



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.03.2021 Patentblatt 2021/09

(51) Int Cl.:
B66F 9/22 (2006.01)
B66F 9/20 (2006.01) **B66F 9/24 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20188185.1**

(22) Anmeldetag: **28.07.2020**

(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

(72) Erfinder:
• **SPLETTSTÖSSER, Jonah**
22769 Hamburg (DE)
• **BULLERMANN, Björn**
21279 Hollsenstedt (DE)

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

(30) Priorität: **12.08.2019 DE 102019121683**

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

(54) **VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINER ARBEITSHYDRAULIKFUNKTION EINES FLURFÖRDERZEUGS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer von einem Lastdruck einer aufgenommenen Last und/oder von einer Temperatur einer Hydraulikflüssigkeit beeinflussten Arbeitshydraulikfunktion eines Flurförderzeugs (F), wobei eine Führungsgröße ($w(t)$) vorgegeben wird, aus der in einer Steuerungseinheit (C(s)) eine Stellgröße ($u(t)$) berechnet wird, die über eine Steuerstrecke (G(s)) eine Steuergröße ($y(t)$) der Arbeitshydraulikfunktion bestimmt. Es wird vorgeschlagen, dass

in der Steuerungseinheit (C(s)) Grundkennlinien (Gk) für verschiedene Betriebspunkte der Arbeitshydraulikfunktion hinterlegt sind, die einen rechnerischen Modell-Zusammenhang zwischen der Stellgröße ($u(t)$) und der Steuergröße ($y(t)$) herstellen, und die Grundkennlinien (Gk) in der Steuerungseinheit (C(s)) über einen Verstärkungsfaktor (V) justiert werden, der vom Lastdruck (p) und/oder von der Temperatur (T) der Hydraulikflüssigkeit abhängig ist.

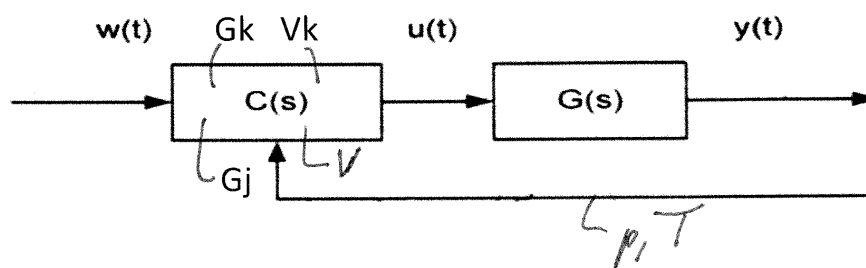


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer von einem Lastdruck einer aufgenommenen Last und/oder von einer Temperatur einer Hydraulikflüssigkeit beeinflussten Arbeitshydraulikfunktion eines Flurförderzeugs, wobei eine Führungsgröße vorgegeben wird, aus der in einer Steuerungseinheit eine Stellgröße berechnet wird, die über eine Steuerstrecke eine Steuergröße der Arbeitshydraulikfunktion bestimmt.

[0002] Flurförderfahrzeuge mit elektrisch betätigter Arbeitshydraulik haben zur Steuerung der Arbeitshydraulik einen Sollwertgeber, beispielsweise einen Joystick. Mit diesem wird beispielsweise die Sollgeschwindigkeit einer Arbeitshydraulikfunktion von einer Bedienperson gesteuert. Im gesteuerten Verfahren wird aus der Sollwertvorgabe, also der Vorgabe einer Führungsgröße, eine Stellgröße berechnet, die beispielsweise ein Parameter einer Pumpenansteuerung und/oder einer Ventilansteuerung sein kann. Mit der Stellgröße wird schließlich eine Steuergröße als Istwert der Arbeitshydraulik eingestellt. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Istgeschwindigkeit einer Arbeitshydraulikfunktion handeln. Sollwertabweichungen der Steuergröße muss die Bedienperson bei Standard-Flurförderzeugen manuell über eine Änderung der Sollwertvorgabe vornehmen.

[0003] Aufgrund des gesteuerten Verfahrens wird bei derartigen Flurförderzeugen die Steuergröße nicht zurückgeführt und die Abweichung nicht kompensiert. Somit müssen Produktionstoleranzen und Umwelteinflüsse bei der Auslegung der Steuerung berücksichtigt werden, damit die Steuergröße der Führungsgröße reproduzierbar folgt. Trotz Berücksichtigung dieser Parameter führen Modellabweichungen zu Steuerungsabweichungen und somit zu nicht reproduzierbaren Geschwindigkeiten der Arbeitshydraulikfunktion.

[0004] Das gesteuerte Verfahren führt dazu, dass baugleiche Fahrzeuge sich im Geschwindigkeitsverhalten der Arbeitshydraulikfunktion unterscheiden.

[0005] Besonders nachteilig ist die Steuerung dann, wenn maximale Geschwindigkeiten normativ vorgegeben sind und diese in allen Betriebszuständen und Produktionstoleranzen sichergestellt sein müssen. Aus diesem Grund werden Fahrzeuge weniger performant konstruiert als sie normativ in den größten Teilen der Untermenge der gesamten Arbeitspunkte sein könnten.

[0006] In Flurförderzeugen werden immer mehr Assistenzfunktionen als Teilautomatisierungslösungen angeboten, die den Fahrer in seiner Arbeit unterstützen. Besonders nachteilige Auswirkung auf die Performance hat dabei das nicht reproduzierbare Hydraulikverhalten der Steuerung, welches sich in der mangelnden Akzeptanz dieser Systeme auswirkt.

[0007] Es sind auch Flurförderzeuge mit automatischer Regelung der Arbeitshydraulik bekannt, bei denen die Differenz zwischen Soll- und Istgeschwindigkeit ermittelt, rückgeführt und ausgegeregelt wird.

