und damit eine gleichmäßige Fahrbewegung gegeben ist. Unter "Steigung" kann beispielsweise ein Steigungswinkel von 1° verstanden werden.

**[0168]** In einer weiteren Ausführungsform kann eine Vorrichtung zur Achsnivellierung vorgesehen sein. Durch Geländeunebenheiten entstehende Schrägstellungen der Ballastplatte 42 in Querrichtung werden von einem Sensor, beispielsweise einem Sensor an bzw. auf

der Ballastplatte 42, erfasst und an die Kransteuerung 90 übergeben. Über eine Achsnivellierung des SPMT 50 kann diese Schrägstellung ausgeglichen werden. Dazu wird ein entsprechender Heben-/Senken-Befehl an den SPMT 50 gesendet. Die Radachsen des SPMT 50 können in mehrere Achsgruppen aufgeteilt sein, z.B. in eine erste (z.B. linke) und eine zweite (z.B. rechte) Achsgruppe. Der Heben-/Senken-Befehl wird dann bevorzugt für die betreffende Achsgruppe an den SPMT 50 gesendet, beispielsweise erste Achsgruppe heben, erste Achsgruppe senken, zweite Achsgruppe heben oder zweite Achsgruppe senken. Es kann auch gleichzeitig eine Hebung einer der Achsgruppen und eine Senkung der anderen Achsgruppe erfolgen. Parallel dazu wird vorzugsweise ein zusätzlicher Sicherheitsrelaiskontakt geschaltet, der dem SPMT 50 die entsprechende Freigabe zur Nivellierung erteilt.

**[0169]** An dieser Stelle sei angemerkt, dass die genannten Sensoren an bzw. auf der Ballastplatte 42 technisch zum Kran 10 gehören können und nicht zum SPMT 50.

**Bezugszeichenliste:**

**[0170]**

| | |
|---|---|
| 1 | Erster Aktuator |
| 2 | Zweiter Aktuator |
| 3 | Kraftmessbolzen |
| 10 | Kran |
| 11 | A-Bock |
| 12 | Unterwagen |
| 13 | Raupenträger |
| 14 | Oberwagen |
| 15 | Oberwagenballast |
| 16 | Ausleger (Hauptausleger) |
| 17 | Rückfallstütze |
| 18 | Derrickausleger |
| 19 | Derrickabspannung |
| 20 | Führung |
| 21 | Anlenkstück |
| 22 | Zwischenstück |
| 23 | Kopplungsteil |
| 24 | Kopfstück |
| 25 | Zwischenstück |
| 26 | Teleskopstück |
| 27 | Schuss |
| 28 | Schuss |
| 29 | Schwenkteil |
| 30 | Ballastabspannung |
| 32 | Zugzylinder |
| 34 | Verbindungsmittel |
| 40 | Derrickballast |
| 41 | Ballastelement |
| 42 | Ballastplatte |
| 44 | Ballastwagen |
| 50 | Schwerlasttransportvorrichtung (SPMT) |
| 52 | Verbindungselement |
| 54 | Antriebssteuerung |
| 60 | Verbindungsvorrichtung |
| 62 | Bewegliches Element |
| 64 | Lager |
| 66 | Drehlager |
| 67 | Erstes Lagerteil |
| 68 | Zweites Lagerteil |
| 70 | Schwinge |
| 74 | Anlenkabschnitt |
| 80 | Adapterelement |
| 81 | Erstes Adapterteil |
| 82 | Zweites Adapterteil |
| 83 | Verbindungselement |
| 84 | Lager |
| 85 | Dritte Verbindungsmittel |
| 86 | Abspannbock |
| 87 | Erste Verbindungsmittel |
| 88 | Zweite Verbindungsmittel |
| 89 | Kopfstück |
| 90 | Kransteuerung |
| 91 | Erste Datenverbindung |
| 92 | Zweite Datenverbindung |
| 93 | Sicherheitsschaltgerät |
| 94 | Sicherheitsschaltgerät |
| 95 | Steuermodul |
| 96 | Steuermodul |
| 100 | Fahrtrichtung Kran |
| 106 | Nothalt-Schalter Kran |
| 107 | Sicherheitsschaltgerät K1 |
| 108 | Nothalt-Schalter SPMT |
| 109 | Sicherheitsschaltgerät K2 |
| 110 | Wahlschalter T1 |
| 111 | Schaltrelais K3 |
| 112 | Schaltrelais K4 |
| 113 | Sicherheitsschaltkontakte von K1 (2x Schließer) |
| 114 | Sicherheitsschaltkontakte von K1 (1x Schließer) |
| 115 | Schaltkontakt von K3 (1x Schließer) |
| 116 | Schaltkontakt von K3 (1x Schließer) |
| 117 | Schaltkontakt von K3 (1x Öffner) |
| 118 | Schaltkontakt von K4 (1x Öffner) |
| 119 | Sicherheitsschaltkontakte von K2 (1x Schließer) |
| 120 | Sicherheitsschaltkontakte von K2 (1x Schließer) |
| 200 | Fahrtrichtung Ballastwagen |

**Patentansprüche**

1. Kran (10) umfassend einen verfahrbaren Unterwagen (12), einen drehbar auf dem Unterwagen (12) gelagerten Oberwagen (14), einen wippbar mit dem Oberwagen (14) verbundenen Ausleger (16), einen gelenkig mit dem Oberwagen (14) verbundenen Derrickausleger (18), über welchen der Ausleger (16) abgespannt ist, eine Kransteuerung (90), eine mit dem Oberwagen (14) verbundene Führung (20) und einen Derrickballast (40), wobei der Derrickballast (40) eine Ballastplatte (42) zum Stapeln von Ballastelementen (41), welche über eine Ballastab-

spannung (30) mit dem Derrickausleger (18) und über die Führung (20) mit dem Oberwagen (14) verbunden ist, sowie einen Ballastwagen (44) umfasst, wobei der Ballastwagen (44) eine serienmäßige Schwerlasttransportvorrichtung (50) mit eigenem Antrieb und eigener Antriebssteuerung (54) umfasst, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Führung (20) mit der Ballastplatte (42) oder dem Ballastwagen (44) über eine Verbindungsvorrichtung (60) verbunden ist, wobei die Verbindungsvorrichtung (60) eine Messeinrichtung umfasst, welche eingerichtet ist, eine einer Relativbewegung zwischen Ballastwagen (44) und Führung (20) entgegenwirkende Kraft zu erfassen, und
- **dass** die Kransteuerung (90) mit der Antriebssteuerung (54) der Schwerlasttransportvorrichtung (50) über eine Steuerverbindung verbunden und eingerichtet ist, die Schwerlasttransportvorrichtung (50) in Abhängigkeit der durch die Messeinrichtung erfassten Kraft zu steuern und/oder zu regeln.

**2.** Kran (10) nach Anspruch 1, wobei die Führung (20) so ausgebildet ist, dass sich die durch den Derrickballast (40) erzeugte Kraft in eine durch die Führung (20) übertragene erste Kraft und eine durch die Ballastabspannung (30) übertragene zweite Kraft aufteilt, wobei die Messeinrichtung außerhalb, insbesondere unterhalb, der die ersten und zweiten Kräfte übertragenden Strukturen der Führung (20) und der Ballastabspannung (30) angeordnet ist.

**3.** Kran (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Messeinrichtung mindestens einen ersten Aktuator (1), insbesondere einen ersten Hydraulikzylinder, umfasst, mittels welchem eine einer Relativbewegung zwischen Ballastwagen (44) und Führung (20) in Längsrichtung der Führung (20) entgegenwirkende Längskraft erfassbar ist, wobei vorzugsweise der erste Aktuator (1) eingerichtet ist, in einem ersten Kraftbereich, in dem die Längskraft kleiner als eine definierte Grenzkraft ist, eine starre Verbindung zwischen Führung (20) und Ballastwagen (44) in Längsrichtung bereitzustellen und die Kransteuerung (90) eingerichtet ist, die Schwerlasttransportvorrichtung (50) in Abhängigkeit der erfassten Längskraft so zu steuern und/oder zu regeln, dass die Längskraft minimiert wird, wobei der erste Aktuator (1) vorzugsweise eingerichtet ist, in einem zweiten Kraftbereich, in dem die Längskraft die definierte Grenzkraft übersteigt, einer Relativbewegung zwischen Führung (20) und Ballastwagen (44) nachzugeben, wobei vorzugsweise die Messeinrichtung einen ersten Positionssensor umfasst, mittels welchem eine Positionsänderung des Ballastwagens (44) relativ zur Führung (20), insbesondere eine Längen- oder Winkeländerung des ersten Aktuators (1), im zweiten Kraftbereich erfassbar ist und die Kransteuerung (90) vorzugsweise eingerichtet ist, eine Bewegung des Krans (10) und/oder des Ballastwagens (44) in Reaktion auf eine durch den ersten Positionssensor erfasste Positionsänderung zu stoppen oder zu begrenzen.

**4.** Kran (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messeinrichtung mindestens einen zweiten Aktuator (2), insbesondere einen zweiten Hydraulikzylinder, umfasst, mittels welchem ein einer Drehbewegung zwischen Ballastwagen (44) und Führung (20) entgegenwirkendes Drehmoment erfassbar ist, wobei vorzugsweise der zweite Aktuator (2) eingerichtet ist, in einem ersten Momentbereich, in dem das Drehmoment kleiner als ein definiertes Grenzmoment ist, eine rotationsstarre Verbindung zwischen Führung (20) und Ballastwagen (44) bereitzustellen und die Kransteuerung (90) eingerichtet ist, die Schwerlasttransportvorrichtung (50) in Abhängigkeit der erfassten Längskraft so zu steuern und/oder zu regeln, dass das Drehmoment minimiert wird, wobei der zweite Aktuator (2) vorzugsweise eingerichtet ist, in einem zweiten Momentbereich, in dem das Drehmoment das definierte Grenzmoment übersteigt, einer relativen Drehung zwischen Führung (20) und Ballastwagen (44) nachzugeben, wobei vorzugsweise die Messeinrichtung einen zweiten Positionssensor umfasst, mittels welchem eine Positionsänderung des Ballastwagens (44) relativ zur Führung (20), insbesondere eine Längen- oder Winkeländerung des zweiten Aktuators (2), im zweiten Kraftbereich erfassbar ist und die Kransteuerung (90) vorzugsweise eingerichtet ist, eine Bewegung des Krans (10) und/oder des Ballastwagens (44) in Reaktion auf eine durch den zweiten Positionssensor erfasste Positionsänderung zu stoppen oder zu begrenzen.

**5.** Kran (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbindungsvorrichtung (60) zwischen Führung (20) und Ballastplatte (42) angeordnet ist und ein starr mit der Führung (20) verbundenes Kopplungsteil (23) umfasst, wobei die Verbindungsvorrichtung (60) vorzugsweise ein mit der Ballastplatte (42) verbundenes bewegliches Element (62) umfasst, welches relativ zum Kopplungsteil (23) in Längsrichtung der Führung (20) beweglich, insbesondere über ein Rollen- oder Gleitlager (64) verschiebbar, gelagert ist und welches weiter vorzugsweise unterhalb von die Ballastabspannung (30) mit der Führung (20) verbindenden Verbindungsmitteln (34) angeordnet ist, die an der Führung (20) oder am Kopplungsteil (23) angeordnet sind.

**6.** Kran (10) nach den Ansprüchen 3 und 5, wobei mindestens ein erster Aktuator (1) einerseits mit dem

beweglichen Element (62) und andererseits mit der Führung (20), insbesondere mit dem Kopplungsteil (23), gekoppelt ist, wobei der erste Aktuator (1) vorzugsweise als Hydraulikzylinder ausgebildet ist, welcher ausgelegt ist, bis zur definierten Grenzkraft eine Relativbewegung zwischen beweglichem Element (62) und Kopplungsteil (23) zu blockieren.

**7.** Kran (10) nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Verbindungsvorrichtung (23) eine Drehvorrichtung umfasst, über welche die Ballastplatte (42) um eine vertikale Achse drehbar mit der Führung (20) verbunden ist, wobei die Drehvorrichtung ein Drehlager (66) umfasst, welches vorzugsweise am beweglichen Element (62) angeordnet ist.

**8.** Kran (10) nach den Ansprüchen 4 und 7, wobei das Drehlager (66) ein mit der Verbindungsvorrichtung (60), insbesondere dem beweglichen Element, verbundenes erstes Lagerteil (67) und ein mit der Ballastplatte (42) verbundenes zweites Lagerteil (68) umfasst, wobei mindestens ein zweiter Aktuator (2) einerseits mit dem beweglichen Element (62) und andererseits mit der Ballastplatte (42), insbesondere einerseits mit dem ersten Lagerteil (67) und/oder andererseits mit dem zweiten Lagerteil (68), gekoppelt ist, wobei der zweite Aktuator (2) vorzugsweise als Hydraulikzylinder oder -motor ausgebildet ist, welcher ausgelegt ist, bis zum definierten Grenzmoment eine relative Drehung zwischen den Lagerteilen (67, 68) zu blockieren.

**9.** Kran (10) nach Anspruch 5, wobei die Verbindungsvorrichtung (60) mindestens zwei schwenkbar gelagerte Schwingen (70) umfasst, über die die Verbindungsvorrichtung (60) beweglich mit der Ballastplatte (42) verbunden ist, wobei die Schwingen (70) eine Bewegung der Ballastplatte (42) relativ zum Kopplungsteil (23) in Längsrichtung der Führung (20) erlauben und insbesondere direkt mit der Ballastplatte (42) oder mit einem mit der Ballastplatte (42) verbundenen Zwischenstück verbunden sind, wobei die Schwingen (70) vorzugsweise unterhalb von die Ballastabspannung (30) mit der Führung (20) verbindenden Verbindungsmitteln (34) angeordnet ist, welche an der Führung (20) oder am Kopplungsteil (23) angeordnet sind.

