

Verfahren zum Steuern und/oder Regeln eines fahrzeuggebundenen
Hebezeuges

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln
5 eines fahrzeuggebundenen Hebezeuges, umfassend ein gelenkiges
Kranarmsystem mit einer Kranspitze und einer Kranbasis, unter
Berücksichtigung einer ermittelten Position wenigstens eines
Punktes des Kranarmsystems, insbesondere der Kranspitze, wobei
10 eine sich unter Einwirkung von dynamischen und/oder statischen
Kräften ergebende Verformung des Kranarmsystems bei einer
Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes
berücksichtigt wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine
Steuer- und/oder Regelvorrichtung für ein fahrzeuggebundenes
Hebezeug mit den Merkmalen des Oberbegriffes nach Anspruch 22.
15 Weiters betrifft die Erfindung ein fahrzeuggebundenes Hebezeug
mit zumindest einer solchen Steuer- und/oder Regelvorrichtung
sowie ein Computerprogrammprodukt zur Ausführung eines solchen
Verfahrens.
- 20 Ein solches Verfahren ist bereits aus der Schrift EP 2 636 634
B1 bekannt, wobei ein Kranarmsystem eines Hebezeuges durch ein
Balkenmodell modelliert wird, um die Verformung des
Kranarmsystems ermitteln zu können, wobei eine Position eines
Lastaufnahmemittels über einer an dem Lastaufnahmemittel
25 angeordneten und per Messung bestimmten Lastmasse bestimmt wird.
Berücksichtigt werden kann bei der Bestimmung der Position des
Lastaufnahmemittels ein Auslegeraufrichtwinkel zwischen einem
Kranturm respektive Kransäule und einer Horizontalen oder einer
Neigung des gesamten Hebezeuges bei einer Montage auf einem
30 Schiff.

Eine Verformung des Kranarmsystems kann beispielsweise in Form
einer - insbesondere in Gebrauchslage des Hebezeuges seitlichen

- und/oder vertikalen - Durchbiegung, Torsion, Verwringung, oder einer Kombination dieser vorliegen, wobei eine derartige Verformung im Allgemeinen auch auf die Kransäule und ein Fahrzeug, auf welchem das Hebezeug angeordnet ist zutrifft. In
- 5 der Regel tritt eine Kombination unterschiedlicher Verformungsarten auf. Das Kranarmsystem kann im Allgemeinen beispielsweise eine Kransäule, ein teleskopierbares Schubarmsystem und einen zwischen dem teleskopierbaren Schubarmsystem und der Kransäule angeordneten Hauptarm umfassen,
- 10 wobei das Kranarmsystem zum Beispiel auch ein Knicksystem umfassen kann, wobei ein an der Kranbasis angeordneter Hauptarm des Knicksystems als Kransäule identifiziert werden kann. Im Allgemeinen stellt die Kransäule jedoch die Verbindung zwischen der Kranbasis und einem Hauptarm (den ersten Kranarm) des
- 15 Kranarmsystems (beispielsweise als Teleskopiersystems oder Knickarmsystem ausgebildet) dar. Sämtliche Bauteilkomponenten des Kranarmsystems können in der Regel signifikanten Verformungen unterliegen.
- 20 Eine Neigung eines verformten Kranarmsystems steht wiederum in Wechselwirkung mit der durch die Neigung bedingten Verformung, wobei beispielsweise eine bekannte Neigung des Fahrzeuges unzulänglich für eine präzise Bestimmung einer Position eines Punktes des Kranarmsystems ist, da sich das Fahrzeug auch bei
- 25 Abstützelementen mit einer endlichen Steifigkeit und variierenden Abstützpunkten über eine Längserstreckung des Fahrzeuges unterschiedlich stark und positionsabhängig verformen kann, wodurch im Stand der Technik keine aussagekräftige Referenz für eine tatsächlich vorliegende Neigung des
- 30 Kranarmsystems gegenüber einer Horizontalen (im Sinne eines Weltkoordinatensystems mit absoluten Koordinaten des gesamten Hebezeuges) respektive einem plan angenommenen Untergrund gegeben ist.

Die Neigung des Fahrzeuges ist nicht eindeutig und bezogen auf eine Längserstreckung aufgrund unterschiedlicher Krafteinwirkungen und/oder Verformungen über die Längserstreckung hinweg nicht konstant. Auch die Kransäule als Verbindungsglied zwischen Kranarmsystem und der Kranbasis ist im Allgemeinen signifikanten Verformungen unterlegen. Die präzise Kenntnis einer Neigung als Referenz ist jedoch unabdingbar, um die Verformung in einem hohen Maß korrekt durch eine akkurat bestimmte Neigung modellieren zu können, um die Position des Punktes des Kranarmsystems dadurch bestimmen zu können. Des Weiteren ist nachteilig am Stand der Technik, dass die Lastmasse – welche ebenfalls eine definierte Verformung bei bekannter Geometrie inklusive Neigung des Hebezeuges erwirkt – per Messung bestimmt werden muss, um auf die Verformung des Kranarmsystems schließen zu können, wobei die Lastmasse im Gegensatz zu der Masse des Hebezeuges während des Einsatzes des Hebezeuges variabel sein kann.

Die objektiv technische Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zum Steuern und/oder Regeln eines fahrzeuggebundenen Hebezeuges sowie eine Steuer- und/oder Regelvorrichtung anzugeben, bei welchen die Nachteile des Standes der Technik zumindest teilweise behoben sind, und welche sich insbesondere durch eine präzise Ermittlung einer Position wenigstens eines Punktes des Kranarmsystems auszeichnen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Es ist demnach erfindungsgemäß vorgesehen, dass eine Schrägstellung des Hebezeuges aufgrund einer Neigung der Kranbasis relativ zu einer vorgegebenen oder vorgebbaren Richtung im Raum bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes bestimmt und berücksichtigt wird.

Dadurch wird es erst ermöglicht, dass die Kranbasis als jene im Wesentlichen starre Bauteilkomponente des Hebezeuges, auf welchem das Kranarmsystem über eine Kransäule angeordnet ist und
5 welche mit einem Fahrzeug verbindbar ist, zur Bestimmung einer Referenzebene für eine Neigung des Kranarmsystems mit einem hohen Maß an Genauigkeit dient respektive genutzt wird, wobei das Fahrzeug sowie das Kranarmsystem selbst keine hinlängliche Referenzebene für die Bestimmung einer Verformung des
10 Kranarmsystems darstellen. Bei bekannter Neigung der Kranbasis gegenüber einer Richtung im Raum – insbesondere einer Horizontalen in Bezug auf einen planar angenommenen Untergrund oder auf ein Weltkoordinatensystem (im Sinne von Koordinaten auf eine vorbestimmte oder bestimmbare Referenzrichtung) – ist die
15 Verformung des Kranarmsystems unter Berücksichtigung der Neigung des Kranarmsystems bedingt durch die Neigung der Kranbasis besonders günstig modellierbar.

Im Allgemeinen kann die Kransäule gelenkig oder starr mit der
20 Kranbasis verbunden sein und/oder die Kranbasis in direkter Verbindung mit einem Fahrzeugrahmen des Fahrzeuges stehen. Daten in Bezug auf Neigung der Kranbasis und Verformung des Kranarmsystems werden erfasst und zur Bestimmung des Punktes berücksichtigt.

25

Unter dem Begriff Hebezeug sind beispielsweise Fahrzeugkrane, Brückeninspektionskrane, Abrollkipper, Hubarbeitsbühnenkrane et cetera umfasst, wobei die Begriffe Kranarmsystem, Kranbasis und weiteren Bauteilkomponentenbegriffe mit dem Präfix Kran derart
30 breit auszulegen sind, dass unter diesen auch derartige Bauteilkomponenten beispielsweise in Verbindung mit Hebebühnen umfasst sind. Besonders bevorzugt sind Knicksysteme oder Teleskopiersysteme, welche auch in Kombination auftreten können.

Ob eine Ausrichtung des Kranarmsystems schräg relativ zu einem Untergrund oder einer Horizontalen durch eine Neigung der Kranbasis oder durch eine Lastmasse beziehungsweise aufgrund einer vorliegenden Geometrie des Kranarmsystems bedingt ist, ist für eine aktuelle Verformung des Kranarmsystems unerheblich. Durch die Kenntnis der Neigung der Kranbasis können Verformung besonders günstig bei Bewegungen des Kranarmsystems über ein Verformungsmodell berücksichtigt und die Ursachen differenziert werden.

10

Die Neigung der Kranbasis kann beispielsweise über einen Neigungssensor ermittelt werden, wobei aufgrund einer Steifigkeit der Kranbasis die Neigung - zumindest im Stillstand des Kranarmsystems und gleichbleibender am Kranarmsystem angeordneten Lastmasse - im Wesentlichen konstant und eindeutig gegenüber einer Horizontalen ist. Die Neigung ist unter anderem abhängig von vorliegenden Hublängen von Schubarmen sowie einer an dem Kranarmsystem angeordneten Lastmasse, wobei sowohl Hublängen als auch Lastmasse die Verformung des Kranarms beeinflussen und über die damit einhergehende Neigungsänderung wiederum eine Rückkoppelung mit der Verformung des Kranarmsystems generiert wird. Weitere Faktoren in Verbindung mit einer vorliegende Neigung der Kranbasis können beispielsweise eine Geometrie des Hebezeuges (wie vorliegende Winkel des Kranarmsystems), ein Abstützungszustand des Hebezeuges an einem Untergrund, eine Festigkeit des Untergrundes, Steifigkeiten von Abstützelementen et cetera sein, wobei auch Winkel von Schubarmen des Kranarmsystems im Raum abhängig von der Neigung der Kranbasis sowie der Verformung des Kranarmsystems sind und eine Rückkoppelung in Bezug auf Verformung des Kranarmsystems und Neigung der Kranbasis bewirken.

30

Die Position des wenigstens einen Punktes ist essentiell für verschiedene Anforderungen an das Hebezeug wie Bahntreue, Kollisionsvermeidung, Leistung und/oder Genauigkeit von Komfortfunktionen (insbesondere mit zunehmendem Automatisierungsgrad), aktuell vorliegende Überlastsicherungen oder aktuell vorliegende Standsicherheit, wobei auf Basis von Verformungsmodellen des Kranarmsystems im Allgemeinen nicht hinreichend auf einen Winkel der einzelnen Schubarme rückgeschlossen werden kann, ohne die Neigung der Kranbasis als maßgebliche Referenz zu berücksichtigen. Dementsprechend kann erfindungsgemäß die Kranspitze in absoluten Koordinaten (Weltkoordinatensystem) mit hoher Genauigkeit ermittelt werden. Da die Verformung des Kranarmsystems in Wechselwirkung mit einem Winkel einzelner Schubarme steht, welche abhängig von der Neigung der Kranbasis ist, kann eine absolute Lokalisation einzelner Bauteilkomponenten des Kranarmsystems präzise bestimmt werden.

