

Verfahren zur indirekten Bestimmung einer Ausschublänge
zumindest eines Teleskopschubarmes eines Teleskopauslegers

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur indirekten Bestimmung
5 einer Ausschublänge zumindest eines Teleskopschubarmes eines
Teleskopauslegers relativ zu einem weiteren Teleskopschubarm
und/oder einem Hauptarm des Teleskopauslegers, insbesondere
zumindest eines Teiles des Teleskopauslegers, eines Hebezeuges.
Weiters betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt. Des
10 Weiteren betrifft die Erfindung ein Hebezeug, umfassend
wenigstens einen Teleskopschubarm und/oder wenigstens einen
Teleskopausleger, wenigstens einen ersten Sensor, welcher von
einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor
verschieden ist, gegebenenfalls wenigstens einen weiteren
15 Sensor, welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten
Ausschublängensensor verschieden ist, und wenigstens eine
Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung.

Herkömmliche Hebezeuge aus dem Stand der Technik verwenden
20 üblicherweise ein Messseil, um direkt die Ausschublänge des
Teleskopauslegers zu bestimmen. Die Kosten für Messseile sind
jedoch erheblich und insbesondere aufgrund der exponierten
Position des Messseiles an Teleskopschubarmen ist das Messseil
Umwelteinflüssen wie Witterung ausgesetzt, wodurch die Standzeit
25 des Messseiles limitiert ist und Einbau- und/oder
Wartungsarbeiten insbesondere in Verbindung mit einer
Seilführung des Messseiles aufwändig sind. Darüber hinaus ist
das Messseil aus Platzgründen oftmals nicht im Hebezeug zu
integrieren und auch die Gefahr eines Reißens des Messseiles
30 und/oder eines Herausfallens aus der Seilführung besteht bei
dieser Form der Bestimmung der Ausschublänge, wodurch die
Funktionalität des Hebezeuges stark eingeschränkt wird. Darüber
hinaus muss das Messseil für einen sachgemäßen Betrieb permanent
vorgespannt werden.

Ein Verfahren zur indirekten Bestimmung der Ausschublänge ist bereits aus der Schrift DE 10 2019 211 880 A1 bekannt, wobei anhand einer einem Druckraum eines Hydraulikzylinders zu- oder
5 abgeführten Fluidmenge an Hydraulikfluid ein aktueller Zylindervolumenwert ermittelt wird, wobei aufgrund des Zylindervolumenwerts auf einen aktuellen Wert der Ausschublänge geschlossen werden kann. Die Bestimmung der Ausschublänge auf Basis von Hydraulikfluid-Bewegungen ist jedoch in der Praxis
10 nicht ausreichend, um eine hinreichend exakte Ermittlung der Ausschublänge gewährleisten zu können, insbesondere da eine Vielzahl an Einflussgrößen – wie Druck, Temperatur, Viskosität et cetera – bei der Bestimmung der Ausschublänge einfließen und ein hohes Maß an Präzision der aktuell vorliegenden
15 Ausschublänge erforderlich ist, um diese beispielsweise Komfortfunktionen des Hebezeuges für zuverlässige Berechnungen zuführen zu können. Zudem akkumuliert sich ein absoluter Fehler rasch zu hohen Abweichungen, da die Ungenauigkeiten als inkrementeller Fehler permanent aufsummiert werden.

20

Die objektive technische Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zur indirekten Bestimmung einer Ausschublänge sowie ein Hebezeug anzugeben, bei welchen die
25 Nachteile des Standes der Technik zumindest teilweise behoben sind, und welche sich insbesondere dadurch auszeichnen, auch bei Hebezeugen beschränktem Bauraum einsetzbar zu sein, wobei auch komplexen Komfortfunktionen ohne der Notwendigkeit von Messeilen oder dergleichen ein akkurater respektive
30 verlässlicher Wert der Ausschublänge bereitgestellt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

Es ist demnach erfindungsgemäß vorgesehen, dass folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- wenigstens ein erster Sensor, welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor verschieden ist, ermittelt wenigstens einen ersten Parameter des zumindest einen Teleskopschubarmes und/oder Teleskopauslegers, insbesondere über ein Zeitintervall, wobei über den wenigstens einen ersten Parameter, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, eine erste virtuelle Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet wird
 - der wenigstens eine erste Sensor und/oder wenigstens ein weiterer Sensor, welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor verschieden ist, ermittelt wenigstens einen weiteren Parameter des zumindest einen Teleskopschubarmes und/oder Teleskopauslegers, insbesondere über ein Zeitintervall, wobei über den wenigstens einen weiteren Parameter, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet wird
 - die Ausschublänge des zumindest einen Teleskopschubarmes oder des Teleskopauslegers wird durch die erste virtuelle Ausschublänge und die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet.
- Dadurch wird es erst ermöglicht, dass die Ausschublänge ohne eine Sensorik zur direkten Bestimmung der Ausschublänge ermittelt werden kann. Hinzu kommt die positive Eigenschaft, dass die Ausschublänge sehr präzise bestimmt werden kann, da die Ausschublänge über zumindest zwei virtuelle Ausschublängen – basierend beispielsweise auf Berechnungen unterschiedlicher zugrundeliegender physikalischen Modelle – bestimmt werden kann, wobei das Verfahren flexibel bei unterschiedlichsten konstruktiven Ausgestaltungen von Hebezeugen insbesondere zur Reduktion von benötigtem Bauraum einsetzbar ist.

Ein Hebezeug kann beispielsweise ein teleskopierbares Arbeitsgerät mit einem Arbeitskorb oder zur Aufnahme von Containern und/oder zur Bewegung von Lasten mit einem Lastanschlagmittel darstellen. Besonders bevorzugt stellt das Hebezeug eine Maschine wie beispielsweise einen Kran, eine Hubarbeitsbühne oder einen Kranarm dar.

Der durch den Sensor ermittelte Parameter kann beispielsweise ein Sensorsignal oder eine davon abgeleitete Größe darstellen, wobei die abgeleitete Größe bevorzugt berechnet und/oder über ein physikalisches Modell bestimmt wird. Der Parameter kann im Allgemeinen zeitdiskret oder zeitkontinuierlich ermittelt werden, wobei auch die Ausschublänge zeitdiskret oder zeitkontinuierlich, insbesondere in Abhängigkeit der beteiligten Sensoren und/oder physikalischen Modelle, ermittelt werden kann.

Beispielsweise stellt eine Koordinatensteuerung eine Komfortfunktion für das Hebezeug dar, welche mithilfe eines solchen Verfahrens ausgeführt werden kann, um exakte Vertikalbeziehungsweise Horizontal-Hübe des Teleskopauslegers benutzerfreundlich steuern zu können. Darüber hinaus ist das Verfahren auch bei Standsicherheits- und/oder Überlastsicherheits-Konzepten anwendbar, wobei insbesondere auf normative Vorgaben bezüglich Sicherheitsaspekten Rücksicht genommen werden kann. Insbesondere werden jedoch Kosten für nicht sicherheitsgerichtete Komfortfunktionen (wie Assistenzfunktionen zur Performancesteigerung) eingespart und Montage- sowie Wartungsarbeiten reduziert, da die Ermittlung der Ausschublänge anhand physikalischer Modelle erfolgen kann. Die vorliegende Erfindung ist zudem bei einem breiten Spektrum an unterschiedlichsten Hebezeugen flexibel implementierbar und in der Regel mit einer bereits am Hebezeug vorhandenen Sensorik verwendbar, ohne das Hebezeug konstruktiv umgestalten zu müssen.

Der wenigstens eine erste Sensor und der wenigstens eine weitere Sensor können unter Berücksichtigung von jeweils voneinander unterschiedlichen zugrundeliegenden physikalischen Modellen für die Weiterverarbeitung der Sensorsignale und/oder davon abgeleiteten Größen als virtuelle Sensoren hinsichtlich der Erfassung der Ausschublänge erachtet werden, welche sich von einem direkten Ausschublängensensor zur direkten Bestimmung der Ausschublänge unterscheiden. Beispiele für derartige direkte Ausschublängensensoren können in diesem Kontext GPS, Laser, Lidar, Radar, Kameras, Messseile, Potentiometer, Magnetbandkodierungen, induktive oder magnetoresistive Längenmessungssensoren oder dergleichen darstellen, wobei der wenigstens eine erste Sensor und der wenigstens eine weitere Sensor jeweils indirekt auf die Ausschublänge rückschließen lassen.

Ein erster im Zusammenhang mit der virtuellen Ausschublänge in Zusammenhang stehende Teleskopschubarm ist nicht auf einen innersten oder äußersten Teleskopschubarm beschränkt, sondern kann jeden Teleskopschubarm des Teleskopauslegers darstellen. Die Ausschublänge ist als (insbesondere aktuell vorliegende oder ab einem vordefinierten Wert kumulierte) austeleskopierte Länge eines Teleskopschubarmes, eines Teilbereiches des Teleskopauslegers oder des Teleskopauslegers definiert. Der Hauptarm ist in diesem Kontext dahingehend definiert, dass er den einer Kransäule nächstliegenden, vorzugsweise nicht teleskopierbaren, Teleskopschubarm des Teleskopauslegers darstellt, wobei aus dem Hauptarm der dem Teleskopausleger nächstliegende Teleskopschubarm teleskopierbar ist.

Der Hauptarm kann als Knickarm oder, insbesondere nicht teleskopierbarer, Kranarm identifiziert werden, wobei im Allgemeinen auch der dem Knickarm oder teleskopierbaren

Teleskopausleger vorgeschaltene Kranarm – beispielsweise in Form einer Kransäule oder einem der Kransäule nächstliegenden Kranarm – als Hauptarm definiert werden kann, wobei die virtuelle Ausschublänge des Teleskopauslegers von einem beliebigen Referenzpunkt aus ermittelt werden kann.

Wie eingangs ausgeführt, wird Schutz auch begehrt für ein Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, welche bei der Ausführung durch eine Recheneinheit diese veranlassen, aus einer Speichereinheit, welche mit der Recheneinheit in einer Datenverbindung steht oder in eine solche bringbar ist, ein Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche auszuführen.

Die Recheneinheit und/oder die Speichereinheit können beispielsweise von einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung des Hebezeuges – zum Beispiel in Form eines Modules – umfasst sein oder in signalleitender Verbindung mit dieser stehen. Die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung kann die Berechnung der Ausschublänge – beispielsweise über einen Algorithmus und unter Zuhilfenahme physikalischer Modelle – ausführen.

Wie eingangs ausgeführt, wird Schutz auch begehrt für ein Hebezeug, umfassend wenigstens einen Teleskopschubarm und/oder wenigstens einen Teleskopausleger, wenigstens einen Sensor, welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor verschieden ist, gegebenenfalls wenigstens einen weiteren Sensor, welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor verschieden ist, und wenigstens eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung, wobei die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung dazu ausgebildet ist, ein solches Verfahren durchzuführen.

