(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 199 623 A2**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.06.2010 Patentblatt 2010/25

(21) Anmeldenummer: **09177885.2**

(22) Anmeldetag: **03.12.2009**

(51) Int Cl.:
F15B 11/042 *(2006.01)* ***F15B 21/08*** *(2006.01)*
F04B 49/06 *(2006.01)* ***E02F 9/22*** *(2006.01)*

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(30) Priorität: **18.12.2008 DE 102008054876**

(71) Anmelder: **Deere & Company**
Moline, IL 61265-8098 (US)

(72) Erfinder: **Bauer, Wolfgang**
69469, Weinheim (DE)

(74) Vertreter: **Reichert, Christian**
Deere & Company
European Office
Global Intellectual Property Services
John-Deere-Straße 70
68163 Mannheim (DE)

(54) Hydrauliksystem

(57) Es wird ein Hydrauliksystem (10) mit einem Antriebsmotor (25), einer durch den Antriebsmotor (25) antreibbaren hydraulischen Verstellpumpe (18), einem durch die Verstellpumpe (18) antreibbaren hydraulischen Verbraucher (12) und einer elektronischen Steuereinheit (32) vorgeschlagen, wobei die Verstellpumpe (18) mit einer Fördervolumenverstelleinheit (24) ausgestattet ist, an welcher über einen mit einem Verstellkolben (23) in Eingriff bringbaren Anschlag (23') ein maximales Fördervolumen der Verstellpumpe (18) einstellbar ist. Um die Leistungsabgabe der Verstellpumpe an die Betriebsbedingungen eines Fahrzeugs (44) anzupassen, wird vorgeschlagen, dass der Anschlag (23') der Fördervolumenverstelleinheit (24) durch die Steuereinheit (32) ansteuerbare Stellmittel (38) umfasst, durch welche das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe (18) über die elektronische Steuereinheit (32) veränderbar ist, wobei die elektronische Steuereinheit (32) ein antriebsdrehzahlabhängiges Signal erfasst, in Abhängigkeit dessen durch die Steuereinheit (32) ein Steuersignal für das ansteuerbare Stellmittel (38) generierbar ist, welches das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe (18) an der Fördervolumenverstelleinheit (24) durch Verstellen des Anschlags (23') verändert.

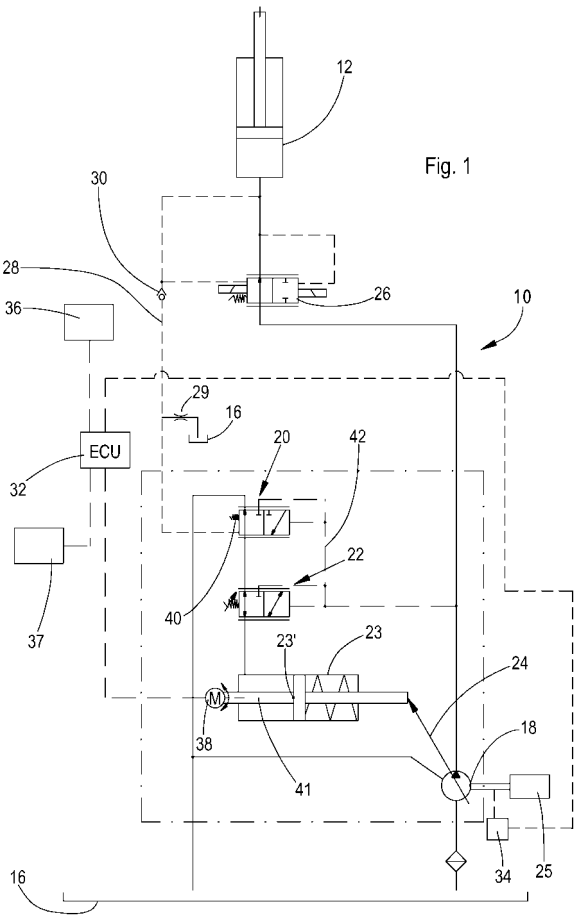


Fig. 1

EP 2 199 623 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Hydrauliksystem mit einem Antriebsmotor, einer durch den Antriebsmotor antreibbaren hydraulischen Verstellpumpe, einem durch die Verstellpumpe antreibbaren hydraulischen Verbraucher und einer elektronischen Steuereinheit, wobei die Verstellpumpe mit einer Fördervolumenverstelleinheit ausgestattet ist, an welcher über einen mit einem Verstellkolben in Eingriff bringbaren Anschlag ein maximales Fördervolumen der Verstellpumpe einstellbar ist.

[0002] Es sind landwirtschaftliche Maschinen bekannt, beispielsweise Traktoren, oder auch andere Arten von Arbeitsmaschinen, wie z.B. Baumaschinen oder Teleskoplader, die über ein Hydrauliksystem verfügen, mit dem ein oder mehrere hydraulische Verbraucher betrieben werden, z.B. Hydraulikzylinder, Hydraulikmotoren oder andere hydraulisch betriebene Komponenten. Derartige Hydrauliksysteme umfassen Hydraulikpumpen, die direkt, oder über ein starres Übersetzungsgetriebe ins Schnelle oder Langsame übersetzt, mit der Antriebswelle eine Antriebsmotors verbunden sind. Der maximal förderbare Volumenstrom der Hydraulikpumpe verändert sich somit mit der Drehzahl des Antriebsmotors. Je schneller der Antriebsmotor dreht, desto größer ist der Volumenstrom, der von der Hydraulikpumpe gefördert werden kann. Bei verstellbaren Load-Sense geregelten Hydraulikpumpen, sogenannten hydraulischen Verstellpumpen, wie sie heute als Stand der Technik im Einsatz sind, kann das geförderte maximale Fördervolumen dem vom hydraulischen Verbraucher benötigten Bedarf angepasst werden. Dieses geschieht üblicherweise über einen sogenannten Förderstromregler, der eine voreingestellte Regeldruckdifferenz zwischen dem Druck am Ausgang der Verstellpumpe und dem vom Verbraucher gemeldeten Load-Sense-Signal (im Folgenden LS-Signal genannt) regelt bzw. aufrecht erhält. Der Förderstromregler einer LS-geregelten Verstellpumpe funktioniert nun derart, dass er den Fördervolumenstrom der Verstellpumpe so verstellt, dass die voreingestellte Regeldruckdifferenz, die am Förderstromregler über eine Verstellfeder fest eingestellt werden kann, immer konstant gehalten wird. Die genaue Wirkungsweise eines solchen (Druck-) Förderstromreglers, kann in der einschlägigen Literatur nachgelesen werden und ist als solche Stand der Technik.

