



(11) **EP 4 314 443 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.06.2024 Patentblatt 2024/23

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E04G 21/04 ^(2006.01) **F04B 7/00** ^(2006.01)
F04B 1/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22715094.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E04G 21/0436; E04G 21/0445; E04G 21/0463;
F04B 1/02; F04B 7/0026; F04B 7/0049

(22) Anmeldetag: **21.03.2022**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2022/057307

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2022/200252 (29.09.2022 Gazette 2022/39)

(54) **STANDSICHERHEITSÜBERWACHUNG FÜR EIN DICKSTOFFFÖRDERSYSTEM**

STABILITY MONITORING FUNCTION FOR A THICK MATTER CONVEYING SYSTEM

FONCTION DE SURVEILLANCE DE STABILITÉ POUR UN SYSTÈME DE CONVOYAGE DE MATIÈRES ÉPAISSES

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

• **KLEIN, Christiane**
72631 Aichtal (DE)

(30) Priorität: **23.03.2021 DE 102021107141**

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**
Partnerschaft mbB von
Patent- und Rechtsanwälten
Postfach 13 03 91
20103 Hamburg (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.02.2024 Patentblatt 2024/06

(73) Patentinhaber: **Putzmeister Engineering GmbH**
72631 Aichtal (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2005/042319 CN-B- 102 434 620
DE-A1-102018 204 079 US-B1- 6 202 013
US-B1- 8 827 657

(72) Erfinder:
• **MÜLLER, Ansgar**
72631 Aichtal (DE)

EP 4 314 443 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft unter anderem ein Dickstofffördersystem mit einer Dickstoffpumpe, einem Dickstoffverteilmast, einem Unterbau, einer Sensoreinheit und einer Verarbeitungseinheit, sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Dickstofffördersystems.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind gattungsgemäße Dickstofffördersysteme bekannt (vgl. z.B. WO 2005/042319 A1 oder CN 102 434 620 B).

[0003] Zu deren Standsicherheitsüberwachung werden verschiedene Betriebsparameter beobachtet, sodass bei Überschreiten eines kritischen Wertes eines solchen Betriebsparameters das Dickstofffördersystem als Reaktion darauf auf eine vorgegebene Art und Weise angesteuert werden kann und typischerweise ein ordnungsgemäßer Betrieb des Dickstofffördersystems eingestellt wird. Die hierzu berücksichtigten Betriebsparametern, wie Lastmoment, Lage des Gesamtschwerpunkts, Zylinderkraft der Mastarme oder Beinkräfte von Stützbeinen, unterliegen dabei Beeinflussungen durch den Betrieb der Dickstoffpumpe des Dickstofffördersystems. Der Betrieb der Dickstoffpumpe verursacht periodische Schwankungen der Betriebsparameter. Problematisch ist hierbei jedoch, dass es bei der Verwendung des Dickstofffördersystems in Randlagen und an der Obergrenze der Standsicherheit aufgrund der Beeinflussung der Betriebsparameter durch den Betrieb der Dickstoffpumpe zu einer unerwünschten wiederkehrenden Überschreitung und Unterschreitung der Obergrenze und einer ständigen Ab- und Anschaltung des Betriebs des Dickstofffördersystems kommt.

[0004] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, vor dem Hintergrund der voranstehend genannten Probleme ein verbessertes Dickstofffördersystem und ein verbessertes Verfahren zum Betreiben eines Dickstofffördersystems bereitzustellen.

[0005] Die erfindungsmäße Lösung liegt in den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0006] Gemäß der Erfindung wird ein Dickstofffördersystem offenbart, mit einer Dickstoffpumpe zum Fördern eines Dickstoffs, umfassend eine Kernpumpe in Doppelkolbenbauart, die eine Pumpfrequenz aufweist, und ein mit der Pumpfrequenz umschaltbares S-Rohr, einem Dickstoffverteilmast zum Verteilen des zu fördernden Dickstoffs, wobei der Dickstoffverteilmast zumindest zwei Mastarme aufweist, einem Unterbau, an dem der Dickstoffverteilmast und die Dickstoffpumpe angeordnet sind, wobei der Unterbau ein Stützwerk zur Abstützung des Unterbaus mit zumindest einem horizontal und/oder vertikal verfahrbaren Stützbein umfasst, einer Sensoreinheit zum sequenziellen Erfassen zumindest einer Betriebsinformation zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt, und einer Verarbeitungseinheit, eingerichtet zum Bestimmen eines Standsicherheitsparameters des Dickstofffördersystems, abhängig von der zumindest einen zum ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation, der zumindest einen zum zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation und der Pumpfrequenz.

[0007] Das erfindungsgemäße Dickstofffördersystem ist beispielsweise eine Autobetonpumpe.

[0008] Bei der Erfindung handelt es sich um eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung eines Dickstofffördersystems, bei dem zur Bestimmung der Standsicherheit anhand eines Standsicherheitsparameters nicht nur eine von einer Sensoreinheit erfasste Betriebsinformation berücksichtigt wird, sondern zusätzlich auch spezifische Betriebsparameter der Dickstoffpumpe. Dies ermöglicht, dass die Beeinflussung der erfassten Betriebsinformation durch den Betrieb der Dickstoffpumpe ermittelt werden kann. Mithin kann so ein Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems großenteils unabhängig vom Betrieb der Dickstoffpumpe bestimmt werden.

[0009] Die Erfindung hat erkannt, dass sich dazu insbesondere eine Berücksichtigung der Pumpfrequenz der Kernpumpe, die der Umschaltfrequenz des S-Rohrs entspricht, eignet. Unter einer Pumpperiode ist diejenige Zeitdauer zu verstehen, nach der sich ein Pumpvorgang wiederholt. Sie entspricht dem Kehrwert der Pumpfrequenz. Durch diesen vorgebbaren Betriebsparameter der Dickstoffpumpe, der vorzugsweise wie auch die zu berücksichtigende Betriebsinformation ebenfalls von der Sensoreinheit erfasst wird, kann die Beeinflussung der jeweiligen Betriebsinformation durch den Betrieb der Dickstoffpumpe besonders zuverlässig und exakt bestimmt werden. Auf eine aufwändige und zeitintensive Filterung kann verzichtet werden. So wird eine zuverlässige Bestimmung der Standsicherheit mit besonders geringem Zeitverzug und somit besonders effizient ermöglicht. Auch wird eine bessere Glättung gegenüber die Pumpfrequenz nicht berücksichtigenden Filteralgorithmen geboten. Somit wird es möglich, ein die Standsicherheit nicht gefährdendes Abschalten des Dickstofffördersystems zu vermeiden, sodass ein kontrollierter Betrieb des Dickstofffördersystems in Randlagen erfolgen kann.

[0010] Nachfolgend seien zunächst einige Begriffe erläutert:

Dickstoff ist ein Oberbegriff für schwer förderbare Medien. Bei dem Dickstoff kann es sich beispielsweise um einen Stoff mit grobkörnigen Bestandteilen, einen Stoff mit aggressiven Bestandteilen oder Ähnliches handeln. Der Dickstoff kann auch ein Schüttgut sein. In einer Ausführungsform ist der Dickstoff Frischbeton. Frischbeton kann Körner bis zu einer Größe von mehr als 30 mm enthalten, bindet ab, bildet Ablagerungen in Toträumen und ist aus diesen Gründen schwierig zu fördern.

[0011] Beispielhafte Dickstoffe sind Beton mit einer Dichte von 800 kg/m³ bis 2300 kg/m³ oder Schwerbeton mit einer Dichte von mehr als 2300 kg/m³.

[0012] Die Dickstoffpumpe kann eine Kernpumpe mit zwei, beispielsweise genau zwei, Förderzylindern umfassen. Es wird dann abwechselnd vom ersten auf den zweiten Förderzylinder und vom zweiten auf den ersten Förderzylinder umgeschaltet. Zwischen den Förderzylindern kann ein S-Rohr zyklisch umgeschaltet werden. Ferner kann ein Zusatzzylinder so eingerichtet sein, dass er jeden der Übergänge überbrückt.

[0013] Bei dem S-Rohr handelt es sich um einen bewegbaren Rohrabschnitt, mit dem die Förderzylinder wechselweise mit dem Auslass der Dickstoffpumpe verbunden werden. Der Rohrabschnitt und der Zusatzzylinder können Elemente einer Baueinheit sein, die lösbar mit der Dickstoffpumpe verbunden ist. Dadurch kann die Wartung und Reinigung der Dickstoffpumpe erleichtert werden.

[0014] Der Dickstoffverteilmast umfasst zumindest zwei Mastarme, kann aber auch drei, vier oder fünf Mastarme umfassen. Typischerweise umfasst die Mastanordnung drei bis sieben Mastarme. Ein Mastarm kann dabei an seinem proximalen Ende mit einem Drehwerk des Dickstoffverteilmasts und an seinem distalen Ende an dem proximalen Ende eines benachbarten Mastarms verbunden sein. Der oder die weiteren Mastarme sind aneinandergereiht, und jeweils an ihrem proximalen Ende mit einem distalen Ende des benachbarten Mastarms verbunden. Das distale Ende des letztgereihten Mastarms, der zudem keine weitere Verbindung an seinem distalen Ende aufweist, definiert dabei einen Lastanhängepunkt.

[0015] Die Mastarme sind dabei jeweils über ein Mastgelenk so miteinander verbunden, dass sie zumindest, zum Beispiel ausschließlich, in einer Dimension zumindest unabhängig von den übrigen Mastarmen bewegbar sind. Jedem Mastarm ist dabei das Mastgelenk an seinem proximalen Ende zugeordnet.

[0016] Die Verbindung des einen Mastarms mit dem Drehwerk kann so ausgestaltet sein, dass bei einer Drehung des Drehwerks um eine Achse auch dieser Mastarm oder sämtliche Mastarme um diese Achse gedreht werden. Beispielsweise ist der Mastarm so an dem Drehwerk befestigt, dass er, zum Beispiel ausschließlich, in vertikaler Richtung unabhängig vom Drehwerk bewegt und beispielsweise über sein Mastgelenk rotiert werden kann. Denkbar ist auch, dass ein Mastarm eine Teleskopfunktionalität aufweist und entlang seiner Längsachse teleskopartig und stufenlos verlänger- oder verkürzbar ist. Ein Mastarm ist zum Beispiel so verstellbar, dass zumindest das distale Ende des Mastarms zu-

mindest in eine der drei Raumrichtungen (x-, y- und z-Richtung) bewegbar ist.

[0017] Alternativ oder zusätzlich kann ein Mastarm um seine Längsachse rotierbar sein. Beispielsweise umfasst ein Mastarm zumindest einen Aktuator für sein Mastgelenk, wie zum Beispiel einen Hydraulik-, oder Pneumatikzylinder oder einen elektromechanischen Aktuator oder eine Kombination mehrerer, auch unterschiedlicher Typen von Aktuatoren, mit dem er seine Lage gegenüber zumindest einem anderen Mastarm, insbesondere dem am proximalen Ende verbundenen Mastarm, verändern kann. Die Aktuatoren können zum Beispiel dazu eingerichtet sein, den Mastarm um eine horizontale Achse, die zum Beispiel durch sein Mastarmgelenk verläuft, rotatorisch zu verschwenken und/oder in eine, in zwei oder in alle Raumrichtungen translatorisch zu bewegen.