Das Verfahren ist auch bei einer Vielzahl an Hebezeugen wie Kranen anwendbar, wobei die ermittelten Ausschublängen von Teleskopauslegern einzelner Krane miteinander verglichen werden, um gemeinsame Bewegungsabläufe zu koordinieren. Insbesondere
5 kann mit dem Verfahren ein Tandemhub mit einer Vielzahl von Kranen besonders günstig erfolgen. Auch Bewegungen für mehrere voneinander verschiedenen Teleskopauslegers an einem Hebezeug sind über das Verfahren besonders günstig, vorzugsweise gleichzeitig, durchführbar, wobei insbesondere unterschiedliche
10 physikalische Modelle, variierende Qualitätsklassen oder - Werte und/oder unterschiedliche Gewichtungen für die Ermittlung der virtuellen Ausschublänge genutzt werden können.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den
15 abhängigen Ansprüchen definiert.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste virtuelle Ausschublänge und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge gewichtet wird,
20 vorzugsweise wobei die Gewichtung

- in Form eines vordefinierten statischen Gewichtungswert vorliegt und/oder
- über eine Historie der ersten virtuellen Ausschublänge und/oder der zumindest einen weiteren virtuellen
25 Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet wird und/oder
- durch eine statistische Auswertung der ersten virtuellen Ausschublänge und/oder der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet wird und/oder
- 30 - in Abhängigkeit einer Qualitätsklasse und/oder eines Qualitätswertes der ersten virtuellen Ausschublänge und/oder der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet wird und/oder

- in Abhängigkeit eines vordefinierten und/oder definierbaren Gewichtungsparemeter bestimmt und/oder berechnet wird.

Die Gewichtung ist im Allgemeinen für virtuelle Ausschublängen, welche unter Berücksichtigung unterschiedlichen physikalischen Modellen und/oder unterschiedlicher über den wenigstens einen Senor und/oder den wenigstens einen weiteren Sensor aufgenommenen zugrundeliegenden Parameter ermittelt werden, unterschiedlich. Die Gewichtung kann sich jedoch auch für eine virtuelle Ausschublänge ändern, wenn sich beispielsweise ein Betriebsparameter des Hebezeuges ändert, welcher Einfluss auf die Berechnung der virtuellen Ausschublänge hat. Beispiele für Gewichtungsparemeter können unter anderem eine Qualitätsklasse, ein Qualitätswert, Art des Hebezeuges, Bauart des Hebezeuges, Anzahl an Teleskopauslegern und/oder Teleskopschubarmen, Anzahl an Teleskopschubarmen pro Teleskopausleger, Art der Sensoren und/oder Parameter, Anzahl an herangezogenen physikalischen Modellen und/oder virtuellen Ausschublängen, Anforderungen (zum Beispiel hinsichtlich Genauigkeit, Dynamik, Fehler usw.) und/oder Verwendungszweck der Ausschublänge, Änderungen der Qualitätsklasse/des Qualitätswertes, Differenzen zwischen virtuellen Ausschublängen et cetera darstellen.

Beispielsweise können fixierte respektive vordefinierte Gewichtungsparemeter für die Berechnung der virtuellen Ausschublänge genutzt werden, wobei im Allgemeinen auch eine Ermittlung der virtuellen Ausschublänge auf Basis von definierbaren oder über vordefinierbaren Gewichtungsparemetern bestimmten Gewichtungen erfolgen kann. In die Gewichtung können verschiedene Parameter wie Ausführungsform, Konfiguration oder dergleichen des Hebezeuges und/oder weitere Einflussfaktoren einfließen.

- Eine Qualitätsklasse kann beispielsweise eine Kategorisierung der virtuellen Ausschublänge hinsichtlich einer Präzision und/oder Verlässlichkeit darstellen. Ein Qualitätswert kann beispielsweise einen numerischen Wert bezüglich der Präzision und/oder Verlässlichkeit der virtuellen Ausschublänge darstellen. Dadurch kann eine Klassifizierung der Qualität der virtuellen Ausschublänge in Abhängigkeit des jeweils zugrundeliegenden physikalischen Modelles erwirkt werden, wobei beispielsweise eine, vorzugsweise aktuelle, Fehlerwahrscheinlichkeit, bekannte Unsicherheiten des jeweiligen physikalischen Modelles et cetera einfließen können. Qualitätsklasse und Qualitätswert können alternativ oder in Ergänzung in der Bestimmung der Ausschublänge genutzt werden.
- 15 Die Historie kann im Allgemeinen vorangegangene Bewegungen des Hebezeuges und/oder digitale Aufzeichnungen vorangegangener Ausschublängen und/oder virtueller Ausschublängen umfassen.
- 20 Anderweitige Gewichtungsfaktoren sind im Allgemeinen je nach Anforderung an das Hebezeug und/oder Anwendungsgebiet des Hebezeugs als Ergänzung und/oder als Alternative möglich, wobei die Gewichtungsfaktoren auch in Abhängigkeit einer gewünschten Genauigkeit der Ausschublänge adaptiert werden können.
- 25 Besonders bevorzugt stehen die Qualitätsklassen/Qualitätswerte in Wechselwirkung mit den Gewichtungen, wobei beispielsweise gemäß einem Feedback-Mechanismus eine geänderte Qualitätsklasse auf die Gewichtung rückwirkt und diese adaptiert.
- 30 Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass bei der Gewichtung wenigstens einer der folgenden Kriterien berücksichtigt wird: eine Hebezeugart, eine Ausführungsform des Teleskopauslegers, eine Anzahl an Teleskopschubarmen und/oder Teleskopauslegern, eine Art des wenigstens einen ersten Sensors und/oder des

wenigstens einen weiteren Sensors, eine Art des wenigstens einen ersten Parameters und/oder des wenigstens einen weiteren Parameters, eine Anzahl an verwendeten Parametern, eine aktuelle Betriebsstellung des Teleskopauslegers, Anforderungen an die
5 Ausschublänge, Verwendungszweck der Ausschublänge, Betriebsparameter des Hebezeuges.

Die Gewichtung kann im Allgemeinen sowohl bei dynamischen als auch bei statischen und statistischen Berechnungen der
10 Ausschublänge herangezogen werden. Betriebsparameter können beispielsweise eine aktuell vorliegende Temperatur oder ein aktuell vorliegender Druck darstellen.

Unter Art des Parameters ist zu verstehen, dass der Parameter
15 (gegebenenfalls als Sensorsignales oder einer abgeleiteten Größe) beispielsweise in Form eines Schwingungsparameters wie Frequenz oder Amplitude, eines Druckparameters, eines Füllstandwertes, eines Volumenstromes, einer Position wie Blendenstellung oder Steuerschieberposition, einer Drehzahl
20 und/oder einer Kombination von Parametern vorliegen kann und sich die zugrundeliegenden physikalischen Modelle zur Bestimmung der Ausschublänge in Komplexität und/oder Genauigkeit unterscheiden können, wobei in Abhängigkeit der vorliegenden Parameter eine Gewichtung der virtuellen Ausschublängen
25 vorgenommen werden kann, welche diesem Sachverhalt Rechnung trägt. Der Parameter kann im Allgemeinen auch als abgeleiteter Größen vorliegen, wobei beispielsweise eine Schwingung durch den Sensor aufgenommen wird, mit welchen auf eine Frequenz als Parameter rückgeschlossen werden kann. Im Allgemeinen können die
30 Parameter auch mit Einflussgrößen wie Druck, Temperatur, Neigung oder Geometrie des Hebezeuges oder dergleichen kombiniert werden.

Als günstig hat sich erwiesen, dass die Gewichtung während einem Betrieb des Hebezeuges, vorzugsweise des Teleskopauslegers und/oder dynamisch in jedem Abtastzyklus einer, bevorzugt mobilen, Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung, angepasst wird.

Dadurch wird ermöglicht, eine Verwendung und/oder Visualisierung der Ausschublänge mit einer besonders hohen zeitlichen Auflösung präzise zu gewährleisten. Beispielsweise können auch Qualitätswerte/Qualitätsklassen dynamisch zur Ermittlung der Ausschublänge angepasst werden. Betriebsparameter können sich im Allgemeinen bei einer Betätigung von, insbesondere nicht im direkten Zusammenhang mit der Ausschublänge des Teleskopauslegers in Verbindung stehenden beziehungsweise weiteren, Aktuatoren des Hebezeuges ändern, wobei die virtuelle Ausschublänge stetig anpassbar ist, selbst wenn der Teleskopausleger an sich momentan nicht aktiv teleskopiert wird. Eine Änderung der Ausschublänge als Ergebnis des Verfahrens kann durch Sollwerte für den Teleskopausleger überwacht, begrenzt, ermöglicht und/oder unterbunden werden.

Folgende Aspekte können bei einer laufenden Änderung von Gewichtungen berücksichtigt werden:

- Änderungen von Qualitätswerten und/oder Qualitätsklassen
- Unterschied zwischen der Ausschublänge und einer virtuellen Ausschublänge, wobei insbesondere Abweichungen in einem geänderten Qualitätswert/Qualitätsklasse resultieren
- Zusammenhang zwischen Qualitätsklassen/Qualitätswerten und Abweichungen zwischen virtueller Ausschublänge und Ausschublänge
- signifikante Trends einer virtuellen Ausschublänge eines spezifischen physikalischen Modelles/Parameters, insbesondere zur Detektion von möglichen Unstimmigkeiten in der Berechnung und/oder unerwünschten Betriebszuständen

- Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste virtuelle Ausschublänge und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge, vorzugsweise in
- 5 Qualitätsklassen und/oder durch einen Qualitätswert, klassifiziert wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eine Qualitätsklasse und/oder ein Qualitätswert der Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet wird.
- 10 Beispielsweise aufgrund einer spezifischen Fehlerbehaftung des zugrundeliegenden physikalischen Modelles, Bauteiltoleranzen, Messungenauigkeit und/oder Betriebsparameter in der jeweiligen Anwendung kann sich eine Güte einer virtuellen Ausschublänge von virtuellen Ausschubblängen auf Basis differenzierter Parameter
- 15 und/oder zur Bestimmung verwendeten physikalischen Modellen unterscheiden. Die Klassifizierung über Qualitätsklassen und/oder Qualitätswerte können zum Beispiel dazu herangezogen werden, um virtuelle Ausschubblängen unterschiedlich zu gewichten und/oder jene virtuelle Ausschubblängen für die Berechnung der
- 20 Ausschublänge heranzuziehen, welche eine besonders hohe Präzision aufweisen.

In die Klassifikation der virtuellen Ausschubblängen in Qualitätsklassen und/oder durch Qualitätswerte kann eine Güte

25 des physikalischen Modelles und/oder eine Güte des Parameters des Sensors zur Bestimmung der virtuellen Ausschubblängen einfließen, wobei besonders bevorzugt Fehlerwahrscheinlichkeiten, bekannte Unsicherheiten oder dergleichen berücksichtigt werden.

30 Als vorteilhaft hat sich erwiesen, dass die Qualitätsklasse und/oder der Qualitätswert während einem Betrieb des Hebezeuges, vorzugsweise des Teleskopauslegers und/oder dynamisch in jedem Abtastzyklus einer, bevorzugt mobilen, Steuerungs- und/oder

Regelungseinrichtung, angepasst wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Qualitätsklasse und/oder der Qualitätswert

- 5 - der ersten virtuellen Ausschublänge und/oder der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge in Abhängigkeit zumindest einer der folgenden Kriterien angepasst wird: einer Betriebsstellung des Teleskopauslegers, einer gegebenenfalls vorhandenen Gewichtung, einer Historie einer Hebezeugbewegung, einer Dauer einer Teleskopierbewegung, 10 weiteren Hebezeugbewegungen, Betriebsparameter des Hebezeuges, und/oder
- 15 - der Ausschublänge in Abhängigkeit, vorzugsweise der Qualitätsklasse und/oder des Qualitätswertes, der ersten virtuellen Ausschublänge und/oder, vorzugsweise der Qualitätsklasse und/oder des Qualitätswertes, der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge angepasst wird.