[0003] Der Fördervolumenstrom der von einem Hydraulikventil an einen Verbraucher, beispielsweise einen Hydraulikzylinder oder einen Hydromotor, abgegeben werden kann, ist direkt von dieser voreingestellten Regeldruckdifferenz abhängig. Über die Verstellfeder und einen Stellkolben des Förderstromreglers wird ein bestimmter zu regelnder Druck eingestellt, was die Verstellpumpe dazu zwingt, eine diesem eingestellten Druck entsprechende Regeldruckdifferenz zwischen Ausgang der Verstellpumpe und Verbraucher (L-S-Signal) aufrecht zu erhalten. Um diese Regeldruckdifferenz zu erreichen, schwenkt die in Abhängigkeit eines Verstellkolbens regelbare bzw. verstellbare Fördervolumenverstelleinheit der Verstellpumpe auf und beginnt, einen entsprechenden Fördervolumenstrom zu fördern. Der Verstellkolben ist dabei hydraulisch mit dem Förderstromregler verbunden und verändert seine Stellung in Abhängigkeit der am Förderstromregler vorliegenden bzw. eingestellten Regeldruckdifferenz. Die Fördervolumenverstelleinheit kann beispielsweise eine Schwenkscheibe umfassen, die mit Steuer- oder Hubkolben verbunden ist, wobei durch Drehen der Schwenkscheibe die Drehbewegung in eine Längsbewegung der Hubkolben umgewandelt wird. Der von der Verstellpumpe geförderte Fördervolumenstrom strömt durch die Leitungen und Ventile des Hydrauliksystems und erzeugt dabei bestimmte Druckverluste in den Leitungen und bei den jeweiligen Ventilen zu den Verbrauchern. Der Druck, der sich dann hinter den Ventilen bzw. am Verbraucher einstellt, wird als Lastdruck (LS-Signal) zurück an die Verstellpumpe gemeldet (über eine Lastdruckleitung (L-S-Leitung), die mit dem Förderstromregler verbunden ist) und veranlasst die Verstellpumpe dazu, derart viel Volumenstrom zu fördern, dass der Druck am Ausgang der Verstellpumpe um den Regeldruckdifferenzwert höher ist, als der vom L-S-Signal gelieferte Lastdruck am Verbraucher.

[0004] Je weiter nun ein Ventil von der Verstellpumpe entfernt ist, desto größer werden durch die längere Strömungsstrecke die Druckverluste, was zu dem Effekt führt, dass Ventile, die weiter von der Verstellpumpe entfernt sind als andere Ventile, weniger Volumenstrom an einen Verbraucher ankommen lassen, obwohl es Ventile der gleichen Bauart sind. Um diesen Effekt zu kompensieren, ist es bekannt, Ventile einzusetzen, die ein verstärktes Lastsignal an die Pumpe melden, wie beispielsweise in der EP 176 0 325 A2 offenbart ist.

[0005] Vereinfacht gilt demnach, dass man einen bestimmten Druck benötigt, um einen bestimmten Volumenstrom durch eine Leitung und/oder ein Ventil zu drükken. Da die Druckverluste beim Durchströmen mit dem Volumenstrom ansteigen, wäre es also von Vorteil, die Querschnitte und Führungen der Leitungen und Bohrungen so groß wie möglich sowie die Verluste über die Ventile konstruktiv so klein wie möglich zu halten, wenn man eine bestimmte Menge Hydrauliköl für einen Verbraucher nutzbar machen will. Werden die Verluste nun zu groß und nimmt dadurch der Volumenstrom ab, kann man dies durch Querschnittsvergrößerung an den Ventilöffnungen kompensieren d.h. durch Querschnittsveränderungen an den Ventilöffnungen können Volumenströme verändert, also angehoben oder abgesenkt werden.

[0006] Anderen Möglichkeiten den Volumenstrom zu verändern zielen darauf ab, eine am Förderstromregler der Verstellpumpe wirkende Stellkraft zu verändern. So wird in der EP 0 439 621 B1 offenbart, dass für einen Feinbetrieb des Hydrauliksystems durch manuelles Auslösen einer Stellkraft am Förderstromregler die Regeldruckdifferenz der Verstellpumpe verringert werden kann, was einen geringeren maximalen Volumenstrom

im Hydrauliksystem bzw. an den Ventilen zur Folge hat.

[0007] Nun stellt sich das Problem dar, dass es aus Umwelt- und Wirtschaftlichkeitsaspekten von Vorteil sein kann, ein Hydrauliksystem einer Arbeitsmaschine im unteren Motordrehzahlbereich zu betreiben. Dieses hat zur Folge, dass bei den heutigen Verstellpumpengrößen dann zu wenig Volumenstrom für die Anwendungen zur Verfügung steht, was zu dem Einsatz von größeren Verstellpumpen führt, so dass bei geringen Motordrehzahlen große Volumenströme gefördert werden können. Dies führt wiederum dazu, dass bei hohen Motordrehzahlen noch sehr viel größere (nicht ausschöpfbare) Volumenströme gefördert werden, die zu sehr großen Leistungsverlusten in der Gesamtleistungsbilanz führen. Man könnte diese Probleme zumindest teilweise überwinden, indem man die Regeldruckdifferenz der Pumpe erhöht, was letztendlich aber auch zu einem höheren Kraftstoffverbrauch der Maschine führen würde, da man eine bestimmte Leistung benötigt, bzw. einen bestimmten Fördervolumenstrom benötigt, um die Regeldruckdifferenz zu erreichen. Ferner besteht die Möglichkeit alle Leitungen und Ventile auf die maximale Pumpenförderleistung hin auszulegen, was wiederum zu sehr hohen Kosten der einzelnen Komponenten und zu Platzproblemen auf der Arbeitsmaschine führen würde. EP 349 092 B1 offenbart eine weitere Möglichkeit, hohe Volumenströme bei geringen Motordrehzahlen zu ermöglichen, jedoch den Volumenstrom bei hohen Motordrehzahlen zu begrenzen. Dabei wird das von der Verstellpumpe geförderte maximale Fördervolumen begrenzt, wobei die Fördermenge der Verstellpumpe gemessen (z.B. durch Messung der Lage der Fördervolumenverstellmechanismen, z.B. des Verstellwinkels einer Stellscheibe bzw. Schwenkscheibe) und überwacht wird. Diese Verstellpumpen und die entsprechende Regelelektronik sind jedoch aufwändig und teuer.

