

(19)



(11)

EP 3 670 428 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.2020 Patentblatt 2020/26

(51) Int Cl.:
B66F 17/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19212029.3**

(22) Anmeldetag: **28.11.2019**

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

(71) Anmelder: **STILL GmbH**
22113 Hamburg (DE)

(72) Erfinder: **BULLERMANN, Björn**
21279 Hollsenstedt (DE)

(74) Vertreter: **Patentship**
Patentanwalts-gesellschaft mbH
Schertlinstraße 29
86159 Augsburg (DE)

(30) Priorität: **20.12.2018 DE 102018133095**

(54) **VERFAHREN ZUR LASTBESTIMMUNG BEI EINEM FLURFÖRDERZEUG UND
FLURFÖRDERZEUG**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastbestimmung bei einem Flurförderzeug, insbesondere einem Gegengewichtsgabelstapler oder Schubmaststapler, mit einer einen Hubmast (1a) mit mindestens einem Mastprofil (1d) umfassenden Lasthandhabungsvorrichtung (1), sowie ein entsprechendes Flurförderzeug. Es wird vorgeschlagen, dass eine elastische Verformung

des Mastprofils (1d) mittels einer Sensorik (4) erfasst wird und daraus ermittelte Verformungsdaten mit einem in einer Steuereinrichtung (SE) des Flurförderzeugs gespeicherten, auf fahrzeugspezifischen Informationen basierenden, physikalischen Rechenmodell (D) des Flurförderzeugs verarbeitet werden, und daraus Lastmasse (L) und Lastschwerpunkt (LS) bestimmt werden.

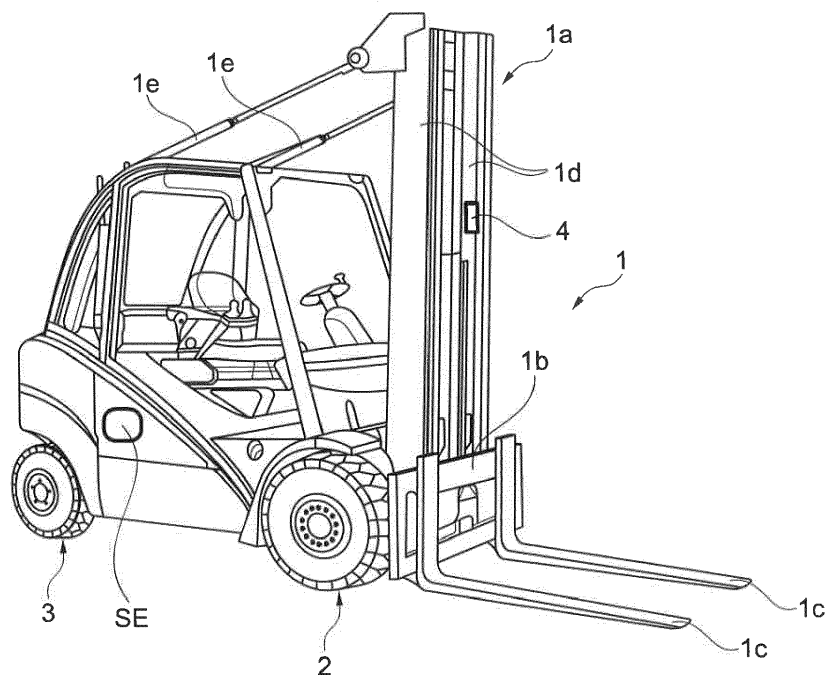


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lastbestimmung bei einem Flurförderzeug, insbesondere einem Gegengewichtsgabelstapler oder Schubmaststapler, mit einer einen Hubmast mit mindestens einem Mastprofil umfassenden Lasthandhabungsvorrichtung, sowie ein entsprechendes Flurförderzeug.

[0002] Zu den Flurförderzeugen gehören beispielsweise Gabelstapler, insbesondere Gegengewichtsgabelstapler, und Schubmaststapler. Derartige Flurförderzeuge sind mit einer Lasthandhabungsvorrichtung zum Stapeln und Einlagern von Transportgütern ausgestattet. Die Lasthandhabungsvorrichtung umfasst üblicherweise einen Hubmast mit mindestens einem Mastprofil. In der Regel sind zwei parallel zueinander angeordnete Mastprofile mit vertikaler Ausrichtung vorgesehen. Der Hubmast kann auch mit einer Neigeeinrichtung versehen sein, so dass die Mastprofile gegen die Vertikale neigbar sind. An den Mastprofilen kann ein Lastschlitten, insbesondere Gabelträger, an dem typischerweise Gabelzinken montiert sind, z.B. mittels einer Hubzylindereinrichtung einer Arbeitshydraulik vertikal verschoben werden. Auf den Gabelzinken kann eine Last beispielsweise über eine Palette aufgenommen werden.

[0003] Die Kenntnis des Lastgewichts ist für die Sicherheit von Flurförderzeugen, insbesondere im Hinblick auf die Standsicherheit, von großer Bedeutung. Dementsprechend ist eine Vielzahl von Vorrichtungen und Verfahren bekannt, um dieses Gewicht möglichst genau und mit wenig Aufwand zu bestimmen. Häufig wird versucht, im Flurförderzeug bereits vorhandene Vorrichtungen zur Lastmessung zu verwenden.

[0004] Eine Möglichkeit besteht dabei darin, aus dem zumeist ohnehin erfassten Druck in dem Teil des Hydraulikkreises der Arbeitshydraulik, der der Anhebung der Last dient, das Lastgewicht zu berechnen.

[0005] Bekannt sind beispielsweise kontinuierliche Lastmesssysteme, bei denen der Druck im Hubzylinder gemessen und daraus das Lastgewicht berechnet wird.

[0006] Andererseits existieren auch diskontinuierliche Lastmesssysteme, die im Moment des Senkstopps des Gabelträgers den Druckverlauf im Hubzylinder messen und daraus das Lastgewicht berechnen. Mit diesem Verfahren kann eine höhere Genauigkeit erzielt werden.

[0007] Lastmesssysteme, die auf dem Prinzip der Druckmessung im Hydraulikkreis der Arbeitshydraulik beruhen, sind beispielsweise aus der EP 1 953 114 B1 bekannt.

[0008] In der DE 10 2015 104 069 A1 ist ein Verfahren zur Bestimmung der Kippstabilität eines Flurförderzeugs beschrieben, das mit einer Druckmessung in der Arbeitshydraulik sowie zusätzlicher Sensorik arbeitet. Durch die mit der zusätzlichen Sensorik gewonnenen Parameter, wie Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Lasthandhabungsvorrichtung, Änderungen der Querschnitte von Ventilöffnungen etc., kann die Kippstabilitätsberechnung verbessert werden.

[0009] Bezüglich der Bestimmung des Lastgewichts weisen die bekannten, in die Arbeitshydraulik integrierten, Systeme den Nachteil auf, dass interne Störeinflüsse der Hydraulik, z.B. Druckpulsationen und Slipstickeffekte, die nur in geschlossenen Hydrauliksystemen vorliegen, miterfasst werden. Dadurch kann die Lastbestimmung verfälscht werden.

[0010] Eine andere Möglichkeit zur Lastmessung besteht darin, das Lastgewicht indirekt über eine Erfassung der Aufstandskraft des Flurförderzeugs an der Hinterachse zu ermitteln. Hierzu können Hinterachssensoren vorgesehen sein, die die elastische Verformung in der Hinterachse messen. Über die mittels des Hookschen Gesetzes ermittelte Aufstandskraft kann mit Hilfe einer Modellrechnung auf die Standsicherheit des Flurförderzeugs geschlossen werden, wobei eine große Aufstandskraft einer hohen Standsicherheit entspricht.