Weitere Hebezeugbewegungen sind hierbei als von Teleskopierbewegungen zu unterscheidende Bewegungen des 20 Hebezeuges wie Geometrieänderungen und/oder Knickbewegungen zu verstehen. Durch den Betriebsparameter sind beispielsweise Temperatur, Druck, Viskosität von Hydrauliköl, Änderungen einer Neigung durch Geometrieänderungen, einer Teleskopauslegergeometrie, einer Hebezeuggeometrie, einer 25 Betriebsstellung des Teleskopauslegers, einer an dem Teleskopausleger angeordneten Lastmasse oder dergleichen in Bezug auf das Hebezeuges umfasst.

Besonders bevorzugt stellt eine Einflussgröße auf die 30 Qualitätsklasse und/oder den Qualitätswert ein Fehlerbereich der virtuellen Ausschublänge und/oder ein Pufferwert einer Differenz zwischen zumindest zwei virtuellen Ausschublängen dar.

Eine vorteilhafte Variante besteht darin, dass wenigstens ein Fehlerbereich, vorzugsweise unter Berücksichtigung einer gegebenenfalls vorhandenen Gewichtung, für die erste virtuelle Ausschublänge, die zumindest eine weitere virtuelle
5 Ausschublänge und/oder die Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet wird.

Dadurch kann ein Benutzer und/oder eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung besonders günstig abschätzen, zu welchem
10 Grad die Ausschublänge korrekt bestimmt wurde respektive verlässlich ist.

Der Fehlerbereich kann genutzt werden, um eine Gewichtung der virtuellen Ausschublängen und/oder eine Qualitätsklasse
15 beziehungsweise einen Qualitätswert der virtuellen Ausschublänge zu definieren. Der Fehlerbereich kann sich im Allgemeinen aus dem zugrundeliegenden physikalischen Modell ergeben und/oder beispielsweise mittels Gauß'scher Fehlerfortpflanzung aus Toleranzwerten in der Bestimmung der virtuellen Ausschublänge
20 berechnet werden. Differenzen von virtuellen Ausschublängen können über einen Puffer berücksichtigt werden, um den Puffer sukzessive über die virtuellen Ausschublängen hinweg zu harmonisieren und/oder virtuelle Ausschublängen geringerer Qualitätsklassen und/oder Qualitätswerte beziehungsweise die
25 Ausschublänge sukzessive/stetig anzupassen.

Die durch das Verfahren ermittelte Ausschublänge kann (und soll) – insbesondere für die Weiterverarbeitung – eine stetige Größe darstellen, wobei auch diskrete physikalische Modelle zur Bestimmung der virtuellen Ausschublänge über den Puffer in
30 stetige Ausschublängen und/oder virtuellen Ausschublängen überführbar sind. Die Stetigkeit der Ausschublänge und/oder der virtuellen Ausschublänge muss jedoch nicht zwingend durch den Puffer generiert werden.

Besonders bevorzugt ist, dass die erste virtuelle Ausschublänge, die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge und/oder die Ausschublänge, vorzugsweise zusammen mit wenigstens einem gegebenenfalls vorhandenen Fehlerbereich, über eine
5 Visualisierungsvorrichtung visualisiert werden.

Dadurch kann ein Bediener des Hebezeuges ohne zugrundeliegender direkter Messmethoden und/oder erforderlicher Nachvollziehung komplexer Wirkzusammenhänge auf einen Blick erkennen, welche
10 Ausschublänge aktuell vorliegt.

Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste virtuelle Ausschublänge, die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge und/oder die Ausschublänge im
15 Wesentlichen zeitkontinuierlich oder zeitdiskret bestimmt und/oder berechnet wird.

Auch eine Kombination von zeitkontinuierlich und zeitdiskreter Bestimmung ist denkbar, wobei das Verfahren flexibel an
20 Gegebenheiten des Hebezeuges und/oder an Anforderungen an das Hebezeug adjustierbar ist.

In Ergänzung oder als Alternative können die virtuellen Ausschublängen und/oder die Ausschublänge in einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung zur weiteren Verwendung
25 herangezogen werden, um beispielsweise in Berechnungen hinsichtlich Komfortfunktionen und/oder bei der Ausführung von Komfortfunktionen des Hebezeuges genutzt zu werden.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die Ausschublänge in keinem Arbeitszyklus des Hebezeuges und/oder zu keinem Zeitpunkt ausschließlich über die erste virtuelle Ausschublänge bestimmt und/oder berechnet wird.
30

Da die Ausschublänge zumindest über zwei virtuelle Ausschublängen ermittelt wird, werden Schwankungen von einzelnen virtuellen Ausschublängen kompensiert und die Genauigkeit der Ausschublänge kann in hohem Maße durch Fehlerreduktion
5 gewährleistet werden.

Als Arbeitszyklus kann beispielsweise ein Ausfahren und/oder ein Einfahren des wenigstens einen Teleskopschubarmes definiert werden.

10

Als günstig hat sich erwiesen, dass die erste virtuelle Ausschublänge, die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge und/oder die Ausschublänge unter Berücksichtigung wenigstens eines zusätzlichen Parameters bestimmt und/oder
15 berechnet wird, vorzugsweise zumindest eines der folgenden zusätzlichen Parameter: einer Teleskopauslegergeometrie, einer Hebezeuggeometrie, einer Betriebsstellung des Teleskopauslegers, einer an dem Teleskopausleger angeordneten Lastmasse, eines Betriebsparameters des Hebezeuges, eine Historie einer
20 Hebezeugbewegung, eine aktuelle Hebezeugbewegung, Betriebszustände von hydraulischen Verbrauchern des Hebezeuges, eine Dauer einer Teleskopierbewegung.

Besonders bevorzugt werden bei der Bestimmung der Ausschublänge
25 Qualitätsklassen und/oder Qualitätswerte, Fehlerbereiche und/oder Pufferwerte der virtuellen Ausschublänge berücksichtigt.

Ein Algorithmus zur Berechnung der Ausschublänge kann besonders
30 günstig durch Hinzuziehung weiterer Kriterien und/oder weiterer Parameter erweitert werden, ohne das Hebezeug konstruktiv umrüsten zu müssen.

Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass der zumindest eine Teleskopschubarm eine hydraulische Antriebseinheit mit wenigstens einer Blende umfasst, wobei die wenigstens eine Blende eine Vielzahl an Blendenstellungen zur Steuerung eines

5 Hydrauliköflusses in der hydraulischen Antriebseinheit umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor der wenigstens eine Parameter in Form einer aktuellen Blendenstellung ermittelt wird, wobei durch den wenigstens einen Parameter, vorzugsweise über ein physikalisches

10 Modell, auf einen Volumenstrom in der hydraulischen Antriebseinheit geschlossen wird.

Der Übergang von einem Sensorsignal beziehungsweise einer basierend auf dem Sensorsignal abgeleiteten Größe auf die

15 virtuelle Ausschublänge erfolgt im Allgemeinen über ein physikalisches Modell.

Die Blende kann in diesem Kontext beispielsweise über eine Steuerschieberstange oder ein Lasthalterventil realisiert

20 werden. Eine aktuelle Ventilposition kann zum Beispiel über einen Positionssensor gemessen werden, wobei durch Kumulation von Volumenstrom über ein Zeitintervall auf das Gesamtvolumen im Hydraulikzylinder und folglich auf den Zylinderhub rückgeschlossen werden. Die Heranziehung von

25 Volumenstromkennlinien, welche gegebenenfalls über weitere physikalische Modelle adaptierbar sind, ist ebenfalls möglich, wobei eine Druckdifferenz im Allgemeinen konstant angenommen werden kann. Berücksichtigt kann zudem beispielsweise eine Unterscheidung von folgegesteuerten und nicht-folgegesteuerten

30 Zylindern oder eine Reinitialisierung eines Volumenstrommodelles aufgrund Messergebnisse und/oder Ergebnisse physikalischer Modelle im Hinblick auf anderweitige virtuelle Ausschublängen.

Die Berechnung auf Basis dieses physikalischen Modelles birgt den Vorteil, dass die Berechnung der virtuellen Ausschublänge zeitkontinuierlich erfolgen kann und dynamische Vorgänge, wie Änderung von Teleskopschubarmgeschwindigkeiten, akkurat
5 abgebildet werden. Darüber hinaus ist die Bestimmung der virtuellen Ausschublänge mehrerer Teleskopiersysteme an einem Gerät möglich.

Der Qualitätswert/die Qualitätsklasse dieses Prozesses zur
10 Bestimmung der virtuellen Ausschublänge kann abhängig einer Temperatur von Hydrauliköl, einer Winkelstellung des Teleskopauslegers, einer Geschwindigkeit der betrachteten Teleskopschubarme, einer Umgebungstemperatur, einer am Teleskopausleger angeordneten Lastmasse, Ventilpositionen,
15 Zeitintervallen, Folgesteuerungsmechanismen et cetera sein. Im Besonderen kann die Geschwindigkeit eine Soll-Geschwindigkeit der betrachteten Teleskopschubarme respektive eine von einem Bediener des Hebezeuges vorgegebene Geschwindigkeit (zum Beispiel der betrachteten Teleskopschubarme) darstellen, da eine
20 Ist-Geschwindigkeit des Teleskopschubarmes im Allgemeinen nicht bekannt ist.

Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass der zumindest eine Teleskopschubarm eine hydraulische Antriebseinheit mit
25 wenigstens einer positionsabhängigen Blende umfasst, wobei ein Fluss an Hydrauliköl in der hydraulischen Antriebseinheit über die wenigstens eine Blende steuerbar ist, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor der wenigstens eine Parameter in Form einer Position der
30 wenigstens einen Blende und/oder einer Druckdifferenz an der wenigstens einen Blende ermittelt wird, wobei durch den wenigstens einen Parameter, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, auf einen Volumenstrom in der hydraulischen Antriebseinheit geschlossen wird.

- Die positionsabhängige Blende kann beispielsweise als Steuerschieberstange eines Steuerschiebers ausgeführt sein, wobei zu jeder Position, jeder Druckdifferenz und/oder jedem
- 5 Dichtefaktor des Hydrauliköls Volumenstromwerte berechnet werden können. Dichtefaktoren sind unter anderem über Temperatursensoren und Drucksensoren bestimmbar und wiederum abhängig von Betriebsparameter des Hebezeuges. Durch Integration von Volumenstrom pro Zeiteinheit kann auf die virtuelle
- 10 Ausschublänge rückgeschlossen werden, wobei eine Kalibrierung von Volumenstromwerte beispielsweise bei Druckänderungen, Temperaturänderungen oder auch bei Erkennung einer Endlage eines Teleskopschubarmes durchgeführt werden kann.
- 15 Die Berechnung auf Basis dieses physikalischen Modelles birgt den Vorteil der zeitkontinuierlichen Berechnung, der akkuraten Abbildung von Geschwindigkeitsänderungen von Teleskopschubarmen, der exakten Berechnung bei hohen Lastdrücken sowie des möglichen Einsatzes bei einer Vielzahl an Teleskopiersystemen. Die
- 20 Qualitätswerte/Qualitätsklassen können beispielsweise in Abhängigkeit einer Druckdifferenz an der positionsabhängigen Blende und/oder Temperaturwerten gewählt werden.
- Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass der zumindest eine
- 25 Teleskopschubarm eine hydraulische Antriebseinheit mit einem Hydrauliköltank zur Versorgung der hydraulischen Antriebseinheit mit Hydrauliköl umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor der wenigstens eine Parameter in Form eines Füllstandes des Hydrauliköltankes
- 30 ermittelt wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass weitere mit dem Hydrauliköltank verbundene hydraulische Antriebseinheiten, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, berücksichtigt werden.