**10.** Kran (10) nach den Ansprüchen 3 und 9, wobei mindestens ein erster Aktuator (1) einerseits mit einer Schwinge (70) oder einem mittels der Schwinge (70) bewegbaren Zwischenstück und andererseits mit der Führung (20), insbesondere dem Kopplungsteil (23), gekoppelt ist, wobei der erste Aktuator (1) vorzugsweise als Hydraulikzylinder ausgebildet ist, welcher ausgelegt ist, bis zur definierten Grenzkraft eine Schwenkbewegung der Schwingen (70) zu blockieren.

**11.** Kran (10) nach Anspruch 4 und nach einem der Ansprüche 9 bis 10, wobei die Verbindungsvorrichtung (60) eine Drehvorrichtung umfasst, über welche die Ballastplatte (42) um eine vertikale Achse drehbar mit der Führung (20) verbunden ist, wobei die Drehvorrichtung am Kopplungsteil (23) oder an einem die Schwingen (70) mit der Ballastplatte (42) verbindenden Zwischenstück angeordnet ist und ein Drehlager (66) mit zwei gegeneinander drehbaren Lagerteilen (67, 68) umfasst, wobei die Lagerteile (67, 68) vorzugsweise direkt oder indirekt über mindestens einen zweiten Aktuator (2) gekoppelt sind, welcher ausgelegt ist, bis zum definierten Grenzmoment eine relative Drehung zwischen den Lagerteilen (67, 68) zu blockieren.

**12.** Kran (10) nach Anspruch 4 und nach einem der Ansprüche 9 bis 10, wobei die Verbindungsvorrichtung (60) mindestens vier Schwingen (70) umfasst, welche derart ausgebildet sind, dass sie eine Drehung der Ballastplatte (42) relativ zum Kopplungsteil (23) zu erlauben, wobei das Kopplungsteil (23) über mindestens einen zweiten Aktuator (2) mit mindestens einer Schwinge (70) oder einem die Schwingen (70) mit der Ballastplatte (42) verbindenden Zwischenstück gekoppelt ist.

**13.** Kran (10) nach den Ansprüchen 3 und 12, umfassend mindestens zwei zweite Aktuatoren (2), die jeweils einerseits mit dem Kopplungsteil (23) und andererseits mit einer der Schwingen (70) verbunden sind und gleichzeitig als erste Aktuatoren (1) fungieren, wobei die zweiten Aktuatoren (2) insbesondere so angeordnet sind, dass sie bei einer Drehung der Ballastplatte (42) relativ zum Kopplungsteil (23) unterschiedlich belastet werden, und die Kransteuerung (90) eingerichtet ist, die Schwerlasttransportvorrichtung (50) in Abhängigkeit des erfassten Belastungsunterschieds zu steuern und/oder zu regeln.

**14.** Kran (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Verbindungsvorrichtung (60) zwischen der Ballastplatte (42) und der Schwerlasttransportvorrichtung (50) angeordnet ist und mindestens ein Adapterelement (80) umfasst, welches ein mit der Ballastplatte (42) verbundenes erstes Adapterteil (81) sowie ein relativ zum ersten Adapterteil (81) in Längsrichtung der Führung (20) bewegbares zweites Adapterteil (82), welches mit der Schwerlasttransportvorrichtung (50) verbunden ist, umfasst, wobei mindestens ein erster Aktuator (1), welcher vorzugsweise als Hydraulikzylinder ausgebildet ist, mit dem ersten und mit dem zweiten Adapterteil (81, 82) gekoppelt und ausgelegt ist, bis zur definierten Grenzkraft eine Relativbewegung zwischen den Adapterteilen (81, 82) zu blockieren.

**15.** Kran (10) nach den Ansprüchen 4 und 14, umfas-

send mindestens zwei in einer Richtung quer zur Längsachse der Führung (20) voneinander beabstandete Adapterelemente (80) mit je mindestens einem ersten Aktuator (1), wobei die Adapterelemente (80) derart ausgebildet sind, dass die zweiten Adapterteile (82) seitlich gegenüber den jeweiligen ersten Adapterteilen (81) verschwenkbar sind, wobei vorzugsweise die ersten Aktuatoren (1) gleichzeitig als zweite Aktuatoren (2) fungieren und so angeordnet sind, dass sie bei einer Drehung des Ballastwagens (44) relativ zur Ballastplatte (42) unterschiedlich belastet werden, und die Kransteuerung (90) eingerichtet ist, die Schwerlasttransportvorrichtung (50) in Abhängigkeit des erfassten Belastungsunterschieds zu steuern und/oder zu regeln.

**16.** Kran (10) nach Anspruch 14 oder 15, wobei die Führung (20) ein Kopfstück (24) mit einem mit dem übrigen Gefüge der Führung (20) starr verbundenen Kopplungsabschnitt und einem mit der Ballastplatte (42) verbundenen Schwenkteil (29) umfasst, wobei das Schwenkteil (29) ein mit der Ballastplatte (42) verbundenes erstes Schwenkelement und ein mit dem Kopplungsabschnitt verbundenes zweites Schwenkelement umfasst, welche um eine parallel zur Längsachse der Führung (20) verlaufende Schwenkachse zueinander schwenkbar gelagert sind und eine Drehung der Ballastplatte (42) um die Schwenkachse erlauben, wobei die Ballastabspannung (30) vorzugsweise über Verbindungsmittel (34) direkt mit der Ballastplatte (42) verbunden ist.

**17.** Kran (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Verbindungsvorrichtung (60) zwischen der Führung (20) und der Ballastplatte (42) angeordnet ist und ein starr mit der Führung (20) verbundenes Kopplungsteil (23) umfasst, wobei die Messeinrichtung mindestens einen Kraftmessbolzen (3) umfasst, mittels welchem eine einer Relativbewegung zwischen Ballastwagen (44) und Führung (20) in Längsrichtung der Führung (20) entgegenwirkende Längskraft erfassbar ist, wobei die Kransteuerung (90) vorzugsweise eingerichtet ist, die Schwerlasttransportvorrichtung (50) in Abhängigkeit der erfassten Längskraft so zu steuern und/oder zu regeln, dass die Längskraft minimiert wird.

**18.** Kran (10) nach den Ansprüchen 4 und 17, wobei die Verbindungsvorrichtung (50) eine Drehvorrichtung mit zwei gegeneinander drehbaren Lagerteilen (67, 68) umfasst, über welche die Ballastplatte (42) um eine vertikale Achse drehbar mit dem Kopplungsteil (23) verbunden ist, wobei die Lagerteile (67, 68) vorzugsweise direkt oder indirekt über mindestens einen zweiten Aktuator (2) miteinander gekoppelt sind, welcher ausgelegt ist, bis zum definierten Grenzmoment eine Drehung zwischen den Lagerteilen (67, 68) zu blockieren.

**19.** Kran (10) nach Anspruch 17, wobei das Kopplungsteil (23) starr mit der Ballastplatte (42) verbunden ist und die Messeinrichtung mindestens zwei Kraftmessbolzen (3) umfasst, welche so angeordnet sind, dass sie bei einer Drehung der Ballastplatte (42) relativ zur Führung (20) unterschiedlich belastet werden, wobei die Kransteuerung (90) eingerichtet ist, die Schwerlasttransportvorrichtung (50) in Abhängigkeit des erfassten Belastungsunterschieds zu steuern und/oder zu regeln.

**20.** Kran (10) nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei das Kopplungsteil (23) Verbindungsmittel (34) umfasst, über die die Ballastabspannung (30) mit der Verbindungsvorrichtung (60) verbunden ist, wobei der mindestens eine Kraftmessbolzen (3) Teil einer unterhalb der Verbindungsmittel (34) befindlichen Bolzverbindung ist, vorzugsweise einer Bolzverbindung des Kopplungsteils (23) mit der Ballastplatte (42) oder mit einem mit der Ballastplatte (42) verbundenen Zwischenstück (25).

**21.** Kran (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend mindestens einen Abspannbock (86) sowie erste und zweite Verbindungsmittel (87, 88) zum insbesondere gelenkigen Verbinden der Ballastabspannung (30) mit dem mindestens einen Abspannbock (86) und/oder mit der Führung (20) sowie weiterhin umfassend dritte Verbindungsmittel (85) zum Montieren des mindestens einen Abspannbocks (86) an der Ballastplatte (42), wobei die Ballastplatte (42) vom Ballastwagen (44) abbaubar ist und wobei der mindestens eine Abspannbock (86) und die Ballastplatte (42) derart ausgebildet sind, dass der Derrickballast (40) bei montiertem Abspannbock (86) und Trennung vom Ballastwagen (44) als Schwebeballast einsetzbar ist.

**22.** Kran (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Führung (20) längenverstellbar ausgebildet ist und vorzugsweise ein mit dem Oberwagen (14) verbundenes Anlenkstück (21) und mindestens ein zwischen Anlenkstück (21) und Verbindungsvorrichtung (60) lösbar einbaubares Zwischenstück (22) umfasst und/oder ein Teleskopstück (26) mit mindestens zwei ineinander verschiebbar gelagerten Schüssen (27, 28) umfasst, und/oder wobei die Ballastplatte (42) auf dem Ballastwagen (44), insbesondere direkt auf der mindestens einen Schwerlasttransportvorrichtung (50), aufgesetzt und über Verbindungselemente (52) lösbar mit diesem verbunden ist.

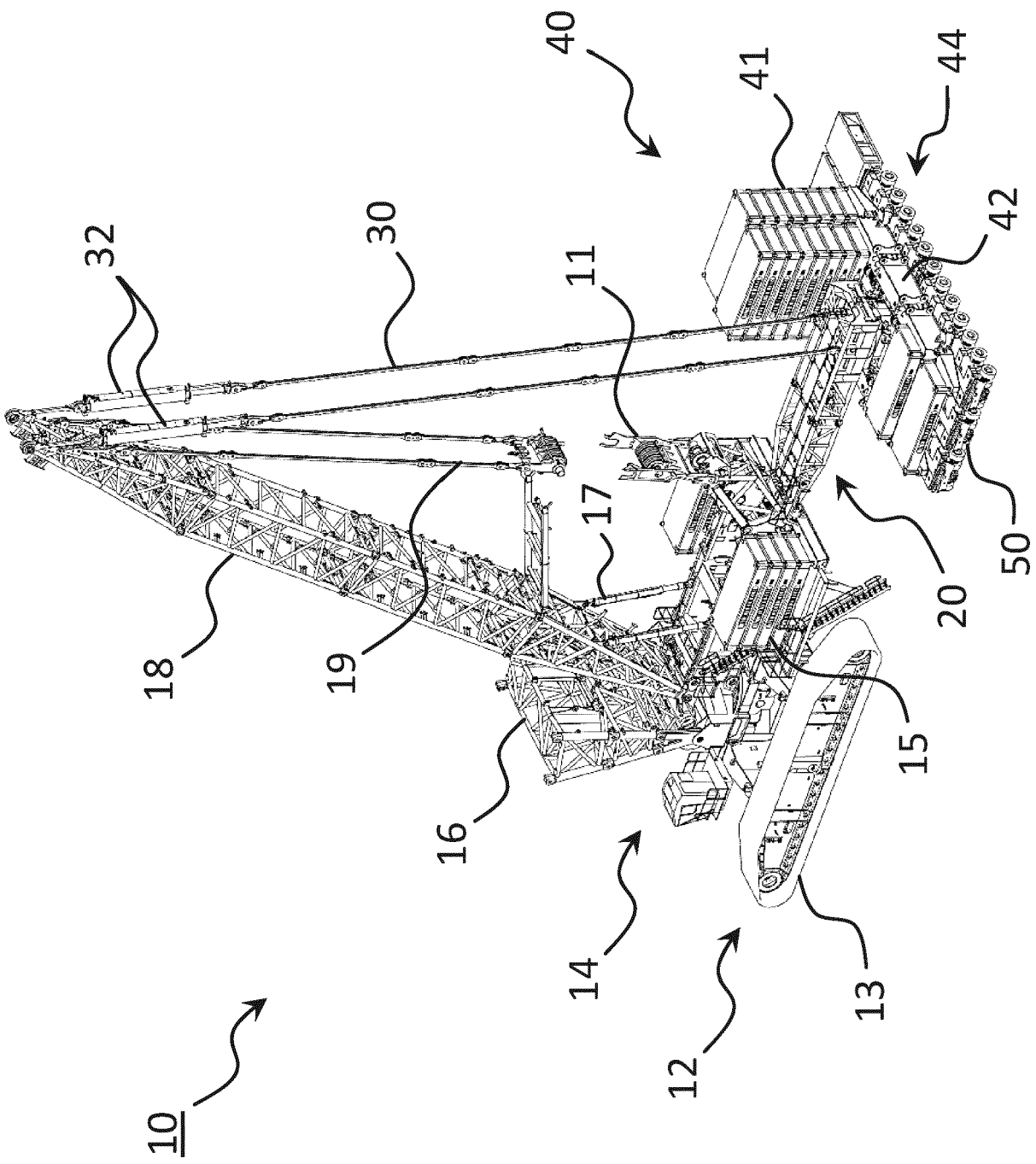
**23.** Kran (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Führung (20) um eine horizontale Achse schwenkbar am Oberwagen (14) gelagert ist und/oder wobei der horizontale der Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Derrickballasts (40)

und der Oberwagendrehachse größer ist als der horizontale Abstand zwischen der Spitze des Derrickauslegers (18) und der Oberwagendrehachse.