[0018] Alternativ oder zusätzlich kann der Mastarm weitere Aktuatoren aufweisen, mittels derer er, zum Beispiel teleskopartig, verlängert oder verkürzt oder rotiert werden kann.

[0019] Bei dem Unterbau handelt es sich um ein Grundgerüst, zum Beispiel ein Fahrgestell, an dem der Dickstoffverteilmast und die Dickstoffpumpe angeordnet sind. Beispielsweise sind Dickstoffverteilmast und/oder Dickstoffpumpe an dem Unterbau befestigt. Der Unterbau kann stationär, zum Beispiel als Plattform) oder mobil (zum Beispiel als Fahrzeug) ausgebildet sein. Durch die Anordnung von Dickstoffverteilmast und Dickstoffpumpe an dem Unterbau kann das gesamte Dickstofffördersystem besonders kompakt als eine Einheit, und beispielsweise in Form einer Autobetonpumpe ausgebildet sein.

[0020] Der Unterbau umfasst ein Stützwerk zur Abstützung des Unterbaus mit zumindest einem horizontal und/oder vertikal verfahrbaren Stützbein. Ein Stützbein eines Dickstofffördersystems stellt eine Komponente des Stützwerks dar, die der Erhöhung der Standsicherheit des Dickstofffördersystems dient. Der Einfluss des Stützwerks auf die Standsicherheit ist dabei insbesondere von einer individuellen Anordnung und Aufstellung von Stützbeinen abhängig. Dazu ist das Stützbein auf einem Untergrund mit einem Abstützteller abstützbar. Üblicherweise sind bei einem Stützwerk vier Stützbeine vorgesehen.

[0021] Das Dickstofffördersystem umfasst Mittel zur Ausführung oder Steuerung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese Mittel umfassen insbesondere die Sensoreinheit und die Verarbeitungseinheit, können aber auch eine Steuereinheit des Dickstofffördersystems umfassen, und können als jeweils separate oder in verschiedenen Kombinationen zusammengefasste Hardware- und/oder Software-Komponenten ausgebildet sein. Die Mittel umfassen beispielsweise mindestens einen Speicher mit Programmanweisungen eines Computerprogramms und mindestens einen Prozessor, ausgebildet zum Ausführen von Programmanweisungen aus dem mindestens einen Speicher.

[0022] Die Sensoreinheit ist dazu eingerichtet, zumindest eine Betriebsinformation zu erfassen, insbesondere selbsttätig und unabhängig von einer Benutzereingabe zu erfassen. Das Erfassen der zumindest einen Betriebsinformation soll sequenziell, also sich in bestimmten zeitlichen Abständen wiederholend, durchgeführt werden. Denkbar ist, dass eine Betriebsinformation in vorgegebenen zeitlichen Intervallen wiederholt erfasst wird. Des Weiteren ist vorgesehen, dass die Betriebsinformation zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt erfasst wird. Somit liegen zumindest zwei Betriebsinformationen gleichen Typs vor, die beispielsweise von demselben Sensor der Sensoreinheit nach-

einander erfasst worden sind.

[0023] Beispielsweise kann das Erfassen einer Betriebsinformation durch ein Messen einer für diese Betriebsinformation charakteristischen Messgröße erfolgen. Die Sensoreinheit kann dazu einen oder mehrere Sensoren gleichen oder unterschiedlichen Typs umfassen. Beispielhafte Sensoren sind Kraft- und Drucksensoren (z.B. zum Erfassen einer Zylinderkraft eines Mastgelenks, einer auf einen Aktuator eines Mastarms wirkenden Kraft oder einer Beinkraft eines Stützbeins), Positionssensoren (z.B. Sensoren eines satellitengestützten Positionssystems wie GPS, GLONASS oder Galileo), Lagesensoren (z.B. Wasserwaagen oder Neigungssensorik zum Erfassen eines Neigungswinkels eines Mastarms), elektrische (z.B. Induktionssensoren), optische (z.B. Lichtschranken, Lasersensoren oder 2D-Scanner) oder akustische Sensoren (z.B. Ultraschallsensoren) als Schwingungssensoren zum Erfassen der Pumpfrequenz. Gleichermaßen kann eine Betriebsinformation auch durch das Zusammenwirken mehrerer Sensoren der Sensoreinheit erfasst werden. So kann beispielsweise durch Kombination der Messungen eines Schwingungssensors und eines Drucksensors die zu erfassende Betriebsinformation besonders präzise ermittelt werden.

[0024] Alternativ oder zusätzlich kann die Sensoreinheit auch ein oder mehrere (z.B. drahtlose) Kommunikationsmittel umfassen, durch die (z.B. extern) erfasste und zum Beispiel von einem Benutzer an einem Benutzerendgerät per Benutzereingabe bereitgestellte Betriebsinformationen auf fachmännisch bekanntem Wege an der Sensoreinheit empfangen werden können.

[0025] Die Verarbeitungseinheit soll als eingerichtet zum Bestimmen eines Standsicherheitsparameters des Dickstofffördersystems verstanden werden. Dies soll abhängig von der zumindest einen, insbesondere von sämtlichen, zum ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation, der zumindest einen, insbesondere von sämtlichen, zum zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation und der Pumpfrequenz erfolgen. Dazu kann sie zum Beispiel Zugriff auf die von der Sensoreinheit erfassten Informationen haben. Von dem Bestimmen des Standsicherheitsparameters soll ebenfalls als umfasst verstanden werden, dass der Standsicherheitsparameter unter Hinzuziehung vorgegebener und als konstant angenommenen Eigenschaften von Komponenten des Dickstofffördersystems, wie zum Beispiel deren Masse oder deren räumliche Ausdehnung, berechnet wird. Dazu kann die Verarbeitungseinheit auch die zeitliche Entwicklung der Pumpfrequenz berücksichtigen.

[0026] Die Standsicherheit des Dickstofffördersystems ist umso höher, je größer der Abstand der Wirkungslinie, die sämtliche auf das Dickstofffördersystem wirkenden Kräfte berücksichtigt, von den Kippkanten der Aufstandsfläche ist. Eine verlässliche Aussage über die Standsicherheit kann aber schon bei Zugrundelegung einer Wirkungslinie getroffen werden, die zumindest die auf das Dickstofffördersystem wirkende Gewichtskraft berücksichtigt. Je mehr der tatsächlich wirkenden Kräfte in der Wirkungslinie berücksichtigt werden, desto präziser kann diese Aussage getroffen werden. Daher kann die Standsicherheit des Dickstofffördersystems besonders vorteilhaft durch einen den Abstand der Wirkungslinie von den Kippkanten der Aufstandsfläche repräsentierenden Standsicherheitsparameter charakterisiert werden. Der Standsicherheitsparameter befindet sich innerhalb eines vorgegebenen oder dynamisch bestimmbar Stand-sicherheitsbereichs, innerhalb welchem der Abstand der Wirkungslinie von jeder der Kippkanten größer als oder gleich Null ist, vorzugsweise wird dabei noch eine Sicherheitsreserve berücksichtigt. Innerhalb des Standsicherheitsbereichs ist die Standsicherheit des Dickstofffördersystems gegeben. Die Obergrenze des Standsicherheitsbereichs wird durch einen maximalen Standsicherheitsparameter definiert. Der maximale Standsicherheitsparameter liegt dann vor, wenn der Abstand der Wirkungslinie von einer der Kippkanten Null ist. Entsprechend nimmt der Abstand der Wirkungslinie von zumindest einer der Kippkanten mit zunehmendem Standsicherheitsparameter ab. Oberhalb der Obergrenze ist der Abstand kleiner als Null und die Standsicherheit des Dickstofffördersystems nicht mehr gegeben. Es ist denkbar, dass ein Standsicherheitsbereich für jede Betriebssituation des Dickstofffördersystems vorgegeben oder bestimmbar ist, zum Beispiel unter Berücksichtigung konstant angenommener Eigenschaften der zu berücksichtigenden Komponenten des Dickstofffördersystems. Beispielsweise kann dazu für jede mögliche Anordnung des Stützwerks, zum Beispiel durch eine bestimmte Aufstellung von Stützbeinen, eine Aufstandsfläche vorgegeben oder bestimmbar sein.

[0027] Der Abstand der Wirkungslinie von einer der Kippkanten sowie die Lage der Wirkungslinie sind jeweils zumindest von der Gewichtskraft des Dickstofffördersystems abhängig und können zum Beispiel von der Verarbeitungseinheit berechnet. Die Lage der Wirkungslinie kann vertikale und horizontale Richtungskomponenten aufweisen, und von Wirkungsrichtungen und /oder Beträgen mehrerer Kräfte abhängen. Beispielsweise können eine oder mehrere dabei zu berücksichtigende Kräfte vorgegeben oder von einem Benutzer (z.B. mittels einer geeigneten Benutzerschnittstelle) auswählbar sein. Wird zum Beispiel nur die Gewichtskraft eines Dickstofffördersystems berücksichtigt, dann entspricht die Wirkungslinie einer durch den Gesamtschwerpunkt verlaufenden Lotlinie. Die Lage der Wirkungslinie gleicht dann der Lage der Lotlinie. Ist die Lage der Wirkungslinie zusätzlich von einer Kraft abhängig, die eine horizontale Komponente aufweist, wie zum Beispiel eine auf das Dickstofffördersystem seitlich einwirkende Windkraft, dann umfasst die Lage der Wirkungslinie auch zumindest eine horizontale Komponente, und ihre Lage ist ungleich der Lotlinie. Es ist denkbar, dass die Lage der Wirkungslinie auf eine solche Weise von einer oder mehreren weiteren Kräften abhängig ist, dass die Verarbeitungseinheit die Lage, vorzugsweise nur, bei Eintreffen einer oder mehrerer spezifischer Bedingungen, zum Beispiel oberhalb einer beim Betrieb des Dickstofffördersystems vorherrschenden Windstärke, stufenweise, zum Beispiel um jeweils einen vorgegebenen Betrag in eine vorgegebene Richtung, anpassen kann. Es ist auch denkbar, dass die

Lage der Wirkungslinie von den Wirkungsrichtungen und/oder Beträgen einer oder mehrerer, vorzugsweise sämtlicher, von der Sensoreinheit erfassten und für Kräfte indikativen Betriebsinformationen abhängt.

[0028] Eine Betriebsinformation ist indikativ für eine Eigenschaft oder einen Betriebsparameter einer Vielzahl von möglichen Eigenschaften und Betriebsparametern des Dickstofffördersystems oder einzelner Komponenten des Dickstofffördersystems und repräsentativ für diese Eigenschaft oder diesen Betriebsparameter. Eine Betriebsinformation soll sich somit einer Komponente zuordnen lassen können. Eine solche Eigenschaft oder ein solcher Betriebsparameter kann beispielsweise durch eine Messgröße charakterisiert werden. Dabei kann es sich um Eigenschaften und Betriebsparameter handeln, die bereits vor oder erst nach einem Beginn des Förderns zu Tage treten.

[0029] Vorzugsweise weist die Sensoreinheit einen oder mehrere Sensoren zum Erfassen der Pumpfrequenz auf, wobei die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist, den Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems abhängig von der erfassten Betriebsinformation und der erfassten Pumpfrequenz zu bestimmen.