[0008] Derartige Flurförderzeuge sind beispielsweise

in der DE 10 2012 101 949 A1 und in der EP 2 123 594 A1 beschrieben.

[0009] Dabei handelt es sich um Flurförderzeuge, welche zur Handhabung von Lasten mit einem Lastaufnahmemittel versehen sind, das in der Regel von einem am Hubgerüst anhebbaren und absenkbaaren Hubschlitten und einem daran befestigten Anbaugerät gebildet ist. Das Anbaugerät kann beispielsweise als eine von Gabelzinken bestehende Lastgabel ausgebildet werden, mittels der eine Last, beispielsweise eine Palette unterfahren werden kann.

[0010] Bei Flurförderzeugen, bei denen das Lastaufnahmemittel mittels einer hydraulischen Hubzylindereinrichtung anhebbar und absenkbar ist, bestimmt die Auslenkung der Steuerventileinrichtung im Senkenbetrieb die Senkengeschwindigkeit des Lastaufnahmemittels. Aus Sicherheitsgründen ist ein Grenzwert für eine maximal zulässige Senkengeschwindigkeit des Lastaufnahmemittels gesetzlich vorgeschrieben. Um diese maximal zulässige Senkengeschwindigkeit einzuhalten, wird die Steuerventileinrichtung derart ausgelegt, dass bei vollständig in eine Senkenstellung betätigter Steuerventileinrichtung in allen Betriebsbedingungen ein maximaler Druckmittelablaufstrom von der Hubzylindereinrichtung zu einem Behälter abströmt, der die Einhaltung der maximal zulässigen Senkengeschwindigkeit sicherstellt. Hierzu ist in der Regel die Steuerventileinrichtung mit einem Senkbremsventil oder einem Ablaufstromregler versehen.

[0011] Der bei vollständig in die Senkenstellung betätigter Steuereinrichtung von der Hubzylindereinrichtung zu dem Behälter abströmende Druckmittelablaufstrom ist jedoch von bestimmten Einflussgrößen abhängig. Derartige Einflussgrößen sind bauliche Randbedingungen des Hubgerüsts, beispielsweise die Bauart und die Bauhöhe des Hubgerüsts und die Ausführung des Hydrauliksystems zur Versorgung der Hubzylindereinrichtung. Als Bauart des Hubgerüsts soll die Ausführung des Hubgerüsts hinsichtlich der Anzahl der ausfahrbaaren Mastschüsse verstanden werden, beispielsweise die Ausführung des Hubgerüsts als Duplex-Mast oder Triplex-Mast. Jede dieser Hubgerüst-Bauarten ist in der Regel in unterschiedlichen Bauhöhen für unterschiedliche Hubhöhen des Lastaufnahmemittels erhältlich. Bei einem mehrstufigen Hubgerüst mit mehreren unterschiedlichen Hubzylindern ist der Druckmittelablaufstrom weiterhin von dem Querschnitt des entsprechenden Hubzylinders als bauliche Randbedingung abhängig. Eine weitere bauliche Randbedingung für den Druckmittelablaufstrom bildet die Eigenmasse des Hubgerüsts. Weitere Einflussgrößen für den Druckmittelablaufstrom im Senkenbetrieb werden von im Betrieb des Flurförderzeugs auftretenden Betriebsbedingungen gebildet, insbesondere von der Viskosität und somit der Temperatur des Druckmittels sowie einer aufgenommenen Last.

[0012] Üblicherweise ist das Senkbremsventil bzw. der Ablaufstromregler der Steuerventileinrichtung derart ausgelegt, dass mit einer Ausführungsform des Senk-

bremsventils bzw. des Ablaufstromreglers mehrere Varianten und Bauarten von Hubgerüsten abgedeckt werden können, um die Varianz der Steuerventileinrichtung gering zu halten. Hierdurch richtet sich die Auslegung des Senkbremsventils bzw. des Ablaufstromreglers nach dem Hubgerüst mit der höchsten Senkengeschwindigkeit. Bei Einsatz dieses Senkbremsventils bzw. dieses Ablaufstromreglers in einem abweichenden Hubgerüst wird eine verringerte maximale Senkengeschwindigkeit erzielt.

[0013] Bei ungünstig zusammenfallenden Einflussgrößen, beispielsweise niedriger Temperatur und entsprechend zähflüssigem Druckmittel und/oder einem Senkenbetrieb ohne aufgenommene Last, kann sich während eines Senkenvorgangs bei vollständig in die Senkenstellung betätigter Steuerventileinrichtung eine maximale Senkengeschwindigkeit des Lastaufnahmemittels einstellen, die deutlich unter dem Grenzwert für die maximal zulässige Senkengeschwindigkeit liegt. Eine deutlich unter dem Grenzwert für eine maximal zulässige Senkengeschwindigkeit liegende maximale Senkengeschwindigkeit des Lastaufnahmemittels führt jedoch beim Einsatz des Flurförderzeugs zu Verzögerungen beim Umschlag von Gütern. Hierdurch ist eine entsprechend verringerte Umschlagleistung des Flurförderzeugs erzielbar, die zu erhöhten Kosten je umgeschlagener Gütermenge führt.

[0014] Gemäß der DE 10 2012 101 949 A1 ist eine Sensoreinrichtung vorgesehen, mittels der in einem Senkenbetrieb des Lastaufnahmemittels die Senkengeschwindigkeit des Lastaufnahmemittels in der elektronischen Steuereinrichtung bestimmt werden kann. Diese ermittelte Senkengeschwindigkeit stellt die Regelgröße dar, nach der im Senkenbetrieb der von der Hubzylindereinrichtung zu dem Behälter abströmende Druckmittellablaufstrom von der elektronischen Steuereinrichtung mit der elektrisch betätigbaren Ventileinrichtung geregelt wird. Hierdurch wird ermöglicht, dass unabhängig von baulichen Randbedingungen des Hubgerüsts und Betriebsbedingungen im Senkenbetrieb des Lastaufnahmemittels die maximal zulässige Senkengeschwindigkeit erzielt wird.