[0011] Aus der DE 10 2005 011 998 A1 und der DE 10 2005 012 004 A1 ist der Einsatz eines auf fahrzeugspezifischen Informationen basierenden Rechenmodells für das Kippverhalten des Flurförderzeugs bekannt. Das Rechenmodell ist in einer Steuereinrichtung des Flurförderzeugs gespeichert. Mittels einer Mehrzahl von Sensoren werden für das Kippverhalten relevante physikalische Größen des Flurförderzeugs erfasst und in der Steuereinrichtung mit dem Rechenmodell abgeglichen. Abhängig vom so ermittelten Fahr- und Beladungszustand werden von der Steuereinrichtung kippstabilitätswahrende oder -erhöhende Korrekturingriffe durchgeführt.

[0012] Bei der Lasthandhabung wird vom Fahrer eines Flurförderzeugs erwartet, dass er nicht nur die Lastmasse, sondern auch den Lastschwerpunkt einschätzen kann. Insbesondere bei Lasten, die nicht einsehbar sind, wie zum Beispiel in einem Regal, bei komplexen geometrischen Gebilden oder geschlossenen Transportkisten, ist dies dem Fahrer nicht möglich. Aufgrund von Fehleinschätzungen kann es zu Unfällen und Transportschäden kommen.

[0013] Die zitierten Druckschriften zum Stand der Technik bieten keine Lösung an, um auch den seitlichen Versatz des Lastschwerpunkts zur Fahrzeugmitte zu erfassen und bei der Bestimmung der Kippstabilität zu berücksichtigen.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art sowie ein entsprechendes Flurförderzeug so auszugestalten, dass gleichzeitig Lastmasse und Lastschwerpunkt mit hoher Genauigkeit bestimmt werden können.

[0015] Diese Aufgabe wird verfahrensseitig erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine elastische Verformung des Mastprofils mittels einer Sensorik erfasst wird und daraus ermittelte Verformungsdaten mit einem in einer Steuereinrichtung des Flurförderzeugs gespeicherten, auf fahrzeugspezifischen Informationen basierenden, physikalischen Rechenmodell des Flurförderzeugs verarbeitet werden, und daraus Lastmasse und Lastschwerpunkt bestimmt werden.

[0016] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde,

dass durch Erfassung der elastischen Verformung des Mastprofils und Verarbeitung der Verformungsdaten mit einem fahrzeugspezifischen Rechenmodell, also im Fall eines Gegengewichtsgabelstaplers oder eines Schubmaststaplers mit einem rechnerischen Staplermodell, eine genaue Lastbestimmung ermöglicht wird. Auf diese Weise können Störeinflüsse, wie sei bei Messungen im Hydraulikkreis auftreten, verhindert werden.

[0017] Bevorzugt basiert das Rechenmodell auf fahrzeugspezifischen Informationen zum lastabhängigen Verformungsverhalten des Mastprofils. Durch Vergleich der Modelldaten mit den gemessenen Verformungsdaten kann auf die Lastmasse und den Lastschwerpunkt geschlossen werden.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Rechenmodell auf fahrzeugspezifischen Informationen zum statischen und/oder quasistatischen und/oder dynamischen Kippverhalten des Flurförderzeugs basiert. Durch Verarbeitung der gemessenen Verformungsdaten mit den Modelldaten kann sowohl der Betriebszustand "statisches und/oder quasistatisches Kippen" (bei großer Hubhöhe und geringer Fahrgeschwindigkeit bzw. Stillstand) als auch der Betriebszustand "dynamisches Kippen" (hohe Querbeschleunigung bei Kurvenfahrt, hohe Längsbeschleunigung beim Bremsen) abgedeckt werden. Somit kann in das Fahrzeugverhalten des Flurförderzeugs so weit eingegriffen werden, dass ein Umkippen verhindert wird.

[0019] Zweckmäßigerweise wird die elastische Verformung des Mastprofils durch Messung von Dehnungen und Torsionen im dreidimensionalen Raum erfasst. Daraus werden beispielsweise mittels des Hookschen Gesetzes Zug-, Druck- und Torsionskräfte als Verformungsdaten ermittelt und mit entsprechenden Daten, die im Rechenmodell gespeichert sind, verglichen. Aus dem Abgleich mit dem Rechenmodell kann auf die Lastmasse und den Lastschwerpunkt geschlossen werden.

[0020] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die elastische Verformung des Mastprofils durch Messung von Dehnungen und Torsionen mittels mindestens eines Dehnungsmessstreifens erfasst. Die Verwendung von Dehnungsmessstreifen ist an sich eine bewährte Methode zur Spannungs- und Dehnungsmessung. Dehnungsmessstreifen kommen in den verschiedensten Anwendungsfällen zum Einsatz, um über die Dehnungsmessung indirekt Kräfte zu ermitteln. Ein Dehnungsmessstreifenmodul mit einem Dehnungsmessstreifen ist beispielsweise aus der DE 10 2014 117 334 A1 bekannt.

[0021] Dabei erfolgt die Messung bevorzugt kontinuierlich, so dass zu jedem Zeitpunkt die aktuelle Lastmasse und der aktuelle Lastschwerpunkt bestimmt werden können.

[0022] Der Lastschwerpunkt wird vorteilhafterweise als Punkt in einem dreidimensionalen Koordinatensystem mit den Koordinaten x, y und z bestimmt, wobei die x-Koordinate die vertikale Lastschwerpunktshöhe über dem Fahrboden, die y-Koordinate den horizontalen, seit-

lichen Versatz des Lastschwerpunkts zur Fahrzeugmitte, d.h. zur Fahrzeuglängsmittelachse, und die z-Koordinate den horizontalen Abstand des Lastschwerpunkts vom Hubmast darstellen.

[0023] Mit Hilfe einer Signalanalyse der üblicherweise digitalen Kraftsignale der mittels der Sensoreinrichtung erfassten Zug-, Druck- und Torsionskräfte mittels Fast-FourierTransformation (FFT) können die digitalen Kraftsignale in ihre Frequenzanteile zerlegt und diese dann analysiert werden. Auf diese Weise kann die Eigenfrequenz des Hubmastes bestimmt werden.

[0024] Aus statischen Auslenkungen bei der elastischen Verformung des Mastprofils kann mittels des Hebelgesetzes auf die Lastmasse geschlossen werden.

[0025] Um die Messgenauigkeit weiter zu erhöhen, ist gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des Erfindungsgedankens vorgesehen, dass mittels zusätzlicher Sensoren weitere Messwerte ermittelt werden, die ebenfalls in das Rechenmodell mit eingehen. Somit können Fehler gemeinsamer Ursachen ausgeschlossen werden.

[0026] Hierzu können insbesondere an der Lasthandhabungsvorrichtung wirkende Hubkräfte gemessen werden und die Hubkraft-Messwerte bei der Verarbeitung der Verformungsdaten mit dem Rechenmodell zusätzlich berücksichtigt werden.

[0027] Zusätzlich oder alternativ werden vorteilhafterweise an der Lasthandhabungsvorrichtung wirkende Neigekräfte gemessen und die Neigekraft-Messwerte bei der Verarbeitung der Verformungsdaten mit dem Rechenmodell zusätzlich berücksichtigt.

[0028] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung wird zusätzlich oder alternativ die Hubhöhe der Lasthandhabungsvorrichtung gemessen und die Hubhöhen-Messwerte bei der Verarbeitung der Verformungsdaten mit dem Rechenmodell zusätzlich berücksichtigt.

[0029] Zur Information des Fahrers des Flurförderzeugs über die Ergebnisse der Lastbestimmung ist zweckmäßigerweise vorgesehen, dass die Lastmasse und der Lastschwerpunkt in einer Anzeigevorrichtung für einen Fahrer angezeigt werden. Die Anzeigevorrichtung bildet somit die Schnittstelle zum Fahrer, um den Fahrer über Lastmasse und Position des Lastschwerpunktes in x-, y und z-Richtung der aufgenommenen Last in Kenntnis zu setzen.

