



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.06.2016 Patentblatt 2016/26

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

(21) Anmeldenummer: **15197941.6**

(22) Anmeldetag: **04.12.2015**

(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:
MA MD

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

(72) Erfinder: **Haake, Kai**
21073 Hamburg (DE)

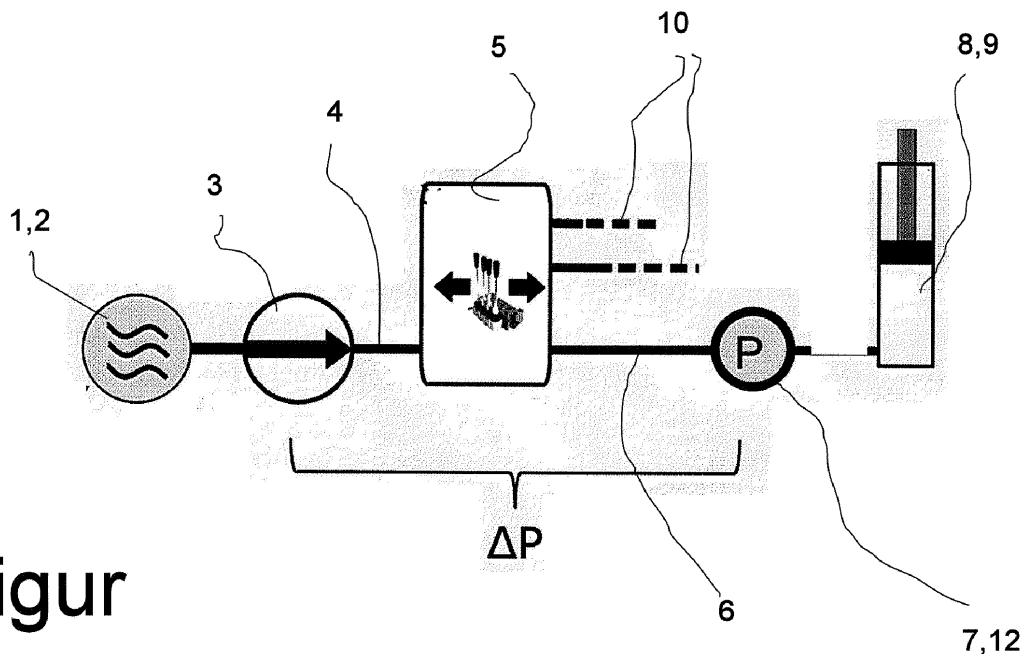
(74) Vertreter: **Geirhos, Johann**
Geirhos & Waller Partnerschaft
Patent- und Rechtsanwälte
Landshuter Allee 14
80637 München (DE)

(30) Priorität: **22.12.2014 DE 102014119469**

(54) **VERFAHREN ZUR HYDRAULIKDRUCKMESSUNG BEI EINEM FLURFÖRDERZEUG**

(57) Bei einem Verfahren zur Messung des Drucks in einem Hydrauliksystem einer Arbeitsvorrichtung bei einem Flurförderzeug, bei dem durch einen Pumpenmotor (2) eine Hydraulikpumpe (3) zur Druckerzeugung angetrieben wird und durch eine Fahrzeugsteuerung ein

Antriebsdrehmoment des Pumpenmotors(2) erfasst werden kann, wird von der Fahrzeugsteuerung als Druck das Antriebsdrehmoment multipliziert mit einem Proportionalitätsfaktor zuzüglich eines Korrekturfaktors bestimmt.



Figur

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Hydraulikdruck Messung bei einem Flurförderzeug. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Messung des Drucks in einem Hydrauliksystem einer Arbeitsvorrichtung bei einem Flurförderzeug, bei dem durch einen Pumpenmotor eine Hydraulikpumpe zur Druckerzeugung angetrieben wird und durch eine Fahrzeugsteuerung ein Antriebsdrehmoment des Pumpenmotors erfasst werden kann.