[0015] Die bekannten Lösungen zur automatischen Regelung der Arbeitshydraulik beinhalten lineare Reglerkonzepte für eine nicht lineare Strecke. Nichtlineare Effekte, die sich aufgrund von Slip-Stickeffekten, Mastübergängen, beispielsweise dem Übergang zwischen einem Freihub mit einem Freihubzylinder und einem Masthub mit einem Masthubzylinder und/oder dem Übergang zwischen zwei Hubstufen mit unterschiedlichen Hubzylindern, Hysteresezuständen oder Öffnungspunkten der Hydraulikventile ergeben, werden dabei nicht berücksichtigt.

[0016] Diese regelnden Lösungen beziehen sich auf einen konkreten Arbeitspunkt, wobei der Regler sehr dynamisch die Geschwindigkeitsdifferenz ausgleicht. Besonders nachteilig ist, dass der Reglerarbeitspunkt aufgrund der nichtlinearen Reglerstrecke sehr dynamische

Arbeitspunktänderungen erfährt. Dies macht eine robuste Reglerauslegung besonders schwierig, welche dynamisch den Arbeitspunkt erreichen soll.

[0017] Von großem Nachteil ist auch, dass Geschwindigkeitssensoren, mit denen die Istgeschwindigkeit der Arbeitshydraulikfunktion gemessen wird, ein kleines Signal/Rausch-Verhältnis aufweisen. Dies kann zwar mit Filtern verbessert werden, wobei allerdings eine zeitliche Filterung der Anforderung nach dynamischem Erreichen des Arbeitspunkts widerspricht.

[0018] Das Verhalten der Arbeitshydraulikfunktion eines Flurförderzeugs ist in der Regel abhängig von der aufgenommen Last und von der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit, insbesondere des Hydrauliköls. Oft gibt es sowohl statische (eingeschwungene Geschwindigkeiten) als auch dynamische Veränderungen (beispielsweise Beschleunigungen). Zum Beispiel erfolgt bei Flurförderzeugen das Senken des Lastaufnahmemittels, beispielsweise eines Lastschlittens mit daran angeordneten Gabelzinken, in der Regel mit dem Lastdruck des Lastaufnahmemittels bzw. der aufgenommenen Last. Die maximal mögliche Ventilöffnung der Steuerventileinrichtung wird so definiert, dass in keinem Betriebspunkt (beispielsweise Lastdrücken, Temperaturen, Ölviskositäten) eine maximal zulässige Senkengeschwindigkeit überschritten wird. Beim Senken ohne Last ist der Lastdruck je nach Hubgerüst und Hubstufe, beispielsweise Masthub oder Freihub, zum Teil so gering, dass die gewünschte Senkengeschwindigkeit bei dieser definierten, maximalen Ventilöffnung nicht erreicht wird.

[0019] Insbesondere bei geringen Temperaturen der Hydraulikflüssigkeit sind die Senkengeschwindigkeiten in der Regel geringer als gewünscht, da die Viskositäten der Hydraulikflüssigkeit höher sind.

[0020] Ebenso wird die Ansteuerungsdynamik der Steuerventileinrichtungen der Arbeitshydraulikfunktionen in der Regel so definiert, dass in keinem Betriebspunkt eine zu hohe Dynamik entsteht. Aufgrund der Abhängigkeit zum Lastdruck und der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit, erhalten so andere Betriebspunkte eine ungewünscht geringe Dynamik.

[0021] Dieses Verhalten betrifft nicht nur das Senken des Lastaufnahmemittels, sondern lässt sich ebenso auf anderen Hydraulikfunktionen übertragen. Zum Beispiel haben auch das Neigen des Hubmastes und die Funktion der an dem Lastaufnahmemittel angebauten Anbaugeräte ein last- und temperaturabhängiges Verhalten.

[0022] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszugestalten, dass die geschilderten Nachteile der bisherigen Verfahren vermieden werden.

[0023] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in der Steuerungseinheit Grundkennlinien für verschiedene Betriebspunkte der Arbeitshydraulikfunktion hinterlegt sind, die einen rechnerischen Modell-Zusammenhang zwischen der Stellgröße und der Steuergröße herstellen, und die Grundkennlinien in der Steuerungseinheit über einen Verstärkungsfaktor justiert wer-

den, der vom Lastdruck und/oder der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit abhängig ist.

[0024] Bei der Erfindung handelt es sich also nicht um ein regelndes Verfahren, bei dem die Differenz zwischen dem Sollwert, also der Führungsgröße, und dem Istwert, also der Steuergröße (, die bei regelnden Verfahren Regelgröße genannt wird,) ermittelt, rückgeführt und ausgeregelt wird. Stattdessen werden Grundkennlinien für verschiedene Betriebspunkte der Arbeitshydraulikfunktion verwendet, die den Zusammenhang zwischen der Stellgröße und der Steuergröße herstellen. Zu den Steuergrößen zählen beispielsweise Ventilströme von Hydraulikventilen und Pumpendrehzahlen von Hydraulikpumpen. Die Grundkennlinien sind in der Steuerungseinheit hinterlegt und können geladen werden. Die Grundkennlinien können variant bei steigendem Sollwert (Führungsgröße) gegenüber fallendem Sollwert (Führungsgröße) sein, um ein Hystereseverhalten abzubilden. Alternativ können die Grundkennlinien über eine Modellbildung wie beispielsweise der Hysteresebreite moduliert sein. Die Grundkennlinien definieren das statische sowie das dynamische Verhalten der Arbeitshydraulikfunktionen, insbesondere das dynamische Ändern des Öffnungsquerschnitts eines Hydraulikventils und/oder der Hydraulikvolumenstromversorgung, beispielsweise über eine Hydraulikpumpe.