**24.** Kran (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerverbindung zwei separate und insbesondere diversitäre Datenverbindungen (91, 92) zwischen der Kransteuerung (90) und der Antriebssteuerung (54) der Schwerlasttransportvorrichtung (50) umfasst, wobei insbesondere eine erste Datenverbindung (91) einen Datenbus und/oder eine zweite Datenverbindung (92) mindestens ein Sicherheitsschaltgerät (93, 94) mit einem Sicherheitsrelaiskontakt umfasst, wobei die Steuerverbindung vorzugsweise zwei Nothalt-Signalketten mit einem am Kran (10) angeordneten ersten Nothalt-Schalter (106) und einem an der Schwerlasttransportvorrichtung (50) angeordneten zweiten Nothalt-Schalter (108) umfasst, wobei die Kransteuerung (90) vorzugsweise eingerichtet ist, bei Betätigung eines der beiden Nothalt-Schalter sämtliche Bewegungen des Krans (10) und der Schwerlasttransportvorrichtung (50) zu stoppen.

**25.** Kran (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend eine Steigungserfassungsvorrichtung mit mindestens einem Sensor zur Erfassung einer Neigung des Derrickballasts (40), insbesondere der Ballastplatte (42), wobei die Kransteuerung (90) vorzugsweise eingerichtet ist, auf Grundlage der von der Steigungserfassungsvorrichtung bereitgestellten Daten die Schwerlasttransportvorrichtung (50) derart zu steuern und/oder zu regeln, dass eine aktuelle Geländesteigung ausgeglichen wird, insbesondere einen Antriebsdruck des Antriebs der Schwerlasttransportvorrichtung (50) bei einer erkannten positiven Geländesteigung zu erhöhen und bei einer erkannten negativen Geländesteigung zu verringern, wobei der Kran (30) vorzugsweise ferner mindestens einen am Ballastwagen (44) und/oder an der Ballastplatte (42) angeordneten Aktuator umfasst, mittels welchem die Ballastplatte (42) und/oder der Ballastwagen (44) relativ zum Boden anhebbar oder verschwenkbar ist, wobei die Kransteuerung (90) vorzugsweise eingerichtet ist, auf Grundlage der von der Steigungserfassungsvorrichtung bereitgestellten Daten den mindestens einen Aktuator derart zu steuern und/oder zu regeln, dass die Ballastplatte (42) in einer horizontalen Ausrichtung gehalten wird.