[0008] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird darin gesehen, ein Hydrauliksystem der eingangs genannten Art anzugeben, durch welches die vorgenannten Probleme überwunden werden. Insbesondere soll mit einfachen, sicheren und kostengünstigen Mitteln ein Hydrauliksystem geschaffen werden, welches bei geringen Antriebsdrehzahlen ein hohes maximales Fördervolumen zur Verfügung stellt, dieses jedoch bei höheren Antriebsdrehzahlen auf einen bestimmten Maximalwert begrenzt.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Lehre des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0010] Erfindungsgemäß wird ein Hydrauliksystem der eingangs genannten Art derart ausgebildet, dass der Anschlag der Fördervolumenverstelleinheit durch die Steuereinheit ansteuerbare Stellmittel umfasst, durch welche das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe über die elektronische Steuereinheit veränderbar ist, wobei die elektronische Steuereinheit ein antriebsdrehzahlabhängiges Signal erfasst, in Abhängigkeit dessen durch die Steuereinheit ein Steuersignal für das ansteuerbare Stellmittel generierbar ist, welches das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe an der Fördervolumenverstelleinheit durch Verstellen des Anschlags verändert. Durch die mittels der Steuereinheit fernansteuerbaren Stellmittel am Anschlag des Verstellkolbens und durch Erfassung der Antriebsdrehzahl kann ein voreingestelltes maximales Fördervolumen der Verstellpumpe an der Fördervolumenverstelleinheit in Abhängigkeit von der Antriebsdrehzahl gezielt verändert werden, so dass bei zunehmender Antriebsdrehzahlen das maximale Fördervolumen vorzugsweise proportional angepasst und ein maximaler Fördervolumenstrom nicht überschritten wird.

[0011] Dies heißt, dass bei einer geringen Antriebsdrehzahl die Regeldruckdifferenz beispielsweise P=P1 bar beträgt. Entsprechend wird der hydraulisch mit dem Förderstromregler verbundene Verstellkolben der Fördervolumenverstelleinheit eingestellt. Diese Einstellung ist beispielsweise geeignet einen Volumenstrom bis zu einer Größe von V1 l/min durch die Ventile zu fördern. Die Verstellpumpe hat jedoch aufgrund ihrer maximalen Förderkapazität die Möglichkeit, Volumenströme von Vmax l/min zu fördern, was zu hohe Verluste in den Leitungen und Ventilen erzeugen würde. Bei Leerlaufdrehzahl fördert diese Pumpe nun z.B. maximal Vleer l/min (Vleer < V1 < Vmax) und mit zunehmender Antriebsdrehzahl (U+) steigt der Volumenstrom (V) bei gleichbleibendem maximalen Fördervolumen an. Nun ist es denkbar, dass man bei Erreichen der V1 l/min-Grenze den Anschlag des Verstellkolbens der Fördervolumenverstelleinheit derart in Abhängigkeit der Antriebsdrehzahl verstellt, dass das maximale Fördervolumen reduziert wird, so dass bei maximaler Antriebsdrehzahl von z.B. Umax U/min noch immer nur V(1) l/min als maximaler Fördervolumenstrom von der Verstellpumpe gefördert werden kann. In Bezug auf die Schwenkscheibe einer Fördervolumenverstelleinheit würde dies bedeuten, dass man den maximalen Schwenkwinkel der Schwenkscheibe reduziert. Sinkt die Antriebsdrehzahl wieder, hebt man das maximale Fördervolumen wieder an, wobei mit abnehmender Antriebsdrehzahl der maximale Schwenkwinkel der Fördervolumenverstelleinheit bzw. der Schwenkscheibe wieder angehoben wird, bis der Ursprungswert bei Erreichen der V1 l/min-Grenze wieder erreicht worden ist. Die entsprechenden Funktionen und Berechnungsalgorithmen sind vorzugsweise in der elektronischen Steuereinheit abgelegt. Ein entsprechendes Steuersignal wird von der Steuereinheit generiert und an die Stellmittel des Anschlags am Verstellkolben der Fördervolumenverstelleinheit zwecks Ansteuerung derselben geleitet. Durch Ansteuerung der Stellmittel wird das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe variabel in Abhängigkeit der Antriebsdrehzahl gesteuert.

[0012] Bei Überschreiten eines voreinstellbaren Antriebsdrehzahlwertes kann das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe durch Ansteuerung der Stellmittel am Anschlag des Verstellkolbens reduziert werden.

Der voreinstellbare Antriebsdrehzahlwert, der die Verstellung des maximalen Fördervolumens auslöst, kann dabei je nach Anwendung vorzugsweise über ein Eingabemodul an einem Fahrerdisplay eines Arbeitsgerätes oder über eine andere geeignete Eingabeschnittstelle der Steuereinheit vorgegeben werden. Es kann jedoch auch gemäß der Leistungsgröße der Verstellpumpe bereits ein fester Antriebsdrehzahlwert vorgegeben und in der Steuereinheit abgelegt sein.

[0013] Bei Überschreiten eines voreinstellbaren Antriebsdrehzahlwertes wird das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe durch Ansteuerung der Stellmittel am Anschlag des Verstellkolbens proportional zur Antriebsdrehzahl verändert, wobei die Steuereinheit mit zunehmender Antriebsdrehzahl den maximalen Fördervolumenstrom reduziert und mit abnehmender Antriebsdrehzahl erhöht. Diesbezüglich ist das von der Steuereinheit generierte Steuersignal vorzugsweise stufenlos an eine Antriebsdrehzahländerung angepasst, so dass ein Bediener des Systems die Veränderung des maximalen Fördervolumens nicht direkt bemerkt.