[0030] In die Anzeigevorrichtung kann auch eine visuelle Warnung eingeblendet werden, um den Fahrer über den Abstand zu kritischen Systemgrenzen zu informieren. Der Fahrer kann dann geeignete Gegenmaßnahmen einleiten. Beispielsweise kann er die Fahrgeschwindigkeit des Flurförderzeugs reduzieren und/oder die Hubhöhe der Last verringern, um die volle Betriebssicherheit des Flurförderzeugs zu gewährleisten.

[0031] Zur Verringerung der Gefahr eines Kippens des Flurförderzeugs ist gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass mit dem Rechenmodell ein Fahr- und Beladungszustand des Flurförderzeugs ermittelt wird, der auf physikalischen Größen beruht, die für ein statisches und/oder quasista-

tisches und/oder dynamisches Kippverhalten des Flurförderzeugs relevant sind.

[0032] In einer einfachen Ausgestaltung wird der Fahr- und Beladungszustand des Flurförderzeugs in einer Anzeigevorrichtung für einen Fahrer angezeigt. Der Fahrer kann dann manuell entsprechende Maßnahmen einleiten, um ein Kippen des Flurförderzeugs zu verhindern.

[0033] In einer weiterentwickelten Ausgestaltung ist eine Automatisierung vorgesehen, bei der die Steuereinrichtung selbständig abhängig vom ermittelten Fahr- und Beladungszustand des Flurförderzeugs kippstabilitätswahrende oder -erhöhende Korrektureingriffe in einen Fahrantrieb und/oder Lenkantrieb des Flurförderzeugs und/oder einen Arbeitsantrieb der Lasthandhabungsvorrichtung vornimmt.

[0034] Der Fahrer kann auch mittels automatisierter, abschaltender Eingriffe unterstützt werden, bei geringen Abständen zu Systemgrenzen diese nicht zu übersteuern. Diese Eingriffe können sowohl in die Arbeitshydrauliksteuerung als auch in die Fahrantriebssteuerung und in die Lenkungssteuerung reduzierend erfolgen. Ziel der Eingriffe ist insgesamt eine Reduzierung von kinetischer Energie sowie von großer kinetischer Energieänderung.

[0035] Die Erfindung betrifft ferner ein Flurförderzeug, insbesondere einen Gegengewichtsgabelstapler, mit einer einen Hubmast mit mindestens einem Mastprofil umfassenden Lasthandhabungsvorrichtung.

[0036] Bei dem Flurförderzeug wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass am Mastprofil mindestens eine Sensoreinrichtung angeordnet ist, welche zur Erfassung einer elastischen Verformung des Mastprofils und Ermittlung von Verformungsdaten ausgebildet ist, und die Sensoreinrichtung mit einer Steuereinrichtung des Flurförderzeugs in Wirkverbindung steht, in der ein auf fahrzeugspezifischen Informationen basierendes, physikalisches Rechenmodell des Flurförderzeugs gespeichert ist, und die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, die von der Sensoreinrichtung ermittelten Verformungsdaten in dem Rechenmodell zu verarbeiten und daraus Lastmasse und Lastschwerpunkt zu bestimmen.

[0037] Zweckmäßigerweise umfasst die Sensoreinrichtung mindestens einen Dehnungsmessstreifen, der für eine Messung von Dehnungen und Torsionen im dreidimensionalen Raum ausgebildet ist.

[0038] Dabei ist die Sensoreinrichtung bevorzugt so in das Mastprofil integriert, dass Unterschiede von Mastprofilen und Tonnagen in der mechanischen Integration berücksichtigt werden. Durch die Integration in das Mastprofil ist die Sensoreinrichtung außerdem gegen mechanische Beschädigungen geschützt.

[0039] Ist die Lasthandhabungsvorrichtung des Flurförderzeugs so ausgebildet, dass der Hubmast zwei parallele Mastprofile umfasst, so ist vorzugsweise an jedem der beiden Mastprofile jeweils eine Sensoreinrichtung angeordnet.

[0040] Die Erfindung bietet eine ganze Reihe von Vorteilen:

Besonders vorteilhaft gegenüber dem Stand der Technik

ist, dass erfindungsgemäß der Lastschwerpunkt dreidimensional in Bezug zum Fahrzeug erfasst werden kann.

[0041] Insbesondere der seitliche Versatz zur Fahrzeugmitte wird bei den bisher verfügbaren Systemen nicht berücksichtigt.

[0042] Von Vorteil ist außerdem die Skalierbarkeit der Sensortechnik. Erfindungsgemäß kann immer die gleiche Sensoreinrichtung in unterschiedlichen Fahrzeugen, Tonnagen und Mastsystemen verwendet werden. Dadurch wird der Einsatz von standardisierten Sensoreinrichtungen und eine kosteneffiziente Applizierung im Stahlbau ermöglicht.

[0043] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das erfindungsgemäße System außerhalb der Hydraulikanlage misst. Interne Störpulse, Wellen oder unzulässige Arbeitspunkte, wie beispielsweise im Endanschlag der Arbeitshydraulik, werden nicht miterfasst. Aus diesem Grund muss mit der neuen Lösung keine komplexe Korrekturrechnung durchgeführt werden.

[0044] Die Erfindung ermöglicht es, die Vorteile unterschiedlicher Sensortechnologien miteinander zu verknüpfen. Auf diese Weise entstehen genauere Messwerte, die zugleich robuster in den unterschiedlichen Arbeitspunkten des Flurförderzeugs sind. Darüber hinaus können auf diese Weise elegant Fehler gemeinsamer Ursache ausgeschlossen werden.

[0045] Mittels der Schnittstelle zum Flurförderzeug kann der Fahrer beim Lasthandling informiert und unterstützt werden. Insbesondere bei Lasten, die nicht einsehbar sind, wie zum Beispiel im Regal, bei komplexen geometrischen Gebilden oder geschlossenen Transportkisten, wird der Fahrer gezielt informiert und unterstützt. Durch die Information des Fahrers über das Lastgewicht und der Position des Lastschwerpunktes in x-, y und z-Richtung kann der Fahrer Unfälle und Transportschäden vermeiden.

[0046] Mittels automatisierter Eingriffe durch die Steuerungseinrichtung können kritische Situationen aktiv verhindert werden.

[0047] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand der in den schematischen Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Hierbei zeigen

- Figur 1 eine perspektivische Darstellung eines Flurförderzeugs,
- Figur 2 eine Detaildarstellung eines Hubmastes mit einer Sensoreinrichtung,
- Figur 3 eine Detaildarstellung eines Hubmastes mit zwei Sensoreinrichtungen,
- Figur 4 eine Detaildarstellung der Sensoreinrichtung,
- Figur 5 ein Schema für die Datenverarbeitung in der Steuereinrichtung und

Figur 6 ein Schema einer Regelstruktur zur Erhöhung der Kippstabilität des Flurförderzeugs.

[0048] Das Flurförderzeug gemäß der Figur 1 ist beispielsweise als Frontsitz-GegengewichtsGabelstapler ausgeführt. Eine an der Fahrzeug-Vorderseite angeordnete Lasthandhabungsvorrichtung 1 wird von einem ausfahrbaren Hubmast 1a mit zwei parallelen Mastprofilen 1d und einem an den Mastprofilen 1d höhenbeweglichen Lastschlitten 1b mit daran angeordneten Gabelzinken 1c gebildet. Mit Hilfe der Gabelzinken 1c können Ladegüter verschiedenster Art angehoben und transportiert werden.