[0002] Flurförderzeuge, darunter insbesondere alle Formen von Gabelstaplern, weisen Arbeitsvorrichtungen auf, die zur Handhabung der zu transportierenden Lasten dienen. Im Regelfall sind diese Arbeitsvorrichtungen hydraulisch betrieben, da durch ein Hydrauliksystem eine große Leistungsdichte sowie große Kräfte erreicht werden können. Beispiele hierfür sind Hubmasten, an denen eine Lastaufnahmevorrichtung, etwa eine Lastgabel, höhenbeweglich geführt ist und bei denen die Hubbewegung durch einen hydraulischen Hubzylinder bewirkt wird sowie gegebenenfalls eine Neigung des Hubmastes durch einen Neigezylinder eingestellt wird.

[0003] Das Hydrauliksystem wird dabei durch eine Hydraulikpumpe mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid versorgt, die durch einen Elektromotor oder im Falle eines durch einen Verbrennungsmotor angetriebenen Flurförderzeugs auch durch den Verbrennungsmotor angetrieben wird. Zur Steuerung des Hydrauliksystems, aber auch aus Sicherheitsgründen zur Überwachung sowie zur Erfassung von Betriebsparametern, beispielsweise einer auf einer Lastaufnahmevorrichtung aufliegenden Last, wird der Druck in dem Hydrauliksystem oftmals durch einen Drucksensor erfasst und an eine Fahrzeugsteuerung weitergeleitet. Ein typisches Ausführungsbeispiel eines solchen Drucksensors sind Membransensoren.

[0004] Dabei ist oftmals eine Redundanz erforderlich oder erwünscht. Der Einsatz eines zweiten Drucksensors mit identischer oder gleicher Technik birgt jedoch einige Nachteile. So entsteht zunächst die Gefahr von Common-Cause-Fehlern, dass folglich derselbe Fehler bei einer Falschmessung identisch auftritt. Auch entstehen zusätzlicher Aufwand aufgrund der erforderlichen weiteren Verkabelung, einer notwendigen Einbauposition wie auch eine Halterung für den Drucksensor sowie die damit verbundenen Kosten. Diese Probleme können sich multiplizieren, wenn mehrere Sensoren für verschiedene Teilkreise oder Abschnitte des Hydrauliksystems vorhanden sind, die dann jeweils redundant ausgelegt werden sollen.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Druckmessung in einem Hydrauliksystem eines Flurförderzeugs zur Verfügung zu stellen, das die zuvor genannten Nachteile vermeidet und mit dem mit geringem Aufwand eine Druckerfassung möglich ist, insbesondere als redundantes System zur Überprüfung einer Druckmessung durch einen Drucksensor.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren zur Messung des Drucks in einem Hydrauliksystem einer Arbeitsvorrichtung bei einem Flurförderzeug, bei dem durch einen Pumpenmotor eine Hydraulikpumpe zur Druckerzeugung angetrieben wird und durch eine Fahrzeugsteuerung ein Antriebsdrehmoment des Pumpenmotors erfasst werden kann, von der Fahrzeugsteuerung als Druck das Antriebsdrehmoment multipliziert mit einem Proportionalitätsfaktor zuzüglich eines Korrekturfaktors bestimmt wird.

[0008] Vorteilhaft kann ein Drucksensor bei nicht sicherheitsrelevanten Systemen bzw., soweit dies zulässig ist, vollständig entfallen für die Überwachung des Hydrauliksystems und es werden Kosten und Bauraum eingespart. Soweit eine redundante Überprüfung eines Drucksensors gewünscht wird, ist hierfür kein zweiter Drucksensor erforderlich. Insbesondere erfolgt die Erfassung des Drucks auch durch ein gänzlich abweichendes System und ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens desselben Fehlers gering. Das äußere Drehmoment M , das an dem Pumpenmotor anliegt ist ideal betrachtet proportional zum Druck P_p und es gilt:

$$P_p = k_1 \cdot M + k_2 \quad (1)$$

[0009] Wobei k_1 sowie k_2 Konstanten sind, die von der Drehzahl und weiteren Randgrößen abhängen können. Da beispielsweise bei Elektromotoren aus Sensorwerten wie insbesondere dem Motorstrom das Antriebsdrehmoment durch eine Fahrzeugsteuerung gut zu bestimmen ist, aber auch zumeist bei Verbrennungsmotoren aus einer Motorsteuerung Werte des Antriebsdrehmoments ausgelesen werden können, lässt sich folglich gut ein Druckwert bestimmen.