Über einen Tankfüllstand von hydraulischen Verbrauchern kann ein Volumen, welches zur Füllung hinsichtlich Teleskopschubarmen genutzt wird, berechnet werden und auf die virtuelle Ausschublänge rückgeschlossen werden, wobei Abweichungen des Füllstandes bei Neigung, Schwappen oder dergleichen (beispielsweise durch eine Neigungssensorik) kompensiert werden können. Da eine absolute Berechnung des Volumens ab einer letztmaligen (Re-)initialisierung ermöglicht wird, können Kumulationsfehler unterbunden werden.

Qualitätswerte/Qualitätsklassen können in Abhängigkeit einer Neigung des Hydrauliköltanks, Temperaturänderungen et cetera definiert werden.

Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass der zumindest eine Teleskopschubarm eine hydraulische Antriebseinheit mit einer Kolbenzylindereinheit umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor der wenigstens eine Parameter in Form einer Eigenfrequenz des zumindest einen Teleskopschubarmes und/oder des Teleskopauslegers an der Kolbenzylindereinheit, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, ermittelt wird.

Hierbei misst beispielsweise der Sensor eine Druckschwingung als Sensorsignal, durch welches über ein physikalisches Modell zur Ermittlung der Eigenfrequenz und/oder der Bestimmung der virtuellen Ausschublänge als abgeleitete Größe die Eigenfrequenz als Parameter ermittelt werden kann.

Durch einen Teleskopiervorgang kann bei dem Teleskopierausleger ein Impuls hervorgerufen werden, wodurch eine freie Schwingung entsteht, welche sich in den Teleskopschubarmen fortsetzt und über Drucksensoren gemessen werden kann. Dieser Impuls wird nicht künstlich generiert, um eine Messung durchführen zu können. Beispielsweise kann durch bekannte Gegebenheiten wie

Eigenfrequenz, Lastmasse, Masse des Teleskopierauslegers und/oder Biegefestigkeiten auf eine absolute Positionen des Teleskopschubarmes rückgeschlossen werden, oder der Wirkzusammenhang zwischen absoluter Position des Teleskopschubarmes. Die Eigenfrequenz und Gesamtmasse wird empirisch ermittelt und als Kennlinie hinterlegt, welche zur Bestimmung der virtuellen Ausschublänge genutzt werden kann.

Variable Steifigkeiten, Auswirkungen der Lastmasse auf die Eigenfrequenz, Kompressibilitätswerte von Hydrauliköl und dergleichen können bei der Berechnung der virtuellen Ausschublänge auf Basis dieses physikalischen Modelles berücksichtigt werden, wobei auch bei der Verwendung von einer Vielzahl an Teleskopschubarmen eine absolute Ermittlung der gesamten Ausladung ermöglicht wird und besonders günstig bei geringen Längserstreckungen von Teleskopierauslegern anwendbar ist. Kriterien für die Qualitätswerte/Qualitätsklassen können beispielsweise eine Winkelstellung des Teleskopauslegers, die vorliegende Eigenfrequenz, Amplituden der Druckschwingung, eine Ansteuerung von Ventilen nach einer Impulsdetektion der auftretenden Impulse des Teleskopauslegers im Zuge der Teleskopierung darstellen. Impulse während des Betriebes können detektiert und so zur Ermittlung der Ausschublänge genutzt werden. Eine Gewichtung kann in analoger Betrachtung erfolgen.

Weiter ist bevorzugt vorgesehen, dass der zumindest eine Teleskopschubarm eine hydraulische Antriebseinheit mit einer Kolbenzylindereinheit umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor der wenigstens einen Parameter in Form einer Schwingungsamplitude des zumindest einen Teleskopschubarmes und/oder des Teleskopauslegers an der Kolbenzylindereinheit, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, ermittelt wird.

Hierbei misst der Sensor beispielsweise einen aktuellen Druckwert als Sensorsignal, wobei der Druckverlauf und die Schwingungsamplitude in Form einer abgeleiteten Größe als Parameter über ein physikalisches Modell ausgewertet werden.

- 5 Eine Ursache für den Druckverlauf kann beispielsweise ein Druckstoß bei einem Öffnungs- oder Schließvorgang eines Ventiles sein.

- Bei einem Aus- oder Einteleskopiervorgang öffnet im Allgemeinen beim Übergang von Hydraulikzylindern ein hydraulisches Ventil und verursacht dadurch einen (negativen) hydraulischen Druckstoß/Druckausgleich, welcher sich im Teleskopierausleger fortsetzt und reflektiert wird, um anschließend zurück zum Ventil zu gelangen. Bevorzugt liegt das hydraulische Ventil in Form eines Folgesteuerungsventiles bei folgegesteuerten Teleskopauslegern vor, wobei im Allgemeinen Proportionalventile und/oder Schwarz-Weiß-Ventile herangezogen werden können. Über eine Druckdifferenz des Druckstoßes kann auf eine Restlänge von nicht ausgefahrenen Teleskopierauslegern und demnach auf die virtuelle Ausschublänge - beispielsweise über eine aktuelle Position von Teleskopschubarmen - rückgeschlossen werden. Insbesondere bei folgegesteuerten Teleskopierauslegern ist die aktuelle Position eindeutig. Abhängigkeiten wie Druckdifferenzen, Schließ-/ Öffnungszeiten von Ventilen oder Dichten/Geschwindigkeitsänderungen von Hydrauliköl können berücksichtigt werden. Der Druckstoß kann über einen Drucksensor gemessen werden, wobei die virtuelle Ausschublänge besonders günstig absolut berechnet werden kann.
- 30 Qualitätswerte/Qualitätsklassen sowie Gewichtungen können auf Basis von Geschwindigkeiten und Volumenströme an Hydrauliköl im Teleskopschubarm, der Verwendung von Folgesteuerungsmechanismen, Temperaturen und/oder Drücken von Hydrauliköl definiert werden.

Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass der zumindest eine Teleskopschubarm eine hydraulische Antriebseinheit mit einer Kolbenzylindereinheit umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor der wenigstens

5 eine Parameter in Form eines Extremwertes eines Druckes in der Kolbenzylindereinheit, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, ermittelt wird.

Hierbei misst der Sensor beispielsweise einen aktuell

10 vorliegenden Druckwert als Sensorsignal, wobei der Extremwert in Form einer abgeleiteten Größe in Form des Parameters über ein physikalisches Modell ermittelt werden kann. Hierbei kann über das physikalische Modell der Druckverlauf auf Unstetigkeiten hin und/oder in Bezug auf Druckgradienten untersucht werden, welche

15 beispielsweise bei einem Übergang einer Teleskopierbewegung von einem Teleskopschubarm auf einen weiteren Teleskopschubarm kausal bedingt sein können.

Durch einen Übergang von einem Teleskopschubarm auf einen

20 folgenden wird ein Abbremsen oder Beschleunigung der beteiligten Teleskopschubarme bedingt, wobei aufgrund einer Massenträgheit und hydraulischer Effekte, wie Drosseln oder einer Betätigung von Folgesteuerungsventilen, kurzzeitig typische Druckspitzen und/oder Druckeinbrüche erwirkt werden, welche beispielsweise

25 direkt in einer Versorgungsleitung eines Teleskopschubarmes gemessen werden können. Die Nutzung vorhandener Drucksensoren ist ebenfalls denkbar. Eine besonders geringe Anzahl an Parametern für die Bestimmung der virtuellen Ausschublänge ist erforderlich, da beispielsweise kein Referenzpunkt für die

30 Berechnung nötig ist. Die Qualitätsklasse/der Qualitätswert kann abhängig von einer Eindeutigkeit eines Druckverlaufes, Druckgradienten, Hydraulikölviskositäten, Temperaturen, Anzahl vorausgegangenen Übergängen, Ausschubgeschwindigkeit et cetera sein.

Weiter ist bevorzugt vorgesehen, dass durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor der wenigstens eine Parameter in Form eines Hubmomentes, vorzugsweise über ein
5 physikalisches Modell, ermittelt wird.

Hierbei misst der Sensor beispielsweise den Druck und über das physikalische Modell kann das Hubmoment als Parameter in Form einer abgeleiteten Größe zur Berechnung der virtuellen
10 Ausschublänge (über Geometrieabhängigkeiten) bestimmt werden.

Aufgrund unterschiedlicher Momentenverläufe von Eigenmomenten und/oder Lastmomenten kann besonders günstig bei bekannter Winkelstellung des Teleskopauslegers auf die virtuelle
15 Ausschublänge geschlossen werden. Ein aktuelles Hubmoment kann um ein Eigenmoment bereinigt werden. Besonders bevorzugt wird das Hubmoment um das Eigenmoment bereinigt, wenn das Lastmoment bekannt ist und/oder beispielsweise über eine Verformungsanalyse (zum Beispiel der Durchbiegung und/oder anhand einer
20 Durchbiegung zumindest eines Teiles des Hebezeuges) bestimmt wurde. Zum Beispiel kann das Lastmoment aufgrund von Hubmomentänderungen in Kombination mit Bewegungsvorgaben des Hebezeuges ermittelt werden (Detektion von typischen Hub- und Absetzvorgängen bei Bewegung und Manövrieren der Lastmasse
25 und/oder Erkennung von typischen Arbeitszyklen), wobei das Eigenmoment durch eine Reduktion des Hubmomentes um das Lastmoment errechnet werden kann, um die Ausschublänge über das Eigenmoment indirekt durch die virtuelle Ausschublängen zu bestimmen. Dieses physikalische Modell ist besonders präzise,
30 kann sowohl bei dynamischen als auch statischen Belastungen des Hebezeuges eingesetzt werden, erfordert keine zusätzliche Sensorik und kann besonders flexible bei unterschiedlichen Bauweisen/Ausführungsformen von Hebezeugen angewendet werden, wobei Qualitätswerte/Qualitätsklassen abhängig von einer

Winkelstellung, Durchbiegungen, Lastmassen, Hysterese-Dichtungsreibungen von Hubzylindern und dergleichen sein können.

Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass der zumindest eine
5 Teleskopschubarm eine Seilführungsrolle umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor der wenigstens eine Parameter in Form einer Drehzahl der Seilführungsrolle ermittelt wird. Bevorzugt wird die indirekte Bestimmung der Seiltrommelbewegung genutzt, wenn kein eigener
10 Sensor wie ein Drehgeber zur Bestimmung der Seilwindendrehzahl zur Verfügung steht, wobei im Falle eines Drehgebers auch eine Restseillänge ermittelbar ist, welche für die Bestimmung der Anzahl an Seillagen auf der Seiltrommel relevant ist, um von einer Seilwindendrehzahl auf eine Seillängenänderung schließen
15 zu können (über Abrolldruchmesser).