[0049] Der Hubmast 1a ist um eine im unteren Bereich quer angeordnete Horizontalachse neigbar. Selbstverständlich ist es auch möglich, einen starren, also nicht neigbaren Hubmast 1a vorzusehen und stattdessen den Lastschlitten 1b nicht nur höhenbeweglich, sondern auch neigbar auszuführen, wie dies zum Beispiel bei sogenannten Lagertechnik-Geräten (z. B. Schubmaststapler) häufig der Fall ist. An dem Lastschlitten 1b können - je nach Einsatzfall - auch andere Lastaufnahmeeinrichtungen befestigt werden. Es versteht sich, dass grundsätzlich auch zusätzliche Bewegungen der Lasthandhabungsvorrichtung 1 möglich sind, sofern die dazu erforderlichen Einrichtungen, z. B. ein Seitenschieber, zur Verfügung stehen.

[0050] Der Hubmast 1a ist mittels hydraulischer Neigezylinder 1e neigbar. Das Ausfahren des Hubmastes 1a und das Anheben des Lastschlittens 1b erfolgt mittels hydraulischer Hubzylinder, ggf. zusätzlich mit einer oder mehreren Lastketten. Zum Absenken des Lastschlittens 1b bzw. Einfahren des Hubmastes 1a wirken das Eigengewicht des Lastschlittens 1b und der nach oben ausgefahren Komponenten des Hubmastes 1a sowie ggf. das Gewicht des Ladeguts. Die genannten hydraulischen Verbraucher werden von einer hydraulischen Pumpe gespeist. Zusammen mit den erforderlichen hydraulischen Ventilen und einem die Pumpe antreibenden Motor umfasst dieses System also mehrere Arbeitsantriebe für die Hub-, Senk- und Neigebewegung der Lasthandhabungsvorrichtung 1.

[0051] Das Flurförderzeug gemäß dem Ausführungsbeispiel weist ferner einen Fahrtrieb auf, bei dem eine Vorderachse 2 als Antriebsachse ausgebildet ist, und einen Lenkantrieb, mit dessen Hilfe eine heckseitig angeordnete Lenkachse 3 betätigt wird.

[0052] An einem Mastprofil 1d oder an beiden Mastprofilen 1d ist jeweils eine als Dehnungsmessstreifen 4 ausgebildete Sensoreinrichtung 4 angebracht. Mittels des Dehnungsmessstreifens 4 wird die elastische Verformung des entsprechenden Mastprofile 1d durch Messung von Dehnungen und Torsionen im dreidimensionalen Raum erfasst. Daraus werden mittels des Hookschen Gesetzes Zug-, Druck- und Torsionskräfte im Mastprofil 1d als Verformungsdaten ermittelt. Die Verformungsdaten werden über eine Datenleitung oder drahtlos über eine Funkverbindung an eine Steuereinrichtung SE des

Flurförderzeugs übermittelt. In der Steuereinrichtung ist ein physikalisches Rechenmodell des Flurförderzeugs gespeichert, das auf fahrzeugspezifischen Informationen beruht. Zu diesen fahrzeugspezifischen Informationen gehören Parameter, die die Kippstabilität des Flurförderzeugs beeinflussen, wie die Abmessungen und Massen des Flurförderzeugs und des Hubmastes 1a, die Reifencharakteristika und die maximal mögliche Zuladung. Außerdem enthält das Rechenmodell auch Daten zum lastabhängigen Verformungsverhalten der Mastprofile. Insgesamt stellt das Rechenmodell ein umfassendes rechnerisches Modell des Flurförderzeugs, also ein elektronisches Staplermodell, dar. In der Steuereinrichtung SE werden die von den Dehnungsmessstreifen 4 erfassten Verformungsdaten mit dem Rechenmodell verarbeitet, so dass auf die Lastmasse und den Lastschwerpunkt einer auf den Gabelzinken 1c befindlichen Last geschlossen werden.

[0053] In der Figur 2 ist ein Ausschnitt des Hubmastes 1a im Detail dargestellt. Der Hubmast 1a umfasst zwei parallele Mastprofile 1d. An einem der Mastprofile 1d ist ein als Dehnungsmessstreifen 4 ausgebildete Sensoreinrichtung 4 angebracht.

[0054] Die Figur 3 zeigt ebenfalls einen Ausschnitt des Hubmastes 1a im Detail. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der in Figur 2 dargestellten dadurch, dass an jedem der Mastprofile 1d jeweils eine als Dehnungsmessstreifen 4 ausgebildete Sensoreinrichtung 4 angebracht ist.

[0055] In der Figur 4 ist die als Dehnungsmessstreifen 4 ausgebildete Sensoreinrichtung 4 der Figuren 2 und 3 im Detail dargestellt. Der Dehnungsmessstreifen 4 ist so in das Mastprofil 1d integriert, dass er vor mechanischen Beschädigungen geschützt ist. Mittels des Dehnungsmessstreifens 4 wird die elastische Verformung des Mastprofils 1d durch Messung von Dehnungen und Torsionen im dreidimensionalen Raum erfasst. Daraus werden mittels des Hookschen Gesetzes Zug-, Druck- und Torsionskräfte des Mastprofils 1d als Verformungsdaten ermittelt. Die Zug- und Druckkräfte sind in der Figur 4 als Kraftvektoren dargestellt, die in die drei Raumrichtungen x, y, z zeigen, wobei die x-Richtung einer vertikalen Richtung, die y-Richtung einer Fahrzeugquerrichtung und die z-Richtung einer Fahrzeuglängsrichtung entspricht. Die Torsionskräfte sind die Radialkräfte um die als Pfeile dargestellten Kraftvektoren. Somit können an dieser Stelle mit dem Dehnungsmessstreifen 4 insgesamt sechs Kräfte bestimmt werden. Falls bei zwei Mastprofilen 1d an jedem der Mastprofile 1d jeweils ein Dehnungsmessstreifen 4 angebracht ist, können somit insgesamt 12 Kräfte bestimmt werden. Mit den Dehnungsmessstreifen 4 werden die Kräfte kontinuierlich gemessen.

[0056] Die Figur 5 zeigt ein Schema für die Datenverarbeitung DV in der Steuereinrichtung des Flurförderzeugs. Auf der linken Seite sind die von Sensoren ermittelten Parameter aufgelistet sowie das Rechenmodell D als rechnerisches, physikalisches Staplermodell. Zu den von den Sensoren ermittelten Daten gehören die von ei-

nem oder zwei Dehnungsmessstreifen an einem oder beiden Mastprofilen erfassten Kräfte DMS I und/oder DMS II (jeweils sechs Kräfte pro Dehnungsmessstreifen). Bei einer Ausführung gemäß der Figur 2 sind nur die Kräfte DMS I eines Dehnungsmessstreifens vorhanden, bei einer Ausführung gemäß der Figur 3 sind die Kräfte DMS I und DMS II der beiden Dehnungsmessstreifen vorhanden. Zusätzlich und optional können die Neigekräfte NK, die Hubkräfte HK des Hubmastes und die Hubhöhe H als Parameter zur Verfügung stehen. Mittels Datenverarbeitung DV der von den Sensoren erfassten Parameter DMS I und/oder DMS II sowie der von gegebenenfalls vorhandenen Sensoren erfassten Parameter NK, HK und H sowie Abgleich mit dem physikalischen Staplermodell D werden die Lastmasse L und der Lastschwerpunkt LS berechnet. Dabei wird der Lastschwerpunkt als Punkt in einem dreidimensionalen Koordinatensystem mit den Koordinaten x, y und z bestimmt, wobei die x-Koordinate die vertikale Lastschwerpunkthöhe über dem Fahrboden, die y-Koordinate den horizontalen, seitlichen Versatz des Lastschwerpunkts zur Fahrzeugmitte und die z-Koordinate den horizontalen Abstand des Lastschwerpunkts vom Hubmast darstellen.