Besonders bevorzugt wird hierbei ein Verformungsmodell für das Kranarmsystem und/oder das Hebezeug (gegebenenfalls mit einem angeordneten Fahrzeug) herangezogen, welches Schubarme, Hauptarm, in Anbindung an ein teleskopierbares Schubarmsystem stehendes Armsystem und/oder Kransäule (analoge Betrachtung trifft auf ein in Ergänzung oder alternativ vorgesehenes Knicksystem zu) über einen Algorithmus modelliert, wobei einzelne Bauteilkomponenten – insbesondere die Schubarme, der Hauptarm und/oder eine Kransäule eines Kranarmsystems, vorzugsweise Knicksystem, – starr, elastisch und/oder über ein Balkenmodell zur Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes modelliert werden. Der Fachterminus elastisch bedeutet in diesem Kontext, dass beispielsweise ein Schubarm bei Last flexibel unter Berücksichtigung der Steifigkeit verformbar ist. Im Allgemeinen kann das Kranarmsystem beispielsweise in Form

eines teleskopierbaren Schubarmsystems oder als Knicksystem ausgebildet sein.

Hinzu kommt die positive Eigenschaft, dass die Funktionalitäten des fahrzeuggebundenen Hebezeuges für einen Benutzer verbessert
5 respektive komfortabler und/oder flexibler bereitgestellt werden können. Dies betrifft beispielsweise geometrieabhängige Funktionen wie Steilstellung, Kranposition im Raum und/oder Einhaltung von Sperrflächen (zum Beispiel Höhenlimitierungen, Gegengleissperren oder, insbesondere durch einen Bediener des
10 Hebezeuges definierbare, Schutzzonen wie Gebäudefassaden), auslastungsabhängige Funktionen wie Überlast, Standsicherheit und/oder Wiegen sowie semi-automatische Funktionen beziehungsweise Komfortfunktionen wie Koordinatensteuerung, Speicherung von Positionen des wenigstens einen Punktes,
15 Bahnplanung und/oder Kollisionsschutz. Beispielsweise können in Bezug auf den Kollisionsschutz des Hebezeuges durch eine Kransteuerung des Hebezeuges berechnete Korrektursignale ermittelt werden oder eine Übersteuerung von Bedienervorgaben
20 des Hebezeuges erwirkt werden.

Die Kransteuerung ist in diesem Kontext als eine dem Hebezeug zugeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung zu
erachten, wobei die Steuer- und/oder Regelvorrichtung
25 beispielsweise einen Teil der Kransteuerung (zum Beispiel im Sinne eines Bestimmungsmoduls) darstellen kann, welche zur Ausführung des Verfahrens zum Steuern und/oder Regeln vorgesehen ist. Eine Anbindung der Kransteuerung mit dem Hebezeug und/oder der Steuer- und/oder Regelvorrichtung kann im Allgemeinen
30 leitungsgebunden und/oder funksignalgebunden vorliegen.

Von besonderem Interesse kann auch ein absoluter Winkel eines Schubarmes – insbesondere des äußersten (in Bezug auf eine Beabstandung von der Kransäule) Schubarmes – im Raum sein, um

beispielsweise ein mechanisches und/oder hydraulisches Knicksystem zu montieren. Im Stand der Technik wird hierzu üblicherweise ein Schubarmwinkel direkt in einem Kranarmlager oder in dessen unmittelbarer Nähe gemessen, da hier im Wesentlichen keine Verformung eintritt. Der Winkel des Schubarmes, insbesondere unter Verformung, weicht daher jedoch deutlich von dem absoluten Winkel im Raum ab, wobei auch ein Korrekturwinkel unter der Annahme eines starren Kranarmsystems nicht zu einem korrekten absoluten Winkel des Knicksystems führt, da die Winkelmessung dabei relativ zu dem äußersten Schubarm erfolgt. Daher ist eine Winkelbestimmung, insbesondere des äußersten Schubarmes, unter Berücksichtigung eines Verformungsmodelles sowie der Neigung der Kranbasis besonders bevorzugt. Die Winkelbestimmung kann ausschließlich durch Berechnungen des Verformungsmodelles und/oder unter Verwendung von Sensordaten wie beispielsweise einer Winkelsensorik erfolgen.

In einem Modell zur Bestimmung der Verformung spezifische Bauteilkomponenten wie Kransäule und/oder Hauptarm trotz tatsächlicher Verformung als starr angenommen werden können, wobei durchaus auch Verformungen dieser Bauteilkomponenten in einem Verformungsmodell je nach Anforderungen an eine Präzision der Berechnung einkalkuliert werden können.

Wie eingangs ausgeführt, wird Schutz auch begehrt für eine Steuer- und/oder Regelvorrichtung für ein fahrzeuggebundenes Hebezeug umfassend ein gelenkiges Kranarmsystem mit einer Kranspitze, wobei der Steuer- und/oder Regelvorrichtung wenigstens ein Sensorsignal wenigstens eines am Hebezeug angeordneten Sensors zuführbar ist, wobei die Steuer- und/oder Regelvorrichtung in zumindest einem Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, unter Berücksichtigung des wenigstens einen Sensorsignales eine sich unter Einwirkung von dynamischen

und/oder statischen Kräften ergebende Verformung des Kranarmsystems zu ermitteln und unter Berücksichtigung der Verformung eine Position wenigstens eines Punktes des Kranarmsystems, insbesondere der Kranspitze, zu bestimmen, wobei

5 die Steuer- und/oder Regelvorrichtung mit einem Neigungssensor signalleitend verbunden oder verbindbar ist, wobei die Steuer- und/oder Regelvorrichtung in dem zumindest einen Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, unter Berücksichtigung von Neigungssensorsignalen des Neigungssensors eine Schrägstellung

10 des Hebezeuges aufgrund einer Neigung der Kranbasis, auf welchem das Hebezeug angeordnet ist, relativ zu einer vorgegebenen oder vorgebbaren Richtung im Raum zu bestimmen und bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes zu berücksichtigen.

15 Beispielsweise kann ein Neigungssensor zur Erfassung der Neigung der Kranbasis an einem starren Bauteil wie der Kranbasis angeordnet werden, um über ein Verformungsmodell (unter anderem auf Basis von Daten des wenigstens einen Sensors) auf die aktuellen Winkel zwischen Schubarmen, einem Schubarm und einer

20 Kransäule und/oder der Kransäule und der Kranbasis zu schließen, wobei insbesondere Korrekturwerte für die Winkel berechnet werden.

Denkbar ist auch, die Messung der Neigung indirekt

25 durchzuführen, wobei der Neigungssensor beispielsweise an einem äußeren Schubarm angeordnet ist und durch das Verformungsmodell über eine gemessene Neigung eines Schubarmes (relativ zu der Kranbasis, der Kransäule und/oder eines weiteren Schubarmes) auf die Neigung der Kranbasis geschlossen wird.

30

Die Anzahl an Sensoren und Neigungssensoren ist im Allgemeinen beliebig, wobei durch eine Vielzahl an Sensoren und/oder Neigungssensoren eine Genauigkeit der Neigungsmessung der Kranbasis erhöht werden kann. Besonders bevorzugt ist die Anzahl

der Sensoren und/oder Neigungssensoren gleich der Anzahl an teleskopierbaren Schubarmen des fahrzeuggebundenen Hebezeuges verringert um 1 und nicht kleiner als 1.

- 5 Eine Schrägstellung des Kranarmsystems kann durch eine bewusste Schrägstellung über eine Geometrie des Kranarmsystems, durch eine Neigung der Kranbasis und eine Verformung des Kranarmsystems bedingt sein, wobei alle drei Aspekte in der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes und
10 insbesondere in einem Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems berücksichtigt werden können.

- Wie eingangs ausgeführt, wird Schutz auch begehrt für ein fahrzeuggebundenen Hebezeug mit zumindest einer solchen Steuer- und/oder Regelvorrichtung, einem gelenkigen Kranarmsystem mit
15 einer Kranspitze, einer Kranbasis, wenigstens einem am Hebezeug angeordneten Sensor und einem Neigungssensor.

- Wie eingangs ausgeführt, wird Schutz auch begehrt für ein Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, welche bei Ausführung durch eine solche Steuer- und/oder Regelvorrichtung diese dazu
20 veranlassen, die Schritte eines solchen Verfahrens auszuführen.

- Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.
25

- Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Kranarmsystem wenigstens ein teleskopierbares Schubarmsystem mit wenigstens zwei Schubarmen
30 umfasst, wobei eine aktuelle Hublänge wenigstens eines der wenigstens zwei Schubarme bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes, vorzugsweise über eine Hublängensensorik, bestimmt und berücksichtigt wird, wobei die

aktuelle Hublänge in einem Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems berücksichtigt wird.

Im Allgemeinen können die Schubarme gelenkig (über ein
5 Knicksystem) und/oder translatorisch bewegbar ausgebildet sein,
wobei durch eine Hublängenänderung eine Geometrie des
Kranarmsystems verändert wird, wodurch sich die Verformung des
Kranarmsystems und die Neigung der Kranbasis ändern kann. Auch
eine gegebenenfalls am Kranarmsystem angeordnete Lastmasse
10 und/oder eine Änderung eines Winkels eines Schubarmes und/oder
eines Knicksystems bedingt, insbesondere bei unterschiedlichen
Hublängen, variierende Momente.

Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass die wenigstens zwei
15 Schubarme voneinander unterscheidende Steifigkeiten aufweisen,
wobei die Steifigkeiten zur Bestimmung der Position des
wenigstens einen Punktes berechnet und/oder berücksichtigt
werden. Unterschiedliche Steifigkeiten sind im Allgemeinen
jedoch nicht zwingend erforderlich - beispielsweise kann ein
20 dünnerer und größerer Querschnitt eines Schubarmes selbige
Steifigkeit wie ein dickerer und kleinerer Querschnitt eines
Schubarmes aufweisen, wobei im Verformungsmodell beispielsweise
eine Vielzahl an Schubarmen über eine der Vielzahl an Schubarmen
(z.B. des gesamten teleskopierbaren Schubarmsystems) zugeordnete
25 Steifigkeit zusammengefasst sein können.

Durch die Berücksichtigung von unterschiedlichen Steifigkeiten
und deren Einflüsse auf die Verformung des Kranarmsystems
(beispielsweise teleskopierbares Schubarmsystem und/oder
30 Knicksystem) kann die Ermittlung der Position des wenigstens
einen Punktes besonders genau erwirkt werden. Die Steifigkeiten
hängen im Allgemeinen von materialspezifischen und geometrischen
Parametern ab.

Als günstig hat sich erwiesen, dass die Steifigkeiten, ein Einfluss der Steifigkeiten auf die Verformung des Kranarmsystems und/oder die Verformung des Kranarmsystems über die Neigung der Kranbasis und/oder die Schrägstellung des Hebezeuges und/oder
5 die Hublänge der wenigstens zwei Schubarme ermittelt werden.