[0014] Es ist ferner für spezielle Anwendungsfälle vorgesehen, das höchste maximale Fördervolumen der Verstellpumpe ausnutzen zu können. Dazu sind Einstellmittel vorgesehen, in Abhängigkeit derer das Steuersignal modifizierbar ist, und der Anschlag des Verstellkolbens über die Einstellmittel veränderbar ist, derart, dass das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe unabhängig von der Antriebsdrehzahl erhöht (bzw. anschließend wieder reduziert) werden kann. So kann eine Bedienperson die von der Steuereinheit übernommene Ansteuerung der an der Fördervolumenverstelleinheit bzw. am Anschlag des Verstellkolbens vorgesehenen Stellmittel quasi "überstimmen" und durch entsprechende Eingaben am Einstellmittel, beispielsweise an einem Eingabemodul oder an einem Eingabeknopf mit Stellrad oder einem Potentiometer die antriebsdrehzahlabhängige Steuerfunktion der Steuereinheit deaktivieren und durch direkte Vorgabe eines über die Einstellmittel vorgebbaren Eingabesignals das Steuersignal modifizieren, so dass trotz ursprünglicher antriebsdrehzahlabhängigen Generierung eines Steuersignals das durch die Einstellmittel eingegebene Signal priorisiert wird. Damit ist es möglich, eine antriebsdrehzahlabhängige Steuerung zu umgehen und beispielsweise auch bei hohen Antriebsdrehzahlen das Hydrauliksystem mit einem hohen maximalen Fördervolumen zu betreiben bzw. bei jeder beliebigen Antriebsdrehzahl einen beliebigen Fördervolumenstrom einzustellen. Es gibt besondere Anwendungen, bei denen der Bediener unbedingt die volle Pumpenkapazität ohne Rücksicht auf die Leistungsverluste ausnutzen möchte. Eine solche Anwendung wäre zum Beispiel der Betrieb eines Frontladers, bei dem der Bediener möglichst kurze Zykluszeiten und damit mehr Umschlagleistung erreichen möchte. In einem solchen Fall würde eine Verstellpumpe mit großem Fördervolumen nicht viel helfen, wenn nicht alle Leitungen und Ventile ebenfalls vergrößert würden. Hier kann es dann sinnvoll sein, das maximale Fördervolumen durch entsprechendes Verstellen des Anschlags des Verstellkolbens gezielt zu erhöhen, um sicherzustellen, dass bei höheren Antriebsdrehzahlen die Verstellpumpe bzw. die Fördervolumenverstelleinheit der Verstellpumpe bzw. die Schwenkscheibe voll aufschwenken kann, um einen höheren Fördervolumenstrom zu liefern.

[0015] Das Hydrauliksystem kann ferner einen Temperatursensor umfassen, der die Temperatur im Hydrauliksystem erfasst und ein entsprechendes Signal an die Steuereinheit liefert. Insbesondere die Viskosität einer Hydraulikflüssigkeit hängt von der Temperatur ab, so dass es von Vorteil sein kann, bei tiefen Temperaturen, bzw. bei einer hohen Viskosität der Hydraulikflüssigkeit, das maximale Fördervolumen ferner in Abhängigkeit der Viskosität bzw. Temperatur zu verstellen, beispielsweise zu erhöhen. Ferner kann es von Vorteil sein, bei extrem tiefen Temperaturen viskositätsbedingten Kavitationsproblemen entgegenzuwirken, so dass das maximale Fördervolumen begrenzt ist bzw. reduziert wird und erst bei einer bestimmten Temperatur eine Erhöhung stattfindet und zwar unabhängig oder abhängig von der Antriebsdrehzahl. Ebenso kann es ratsam sein, das maximale Fördervolumen bei höheren Temperaturen den geringeren Strömungsverlusten anzupassen, also beispielsweise zu reduzieren. So können also sowohl in Abhängigkeit von der Antriebsdrehzahl als auch in Abhängigkeit von der Temperatur im Hydrauliksystem Zustandsbedingungen eintreten, für die eine Verstellung des maximalen Fördervolumens vorteilhaft ist. Dementsprechende Steuerfunktionen bzw. Steueralgorithmen können in der elektronischen Steuerung implementiert und als entsprechende Zustandsdiagramme abgelegt sein. Anhand dieser Steuerfunktionen bzw. Steueralgorithmen können entsprechende Steuersignale, sowohl in Abhängigkeit von der Antriebsdrehzahl allein, als auch in Kombination in Abhängigkeit von der Temperatur, zur Ansteuerung der Stellmittel bzw. zur Verstellung des Anschlags, generiert werden.

[0016] Die Stellmittel am Anschlag des Verstellkolbens umfassen vorzugsweise einen Elektromotor, der von der Steuereinheit ansteuerbar ist und den Anschlag verstellen kann. Ferner ist es auch denkbar einen Elektromagneten einzusetzen, der den Anschlag verstellt. Vorzugsweise sollte die Verstellung des Anschlags direkt erfolgen, beispielsweise über einen Schrittmotor, der mit einem Spindeltrieb verbunden ist, welcher eine Drehbewegung des Motors in eine Linearbewegung einer Spindel, deren Ende als Anschlag für den Verstellkolben wirken kann, umwandelt. Der Verstellkolben wiederum stellt entweder selbst einen Anschlag für die Fördervolumenverstelleinheit (z.B. für die Schwenkscheibe) dar oder bewegt einen derartigen Anschlag in eine Position, durch den der Schwenkwinkel der Fördervolumenverstelleinheit verstellt bzw. begrenzt wird. Erfolgen kann diese Verstellung wie oben bereits erwähnt elektrisch oder elektromagnetisch, aber auch hydraulisch, pneumatisch oder rein mechanisch, wobei eine elektrische bzw. elektroma-

gnetische Verstellung des Anschlags des Verstellkolbens bevorzugt wird, da diese einfacher zu handhaben ist, als andere Verstellarten. Die Verstellung des Anschlags kann nun das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe erhöhen oder verringern. Die Verstellung kann beispielsweise auch über einen Proportionalmagneten, der in beide Richtungen wirksam ist, erfolgen. Natürlich ist es auch denkbar, eine Verstellung nur in eine Richtung zuzulassen. Da es immer dazu kommen kann, dass die Elektronik am Arbeitsfahrzeug ausfällt, ist es sinnvoll, Maßnahmen vorzusehen, die bei Ausfall der Elektronik verhindern, dass es zu einem Ausfall des ganzen Hydrauliksystems kommt. Aus diesem Grund ist der Einsatz eines Schrittmotors für die Verstellung des Anschlags des Verstellkolbens besonders geeignet. Der Schrittmotor hat den Vorteil, dass er eine bestimmte Selbsthemmung hat und sehr genau in eine bestimmte Position (Drehwinkel) verfahren werden kann, die er nicht mehr verlässt, es sei denn, er bekommt ein neues Steuersignal oder eine sehr starke Kraft zieht an ihm. Ein solcher Schrittmotor kann beispielsweise an eine Verstellspindel zur Verstellung des maximalen Hubweges eines Verstellkolbens an einer Fördervolumenverstelleinheit angeschlossen werden und kann diese Verstellspindel dann je nach Steuersignal sehr genau und sehr schnell verdrehen, so dass die Lage des Verstellkolbens, und damit der maximale Schwenkwinkel der Schwenkscheibe der Fördervolumenverstelleinheit bzw. das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe, sehr feinfühlig verstellt werden kann. Hierbei stellt die Verstellspindel bzw. das mit dem Verstellkolben in Eingriff tretende Ende der Verstellspindel den Anschlag des Verstellkolbens dar. Sollte es zu einem Ausfall der Elektronik kommen, würde der Schrittmotor einfach in seiner letzten Position stehen bleiben und somit sicherstellen, dass zumindest ein bestimmter Minimalbetrieb des Hydrauliksystem gewährleistet bleibt.