[0030] Beispielsweise kann die Sensoreinheit einen oder mehrere optische Schwingungssensoren zum Erfassen der Pumpfrequenz aufweisen. Auf diese Weise können jeweils aktuell ermittelte Werte der Pumpfrequenz durch die Verarbeitungseinheit berücksichtigt werden. Auf eine gegebenenfalls fehleranfällige Vorhersage der Pumpfrequenz kann so verzichtet werden. Dadurch können bereits kleine Abweichungen von einem Sollwert der Pumpfrequenz in die Bestimmung des Standsicherheitsparameters eingehen, was die Genauigkeit der Bestimmung signifikant erhöht.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform ist der zeitliche Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt abhängig von der Pumpfrequenz. So kann der Abstand bei einer hohen Pumpfrequenz kleiner sein als bei einer niedrigeren Pumpfrequenz. Vorzugsweise liegt der zweite Zeitpunkt gegenüber dem ersten Zeitpunkt um die Dauer einer halben Pumpperiode zurück.

[0032] Auf diese Weise können basierend auf den zum ersten und zum zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformationen unter Berücksichtigung der Pumpfrequenz, zum Beispiel mittels Mittelwertbildung und/oder Faltung, die Auswirkungen des Betriebs der Dickstoffpumpe auf die erfasste Betriebsinformation besonders vorteilhaft verringert werden.

[0033] Optional handelt es sich bei der zum ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation um die jüngste erfasste Betriebsinformation.

[0034] Dies erlaubt es, die Standsicherheit basierend auf möglichst aktuellen Betriebsinformationen zu bestimmen. Das Risiko, das der bestimmte Standsicherheitsparameter in der aktuellen Situation aufgrund der Verwendung älterer Informationen gar nicht zutreffend sein könnte, kann so minimiert werden.

[0035] In einer Ausführungsform ist die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet, den Standsicherheitsparameter abhängig von einem Ergebnis einer Mittelwertbildung zu bestimmen, wobei die Mittelwertbildung abhängig von den erfassten Betriebsinformationen erfolgt.

[0036] Dies stellt eine besonders einfache Methode dar, um die Beeinflussung der erfassten Betriebsinformation durch den Betrieb der Dickstoffpumpe ermitteln zu können, und so den Standsicherheitsparameter mit geringem Aufwand zu bestimmen, ohne dass auf rechenintensive Verfahren, wie zum Beispiel die Verwendung von Filteralgorithmen, zurückgegriffen werden müsste.

[0037] Beispielhaft ist die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet, den Standsicherheitsparameter abhängig von zu einer Mehrzahl von ersten und zu einer Mehrzahl von zweiten Zeitpunkten erfassten Betriebsinformationen zu bestimmen, wobei jeder der Mehrzahl der zweiten Zeitpunkte gegenüber jeweils einem korrespondierenden Zeitpunkt der Mehrzahl der ersten Zeitpunkte um die Dauer einer halben Pumpperiode zurückliegt.

[0038] Die Zeitpunkte der Erfassung zweier zueinander korrespondierender Betriebsinformationen liegen dementsprechend jeweils um die Dauer einer halben Pumpperiode auseinander. Bei den zu einer Mehrzahl von ersten Zeitpunkten erfassten Betriebsinformationen kann es sich um eine jüngste erfasste Betriebsinformation sowie um von dem gleichen Sensor zu zwei zurückliegenden, unmittelbar vor der jüngsten Erfassung liegenden Zeitpunkten sequenziell erfassten Betriebsinformationen handeln. Bei den zu einer Mehrzahl von zweiten Zeitpunkten erfassten Betriebsinformationen kann es sich dann um die eine halbe Pumpperiode zeitlich vor der jüngsten erfassten Betriebsinformation von dem gleichen Sensor erfassten sowie um zwei jeweils um eine halbe Pumpperiode zeitlich vor den beiden sequenziell, ebenfalls von dem gleichen Sensor, erfassten, Betriebsinformationen handeln.

[0039] In diesem Beispiel finden somit insgesamt sechs von demselben Sensor erfasste Betriebsinformationen Eingang in die Bestimmung des Standsicherheitsparameters. Davon ist eine erste Betriebsinformation die jüngste erfasste Betriebsinformation, eine zweite und eine dritte Betriebsinformation sind jeweils zeitlich unterschiedlich zurückliegend sequenziell erfasst, eine vierte Betriebsinformation ist eine halbe Pumpperiode zeitlich vor der jüngsten erfassten Betriebsinformation erfasst, eine fünfte eine halbe Pumpperiode zeitlich vor der zweiten Betriebsinformation und eine sechste eine halbe Pumpperiode zeitlich vor der dritten Betriebsinformation erfasst. Mithin ergeben sich sechs jeweils paarweise um eine halbe Pumpperiode zeitlich auseinander liegend erfasste Betriebsinformationen. Entsprechend sollen in diesem Beispiel die erste und die vierte, die zweite und die fünfte sowie die dritte und die sechste Betriebsinformation alles jeweils korrespondierend verstanden werden.

[0040] Eine solche Ausgestaltung der Verarbeitungseinheit ermöglicht eine besonders einfache und schnelle Bestimmung des Standsicherheitsparameters und bietet so einen geringeren Zeitverzug gegenüber einer zeitintensiven Be-

stimmung durch Filterung mittels aufwändigen Filteralgorithmen. Dadurch können fachüblich beim Betrieb in Randlagen grundsätzlich einzukalkulierende und konservativ zu bemessende Toleranzbereiche klein gehalten werden.

[0041] Vorteilhafterweise ist die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet, mehrere zu Zeitpunkten vor dem ersten Zeitpunkt erfasste Betriebsinformationen zumindest zeitweise zu speichern.

[0042] So kann die Verarbeitungseinheit einen entsprechenden Speicher aufweisen, der zur Speicherung mehrerer Betriebsinformationen ausgebildet ist und zum Beispiel eine hinreichende Größe aufweist. Kann die Verarbeitungseinheit auf zurückliegende Betriebsinformationen zugreifen, ist eine Möglichkeit zur Verwendung umfangreicher statistischer Werkzeuge bei der Bestimmung des Standsicherheitsparameters gegeben, was zur weiteren Steigerung der Präzision der Bestimmung beiträgt.

[0043] Zusätzlich kann die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet sein, erfasste Betriebsinformationen zu speichern, die zu einem Zeitpunkt erfasst worden sind, der längstens um die Dauer einer Pumpperiode hinter dem ersten Zeitpunkt zurückliegt.

[0044] Dies erlaubt es, die Anforderungen hinsichtlich Speichergröße und Speicherdauer niedrig zu halten, sodass auf kostengünstige Speicherlösungen mit geringer Größe und geringer Komplexität zurückgegriffen werden kann.

[0045] Vorzugsweise ist die Sensoreinheit eingerichtet, die zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt sequenziell zu erfassenden Betriebsinformationen von demselben Sensor zu erfassen.

[0046] Zwar ist denkbar, dass die zu erfassenden Betriebsinformationen von verschiedenen Sensoren des gleichen Typs erfasst werden, um beispielsweise technisch bedingte, fehlerhafte Erfassungen eines Sensors bemerken zu können. Allerdings kann nur bei Verwendung desselben Sensors eine größtmögliche Signaltreue und entsprechend hohe Genauigkeit bei der Bestimmung des Standsicherheitsparameters erreicht werden.

[0047] In einer Ausführungsform des Dickstofffördersystems ist die Sensoreinheit zum sequenziellen Erfassen einer Betriebsinformation eingerichtet, die indikativ ist für ein Gelenkmoment eines Mastarms des Dickstofffördersystems, einen Neigungswinkel zumindest eines Mastarms, eine Aktuatorkraft zumindest eines Aktuators eines Mastarms, eine Betriebsgeschwindigkeit zumindest eines Aktuators eines Mastarms, ein Lastgewicht an einem Lastanhängepunkt des Dickstofffördersystems, eine Drehgeschwindigkeit eines Drehwerks, einen Neigungswinkel des Dickstofffördersystems und/oder eine horizontale oder eine vertikale Beinkraft zumindest eines Stützbeins des Dickstofffördersystems.

[0048] Bei dem Gelenkmoment eines Mastarms handelt es sich um das auf dessen Mastgelenk wirkende Moment. Dieses stellt ein Moment dar, das unter anderem abhängig ist von dem Gesamtgewicht der Mastanordnung, von Windlasten, vom Gewicht eines momentan fördernden Dickstoffs oder auch von einem am distalen Ende des ersten Mastarms der Mastanordnung wirkenden Gewicht, entsprechend einer Mastspitzenlast. Das Gelenkmoment kann beispielsweise durch Messung einer im Aktuator des Mastarms wirkenden Zylinderkraft oder eines im Aktuator des Mastarms wirkenden Zylinderdrucks in Verbindung mit einer oder mehreren anderen Messungen, wie zum Beispiel einer Messung des jeweiligen Gelenkwinkels, auf das Gelenkmoment geschlossen werden. Beispielsweise kann das Gelenkmoment eines Mastarms mittels einer Übertragungsfunktion aus einer Zylinderkraft und einem Gelenkwinkel des Mastgelenks des jeweiligen Mastarms berechnet werden. Bei dem Neigungswinkel eines Mastarms kann es sich um einen absoluten Neigungswinkel, das heißt um einen Winkel, der die Lage des Mastarms gegenüber der Lotrichtung, handeln oder um einen relativen Neigungswinkel, das heißt um einen Differenzwinkel zwischen Neigungswinkeln zweier, insbesondere benachbarter, Mastarme. Im letzten Fall entspricht der Differenzwinkel dann dem Öffnungswinkel des distalen Mastarms. Das Lastgewicht entspricht dann der am Lastanhängepunkt wirkenden Gewichtskraft. Bei dem Neigungswinkel des Dickstofffördersystems soll es sich um einen Winkel des Dickstofffördersystems, zum Beispiel von dessen Unterbau, gegenüber der Lotrichtung handeln. Beispielsweise entspricht der Neigungswinkel des Dickstofffördersystems einem Winkel zwischen der Drehachse des Drehwerks und der Lotrichtung. Unter einer horizontalen oder vertikalen Beinkraft soll eine auf ein Stützbein wirkende horizontale oder vertikale Kraft verstanden werden.

[0049] Weitere beispielhafte Betriebsinformationen sind indikativ für Gewichte aller Mastarme mit befüllter und/oder mit unbefüllter Förderleitung, für Positionen der Schwerpunkte aller Mastarme, für Gewichte von Zusatzlasten, für Positionen von Zusatzgewichtanhängepunkten, für auf die Mastarme wirkende Windkräfte, für Positionen der Windflächenschwerpunkte aller Mastarme, für ein Gewicht des Unterbaus, für eine Position des Schwerpunktes des Unterbaus und für Positionen der Aufstellflächen der Stützbeine im eingefahrenen und/oder im ausgefahrenen Zustand.

[0050] Anhand dieser Eigenschaften lässt sich der Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems zuverlässig bestimmen. Dies ermöglicht es wiederum, eine verlässliche Aussage über die Standsicherheit des Dickstofffördersystems zu treffen.

[0051] Beispielsweise kann die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet sein, ein Lastmoment basierend auf für die Gelenkmomente sämtlicher Mastarme indikativen erfassten Betriebsinformationen zu berechnen und den Standsicherheitsparameter abhängig von dem berechneten Lastmoment bestimmen.