Die unterschiedlichen Steifigkeiten können einen Ausgangsparameter der Ermittlung der Position des wenigstens einen Punktes aufgrund eines Modelles zur Verformung des
10 Kranarmsystems darstellen – beispielsweise, wenn die Steifigkeiten der Schubarme nicht genau bekannt sind. Ist zum Beispiel die Verformung des Kranarmsystems und die Neigung der Kranbasis (ggf. ermittelt durch Sensoren) bekannt, kann auf die vorliegenden Steifigkeiten, insbesondere bei vorliegendem
15 Verschleiß des Kranarmsystems nach einer gegebenen Betriebsdauer des Hebezeuges, geschlossen werden. Besonders bevorzugt stellen die Steifigkeiten, vorzugsweise unterschiedliche Steifigkeiten, des Kranarmsystems einen Eingangsparameter des Verformungsmodelles für die Ermittlung der Position des
20 wenigstens einen Punktes dar.

Im Allgemeinen können Parameter in Bezug auf eine Geometrie des Hebezeuges Einflussgrößen für das Modell zur Berechnung der Verformung oder, invers betrachtet, eine Ausgangsgröße aus dem
25 Verformungsmodell darstellen. In der Regel bilden die Steifigkeiten oder deren Einflüsse auf die Verformung des Kranarmsystems Parameter für die Berechnung der Verformung des Kranarmsystems; im Allgemeinen können aufgrund eines Verformungsmodell unter Berücksichtigung von Hublängen und/oder
30 Neigung der Kranbasis und/oder Schrägstellung des Hebezeuges auch Rückschlüsse auf die Steifigkeiten oder deren Einfluss auf die Verformung des Kranarmsystems ermittelt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Kranarmsystem zumindest zwei teleskopierbare Schubarme umfasst, wobei die zumindest zwei Schubarme eine Folgesteuerung aufweisen, wobei eine aktuell
5 vorliegende Hublänge des zumindest einen Schubarmes bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes berücksichtigt wird.

Die Folgesteuerung kann genutzt werden, um einen eindeutigen
10 Zusammenhang zwischen Hublängen von Schubarmen und Steifigkeiten der einzelnen Schubarme bei einer gegebenen Profilform und/oder Querschnittsfläche besonders günstig herstellen zu können, wobei die einzelnen Schubarme des Kranarmsystems mit unterschiedlichen Steifigkeiten versehen sein können. Analoge Betrachtung trifft
15 auf die Berechnung des Schwerpunktes und des Eigenmomentes zu. Die Folgesteuerung kann verbunden mit der Kenntnis über die Positionierung der einzelnen Schubarme für die Anwendung des verwendeten Verformungsmodelles dienen, wobei beispielsweise besonders präzise bestimmt werden kann, ob sich durch die
20 Neigung des Kranarmsystems im Raum (bedingt durch die Neigung der Kranbasis und den auf das Kranarmsystem wirkenden Kräfte) die Position des wenigstens einen Punktes des Kranarmsystems oberhalb oder unterhalb einer Horizontalen befindet. Besonders bevorzugt wird die Folgesteuerung herangezogen, wenn einzelne
25 Schubarme unterschiedliche Steifigkeiten aufweisen.

Alternativ kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, dass das Kranarmsystem zumindest zwei teleskopierbare Schubarme umfasst und eine partielle
30 Folgesteuerung (eine Folgesteuerung, welche nur einzelne Schubarme des Kranarmsystems betrifft) umfasst oder folgesteuerungslos (wobei keine Folgesteuerung vorgesehen ist) ausgebildet ist, wobei

- eine zusätzliche Sensorik zur Ermittlung von Hublängen der zumindest zwei Schubarme vorgesehen ist und/oder
- Steifigkeiten nicht folgegesteuerter Schubarme zu einer gemeinsamen Steifigkeit zusammengefasst werden, wobei
5 vorzugsweise eine Schwerpunktsverschiebung des Hebezeuges berücksichtigt wird, und/oder
- eine Berechnung der Verformung des Kranarmsystems über ein Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems mit einer ersten Steifigkeit und mit einer zweiten, gegenüber der
10 ersten Steifigkeit unterschiedlichen, Steifigkeit durchgeführt wird.

Insbesondere wenn aus Platz- und/oder Kostengründen lediglich eine partielle Folgesteuerung oder gar keine Folgesteuerung
15 möglich ist, kann dadurch indirekt auf die Hublängen und/oder einem Zusammenhang zu den Steifigkeiten für die Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes rückgeschlossen werden, wobei die Wahl und Anzahl an nicht folgegesteuerten Schubarmen im Allgemeinen beliebig ist. Werden Berechnungen mit
20 unterschiedlichen, vorzugsweise vorgegebenen oder vorgebbaren, Steifigkeiten durchgeführt, kann in Abhängigkeit von einem Anwendungsgebiet und/oder Anforderungen an das Hebezeug jene Berechnung herangezogen werden, welche den ungünstigeren Fall (worst case-Szenario) als Resultat der Berechnung bedingt, um
25 beispielsweise durch einen durch die Berechnung am weitesten entfernten Punkt am Kranarmsystem eine sichere Überlastsicherung und/oder Höhenlimitierung ermitteln zu können oder etwaige Fehlergrenzen in der Berechnung der Position des wenigstens einen Punktes berücksichtigen zu können. Die erste Steifigkeit
30 und die zweite Steifigkeit können im Allgemeinen aufgrund einer Geometrie von Schubarmen, vorzugsweise individuell für einzelne Schubarme, angenommen werden. Auch die Nutzung des günstigeren Falles und Berechnungen mit einer Vielzahl an Steifigkeiten ist denkbar.

Eine partielle Folgesteuerung ist besonders bevorzugt bei zumindest drei teleskopierbaren Schubarmen vorgesehen, wobei beispielsweise zumindest zwei der zumindest drei
5 teleskopierbaren Schubarme mit einer (partiellen) Folgesteuerung versehen sind. Partielle Folgesteuerung meint in diesem Kontext, dass nicht sämtliche vorhandenen Schubarme des Kranarmsystems hintereinander aus- beziehungsweise eingefahren werden, sondern nur ein Teil der Gesamtzahl der Schubarme, wobei für jene
10 Schubarme, welche nicht folgesteuert sind, eine Reihenfolge der Schubarme willkürlich (individuell und/oder definierbar) erfolgen kann.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist
15 vorgesehen, dass das Hebezeug wenigstens einen starren Hebezeugabschnitt, vorzugsweise die Kranbasis, ein Fahrzeug für das Hebezeug und/oder eine Kransäule, und wenigstens einen verformbaren Hebezeugabschnitt, vorzugsweise zumindest einen gegebenenfalls vorhandenen Schubarm des Kranarmsystems, umfasst,
20 wobei die Neigung des Hebezeuges an dem wenigstens einen starren Hebezeugabschnitt bestimmt wird und/oder in einem Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems berücksichtigt wird.

25 Ein Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems und in weiterer Folge zur Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes kann je nach Anforderungen an Genauigkeit und/oder Art des Hebezeuges angepasst werden. Im Allgemeinen kann auch ein Modell zur Bestimmung der Verformung des gesamten
30 fahrzeuggebundenen Hebezeuges, vorzugsweise mit am fahrzeuggebundenen Hebezeug angeordneten Fahrzeug, vorgesehen sein. Die Wahl der starren und verformbaren Hebezeugabschnitte ist im Allgemeinen beliebig, wobei auch sämtliche Bauteilkomponenten des Hebezeuges verformbar angenommen werden

können. Hebezeugformen mit teleskopierbarer Kransäule oder Knickarm an Stelle eines Hauptarmes sind ebenfalls denkbar und im Verformungsmodell flexibel berücksichtigbar. Bevorzugt ist die Kransäule das Verbindungsglied zwischen Kranbasis und Hauptarm (zum Beispiel einem erstem teleskopierbaren Schubarm oder einem ersten Knickarm in Anbindung zur Kransäule).

Als vorteilhaft hat sich erwiesen, dass, vorzugsweise über wenigstens einen Neigungssensor und/oder wenigstens eine Winkelsensorik,

- die Neigung der Kranbasis relativ zu einem Untergrund, und/oder
- wenigstens ein Winkel zwischen einem starren Hebezeugabschnitt und einem weiteren starren Hebezeugabschnitt, und/oder
- wenigstens ein Winkel zwischen einem starren Hebezeugabschnitt und einem verformbaren Hebezeugabschnitt, und/oder
- wenigstens ein Winkel zwischen einem verformbaren Hebezeugabschnitt und einem weiteren verformbaren Hebezeugabschnitt

ermittelt wird, wobei die Neigung der Kranbasis, die Schrägstellung des Hebezeuges und/oder der wenigstens eine Winkel in einem Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems berücksichtigt wird, wobei die Position des wenigstens einen Punktes berechnet wird.

Besonders bevorzugt wird zusätzlich zur Bestimmung des wenigstens einen Punktes am Kranarmsystem auch ein Winkel zumindest eines Schubarmes im Raum bestimmt, wobei der Winkel des zumindest einen Schubarmes vorzugsweise über einen weiteren Winkel zwischen einem starren Hebezeugabschnitt und einem starren Hebezeugabschnitt durch eine Winkelsensorik ermittelt

wird, wobei der weitere Winkel in einem Verformungsmodell unter Berücksichtigung der Neigung der Kranbasis berücksichtigt wird.

Ein starrer Hebezeugabschnitt definiert in diesem Kontext keine
5 ortsfeste Bauteilkomponente, sondern eine Bauteilkomponente, welche zwar beispielsweise gelenkig relativ zu einer weiteren Bauteilkomponente des Hebezeuges bewegbar ist, im Verformungsmodell jedoch mit einer erhöhten Steifigkeit und/oder im Wesentlichen unflexibel angenommen ist.

10

Durch die Bestimmung wenigstens eines Winkels kann auf eine Geometrie – gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Hublängen von Schubarmen – rückgeschlossen werden, welche Einfluss auf die Neigung der Kranbasis und die Verformung des Kranarmsystems hat.

15

Ein Modell für die Verformung des Kranarmsystems kann als Eingangsparameter beispielsweise die Neigung der Kranbasis und die durch eine Winkelsensorik bestimmten Winkel umfassen, um die Verformung des Kranarmsystems zu modellieren.

20

Beispielsweise kann die Neigung der Kranbasis und ein Winkel zur Kransäule gemessen werden, wobei der Winkel von Schubarmen durch das Modell zur Bestimmung der Verformung unter Rücksicht der Neigung und/oder des Winkels zur Kransäule errechnet werden. Der Winkel kann jedoch auch an einem Schubarm oder an einer Vielzahl

25

an Bauteilelementen des Kranarmsystems gemessen werden.