Fig. 1



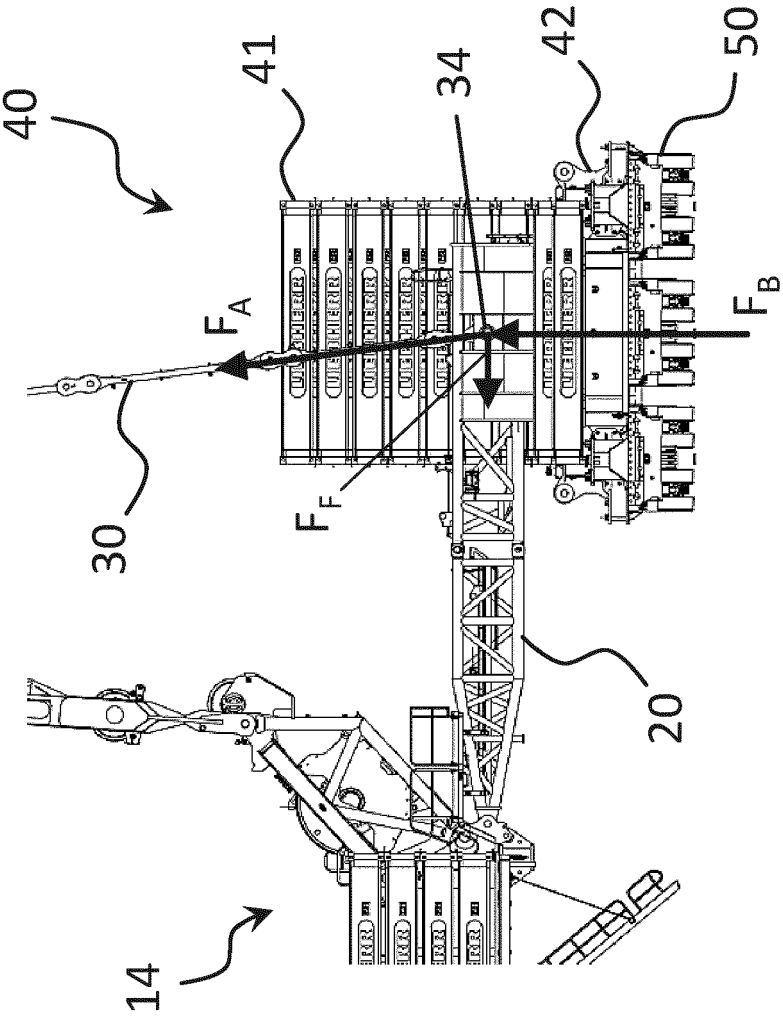



Fig. 2

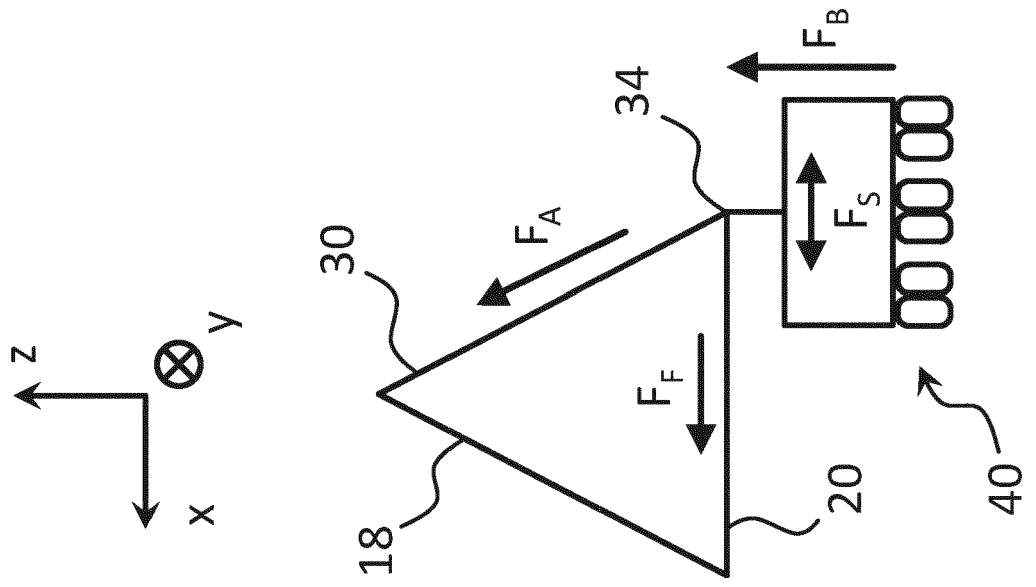



Fig. 3

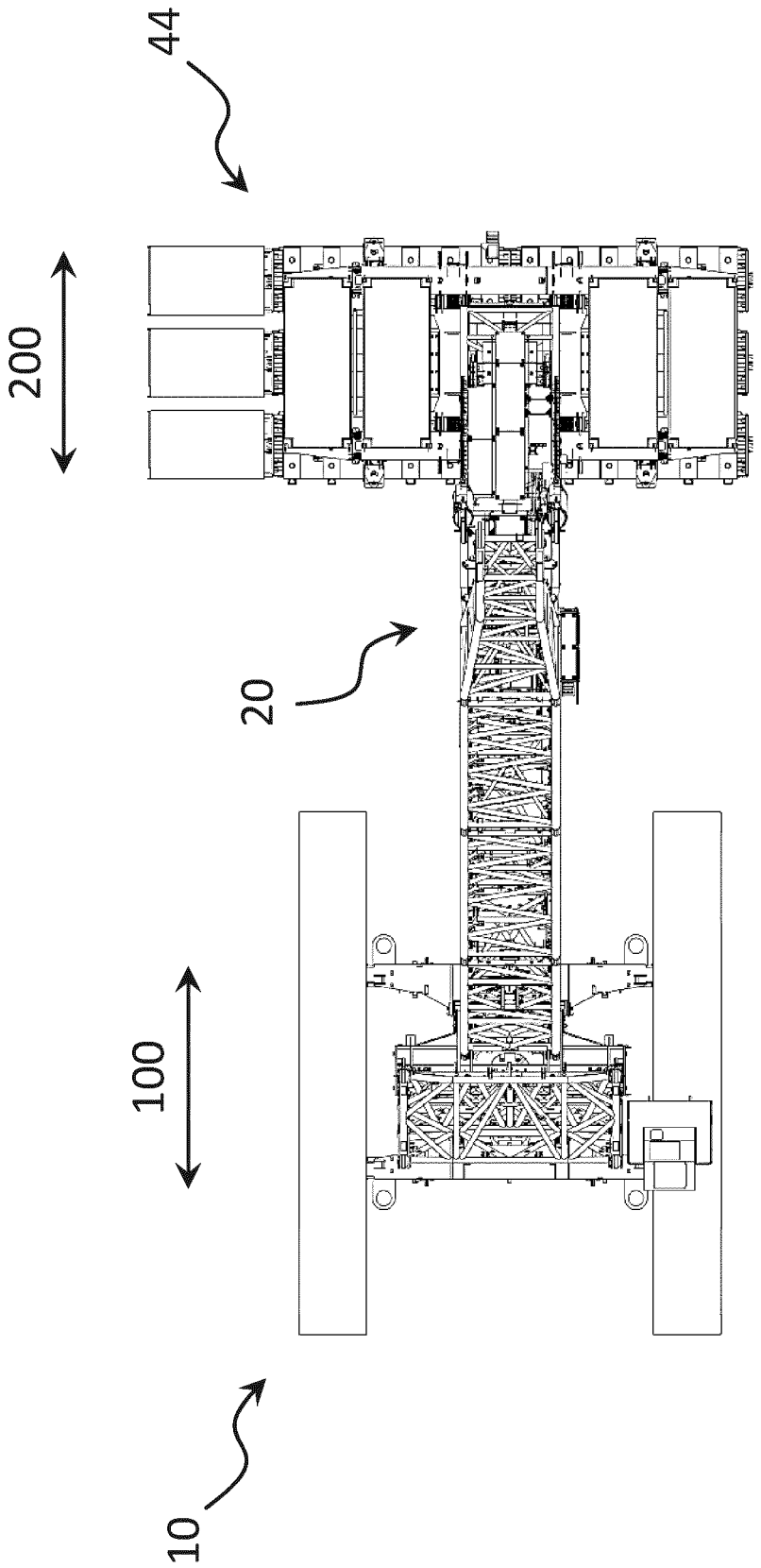



Fig. 4a

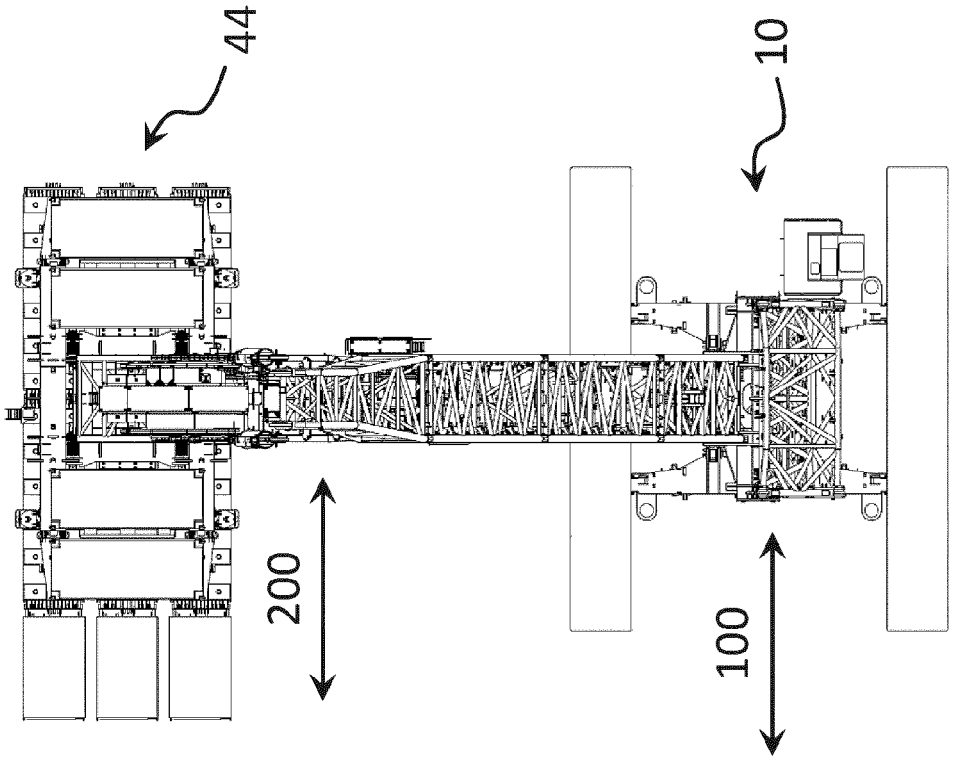



Fig. 4b

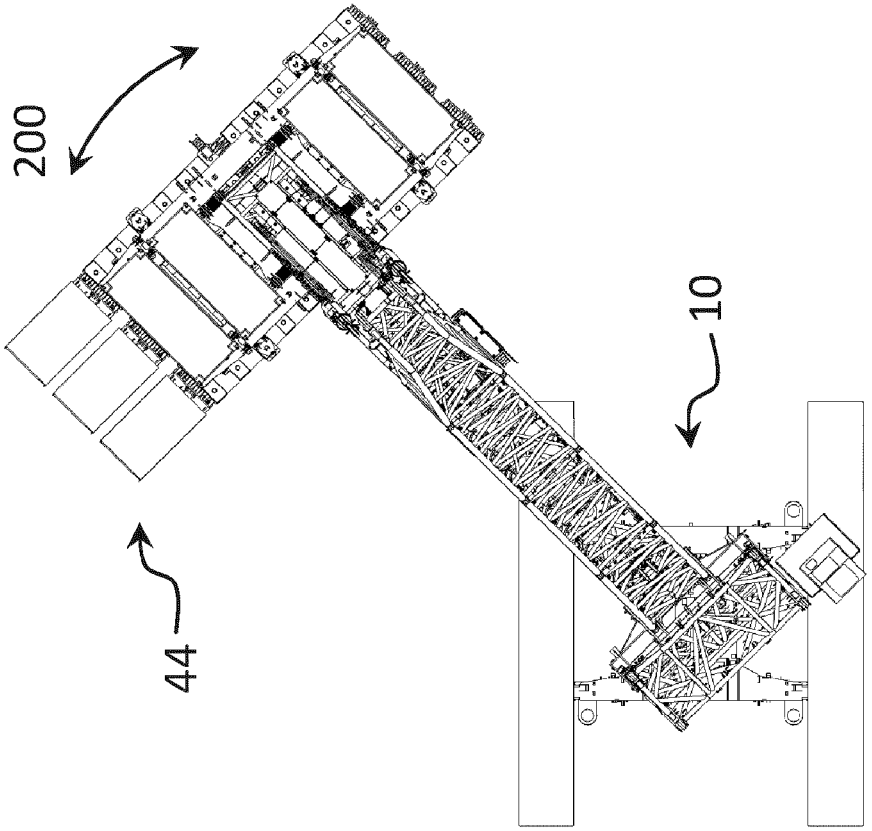