In einem Rollenkopf kann eine Sensorik integriert sein, welche eine Drehbewegung der Seilführungsrolle erfasst, wodurch auf eine Längenänderung zurückgerechnet werden kann. Die Sensorik
20 kann in Form eines Inkrementalgebers ausgebildet sein. Erfolgt eine Ansteuerung parallel zu einem Teleskopschubarm, muss eine Seillängenänderung kompensiert werden, wobei beispielsweise ein Volumenstrommodell für einen Hydromotor einer Seilwinde und/oder Steuerkennlinien von Steuerschieben verwendet werden können. Ein
25 Drehgeber kann beispielsweise eine Restseillänge bestimmen.

Ein Lastseil wird hierbei als indirektes Messseil umfunktioniert, sofern eine Rotation einer Seiltrommel kompensiert wird, und kann effizient kontinuierlich Rückschlüsse
30 für die Ausschublänge liefern. Qualitätsmindernde Effekte wie Schlaffseilbildung oder Ungenauigkeiten in einem Parallelbetrieb mit Teleskopierbewegungen können in der Gewichtung und/oder in Qualitätsklassen/Qualitätswerten berücksichtigt werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass aus einer Vielzahl an virtuellen Ausschublängen manuell oder automatisch, vorzugsweise aufgrund einer Historie zumindest einer virtuellen Ausschublänge, wenigstens eine,
5 vorzugsweise genau eine, virtuelle Ausschublänge gewählt wird und als die erste virtuelle Ausschublänge oder als die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge verwendet wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist
10 vorgesehen, dass die erste virtuelle Ausschublänge und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge gewichtet wird und die gewählte virtuelle Ausschublänge jene mit höchster Gewichtung ist, und/oder die erste virtuelle Ausschublänge und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge in
15 Qualitätsklassen und/oder durch einen Qualitätswert klassifiziert wird und die gewählte virtuelle Ausschublänge jene mit höchster Qualitätsklasse und/oder höchstem Qualitätswert ist.

20 Dadurch kann ermöglicht werden, dass die Ausschublänge durch verlässliche virtuelle Ausschublängen ermittelt wird und gegebenenfalls auf virtuelle Ausschublängen geringerer Gewichtung, Qualitätsklasse und/oder Qualitätswert verzichtet wird beziehungsweise eingeschränkt miteinkalkuliert werden.

25

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Vielzahl an virtuellen Ausschublängen, vorzugsweise zur Minimierung eines gegebenenfalls vorhandenen Fehlerbereichs, zur Ermittlung der Ausschublänge kombiniert
30 werden, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die erste virtuelle Ausschublänge und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge gewichtet wird und die Vielzahl an virtuellen Ausschublängen unter Rücksicht der jeweiligen Gewichtung kombiniert werden, und/oder die erste virtuelle

Ausschublänge und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge in Qualitätsklassen und/oder durch einen Qualitätswert klassifiziert wird und die Vielzahl an virtuellen Ausschublängen unter Rücksicht der jeweiligen Qualitätsklasse
5 und/oder Qualitätswert kombiniert werden.

Je mehr virtuelle Ausschublängen für die Ermittlung der Ausschublänge herangezogen werden, desto genauer kann die Ausschublänge bestimmt werden und der Fehlerbereich der
10 Ausschublänge statistisch reduziert werden. Es kann jedoch im Allgemeinen auch eine Auswahl aus einer Vielzahl an virtuellen Ausschublängen getroffen werden, wobei bevorzugt jene virtuelle Ausschublängen mit höheren Qualitätsklassen und/oder Gewichtungen für die Berechnung der – exakt einen –
15 Ausschublänge herangezogen werden.

Eine vorteilhafte Variante besteht darin, dass wenigstens ein Referenzwert einer Ausschublänge, vorzugsweise einer bekannten Ausschublänge und/oder einer mittelbar oder unmittelbar durch
20 einen zusätzlichen Sensor ermittelten Ausschublänge, vorgesehen ist, mit welchem die wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge, die wenigstens ein weitere virtuelle Ausschublänge und/oder die Ausschublänge, vorzugsweise zeitdiskret oder zeitkontinuierlich, durch den wenigstens einen
25 Referenzwert ersetzt oder an den wenigstens einen Referenzwert angenähert wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass der wenigstens eine Referenzwert durch eine Endlage des zumindest einen Teleskopschubarmes und/oder des Teleskopauslegers gegeben ist.

30

Da für die weitere Verwendung der Ausschublänge ein stetiger Verlauf essentiell sein kann, meint ersetzen hinsichtlich der Ausschublänge in diesem Kontext einen kontinuierlichen Übergang in Richtung des Referenzwertes als Korrektur der Ausschublänge.

- Der wenigstens eine Referenzwert kann beispielsweise auf Basis eines Sensors (wie der Detektion eines Betriebszustandes - z.B. alle Teleskopschubarme sind eingefahren) und/oder einer
- 5 impliziten Bestimmung (wie einer Detektion einer Transportposition des Hebezeuges - z.B. anhand einer Geometrie oder eines Transportstellungssensors) definiert werden. Ein weiteres Beispiel für den wenigstens einen Referenzwert stellt
- 10 ein Schaltvorgang eines Schaltstellungssensors dar, welcher einen bestimmten Teleskopschubarm detektiert, um beispielsweise das Hubmoment zu begrenzen oder zu erhöhen sowie sicherzustellen, dass eine bestimmte Ausladung nicht überschritten wird.
- 15 Besonders bevorzugt ist, dass der wenigstens eine Referenzwert in Form einer virtuellen Ausschublänge vorliegt, wobei die virtuelle Ausschublänge durch den wenigstens einen ersten Sensor oder des wenigstens einen weiteren Sensor zeitdiskret ermittelt wird.
- 20 Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass die wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge zeitdiskret ermittelt wird und die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge zeitkontinuierlich ermittelt wird, oder umgekehrt,
- 25 wobei, vorzugsweise zeitkontinuierlich oder zeitdiskret, eine Differenz zwischen den beiden virtuellen Ausschublängen berechnet wird und in einen Puffer einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung gespeichert wird.
- 30 Der Puffer und/oder Referenzwerte dienen der Erhöhung der Präzision der Ausschublänge im Betrieb des Hebezeuges.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, dass

- die Differenz, vorzugsweise über gegebenenfalls vorhandene Qualitätsklassen, Qualitätswerte und/oder Gewichtungen der beiden virtuellen Ausschublängen, gewichtet wird, und/oder
- die zeitkontinuierlich und/oder zeitdiskret ermittelte virtuelle Ausschublänge durch den Puffer oder einen Teil des Puffers, vorzugsweise unter Berücksichtigung limitierender Parameter und/oder des Puffers, korrigiert wird.

Die Korrektur der virtuellen Ausschublänge erfolgt besonders bevorzugt in einer stetigen Art und Weise, sodass die Ausschublänge ebenfalls stetig zur Verfügung steht.

Die virtuellen Ausschublängen und/oder die Ausschublänge können während dem Betrieb des Hebezeuges, vorzugsweise des Teleskopauslegers, durch Temperatur-, Viskositäts-, Verschleißkompensation dynamisch und gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Pufferwerten angepasst werden, wobei vorzugsweise der Pufferwert sukzessive in Richtung 0 entleert wird. Bevorzugt erfolgt bei einem Stopp einer Teleskopierbewegung eine Puffer-Entleerung, wobei die Ausschublänge und/oder virtuelle Ausschublängen abschließend adaptiert werden, damit bei erneuter Teleskopierbewegung ein leerer Puffer vorliegt, welcher anschließend erneut über eine Differenz von virtuellen Ausschublängen befüllt werden kann, um ein stetiges und präzises Signal unter Rücksicht einer Vielzahl an virtuellen Ausschublängen generieren zu können.

Bevorzugt kann eine Kalibrierung erfolgen, welche nicht zwingend mit dem Puffer in Verbindung steht, wobei Betriebsparameter, Einflussgrößen und/oder Parameter während dem Betrieb des Hebezeuges, vorzugsweise dynamisch, zur Anpassung adaptiert werden können.

Eine Kalibrierung kann beispielsweise durch einen Einstellvorgang, einen Testvorgang oder dergleichen, vorzugsweise vor dem Betrieb des Hebezeuges erfolgen. Eine von einer Kalibrierung gesonderte Adaption kann beispielsweise eine, 5 vorzugsweise dynamische, Anpassung von Parametern und/oder Betriebsparametern, vorzugsweise während dem Betrieb des Hebezeuges, darstellen - beispielsweise zur, insbesondere permanenten, Verschleißkompensation. Die Kalibrierung und Adaption können im Allgemeinen Parameter und/oder 10 Betriebsparameter ändern, welche in Verbindung mit der Kalibrierung und/oder der Adaption stehen können.

Als günstig hat sich erwiesen, dass durch die Ausschublänge zumindest eines Teleskopschubarmes die Ausschublänge eines 15 Teiles des Teleskopauslegers oder die Ausschublänge des Teleskopauslegers bestimmt und/oder ermittelt wird.

Beispielsweise kann eine Vielzahl an Ausschublängen der einzelnen Teleskopschubarme zu einer Gesamtlänge der 20 Teleskopschubarme kumuliert werden, wobei auch denkbar ist, dass die Ausschublänge einzelner Teleskopschubarme bereits bekannt ist. Mechanische Verlängerungen können beispielsweise optional bei dem Hebezeug zum Einsatz kommen, welche eine bekannte Ausschublänge aufweisen.

25 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass wenigstens eine Speichereinheit vorgesehen ist, welche mit der wenigstens eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung in Datenverbindung steht oder in eine 30 solche bringbar ist, wobei in der wenigstens einen Speichereinheit zumindest ein Algorithmus zur, vorzugsweise zeitdiskreten oder zeitkontinuierlichen, Bestimmung und/oder Berechnung einer Ausschublänge über wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge und zumindest eine weitere virtuelle

Ausschublänge hinterlegt ist, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass

- durch den Algorithmus die wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge, die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge und/oder die Ausschublänge mit einer Qualitätsklasse, einem Qualitätswert und/oder einer Gewichtung versehen ist, und/oder
 - durch den Algorithmus ein Puffer über eine Differenz der wenigstens einen ersten virtuelle Ausschublänge und der zumindest einen weiteren virtuelle Ausschublänge befüllbar ist, wobei über den Puffer die Ausschublänge und/oder eine zeitkontinuierliche virtuelle Ausschublänge durch Referenzwerte oder zeitdiskrete virtuelle Ausschubblängen anpassbar ist, und/oder
 - wenigstens eine Visualisierungsvorrichtung vorgesehen ist, über welche die wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge, die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge und/oder die Ausschublänge visualisierbar ist.
- Die virtuellen Ausschubblängen und/oder die Ausschublänge kann hinsichtlich weiterer Berechnungen und/oder zur Anwendung für Funktionen des Hebezeuges wie Komfortfunktionen weiterverwendet werden.
- Die Merkmale der Verfahrensansprüche sind auf die Vorrichtungsansprüche anwendbar und vice versa.

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

Fig. 1 ein Hebezeug gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel zur Durchführung eines Verfahrens

zur indirekten Bestimmung einer Ausschublänge, schematisch dargestellt in einer Ansicht von der Seite, Fig. 2 ein schematisch dargestelltes Hebezeug zur Illustrierung von virtuellen Ausschublängen und der Ausschublänge eines Teleskopauslegers, ermittelt durch ein Verfahren zur indirekten Bestimmung der Ausschublänge.