Auch ist denkbar, dass Steifigkeiten der Schubarme und/oder der Kransäule durch die Information der Neigung der Kranbasis und den ermittelten Winkel bestimmt werden.

30

Insbesondere können seitliche Verformungen des Hebezeuges und Winkel der einzelnen Schubarme des Kranarmsystems – relativ zueinander und/oder absolut im Raum – unter Berücksichtigung der Neigung der Kranbasis ermittelt werden.

Eine vorteilhafte Variante der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass eine Vielzahl an Punkten des Kranarmsystems berechnet wird, wobei über die Vielzahl der Punkte eine
5 Geometrie des Kranarmsystems, vorzugsweise des Hebezeuges, ermittelt wird.

Ist eine Vielzahl an Punkten des Kranarmsystems bekannt, so kann beispielsweise eine Kollisionsvermeidung der Kran spitze auf
10 weitere Bauteilkomponenten des Hebezeuges erweitert werden. Eine Kollisionsvermeidung ist jedoch im Allgemeinen nicht auf die Kran spitze beschränkt und kann unter anderem auf das Fahrzeug und/oder Bauteilkomponenten des Kranarmsystems - zum Beispiel mit einer Sensorik zur Umfelderkennung - bezogen sein.

15 Besonders bevorzugt ist, dass eine an dem Hebezeug angeordnete Lastmasse unter Berücksichtigung der Verformung des Kranarmsystems und der Neigung der Kranbasis berechnet wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Lastmasse vor,
20 während und/oder nach der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes, besonders bevorzugt über eine gegebenenfalls vorhandene Winkelsensorik und/oder eine Drucksensorik, berechnet wird.

25 Dadurch muss die Lastmasse nicht über einen Sensor ermittelt werden, wobei beispielsweise die Lastmasse berechnet wird und das Verformungsmodell über die berechnete Lastmasse, insbesondere unter Berücksichtigung der vorliegenden Winkel, Hublängen und/oder Steifigkeiten der Schubarme, adaptiert wird.
30 Die Lastmasse kann beispielsweise aufgrund einer geänderten Geometrie des Kranarmes, der Verformung des Kranarmsystems und/oder einer geänderten Neigung der Kranbasis relativ zu einer Horizontalen berechnet werden. Die Lastmasse kann beispielsweise

durch eine an einem Kranhaken angeordnete Traglast definiert sein.

Exemplarisch kann die Lastmasse wie folgt bestimmt werden:

- 5 - Sensoren in Form von Winkelsensoriken ermitteln einen Winkel zwischen Schubarmen, Kransäule und Kranbasis, wobei die Hublängen der Schubarme über die Winkel bei einer gegebenen Gesamthublänge oder gegebenenfalls über eine Hublängensensorik ermittelt wird,
- 10 - eine Auslastung des Hebezeuges wird durch einen Druckmessensors in lastbestimmenden Zylindern der Schubarme ermittelt und/oder berechnet,
 - über die Auslastung wird die Verformung des Kranarmsystems berechnet und
- 15 - durch die Verformung sowie die Auslastung wird die Lastmasse berechnet.

In analoger Weise kann die Lastmasse auch bei einem Hebezeug ermittelt werden, welches in Ergänzung und/oder alternativ an
20 Stelle von Schubarmen ein Knicksystem aufweist, wobei die Winkeldementsprechend relativ zu den Armen (wie Hauptarm und/oder weiteren gelenkig verbundenen Armen) des Knicksystems bestimmt werden.

25 Die Position des wenigstens einen Punktes kann unter Rücksicht der Neigung der wenigstens einen Kranbasis und der Verformung des Kranarmsystems ermittelt werden.

Im Allgemeinen ist es auch denkbar, dass zumindest zwei
30 Verformungsmodelle für die Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes herangezogen werden oder eine tatsächlich vorliegende Verformung mit der Verformung aus dem Verformungsmodell verglichen wird. Gegebenenfalls kann die Verformung aus dem Verformungsmodell durch die tatsächlich

vorliegende Verformung angepasst werden. Das Verformungsmodell kann beispielsweise durch ein Balkenmodell approximiert sein.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist
5 vorgesehen, dass eine Lastmasse, vorzugsweise die berechnete Lastmasse, in einem Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems berücksichtigt wird.

Die Neigung der Kranbasis sowie die Verformung des
10 Kranarmsystems sind unter anderem abhängig von der am Kranarmsystem angeordneten Lastmasse, wodurch einerseits die Lastmasse aus Neigungen der Kranbasis und Verformungen des Kranarmsystems ermittelt werden kann und andererseits die
15 Lastmasse im Verformungsmodell des Kranarmsystems (bei Berücksichtigung der Neigung) einkalkuliert werden kann, wodurch eine besonders vorteilhafte Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes gewährleistet werden kann.

Einerseits kann in einem iterativen Prozess zuerst die Lastmasse
20 über das Verformungsmodell bestimmt werden und anschließend die Lastmasse für die Berechnungen gemäß dem Verformungsmodell genutzt werden; andererseits kann durch die Rückkoppelung der Lastmasse auf die Verformung das Verformungsmodell beeinflusst oder derart adaptiert werden, dass das Verformungsmodell
25 Rückschlüsse auf die tatsächlich vorliegende Verformung des Kranarmsystems in besonders hoher Präzision gewährleistet. Die Lastmasse kann im Allgemeinen auch zu Kalibrierungszwecken des Modelles zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems herangezogen werden.

30

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems durch einen vorgebbaren oder vorgegebenen

Verschleiß des Kranarmsystems und/oder zumindest einen vorgebbaren oder vorgegebenen Parameter kalibriert wird.

- Der zumindest eine vorgebbare oder vorgegebene Parameter kann
- 5 beispielsweise eine aktuell vorliegende Hublänge eines Schubarmes, eine Geschwindigkeit einer Bewegung, eine Profilform und/oder Querschnittsfläche darstellen, wobei auch denkbar ist, eine gewünschte Überlastsicherheit und/oder Standsicherheit als Parameter für die Kalibrierung oder als einen Grenzwert für eine
- 10 maximale Verformung des Kranarmsystems festzulegen. Besonders bevorzugt stellt der Parameter die Lastmasse dar, welcher besonders günstig für eine korrekte Kalibrierung innerhalb kurzer Zeitspannen dienen kann. Verschleiß stellt in der Regel einen Langzeiteffekt dar, wobei bevorzugt der Verschleiß zur
- 15 Erhöhung einer Genauigkeit in der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes genutzt werden kann, indem beispielsweise bei geminderter Leistung des Hebezeuges und/oder des Verformungsmodelles unter Rücksicht des Verschleißes eine (Nach-)Kalibrierung erfolgt. Bevorzugt erfolgt eine
- 20 Erstkalibrierung, um beispielsweise den Einfluss gewisser Toleranzen (von Bauteilen, in der Fertigung et cetera) zu kompensieren, welche besonders bevorzugt im Modell zu Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems berücksichtigt werden.
- 25 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass manuell wenigstens ein Steuersignal für das Hebezeug vorgegeben wird und wenigstens eine Stellgröße für wenigstens einen Aktuator unter Berücksichtigung der Position des wenigstens einen Punktes und/oder einer prognostizierten
- 30 Position wenigstens eines Punktes berechnet wird.

Durch die Kenntnis der Neigung der Kranbasis und der Position des wenigstens einen Punktes ist eine Extrapolation hinsichtlich Bewegungen des Kranarmsystems möglich, wodurch insbesondere eine

Bahntreue erhöht werden kann. Die prognostizierte Position kann durch selbiges Verformungsmodell ermittelt werden, wobei die zukünftig zu ändernde Kranarmgeometrie als Parameter für die Berechnung dient. Durch die Kenntnis der aktuellen Position und
5 der prognostizierten Position können semi-automatische Funktionen wie eine Koordinatensteuerung (insbesondere bei zwei Knicksystemen am Hebezeug) verbessert werden, wobei auch eine Aktuatorensteuerung oder ein Bedienerablauf begünstigt beeinflusst werden kann.

10

In diesem Zusammenhang kann auch ermöglicht werden, eine abgespeicherte Bahnkurve des Kranarmsystems, insbesondere unter unterschiedlichen Auslastungen respektive variierender Lastmassen, wiederholt abzufahren.

15

Semi-automatische Funktionen im Sinne von Komfortfunktionen können beispielsweise der Positionierung des Kranarmsystems im Raum (gegebenenfalls unter Berücksichtigung einer Bahntreue und/oder Kollisionsvermeidung) betreffen, wobei beispielsweise
20 eine gewünschte Abladestelle vorgegeben ist und dem Hebezeug werden über eine Kransteuerung des Hebezeuges die erforderlichen Positionen zur Berechnung übermittelt, um eine Lastmasse an der Abladestelle absetzen zu können.

25 Wenn das Kranarmsystem ein Knicksystem und ein weiteres Knicksystem umfasst, ist besonders bevorzugt, einen Winkel zwischen den beiden Knicksystemen (absolut im Raum relativ zu einer Referenzebene) unter Berücksichtigung der Neigung der Kranbasis und der Verformung des Kranarmsystems zu bestimmen
30 (vgl. Fig. 5).

Weiters ist es bevorzugt vorgesehen, dass eine Verformung und/oder Neigung eines Fahrzeuges, auf welchem das Hebezeug angeordnet ist, gegenüber einem Untergrund ermittelt und/oder

berechnet wird und bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes berücksichtigt wird.

Die Neigung des Fahrzeuges und/oder der Kransäule muss
5 erfindungsgemäß im Allgemeinen nicht bestimmt werden, kann jedoch eine Fehlerbehaftung der Position des wenigstens einen Punktes zusätzlich reduzieren. Die Neigung der Kranbasis umfasst im Allgemeinen die Neigung des Fahrzeuges, wobei die Neigung des Fahrzeuges aufgrund von Verwringungen auch positionsabhängig
10 unterschiedliche Werte annehmen kann.

In einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Position des wenigstens einen Punktes mit der damit verbundenen Neigung der Kranbasis und/oder der damit verbundenen Verformung
15 des Kranarmsystems, vorzugsweise mit gegebenenfalls vorhandenen Hublängen von Schubarmen und/oder Winkeln zwischen Schubarmen und der Kranbasis, in einer Datenbank gespeichert werden.

Durch das Speichern in der Datenbank kann einem Benutzer
20 ermöglicht werden, eine bereits verwirklichte Position des wenigstens einen Punktes komfortabel erneut anzusteuern, wobei eine Bewegung des Hebezeuges gegebenenfalls durch eine geänderte Lastmasse (mit Auswirkung auf die Neigung und die Verformung) oder geänderter Geometrien des Kranarmsystems korrigiert wird.

25 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass durch die Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes eine Trajektorienplanung der Position des wenigstens einen Punktes und/oder des Hebezeuges unter
30 Berücksichtigung der Neigung der Kranbasis und der Verformung des Kranarmsystems entlang einer geplanten Trajektorie erstellt wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Trajektorienplanung auf Basis der in der Datenbank gespeicherten Positionen des wenigstens einen Punktes erstellt wird.