[0010] Vorteilhaft ist der Pumpenmotor ein Elektromotor und wird das Antriebsdrehmoment aus Strom und/oder Spannung bestimmt.

[0011] Bei einem Elektromotor als Pumpenmotor lässt sich das Antriebsmoment sehr gut aus dem Strom bestimmen, solange die Spannung relativ konstant ist. Für eine genauere Bestimmung kann auch noch die Änderung der Spannung, insbesondere ein Spannungseinspruch bei hohem Strom berücksichtigt werden.

[0012] In den Korrekturfaktor kann eine Druckdifferenz für einen Druckabfall bis zu einem Ort der Druckbestimmung

eingerechnet werden.

[0013] Zwischen der Hydraulikpumpe und den Hydraulikfluid aufnehmenden Arbeitselementen bzw. einem Ort der Druckbestimmung, beispielsweise durch einen Drucksensor, liegt ein gewisser Abstand, der durch Hydraulikschläuche, Leitungen sowie dazwischen liegende Ventilblöcke zur Aufteilung des Hydrauliksystems in Teilzweige sowie zur Regelung des Zustroms des Hydraulikfluids bei mehreren Verbrauchern verbunden ist. Für den stationären Fall eines konstanten Flusses des Hydraulikfluids kann dieser Druckabfall wie folgt berücksichtigt werden für einen Druck am Ort der Druckbestimmung P_S :

$$P_S = P_p + \Delta P \quad (2)$$

und entsprechend:

$$P_S = k_1 \cdot M + k_3 \quad (3)$$

wobei durch $k_2 + \Delta P$ der Druckabfall durch die Strecke in dem Korrekturfaktor berücksichtigt ist. Dieser Ansatz kann auch näherungsweise im quasi stationären Fall mit als zeitunabhängig vorausgesetzten Konstanten k_1 und k_3 gewählt werden, wenn der Druckabfall über die Leitungstrecke, der in k_3 enthalten ist, als klein gegenüber dem stationären Druck am Ort der Druckbestimmung angesehen werden kann:

$$P_S \gg k_3 \quad (4).$$

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird zur Bestimmung der Druckdifferenz von der Fahrzeugsteuerung erfasst, welche Teilzweige des Hydrauliksystems durch Ventileinrichtungen mit der Hydraulikpumpe verbunden sind.

[0015] Die zuvor genannten Gleichungen gehen von der Annahme aus, dass die Hydraulikpumpe nur einen Hydraulikzweig versorgt, in dem sich der Ort der Druckbestimmung befindet. Da jedoch oft von einer Hydraulikpumpe mehrere Verbraucher über entsprechende Ventileinrichtungen angesteuert und versorgt werden, beispielsweise eine Neigevorrichtung neben einer Hubvorrichtung, ist es vorteilhaft, wenn die Fahrzeugsteuerung erfasst, welcher der Teilzweige des Hydrauliksystems mit der Hydraulikpumpe verbunden ist und daher gerade mit dem Druck beaufschlagt wird, den die Hydraulikpumpe erzeugt. Gegebenenfalls lässt sich über Ventilstellungen sowie eine Förderleistung der Hydraulikpumpe der Durchfluss des Hydraulikfluids abschätzen und damit der Druckabfall genauer erfassen, der die Größe der Konstante k_3 bestimmt. Damit kann eine zusätzliche Abschätzung und Verifizierung der obigen Gleichung (4) erfolgen.

[0016] Der Proportionalitätsfaktor kann abhängig von einer Drehzahl der Hydraulikpumpe bestimmt werden.

[0017] Vorteilhaft werden für den Proportionalitätsfaktor Werte in einer Messserie bestimmt und sind in der Fahrzeugsteuerung abgespeichert.