[0025] Dabei kann als Führungsgröße eine Sollgeschwindigkeit der Arbeitshydraulikfunktion verwendet werden. Als Stellgröße wird vorteilhafterweise mindestens ein Parameter einer Pumpenansteuerung einer Hydraulikpumpe verwendet, beispielsweise die Drehzahl der Pumpe. Alternativ oder zusätzlich kann als Stellgröße auch mindestens ein Parameter einer Ventilansteuerung einer Steuerventileinrichtung verwendet werden, beispielsweise elektrische Ansteuerströme elektrisch betätigter Hydraulikventile, die die Arbeitsfunktionen steuern.

[0026] Die Grundkennlinien sind für verschiedene Betriebspunkte der Arbeitshydraulikfunktion in der Steuerungseinheit hinterlegt. Dabei kann als Betriebspunkt der Arbeitshydraulikfunktion insbesondere eine Hubhöhe eines Lastaufnahmемittels des Flurförderzeugs verwendet werden. Für unterschiedliche Hubhöhen können somit unterschiedliche Grundkennlinien vorgesehen sein. Es kann auch ein Lastgewicht eines Lastaufnahmемittels des Flurförderzeugs als Betriebspunkt der Arbeitshydraulikfunktion verwendet werden. Für unterschiedliche Lastgewichte einer auf dem Lastaufnahmемittel befindlichen Last können somit unterschiedliche Grundkennlinien vorgesehen sein. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, als Betriebspunkt der Arbeitshydraulikfunktion eine Maststufe eines Hubmastes des Flurförderzeugs zu verwenden. Für unterschiedliche Maststufen eines Hubmastes, beispielsweise Freihub und Masthub, können somit unterschiedliche Grundkennlinien vorgesehen sein.

[0027] Als Steuergröße wird vorzugsweise eine Istgeschwindigkeit der Arbeitshydraulikfunktion verwendet.

[0028] Erfindungsgemäß werden die Grundkennlinien

über den Verstärkungsfaktor, der vom Lastdruck und/oder der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit abhängig ist, justiert. Dabei kann der Verstärkungsfaktor sowohl auf den statischen als auch den dynamischen Volumenstrom Einfluss nehmen. Die Veränderungen der Grundkennlinien über den Verstärkungsfaktor kann auf alle Arbeitshydraulikfunktionen angewandt werden.

[0029] Zweckmäßigerweise werden die Grundkennlinien G_k in der Steuerungseinheit durch rechnerische Multiplikation mit dem Verstärkungsfaktor V justiert, wobei die justierten Grundkennlinien G_j nach der Formel $G_j = G_k \times V$ und somit durch eine Multiplikation der Grundkennlinie G_k mit dem Verstärkungsfaktor V berechnet werden und der Verstärkungsfaktor V einen Wert zwischen 0,001 und 1000, bevorzugt zwischen 0,01 und 100, insbesondere zwischen 0,1 und 10, annehmen kann.

[0030] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird der Verstärkungsfaktor mittels in der Steuerungseinheit hinterlegter Verstärkungskennlinien, die einen rechnerischen Zusammenhang zwischen dem Lastdruck und/oder der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit und dem Verstärkungsfaktor herstellen, bestimmt. Die Verstärkungskennlinien können geladen werden. Die Verstärkungskennlinien können beispielsweise festlegen, in welcher Weise der Verstärkungsfaktor bei verändertem Lastdruck verändert werden muss, um die Senkengeschwindigkeit einer Lastaufnahmееinrichtung des Flurförderzeugs unabhängig vom Lastdruck konstant zu halten.

[0031] Mit besonderem Vorteil wird als Arbeitshydraulikfunktion ein Senken und/oder Heben einer Lastaufnahmееinrichtung des Flurförderzeugs verwendet. Somit kann die Erfindung beispielsweise bei Flurförderzeugen zum Heben und/oder Senken des Lastaufnahmемittels an einem Hubmast eingesetzt werden, wobei die Senken- und/oder Heben-Geschwindigkeit gesteuert wird.

[0032] Vorzugsweise werden Veränderungen des Lastdrucks mittels eines Drucksensors und/oder Veränderungen der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit mittels eines Temperatursensors gemessen. Außerdem wird der Verstärkungsfaktor bevorzugt durch automatische Steuerung in der Steuerungseinheit reziprok proportional zur gemessenen Lastdruckänderung und/oder zur gemessenen Temperaturänderung verändert. Beim Senken der Lastaufnahmееinrichtung mit geringem Lastdruck und/oder bei geringer Temperatur der Hydraulikflüssigkeit wird also die Senkengeschwindigkeit durch die Justierung der Grundkennlinien über den Verstärkungsfaktor erhöht. Damit kann zum Beispiel die Ventilbestromung eines Hydraulikventils bei geringem Lastdruck erhöht werden und somit die maximal mögliche Ventilöffnung der Steuerventileinrichtung vergrößert werden, wodurch beim Senken des Lastaufnahmемittels mit geringem Lastdruck die Senkengeschwindigkeit erhöht wird. Dabei kann alternativ oder zusätzlich der Verstärkungsfaktor in Abhängigkeit von der im Flurförderzeug gemessenen Temperatur der Hydraulikflüssigkeit

geändert werden. Damit kann zum Beispiel die Ventilbestromung eines Hydraulikventils bei geringer Temperatur der Hydraulikflüssigkeit erhöht werden und somit die maximal mögliche Ventilöffnung der Steuerventileinrichtung vergrößert werden, wodurch bei geringer Temperatur der Hydraulikflüssigkeit die Bewegungsgeschwindigkeit der Arbeitshydraulikfunktion erhöht wird. Es können statische und dynamische Ansteuerungen hiervon abhängig gemacht werden. So können die Geschwindigkeiten und die Dynamiken der Hydraulikbewegungen unabhängiger von der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit definiert werden.