5

Die Trajektorienplanung kann im Allgemeinen sowohl auf Basis eines Modelles zur Verformung des Kranarmsystems - gegebenenfalls unter Berücksichtigung einer geänderten Neigung der Kranbasis - als auch durch bereits bestimmte Positionen des wenigstens einen Punktes generiert werden, wobei insbesondere Parameter wie eine Geometrie des Kranarmsystems berücksichtigt werden können.

Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass die Position des wenigstens einen Punktes wenigstens einer semi-automatischen Funktion einer Kransteuerung zur Verfügung gestellt wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eine Trajektorienplanung des Hebezeuges unter Berücksichtigung der Position des wenigstens einen Punktes ermittelt und/oder durch manuelle Vorgaben korrigierbar ist.

Es ist auch denkbar, dass manuelle Vorgaben durch die Trajektorienplanung und/oder der Position oder einer prognostizierten Position des wenigstens einen Punktes über eine Kransteuerung korrigiert werden.

Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass wenigstens eine Erfassungssensorik, vorzugsweise Kamera, zur Erfassung von Objekten und/oder Hindernissen in einer Reichweite des Hebezeuges vorgesehen ist, wobei die Objekte und/oder Hindernisse in der Trajektorienplanung berücksichtigt werden. Alternativ oder in Ergänzung kann als wenigstens eine Erfassungssensorik ein Radar, Lidar, Ladar, Laser, Ultraschallsensor oder dergleichen verwendet werden.

Durch die wenigstens eine Erfassungssensorik kann eine Bahnplanung unter Berücksichtigung von Ausweichrouten und/oder zu vermeidenden Objekten oder Hindernissen im Sinne einer Kollisionsvermeidung berechnet werden. Beispielsweise erfasst
5 eine Kamera Objekte und erstellt eine Ausweichroute auf Basis der Position des wenigstens einen Punktes und/oder prognostizierten Positionen des wenigstens einen Punktes. Es ist auch denkbar, einen Roboterkrane durch Übermittlung der aktuellen
10 Kranspitzenposition über einen externen Controller zu betätigen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Schwerpunktslage des Kranarmsystems in der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes in
15 Abhängigkeit von der Neigung der Kranbasis, der Verformung des Kranarmsystems, einer Geometrie des Kranarmsystems und/oder einem in wenigstens einem Schubarm des Kranarmsystems angeordneten Gewichtes an Hydrauliköl berücksichtigt wird, wobei vorzugsweise eine an dem Hebezeug gegebenenfalls angeordnete
20 Lastmasse über die Neigung der Kranbasis, der Verformung des Kranarmsystems, der Geometrie des Kranarmsystems und/oder dem in dem wenigstens einen Schubarm des Kranarmsystems angeordneten Gewichtes an Hydrauliköl berechnet wird.

Die Schwerpunktslage ist insbesondere abhängig von der Neigung der Kranbasis, einer Geometrie des Kranarmsystems sowie vorliegenden Hublängen von Schubarmen. Zudem wird die Schwerpunktslage durch ein Maß an Hydrauliköl-Volumen (bei
25 gegebener Temperatur und/oder Dichte) und dessen Verortung in den Schubarmen beeinflusst.
30

Beispielsweise kann im Modell für die Verformung wie Durchbiegung insbesondere von teleskopierbaren Schubsystemen eine Änderung des Schwerpunktes des jeweiligen Schubsystems

- berücksichtigt und/oder berechnet werden, wodurch besonders begünstigt eine aktuell vorliegende Lastmasse ermittelt werden kann, ohne die Lastmasse vorab – z.B. über einen dafür vorgesehenen Sensor – bestimmen zu müssen, wobei die Ermittlung
- 5 abhängig von der aktuellen Kranposition und/oder Krangeometrie bedingt durch eine Änderung der Menge an Hydrauliköl in Hydraulikzylinder sein kann, wobei die Menge an Hydrauliköl wiederum abhängig von der Zylinderposition und/oder einem Verhältnis von Kolben- und Stangenfläche sein kann.
- 10
- Die Lage des Schwerpunktes hat Einfluss auf die Eigenmomente des fahrzeuggebundenen Hebezeuges, welche über ein Verformungsmodell wiederum für konkret vorliegende Überlast und/oder Standsicherheit des Krans genutzt werden kann. Beispielsweise
- 15 kann eine Auslastung als Eingangsgröße für ein Verformungsmodell dienen, wobei insbesondere ein Druck im Hubzylinder über Drucksensoren gemessen und über die Krangeometrie die Auslastung bestimmt wird und vorzugsweise eine Zylinderkraft um eine über ein Reibungsmodell bestimmte Zylinderreibung korrigiert wird.
- 20 Die bestimmte Lastmasse kann im Verformungsmodell berücksichtigt werden.
- Bevorzugt wird die Menge an Hydrauliköl für zumindest einen Schubarm und/oder zumindest einen Knickarmzylinder eines ersten
- 25 Knicksystemes des Kranarmsystems berücksichtigt. Bei einer Ausführung des Hebezeuges mit zwei Knicksystemen wird die Menge an Hydrauliköl für zumindest einen Schubarm und/oder zumindest einen Knickarmzylinder des zweiten Knicksystemes berücksichtigt. Die Eigenmomente bei vorliegender Geometrie des Hebezeuges
- 30 können dadurch besonders bevorzugt im Verformungsmodell einkalkuliert werden.

Als günstig hat sich erwiesen, dass eine Verschiebung der Schwerpunktslage eine Änderung einer Standsicherheit und/oder einer Überlastsicherheit bewirkt.

- 5 Die Standsicherheit bezieht sich in diesem Kontext auf jenes maximale Moment, bei welchem das Hebezeug unter Rücksicht einer definierten Sicherheitsmarge nicht kippt. Die Überlastsicherheit bezieht sich in diesem Kontext auf jenes maximale Moment, bei welchem eine plastische Verformung des Hebezeuges unter
10 Rücksicht einer definierten Sicherheitsmarge noch nicht eintritt.

- Die Verschiebung der Schwerpunktslage kann über eine Sensorik identifiziert werden und/oder aus einem Modell zur Bestimmung
15 der Verformung des Kranarmsystems errechnet werden, wobei die Standsicherheit und Überlastsicherheit genauer berechenbar und/oder besser ausschöpfbar sind.

- Eine Lage des Schwerpunktes kann sowohl vom Hebezeugbetrieb des
20 Hebezeuges als auch von dessen Rüstzustand beeinflusst sein. Beispielsweis bleibt in einem Seilwindenbetrieb ein Gewicht des Krans im Wesentlichen immer konstant, wobei sich jedoch die Schwerpunktslage im Allgemeinen vom Rüstzustand - zum Beispiel bei unterschiedlichen Zuständen eines Seiles wie Anzahl an
25 Seilsträngen, Abwicklungsgrad einer Seiltrommel, Position des Seiles et cetra - abhängig von einer Gewichtsverteilung des Seiles am Hebezeuges ändert.

- Eine seitliche Verformung des Kranarmsystems und/oder eine
30 Neigung der einzelnen Schubarme werden besonders bevorzugt bei der Ermittlung der Position des wenigstens einen Punktes und/oder bei der Bestimmung einer Neigung eines Schubarmes berücksichtigt.

Es kann vorgesehen sein, dass eine Kransteuerung iterativ über eine Geometriesensorik eine Kranposition nach einem starren und nicht geneigten Modell ermittelt, über eine Neigungsmessungssensorik eine Kranposition nach einem starren und geneigten Modell ermittelt und über eine Druckmesssensorik in lastbestimmenden Hubzylindern eine Kranposition verformt und geneigt ermittelt, wobei durch eine Bestimmung der Last und Eigenmomente die Lastmasse respektive Traglast bestimmt wird. Im Allgemeinen kann die Kransteuerung die Prozessschritte auch
5 simultan durchführen und/oder beispielsweise auf die Ermittlung der Lastmasse verzichten.

Gibt ein Benutzer des fahrzeuggebundenen Hebezeuges Steuersignale vor, können Stellgrößen durch die Kransteuerung
15 berechnet werden und beispielsweise für sicherheitsgerichtete Funktionen und/oder Komfortfunktionen adaptiert werden, wobei ein Satz von Stellgrößen für die zugehörigen Aktuatoren generiert werden kann.

Über zumindest zwei Positionen zweier Punkte kann auch ein Winkel ausgewählter Bauteilkomponenten des Hebezeuges bestimmt werden.

Die Merkmale der Verfahrensansprüche sind auf die
25 Vorrichtungsansprüche übertragbar und vice versa.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der Figurenbeschreibung unter Bezugnahme auf die in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele im
30 Folgenden näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 ein Hebezeug mit einer geneigten Kranbasis und einer an einem Kranarmsystem angeordneten Lastmasse in zwei

- unterschiedlichen Geometrien des Kranarmsystems in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 2 ein Hebezeug mit einer geneigten und einer nicht geneigten Kranbasis in einer schematischen Darstellung,
- 5 Fig. 3a-3b ein Hebezeug mit Folgesteuerung und ein Hebezeug ohne Folgesteuerung in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 4a-4c ein Hebezeug bei ungeneigter Kranbasis und unverformtem Kranarmsystem, bei geneigter Kranbasis und unverformtem Kranarmsystem sowie bei geneigter
- 10 Kranbasis und verformtem Kranarmsystem in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 5a-5b ein Hebezeug mit zwei Knicksystemen, wobei ein Winkel zwischen den zwei Knicksystemen unter Berücksichtigung der Verformung des Kranarmsystems und der Neigung der Kranbasis ermittelt wurde sowie ein
- 15 geneigtes und unverformtes Hebezeug, bei welchem Winkel zur Kompensation der Neigung der Kranbasis korrigiert wurden, in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 6 ein fahrzeuggebundenes Hebezeug mit einem Kranarmsystem und einer Kransteuerung in einer schematischen
- 20 Darstellung.

Fig. 1 zeigt ein fahrzeuggebundenes Hebezeug 1, wobei das Fahrzeug aus Übersichtlichkeitsgründen in der Darstellung nicht

25 gezeigt ist (vgl. Fig. 6). Das Hebezeug 1 umfasst ein gelenkiges Kranarmsystem 2 mit einer Kranspitze 3 und einer Kranbasis 4, wobei das Hebezeug 1 dazu ausgebildet ist, unter Berücksichtigung einer ermittelten Position einer Vielzahl an

Punkten 5 (in den folgenden Ausführungen wird der Singular verwendet) des Kranarmsystems 2 und im Besonderen der Kranspitze

30 3 gesteuert zu werden, wobei eine sich unter Einwirkung von dynamischen und statischen Kräften ergebende Verformung 6 des Kranarmsystems 2 bei einer Bestimmung der Position des Punktes 5 berücksichtigt wird. Die Vielzahl an Punkten 5 des

Kranarmsystems 2 wird über ein Verformungsmodell berechnet, wobei über die Vielzahl der Punkte 5 eine Geometrie des Hebezeuges 1 ermittelt wird.