Fig. 4c

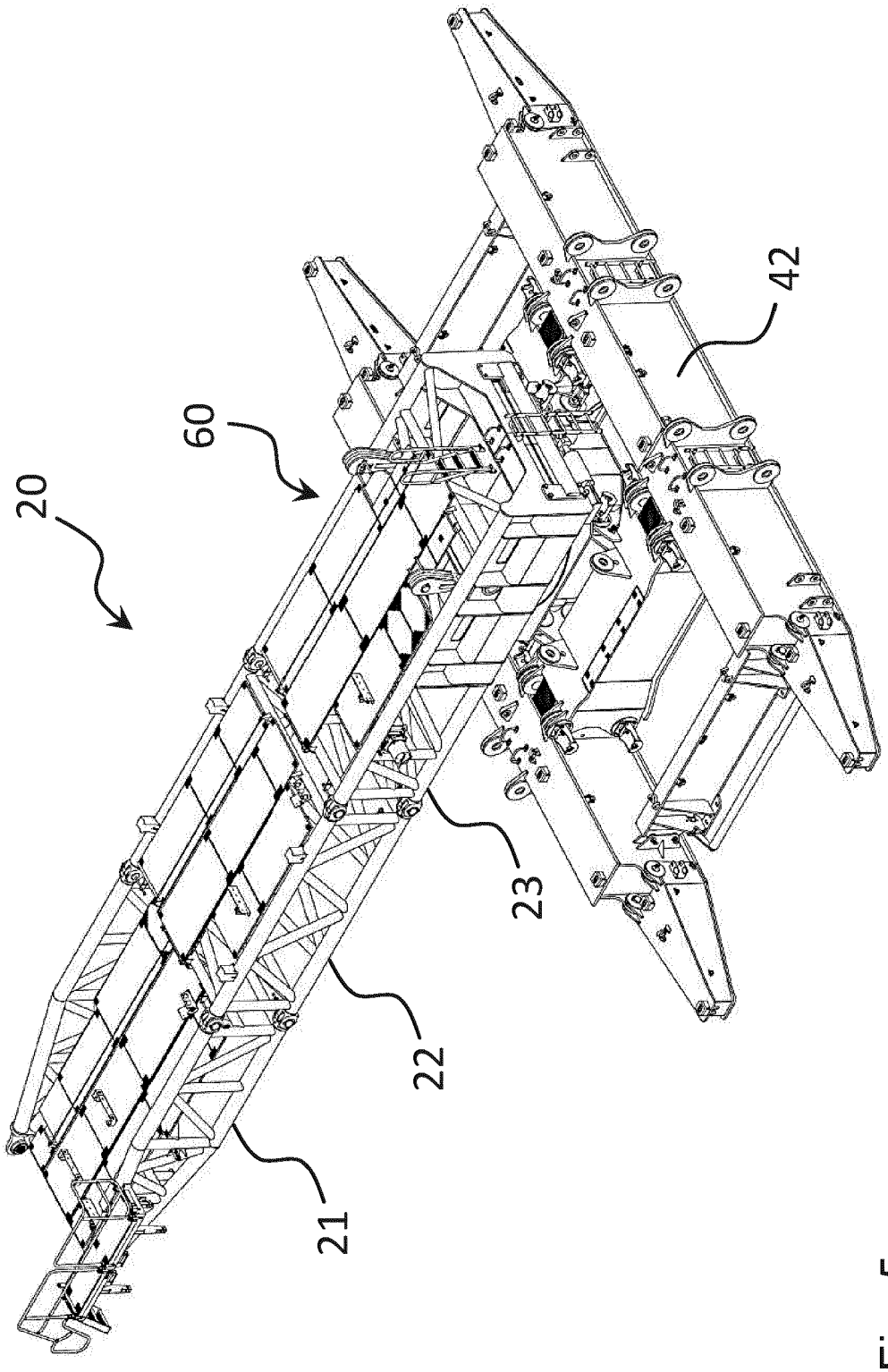



Fig. 5

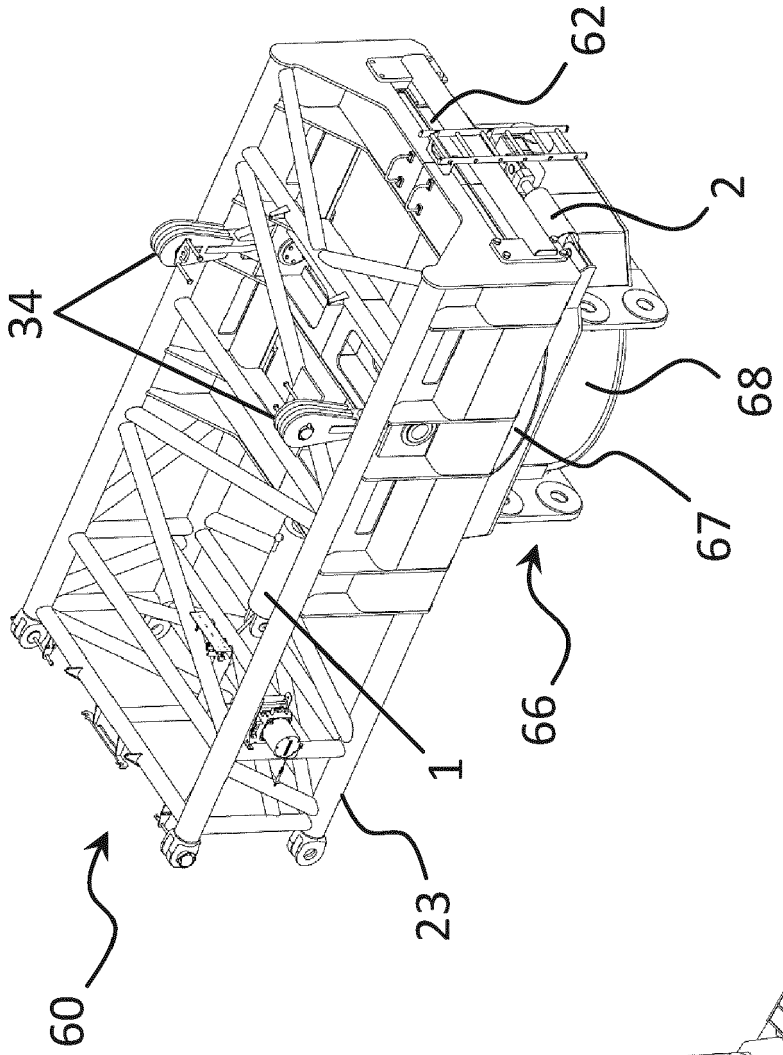



Fig. 6

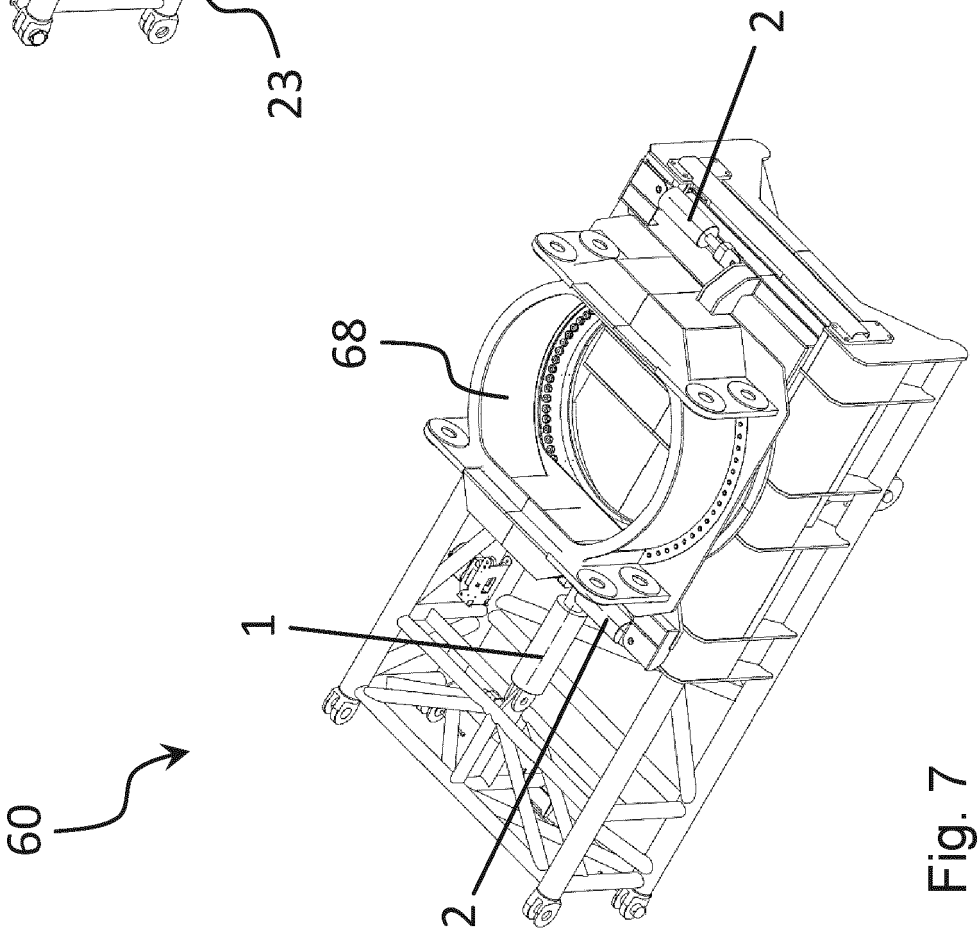



Fig. 7

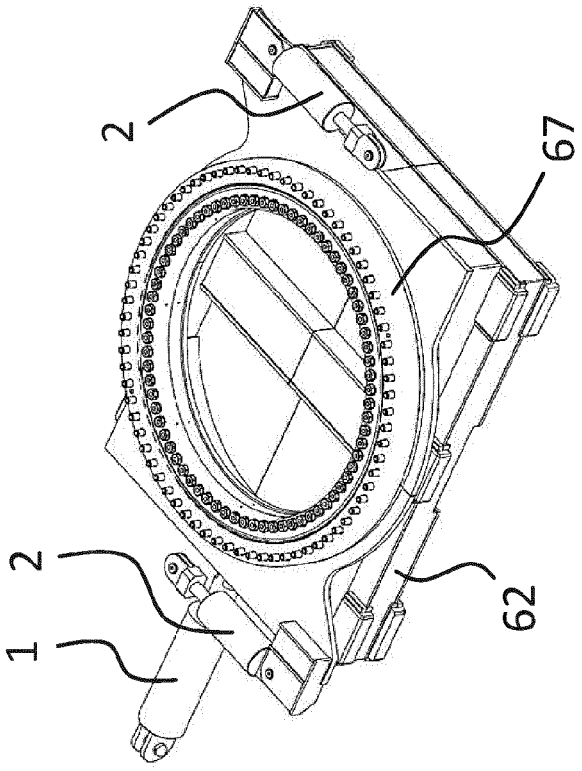



Fig. 8