[0018] Durch eine geeignete Messserie, beispielsweise bei einem Elektromotor als Pumpenmotor des Motorstroms, kann auf einfache Art und Weise empirisch die Größe des Proportionalitätsfaktors in der Abhängigkeit von den Randparametern, insbesondere der Drehzahl bestimmt werden.

[0019] Der Korrekturfaktor kann abhängig von einer Drehzahl der Hydraulikpumpe und/oder einem Ort der Druckbestimmung bestimmt werden.

[0020] Für den Korrekturfaktor können Werte in einer Messserie bestimmt werden und in der Fahrzeugsteuerung abgespeichert sein.

[0021] Durch eine geeignete Messserie kann auch auf einfache Art und Weise empirisch die Größe des Korrekturfaktors in der Abhängigkeit von den Randparametern, insbesondere der Drehzahl bestimmt werden. Solche geeignete Messserie liegt dann vor, wenn sie zeitlich zusammenhängen, keine "ausreißenden" Werte bzw. Signalspitzen zeigen, einen plausiblen quasi-stationären Bereich des Hydraulikfluids-Flusses bzw. eine relative Konstanz von k_1 und k_3 aufweisen und eine ausreichend große Signaländerung über der Zeit und somit einen Informationsgehalt aufweisen.

[0022] Es kann am Ort der Druckbestimmung ein Drucksensor angeordnet sein.

[0023] Dadurch wird eine Überprüfung der Funktion des Drucksensors und von dessen Sensorwerten möglich. Es kann eine Redundanz der Druckmessung erreicht werden.

[0024] Dabei kann eine Differenzmessung $\Delta P = |P_p - P_S|$ bei Kenntnis des Proportionalitätsfaktors k_1 und Korrektur-

faktors k_3 erfolgen. Für eine Überprüfung des Drucksensors kann diese Differenz ΔP auf einen zulässigen Wert überwacht werden, der beispielsweise durch eine Selbstkalibrierung zunächst bestimmt wird. Dabei kann eine Minimal- und Maximalmessung des Differenzwertes, aber auch beispielsweise eine Bestimmung des Durchschnittswertes erfolgen.

[0025] Vorteilhaft führt die Fahrzeugsteuerung zur Überprüfung des Drucksensors eine Korrelationsmessung durch.

[0026] Zur Überprüfung der Funktion des Drucksensors kann eine Korrelationsmessung als Kreuzkorrelation über die Messreihen aufgenommen werden. Dabei sollte diese Kreuzkorrelation unabhängig sein von einer Streckung a und einer Verschiebung b und es sollte gelten:

$$\text{Corr}(P_S, P_P) = \text{corr}(P_S, a * P_P + b) \quad (5)$$

[0027] Wenn k_1 und k_2 über das Messintervall ausreichend konstant bleiben, gilt dieser Zusammenhang. Durch ein zeitlich veränderliches Signal kann dann eine Aussage über die Signalverwandtschaft getroffen werden und die Funktion des Drucksensors überprüft werden.

[0028] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand des in den schematischen Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Hierbei zeigt die Figur ein Schema des erfindungsgemäßen Verfahrens. Ein Elektromotor 1 als Pumpenmotor 2 treibt eine Hydraulikpumpe 3 an, die über eine Leitung 4 und eine Ventileinrichtung 5 in einem Teilzweig 6 Hydraulikfluid unter Druck einem Ort der Druckbestimmung 7 zuführt. In dem Teilzweig 6 befindet sich ein hydraulischer Verbraucher 8, in dem Beispielsfall ein Hydraulikzylinder 9, wie er etwa für eine Hubeinrichtung eines Hubmastes eingesetzt wird. Durch die Ventileinrichtung 5 können weitere Teilzweige 10 des Hydrauliksystems mit Hydraulikfluid beaufschlagt werden.