- 5 Das Hebezeug 1 ist in zwei Stellungen dargestellt, wobei aufgrund von Eigenmomenten und einer Lastmasse 22 abhängig von einer Geometrie des Kranarmsystems 2 unterschiedliche Verformungen 6 bedingt sind. Aus den Verformungen 6 kann die Lastmasse 22 errechnet werden und muss nicht separat über eine
- 10 Sensorik ermittelt werden. Strichliert sind die zugehörigen unverformten Geometrien des Kranarmsystems 2 angedeutet.

- Eine Schrägstellung des Hebezeuges 1 aufgrund einer Neigung 7 der Kranbasis 4 relativ zu einer vorgegebenen Richtung im Raum
- 15 bei der Bestimmung der Position des Punktes 5 wird bestimmt und berücksichtigt. Die vorgegebene Richtung im Raum stellt eine Referenzrichtung dar, welche in absoluten Koordinaten (frei zu definierende Weltkoordinaten) definiert werden kann und als Basis für die Geometrie des Kranarmsystems 2 relativ zu einer
- 20 Horizontalen darstellen kann.

- Eine an dem Kranarmsystem 2 des Hebezeuges 1 angeordnete Lastmasse 22 wird unter Berücksichtigung der Verformung 6 des Kranarmsystems 2 und der Neigung 7 der Kranbasis 4 berechnet,
- 25 wobei die Lastmasse 22 vor, während nach und der Bestimmung der Position des Punktes 5 berechnet werden kann. Unterstützend kann eine Winkelsensorik 16 oder eine Drucksensorik 30 (vgl. Fig. 6) herangezogen werden.

- 30 Die berechnete Lastmasse 22 wird in einem Modell zur Bestimmung der Verformung 6 des Kranarmsystems 2 berücksichtigt.

Fig. 2 zeigt das Hebezeug 1 mit einem starren Hebezeugabschnitt 11 als Kransäule 13 sowie Kranbasis 4 und einem verformbaren

Hebezeugabschnitt 14 in Form von Schubarmen 9. Ein an die teleskopierbaren Schubarme 9 angrenzender Knickarm des Knicksystems stellt einen starr angenommenen Hebezeugabschnitt 11 dar. Im Allgemeinen ist die Wahl an starren Bauteilelementen für das Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems 2 beliebig und nicht zwingend erforderlich, wobei besonders bevorzugt sämtliche Abschnitte des Hebezeuges 1 verformbar angenommen werden. Besonders bevorzugt wird ein Neigungssensor 15 an der Kranbasis oder an einem Abschnitt mit geringer Verformbarkeit im Vergleich zu Schubarmen 9 angeordnet, jedoch ist im Allgemeinen auch eine indirekte Bestimmung der Neigung 7 der Kranbasis 4 über das Verformungsmodell denkbar.

Starr bedeutet hierbei, dass diese auch im Verformungsmodell als starr angenommen werden können oder werden. Ein Balkenmodell, wobei beispielsweise auch die relativ zu den Schubarmen 9 starrere Kransäule 13 verformbar angenommen wird, ist besonders bevorzugt, wobei die Neigung 7 des Hebezeuges 1 dennoch an der Kransäule 13 (oder der Kranbasis 4) bestimmt werden kann, selbst wenn diese ebenfalls nicht unerheblichen Verformungen unterliegen kann. Eine direkte Messung der Neigung 7 an der Kranbasis hat sich als besonders günstig erwiesen.

Dargestellt ist das Hebezeug 1 bei geneigter und ungeneigter Kranbasis 4, wobei ein Winkel 18 zwischen einem der Kransäule 13 angrenzenden Arm der Knicksystems identisch ist; die Geometrie des Hebezeuges 1 jedoch aufgrund der Neigung 7 unterschiedlich ausgeprägt ist. Die Neigung 7 kann über Korrekturwinkel unter Berücksichtigung der einhergehenden Verformung des Kranarmsystems 2 kompensiert werden, um einen Punkt 5 wie die Kranspitze 3 automatisch an die gewünschte Stelle zu manövrieren.

Fig. 3a zeigt ein Kranarmsystem 2 mit einer Folgesteuerung, wobei die Schubarme 9 unterschiedliche Steifigkeiten aufweisen, wobei die Steifigkeiten, ein Einfluss der Steifigkeiten auf die Verformung 6 des Kranarmsystems 2 und die Verformung 6 des

5 Kranarmsystems unter anderem zur Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes 5 ermittelt und berücksichtigt werden. Der Einfluss der Steifigkeiten auf die Verformung 6 fließt anschließend in das Verformungsmodell ein, wobei die Steifigkeiten im Allgemeinen auch bereits bekannt sein können.

10 Aktuell vorliegende Hublängen 10 der teleskopierbaren Schubarme 9 des Kranarmsystems 2 werden bei der Bestimmung der Position des Punktes 5 berücksichtigt.

Die Steifigkeiten sowie deren Einfluss auf die Verformung 6 der

15 Schubarme 9 des Kranarmsystems 6 können bei einem geneigten Hebezeug 1 gegebenenfalls über die Neigung 7 der Kranbasis 4, die Schrägstellung des Hebezeuges 1 oder die Hublänge 10 der Schubarme 9 berechnet werden.

20 Fig. 3b zeigt das Kranarmsystem 2 umfassend ein Knicksystem mit einem teleskopierbaren Schubarmsystem 8 und einer Vielzahl an teleskopierbaren Schubarmen 9, wobei eine aktuelle Hublänge 10 wenigstens eines der Schubarme 9 bei der Bestimmung der Position des Punktes 5 über eine Hublängensensorik (in der Darstellung

25 nicht ersichtlich) bestimmt und berücksichtigt wird. Die aktuelle Hublänge 10 wird in einem Modell zur Bestimmung der Verformung 6 des Kranarmsystems 2 berücksichtigt. Das dargestellte Hebezeug 1 umfasst im Unterschied zu Fig. 3a jedoch keine Folgesteuerung.

30

Fig. 4a zeigt einen Zustand eines Hebezeuges 1 in nicht geneigter und unverformter Stellung.

Fig. 4b zeigt ein Hebezeug 1 mit einer Schrägstellung aufgrund einer Neigung 7 der Kranbasis 4, wobei das Hebezeug 1 unverformt ist.

5 Fig. 4c zeigt ein geneigtes und verformtes Hebezeug 1, wobei ein Modell zur Bestimmung der Verformung 6 des Kranarmsystems 2 (und des gesamten Hebezeuges 1) durch einen vorgebbaren Verschleiß des Kranarmsystems 2 und vorgebbaren Parameter kalibriert werden kann, um eine Genauigkeit der Bestimmung der Position des
10 Punktes 5 zu erhöhen. Eine Kransteuerung 25 kann beispielsweise bei einem vorliegenden Verschleiß die Geometrie des Kranarmsystems 2 entsprechend der Vorgaben adaptieren oder Bedienervorgaben aufgrund mangelnder Sicherheitsparameter verhindern.

15

Die Verformung 6 ist im Allgemeinen sowohl von der Lastmasse 22 als auch der Neigung 7 und der Eigenmomente bei vorliegender Geometrie des Hebezeuges 1 abhängig.

20 Es können manuell Steuersignal für das Hebezeug 1 vorgegeben werden und Stellgrößen für die mit dem Kranarmsystem 2 in Verbindung stehenden Aktuatoren 23 (siehe Fig. 6) unter Berücksichtigung der Position des Punktes 5 und einer prognostizierten Position des Punktes 5 berechnet werden.

25

Durch die Bestimmung der Position des Punktes 5 kann eine Trajektorienplanung der Position des Punktes 5 oder des Hebezeuges 1 an sich unter Berücksichtigung der Neigung 7 der Kranbasis 4 und der Verformung 6 des Kranarmsystems 2 entlang
30 einer geplanten Trajektorie im Sinne einer Bahnplanung erstellt werden, wobei die Trajektorienplanung auf Basis der in einer Datenbank 24 (vgl. Kransteuerung 25 in Fig. 6) gespeicherten Position des Punktes 5 erstellt oder neu berechnet werden kann.

Fig. 5a zeigt das Hebezeug 1, wobei über einen Neigungssensor 15 und eine Winkelsensorik 16 (vgl. Fig. 6), die Neigung 7 der Kranbasis 4 relativ zu einem planen Untergrund 17 als Referenz und Winkel 18 zwischen zwei Knicksystemen sowie Winkel 18
5 zwischen einem ersten Schubarm 9 (dem der Kransäule 13 nächsten Schubarm 9) eines ersten Knicksystems und einem dem ersten Schubarm 9 (in Richtung der Kransäule 13) angrenzenden Knickarm ermittelt wird. Strichliert sind Geometrien der Knicksysteme angedeutet, welche der, insbesondere über die Neigung 7
10 bedingten, Verformung 6 nicht Rechnung tragen.

Die Winkel 18 relativ zu einer strichpunktierten Linie werden errechnet, wobei diese der Verformung 6 über die einzelnen Schubarme 9 Rechnung trägt, um eine Neigung des zweiten
15 Knicksystems in absoluten Koordinaten im Raum korrekt bestimmen zu können, wobei diese Neigung nicht lediglich über eine Winkelbestimmung (relative Koordinaten) zwischen den beiden Knicksystemen (oder gegebenenfalls mit Korrekturwinkeln) ermittelbar wäre.

20

Im Allgemeinen können auch Winkel 18 zwischen weiteren starren Hebezeugabschnitten 11 und/oder starren und/oder verformbaren Hebezeugabschnitten 11, 14 ermittelt oder berechnet werden.

25 Die Neigung 7 der Kranbasis 4, die Schrägstellung des Hebezeuges 1 und die erfassten oder berechneten Winkel 18 werden in dem Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems 2 berücksichtigt, wobei die Position des Punktes 5 berechnet wird.

30 Grundsätzlich unterliegt auch das zweite Knicksystem einer Verformung 6, jedoch wurde das zweite Knicksystem als Teil des Kranarmsystems 2 als starr und somit unverformt im Verformungsmodell angenommen. Im Allgemeinen kann jedoch auch eine Verformung 6 des zweiten Knicksystems im Modell zur

Berechnung der Verformung 6 des gesamten Kranarmsystems 2 einbezogen werden. Im Allgemeinen können mehrere Knicksysteme und/oder Teleskopiersysteme im Kranarmsystem 2 des Hebezeuges 1 zusammengefasst sein, wobei das Hebezeug 1 auch mehrere
5 Kranarmsysteme 2 umfassen kann. beide Knicksysteme als ein gemeinsames Kranarmsystem 2 oder angesehen werden. Die Position des zu ermittelnden Punktes 5 (hier als Anbindungsposition des zweiten Knicksystems) ist im Allgemeinen beliebig und kann beispielsweise auch die Kranspitze 3 des zweiten Knicksystems
10 darstellen. Eine Vielzahl an Punkten 5 ist besonders bevorzugt, um die Geometrie des Hebezeuges 1 mit hoher Genauigkeit modellieren zu können.