[0017] Ein erfindungsgemäßes Hydrauliksystem findet in Arbeitsfahrzeugen Anwendung, die insbesondere in der Landwirtschaft verwendet werden. Dazu zählen landwirtschaftliche Fahrzeuge, wie beispielsweise Traktoren mit oder ohne Frontlader sowie auch Teleskoplader. Ferner eignet sich ein derartiges Hydrauliksystem auch für den Einsatz in Baumaschinen, beispielsweise Bagger oder Radlader.

[0018] Das erfindungsgemäße Hydrauliksystem ermöglicht einen optimalen Betrieb eines Hydrauliksystems in allen antriebsabhängigen Betriebszuständen des Fahrzeugs und dient insbesondere der Verringerung von Leistungsverlusten und der Zurverfügungstellung großer Volumenströme bei geringer Antriebsdrehzahl. Ferner können vorhandene kleinere Leitungsquerschnitte und Ventile trotz einer Verstellpumpe mit großem Fördervolumen verwendet werden. Bei Bedarf sind sehr große Volumenströme trotz kleiner Leitungsquerschnitte und Ventile möglich. Eine Beibehaltung der vorhandenen Ventile und Leitungen, unabhängig von der Verwendung einer größeren Verstellpumpe, ist damit möglich. Ferner kann trotz elektronischer Ansteuerung des Förderstromreglers bei Ausfall der Elektrik gewährleistet werden, dass das vorhandene Hydrauliksystem weiterhin verfügbar ist.

[0019] Anhand der Zeichnung, die ein Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt, werden nachfolgend die Erfindung sowie weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung näher beschrieben und erläutert.

[0020] Es zeigt:

Fig. 1 einen schematischen hydraulischen Schaltplan eines erfindungsgemäßen Hydrauliksystems und

Fig. 2 ein Arbeitsfahrzeug mit einem Hydrauliksystem gemäß Figur 1.

[0021] Figur 1 zeigt ein Hydrauliksystem 10 zum Betreiben eines hydraulischen Verbrauchers 12, beispielsweise eines hydraulischen Zylinders zum Heben und Senken eines Frontladers 14.

[0022] Das Hydrauliksystem 10 umfasst einen Hydrauliktank 16, eine hydraulische Verstellpumpe 18 mit einem Förderstromregler 20 zum Einstellen eines Regeldruckdifferenzwertes zwischen Verstellpumpe 18 und Verbraucher 12, einem Druckbegrenzer 22 zur Begrenzung des Betriebsdrucks für die Verstellpumpe 18, sowie einem Verstellkolben 23 zum Verstellen des über eine Fördervolumenverstelleinheit 24 einstellbaren Fördervolumens der Verstellpumpe 18. Ferner ist ein Anschlag 23' für den Verstellkolben 23 vorgesehen, der mit dem Verstellkolben 23 in Eingriff bringbar ist und mit dem ein maximales Fördervolumen der Verstellpumpe 18 variabel einstellbar ist. Die Verstellpumpe 18 wird über einen Antriebsmotor 25 angetrieben. Zwischen Verbraucher 12 und Verstellpumpe 18 ist ein hydraulisches Steuerventil 26 geschaltet, über welches der hydraulische Verbraucher 12 ansteuerbar ist. Zwischen Verbraucher 12 und Steuerventil 26 ist eine Lastdruckleitung 28 angeschlossen, die mit dem Förderstromregler 20 verbunden ist, wobei die Lastdruckleitung 28 ein mit dem Tank 16 verbundene Druckentlastungsblende 29 und ein in Richtung des Verbrauchers 12 schließendes Rückschlagventil 30 aufweist, wobei das Rückschlagventil 30 zwischen der Druckentlastungsblende 29 und dem Verbraucher 12 angeordnet ist. Ferner verfügt das Hydrauliksystem 10 über eine elektronische Steuereinheit 32 die mit einem Drehzahlsensor 34 und einer Einstellvorrichtung 36 verbunden ist. Des Weiteren ist ein Temperatursensor 37 vorgesehen, der die Temperatur einer sich im Hydrauliksystem 10 befindlichen Hydraulikflüssigkeit erfasst und ein entsprechendes Signal an die elektronische Steuerung liefert. Der Anschlag 23' des Verstellkolbens 23 der Fördervolumenverstelleinheit 24 verfügt über Stellmittel 38, die als Elektromotor, vorzugsweise als Schrittmotor, ausgebildet sind und von der elektronischen Steuereinheit 32 ansteuerbar sind. An Stelle des in Figur 1 abgebilde-

ten Elektromotors 38 kann jedoch auch beispielsweise ein elektromagnetischer Proportionalmagnet (nicht gezeigt) eingesetzt werden. Der Proportionalmagnet ist vorzugsweise ebenfalls in beide Richtungen wirksam, wobei generell eine Verstellung der Fördervolumenverstelleinheit 24 in nur eine Richtung durchaus denkbar ist, so dass beispielsweise nur eine Reduzierung des maximalen Fördervolumens ermöglicht wird.

[0023] Der Antriebsmotor 25 ist direkt mit der Verstellpumpe 18 verbunden, wobei dies hier nur exemplarisch dargestellt ist.