[0033] Zweckmäßigerweise werden durch die Justierung der Grundkennlinien über den Verstärkungsfaktor Öffnungsquerschnitte von Hydraulikventilen und/oder Volumenströme einer Hydraulikpumpe verändert.

[0034] Mit besonderem Vorteil werden durch die Justierung der Grundkennlinien über den Verstärkungsfaktor Ansteuerungsdynamiken von Hydraulikventilen und/oder einer Hydraulikpumpe verändert. Somit können die Ansteuerungsdynamiken lastdruckabhängig und/oder temperaturabhängig geändert werden. Insbesondere können die Ansteuerungsdynamiken bei geringem Lastdruck und/oder geringer Temperatur der Hydraulikflüssigkeit erhöht und bei hohem Lastdruck und/oder hoher Temperatur der Hydraulikflüssigkeit verringert werden. Dadurch wird es beispielsweise ermöglicht, ohne Last ein sehr dynamisches Verhalten zu erreichen und die Dynamik mit Last einzugrenzen und somit zu verringern.

[0035] Um dynamische Änderungen des Lastdrucks und/oder der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit zu kontrollieren, werden die vom Drucksensor und/oder Temperatursensor gemessenen Werte gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des Erfindungsgedankens mittels eines elektronischen Filters geglättet und gegebenenfalls verarbeitet. Damit wird erzielt, dass der Verstärkungsfaktor zeitlich stetig geändert wird.

[0036] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Verstärkungsfaktor durch einen manuellen Eingriff in die Steuerungseinheit verändert werden kann. Auf diese Weise können die Reduzierung der Dynamik und/oder der maximal möglichen Geschwindigkeiten der Arbeitshydraulikfunktionen auch für Betreiber von Flurförderzeugen zumindest in Grenzen einstellbar gemacht werden. So kann es für den Betreiber des Flurförderzeugs möglich sein, abhängig von dem jeweiligen Einsatz, beispielsweise die Geschwindigkeiten und/oder Dynamiken mit Last zu reduzieren. Damit kann die Wahrscheinlichkeit der Beschädigung der Last reduziert und die Bedienung des Flurförderzeugs erleichtert werden.

[0037] Die Erfindung kann als reine lastdruckabhängige Kennlinienverstärkung ausgebildet sein, bei der die Grundkennlinien über einen Verstärkungsfaktor justiert werden, der nur vom Lastdruck abhängig ist.

[0038] Andererseits kann die Erfindung auch als reine temperaturabhängige Kennlinienverstärkung ausgebil-

det sein, bei der die Grundkennlinien über einen Verstärkungsfaktor justiert werden, der nur von der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit abhängig ist.

[0039] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist die Erfindung als kombinierte lastdruck- und temperaturabhängige Kennlinienverstärkung ausgebildet, bei der die Grundkennlinien über einen Verstärkungsfaktor justiert werden, der sowohl vom Lastdruck als auch von der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit abhängig ist. Somit können beide Einflussfaktoren nämlich Temperatur der Hydraulikflüssigkeit und Lastdruck berücksichtigt und ausgeglichen werden.

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

Die Erfindung ermöglicht eine lastdruckunabhängige und/oder temperaturunabhängige Kennliniensteuerung der Arbeitshydraulikfunktionen eines Flurförderzeugs. Die erfindungsgemäße lastdruck- und/oder temperaturabhängige variable Ansteuerung der Arbeitshydraulikfunktionen wirkt sich positive auf die Performance der Hydraulikfunktionen aus. Es ist möglich, unabhängiger vom Lastdruck und/ oder unabhängiger von der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit die gewünschten Hydraulikgeschwindigkeiten und Dynamiken der Arbeitshydraulikfunktionen zu erreichen. Die Arbeitshydraulikfunktionen können präziser an den vorherrschenden Arbeitspunkt angepasst werden. Für den Fahrer eines Flurförderzeugs wird so ein performanteres und komfortableres Arbeiten möglich. Zum Beispiel wird die Umschlagsleistung des Flurförderzeugs durch eine erhöhte Senkengeschwindigkeit ohne Last und/oder bei kalter Hydraulikflüssigkeit erhöht. Die konstruktive Auslegung der Arbeitshydraulik kann so gestaltet werden, dass die normativen und somit gesetzlichen Vorgaben in deutlich mehr Arbeitspunkten maximal ausgenutzt werden und somit eine höhere Fahrzeugperformance des Flurförderzeugs erreicht wird. Indem der Kunde bzw. der Betreiber des Flurförderzeugs die Möglichkeit erhält, in Abhängigkeit vom Lastdruck die Geschwindigkeiten und Dynamiken der Arbeitshydraulikfunktionen zu reduzieren, kann der Bedienkomfort des Flurförderzeugs deutlich gesteigert werden und die Bedienbarkeit vereinfacht werden. Gleichzeitig wird die Umschlagsleistung des Flurförderzeugs nur geringfügig verringert oder sogar gesteigert, da zum Beispiel ohne Last hohe oder sogar höhere Geschwindigkeiten der Arbeitshydraulikfunktionen genutzt werden können. Ebenso können Materialbelastungen durch verringerte Dynamik mit Last reduziert werden. So kann die Lebensdauer diverser Komponenten des Flurförderzeugs, beispielsweise des Fahrzeughahmens und des Hubgerüsts, erhöht werden, da geringere Druck- und/oder Spannungsspitzen entstehen. Unter Umständen können elektrisch betätigte Hydraulikventile für die Arbeitshydraulik einfacher gestaltet werden, da Temperatur- und Lastabhängigkeiten durch die variabelere Ansteuerung ausgeglichen werden können.