[0029] Aus einem Motorstrom des Elektromotors 1 kann über einen Proportionalitätsfaktor k_1 ein Druckwert P_p bestimmt werden. Durch einen Korrekturfaktor k_3 wird insbesondere ein Druckabfall ΔP bis zu dem Ort der Druckbestimmung 7 korrigiert. Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, einen an dem Ort der Druckbestimmung 7 angeordneten Drucksensor 12 in seiner Funktion zu überwachen, beispielsweise indem der Differenzwert zwischen bestimmtem Druck P_p und dem von dem Drucksensor erfassten Druck P_S überwacht wird. Alternativ oder daneben ist es auch denkbar, durch eine Kreuzkorrelationsbestimmung die Funktion des Drucksensors 12 zu überwachen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung des Drucks in einem Hydrauliksystem einer Arbeitsvorrichtung bei einem Flurförderzeug, bei dem durch einen Pumpenmotor (2) eine Hydraulikpumpe (3) zur Druckerzeugung angetrieben wird und durch eine Fahrzeugsteuerung ein Antriebsdrehmoment des Pumpenmotors(2) erfasst werden kann,

dadurch gekennzeichnet,

dass von der Fahrzeugsteuerung als Druck das Antriebsdrehmoment multipliziert mit einem Proportionalitätsfaktor zuzüglich eines Korrekturfaktors bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Pumpenmotor (2) ein Elektromotor (1) ist und das Antriebsdrehmoment aus Strom und/oder Spannung bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass in den Korrekturfaktor eine Druckdifferenz für einen Druckabfall (ΔP) bis zu einem Ort der Druckbestimmung (7) eingerechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

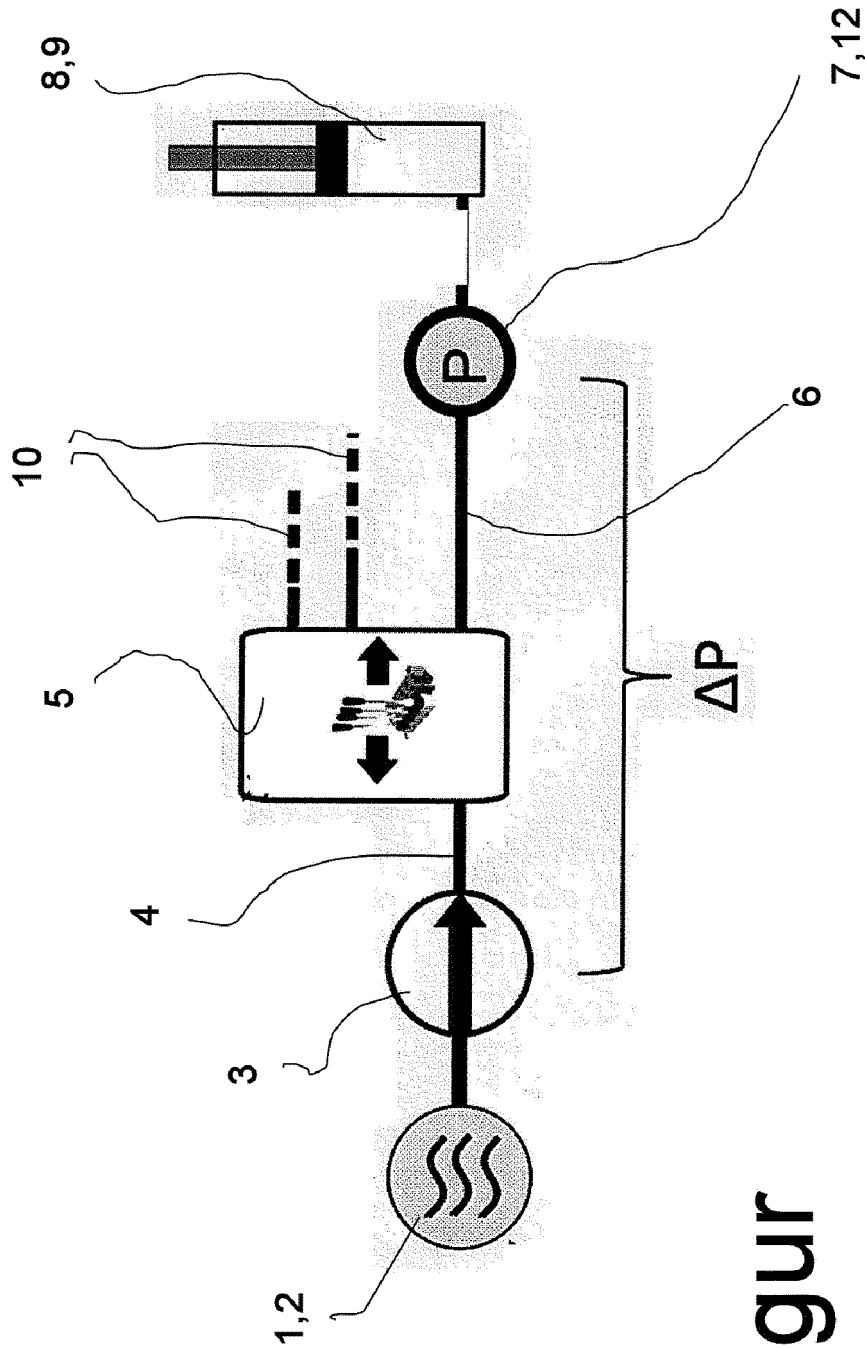
dass zur Bestimmung der Druckdifferenz von der Fahrzeugsteuerung erfasst wird, welche Teilzweige (6) des Hydrauliksystems durch Ventileinrichtungen (5) mit der Hydraulikpumpe (3) verbunden sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Proportionalitätsfaktor abhängig von einer Drehzahl der Hydraulikpumpe (3) bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass für den Proportionalitätsfaktor Werte in einer Messserie bestimmt werden und
in der Fahrzeugsteuerung abgespeichert sind.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Korrekturfaktor abhängig von einer Drehzahl der Hydraulikpumpe (3) und/oder einem Ort der Druckbe-
stimmung (7) bestimmt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass für den Korrekturfaktor Werte in einer Messserie bestimmt werden und in der Fahrzeugsteuerung abgespeichert
sind.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass am Ort der Druckbestimmung (7) ein Drucksensor (12) angeordnet ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Fahrzeugsteuerung zur Überprüfung des Drucksensors (12) eine Korrelationsmessung durchführt.