Fig. 5b zeigt ein geneigtes Hebezeug 1, wobei strichliert die
15 Krangeometrie bei nicht vorhandener Neigung 7 der Kranbasis 4 angedeutet ist. Strichpunktiert ist die Krangeometrie bei der vorliegenden Neigung 7 der Kranbasis 4 ersichtlich, wobei in der Darstellung die Winkel 18 des Knicksystems des Kranarmsystems 2 derart angepasst wurden, sodass sich die Kranspitze 3 dem
20 ungeneigten Zustand bei selbigen Hublängen 10 der Schubarme 9 annähert. Aus den Hublängen 10 der einzelnen Schubarme 9 kann eine Gesamthublänge des Kranarmsystems berechnet werden.

Im Allgemeinen sind hierbei auch die unterschiedlichen
25 Verformungen 6 des Hebezeuges 1 zu berücksichtigen, da in diesem geneigten Zustand der Kranbasis 4 eine erhöhte Verformung 6 auftritt. Die Hublängen 10 der Schubarme 9 ergeben einen weiteren anzupassenden Freiheitsgrad, wobei auch variierende Steifigkeiten unterschiedliche Verformungen 6 erwirken. Die
30 erforderlichen Korrekturwinkel für das Knicksystem können aus dem Modell zur Berechnung der Verformung des Kranarmsystems 2 - vorzugsweise über Vektoraddition - errechnet werden, sodass auch unter Berücksichtigung einer gegebenenfalls angeordneten Lastmasse 22 ein seitlicher Versatz und ein Höhenversatz (sowie

eine Ausladung) kompensiert wird, wobei insbesondere Sicherheitskriterien berücksichtigt werden können.

Beispielsweise kann die Neigung 7 durch die Steuer- und/oder
5 Regelvorrichtung 28 wie folgt kompensiert werden: Ein Koordinatensystem wird als Referenz ausgewählt, wobei sich diese Referenz im Zuge der Neigungskompensation im Allgemeinen ändert und dementsprechend während der Berechnung adaptiert werden sollte. Über lineare Algebra kann auf einen ersten
10 Korrekturwinkel eines Armes des Kranarmsystems 2 geschlossen werden, wobei durch eine Randbedingung, dass die Position eines Punktes 5 der geneigten Geometrie mit der Position des zugehörigen Punktes 5 der Ausgangsgeometrie des Kranarmsystems 2 identisch sein soll, im Verformungsmodell auf einen zweiten
15 Korrekturwinkel des Armes geschlossen werden kann, welcher beispielsweise eine geänderte Schwerpunktslage, geänderte Hydraulikölverteilung, geänderte Eigenmomente, geänderte Lastmassenposition et cetera in Transformationsmatrizen berücksichtigt.

20

Eine Schwerpunktslage des Kranarmsystems 2 in der Bestimmung der Position des Punktes 5 wird in Abhängigkeit von der Neigung 7 der Kranbasis 4, der Verformung des Kranarmsystems 2, einer Geometrie des Kranarmsystems 2 und einem in den Schubarmen 9 des
25 Kranarmsystems 2 angeordneten Gewichtes an Hydrauliköl berücksichtigt. Eine an dem Hebezeug 1 angeordnete Lastmasse 22 wird über die Neigung 7 der Kranbasis 4, der Verformung 6 des Kranarmsystems 2, der Geometrie des Kranarmsystems 2 und dem in den Schubarmen 9 des Kranarmsystems 2 angeordneten Gewichtes an
30 Hydrauliköl berechnet, wobei das Gewicht des Hydrauliköls sowie die Lastmasse 22 in das Modell zur Berechnung der Verformung des Kranarmsystems 2 und in weiterer Folge zur Bestimmung der Position des Punktes 5 einfließt. Eine Verschiebung der Schwerpunktslage kann eine Änderung einer Standsicherheit oder

einer Überlastsicherheit bewirken und ist dementsprechend in dem Berechnungsalgorithmus beziehungsweise dem Modell zur Bestimmung der Verformung des Hebezeuges 1 einzubeziehen.

- 5 Fig. 6 zeigt ein fahrzeuggebundenes Hebezeug 1, welches an einem Fahrzeug 12 mit einer Abstützvorrichtung angeordnet ist. Die Position der Abstützvorrichtung ist im Allgemeinen beliebig, wobei die Neigung der Kranbasis 4 in Bezug auf eine Neigung des Fahrzeuges 12 beispielsweise bei einem unebenen Untergrund oder
10 unterschiedlichen Festigkeiten des Untergrundes unterschiedlich ausfallen kann. Die Winkelsensorik 16 ist bevorzugt in einem Drehgelenk des Hebezeuges 1 verortet.

- Das Hebezeug 1 ist mit einer mit dem Kranarmsystem 2 in
15 signalleitender Datenverbindung stehenden Kransteuerung 25 ausgebildet, wobei die Kransteuerung 25 auch Teil des Hebezeuges 1 oder in kabelgebundener Verbindung mit dem Kranarmsystem 2 stehen kann. Das Hebezeug 1 umfasst eine Steuer- und/oder Regelvorrichtung 28, ein gelenkiges Kranarmsystem 2 mit einer
20 Kranspitze 3, einer Kranbasis 4, einem an dem Hebezeug 1 angeordneten Sensor 29 und einem ebenfalls am Hebezeug 1 angeordneten Neigungssensor 15.

- Der Steuer- und/oder Regelvorrichtung 28 für das Hebezeug 1 sind
25 Sensorsignale des am Hebezeug 1 angeordneten Sensors 29 zuführbar, wobei die Steuer- und/oder Regelvorrichtung 28 in zumindest einem Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, unter Berücksichtigung der Sensorsignale eine sich unter Einwirkung von dynamischen und statischen Kräften ergebende Verformung 6
30 des Kranarmsystems 2 zu ermitteln und unter Berücksichtigung der Verformung 6 eine Position von Punkten 5 des Kranarmsystems 2 wie der Kranspitze 3 zu bestimmen. Die Steuer- und/oder Regelvorrichtung 28 ist mit dem Neigungssensor 15 signalleitend verbunden, wobei die Steuer- und/oder Regelvorrichtung 28 in dem

zumindest einen Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, unter Berücksichtigung von Neigungssensorsignalen des Neigungssensors 15 eine Schrägstellung des Hebezeuges 1 aufgrund einer Neigung 7 der Kranbasis 4, auf welchem das Hebezeug 1 angeordnet ist, 5 relativ zu einer vorgegebenen oder vorgebbaren Richtung im Raum zu bestimmen und bei der Bestimmung der Positionen der Punkte 5 zu berücksichtigen.

Die Kransteuerung 25 umfasst einen Datenspeicher, welcher als 10 Datenbank 24 ausgebildet ist und eine Steuer- und/oder Regelvorrichtung 28 als Bestimmungsmodul der Kransteuerung 25 zur Ausführung des Verfahrens, wobei auf dem Datenspeicher ein Algorithmus in Form eines Computerprogrammes abgespeichert ist und bei Ausführung des Computerprogrammes durch die Steuer- 15 und/oder Regelvorrichtung 28 Befehle ausgeführt werden, welche die Steuer- und/oder Regelvorrichtung 28 dazu veranlassen, das Hebezeug 1 unter Rücksicht der Positionen der Punkte 5 zu steuern.

20 Die Position des Punktes 5 mit der damit verbundenen Neigung 7 der Kranbasis 4 und weiteren Informationen wie beispielsweise die mit der Position des Punktes 5 verbundenen Hublängen 10 von Schubarmen 9 und Winkeln 18 zwischen Schubarmen 9 oder Schubarmen 9 und der Kranbasis 4 können in der Datenbank 24 25 gespeichert werden.

Die Position des Punktes 5 kann einer semi-automatischen Funktion der Kransteuerung 25 zur Verfügung gestellt werden, wobei eine Trajektorienplanung des Hebezeuges 1 unter 30 Berücksichtigung der Position des Punktes 5 ermittelt und durch manuelle Vorgaben eines Bedieners des Hebezeuges 1 korrigiert werden kann.

Das Hebezeug 1 umfasst eine Erfassungssensorik 26 in Form einer Kamera zur Erfassung von Objekten und Hindernissen in einer Reichweite des Hebezeuges 1, wobei die Objekte und Hindernisse in der Trajektorienplanung über die Steuer- und/oder
5 Regelvorrichtung 28 der Kransteuerung 25 berücksichtigt werden. Anderweitige Erfassungssensoriken 26 wie Lidar, Radar oder dergleichen sind ebenfalls möglich.

Eine Verformung 6 und Neigung 7 des Fahrzeuges 12, auf welchem
10 das Hebezeug 1 angeordnet ist, gegenüber einem Untergrund 17 kann über eine Fahrzeugssensorik ermittelt oder berechnet werden, wobei diese zusätzlichen Daten bei der Bestimmung der Position des Punktes 5 berücksichtigt werden können.