Fig. 1 zeigt ein Hebezeug 5, umfassend einen Teleskopschubarm 2 eines Teleskopauslegers 3, einen ersten Sensor 6, welcher keinen direkten Ausschublängensensor darstellt sowie einen weiteren Sensor 8, welcher keinen direkten Ausschublängensensor darstellt, wobei der weitere Sensor 8 nicht zwingend erforderlich ist, sofern der erste Sensor 6 über Sensorsignale die Parameter für zumindest zwei virtuelle Ausschublängen 7, 9 auf Basis unterschiedlicher physikalischer Modelle ermöglicht. Die unterschiedlichen physikalischen Modelle können sich jedoch durchaus beispielsweise auf ein Strömungsverhalten oder Druckverhalten von Hydrauliköl beziehen. Die Lokalisation und Ausgestaltung des ersten Sensors 6 und des weiteren Sensors 8 ist im Allgemeinen beliebig.

Das Hebezeug 5 umfasst eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 10, welche in datenübertragender Verbindung mit dem Hebezeug 5 steht, wobei die Verbindung kabelgebunden oder funksignalübertragend ausgebildet sein kann.

Die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 10 ist dazu ausgebildet, ein Verfahren zur indirekten Bestimmung einer Ausschublänge 1 durchzuführen. Hierzu wird ein Computerprogrammprodukt verwendet, welches Befehle umfasst, welche bei der Ausführung durch eine Recheneinheit 18 diese veranlassen, aus einer Speichereinheit 19, welche mit der Recheneinheit 18 in einer Datenverbindung steht oder in eine solche bringbar ist, das Verfahren auszuführen.

Der Speichereinheit 19, welche mit der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 10 in Datenverbindung steht, ist ein Algorithmus zur zeitdiskreten und/oder zeitkontinuierlichen Bestimmung der Ausschublänge 1 über eine erste virtuelle Ausschublänge 7 und eine weitere virtuelle Ausschublänge 9 hinterlegt, wobei die Anzahl an weiteren virtuellen Ausschubblängen 9 im Allgemeinen beliebig ist. Durch den Algorithmus ist die erste virtuelle Ausschublänge 7, die weitere virtuelle Ausschublänge 9 und die Ausschublänge 1 mit einer Qualitätsklasse, einem Qualitätswert und einer Gewichtung versehenbar. Durch den Algorithmus ist ein Puffer über eine Differenz der ersten virtuelle Ausschublänge 7 und der weiteren virtuelle Ausschublänge 9 befüllbar, wobei über den Puffer die Ausschublänge 1 und eine zeitkontinuierliche virtuelle Ausschublänge 7, 9 durch Referenzwerte oder zeitdiskrete virtuelle Ausschubblängen 7, 9 anpassbar ist. Eine Visualisierungsvorrichtung 11 ist vorgesehen, über welche die erste virtuelle Ausschublänge 7, die weitere virtuelle Ausschublänge 9 und die Ausschublänge 1 visualisierbar sind.

Das Verfahren zur indirekten Bestimmung der Ausschublänge 1 des Teleskopschubarmes 2 des Teleskopauslegers 3 relativ zu einem weiteren Teleskopschubarm 4 oder einem Hauptarm 20 als Knickarm beziehungsweise Kranarm des Teleskopauslegers 3 beziehungsweise eines Teiles des Teleskopauslegers 3 kann exemplarisch wie folgt durchgeführt werden:

- der erste Sensor 6 ermittelt einen ersten Parameter des Teleskopschubarmes 2 über ein Zeitintervall, wobei über den ersten Parameter über ein physikalisches Modell eine erste virtuelle Ausschublänge 7 berechnet wird
- der weitere Sensor 8 ermittelt einen weiteren Parameter des Teleskopschubarmes 2 über ein Zeitintervall, wobei über den

weiteren Parameter über ein physikalisches Modell eine weitere virtuelle Ausschublänge 9 berechnet wird

- die Ausschublänge 1 des Teleskopauslegers 3 wird durch die erste virtuelle Ausschublänge 7 und die weitere virtuelle Ausschublänge 9 berechnet.

Die erste virtuelle Ausschublänge 7 und die weitere virtuelle Ausschublänge 9 wird gewichtet, wobei die Gewichtung

- in Form eines vordefinierten statischen Gewichtungswert vorliegt und
- über eine Historie der ersten virtuellen Ausschublänge 7 und der weiteren virtuellen Ausschublänge 9 bestimmt wird und
- durch eine statistische Auswertung der ersten virtuellen Ausschublänge 7 und der weiteren virtuellen Ausschublänge 9 berechnet werden kann, wobei in Abhängigkeit von Gewichtungsparametern, einer Qualitätsklasse oder eines Qualitätswertes der ersten virtuellen Ausschublänge 7 und der weiteren virtuellen Ausschublänge 9 die Gewichtung geändert werden kann.

20

Bei der Gewichtung werden in diesem Falle folgende Kriterien berücksichtigt: eine Hebezeugart, eine Ausführungsform des Teleskopauslegers 3, eine Anzahl an Teleskopschubarmen 2 und Teleskopauslegern 3, eine Art des ersten Sensors 6 und des weiteren Sensors 8, eine Art des ersten Parameters und des weiteren Parameters, eine Anzahl an verwendeten Parametern, eine aktuelle Betriebsstellung des Teleskopauslegers 3, Anforderungen an die Ausschublänge 1, Verwendungszweck der Ausschublänge 1, Betriebsparameter des Hebezeuges 5. Die Gewichtung wird während dem Betrieb des Hebezeuges 5 oder des Teleskopauslegers 3 dynamisch in jedem Abtastzyklus der mobilen Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 10, angepasst.

- Die erste virtuelle Ausschublänge 7 und die weitere virtuelle Ausschublänge 9 werden in Qualitätsklassen oder durch einen Qualitätswert klassifiziert, wobei eine Qualitätsklasse und ein Qualitätswert der Ausschublänge 1 bestimmt wird. Die
- 5 Qualitätsklasse und der Qualitätswert wird während dem Betrieb des Hebezeuges 5 oder des Teleskopauslegers 3 dynamisch in jedem Abtastzyklus der mobilen Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 10 angepasst, wobei die Qualitätsklasse und der Qualitätswert
- 10 - der ersten virtuellen Ausschublänge 7 und der weiteren virtuellen Ausschublänge 9 in Abhängigkeit der folgenden Kriterien angepasst wird: einer Betriebsstellung des Teleskopauslegers 3, einer Gewichtung, einer Historie einer Hebezeugbewegung, einer Dauer einer Teleskopierbewegung,
- 15 weiteren Hebezeugbewegungen, Betriebsparameter des Hebezeuges 5, und
- der Ausschublänge 1 in Abhängigkeit der Qualitätsklasse oder des Qualitätswertes der ersten virtuellen Ausschublänge 7 und der Qualitätsklasse oder des Qualitätswertes der weiteren
- 20 virtuellen Ausschublänge 9 angepasst wird.

- Ein Fehlerbereich unter Berücksichtigung einer Gewichtung wird für die erste virtuelle Ausschublänge 7, die weitere virtuelle Ausschublänge 9 und die Ausschublänge 1 berechnet. Die erste
- 25 virtuelle Ausschublänge 7, die weitere virtuelle Ausschublänge 9 und die Ausschublänge 1 zusammen mit dem Fehlerbereich werden über eine Visualisierungsvorrichtung 11 visualisiert. Die erste virtuelle Ausschublänge 7, die weitere virtuelle Ausschublänge 9 und die Ausschublänge 1 werden zeitkontinuierlich oder
- 30 zeitdiskret in Abhängigkeit des zugrundeliegenden Parameters beziehungsweise des physikalischen Modelles bestimmt, wobei die Ausschublänge 1 in keinem Arbeitszyklus des Hebezeuges 5 ausschließlich über die erste virtuelle Ausschublänge 7 berechnet wird.

Die erste virtuelle Ausschublänge 7, die weitere virtuelle Ausschublänge 9 und die Ausschublänge 1 werden unter Berücksichtigung der folgenden zusätzlichen Parametern berechnet: einer Teleskopauslegergeometrie, einer Hebezeuggeometrie, einer Betriebsstellung des Teleskopauslegers 3, einer an dem Teleskopausleger 3 angeordneten Lastmasse, eines Betriebsparameters des Hebezeuges 5, eine Historie einer Hebezeugbewegung, eine aktuelle Hebezeugbewegung, Betriebszustände von hydraulischen Verbrauchern des Hebezeuges 5, eine Dauer einer Teleskopierbewegung. Die Wahl der zusätzlichen Parametern ist im Allgemeinen jedoch beliebig.

Der Teleskopschubarm 2 weist eine hydraulische Antriebseinheit 12 mit einer Blende 13 als Steuerschieberstange auf, wobei die Blende 13 eine Vielzahl an Blendenstellungen zur Steuerung eines Hydraulikölflusses in der hydraulischen Antriebseinheit 12 umfasst. Durch den ersten Sensor 6 (oder den weiteren Sensor 8 – im Folgenden wird lediglich Bezug auf den ersten Sensor 6 genommen) kann der Parameter in Form einer aktuellen Blendenstellung ermittelt werden, wobei durch den Parameter über ein physikalisches Modell auf einen Volumenstrom in der hydraulischen Antriebseinheit 12 geschlossen werden kann.

Da das Hebezeug mit einer positionsabhängigen Blende 13 ausgestattet ist, ist ein Fluss an Hydrauliköl in der hydraulischen Antriebseinheit 12 über die Blende 13 steuerbar, wobei durch den ersten Sensor 6 Parameter in Form einer Position der Blende 13 und einer Druckdifferenz an der Blende 13 ermittelt werden, wobei durch die Parameter über ein physikalisches Modell auf einen Volumenstrom in der hydraulischen Antriebseinheit 12 zur Berechnung der ersten virtuellen Ausschublänge 7 geschlossen wird.

- Die hydraulische Antriebseinheit 12 umfasst einen Hydrauliköltank 14 zur Versorgung der hydraulischen Antriebseinheit 12 mit Hydrauliköl, wobei durch den ersten Sensor 6 der Parameter in Form eines Füllstandes des Hydrauliköltankes 14 ermittelt wird. Weitere mit dem Hydrauliköltank 14 verbundene hydraulische Antriebseinheiten 12 (in der Darstellung aus Übersichtlichkeitsgründen nicht ersichtlich) können über ein physikalisches Modell berücksichtigt werden. Üblicherweise ist lediglich ein Hydrauliköltank 14 neben der Kransäule zur Versorgung des Hydrauliksystems angeordnet, wobei auf den an die Kolbenzylindereinheit 15 angrenzenden Hydrauliköltank 14 des Ausführungsbeispiels verzichtet werden kann.
- Die hydraulische Antriebseinheit 12 des Hebezeuges 5 weist eine Kolbenzylindereinheit 15 auf, wobei durch den ersten oder Sensor 6 der Parameter in Form einer Eigenfrequenz des Teleskopauslegers 3 an der Kolbenzylindereinheit 15 über ein physikalisches Modell ermittelt wird.
- Durch den einen ersten Sensor 6 kann der Parameter in Form einer Schwingungsamplitude des des Teleskopauslegers 3 an der Kolbenzylindereinheit 15 über ein physikalisches Modell ermittelt werden. Der erste Sensor 6 kann im Allgemeinen eine Vielzahl an Sensorikmodulen aufweisen. Die Anzahl an Sensoren 6, 8 ist im Allgemeinen beliebig und kann auf die spezifischen zu ermittelnden Parameter abgestimmt sein.
- Über den ersten Sensor 6 wird der Parameter in Form eines Extremwertes eines Druckes in der Kolbenzylindereinheit 15 über ein zugrundeliegendes physikalisches Modell zur Bestimmung des Extremwertes ermittelt. Das physikalische Modell ermöglicht zudem die Bestimmung der weiteren virtuellen Ausschublänge 9 unter Rücksicht des Parameters.