[0052] Auf diese Weise kann die Verarbeitungseinheit zum Beispiel unter Berücksichtigung des Zylinderdrucks und des Neigungswinkels der jeweiligen Mastarme eine präzise Bestimmung des Standsicherheitsparameters in Echtzeit vornehmen. Entsprechend muss dann die Sensoreinheit eingerichtet sein, für die Zylinderkraft und die Neigungswinkel sämtlicher Mastarme indikative Betriebsinformationen zu erfassen, und zum Beispiel eine Mehrzahl dazu geeigneter

Sensoren umfassen.

[0053] Gemäß einer Ausführungsform ist die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet, eine momentane Lage des Gesamtschwerpunkts des Dickstofffördersystem aus einer Mehrzahl von erfassten Betriebsinformationen, insbesondere unterschiedlichen Typs, zu berechnen, und den Standsicherheitsparameter abhängig von der berechneten momentanen Lage des Gesamtschwerpunkts zu bestimmen. Beispielsweise kann die Verarbeitungseinheit dazu eingerichtet sein, den jeweiligen Abstand einer Wirkungslinie zumindest einer auf das Dickstofffördersystem wirkenden Kraft von den Kippkanten der Aufstandsfläche zu berechnen, und den Standsicherheitsparameter abhängig von dem berechneten Abstand zu bestimmen, wobei die zumindest eine auf das Dickstofffördersystem wirkende Kraft eine an der momentanen Lage des Gesamtschwerpunkts des Dickstofffördersystem wirkende Gewichtskraft des Dickstofffördersystems umfasst.

[0054] Beispielsweise ist die Sensoreinheit dann dazu eingerichtet, eine für eine Stellung des Drehwerks indikative Betriebsinformation, eine für eine Stellung zumindest eines der Mastarme indikative Betriebsinformation, eine für eine Position des Stützbeins indikative Betriebsinformation, eine für einen Neigungswinkel des Dickstofffördersystems indikative Betriebsinformation und eine für einen Aushub des Dickstofffördersystems indikative Betriebsinformation zu erfassen. Zwar benötigt dazu die Verarbeitungseinheit Zugriff auf eine Vielzahl von Eigenschaften des Dickstofffördersystems, wie zum Beispiel Masse und Schwerpunktslage einer, mehrerer oder sämtlicher Komponenten. Gleichwohl kann auf diese Weise eine besonders zuverlässige Bestimmung des Standsicherheitsparameters erfolgen.

[0055] Vorzugsweise umfasst das Dickstofffördersystem eine Steuereinheit zum Ausgeben eines ersten Steuersignals, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems größer als ein maximaler Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems ist, und zum Ausgeben eines zweiten Steuersignals, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems kleiner oder gleich dem maximalen Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems ist. Alternativ oder zusätzlich kann das Ausgeben weiterer Steuersignale durch die Steuereinheit vorgesehen sein, zum Beispiel bei Unterschreiten eines vorgegebenen Mindestabstands zwischen dem bestimmten Standsicherheitsparameter und dem maximalen Standsicherheitsparameter.

[0056] Die Steuereinheit umfasst entsprechende Mittel, um Steuersignale auszugeben, wie beispielsweise einen drahtgebundenen oder drahtlosen Signalausgang. Durch die Ausgabe von Steuersignalen auf die beschriebene Art und Weise kann die Steuereinheit zumindest eine Komponente des Dickstofffördersystems ansteuern, und auf einen Betriebsparameter der Komponente einwirken. Es ist denkbar, dass während das Ausgeben des zweiten Steuersignals eine Fortführung des ordnungsgemäßen Betriebs bewirkt, das Ausgeben des ersten Steuersignals eine Einstellung des ordnungsgemäßen Betriebs des Dickstofffördersystems bewirkt. Das Ausgeben der weiteren Steuersignale kann beispielsweise bewirken, dass der Betrieb einer oder mehrerer Komponenten des Dickstofffördersystems mit einer gegenüber dem ordnungsgemäßen Betrieb reduzierten Geschwindigkeit erfolgt.

[0057] Beispielsweise kann die Steuereinheit dazu eingerichtet sein, einen Arbeitsbereich des Dickstoffverteilmasts auf einen momentan zulässigen Arbeitsbereich zu begrenzen, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems größer als der maximale Standsicherheitsparameter ist, wozu die Steuereinheit entsprechende Mittel umfasst.

[0058] Unter dem Begrenzen eines Arbeitsbereichs einer oder mehrerer Komponenten des Dickstofffördersystems soll verstanden werden, dass ein Betriebsparameter der jeweiligen Komponente begrenzt und ein Betreiben der Komponente gemäß dem begrenzten Betriebsparameter bewirkt wird. So kann der jeweilige Betriebsparameter auf einen abhängig von dem bestimmten Standsicherheitsparameter noch zulässigen Aktionsumfang oder eine noch zulässige Aktionsintensität der Komponente beschränkt werden. Insbesondere wird der Betrieb der Komponente außerhalb des zulässigen Arbeitsbereichs unterbunden. Dabei sind der Aktionsumfang oder die Aktionsintensität nach dem Begrenzen kleiner als der jeweils für die Komponente grundsätzlich, zum Beispiel im ordnungsgemäßen Betrieb, vorgesehene maximale Aktionsumfang und die grundsätzlich vorgesehene maximale Aktionsintensität. Beispielsweise kann die Steuereinheit für den Arbeitsbereich des Dickstoffverteilmasts eine momentan zulässige Obergrenze bestimmen und der Betrieb des Dickstofffördersystems derart bewirkt werden, dass der Dickstoffverteilmast nur unterhalb der bestimmten Obergrenze ausgelenkt wird. Entsprechend kann dann beispielsweise verhindert werden, dass der Öffnungswinkel oder die Aktuatorkraft eines Mastarms des Dickstoffverteilmasts eine entsprechend bestimmte Grenze überschreitet. Dazu kann der jeweilige Aktuator zum Beispiel ein dazu geeignetes Steuersignal erhalten, das von der Steuereinheit ausgegeben wird. Beispielsweise kann die Steuereinheit so die Auslenkung eines Mastarms durch einen Aktuator begrenzen. Darüber hinaus soll von dem Begrenzen des Arbeitsbereichs des Dickstoffverteilmasts auch ein zusätzliches oder alternatives Begrenzen des Drehwinkelbereichs eines Drehwerks des Dickstoffverteilmasts verstanden werden.

[0059] Gemäß der Erfindung wird zudem ein Verfahren offenbart zum Betreiben eines Dickstofffördersystems, mit einer Dickstoffpumpe zum Fördern eines Dickstoffs, umfassend eine Kernpumpe in Doppelkolbenbauart, die eine Pumpfrequenz aufweist, und ein mit der Pumpfrequenz umschaltbares S-Rohr, einem Dickstoffverteilmast zum Verteilen des zu fördernden Dickstoffs, wobei der Dickstoffverteilmast zumindest zwei Mastarme aufweist, einem Unterbau, an dem der Dickstoffverteilmast und die Dickstoffpumpe angeordnet sind, wobei der Unterbau ein Stützwerk zur Abstützung des Unterbaus mit zumindest einem horizontal und/oder vertikal verfahrbaren Stützbein umfasst, sowie mit einer Sensoreinheit (11) zum sequenziellen Erfassen zumindest einer Betriebsinformation und mit einer Verarbeitungseinheit

(12), das Verfahren umfassend die Schritte: Sequenzielles Erfassen, durch die Sensoreinheit, zumindest einer Betriebsinformation zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt, und Bestimmen, durch die Verarbeitungseinheit, eines Standsicherheitsparameters des Dickstofffördersystems, abhängig von der zumindest einen zum ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation, der zumindest einen zum zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation und der Pumpfrequenz.

[0060] In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner die Schritte: Ausgeben, durch eine Steuereinheit des Dickstofffördersystems, eines ersten Steuersignals, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems größer als ein maximaler Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems ist, und Ausgeben, durch die Steuereinheit, eines zweiten Steuersignals, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems kleiner oder gleich dem maximalen Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems ist.

[0061] Zusätzlich kann das Ausgeben des ersten Steuersignals umfassen: Begrenzen des Arbeitsbereichs des Dickstoffverteilmasts auf einen momentan zulässigen Arbeitsbereich.

[0062] Zur näheren Erläuterung weiterer vorteilhafter Weiterbildungen der Verfahren wird auf die vorstehend beschriebenen Weiterbildungen des Dickstofffördersystems Bezug genommen.

[0063] Offenbart ist ebenso ein Computerprogramm mit Programmanweisungen, einen Prozessor zur Ausführung und/oder Steuerung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu veranlassen, wenn das Computerprogramm auf dem Prozessor ausgeführt wird. Das Computerprogramm ist beispielsweise auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert.

[0064] Die oben beschriebenen Ausführungsformen und Ausgestaltungen sind lediglich als beispielhaft zu verstehen und sollen die vorliegende Erfindung in keiner Weise einschränken.

[0065] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen anhand von vorteilhaften Ausführungsformen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Dickstofffördersystems;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Dickstoffpumpe eines erfindungsgemäßen Dickstofffördersystems;

Fig. 3 ein Diagramm, abbildend die Auswirkungen des Betriebs einer Dickstoffpumpe auf eine zu erfassende Betriebsinformation; und

Fig. 4 ein schematisches Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0066] In Fig. 1 ist ein Dickstofffördersystem 10 gezeigt, das eine Dickstoffpumpe 16 zum Fördern eines Dickstoffs und einen Dickstoffverteilmast 18 zum Verteilen des zu fördernden Dickstoffs umfasst, wobei der Dickstoffverteilmast 18 ein um eine vertikale Achse drehbares Drehwerk 19 und mehrere Mastarme 41 aufweist. Ferner ist auch eine sich über die Mastarme 41 erstreckende Förderleitung 17 dargestellt, die mit der Dickstoffpumpe 16 verbunden ist.

[0067] Darüber hinaus umfasst das Dickstofffördersystem 10 einen Unterbau 30, an dem der Dickstoffverteilmast 18 und Dickstoffpumpe 16 angeordnet sind. Der Unterbau 30 weist ein Stützwerk 31 mit vier Stützbeinen 32 zur Abstützung des Unterbaus 30 auf. Der Unterbau 30 ist beispielhaft als auf einem Fahrzeug 33 angeordnet dargestellt.

[0068] Des weiteren sind eine Sensoreinheit 11 und eine Verarbeitungseinheit 12 vorgesehen. Die Sensoreinheit 11 ist dazu eingerichtet, zumindest eine Betriebsinformation zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt sequenziell zu erfassen. Dazu kann sie zum Beispiel über kabelgebundene oder drahtlose Signalleitungen auf von einem oder mehreren Sensoren jeweils wiederholt erfasste Betriebsinformationen zugreifen.

[0069] Optional kann die Sensoreinheit 11 auch für ein Erfassen der Pumpfrequenz der Kernpumpe 15 oder des S-Rohrs 24 ausgebildet sein und zum Beispiel einen oder mehrere dafür geeignete Schwingungssensoren aufweisen.