15 Weist das Kranarmsystem 2 eine partielle Folgesteuerung oder keine Folgesteuerung auf, können Hublängen 10 der Schubarme 9 über eine zusätzliche Sensorik ermittelt und/oder Steifigkeiten nicht folgegesteuerter Schubarme 9 zu einer gemeinsamen Steifigkeit unter Berücksichtigung von Schwerpunktsänderungen in
20 der Berechnung zusammengefasst werden. Auch ist möglich, Berechnungen der Verformung 6 des Kranarmsystems 2 über ein Verformungsmodell mit einer ersten Steifigkeit der Schubarme 9 und mit einer davon unterschiedenen zweiten gegenüber Steifigkeit der Schubarme 9 durchzuführen, wobei insbesondere
25 jene Berechnung genutzt wird, welche die ungünstigere Position des Punktes 5 generiert.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Steuern und/oder Regeln eines fahrzeuggebundenen Hebezeuges (1), umfassend ein gelenkiges Kranarmsystem (2) mit einer Kranspitze (3) und einer Kranbasis (4), unter Berücksichtigung einer ermittelten Position wenigstens eines Punktes (5) des Kranarmsystems (2), insbesondere der Kranspitze (3), wobei eine sich unter Einwirkung von dynamischen und/oder statischen Kräften ergebende Verformung (6) des Kranarmsystems (2) bei einer Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5) berücksichtigt wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schrägstellung des Hebezeuges (1) aufgrund einer Neigung (7) der Kranbasis (4) relativ zu einer vorgegebenen oder vorgebbaren Richtung im Raum bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5) bestimmt und berücksichtigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Kranarmsystem (2) wenigstens ein teleskopierbares Schubarmsystem (8) mit wenigstens zwei Schubarmen (9) umfasst, wobei eine aktuelle Hublänge (10) wenigstens eines der wenigstens zwei Schubarme (9) bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5), vorzugsweise über eine Hublängensensorik, bestimmt und berücksichtigt wird, wobei die aktuelle Hublänge (10) in einem Modell zur Bestimmung der Verformung (6) des Kranarmsystems (2) berücksichtigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die wenigstens zwei Schubarme (9) voneinander unterscheidende Steifigkeiten aufweisen, wobei die Steifigkeiten zur Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5) berechnet und/oder berücksichtigt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Steifigkeiten, ein Einfluss der Steifigkeiten auf die Verformung (6) des Kranarmsystems (2) und/oder die Verformung (6) des Kranarmsystems (2) über die Neigung (7) der Kranbasis (4) und/oder die Schrägstellung des Hebezeuges (1) und/oder die Hublänge (10) der wenigstens zwei Schubarme (9) ermittelt werden.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Kranarmsystem (2) zumindest zwei teleskopierbare Schubarme (9) umfasst, wobei die zumindest zwei Schubarme (9) eine Folgesteuerung aufweisen, wobei eine aktuell vorliegende Hublänge (10) des zumindest einen Schubarmes (9) bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5) berücksichtigt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Kranarmsystem (2) zumindest zwei teleskopierbare Schubarme (9) umfasst und eine partielle Folgesteuerung umfasst oder folgesteuerungslos ausgebildet ist, wobei
- eine zusätzliche Sensorik zur Ermittlung von Hublängen (10) der zumindest zwei Schubarme (9) vorgesehen ist und/oder
 - Steifigkeiten nicht folgegesteuerter Schubarme (9) zu einer gemeinsamen Steifigkeit zusammengefasst werden, wobei vorzugsweise eine Schwerpunktsverschiebung des Hebezeuges (1) berücksichtigt wird, und/oder
 - eine Berechnung der Verformung (6) des Kranarmsystems (2) über ein Modell zur Bestimmung der Verformung (6) des Kranarmsystems (2) mit einer ersten Steifigkeit der zumindest zwei Schubarme (9) und mit einer zweiten, gegenüber der ersten Steifigkeit

unterschiedlichen, Steifigkeit der zumindest zwei Schubarme (9) durchgeführt wird.

- 5 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Hebezeug (1) wenigstens einen starren Hebezeugabschnitt (11), vorzugsweise die Kranbasis (4), ein Fahrzeug (12) für das Hebezeug (1) und/oder eine Kransäule (13), und wenigstens einen verformbaren Hebezeugabschnitt (14), vorzugsweise zumindest einen gegebenenfalls vorhandenen
- 10 Schubarm (9) des Kranarmsystems (2), umfasst, wobei die Neigung (7) des Hebezeuges (1) an dem wenigstens einen starren Hebezeugabschnitt (11) bestimmt wird und/oder in einem Modell zur Bestimmung der Verformung (6) des Kranarmsystems (2) berücksichtigt wird.
- 15 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei, vorzugsweise über wenigstens einen Neigungssensor (15) und/oder wenigstens eine Winkelsensorik (16),
- die Neigung (7) der Kranbasis (4) relativ zu einem
 - 20 Untergrund (17), und/oder
 - wenigstens ein Winkel (18) zwischen einem starren Hebezeugabschnitt (11) und wenigstens einen weiteren starren Hebezeugabschnitt (11), und/oder
 - wenigstens ein Winkel (18) zwischen einem starren
 - 25 Hebezeugabschnitt (11) und einem verformbaren Hebezeugabschnitt (14), und/oder
 - wenigstens ein Winkel (18) zwischen einem verformbaren Hebezeugabschnitt (14) und einem weiteren verformbaren Hebezeugabschnitt (14)
- 30 ermittelt wird, wobei die Neigung (7) der Kranbasis (4), die Schrägstellung des Hebezeuges (1) und/oder der wenigstens eine Winkel (18) in einem Modell zur Bestimmung der Verformung des Kranarmsystems (2) berücksichtigt wird,

wobei die Position des wenigstens einen Punktes (5) berechnet wird.

- 5 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Vielzahl an Punkten (5) des Kranarmsystems (2) berechnet wird, wobei über die Vielzahl der Punkte (5) eine Geometrie des Kranarmsystems (2), vorzugsweise des Hebezeuges (1), ermittelt wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine an dem Hebezeug (1) angeordnete Lastmasse (22) unter Berücksichtigung der Verformung (6) des Kranarmsystems (2) und der Neigung (7) der Kranbasis (4) berechnet wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Lastmasse (22) vor, während und/oder nach der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5), besonders bevorzugt über eine gegebenenfalls vorhandene Winkelsensorik (16) und/oder eine Drucksensorik (30), berechnet wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Lastmasse (22), vorzugsweise die nach Anspruch 10 berechnete Lastmasse (22) in einem Modell zur Bestimmung der Verformung (6) des Kranarmsystems (2) berücksichtigt wird.
- 20 12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Modell zur Bestimmung der Verformung (6) des Kranarmsystems (2) durch einen vorgebbaren oder vorgegebenen Verschleiß des Kranarmsystems (2) und/oder zumindest einen vorgebbaren oder vorgegebenen Parameter kalibriert wird.
- 25 30 13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei manuell wenigstens ein Steuersignal für das Hebezeug (1)

5 vorgegeben wird und wenigstens eine Stellgröße für wenigstens einen Aktuator (23) unter Berücksichtigung der Position des wenigstens einen Punktes (5) und/oder einer prognostizierten Position wenigstens eines Punktes (5) berechnet wird.

10 14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Verformung (6) und/oder Neigung (7) eines Fahrzeuges (12), auf welchem das Hebezeug (1) angeordnet ist, gegenüber einem Untergrund (17) ermittelt und/oder berechnet wird und bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5) berücksichtigt wird.

15 15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Position des wenigstens einen Punktes (5) mit der damit verbundenen Neigung (7) der Kranbasis (4) und/oder der damit verbundenen Verformung (6) des Kranarmsystems (2), vorzugsweise mit gegebenenfalls vorhandenen Hublängen (10) von Schubarmen (9) und/oder Winkeln (18) zwischen Schubarmen (9) und der Kranbasis (4), in einer Datenbank (24) gespeichert werden.

25 16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei durch die Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5) eine Trajektorienplanung der Position des wenigstens einen Punktes (5) und/oder des Hebezeuges (1) unter Berücksichtigung der Neigung (7) der Kranbasis (4) und der Verformung (6) des Kranarmsystems (2) entlang einer geplanten Trajektorie erstellt wird.

30 17. Verfahren nach Anspruch 15 und 16, wobei die Trajektorienplanung auf Basis der in der Datenbank (24) gespeicherten Positionen des wenigstens einen Punktes (5) erstellt wird.

18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Position des wenigstens einen Punktes (5) wenigstens einer semi-automatischen Funktion einer Kransteuerung (25) zur Verfügung gestellt wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eine Trajektorienplanung des Hebezeuges (1) unter Berücksichtigung der Position des wenigstens einen Punktes (5) ermittelt und/oder durch manuelle Vorgaben korrigierbar ist.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei wenigstens eine Erfassungssensorik (26), vorzugsweise Kamera, zur Erfassung von Objekten und/oder Hindernissen in einer Reichweite des Hebezeuges (1) vorgesehen ist, wobei die Objekte und/oder Hindernisse in der Trajektorienplanung berücksichtigt werden.
20. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Schwerpunktslage des Kranarmsystems (2) in der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5) in Abhängigkeit von der Neigung (7) der Kranbasis (4), der Verformung des Kranarmsystems (2), einer Geometrie des Kranarmsystems (2) und/oder einem in wenigstens einem Schubarm (9) des Kranarmsystems (2) angeordneten Gewichtes an Hydrauliköl berücksichtigt wird, wobei vorzugsweise eine an dem Hebezeug (1) gegebenenfalls angeordnete Lastmasse (22) über die Neigung (7) der Kranbasis (4), der Verformung (6) des Kranarmsystems (2), der Geometrie des Kranarmsystems (2) und/oder dem in dem wenigstens einen Schubarm (9) des Kranarmsystems (2) angeordneten Gewichtes an Hydrauliköl berechnet wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei eine Verschiebung der Schwerpunktslage eine Änderung einer Standsicherheit und/oder einer Überlastsicherheit bewirkt.
- 5 22. Steuer- und/oder Regelvorrichtung (28) für ein fahrzeuggebundenes Hebezeug (1) umfassend ein gelenkiges Kranarmsystem (2) mit einer Kranspitze (3), wobei der Steuer- und/oder Regelvorrichtung (28) wenigstens ein Sensorsignal wenigstens eines am Hebezeug (1) angeordneten
10 Sensors (29) zuführbar ist, wobei die Steuer- und/oder Regelvorrichtung (28) in zumindest einem Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, unter Berücksichtigung des wenigstens einen Sensorsignales eine sich unter Einwirkung von dynamischen und/oder statischen Kräften ergebende
15 Verformung (6) des Kranarmsystems (2) zu ermitteln und unter Berücksichtigung der Verformung (6) eine Position wenigstens eines Punktes (5) des Kranarmsystems (2), insbesondere der Kranspitze (3), zu bestimmen, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuer- und/oder Regelvorrichtung
20 (28) mit einem Neigungssensor (15) signalleitend verbunden oder verbindbar ist, wobei die Steuer- und/oder Regelvorrichtung (28) in dem zumindest einen Betriebsmodus dazu konfiguriert ist, unter Berücksichtigung von Neigungssensorsignalen des Neigungssensors (15) eine
25 Schrägstellung des Hebezeuges (1) aufgrund einer Neigung (7) der Kranbasis (4), auf welchem das Hebezeug (1) angeordnet ist, relativ zu einer vorgegebenen oder vorgebbaren Richtung im Raum zu bestimmen und bei der Bestimmung der Position des wenigstens einen Punktes (5) zu
30 berücksichtigen.
23. Steuer- und/oder Regelvorrichtung (28) nach Anspruch 22, wobei die Steuer- und/oder Regelvorrichtung (28) dazu

ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21 auszuführen.

- 5 24. Fahrzeuggebundenes Hebezeug (1) mit zumindest einer Steuer- und/oder Regelvorrichtung (28) nach Anspruch 22 oder 23, einem gelenkigen Kranarmsystem (2) mit einer Kranspitze (3), einer Kranbasis (4), wenigstens einem am Hebezeug (1) angeordneten Sensor (29) und einem Neigungssensor (15).
- 10
25. Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, welche bei Ausführung durch eine Steuer- und/oder Regelvorrichtung (28) nach Anspruch 22 oder 23 diese dazu veranlassen, die Schritte zumindest eines Verfahrens nach einem der
- 15 Ansprüche 1 bis 21 auszuführen.