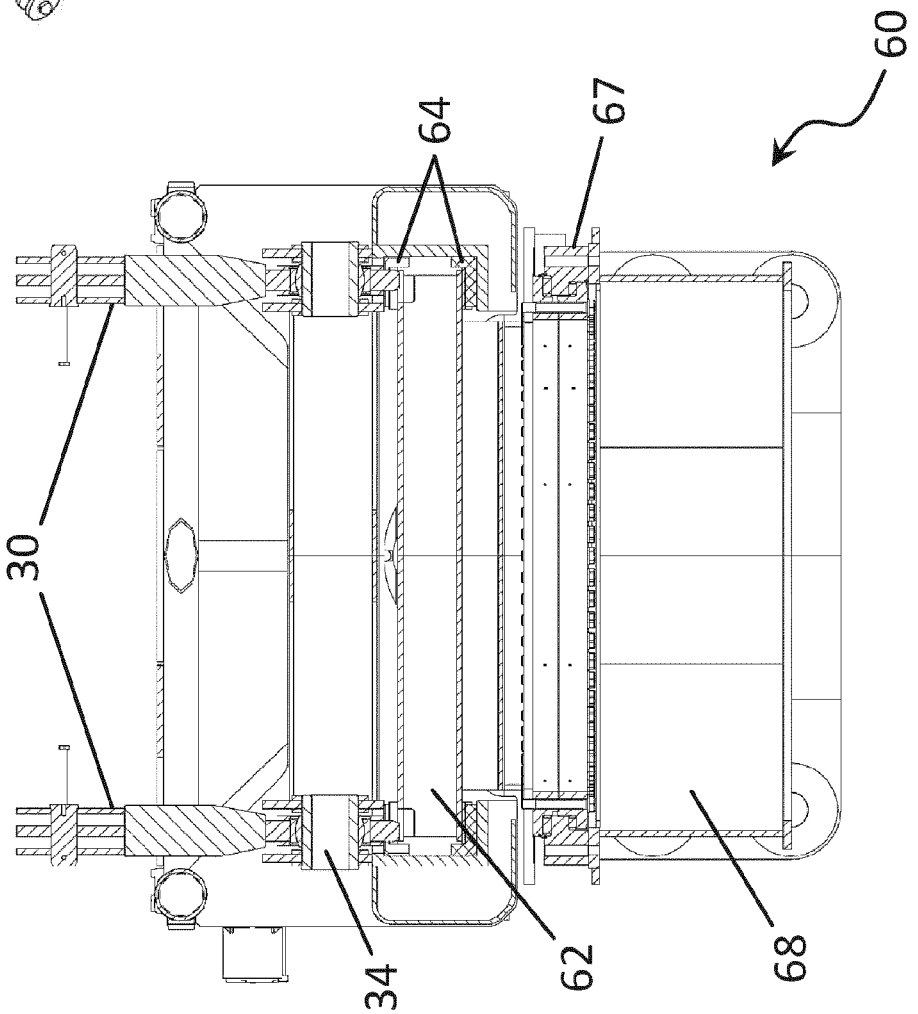



Fig. 9

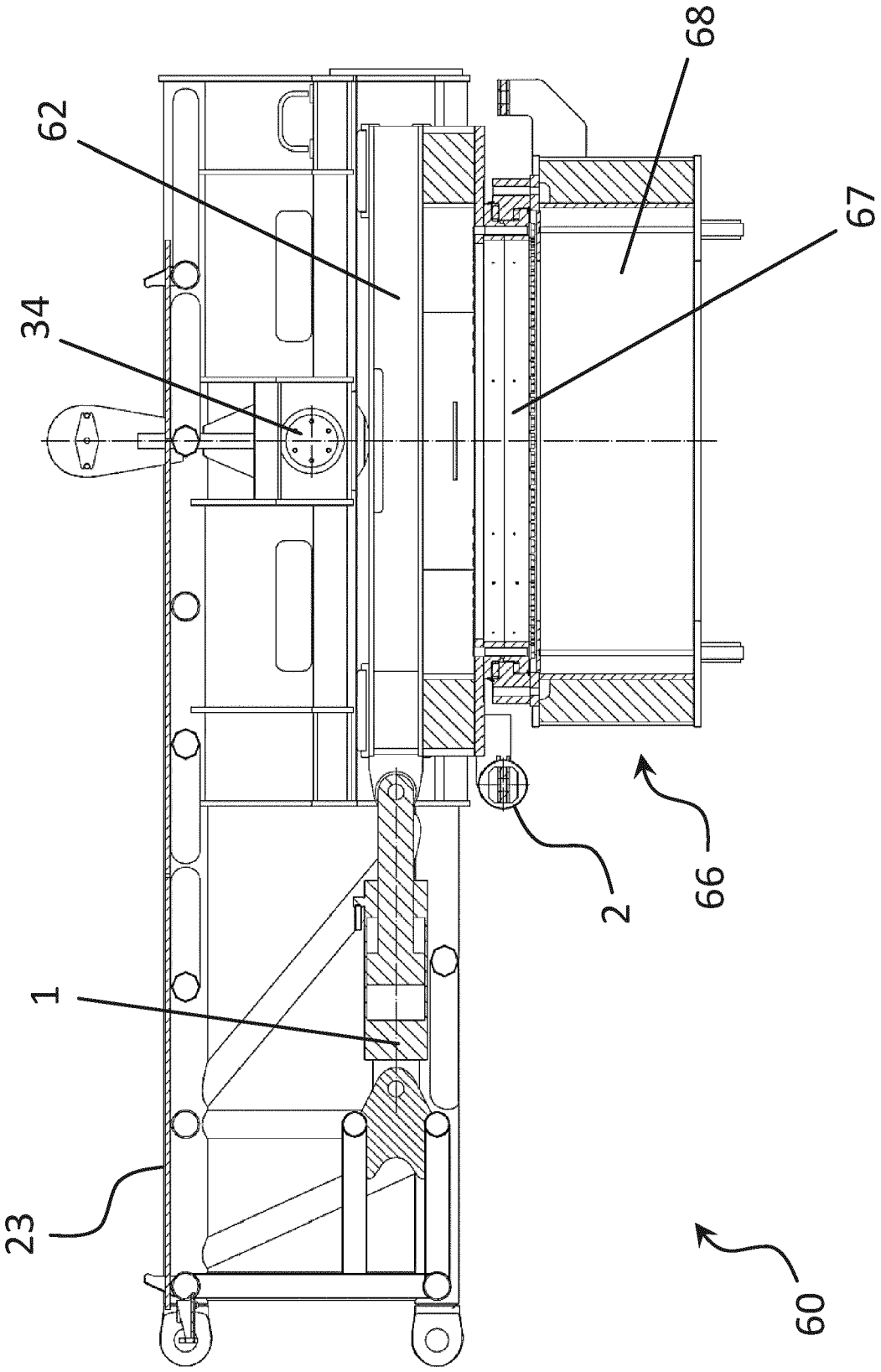



Fig. 10

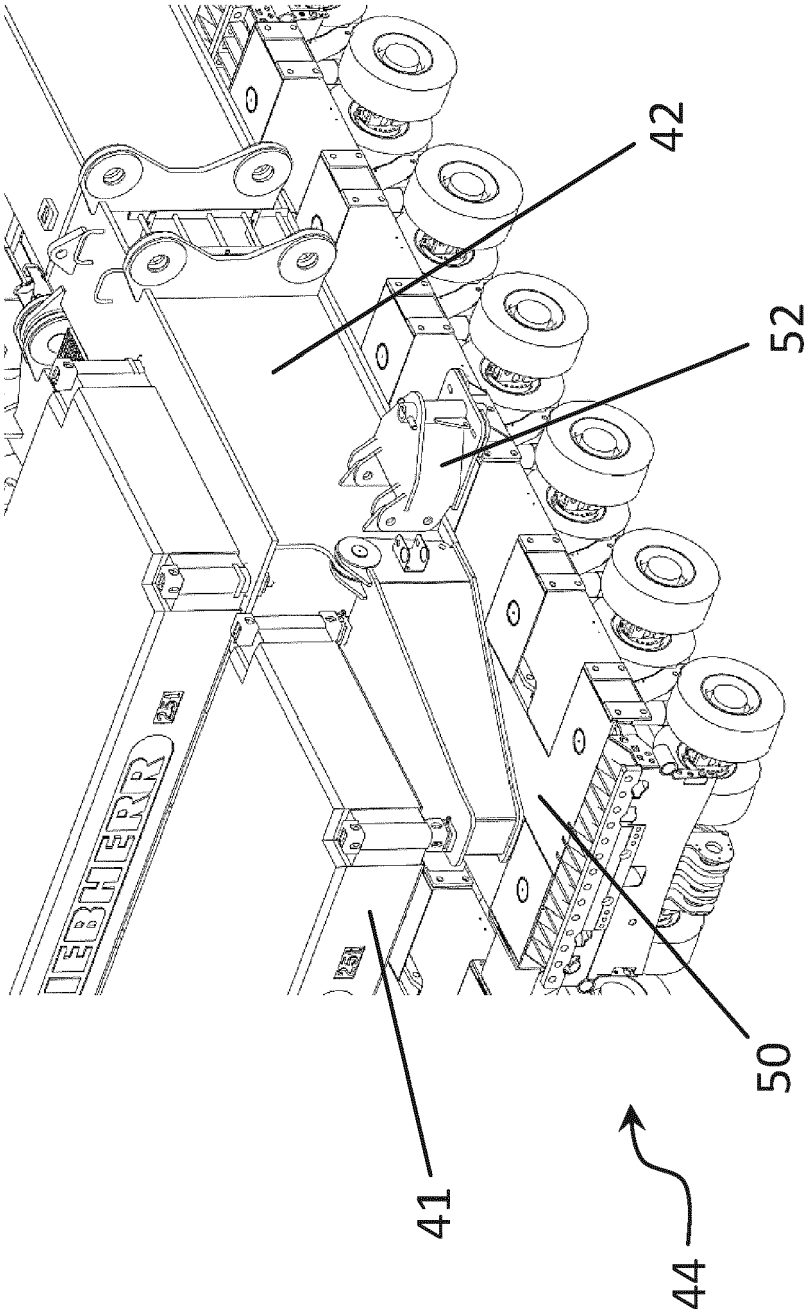



Fig. 11

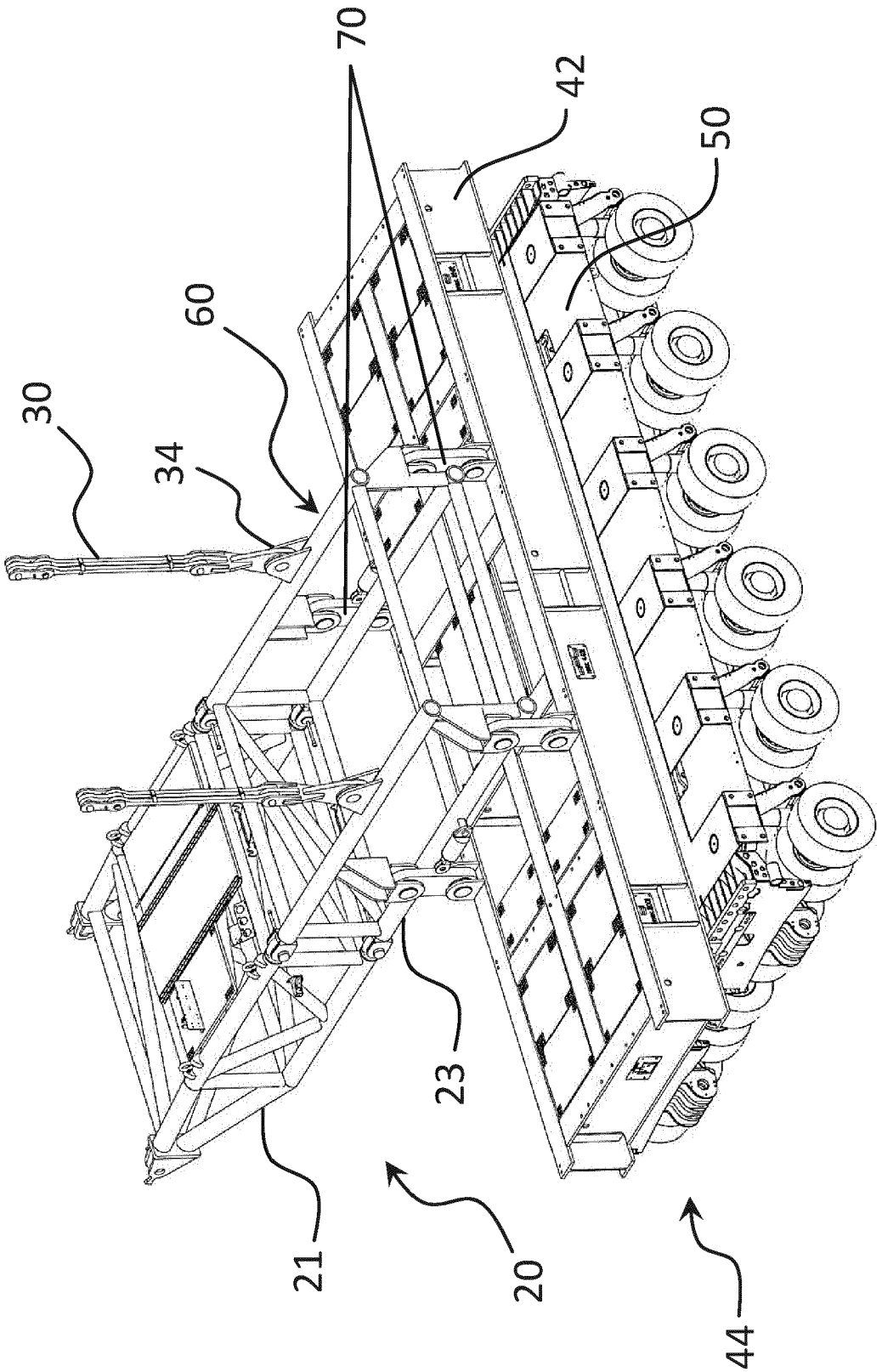



Fig. 12

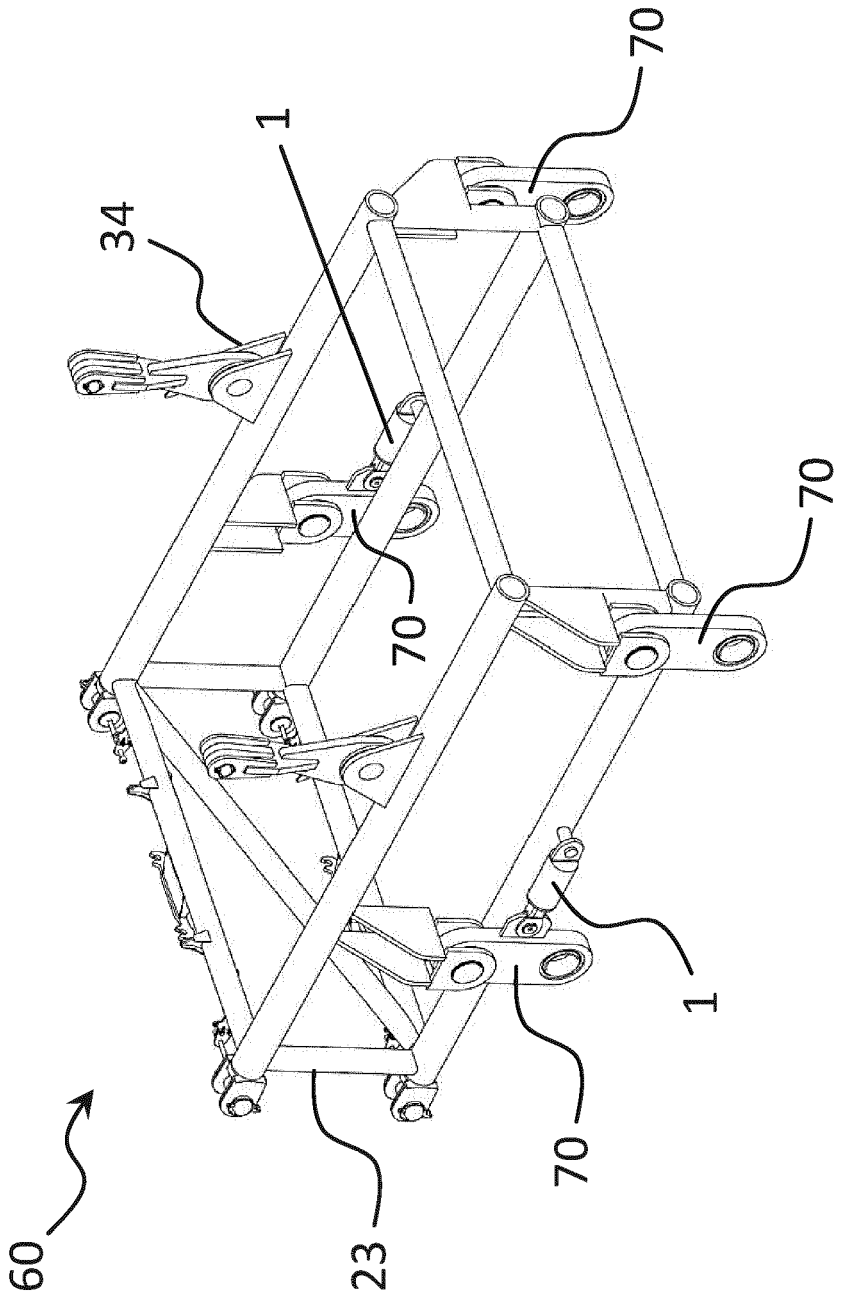



Fig. 13