[0070] Die Verarbeitungseinheit 12 ist zum Bestimmen eines Standsicherheitsparameters des Dickstofffördersystems 10 eingerichtet, abhängig von der zum ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation, der zum zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation und der Pumpfrequenz. Der Standsicherheitsparameter charakterisiert die momentane Standsicherheit des Stützwerks 31 und damit des Dickstofffördersystems 10. Entsprechend hat die Verarbeitungseinheit 12 Zugriff sowohl auf die zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt sequenziell erfasste Betriebsinformation wie auch auf die Pumpfrequenz der Kernpumpe 15. Dazu ist für das Dickstofffördersystem 10 eine entsprechende Ausgestaltung der Sensoreinheit 11 und der Verarbeitungseinheit 12 mit dafür erforderlichen Hardware- und/oder Software-Komponenten vorgesehen. So kann die Verarbeitungseinheit 12 beispielsweise auf in einem Speicher hinterlegte Daten, die Informationen über die jeweilige Masse und/oder über die jeweilige räumliche Ausdehnung sämtlicher Komponenten des Dickstofffördersystems 10 und insbesondere über die Pumpfrequenz umfassen, bedarfsweise zugreifen. Der Betriebsparameter Pumpfrequenz kann vorgegeben sein oder ebenfalls von der Sensoreinheit 11 erfasst und dann der Verarbeitungseinheit 12 zugänglich gemacht und zum Beispiel in einem entsprechenden Speicher hinterlegt werden.

[0071] Fig. 2 zeigt eine Dickstoffpumpe 16 zum Fördern eines Dickstoffs. Die Dickstoffpumpe 16 umfasst eine Kern-

pumpe 15 in Doppelkolbenbauart und ein umschaltbares S-Rohr 24. Dabei weist die Kernpumpe 15 eine Pumpfrequenz auf, die einer Umschaltfrequenz des S-Rohrs 24 entspricht, mit der das eine Ende des S-Rohrs 24 zwischen den beiden Kolben der Kernpumpe hin und her geschaltet wird. An einem Ausgang 28 der Dickstoffpumpe 16 ist das andere Ende des S-Rohrs 24 mit der Förderleitung 17 des Dickstoffverteilmasts verbunden.

[0072] Anhand von Fig. 3, die ein Diagramm darstellt, das die Auswirkungen des Betriebs einer Dickstoffpumpe 16 auf eine zu erfassende Betriebsinformation darstellt, soll eine beispielhaft ausgestaltete Verarbeitungseinheit 12 näher beschrieben werden. Dabei weisen die Werte der betrachteten Betriebsinformation 8 einen mit der Pumpfrequenz der Kernpumpe 15 oszillierenden Anteil auf. Eine für die Zylinderkraft des mit dem Drehwerk 19 verbundenen Mastarms 41 indikative Betriebsinformation kann als ein Beispiel für eine solche Betriebsinformation 8 herangezogen werden. Im Diagramm der Fig. 3 sind erfasste Werte der Betriebsinformation S im Verlauf der Zeit T aufgetragen. Dabei stellt der Zeitpunkt T=0 die Gegenwart dar und T=-x den x-ten in der Vergangenheit liegenden Zeitpunkt, an dem die Betriebsinformation S erfasst worden ist, wobei die zum Zeitpunkt T=-1 erfasste Betriebsinformation die jüngste erfasste Betriebsinformation darstellt. Entsprechend ist die Verarbeitungseinheit 12 eingerichtet, mindestens die zu 26 zurückliegenden Zeitpunkten erfasste Betriebsinformation zu speichern. Eine Pumpperiode umfasst vorliegend einen Zeitraum von T=-x bis T=x-25, somit beträgt die Pumpfrequenz dem Kehrwert über diesen Zeitraum. T_U markiert die Zeitpunkte der Umschaltungen des S-Rohrs 24 und gibt somit ebenfalls Aufschluss über die Pumpfrequenz.

[0073] Die Verarbeitungseinheit 12 ist dazu eingerichtet, den Standsicherheitsparameter abhängig von der zum ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation, der zum zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation zu bestimmen. Der zweite Zeitpunkt liegt dabei gegenüber dem ersten Zeitpunkt zeitlich um die Dauer einer halben Pumpperiode zurück. Dabei wird ein Mittelwert aus der jüngsten, zum Zeitpunkt T=-1 erfassten Betriebsinformation S(T=-1) und derjenigen Betriebsinformation S(T=-14) gebildet, die eine halbe Pumpperiode zeitlich vorher, also zum Zeitpunkt T=-14 erfasst worden ist. Das Ergebnis stellt eine durch eine Glättung modifizierte Betriebsinformation dar S_{mod}(T=-1), die von der Auswirkung des Betriebs der Pumpe auf die erfasste Betriebsinformation befreit worden ist.

[0074] Darüber hinaus kann die Verarbeitungseinheit 12 eingerichtet sein, den Standsicherheitsparameter abhängig von zu einer Mehrzahl von ersten und zu einer Mehrzahl von zweiten Zeitpunkten erfassten Betriebsinformationen zu bestimmen, wobei jeder der Mehrzahl der zweiten Zeitpunkte gegenüber jeweils einem korrespondierenden Zeitpunkt der Mehrzahl der ersten Zeitpunkte um die Dauer einer halben Pumpperiode zurückliegt.

[0075] Hierbei können weitere oder sogar sämtliche von einem Sensor der Sensoreinheit 11 erfasste und der Verarbeitungseinheit 12 zugängliche Betriebsinformationen betrachtet werden. So können zusätzlich zur oben beschriebenen modifizierten Betriebsinformation S_{mod}(T=-1) weitere modifizierte Betriebsinformationen S_{mod}(T=-x) berechnet werden. Diese weiteren modifizierten Betriebsinformationen können dann jeweils den Mittelwert aus einer zu einem ersten Zeitpunkt T=-x erfassten Betriebsinformation und einer zu einem zweiten Zeitpunkt T=-x-13 und somit eine halbe Pumpperiode zeitlich zuvor erfassten Betriebsinformation darstellen. Zur weiteren Verbesserung der Genauigkeit kann dann auch noch ein Mittelwert S_{falt} aus sämtlichen modifizierten Betriebsinformationen gebildet werden, der dann wiederum einer Dekonvolution der jüngsten erfassten ersten Betriebsinformation entspricht:

$$S_{falt}(T = -1) = \text{Mittelwert} \left(\frac{S(T = -1) + S(T = -14)}{2}, \left(\frac{S(T = -2) + S(T = -15)}{2} \right), \dots \right)$$

[0076] Denkbar ist auch, dass die zu weiter zurückliegenden Zeitpunkten erfassten Betriebsinformationen geringer gewichtet werden. So kann die Gewichtung der modifizierten Betriebsinformationen S_{mod}(T=-x) mit zunehmendem x stufenartig oder kontinuierlich abnehmen.

[0077] Die modifizierten Betriebsinformationen bzw. Mittelwerte, ihrerseits abhängig von der Pumpfrequenz, können dann der Bestimmung des Standsicherheitsparameters zugrunde gelegt werden. Beispielsweise kann dazu eine momentane Lage des Gesamtschwerpunkts des Dickstoffördersystems 10 aus einer Mehrzahl von geeigneten modifizierten Betriebsinformationen unterschiedlichen Typs berechnet werden unter Berücksichtigung der Massen und der räumlichen Ausdehnungen relevanter Komponenten des Dickstoffsystems wie zum Beispiel der Mastarme. Je geringer der Abstand der zumindest die am Gesamtschwerpunkt wirkende Gewichtskraft des Dickstoffördersystems berücksichtigende Wirkungslinie von den Kippkanten der Aufstandsfläche ist, desto geringer ist die Standsicherheit, und desto höher wird der Standsicherheitsparameter bestimmt.

[0078] Darüber hinaus ist im vorliegenden Beispiel zusätzlich eine optionale Steuereinheit 13 des Dickstoffördersystems 10 dazu ausgebildet, eine oder mehrere Komponenten des Dickstoffördersystems 10 anhand von Steuersignalen, abhängig von dem von der Verarbeitungseinheit 12 bestimmten Standsicherheitsparameter anzusteuern. Entsprechend ist die Steuereinheit 13 zum Ausgeben eines ersten Steuersignals eingerichtet, falls der von der Verarbeitungseinheit 12 bestimmte Standsicherheitsparameter größer als ein maximaler Standsicherheitsparameter des Dickstoffördersystems ist.

tems 10 ist. In diesem Fall begrenzt die Steuereinheit 13 dann einen Arbeitsbereich des Dickstoffverteilmasts 18 auf einen momentan zulässigen Arbeitsbereich. Des weiteren ist die Steuereinheit 13 zusätzlich dazu eingerichtet, ein zweites Steuersignal auszugeben, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter kleiner oder gleich dem maximalen Standsicherheitsparameter ist.

[0079] Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens 100.

[0080] In einem Schritt 101a erfasst die Sensoreinheit 11 eine Betriebsinformation des Dickstofffördersystems 10. In einem sequenziell folgenden Schritt 101b erfasst die Sensoreinheit 11 dann die Betriebsinformation nochmals. Entsprechend der hier angewendeten Konvention handelt es sich bei dem Zeitpunkt des Erfassens in Schritt 101a um den zweiten Zeitpunkt und bei dem Zeitpunkt des Erfassens in Schritt 101b um den ersten Zeitpunkt. Beispielfhaft liegt dabei Schritt 101a gegenüber dem Schritt 101b um eine die Dauer einer halben Pumpperiode zurück. Bei der in Schritt 101b erfassten Betriebsinformation soll es sich dabei um die jüngste erfasste Betriebsinformation handeln. In den Schritten 102 und 103 kann die Pumpfrequenz ebenfalls durch die Sensoreinheit 11 erfasst worden sein.

[0081] Abhängig von den von der Sensoreinheit 11 sequenziell in den Schritten 101b und 101a zu dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformationen sowie von der Pumpfrequenz wird in Schritt 104 ein Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems 10 durch die Verarbeitungseinheit 12 bestimmt. Wie bereits zu Fig. 3 ausgeführt, soll dabei ein Mittelwert aus der in Schritt 101b erfassten Betriebsinformation und der in Schritt 101a erfassten Betriebsinformation gebildet werden. Als Ergebnis wird eine modifizierte Betriebsinformation erhalten, die von der Auswirkung des Betriebs der Pumpe auf die erfasste Betriebsinformation befreit worden ist. Auf dieser Grundlage bestimmt die Verarbeitungseinheit 12 dann einen Standsicherheitsparameter, zum Beispiel durch Berechnung einer momentanen Lage des Gesamtschwerpunkts des Dickstofffördersystems 10 unter Berücksichtigung der Masse und der räumlichen Ausdehnung sämtlicher Mastarme 41.

[0082] Optional schließt sich hier einer der Schritte 105 und 106 an.

[0083] Ist der von der Verarbeitungseinheit 12 bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems 10 größer als ein maximaler Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems 10, so gibt in Schritt 105 eine Steuereinheit des Dickstofffördersystems 10 ein erstes Steuersignal aus. Mittels eines solchen Steuersignals steuert die Steuereinheit zumindest eine Komponente des Dickstofffördersystems 10 an und wirkt so auf einen Betriebsparameter der Komponente ein. Dies kann beispielsweise einen weiteren Schritt 107 in Form eines Begrenzens des Arbeitsbereichs des Dickstoffverteilmasts 18 auf einen momentan zulässigen Arbeitsbereich umfassen.

[0084] Im entgegengesetzten Fall, sprich bei einer Bestimmung des Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems 10 durch die Verarbeitungseinheit 12 als kleiner oder gleich dem maximalen Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems 10, kann die Steuereinheit in einem Schritt 106 ein zweites Steuersignal ausgeben. Beispielsweise kann die Steuereinheit auf diese Weise eine Dickstoffpumpe 16 dahingehend ansteuern, dass die Pumpfrequenz erhöht oder verringert wird.