[0041] Je nach Fahrzeug und Ausstattung sind die Flurförderzeuge bereits mit einem Temperatursensor im

Hydraulikkreislauf und einem Drucksensor zum Messen des Lastdrucks ausgestattet, so dass für die neuen Funktionen der Erfindung keine Mehrkosten entstehen. Durch die Erfindung kann die Varianz der Ventileinstellungen reduziert werden, da die maximal mögliche Ventilöffnung im Senken der Last nicht mehr mechanisch fest eingestellt wird, sondern last- und/oder temperaturabhängig durch eine Ventilbestromung definiert wird. So kann die Anzahl der Ventilvarianten deutlich reduziert werden. Darüber hinaus ist ein Einstellen der Senkenmenge am Prüfstand beim Ventilhersteller nicht mehr nötig. So können Prüfstands- und Montagezeit und somit Kosten reduziert werden.

[0042] Ebenso kann ein einstellbarer mechanischer Anschlag des Hydraulikventils im Senken entfallen. Dieser besteht in der Regel aus einem Innengewinde, einer Madenschraube und einer Dichtmutter zum Kontern der Madenschraube. So werden Herstellkosten der Hydraulikventile reduziert.

[0043] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand der in den schematischen Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Hierbei zeigen

Figur 1 eine perspektivische Darstellung des Flurförderzeugs und

Figur 2 ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Steuerung.

[0044] Das Flurförderzeug F gemäß Figur 1 ist beispielsweise als Frontsitz-Gegengewichts-Gabelstapler 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 angeordneter Lastaufnahmeeinrichtung 1c, beispielsweise Gabelzinken 1c, gebildet. Mit Hilfe der Lastaufnahmeeinrichtung 1c können Lasten verschiedenster Art angehoben und transportiert werden.

[0045] 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, beispielsweise Schubmaststaplern, häufig der Fall ist. An dem Lastschlitten 1b können - je nach Einsatzfall - auch andere Lastaufnahmeeinrichtungen oder Anbaugeräte 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.

[0046] 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 der aufgenommen Last. 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.

[0047] Das Flurförderzeug F gemäß 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.

[0048] Die Hub-, Senk- und Neigebewegung der Lasthandhabungsvorrichtung 1 bilden die Arbeitshydraulikfunktionen des Flurförderzeugs F. Mittels Bedienungshebeln 4, beispielsweise Joysticks, kann eine Bedienungsperson die Arbeitshydraulikfunktionen betätigen, die von der Steuerungseinheit C(s) gesteuert werden.

[0049] Einzelheiten zur Steuerung der Arbeitshydraulikfunktionen sind in dem Blockdiagramm der Figur 2 dargestellt. Durch Betätigung der Bedienungshebeln 4 aus der Figur 1 kann die Bedienungsperson eine Führungsgröße $w(t)$, im vorliegenden Beispiel eine bestimmte Senkgeschwindigkeit des Lastschlittens 1b als Sollgeschwindigkeit, vorgeben. In der Steuerungseinheit C(s) wird daraus die Stellgröße $u(t)$ berechnet, die im vorliegenden Beispiel einem elektrischen Ansteuerstrom eines die Arbeitshydraulikfunktionen steuernden elektrisch betätigten Hydraulikventils und/oder einer Pumpendrehzahl der hydraulischen Pumpe entspricht. Die Stellgröße $u(t)$ bestimmt über die Steuerstrecke G(s), die im vorliegenden Beispiel den bzw. die Hubzylinder, die hydraulische Pumpe und das hydraulische Ventil umfasst, die Steuergröße $y(t)$. Die Steuergröße $y(t)$ stellt die Istgeschwindigkeit der Senkenbewegung bzw. Hebenbewegung des Lastschlittens 1b dar.

[0050] In der Steuerungseinheit C(s) sind Grundkennlinien Gk für verschiedene Betriebspunkte der Arbeitshydraulikfunktion hinterlegt, die einen rechnerischen Modell-Zusammenhang zwischen der Stellgröße $u(t)$ und der Steuergröße $y(t)$ herstellen. Von der Steuerungseinheit C(s) wird mittels der Grundkennlinien Gk aus der vorgegebenen Führungsgröße $w(t)$ eine entsprechende Stellgröße $u(t)$ berechnet. Im vorliegenden Beispiel sind verschiedene Grundkennlinien Gk für unterschiedliche Lastgewichte einer auf der Lastaufnahmeeinrichtung 1c befindlichen Last und/oder für unterschiedliche Hubstufen des Hubmastes 1a, beispielsweise Freihub und Masthub, in der Steuerungseinheit C(s) hinterlegt. Die verschiedenen Grundkennlinien Gk werden anhand des aktuell vorliegenden Betriebspunktes der Arbeitshydraulikfunktion ausgewählt, um aus der Führungsgröße $w(t)$ für den aktuell vorliegenden Betriebspunkt mit der zu diesem Betriebspunkt gehörenden Grundkennlinie Gk eine ent-

sprechende Stellgröße $u(t)$ zu berechnen.

[0051] Die Grundkennlinien G_k können variant bei steigendem Sollwert (Führungsgröße $w(t)$) gegenüber fallendem Sollwert (Führungsgröße $w(t)$) sein, um ein Hystereseverhalten abzubilden. Alternativ können die Grundkennlinien über eine Modellbildung wie beispielsweise der Hysteresebreite moduliert sein

[0052] Erfindungsgemäß werden die Grundkennlinien G_k über einen Verstärkungsfaktor V , der vom Lastdruck p und/oder der Temperatur T der Hydraulikflüssigkeit abhängig ist, justiert. Dabei kann der Verstärkungsfaktor V sowohl auf den statischen als auch den dynamischen Volumenstrom Einfluss nehmen. Die Veränderungen der Grundkennlinien G_k über den Verstärkungsfaktor V kann auf alle Arbeitshydraulikfunktionen angewandt werden. Der Lastdruck kann beispielsweise mittels eines nicht näher dargestellten Drucksensors gemessen werden. Die Temperatur der Hydraulikflüssigkeit kann beispielsweise mittels eines nicht näher dargestellten Temperatursensors gemessen werden.