[0057] An sich würden die von einem oder beiden Dehnungsmessstreifen 4 erfassten Kräfte DMS I und/oder DMS II für einen Abgleich mit dem Staplermodell genügen. Die optionalen zusätzlichen Parameter NK, HK, H dienen der weiteren Erhöhung der Messgenauigkeit.

[0058] In der Figur 6 ist eine Regelstruktur zur Erhöhung der Kippstabilität des beispielsweise als Gabelstapler ausgebildeten Flurförderzeugs dargestellt. Aus den vom Fahrer des Flurförderzeugs stammenden Vorgaben P an den Fahrpedalen, dem Lenkrad und den Bedienelementen resultiert ein Fahr- und Beladungszustand Z, der an den Fahrer in Form einer subjektiven Wahrnehmung W rückgemeldet wird, woraufhin die Vorgaben P ggf. verändert werden.

[0059] Der Gabelstapler ist mit Sensoren S ausgestattet, mit deren Hilfe physikalische Größen erfassbar sind, aus denen sich der Fahr- und Beladungszustand Z objektiv ermitteln lässt. Zu diesen Größen zählen die Lastmasse L und der Lastschwerpunkt LS, die Hubhöhe H, das Lastmoment M, der Mast-Neigewinkel WM, der an der Lenkachse eingeschlagene Lenkwinkel WL, die Fahrtrichtung R, die Fahrgeschwindigkeit V, die Längsbeschleunigung BL, die Querbearleunigung BQ und die Gierrate G. Zur Bestimmung des Lastmoments M können beispielsweise die Neigezylinderkräfte oder die Achslast der Lenkachse (Hinterachse) herangezogen werden.

[0060] Zu den Sensoren S gehören auch die Dehnungsmessstreifen, die die elastische Verformung des Mastprofils durch Messung von Dehnungen und Torsionen im dreidimensionalen Raum erfassen. Daraus werden mittels des Hookschen Gesetzes Zug-, Druck- und Torsionskräfte als Verformungsdaten ermittelt, die mit dem Rechenmodell verarbeitet werden können.

[0061] Von den genannten Sensoren S ist ein Teil für die Erfassung physikalischer Größen vorgesehen, die für

die Ermittlung von statischen und quasistatischen Kippgefährdungen erforderlich sind. Es handelt sich dabei um die Sensoren zur Erfassung der Fahrtrichtung R, der Fahrgeschwindigkeit V, der Lastmasse L sowie des Lastschwerpunkts LS, der Hubhöhe H, des Lastmoments M, des Mast-Neigewinkel WM und des an der Lenkachse eingeschlagenen Lenkwinkels WL. Für die Ermittlung von dynamischen Kippgefährdungen müssen zusätzliche physikalische Größen erfasst werden. Zu diesem Zweck sind Sensoren zur Erfassung der Längsbeschleunigung BL, der Querbearleunigung BQ und der Gierrate G vorgesehen.

[0062] Die von den Sensoren S erfassten Messwerte werden an die Steuereinrichtung SE weitergegeben, in der anhand von fahrzeugspezifischen Daten, wie z. B. den Abmessungen und Massen des Flurförderzeugs und des Hubmastes, den Reifencharakteristika und der maximal möglichen Zuladung ein Rechenmodell D des Gabelstaplers abgelegt ist.

[0063] In der Steuereinrichtung SE wird in einem Fahrzustandsbeobachter FB aus dem Rechenmodell D und den Messwerten der Sensoren S der aktuelle Fahr- und Beladungszustand Z des Flurförderzeugs ermittelt und dabei festgestellt, ob die Arbeits- und/oder Fahrbewegungen kippkritisch sind und deshalb Eingriffe erforderlich machen.

[0064] Hierbei werden vom Fahrzustandsbeobachter FB für einen ersten Eingriffsbereich E1 und für einen zweiten Eingriffsbereich E2 kritische Fahrmanöver FM1 bzw. FM2 überwacht. Für den ersten Eingriffsbereich E1, in dem ggf. Maßnahmen gegen statisches und/oder quasistatisches Kippen erfolgen sollen, sind dies die Fahrmanöver Bremsen vorwärts bei Fahrzeugschrägstellung nach vorn, Beschleunigen rückwärts bei Fahrzeugschrägstellung nach vorn, Bremsen aus der Rückwärtsfahrt in einer Kurve bei Fahrzeugschrägstellung senkrecht zur Kippachse und Beschleunigen in die Vorwärtsfahrt in einer Kurve bei Fahrzeugschrägstellung senkrecht zur Kippachse.

[0065] Für den zweiten Eingriffsbereich E2, in dem Maßnahmen gegen dynamisches Kippen erfolgen sollen, kann als kritisches Fahrmanöver FM2 z. B. die Lenkgeschwindigkeit überwacht werden. Daraus können nun die gegebenenfalls erforderlichen Eingriffe E in den Fahrtrieb, den Lenkantrieb und Arbeitsantrieb abgeleitet werden, die dazu führen, dass die Kippgrenzen nicht erreicht bzw. überschritten werden. Die Steuereinrichtung SE wirkt somit kippstabilitätserhöhend.

[0066] Bei den durchgeführten Eingriffen handelt es sich um Eingriffe im Eingriffsbereich E1, (z. B. Reduzierung der Fahr- und Arbeitsgeschwindigkeit) und um Eingriffe im Eingriffsbereich E2 (z. B. Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit, Änderung der Lenkübersetzung zwecks Reduzierung der Lenkgeschwindigkeit), mit denen jeweils die Vorgaben P der Bedienperson korrigiert werden (Verbindung K1), beispielsweise durch Übersteuerung der Sollwerte. Darüber hinaus kann es sich um Eingriffe handeln, mit denen die Vorgaben P im Mo-

ment ihrer Entstehung beeinflusst werden (Pfeil K2), z. B. eine Erhöhung des zum Drehen des Lenkrades erforderlichen Lenkradmoments im zweiten Eingriffsbereich E2 oder Forcefeedbacksignalen in die vom Fahrer betätigten Bedienhebel der Arbeitshydraulik, so dass der Fahrer über geringer werdende Abstände zu systemgrenzen informiert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lastbestimmung bei einem Flurförderzeug, insbesondere einem Gegengewichtsgabelstapler oder Schubmaststapler, mit einer einen Hubmast mit mindestens einem Mastprofil umfassenden Lasthandhabungsvorrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine elastische Verformung des Mastprofils (1d) mittels einer Sensorik (4) erfasst wird und daraus ermittelte Verformungsdaten mit einem in einer Steuereinrichtung (SE) des Flurförderzeugs gespeicherten, auf fahrzeugspezifischen Informationen basierenden, physikalischen Rechenmodell (D) des Flurförderzeugs verarbeitet werden, und daraus Lastmasse (L) und Lastschwerpunkt (LS) bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rechenmodell (D) auf fahrzeugspezifischen Informationen zum lastabhängigen Verformungsverhalten des Mastprofils (1d) basiert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rechenmodell (D) auf fahrzeugspezifischen Informationen zum statischen und/oder quasistatischen und/oder dynamischen Kippverhalten des Flurförderzeugs basiert.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elastische Verformung des Mastprofils (1d) durch Messung von Dehnungen und Torsionen im dreidimensionalen Raum erfasst und daraus Zug-, Druck- und Torsionskräfte als Verformungsdaten ermittelt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elastische Verformung des Mastprofils (1d) durch Messung von Dehnungen und Torsionen mittels mindestens eines Dehnungsmessstreifens (4) erfasst wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lastschwerpunkt (LS) als Punkt in einem dreidimensionalen Koordinatensystem mit den Koordinaten x, y und z bestimmt wird, wobei die x-Koordinate die vertikale Lastschwerpunkthöhe über dem Fahrboden, die y-Koordinate den horizontalen, seitlichen Versatz des