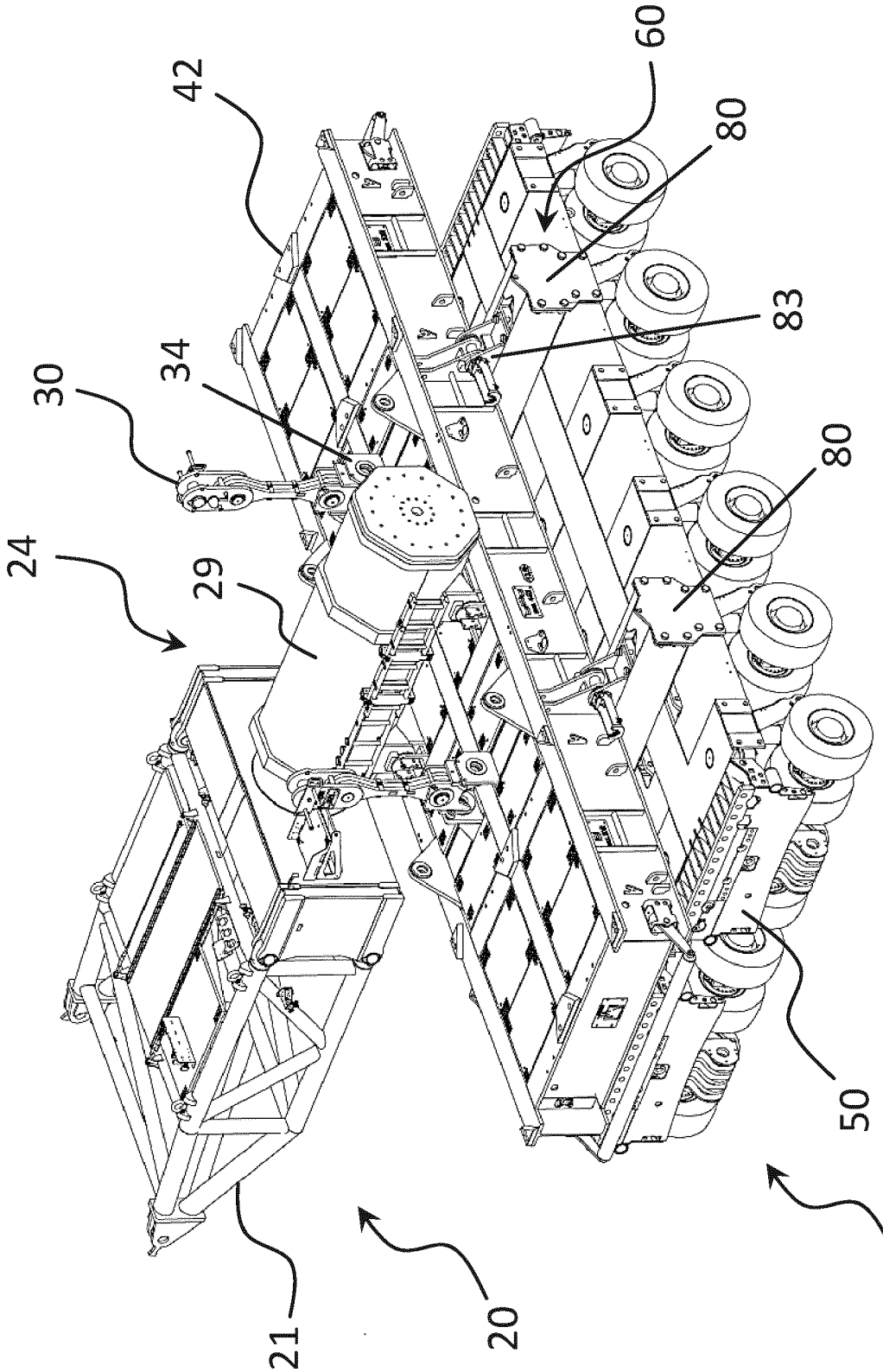



Fig. 14

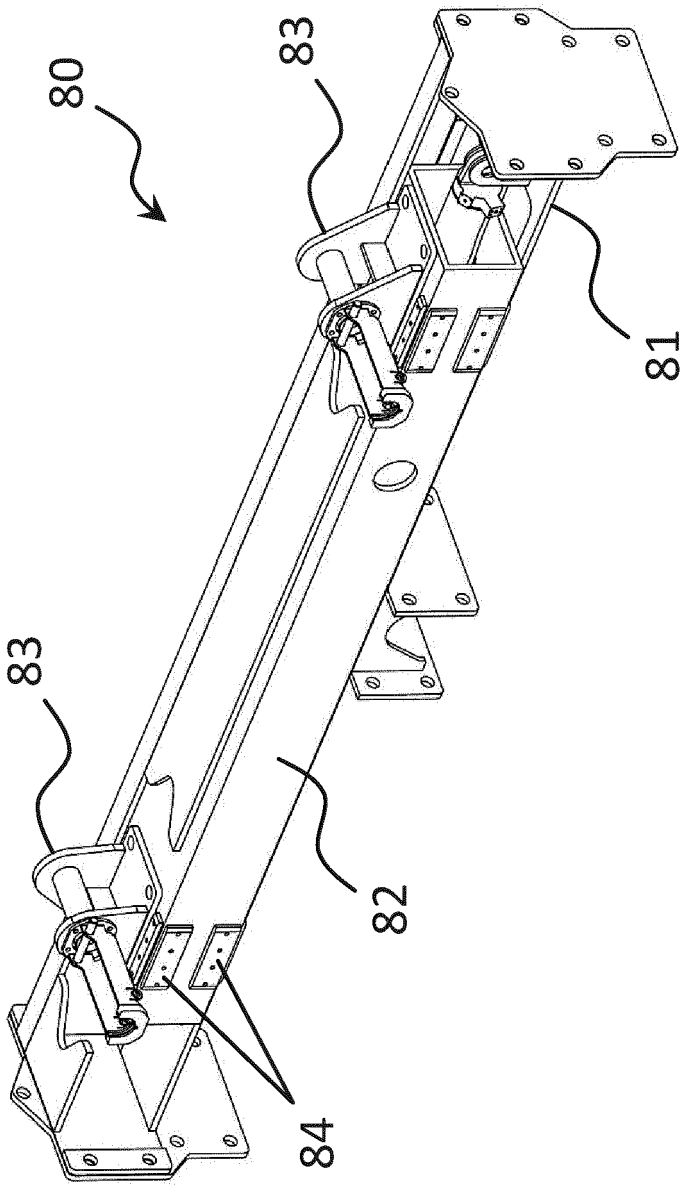



Fig. 15

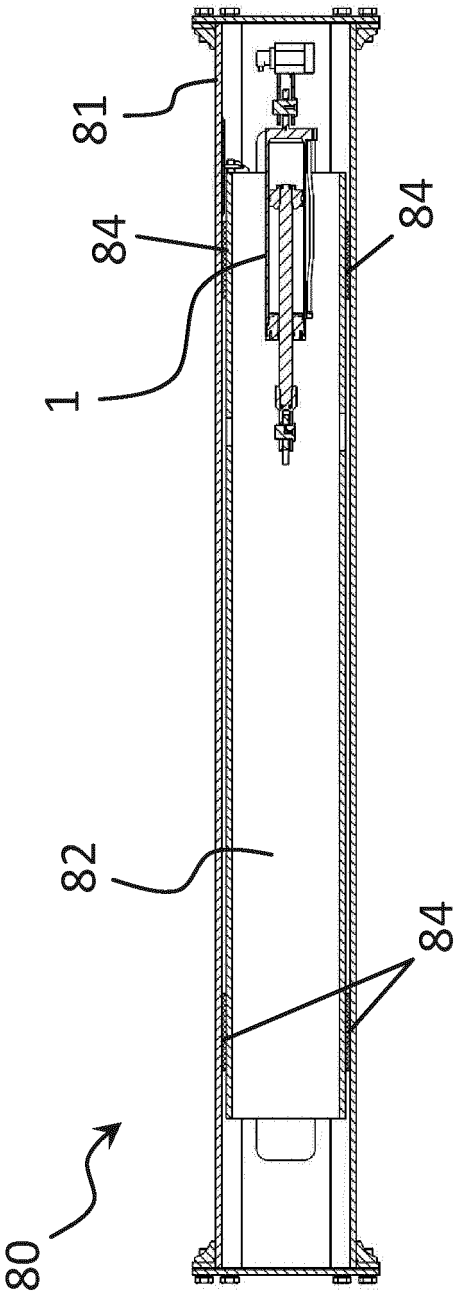



Fig. 16

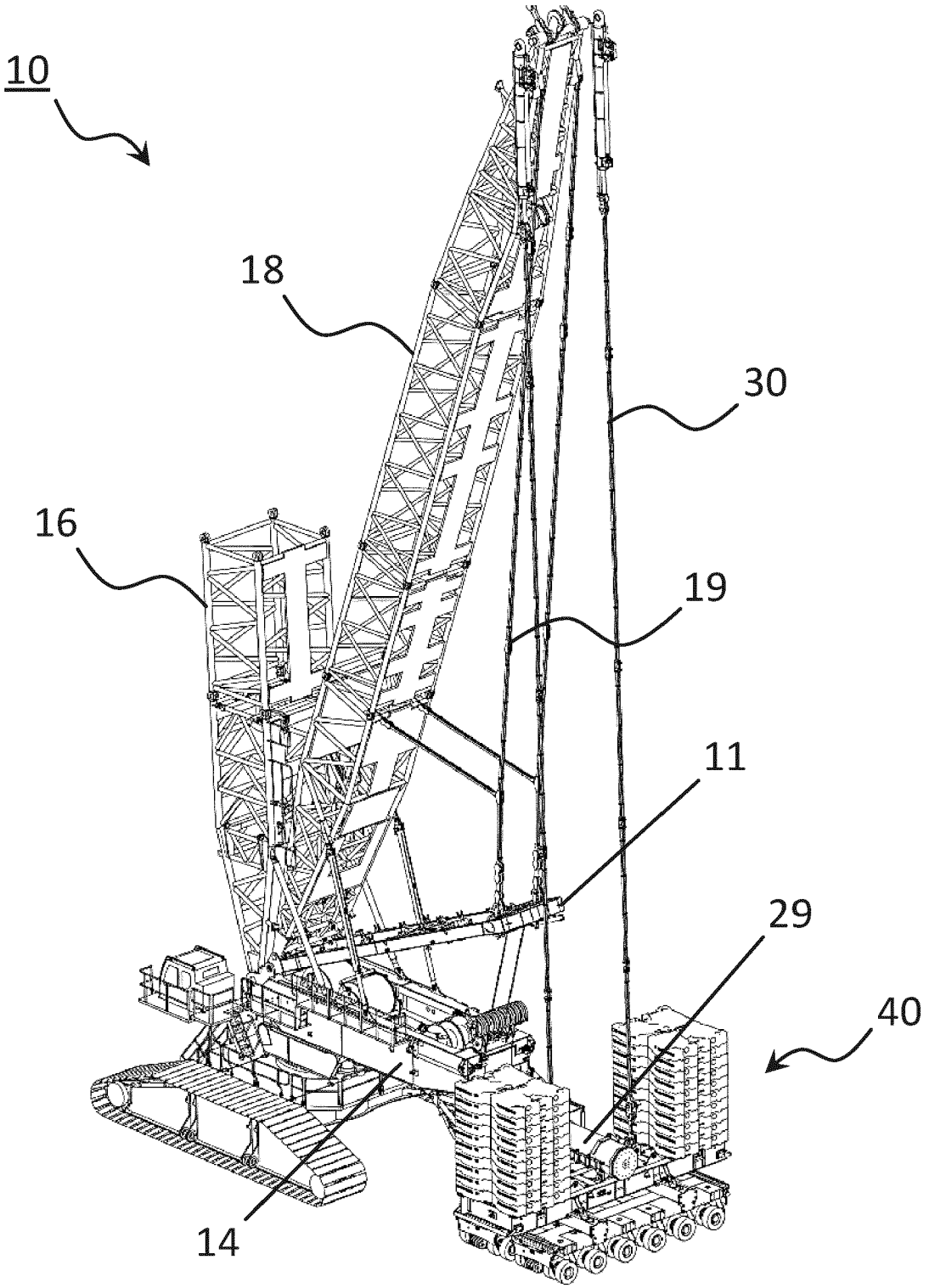
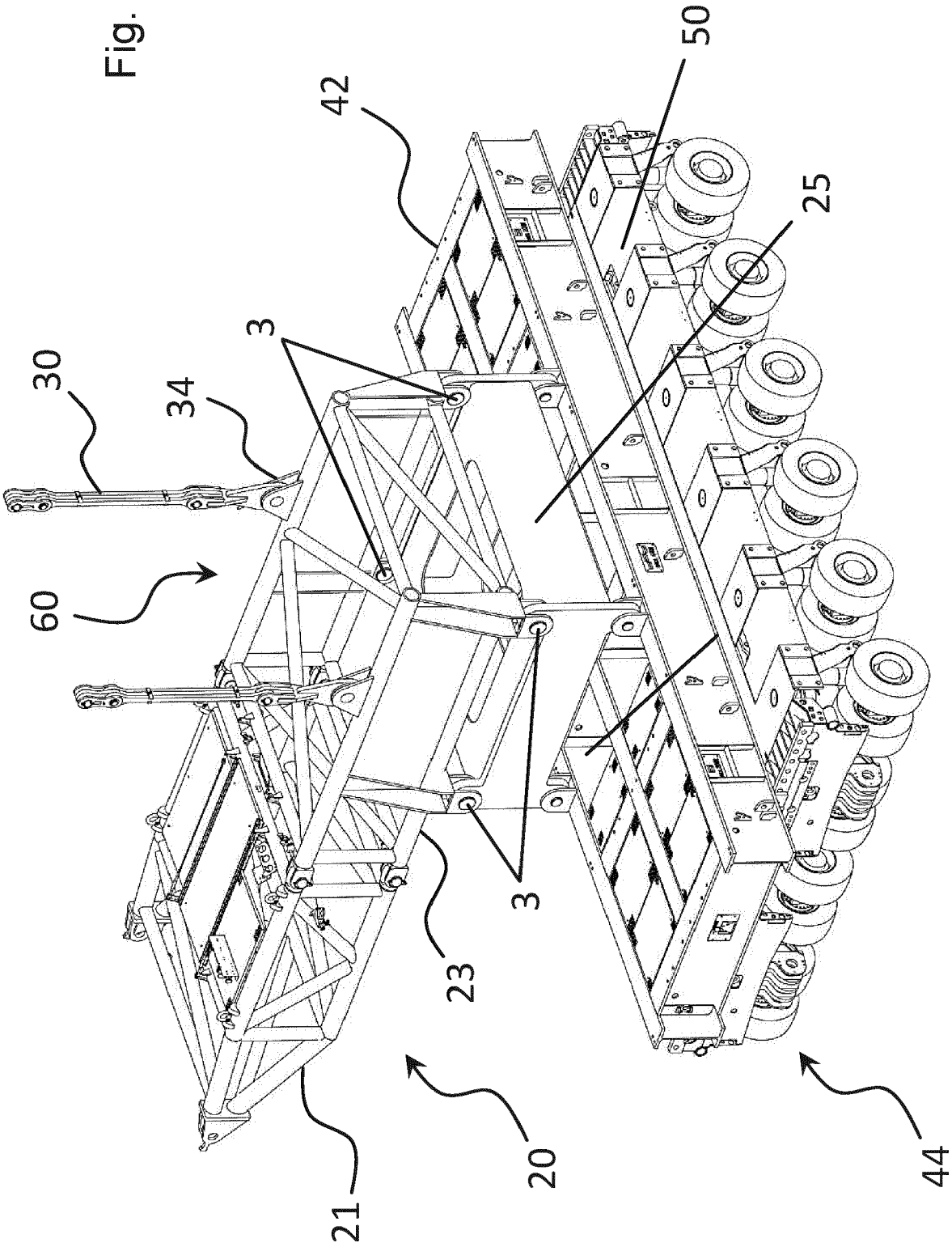