[0053] Dabei werden die Grundkennlinien G_k in der Steuerungseinheit $C(s)$ durch rechnerische Multiplikation mit dem Verstärkungsfaktor V justiert, wobei die justierten Grundkennlinien G_j nach der Formel $G_j = G_k \times V$ berechnet werden und der Verstärkungsfaktor V einen Wert zwischen 0,001 und 1000, bevorzugt zwischen 0,01 und 100, insbesondere zwischen 0,1 und 10, annehmen kann.

[0054] Der Verstärkungsfaktor V kann mittels in der Steuerungseinheit $C(s)$ hinterlegter Verstärkungskennlinien V_k , die einen rechnerischen Zusammenhang zwischen dem Lastdruck p und/oder der Temperatur T der Hydraulikflüssigkeit und dem Verstärkungsfaktor V herstellen, bestimmt werden. Die Verstärkungskennlinien V_k können geladen werden. Die Verstärkungskennlinien V_k können beispielsweise festlegen, in welcher Weise der Verstärkungsfaktor V bei verändertem Lastdruck p und/oder bei veränderter Temperatur T der Hydraulikflüssigkeit verändert werden muss, um die die Geschwindigkeit der Arbeitshydraulikfunktion, beispielsweise die Senkengeschwindigkeit der Lastaufnahmeeinrichtung 1c, des Flurförderzeugs F unabhängig von dem Lastdruck p und/oder die Geschwindigkeit der Arbeitshydraulikfunktion, beispielsweise die Senkengeschwindigkeit der Lastaufnahmeeinrichtung 1c, des Flurförderzeugs F unabhängig von der Temperatur T der Hydraulikflüssigkeit konstant zu halten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer von einem Lastdruck einer aufgenommenen Last und/oder von einer Temperatur einer Hydraulikflüssigkeit beeinflussten Arbeitshydraulikfunktion eines Flurförderzeugs (F), wobei eine Führungsgröße ($w(t)$) vorgegeben wird, aus der in einer Steuerungseinheit ($C(s)$) eine Stellgröße ($u(t)$) berechnet wird, die über eine Steuer-

strecke ($G(s)$) eine Steuergröße ($y(t)$) der Arbeitshydraulikfunktion bestimmt, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Steuerungseinheit ($C(s)$) Grundkennlinien (G_k) für verschiedene Betriebspunkte der Arbeitshydraulikfunktion hinterlegt sind, die einen rechnerischen Modell-Zusammenhang zwischen der Stellgröße ($u(t)$) und der Steuergröße ($y(t)$) herstellen, und die Grundkennlinien (G_k) in der Steuerungseinheit ($C(s)$) über einen Verstärkungsfaktor (V) justiert werden, der vom Lastdruck (p) und/oder von der Temperatur (T) der Hydraulikflüssigkeit abhängig ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundkennlinien (G_k) in der Steuerungseinheit ($C(s)$) durch rechnerische Multiplikation mit dem Verstärkungsfaktor (V) justiert werden, wobei die justierten Grundkennlinien (G_j) nach der Formel ($G_j = G_k \times V$) berechnet werden und der Verstärkungsfaktor (V) einen Wert zwischen 0,001 und 1000, bevorzugt zwischen 0,01 und 100, insbesondere zwischen 0,1 und 10, annehmen kann.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verstärkungsfaktor (V) mittels in der Steuerungseinheit ($C(s)$) hinterlegter Verstärkungskennlinien (V_k), die einen rechnerischen Zusammenhang zwischen dem Lastdruck und/oder der Temperatur der Hydraulikflüssigkeit und dem Verstärkungsfaktor herstellen, bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Veränderungen des Lastdrucks (p) mittels eines Drucksensors und/oder Veränderungen der Temperatur (T) der Hydraulikflüssigkeit mittels eines Temperatursensors gemessen werden und der Verstärkungsfaktor (V) durch automatische Steuerung in der Steuerungseinheit ($C(s)$) reziprok proportional zur gemessenen Lastdruckänderung und/oder zur gemessenen Temperaturänderung verändert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Justierung der Grundkennlinien (G_k) über den Verstärkungsfaktor (V) Öffnungsquerschnitte von Hydraulikventilen und/oder Volumenströme einer Hydraulikpumpe verändert werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Arbeitshydraulikfunktion ein Senken und/oder Heben einer Lastaufnahmeeinrichtung (1c) des Flurförderzeugs (F) verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Senken der Lastaufnahmeeinrichtung (1c) mit geringem Lastdruck und/oder ge-

ringer Temperatur der Hydraulikflüssigkeit die Senkengeschwindigkeit durch die Justierung der Grundkennlinien (Gk) erhöht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Justierung der Grundkennlinien (Gk) über den Verstärkungsfaktor (V) Ansteuerungsdynamiken von Hydraulikventilen und/oder einer Hydraulikpumpe verändert werden. 5
10

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansteuerungsdynamiken bei geringem Lastdruck (p) und/oder geringer Temperatur (T) der Hydraulikflüssigkeit erhöht und bei hohem Lastdruck (p) und/oder hoher Temperatur der Hydraulikflüssigkeit (T) verringert werden. 15

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vom Drucksensor und/oder Temperatursensor gemessenen Werte mittels eines elektronischen Filters geglättet werden. 20

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verstärkungsfaktor (V) durch einen manuellen Eingriff in die Steuerungseinheit (C(s)) verändert werden kann. 25