[0024] Selbstverständlich können hier auch Unter- oder Übersetzungsgetriebe zwischengeschaltet sein. Die Antriebswelle des Motors 25, der vorzugsweise als Verbrennungsmotor ausgebildet ist, jedoch beispielsweise auch als Elektromotor ausgebildet sein kann, ist direkt mit dem Drehzahlsensor 34 versehen, welcher ein Drehzahlsignal an die elektronische Steuereinheit 32 leitet. Ferner kann die elektronische Steuereinheit 32 Eingabesignale von der Einstellvorrichtung 36 empfangen, welche sie dann bei der Generierung eines Steuersignals für die Stellmittel 38 berücksichtigt. Bei der Generierung eines Steuersignals wird in erster Linie nur ein von dem Drehzahlsensor 34 geliefertes Drehzahlsignal berücksichtigt, in Abhängigkeit dessen die elektronische Steuereinheit 32 das Steuersignal für die Stellmittel 38 generiert. Sollte jedoch eine zusätzlich Eingabe über die Einstellmittel 36 erfolgen, so wird das zunächst auf dem Drehzahlsignal basierende Steuersignal entsprechend modifiziert. Dies hat den Hintergrund, dass über die Einstellmittel 36 von einer Bedienperson signalisierbar ist, dass keine drehzahlabhängige Ansteuerung der Stellmittel 38 an der Fördervolumenverstelleinheit 24 erfolgen soll, sondern vielmehr von der Bedienperson vorgebbare Steuergrößen zur Ansteuerung der Stellmittel 38 herangezogen werden sollen. Beispielsweise kann die Bedienperson über die Einstellmittel 36 das maximale Fördervolumen für die Verstellpumpe 18 vorgeben, das unabhängig von der Drehzahl des Antriebsmotors 25 durch die elektronische Steuereinheit 32 eingestellt werden soll.

[0025] Der Förderstromregler 20 ist über eine Vorspannfeder 40 mit einem festen Regeldruckdifferenzwert voreingestellt. Je nach herrschendem Druckverhältnis des zwischen Steuerventil 26 und Verbraucher 12 vorliegenden Systemdruck und dem am Verstellpumpenausgang vorliegenden Systemdruck ergibt sich eine Druckdifferenz, die dem Förderstromregler 20 über die Load-Sensing-Druckleitung 28 und über eine mit dem Ausgang der Verstellpumpe 18 verbundenen Steuerdruckleitung 42 vorgegeben wird. Gemäß dem voreingestellten Regeldruckdifferenzwert wird der mit dem Förderstromregler 20 über den Druckbegrenzer 22 verbundene Verstellkolben 23 in eine entsprechende Steuerstellung (Hubstellung) gebracht. Entsprechend der Steuerstellung des Verstellkolbens 23 wird wiederum die Fördervolumenverstelleinheit 24 der Verstellpumpe 18 eingestellt. So wird also über den am Förderstromregler 20 eingestellten Regeldruckdifferenzwert das Fördervolumen der Verstellpumpe 18 derart gesteuert bzw. geregelt, dass der Verstellkolben in eine Steuerstellung (Hubstellung) gezwungen wird, die den im Förderstromregler 20 herrschenden Druckverhältnissen unterliegt. Über die Vorspannfeder 40 kann der Regeldruckdifferenzwert am Förderstromregler 20 verstellt werden, so dass über die mit der Vorspannfeder 40 verbundenen Stellmittel 38 der Regeldruckdifferenzwert verstellbar ist. Der Verstellkolben 23 ist über eine Spindeltrieb 41 in seiner Stellung begrenzbar, wobei ein Ende des Spindeltriebs 41 bzw. der Spindel mit den Stellmitteln 38 verbunden ist und das andere Ende als Anschlag 23' für den Verstellkolben 23 dient. Der Verstellkolben 23 wird dabei durch den Anschlag 23' am Spindeltrieb 41 in seiner Verschiebbarkeit begrenzt, wobei die Begrenzung durch den Anschlag 23' das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe 18 bestimmt. Der Anschlag ist somit über den Spindeltrieb 41 verstellbar bzw. in seiner Lage längsverschiebbar, wobei der maximale Verschiebeweg (Hubweg) des Verstellkolbens 23 in eine Richtung durch den Spindeltrieb 41 bzw. durch den Anschlag 23' vorgegeben wird. Der Verstellkolben 23 ist ferner auch mit der Fördervolumenverstelleinheit 24, beispielsweise mit einer dort befindlichen Schwenkscheibe (nicht gezeigt), verbunden und beschränkt im Rahmen seiner maximalen Längsverschiebbarkeit den maximalen Hubweg der Steuerkolben der Verstellpumpe 18, beispielsweise durch Beschränken des maximalen Schwenkwinkels der Schwenkscheibe, so dass in Abhängigkeit von dem vom Drehzahlsensor 34 gelieferten Signal eine Ansteuerung der Stellmittel 38 am Anschlag 23' des Verstellkolbens 23 der Fördervolumenverstelleinheit 24 und damit eine Verstellung des maximalen Fördervolumens der Verstellpumpe 18 vorgenommen werden kann.

[0026] Vorzugsweise sind dazu in der elektronischen Steuereinheit 32 abgelegte bzw. abgespeicherte Schwellwerte implementiert, anhand derer ein entsprechendes Steuerprogramm gestartet werden kann, so dass beispielsweise ab Erreichen eines vorgebbaren Drehzahlwertes am Antriebsmotor 25 das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe 18 in Abhängigkeit der weiter steigenden Drehzahl immer weiter reduziert wird, um das maximale Fördervolumen zu begrenzen. Wird nun im Betrieb stets das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe 18 ausgeschöpft, so kann man auch von einer direkten Steuerung bzw. Regelung des Fördervolumenstroms sprechen, da sich dann der Fördervolumenstrom durch Ausschöpfung des gesamten durch den Anschlag 23' des Verstellkolbens 23 begrenzten maximalen Fördervolumens der Verstellpumpe 18 ergibt.

[0027] Über die Einstellmittel 36 kann nun eine Bedienperson die voreingestellten Schwellwerte "aushebeln" bzw. "übersteuern", so dass unabhängig von der Drehzahl eine über die Einstellmittel 36 vorgebbare Ansteuerung der Stellmittel 38 erfolgen kann. Beispielsweise kann das maximale Fördervolumen über die Einstellmittel 36 auf einen konstanten Wert gesetzt werden, wo-

bei die Steuereinheit 32 dann die Ansteuerung der Stellmittel 38 unabhängig von der Drehzahl des Antriebsmotors 25 vornimmt. Die Einstellmittel 36 können dabei mehrere belegte Schalter oder ein Eingabedisplay oder ein verstellbares Potentiometer etc. umfassen, mit denen entsprechende Einstellgrößen vorgegeben werden können. Ferner kann über die Einstellmittel 36 auch eine Aktivierung oder Deaktivierung der drehzahlabhängigen Steuerung der Fördervolumenverstelleinheit 24 erfolgen.