[0085] Die in dieser Spezifikation beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und die diesbezüglich jeweils angeführten optionalen Merkmale und Eigenschaften sollen auch in allen Kombinationen miteinander offenbart verstanden werden. Insbesondere soll auch die Beschreibung eines von einer Ausführungsform umfassten Merkmals - sofern nicht explizit gegenteilig erklärt - vorliegend nicht so verstanden werden, dass das Merkmal für die Funktion der Ausführungsform unerlässlich oder wesentlich ist.

Patentansprüche

1. Dickstofffördersystem (10), mit

- einer Dickstoffpumpe (16) zum Fördern eines Dickstoffs, die eine Kernpumpe (15) in Doppelkolbenbauart, die eine Pumpfrequenz aufweist, und ein mit der Pumpfrequenz umschaltbares S-Rohr (24) umfasst,
- einem Dickstoffverteilmast (18) zum Verteilen des zu fördernden Dickstoffs, wobei der Dickstoffverteilmast (18) zumindest zwei Mastarme (41) aufweist,
- einem Unterbau (30), an dem der Dickstoffverteilmast (18) und die Dickstoffpumpe (16) angeordnet sind, wobei der Unterbau (30) ein Stützwerk (31) zur Abstützung des Unterbaus (30) mit zumindest einem horizontal und/oder vertikal verfahrbaren Stützbein (32) umfasst,
- einer Sensoreinheit (11) zum sequenziellen Erfassen zumindest einer Betriebsinformation zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt, und
- einer Verarbeitungseinheit (12), die zum Bestimmen eines Standsicherheitsparameters des Dickstofffördersystems (10) abhängig von der zumindest einen zum ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation, der zumindest einen zum zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation und der Pumpfrequenz, eingerichtet ist.

2. Dickstofffördersystem (10) gemäß Anspruch 1, wobei die Sensoreinheit (11) einen oder mehrere Sensoren zum

Erfassen der Pumpfrequenz aufweist und die Verarbeitungseinheit (12) des weiteren dazu eingerichtet ist, den Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) abhängig von der erfassten Betriebsinformation und der erfassten Pumpfrequenz zu bestimmen.

- 5 **3.** Dickstofffördersystem (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der zeitliche Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt abhängig von der Pumpfrequenz ist.
- 10 **4.** Dickstofffördersystem (10) gemäß Anspruch 3, wobei der zweite Zeitpunkt gegenüber dem ersten Zeitpunkt um die Dauer einer halben Pumpperiode verschoben ist bzw. zurückliegt.
- 15 **5.** Dickstofffördersystem (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, wobei es sich bei der zu dem ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation um die jüngste erfasste Betriebsinformation handelt.
- 20 **6.** Dickstofffördersystem (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dessen Verarbeitungseinheit (12) des weiteren dazu eingerichtet ist,
 - den Standsicherheitsparameter abhängig von einem Ergebnis einer Mittelwertbildung zu bestimmen, wobei die Mittelwertbildung abhängig von den erfassten Betriebsinformationen erfolgt; und/oder
 - 25 - den Standsicherheitsparameter abhängig von zu einer Mehrzahl von ersten und zu einer Mehrzahl von zweiten Zeitpunkten erfassten Betriebsinformationen zu bestimmen, wobei jeder der Mehrzahl der zweiten Zeitpunkte gegenüber jeweils einem korrespondierenden Zeitpunkt der Mehrzahl der ersten Zeitpunkte um die Dauer einer halben Pumpperiode zurückliegt; und/oder
 - 30 - mehrere zu Zeitpunkten vor dem ersten Zeitpunkt erfasste Betriebsinformationen zumindest zeitweise zu speichern; und/oder
 - 35 - erfasste Betriebsinformationen zu speichern, die zu einem Zeitpunkt erfasst worden sind, der längstens um die Dauer einer Pumpperiode hinter dem ersten Zeitpunkt zurückliegt; und/oder
 - 40 - eine momentane Lage des Gesamtschwerpunkts des Dickstofffördersystems (10) aus einer Mehrzahl von erfassten Betriebsinformationen, insbesondere unterschiedlichen Typs, zu berechnen, und den Standsicherheitsparameter abhängig von dem berechneten momentanen Lage des Gesamtschwerpunkts zu bestimmen.
- 45 **7.** Dickstofffördersystem (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dessen Sensoreinheit (11) dazu eingerichtet ist, die zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt sequenziell zu erfassenden Betriebsinformationen von demselben Sensor zu erfassen.
- 50 **8.** Dickstofffördersystem (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dessen Sensoreinheit (11) zum sequenziellen Erfassen einer Betriebsinformation eingerichtet ist, die indikativ ist für eine der folgenden Eigenschaften:
 - ein Gelenkmoment zumindest eines der Mastarme (41),
 - 55 - eine Zylinderkraft zumindest eines der Mastarme (41),
 - 60 - ein Neigungswinkel zumindest eines Mastarms (41),
 - 65 - eine Aktuatorkraft zumindest eines Aktuators eines Mastarms (41),
 - 70 - eine Betriebsgeschwindigkeit zumindest eines Aktuators eines Mastarms (41),
 - 75 - ein Lastgewicht an einem Lastanhängepunkt des Dickstoffverteilmasts (18),
 - 80 - eine Drehgeschwindigkeit eines Drehwerks (19),
 - 85 - ein Neigungswinkel des Dickstofffördersystems (10),
 - 90 - eine horizontale Beinkraft des zumindest einen Stützbeins (32), und
 - 95 - eine vertikale Beinkraft des zumindest einen Stützbeins (32) .
- 100 **9.** Dickstofffördersystem (10) gemäß Anspruch 8, bei dem die Verarbeitungseinheit (12) des weiteren dazu eingerichtet ist, ein Lastmoment basierend auf für die Gelenkmomente sämtlicher Mastarme (41) indikativen erfassten Betriebsinformationen zu berechnen, und den Standsicherheitsparameter abhängig von dem berechneten Lastmoment zu bestimmen.
- 105 **10.** Dickstofffördersystem (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, des weiteren mit einer Steuereinheit (13) zum Ausgeben eines ersten Steuersignals, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) größer als ein maximaler Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) ist, und zum Ausgeben eines zweiten Steuersignals, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) kleiner oder gleich dem maximalen Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) ist.

11. Dickstofffördersystem (10) gemäß Anspruch 10, dessen Steuereinheit (13) dazu eingerichtet, einen Arbeitsbereich des Dickstoffverteilmasts (18) auf einen momentan zulässigen Arbeitsbereich zu begrenzen, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) größer als der maximale Standsicherheitsparameter ist.

12. Dickstofffördersystem (10) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Unterbau (30) auf einem Fahrzeug (33) angeordnet ist.

13. Verfahren (100) zum Betreiben eines Dickstofffördersystems (10), das eine Dickstoffpumpe (16) zum Fördern eines Dickstoffs mit einer Kernpumpe (15) in Doppelkolbenbauart, die eine Pumpfrequenz aufweist, und einem mit der Pumpfrequenz umschaltbaren S-Rohr (24), einen Dickstoffverteilmast (18) zum Verteilen des zu fördernden Dickstoffs mit zumindest zwei Mastarmen (41) und des weiteren einen Unterbau (30) umfasst, an dem der Dickstoffverteilmast (18) und die Dickstoffpumpe (16) angeordnet sind, wobei der Unterbau (30) ein Stützwerk (31) zur Abstützung des Unterbaus (30) mit zumindest einem horizontal und/oder vertikal verfahrbaren Stützbein (32) umfasst, sowie mit einer Sensoreinheit (11) zum sequenziellen Erfassen zumindest einer Betriebsinformation und mit einer Verarbeitungseinheit (12), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- sequenzielles Erfassen, durch die Sensoreinheit (11), zumindest einer Betriebsinformation zu zumindest einem ersten (101b) und einem zweiten Zeitpunkt (101a), und
- Bestimmen (104), durch die Verarbeitungseinheit (12), eines Standsicherheitsparameters des Dickstofffördersystems (10), abhängig von der zum ersten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation, der zum zweiten Zeitpunkt erfassten Betriebsinformation und der Pumpfrequenz.

14. Verfahren (100) gemäß Anspruch 13, das des weiteren die folgenden Schritte umfasst:

- Ausgeben (105), durch eine Steuereinheit (13) des Dickstofffördersystems (10), eines ersten Steuersignals, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) größer als ein maximaler Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) ist, und
- Ausgeben (106), durch die Steuereinheit (13), eines zweiten Steuersignals, falls der bestimmte Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) kleiner oder gleich dem maximalen Standsicherheitsparameter des Dickstofffördersystems (10) ist.

15. Verfahren (100) gemäß Anspruch 14, wobei das Ausgeben (107) des ersten Steuersignals den folgenden Schritt umfasst:

- Begrenzen (107) des Arbeitsbereichs des Dickstoffverteilmasts (18) auf einen momentan zulässigen Arbeitsbereich.

Claims

1. Thick-matter conveying system (10) having

- a thick-matter pump (16) for conveying a thick matter, the thick-matter pump comprising a double-piston core pump (15) having a pump frequency, and an S-pipe (24) which is switchable with the pump frequency,
- a thick-matter distributor boom (18) for distributing the thick matter to be conveyed, the thick-matter distributor boom (18) having at least two boom arms (41),
- a substructure (30) on which the thick-matter distributor boom (18) and the thick-matter pump (16) are disposed, the substructure (30) comprising a supporting construction (31) for supporting the substructure (30) by means of at least one horizontally and/or vertically moveable support leg (32),
- a sensor unit (11) for sequentially recording at least one item of operating information at least at a first and a second point in time, and
- a processing unit (12) which is designed to determine a stability parameter of the thick-matter conveying system (10) depending on the at least one item of operating information recorded at the first point in time, the at least one item of operating information recorded at the second point in time, and the pump frequency.

2. Thick-matter conveying system (10) according to Claim 1, wherein the sensor unit (11) comprises one or more sensors for recording the pump frequency and the processing unit (12) is furthermore designed to determine the stability parameter of the thick-matter conveying system (10) depending on the recorded item of operating information

and the recorded pump frequency.

3. Thick-matter conveying system (10) according to either of the preceding claims, wherein the time interval between the first and the second point in time depends on the pump frequency.

4. Thick-matter conveying system (10) according to Claim 3, the second point in time being offset or lagging compared to the first point in time by the duration of half of a pump period.

5. Thick-matter conveying system (10) according to one of the preceding claims, wherein the item of operating information recorded at the first point in time is the most recent recorded item of operating information.

6. Thick-matter conveying system (10) according to one of the preceding claims, the processing unit (12) thereof furthermore being designed

- to determine the stability parameter depending on a result of an averaging operation, the averaging operation being performed depending on the recorded items of operating information; and/or
- to determine the stability parameter depending on items of operating information recorded at a plurality of first and at a plurality of second points in time, and each of the plurality of the second points in time lags compared to a respective corresponding point in time of the plurality of the first points in time by the duration of half of a pump period; and/or
- to at least temporarily store multiple items of operating information recorded at points in time before the first point in time; and/or
- to store recorded items of operating information which have been recorded at a point in time that lags behind the first point in time at most by the duration of one pump period; and/or
- to calculate a current position of the overall centre of gravity of the thick-matter conveying system (10) from a plurality of recorded items of operating information, in particular of different types, and to determine the stability parameter depending on the calculated current position of the overall centre of gravity.

7. Thick-matter conveying system (10) according to one of the preceding claims, the sensor unit (11) thereof being designed to use the same sensor to record the operating information to be sequentially recorded at least at a first and a second point in time.