30

35

40

45

50

55

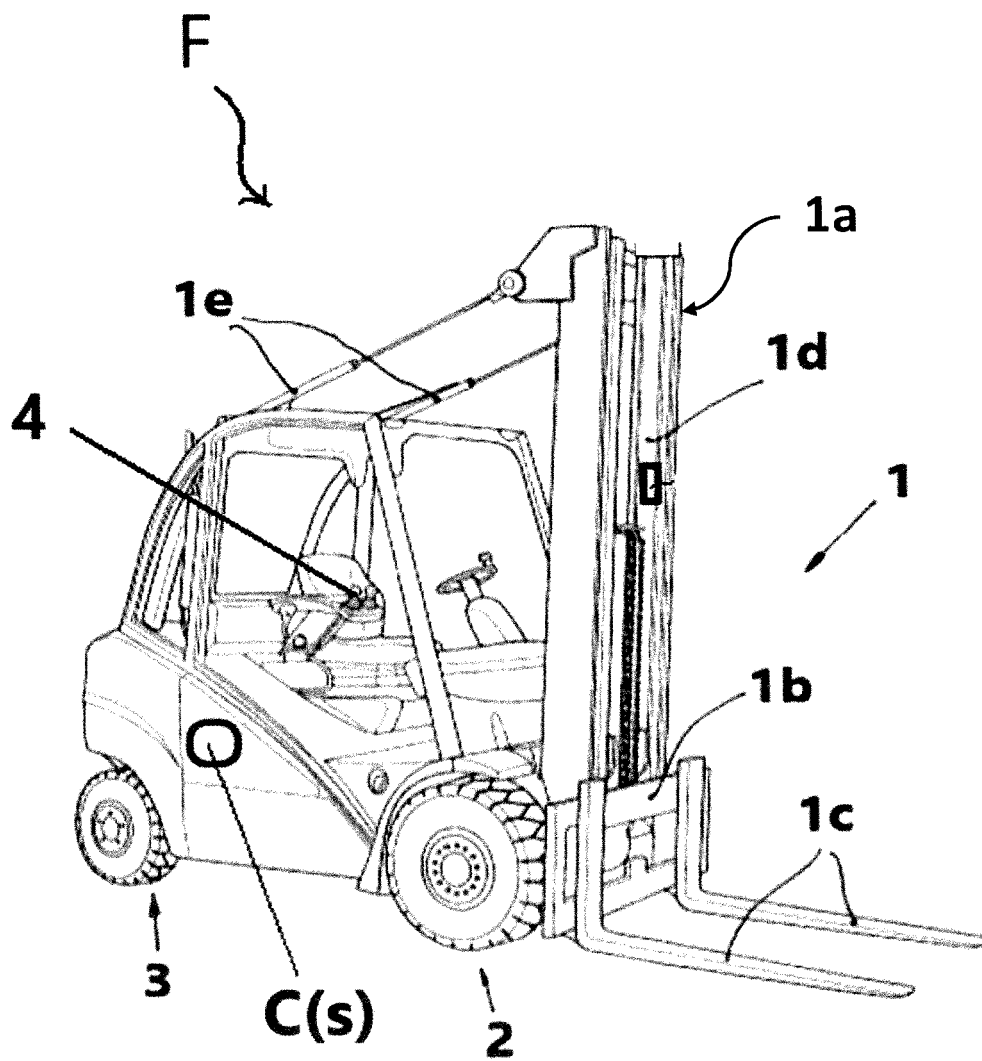


Fig. 1

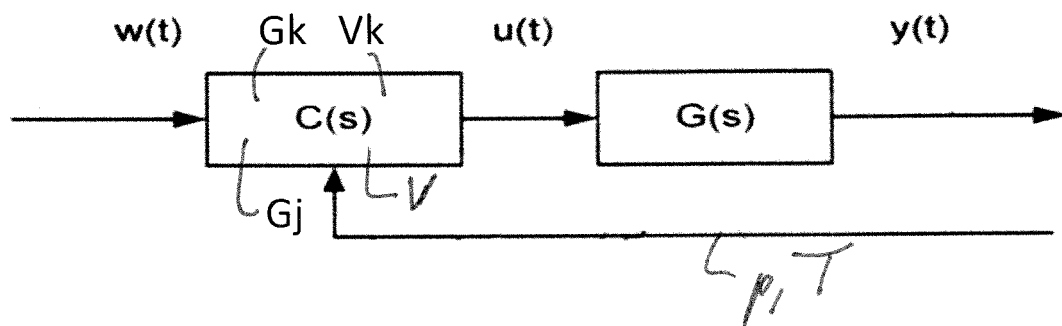


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 18 8185

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	JP H02 81897 A (TOYODA AUTOMATIC LOOM WORKS) 22. März 1990 (1990-03-22) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-8 *	1-11	INV. B66F9/22 B66F9/24 B66F9/20
X	US 2016/257540 A1 (KANEKO SHINJI [JP] ET AL) 8. September 2016 (2016-09-08) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-7 *	1-11	
A,D	DE 10 2012 101949 A1 (LINDE MATERIAL HANDLING GMBH [DE]) 12. September 2013 (2013-09-12) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B66F B62D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 14. Januar 2021	Prüfer Rupcic, Zoran
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 03.82 (P04C03)

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

EP 20 18 8185

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.

14-01-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP H0281897 A	22-03-1990	JP 2546352 B2	23-10-1996
		JP H0281897 A	22-03-1990
US 2016257540 A1	08-09-2016	CN 105339294 A	17-02-2016
		DE 112014000169 T5	18-02-2016
		JP 5898390 B1	06-04-2016
		JP W02015186267 A1	20-04-2017
		US 2016257540 A1	08-09-2016
		WO 2015186267 A1	10-12-2015
DE 102012101949 A1	12-09-2013	CN 103303845 A	18-09-2013
		DE 102012101949 A1	12-09-2013
		EP 2636637 A1	11-09-2013

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

- DE 102012101949 A1 [0008] [0014]
- EP 2123594 A1 [0008]