Figur



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 19 7941

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	EP 1 369 377 A2 (BT IND [SE]) 10. Dezember 2003 (2003-12-10)	1-5	INV. B66F9/22
Y	* das ganze Dokument *	6-10	
Y	US 5 666 295 A (BRUNS ROBERT W [US]) 9. September 1997 (1997-09-09)	6-9	
A	* das ganze Dokument *	1	
Y	DE 11 2012 000056 T5 (KOMATSU MFG CO LTD [JP]) 9. Januar 2014 (2014-01-09)	10	
A	* Zusammenfassung; Abbildungen 1,5,7 *	1	
A	EP 2 549 642 A1 (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY [JP]) 23. Januar 2013 (2013-01-23) * Zusammenfassung * * Absatz [0029] *	1	
A	EP 1 953 114 A2 (STILL WAGNER GMBH [DE]) 6. August 2008 (2008-08-06) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B66F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 19. Mai 2016	
		Prüfer Verheul, Omiros	
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 15 19 7941

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.

19-05-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1369377 A2	10-12-2003	AT 550289 T EP 1369377 A2 US 2004003589 A1	15-04-2012 10-12-2003 08-01-2004
US 5666295 A	09-09-1997	KEINE	
DE 112012000056 T5	09-01-2014	CN 103492767 A DE 112012000056 T5 JP 5144844 B1 JP W02013161040 A1 US 2015033718 A1 WO 2013161040 A1	01-01-2014 09-01-2014 13-02-2013 21-12-2015 05-02-2015 31-10-2013
EP 2549642 A1	23-01-2013	CN 102763323 A EP 2549642 A1 JP 5453522 B2 KR 20130016196 A US 2013013159 A1 WO 2011114765 A1	31-10-2012 23-01-2013 26-03-2014 14-02-2013 10-01-2013 22-09-2011
EP 1953114 A2	06-08-2008	DE 102007005097 A1 EP 1953114 A2	07-08-2008 06-08-2008

EPO FORM P0461

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