Lastschwerpunkts (LS) zur Fahrzeugmitte und die z-Koordinate den horizontalen Abstand des Lastschwerpunkts (LS) vom Hubmast (1a) darstellen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Lasthandhabungsvorrichtung (1) wirkende Hubkräfte (HK) gemessen werden und die Hubkraft-Messwerte bei der Verarbeitung der Verformungsdaten mit dem Rechenmodell (D) zusätzlich berücksichtigt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Lasthandhabungsvorrichtung (1) wirkende Neigekräfte (NK) gemessen werden und die Neigekraft-Messwerte bei der Verarbeitung der Verformungsdaten mit dem Rechenmodell (D) zusätzlich berücksichtigt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hubhöhe (H) der Lasthandhabungsvorrichtung (1) gemessen wird und die Hubhöhen-Messwerte bei der Verarbeitung der Verformungsdaten mit dem Rechenmodell (D) zusätzlich berücksichtigt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lastmasse (L) und der Lastschwerpunkt (LS) in einer Anzeigevorrichtung für einen Fahrer angezeigt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Rechenmodell (D) ein Fahr- und Beladungszustand des Flurförderzeugs ermittelt wird, der auf physikalischen Größen beruht, die für ein statisches und/oder quasistatisches und/oder dynamisches Kippverhalten des Flurförderzeugs relevant sind.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fahr- und Beladungszustand des Flurförderzeugs in einer Anzeigevorrichtung für einen Fahrer angezeigt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (SE) abhängig vom ermittelten Fahr- und Beladungszustand des Flurförderzeugs kippstabilitätswahrende oder -erhöhende Korrekturingriffe in einen Fahrantrieb und/oder Lenkantrieb des Flurförderzeugs und/oder einen Arbeitsantrieb der Lasthandhabungsvorrichtung (1) vornimmt.
14. Flurförderzeug, insbesondere Gegengewichtsgabelstapler oder Schubmaststapler, mit einer einen Hubmast mit mindestens einem Mastprofil umfassenden Lasthandhabungsvorrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Mastprofil (1d) mindestens eine Sensoreinrichtung (4) angeordnet ist, welche

zur Erfassung einer elastischen Verformung des Mastprofils (1d) und Ermittlung von Verformungsdaten ausgebildet ist, und die Sensoreinrichtung (4) mit einer Steuereinrichtung (SE) des Flurförderzeugs in Wirkverbindung steht, in der ein auf fahrzeugspezifischen Informationen basierendes, physikalisches Rechenmodell (D) des Flurförderzeugs gespeichert ist, und die Steuereinrichtung (SE) dazu eingerichtet ist, die von der Sensoreinrichtung (4) ermittelten Verformungsdaten in dem Rechenmodell (D) zu verarbeiten und daraus Lastmasse (L) und Lastschwerpunkt (LS) zu bestimmen.

15. Flurförderzeug nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinrichtung (4) mindestens einen Dehnungsmessstreifen (4) umfasst, der für eine Messung von Dehnungen und Torsionen im dreidimensionalen Raum ausgebildet ist.
16. Flurförderzeug nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem zwei parallele Mastprofile (1d) umfassenden Hubmast (1a) an jedem der beiden Mastprofile (1d) jeweils eine Sensoreinrichtung (4) angeordnet ist.