[0028] Der Temperatursensor 37 erfasst, wie bereits erwähnt, die Temperatur der Hydraulikflüssigkeit und liefert ein entsprechendes Temperatursignal an die Steuereinheit 32. Die Steuereinheit 32 kann sowohl in Abhängigkeit von der Antriebsdrehzahl als auch in Abhängigkeit von der Temperatur das maximale Fördervolumen durch Verstellen des Anschlags 23' verändern bzw. steuern oder regeln. So kann das maximale Fördervolumen zusätzlich in Abhängigkeit von der Temperatur einer Hydraulikflüssigkeit des Hydrauliksystems 10 reduziert oder erhöht werden. Dementsprechende Steuersignale werden durch in der Steuereinheit 32 implementierte Steuerfunktionen bzw. Steueralgorithmen in Abhängigkeit von der Antriebsdrehzahl und/oder von der Temperatur generiert.

[0029] Figur 2 zeigt ein landwirtschaftliches Fahrzeug 44 in Form eines Schleppers, der mit einem Frontlader 14 bestückt ist, welcher durch ein in Figur 1 beschriebenes Hydrauliksystem betrieben wird. Hierbei sind auch andere Anwendungsfälle für das erfindungsgemäße Hydrauliksystem denkbar, beispielsweise für den Einsatz in Baumaschinen oder bei Teleskopladern. Das erfindungsgemäße Hydrauliksystem kann auch zur Versorgung anderer hier nicht explizit aufgeführter hydraulischer Verbraucher genutzt werden, beispielsweise zur Versorgung von Dreipunktanhängevorrichtungen an landwirtschaftlichen Schleppern.

[0030] Auch wenn die Erfindung lediglich anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, erschließen sich für den Fachmann im Lichte der vorstehenden Beschreibung sowie der Zeichnung viele verschiedenartige Alternativen, Modifikationen und Varianten, die unter die vorliegende Erfindung fallen.

Patentansprüche

1. Hydrauliksystem (10) mit einem Antriebsmotor (25), einer durch den Antriebsmotor (25) antreibbaren hydraulischen Verstellpumpe (18), einem durch die Verstellpumpe (18) antreibbaren hydraulischen Verbraucher (12) und einer elektronischen Steuereinheit (32), wobei die Verstellpumpe (18) mit einer Fördervolumenverstelleinheit (24) ausgestattet ist, an welcher über einen mit einem Verstellkolben (23) in Eingriff bringbaren Anschlag (23') ein maximales Fördervolumen der Verstellpumpe (18) einstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anschlag (23') der Fördervolumenverstelleinheit (24) durch die Steuereinheit (32) ansteuerbare Stellmittel (38) umfasst, durch welche das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe (18) über die elektronische Steuereinheit (32) veränderbar ist, wobei die elektronische Steuereinheit (32) ein antriebsdrehzahlabhängiges Signal erfasst, in Abhängigkeit dessen durch die Steuereinheit (32) ein Steuersignal für das ansteuerbare Stellmittel (38) generierbar ist, welches das maximale Fördervolumen der Verstellpumpe (18) an der Fördervolumenverstelleinheit (24) durch Verstellen des Anschlags (23') verändert.

2. Hydrauliksystem (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuersignal bei Überschreiten eines voreinstellbaren Antriebsdrehzahlwertes das maximale Fördervolumen reduziert.

3. Hydrauliksystem (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuersignal bei Überschreiten eines voreinstellbaren Antriebsdrehzahlwertes das maximale Fördervolumen proportional zur Antriebsdrehzahl verändert, wobei die Steuereinheit (32) mit zunehmender Antriebsdrehzahl das maximale Fördervolumen reduziert und mit abnehmender Antriebsdrehzahl erhöht.

4. Hydrauliksystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Einstellmittel (36) vorgesehen sind, in Abhängigkeit derer das Steuersignal modifizierbar ist, und das maximale Fördervolumen über die Einstellmittel (36) veränderbar ist, derart, dass das maximale Fördervolumen unabhängig von der Antriebsdrehzahl reduziert oder erhöht werden kann.

5. Hydrauliksystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Temperatursensor (37) vorgesehen ist und in Abhängigkeit eines vom Temperatursensor (37) gelieferten Temperatursignals das Steuersignal modifizierbar ist, derart, dass das maximale Fördervolumen zusätzlich in Abhängigkeit von der Temperatur einer Hydraulikflüssigkeit des Hydrauliksystems reduziert oder erhöht werden kann.

6. Hydrauliksystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellmittel (38) einen Elektromotor umfassen.

7. Arbeitsfahrzeug (44), insbesondere landwirtschaftliches Fahrzeug oder Baumaschine, mit einem Hydrauliksystem (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6.