8. Thick-matter conveying system (10) according to one of the preceding claims, the sensor unit (11) thereof being designed to sequentially record an item of operating information which is indicative of one of the following properties:

- a joint torque of at least one of the boom arms (41),
- a cylinder force of at least one of the boom arms (41),
- an inclination angle of at least one boom arm (41),
- an actuator force of at least one actuator of a boom arm (41),
- an operating speed of at least one actuator of a boom arm (41),
- a load weight at a load attachment point of the thick-matter distributor boom (18),
- a rotational speed of a slewing gear (19),
- an inclination angle of the thick-matter conveying system (10),
- a horizontal leg force of the at least one support leg (32), and
- a vertical leg force of the at least one support leg (32).

9. Thick-matter conveying system (10) according to Claim 8, wherein the processing unit (12) is furthermore designed to calculate a load torque based on recorded items of operating information which are indicative of the joint torques of all the boom arms (41), and to determine the stability parameter depending on the calculated load torque.

10. Thick-matter conveying system (10) according to one of the preceding claims, furthermore having a control unit (13) for emitting a first control signal if the determined stability parameter of the thick-matter conveying system (10) is greater than a maximum stability parameter of the thick-matter conveying system (10), and to emit a second control signal if the determined stability parameter of the thick-matter conveying system (10) is less than or equal to the maximum stability parameter of the thick-matter conveying system (10).

11. Thick-matter conveying system (10) according to Claim 10, the control unit (13) thereof being designed to limit a working range of the thick-matter distributor boom (18) to a currently permissible working range if the determined

stability parameter of the thick-matter conveying system (10) is greater than the maximum stability parameter.

12. Thick-matter conveying system (10) according to one of the preceding claims, wherein the substructure (30) is disposed on a vehicle (33).

13. Method (100) for operating a thick-matter conveying system (10) which comprises a thick-matter pump (16) for conveying a thick matter, the thick-matter pump having a double-piston core pump (15) which has a pump frequency, and an S-pipe (24) which is switchable with the pump frequency, a thick-matter distributor boom (18) for distributing the thick matter to be conveyed by means of at least two boom arms (41), and furthermore a substructure (30) on which the thick-matter distributor boom (18) and the thick-matter pump (16) are disposed, wherein the substructure (30) comprises a supporting construction (31) for supporting the substructure (30) by means of at least one horizontally and/or vertically moveable support leg (32), and having a sensor unit (11) for sequentially recording at least one item of operating information, and having a processing unit (12), wherein the method comprises the following steps:

- sequentially recording, by the sensor unit (11), at least one item of operating information at least at a first point in time (101b) and a second point in time (101a), and
- determining (104), by the processing unit (12), a stability parameter of the thick-matter conveying system (10) depending on the item of operating information recorded at the first point in time, the item of operating information recorded at the second point in time, and the pump frequency.

14. Method (100) according to Claim 13, which furthermore comprises the following steps:

- emitting (105), by a control unit (13) of the thick-matter conveying system (10), a first control signal if the determined stability parameter of the thick-matter conveying system (10) is greater than a maximum stability parameter of the thick-matter conveying system (10), and
- emitting (106), by the control unit (13), a second control signal if the determined stability parameter of the thick-matter conveying system (10) is less than or equal to the maximum stability parameter of the thick-matter conveying system (10).

15. Method (100) according to Claim 14, wherein emitting (107) the first control signal comprises the following step:

- limiting (107) the working range of the thick-matter distributor boom (18) to a currently permissible working range.

Revendications

1. Système de transport de matière épaisse (10), comprenant

- une pompe à matière épaisse (16) destinée à transporter une matière épaisse, qui comprend une pompe à noyau (15) d'une construction à double piston qui présente une fréquence de pompage, et un tube en S (24) pouvant être commuté avec la fréquence de pompage,
- un mât de distribution de matière épaisse (18) destiné à distribuer la matière épaisse à transporter, le mât de distribution de matière épaisse (18) présentant au moins deux bras de mât (41),
- une sous-construction (30) au niveau de laquelle le mât de distribution de matière épaisse (18) et la pompe à matière épaisse (16) sont agencés, la sous-construction (30) comprenant un dispositif d'étalement (31) destiné à étayer la sous-construction (30) avec au moins une jambe d'étalement (32) pouvant être déplacée de manière horizontale ou verticale,
- une unité formant capteur (11) destinée à détecter séquentiellement au moins une information de fonctionnement à au moins un premier et un second instant, et
- une unité de traitement (12) qui est configurée pour déterminer un paramètre de sécurité de stabilité du système de transport matière épaisse (10) en dépendance de ladite au moins une information de fonctionnement détectée au premier instant, de ladite au moins une information de fonctionnement détectée au second instant, et de la fréquence de pompage.

2. Système de transport de matière épaisse (10) selon la revendication 1, dans lequel l'unité formant capteur (11) présente un ou plusieurs capteurs destinés à détecter la fréquence de pompage, et l'unité de traitement (12) est en outre configurée pour déterminer le paramètre de sécurité de stabilité du système de transport de matière épaisse

(10) en dépendance de l'information détectée et de la fréquence de pompage détectée.

3. Système de transport de matière épaisse (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'écart temporel entre le premier instant et le second instant dépend de la fréquence de pompage.

4. Système de transport de matière épaisse (10) selon la revendication 3, dans lequel le second instant est décalé ou remonte à la durée d'une demi-période de pompage par rapport au premier instant.

5. Système de transport de matière épaisse (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel il s'agit, concernant l'information de fonctionnement détectée au premier instant, de l'information de fonctionnement détectée le plus récemment.

6. Système de transport de matière épaisse (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dont l'unité de traitement (12) est en outre configurée pour :

- déterminer le paramètre de sécurité de stabilité en dépendance d'un résultat d'une formation de moyenne, la formation de moyenne dépendant des informations de fonctionnement détectées ; et/ou
- déterminer le paramètre de sécurité de stabilité en dépendance d'informations de fonctionnement détectées à une pluralité de premiers instants et à une pluralité de seconds instants, chacun de la pluralité de seconds instants remontant à la durée d'une demi-période de pompage par rapport à chacun de la pluralité de premiers instants correspondants ; et/ou
- sauvegarder au moins temporairement plusieurs informations détectées à des instants avant le premier instant ; et/ou
- sauvegarder des informations de fonctionnement qui ont été détectées à un instant qui remonte au plus loin à la durée d'une période de pompage après le premier instant ; et/ou
- calculer une position momentanée du centre de gravité global du système de transport de matière épaisse (10) à partir d'une pluralité d'informations de fonctionnement détectées, en particulier d'un type différent, et déterminer le paramètre de sécurité de stabilité en dépendance de la position momentanée calculée du centre de gravité global.

7. Système de transport de matière épaisse (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dont l'unité formant capteur (11) est configurée pour détecter les informations de fonctionnement devant être détectées séquentiellement à au moins un premier instant et un second instant à partir du même capteur.

8. Système de transport de matière épaisse (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dont l'unité formant capteur (11) est configurée pour détecter séquentiellement une information de fonctionnement qui est indicative de l'une au moins des caractéristiques suivantes :

- un moment d'articulation de l'un au moins des bras de mât (41),
- une force de vérin de l'un au moins des bras de mât (41),
- un angle d'inclinaison d'au moins un bras de mât (41),
- une force d'actionneur d'au moins un actionneur d'un bras de mât (41),
- d'une vitesse de fonctionnement d'au moins un actionneur d'un bras de mât (41),
- un poids de charge au niveau d'un point d'accrochage de charge du mât de distribution de matière épaisse (18),
- une vitesse de rotation d'un dispositif de rotation (19),
- un angle d'inclinaison du système de transport de matière épaisse (10),
- une force de jambe horizontale de ladite au moins une jambe d'étalement (32), et
- une force de jambe verticale de ladite au moins une jambe d'étalement (32).

9. Système de transport de matière épaisse (10) selon la revendication 8, dans lequel l'unité de traitement (12) est en outre configurée pour calculer un moment de charge sur la base des informations détectées indicatives des moments d'articulation de tous les bras de mât, et pour déterminer le paramètre de sécurité de stabilité en dépendance du moment de charge calculé.

10. Système de transport de matière épaisse (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une unité de commande (13) destinée à émettre un premier signal de commande, si le paramètre de sécurité de stabilité déterminé du système de transport de matière épaisse (10) est supérieur au paramètre de sécurité de stabilité maximum du système de transport de matière épaisse (10), et pour émettre un second signal

de commande, si le paramètre de sécurité de stabilité déterminé du le système de transport de matière épaisse (10) est inférieur ou égal au paramètre de sécurité de stabilité du système de transport de matière épaisse (10).

5 11. Système de transport de matière épaisse (10) selon la revendication 10, dont l'unité de commande (13) est configurée pour limiter une zone de travail du mât de distribution de matière épaisse (18) à une zone de travail momentanément admissible, si le paramètre de sécurité de stabilité déterminé du système de transport de matière épaisse (10) est supérieur au paramètre de sécurité de stabilité maximum.

10 12. Système de transport de matière épaisse (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la sous-structure (30) est agencée sur un véhicule (33) .

15 13. Procédé (100) de fonctionnement d'un système de transport de matière épaisse (10) qui comprend une pompe à matière épaisse (16) destinée à transporter une matière épaisse avec une pompe à noyau (15) d'une construction à double piston qui présente une fréquence de pompage et un tube en S (24) pouvant être commuté avec la fréquence de pompage, un mât de distribution de matière épaisse (18) destiné à distribuer la matière épaisse à transporter avec au moins deux bras de mât (41), et en outre une sous-construction (30) au niveau de laquelle le mât de distribution de matière épaisse (18) et la pompe à matière épaisse (16) sont agencés, la sous-construction (30) comprenant un dispositif d'étalement (31) destiné à étayer la sous-construction (30) avec au moins une jambe d'étalement (32) pouvant être déplacée de manière horizontale ou verticale, ainsi qu'une unité formant capteur (11) destinée à détecter séquentiellement au moins une information de fonctionnement et une unité de traitement (12), le procédé comprenant les étapes suivantes consistant à :

- détecter séquentiellement, via l'unité formant capteur (11), au moins une information de fonctionnement à au moins un premier (101b) et un second instant (101a), et

25 - déterminer (104), via l'unité de traitement (12), un paramètre de sécurité de stabilité du système de transport matière épaisse (10) en dépendance de ladite au moins une information de fonctionnement détectée au premier instant, de ladite au moins une information de fonctionnement détectée au second instant, et de la fréquence de pompage.

30 14. Procédé (100) selon la revendication 13, qui comprend en outre les étapes suivantes consistant à :

- émettre (105), via une unité de commande (13) du système de transport de matière épaisse (10), un premier signal de commande, si le paramètre de sécurité de stabilité du système de transport de matière épaisse (10) est supérieur à un paramètre de sécurité de stabilité maximum du système de transport de matière épaisse (10), et

35 - émettre (106), via l'unité de commande (13), un second signal de commande, si le paramètre de sécurité de stabilité déterminé du système de transport de matière épaisse (10) est inférieur ou égal au paramètre de sécurité de stabilité maximum du système de transport de matière épaisse (10).

40 15. Procédé (100) selon la revendication 14, dans lequel l'étape consistant émettre (107) le premier signal de commande comprend l'opération suivante consistant à :

- limiter (107) la zone de travail du mât de distribution de matière épaisse (18) à une zone de travail momentanément admissible.