Fig. 17

Fig. 18



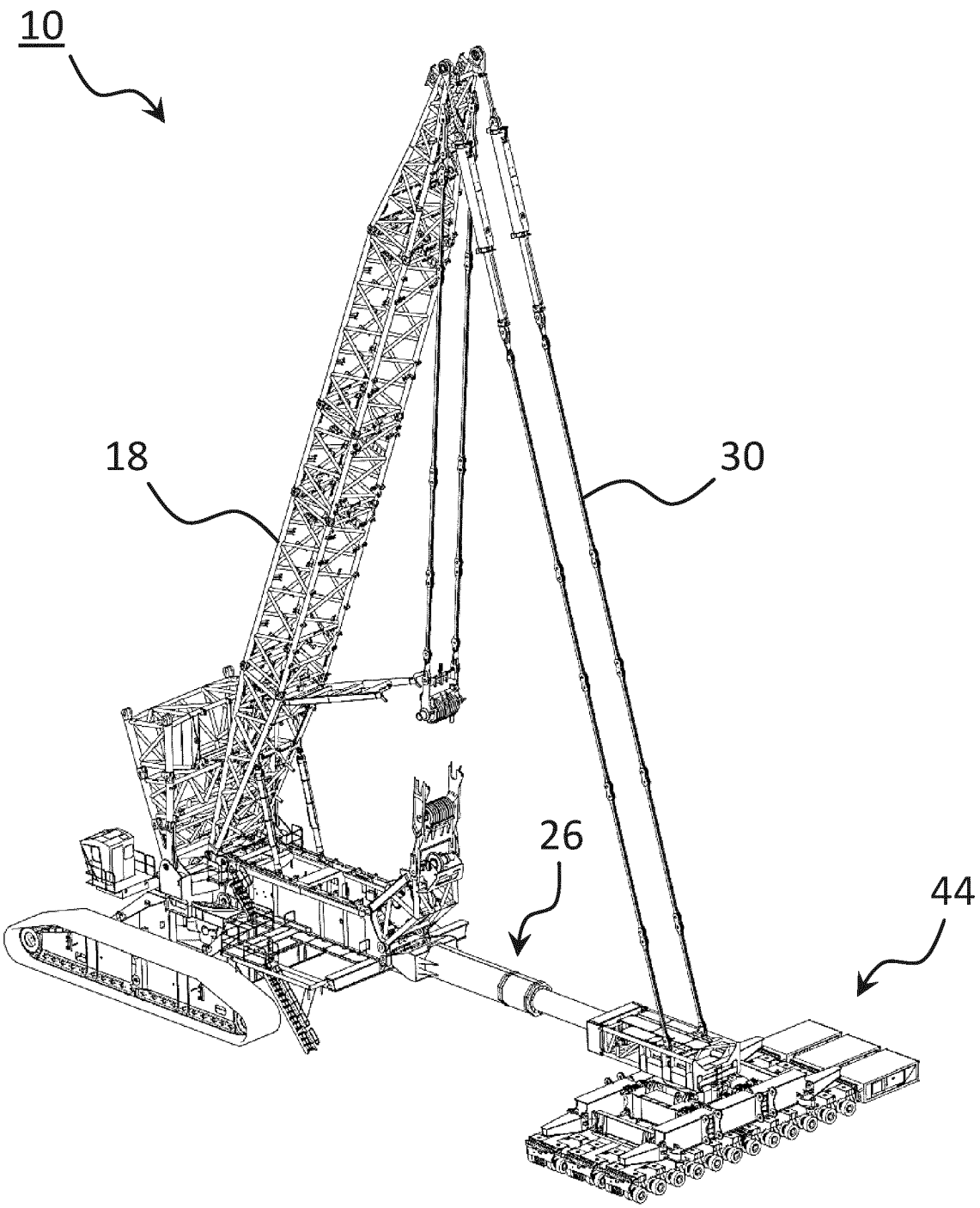



Fig. 19

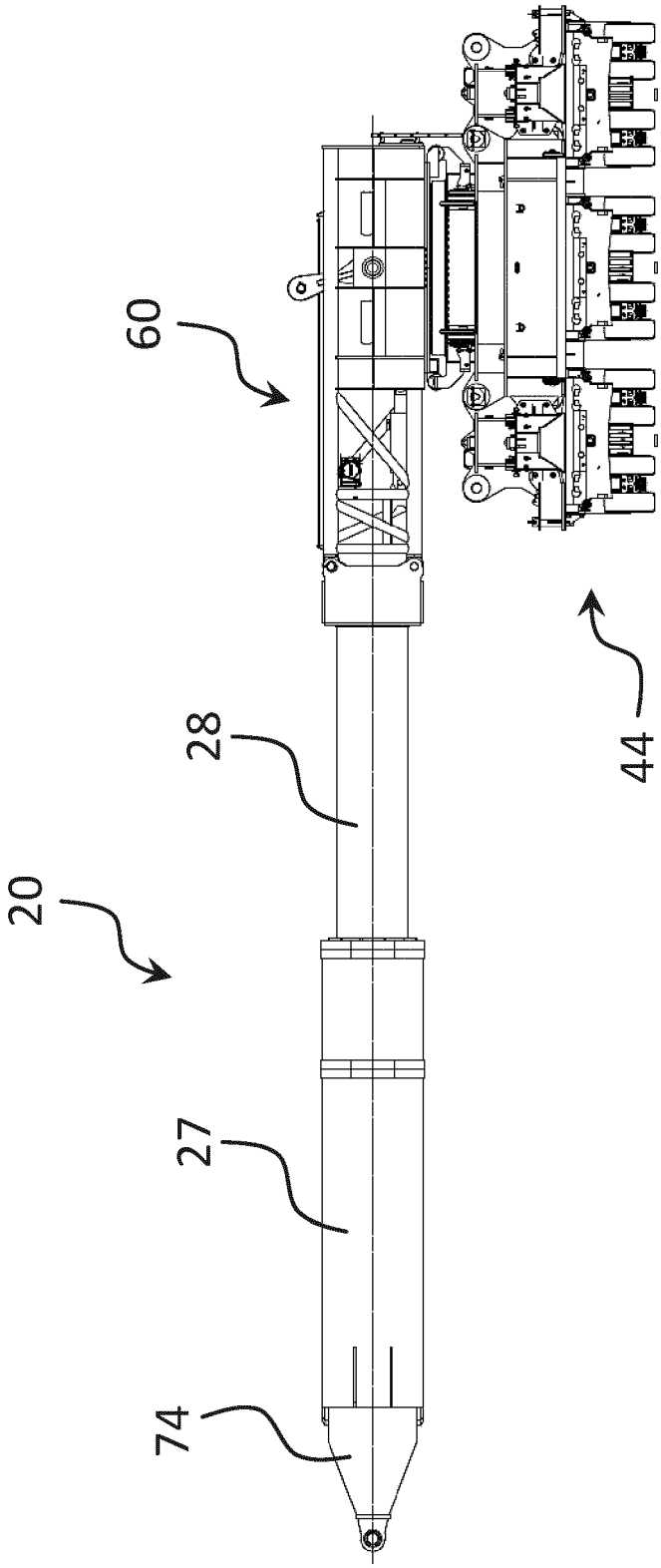



Fig. 20

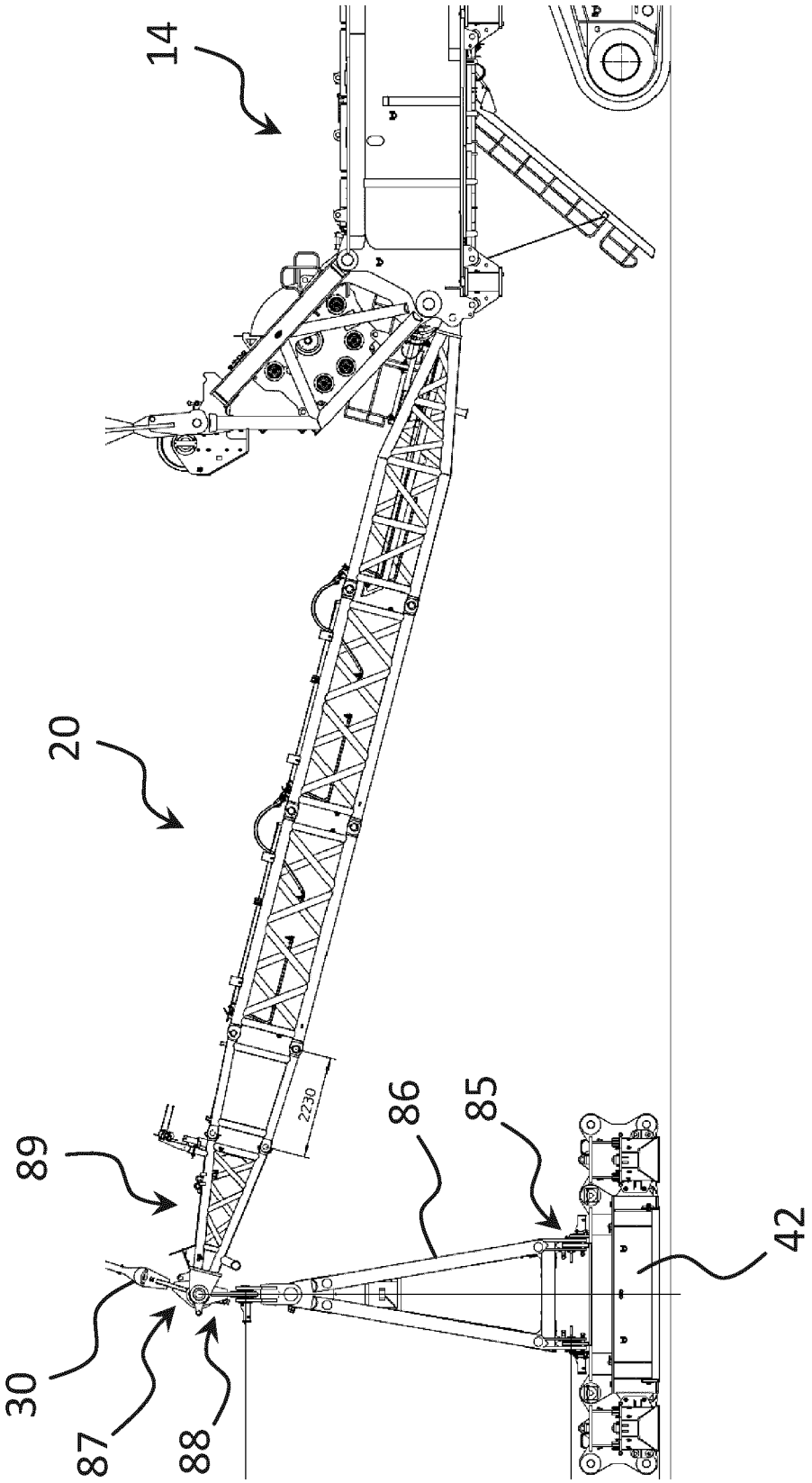



Fig. 21

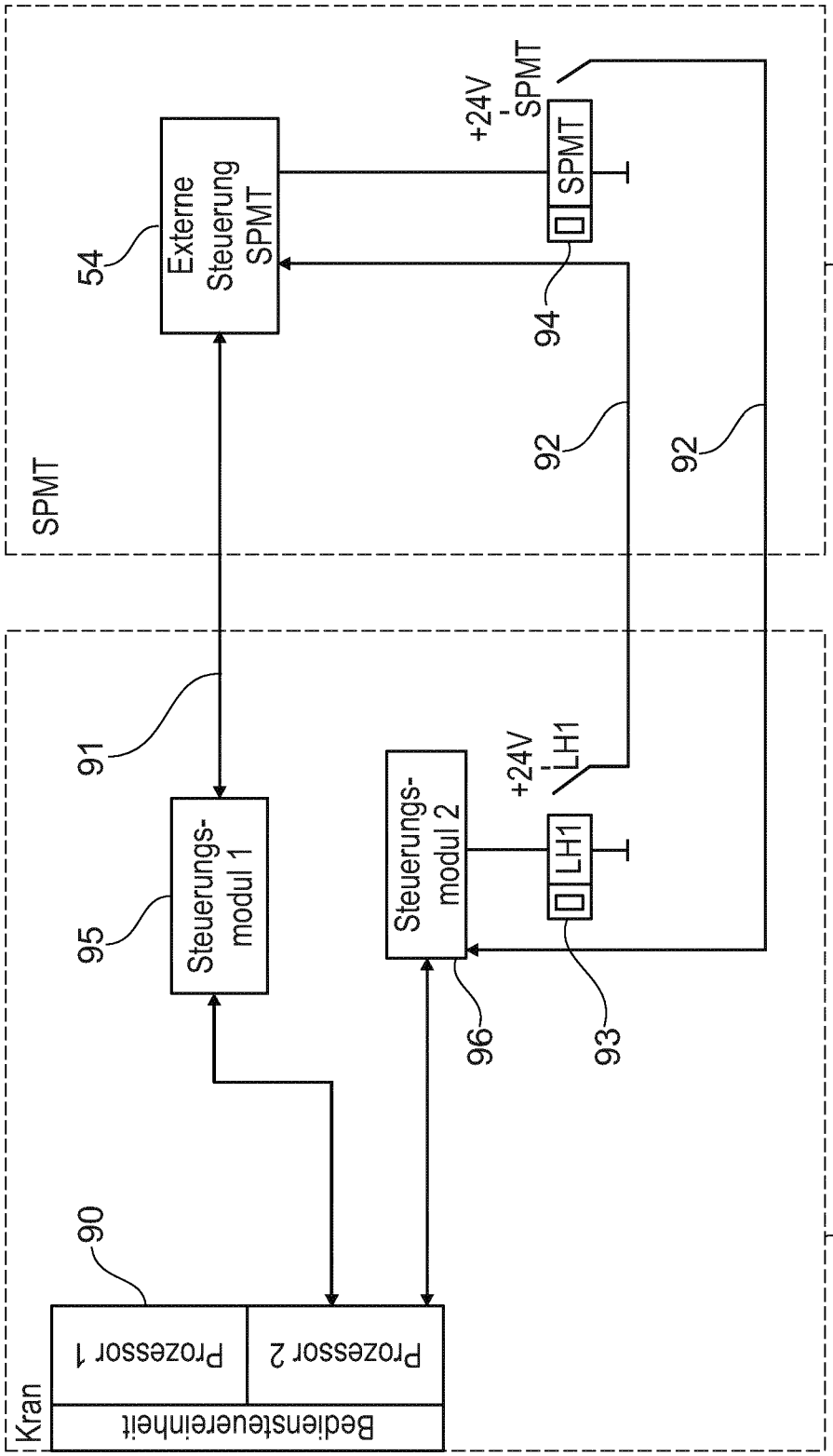

SPMT
Externe Steuerung SPMT
54
+24V
SPMT
SPMT
94
92
92
50
91
Steuerungs-modul 1
95
Steuerungs-modul 2
+24V
LH1
LH1
96
93
12,14
90
Kran
Prozessor 1
Prozessor 2
Bedienersteuereinheit

Fig. 22

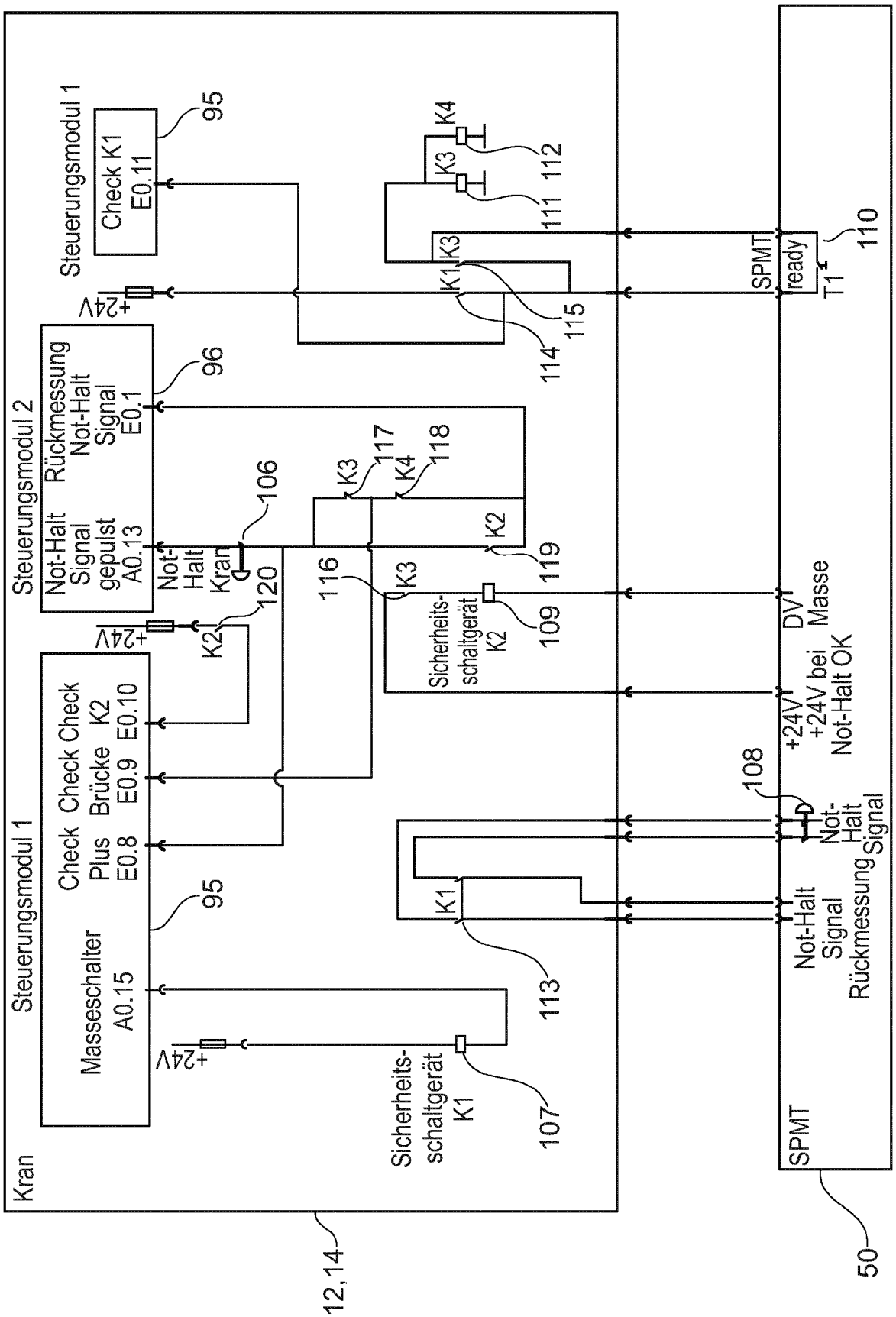

Kran
Steuerungsmodul 1
Masseschalter A0.15
Check Plus E0.8
Check Brücke E0.9
Check K2 E0.10
Steuerungsmodul 2
Not-Halt Signal gepulst A0.13
Rückmessung Not-Halt Signal E0.1
Steuerungsmodul 1
Check K1 E0.11
Not-Halt Kran
Sicherheits-schaltgerät K1
Sicherheits-schaltgerät K2
+24V
SPMT
ready
T1
DV
Masse
+24V
+24V bei Not-Halt OK
Not-Halt Signal
Not-Halt Signal Rückmessung
95
96
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
K1
K2
K3
K4
12,14
50

Fig. 23

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 17 3780

## EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
|---|---|---|---|
| A | DE 20 2009 011577 U1 (LIEBHERR WERK EHINGEN [DE]) 5. Januar 2011 (2011-01-05)<br>* Zusammenfassung *<br>* Absatz [0003] - Absatz [0009] *<br>* Absatz [0013] *<br>* Absatz [0016] - Absatz [0018] *<br>* Absätze [0033], [0036] *<br>* Absatz [0039] - Absatz [0042] *<br>* Absatz [0050] *<br>* Absatz [0059] - Absatz [0066] *<br>* Anspruch 6 *<br>* Abbildungen 1,3,6-8 * | 1-25 | INV.<br>B66C13/18<br>B66C23/74 |
| A | EP 3 925 924 A1 (KOBELCO CONSTR MACH CO LTD [JP]) 22. Dezember 2021 (2021-12-22)<br>* Zusammenfassung *<br>* Abbildungen * | 1-25 | |

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

B66C

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

| Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer |
|---|---|---|
| Den Haag | 27. September 2024 | Cabral Matos, A |

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 24 17 3780

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.

27-09-2024

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|---|---|
| DE 202009011577 U1 | 05-01-2011 | CN 102001593 A | 06-04-2011 |
| | | DE 202009011577 U1 | 05-01-2011 |
| | | EP 2289834 A2 | 02-03-2011 |
| | | US 2011049075 A1 | 03-03-2011 |
| EP 3925924 A1 | 22-12-2021 | EP 3925924 A1 | 22-12-2021 |
| | | JP 7415812 B2 | 17-01-2024 |
| | | JP 2021195223 A | 27-12-2021 |
| | | US 2021387835 A1 | 16-12-2021 |

EPO FORM P0461

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