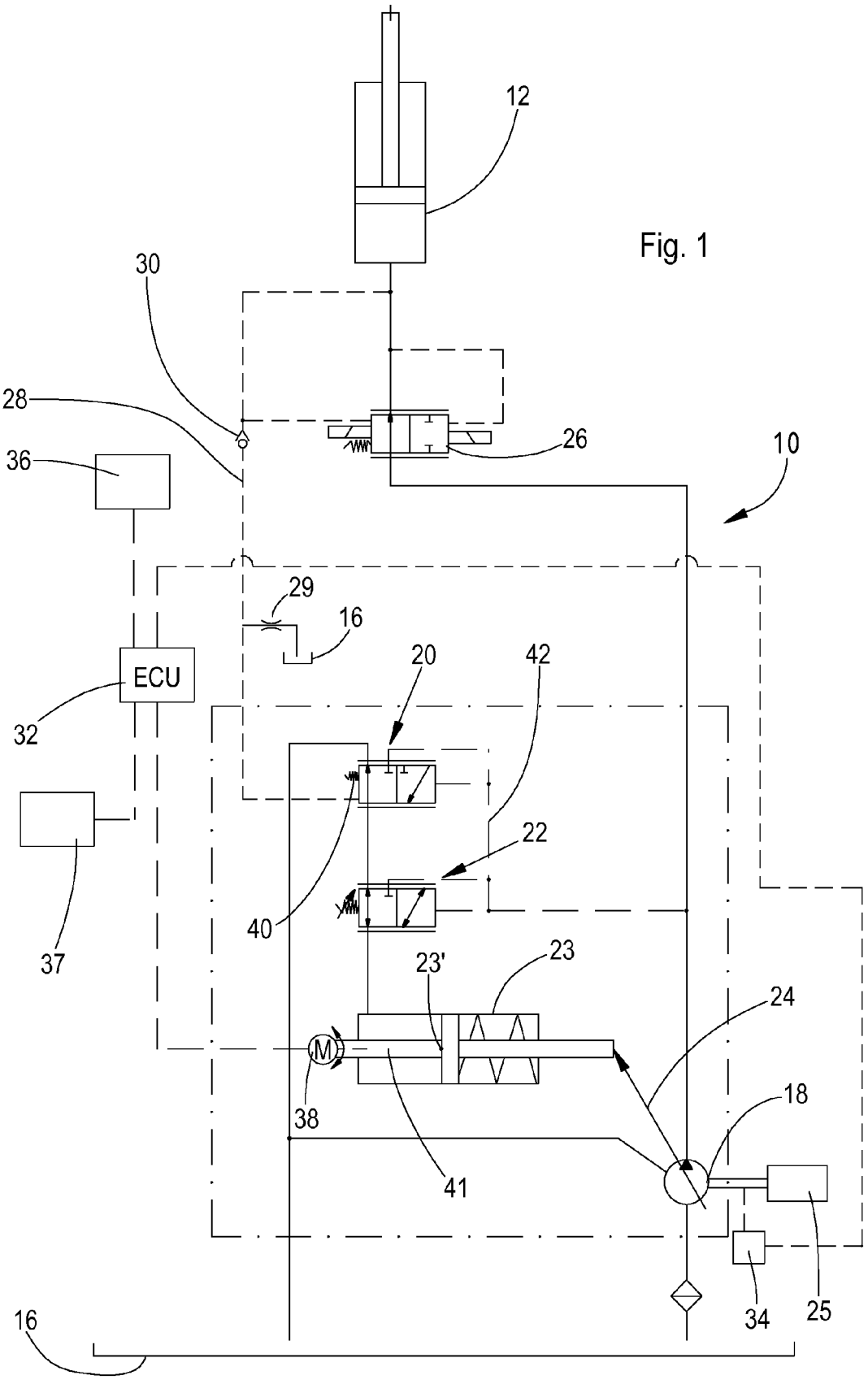

12
30
28
36
26
10
29
16
ECU
20
42
32
22
40
37
23'
23
24
M
18
38
41
16
34
25

Fig. 1

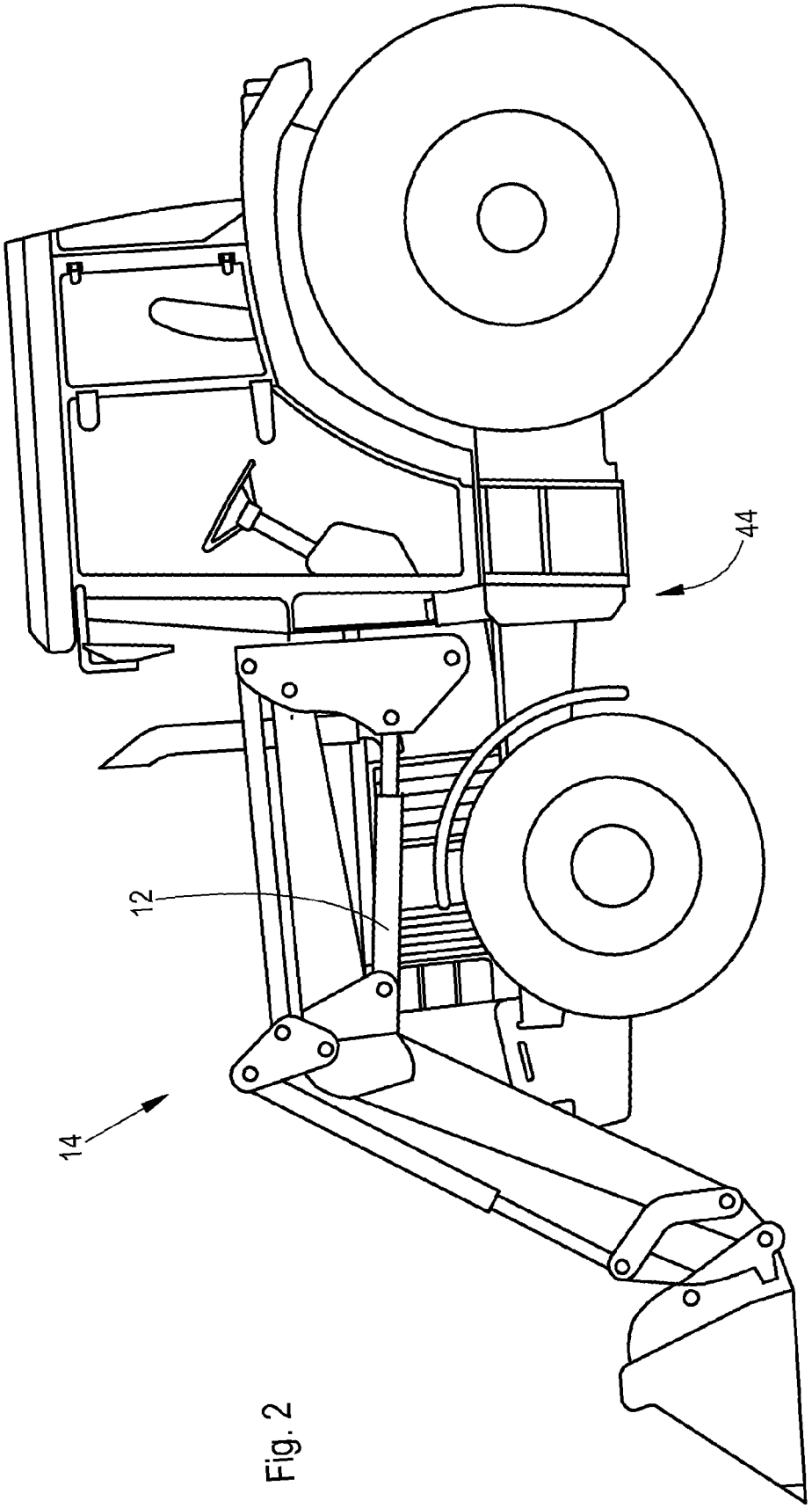


Fig. 2

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 1760325 A2 **[0004]**
- EP 0439621 B1 **[0006]**
- EP 349092 B1 **[0007]**