Fig. 1

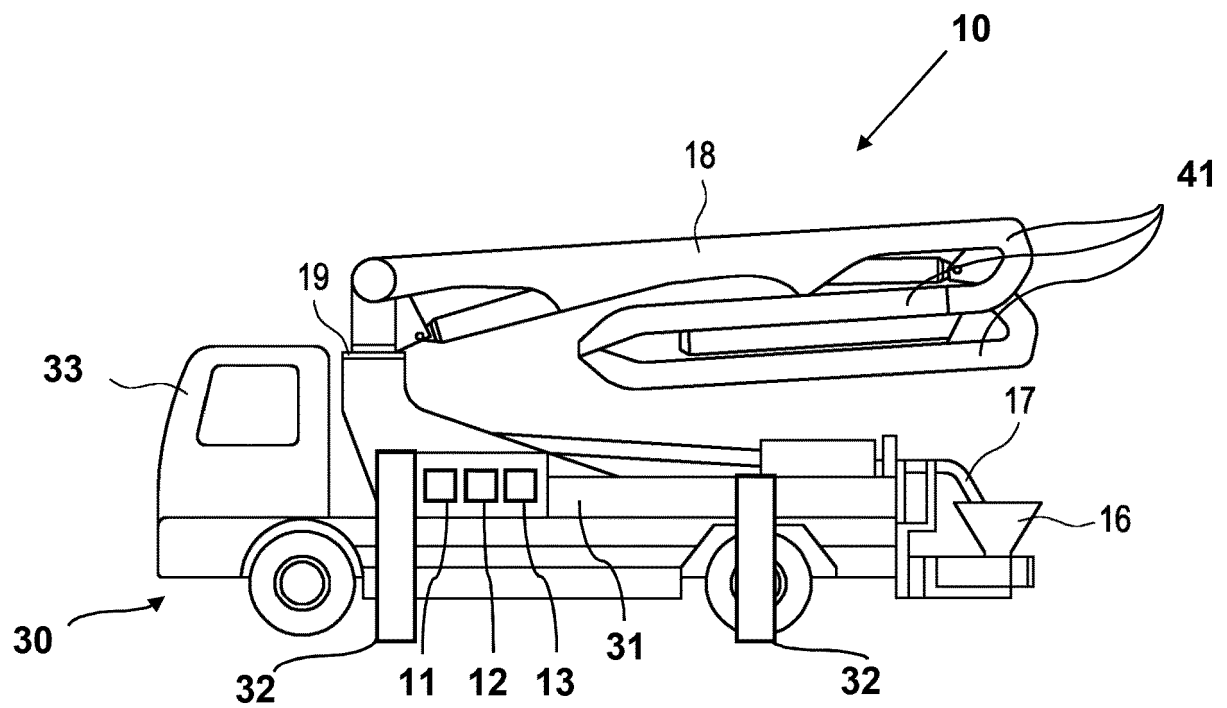


Fig. 2

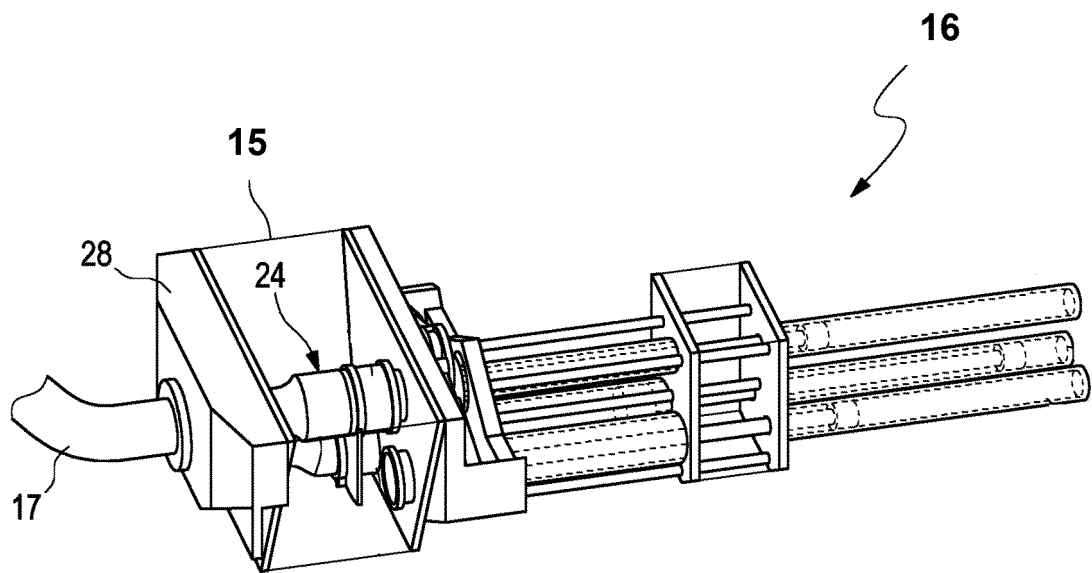


Fig. 3

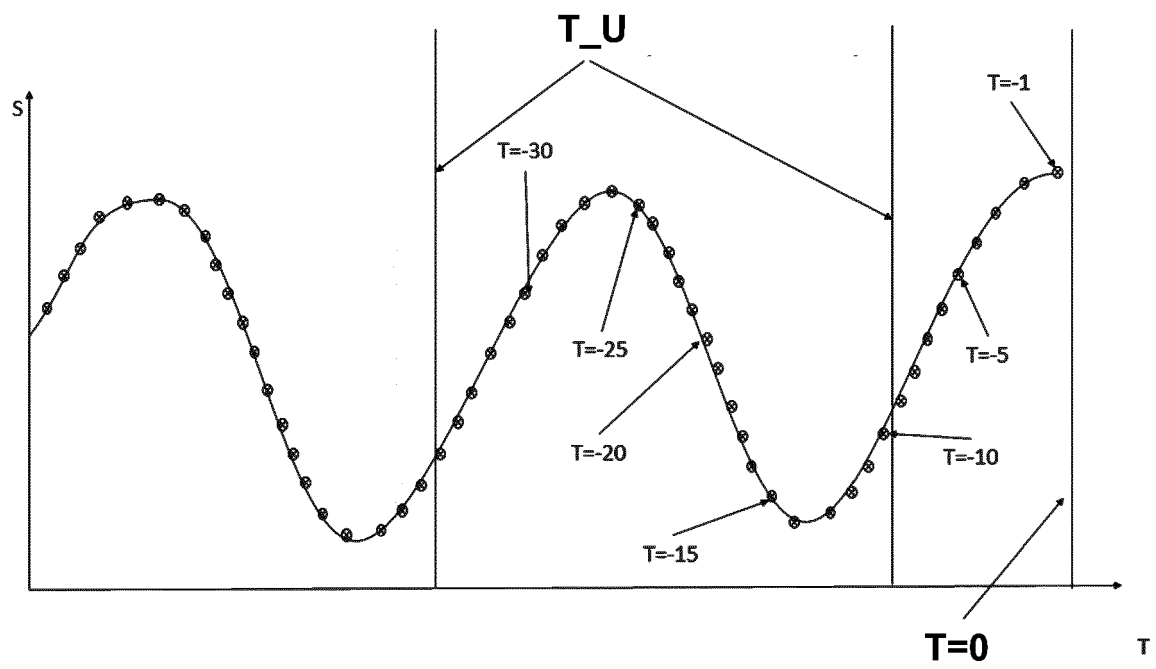
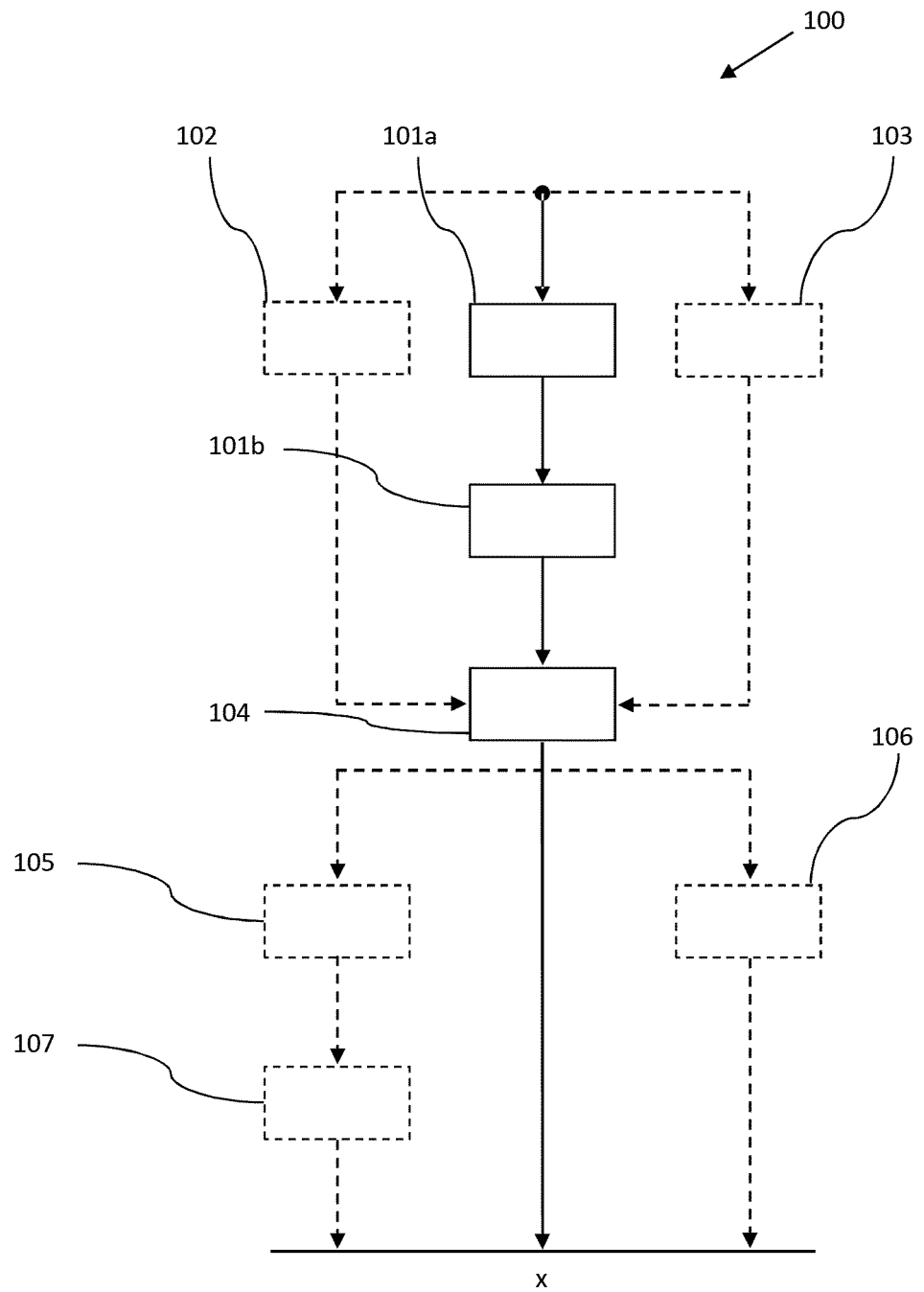


Fig. 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2005042319 A1 **[0002]**
- CN 102434620 B **[0002]**