Durch den ersten Sensor 6 wird der Parameter in Form eines Hubmomentes über ein physikalisches Modell mit Einberechnung von Lastmomenten und Eigenmomenten zur Bestimmung der Ausschublänge 1 ermittelt.

Der Teleskopausleger 3 umfasst eine Seilführungsrolle 16, wobei durch den ersten Sensor 6 der Parameter in Form einer Drehzahl der Seilführungsrolle 16 ermittelt wird, wobei die Drehzahl in Abhängigkeit von etwaigen Teleskopierbewegungen zur Berechnung einer weiteren virtuellen Ausschublänge 9 herangezogen wird.

Das dargestellte Hebezeug 5 ist in der Lage, virtuelle Ausschublängen 7, 9 mit allen sieben beschriebenen zugrundeliegenden physikalischen Modellen zu generieren, wobei das Hebezeug 5 nicht auf die Anzahl oder Art der physikalischen Modelle limitiert ist. Beispielsweise können Hebezeuge 5 lediglich zwei physikalische Modelle zur indirekten Ermittlung der Ausschublänge 1 über zwei virtuelle Ausschublängen 7, 9 nutzen, wobei die hierzu verwendete Sensorik auch nur auf diese herangezogenen virtuellen Ausschublängen 7, 9 ausgelegt sein kann.

Fig. 2 zeigt ein Hebezeug 5 in Form eines Kranes, wobei eine Kranbasis ein Knicksystem umfasst, an welchem ein Hauptarm 20 als Knickarm beziehungsweise Kranarm angeordnet ist. Aus dem Hauptarm 20 ist eine Vielzahl an Teleskopschubarmen 2, 4 teleskopierbar, wobei die Ausschublänge 1 sowie die virtuellen Ausschublängen 7, 9 im Allgemeinen auch auf einen Teilbereich des Teleskopauslegers 3 bezogen sein können. Durch die Ausschublänge 1 einzelner Teleskopschubarme 2 des Teleskopauslegers 3 kann die Ausschublänge 1 eines Teiles des Teleskopauslegers 3 und die Ausschublänge 1 des gesamten

Teleskopauslegers 3 bestimmt werden, sofern Informationen zu den weiteren Teleskopschubarmen 4 vorliegen.

Aus einer Vielzahl an virtuellen Ausschublängen 7, 9 wird
5 automatisch aufgrund einer Historie einer virtuellen
Ausschublänge 7, 9 genau eine virtuelle Ausschublänge 7, 9
gewählt und als die erste virtuelle Ausschublänge 7 verwendet.
Die erste virtuelle Ausschublänge 7 und die weiteren virtuellen
Ausschublänge 9 (in der Darstellung ist aus
10 Übersichtlichkeitsgründen lediglich eine weitere virtuelle
Ausschublänge 9 ersichtlich) werden gewichtet sowie
klassifiziert und die virtuelle Ausschublänge 7, 9 mit höchster
Gewichtung oder höchster Qualitätsklasse/Qualitätswert wird
gewählt. Diese Auswahl ist auch auf einen Teilbereich der
15 virtuellen Ausschublängen 7, 9 anwendbar. Zur Minimierung eines
Fehlerbereich wird eine Vielzahl an virtuellen Ausschublängen 7,
9 zur Ermittlung der Ausschublänge 1 kombiniert, wobei die erste
virtuelle Ausschublänge 7 und die weiteren virtuellen
Ausschublänge 9 gewichtet werden und die Vielzahl an virtuellen
20 Ausschublängen 7, 9 unter Rücksicht der jeweiligen Gewichtung
kombiniert werden. Die erste virtuelle Ausschublänge 7 und die
weiteren virtuellen Ausschublänge 9 werden in Qualitätsklassen
und durch einen Qualitätswert klassifiziert und die Vielzahl an
virtuellen Ausschublängen 7, 9 werden unter Rücksicht der
25 jeweiligen Qualitätsklasse und Qualitätswert kombiniert.

Referenzwerte in Form einer Ausschublänge 1 einer bekannten
Ausschublänge 1 und einer durch einen zusätzlichen Sensor 17
ermittelten Ausschublänge 1 ist vorgesehen, mit welchen die
30 erste virtuelle Ausschublänge 7, die weitere virtuelle
Ausschublänge 9 und die Ausschublänge 1 zeitkontinuierlich an
die Referenzwerte angenähert werden, wobei ein Referenzwert
durch eine Endlage des Teleskopauslegers 3 gegeben ist. Ein
Referenzwert liegt in Form einer virtuellen Ausschublänge 7 vor,

wobei diese virtuelle Ausschublänge 7 durch den ersten Sensor 6 zeitdiskret ermittelt wird.

5 Eine weitere virtuelle Ausschublänge 9 wird hingegen zeitkontinuierlich ermittelt wobei eine Differenz zwischen den beiden virtuellen Ausschublängen 7, 9 berechnet wird und in einen Puffer der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 10 gespeichert wird. Die Differenz kann über Qualitätsklassen, Qualitätswerte und Gewichtungen der beiden virtuellen
10 Ausschublängen 7, 9, gewichtet werden. Die zeitkontinuierlich ermittelte virtuelle Ausschublänge 7, 9 wird durch den Puffer unter Berücksichtigung limitierender Parameter – wie maximale Geschwindigkeitsänderung, Berechnungsergebnisse vorangegangener Teleskopierbewegungen als Randbedingungen oder dergleichen –
15 korrigiert.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur indirekten Bestimmung einer Ausschublänge (1) zumindest eines Teleskopschubarmes (2) eines Teleskopauslegers (3) relativ zu einem weiteren Teleskopschubarm (4) oder einem Hauptarm (20) des Teleskopauslegers (3), insbesondere zumindest eines Teiles des Teleskopauslegers (3), eines Hebezeuges (5), gekennzeichnet durch die folgenden Verfahrensschritte:
- 10 - wenigstens ein erster Sensor (6), welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor verschieden ist, ermittelt wenigstens einen ersten Parameter des zumindest einen Teleskopschubarmes (2) und/oder Teleskopauslegers (3),
15 insbesondere über ein Zeitintervall, wobei über den wenigstens einen ersten Parameter, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, eine erste virtuelle Ausschublänge (7) bestimmt und/oder berechnet wird
 - 20 - der wenigstens eine erste Sensor (6) und/oder wenigstens ein weiterer Sensor (8), welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor verschieden ist, ermittelt wenigstens einen weiteren Parameter des zumindest einen Teleskopschubarmes (2) und/oder
25 Teleskopauslegers (3), insbesondere über ein Zeitintervall, wobei über den wenigstens einen weiteren Parameter, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) bestimmt und/oder
30 berechnet wird
 - die Ausschublänge (1) des zumindest einen Teleskopschubarmes (2) oder des Teleskopauslegers (3) wird durch die erste virtuelle Ausschublänge (7) und

die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) bestimmt und/oder berechnet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste virtuelle Ausschublänge (7) und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) gewichtet wird, vorzugsweise wobei die Gewichtung
- in Form eines vordefinierten statischen Gewichtungswert vorliegt und/oder
 - über eine Historie der ersten virtuellen Ausschublänge (7) und/oder der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge (9) bestimmt und/oder berechnet wird und/oder
 - durch eine statistische Auswertung der ersten virtuellen Ausschublänge (7) und/oder der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge (9) bestimmt und/oder berechnet wird und/oder
 - in Abhängigkeit einer Qualitätsklasse und/oder eines Qualitätswertes der ersten virtuellen Ausschublänge (7) und/oder der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge (9) bestimmt und/oder berechnet wird und/oder
 - in Abhängigkeit eines vordefinierten und/oder definierbaren Gewichtungsparmeter bestimmt und/oder berechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei bei der Gewichtung wenigstens einer der folgenden Kriterien berücksichtigt wird: eine Hebezeugart, eine Ausführungsform des Teleskopauslegers (3), eine Anzahl an Teleskopschubarmen (2) und/oder Teleskopauslegern (3), eine Art des wenigstens einen ersten Sensors (6) und/oder des wenigstens einen weiteren Sensors (8), eine Art des wenigstens einen ersten Parameters und/oder des wenigstens einen weiteren

Parameters, eine Anzahl an verwendeten Parametern, eine
aktuelle Betriebsstellung des Teleskopauslegers (3),
Anforderungen an die Ausschublänge (1), Verwendungszweck
der Ausschublänge (1), Betriebsparameter des Hebezeuges
5 (5).

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Gewichtung
während einem Betrieb des Hebezeuges (5), vorzugsweise des
Teleskopauslegers (3) und/oder dynamisch in jedem
10 Abtastzyklus einer, bevorzugt mobilen, Steuerungs- und/oder
Regelungseinrichtung (10), angepasst wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die
erste virtuelle Ausschublänge (7) und/oder die zumindest
15 eine weitere virtuelle Ausschublänge (9), vorzugsweise in
Qualitätsklassen und/oder durch einen Qualitätswert,
klassifiziert wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass
eine Qualitätsklasse und/oder ein Qualitätswert der
Ausschublänge (1) bestimmt und/oder berechnet wird.

20 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Qualitätsklasse
und/oder der Qualitätswert während einem Betrieb des
Hebezeuges (5), vorzugsweise des Teleskopauslegers (3)
und/oder dynamisch in jedem Abtastzyklus einer, bevorzugt
25 mobilen, Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (10),
angepasst wird, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die
Qualitätsklasse und/oder der Qualitätswert

- der ersten virtuellen Ausschublänge (7) und/oder der
zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge (9)
30 in Abhängigkeit zumindest einer der folgenden
Kriterien angepasst wird: einer Betriebsstellung des
Teleskopauslegers (3), einer gegebenenfalls
vorhandenen Gewichtung, einer Historie einer
Hebezeugbewegung, einer Dauer einer