25

30

35

40

45

50

55

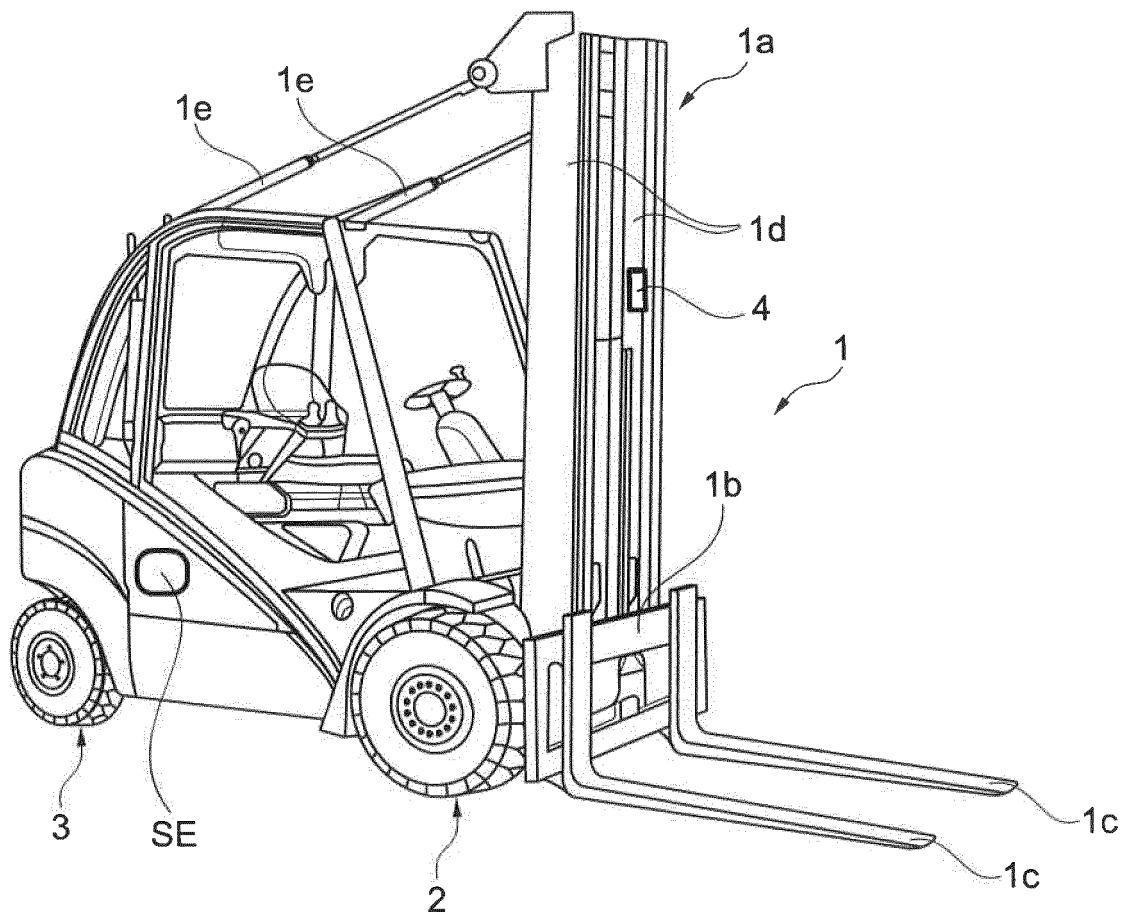


Fig. 1

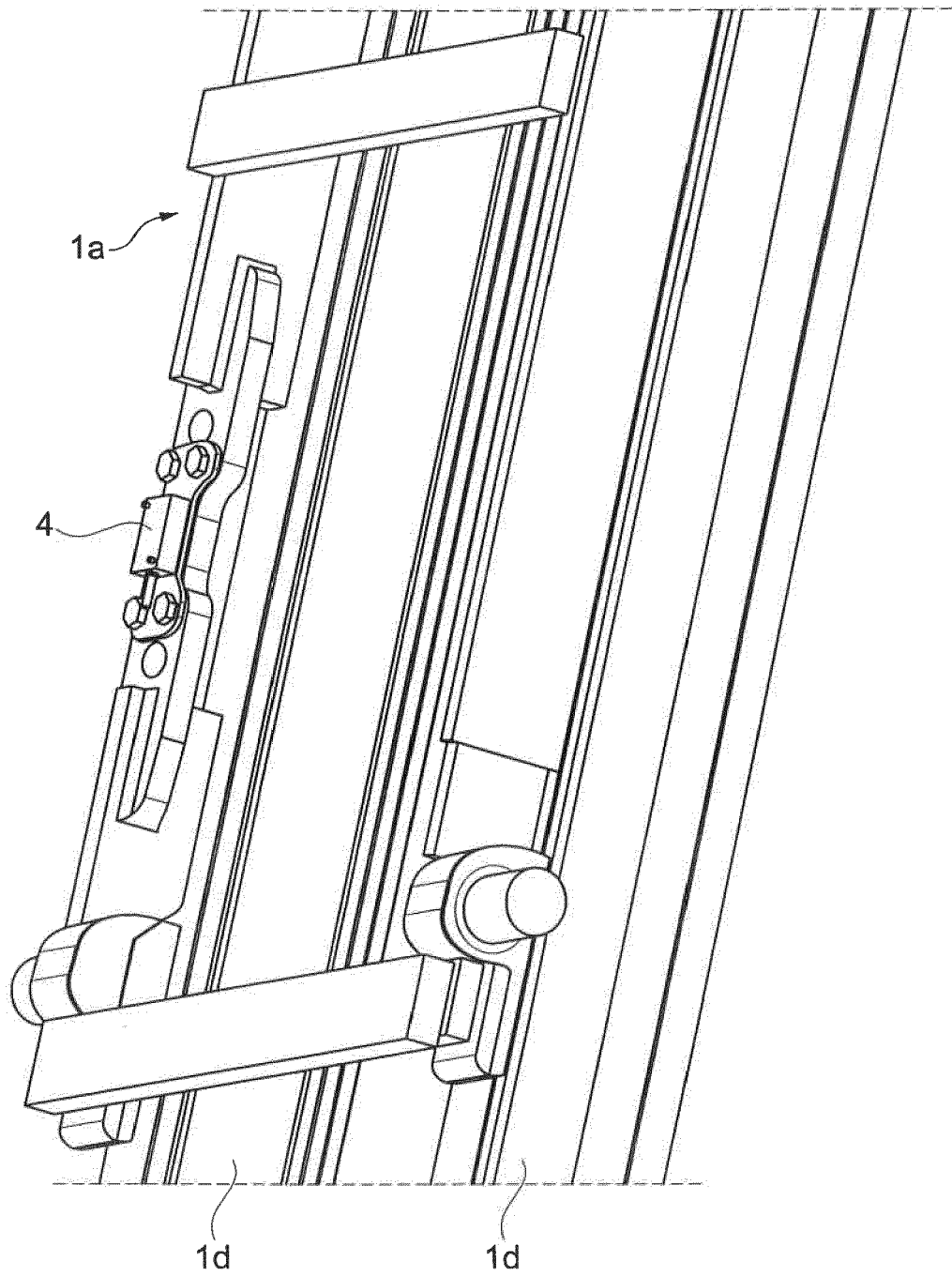


Fig. 2

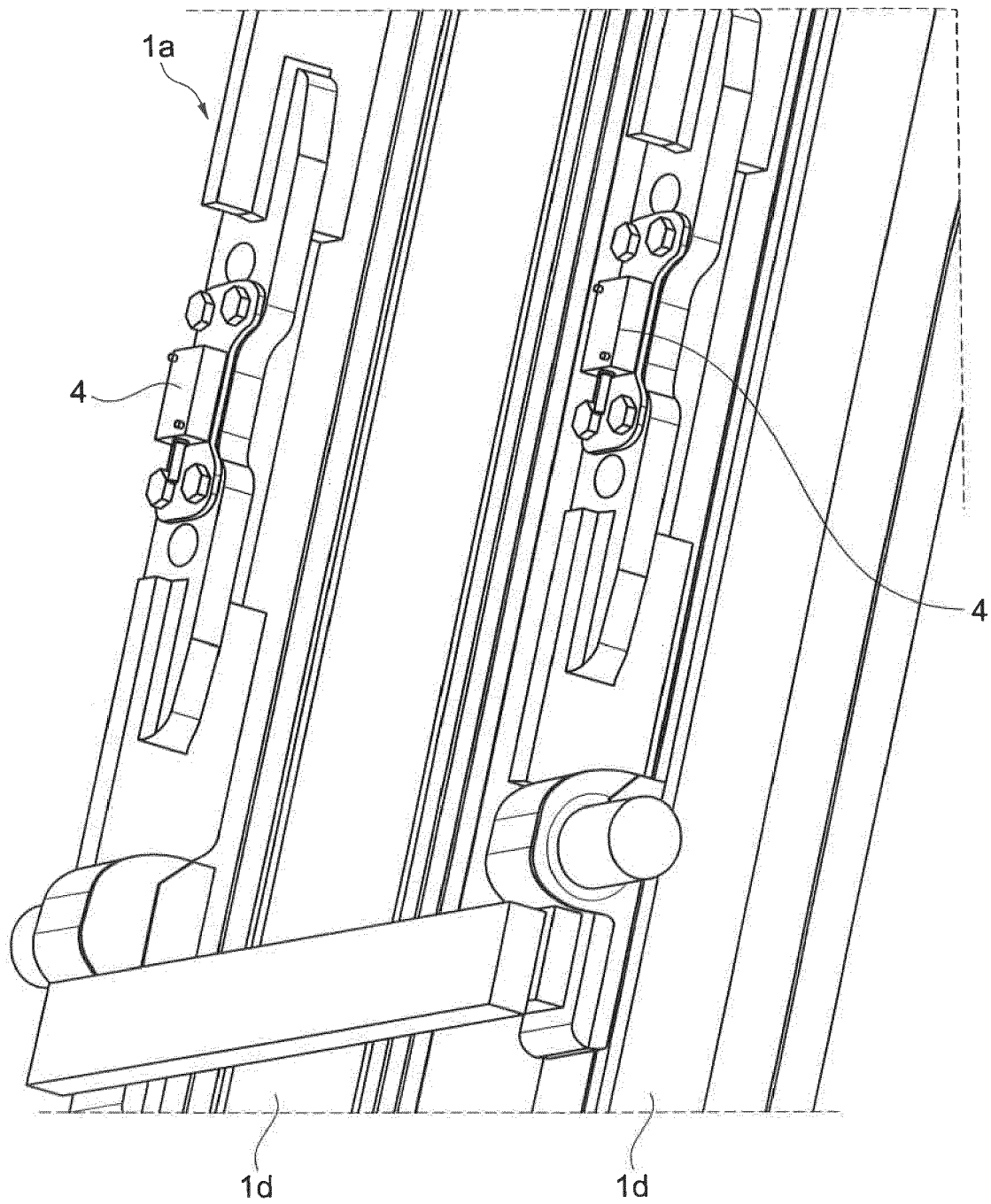


Fig. 3

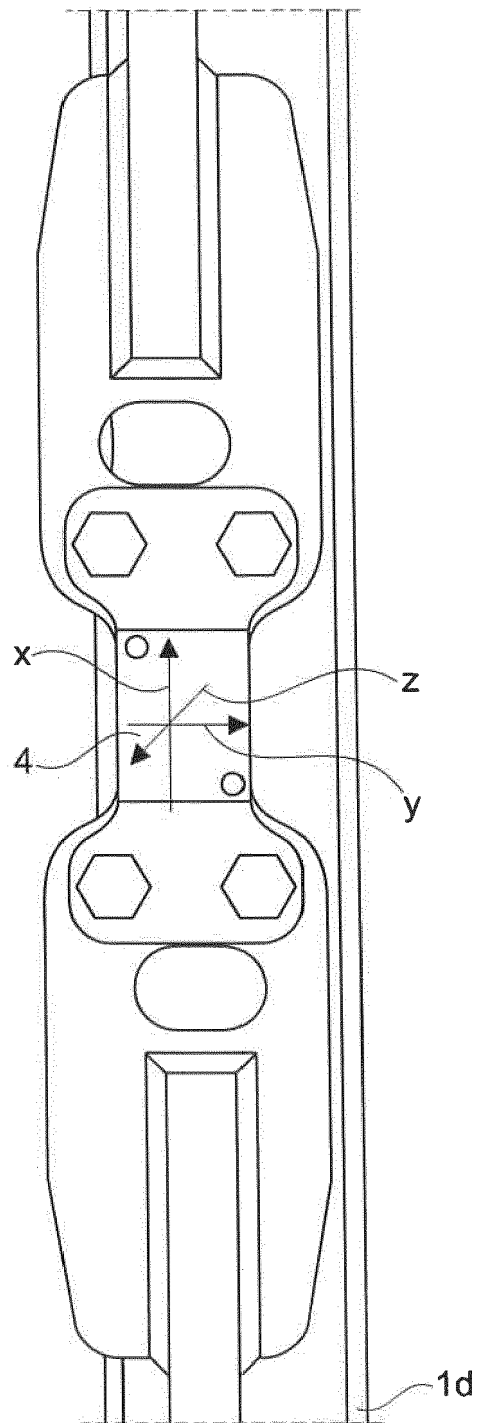


Fig. 4

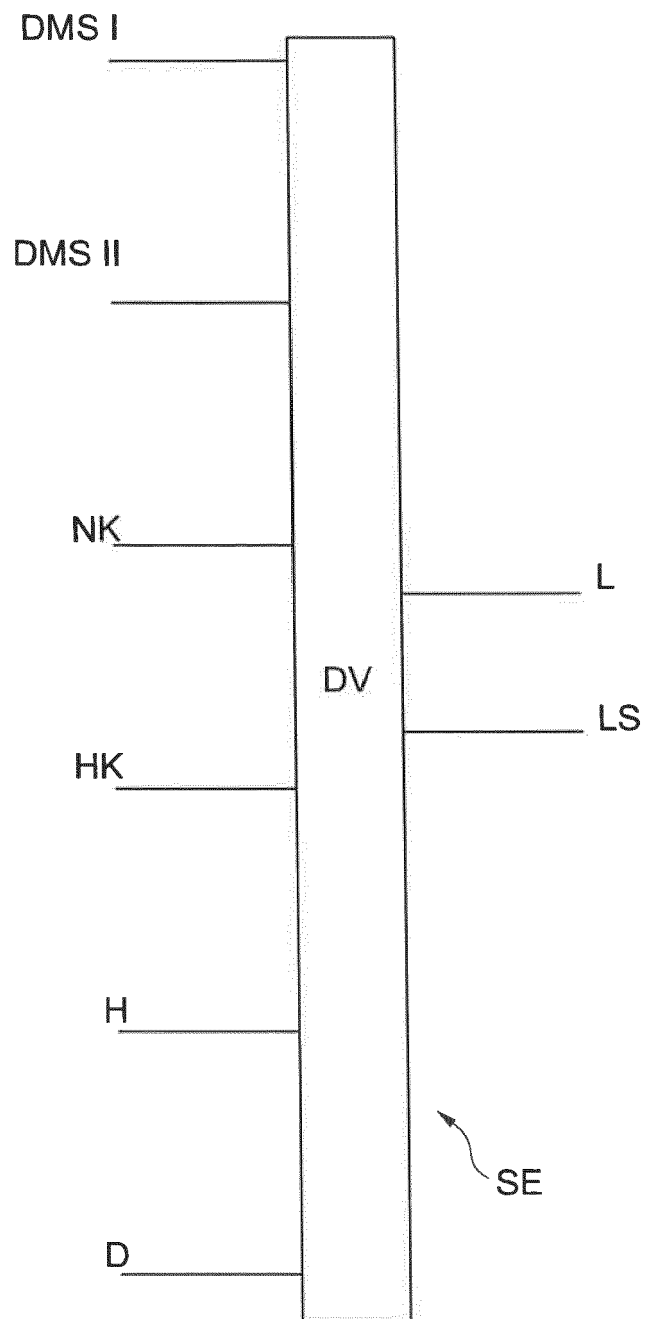


Fig. 5

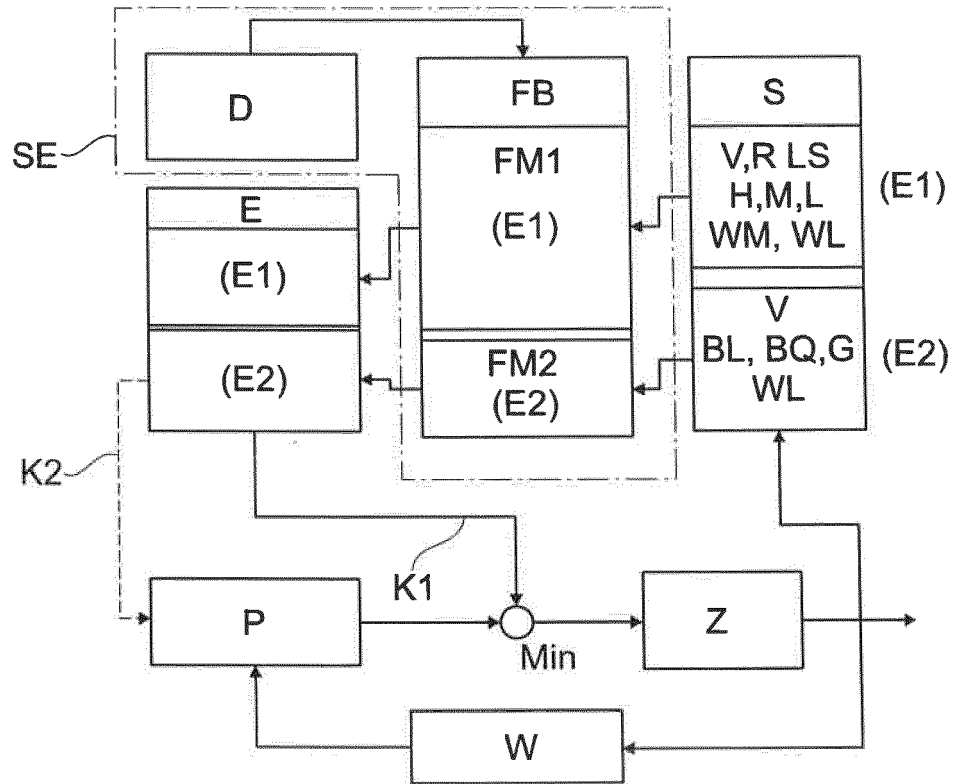


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 21 2029

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2008 035574 A1 (LINDE MATERIAL HANDLING GMBH [DE]) 4. Februar 2010 (2010-02-04) * Absatz [0026] - Absatz [0045]; Abbildungen *	1-16	INV. B66F17/00
A	DE 20 2012 002445 U1 (JUNGHEINRICH AG [DE]) 7. Juni 2013 (2013-06-07) * Absatz [0018] - Absatz [0027]; Abbildungen *	1,5,7, 13-15	
A	DE 10 2011 118984 A1 (JUNGHEINRICH AG [DE]) 23. Mai 2013 (2013-05-23) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,5,14, 15	
A	EP 2 172 413 A1 (LINDE MATERIAL HANDLING GMBH [DE]) 7. April 2010 (2010-04-07) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,10,12, 14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B66F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 14. Mai 2020	Prüfer Popescu, Alexandru
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 19 21 2029

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-05-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102008035574 A1	04-02-2010	KEINE	

15	DE 202012002445 U1	07-06-2013	KEINE	

	DE 102011118984 A1	23-05-2013	KEINE	

20	EP 2172413 A1	07-04-2010	DE 102008050204 A1	08-04-2010
			EP 2172413 A1	07-04-2010

25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

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

- EP 1953114 B1 **[0007]**
- DE 102015104069 A1 **[0008]**
- DE 102005011998 A1 **[0011]**
- DE 102005012004 A1 **[0011]**
- DE 102014117334 A1 **[0020]**