- Teleskopierbewegung, weiteren Hebezeugbewegungen, Betriebsparameter des Hebezeuges (5), und/oder
- 5 - der Ausschublänge (1) in Abhängigkeit, vorzugsweise der Qualitätsklasse und/oder des Qualitätswertes, der ersten virtuellen Ausschublänge (7) und/oder, vorzugsweise der Qualitätsklasse und/oder des Qualitätswertes, der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge (9) angepasst wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei wenigstens ein Fehlerbereich, vorzugsweise unter Berücksichtigung einer gegebenenfalls vorhandenen Gewichtung, für die erste virtuelle Ausschublänge (7), die
- 15 zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) und/oder die Ausschublänge (1) bestimmt und/oder berechnet wird.
- 20 8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste virtuelle Ausschublänge (7), die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) und/oder die Ausschublänge (1), vorzugsweise zusammen mit wenigstens einem gegebenenfalls vorhandenen Fehlerbereich, über eine Visualisierungsvorrichtung (11) visualisiert werden.
- 25 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste virtuelle Ausschublänge (7), die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) und/oder die Ausschublänge (1) im Wesentlichen zeitkontinuierlich oder zeitdiskret bestimmt und/oder berechnet wird.
- 30 10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Ausschublänge (1) in keinem Arbeitszyklus des Hebezeuges (5) und/oder zu keinem Zeitpunkt ausschließlich über die erste virtuelle Ausschublänge (7) bestimmt und/oder berechnet wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste virtuelle Ausschublänge (7), die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) und/oder die Ausschublänge (1) unter Berücksichtigung wenigstens eines zusätzlichen Parameters bestimmt und/oder berechnet wird, vorzugsweise zumindest eines der folgenden zusätzlichen Parameter: einer Teleskopauslegergeometrie, einer Hebezeuggeometrie, einer Betriebsstellung des Teleskopauslegers (3), einer an dem Teleskopausleger (3) angeordneten Lastmasse, eines Betriebsparameters des Hebezeuges (5), eine Historie einer Hebezeugbewegung, eine aktuelle Hebezeugbewegung, Betriebszustände von hydraulischen Verbrauchern des Hebezeuges (5), eine Dauer einer Teleskopierbewegung.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der zumindest eine Teleskopschubarm (2) eine hydraulische Antriebseinheit (12) mit wenigstens einer Blende (13) umfasst, wobei die wenigstens eine Blende (13) eine Vielzahl an Blendenstellungen zur Steuerung eines Hydraulikölflusses in der hydraulischen Antriebseinheit (12) umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor (6, 8) der wenigstens eine Parameter in Form einer aktuellen Blendenstellung ermittelt wird, wobei durch den wenigstens einen Parameter, vorzugsweise über ein physikalisches Modell, auf einen Volumenstrom in der hydraulischen Antriebseinheit (12) geschlossen wird.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der zumindest eine Teleskopschubarm (2) eine hydraulische Antriebseinheit (12) mit wenigstens einer positionsabhängigen Blende (13) umfasst, wobei ein Fluss an

5 Hydrauliköl in der hydraulischen Antriebseinheit (12) über
die wenigstens eine Blende (13) steuerbar ist, wobei durch
den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen
weiteren Sensor (6, 8) der wenigstens eine Parameter in
10 Form einer Position der wenigstens einen Blende (13)
und/oder einer Druckdifferenz an der wenigstens einen
Blende (13) ermittelt wird, wobei durch den wenigstens
einen Parameter, vorzugsweise über ein physikalisches
Modell, auf einen Volumenstrom in der hydraulischen
15 Antriebseinheit (12) geschlossen wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
der zumindest eine Teleskopschubarm (2) eine hydraulische
Antriebseinheit (12) mit einem Hydrauliköltank (14) zur
15 Versorgung der hydraulischen Antriebseinheit (12) mit
Hydrauliköl umfasst, wobei durch den wenigstens einen
ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor (6, 8) der
wenigstens eine Parameter in Form eines Füllstandes des
Hydrauliköltankes (14) ermittelt wird, wobei vorzugsweise
20 vorgesehen ist, dass weitere mit dem Hydrauliköltank (14)
verbundene hydraulische Antriebseinheiten (12),
vorzugsweise über ein physikalisches Modell, berücksichtigt
werden.

25 15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
der zumindest eine Teleskopschubarm (2) eine hydraulische
Antriebseinheit (12) mit einer Kolbenzylindereinheit (15)
umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den
wenigstens einen weiteren Sensor (6, 8) der wenigstens eine
30 Parameter in Form einer Eigenfrequenz des zumindest einen
Teleskopschubarmes (2) und/oder des Teleskopauslegers (3)
an der Kolbenzylindereinheit (15), vorzugsweise über ein
physikalisches Modell, ermittelt wird.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
der zumindest eine Teleskopschubarm (2) eine hydraulische
Antriebseinheit (12) mit einer Kolbenzylindereinheit (15)
umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den
5 wenigstens einen weiteren Sensor (6, 8) der wenigstens eine
Parameter in Form einer Schwingungsamplitude des zumindest
einen Teleskopschubarmes (2) und/oder des Teleskopauslegers
(3) an der Kolbenzylindereinheit (15), vorzugsweise über
ein physikalisches Modell, ermittelt wird.
- 10
17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
der zumindest eine Teleskopschubarm (2) eine hydraulische
Antriebseinheit (12) mit einer Kolbenzylindereinheit (15)
umfasst, wobei durch den wenigstens einen ersten oder den
15 wenigstens einen weiteren Sensor (6, 8) der wenigstens eine
Parameter in Form eines Extremwertes eines Druckes in der
Kolbenzylindereinheit (15), vorzugsweise über ein
physikalisches Modell, ermittelt wird.
- 20
18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
durch den wenigstens einen ersten oder den wenigstens einen
weiteren Sensor (6, 8) der wenigstens eine Parameter in
Form eines Hubmomentes, vorzugsweise über ein
25 physikalisches Modell, ermittelt wird.
- 25
19. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
der zumindest eine Teleskopschubarm (2) eine
Seilführungsrolle (16) umfasst, wobei durch den wenigstens
einen ersten oder den wenigstens einen weiteren Sensor (6,
30 8) der wenigstens eine Parameter in Form einer Drehzahl der
Seilführungsrolle (16) ermittelt wird.
20. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
aus einer Vielzahl an virtuellen Ausschublängen (7, 9)

manuell oder automatisch, vorzugsweise aufgrund einer Historie zumindest einer virtuellen Ausschublänge (7, 9), wenigstens eine, vorzugsweise genau eine, virtuelle Ausschublänge (7, 9) gewählt wird und als die erste virtuelle Ausschublänge (7) oder als die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) verwendet wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die erste virtuelle Ausschublänge (7) und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) gewichtet wird und die gewählte virtuelle Ausschublänge (7, 9) jene mit höchster Gewichtung ist, und/oder die erste virtuelle Ausschublänge (7) und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) in Qualitätsklassen und/oder durch einen Qualitätswert klassifiziert wird und die gewählte virtuelle Ausschublänge (7, 9) jene mit höchster Qualitätsklasse und/oder höchstem Qualitätswert ist.

22. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Vielzahl an virtuellen Ausschubblängen (7, 9), vorzugsweise zur Minimierung eines gegebenenfalls vorhandenen Fehlerbereichs, zur Ermittlung der Ausschublänge (1) kombiniert werden, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die erste virtuelle Ausschublänge (7) und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) gewichtet wird und die Vielzahl an virtuellen Ausschubblängen (7, 9) unter Rücksicht der jeweiligen Gewichtung kombiniert werden, und/oder die erste virtuelle Ausschublänge (7) und/oder die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) in Qualitätsklassen und/oder durch einen Qualitätswert klassifiziert wird und die Vielzahl an virtuellen Ausschubblängen (7, 9) unter Rücksicht der jeweiligen Qualitätsklasse und/oder Qualitätswert kombiniert werden.

23. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
wenigstens ein Referenzwert einer Ausschublänge (1),
vorzugsweise einer bekannten Ausschublänge (1) und/oder
5 einer mittelbar oder unmittelbar durch einen zusätzlichen
Sensor (17) ermittelten Ausschublänge (1), vorgesehen ist,
mit welchem die wenigstens eine erste virtuelle
Ausschublänge (7), die wenigstens ein weitere virtuelle
Ausschublänge (9) und/oder die Ausschublänge (1),
10 vorzugsweise zeitdiskret oder zeitkontinuierlich, durch den
wenigstens einen Referenzwert ersetzt oder an den
wenigstens einen Referenzwert angenähert wird, wobei
vorzugsweise vorgesehen ist, dass der wenigstens eine
Referenzwert durch eine Endlage des zumindest einen
15 Teleskopschubarmes (2) und/oder des Teleskopauslegers (3)
gegeben ist.

24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei der wenigstens eine
Referenzwert in Form einer virtuellen Ausschublänge (7, 9)
20 vorliegt, wobei die virtuelle Ausschublänge (7, 9) durch
den wenigstens einen ersten Sensor (6) oder des wenigstens
einen weiteren Sensor (8) zeitdiskret ermittelt wird.

25. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
25 die wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge (7)
zeitdiskret ermittelt wird und die zumindest eine weitere
virtuelle Ausschublänge (9) zeitkontinuierlich ermittelt
wird, oder umgekehrt, wobei, vorzugsweise
zeitkontinuierlich oder zeitdiskret, eine Differenz
30 zwischen den beiden virtuellen Ausschublängen (7, 9)
berechnet wird und in einen Puffer einer Steuerungs-
und/oder Regelungseinrichtung (10) gespeichert wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei

- die Differenz, vorzugsweise über gegebenenfalls vorhandene Qualitätsklassen, Qualitätswerte und/oder Gewichtungen der beiden virtuellen Ausschublängen (7, 9), gewichtet wird, und/oder
 - 5 - die zeitkontinuierlich und/oder zeitdiskret ermittelte virtuelle Ausschublänge (7, 9) durch den Puffer oder einen Teil des Puffers, vorzugsweise unter Berücksichtigung limitierender Parameter und/oder des Puffers, korrigiert wird.
- 10
27. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei durch die Ausschublänge (1) zumindest eines Teleskopschubarmes (2) die Ausschublänge (1) eines Teiles des Teleskopauslegers (3) oder die Ausschublänge (1) des
- 15 Teleskopauslegers (3) bestimmt und/oder ermittelt wird.
28. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, welche bei der Ausführung durch eine Recheneinheit (18) diese veranlassen, aus einer Speichereinheit (19), welche mit der
- 20 Recheneinheit (18) in einer Datenverbindung steht oder in eine solche bringbar ist, ein Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche auszuführen.
29. Hebezeug (5), umfassend
- 25 - wenigstens einen Teleskopschubarm (2) und/oder wenigstens einen Teleskopausleger (3),
- wenigstens einen ersten Sensor (6), welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor verschieden ist,
- 30 - gegebenenfalls wenigstens einen weiteren Sensor (8), welcher von einem gegebenenfalls vorhandenen direkten Ausschublängensensor verschieden ist, und
- wenigstens eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (10),

dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (10) dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 27 durchzuführen.

5

30. Hebezeug (5) nach Anspruch 29, wobei wenigstens eine Speichereinheit (19) vorgesehen ist, welche mit der wenigstens eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (10) in Datenverbindung steht oder in eine solche bringbar ist, wobei in der wenigstens einen Speichereinheit (19) zumindest ein Algorithmus zur, vorzugsweise zeitdiskreten oder zeitkontinuierlichen, Bestimmung und/oder Berechnung einer Ausschublänge (1) über wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge (7) und zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) hinterlegt ist, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass

15

20

25

30

- durch den Algorithmus die wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge (7), die zumindest eine weitere virtuelle Ausschublänge (9) und/oder die Ausschublänge (1) mit einer Qualitätsklasse, einem Qualitätswert und/oder einer Gewichtung versehen ist, und/oder
- durch den Algorithmus ein Puffer über eine Differenz der wenigstens einen ersten virtuellen Ausschublänge (7) und der zumindest einen weiteren virtuellen Ausschublänge (9) befüllbar ist, wobei über den Puffer die Ausschublänge (1) und/oder eine zeitkontinuierliche virtuelle Ausschublänge (7, 9) durch Referenzwerte oder zeitdiskrete virtuelle Ausschubblängen (7, 9) anpassbar ist, und/oder
- wenigstens eine Visualisierungsvorrichtung (11) vorgesehen ist, über welche die wenigstens eine erste virtuelle Ausschublänge (7), die zumindest eine

weitere virtuelle Ausschublänge (9) und/oder die
Ausschublänge (1) visualisierbar ist.