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

(11) **EP 2 149 715 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.02.2010 Patentblatt 2010/05

(51) Int Cl.:
F15B 15/28 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **09008292.6**

(22) Anmeldetag: **24.06.2009**

(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 TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(30) Priorität: **31.07.2008 DE 202008010230 U**

(71) Anmelder: **Liebherr-Elektronik GmbH**
88131 Lindau (DE)

(72) Erfinder:
- **Engler, Alfred, Dr.-Ing.**
  88138 Sigmarszell (DE)
- **Mahdavi, Nejat, Dr.-Ing.**
  88131 Lindau (DE)
- **Thürigen, Christian, Dr.-Ing.**
  71229 Leonberg (DE)

(74) Vertreter: **Laufhütte, Dieter et al**
Lorenz-Seidler-Gossel
Widenmayerstrasse 23
80538 München (DE)

(54) **Positionsmessvorrichtung für einen fluidischen Zylinder**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Positionsmeßvorrichtung für einen fluidischen Zylinder, welcher einen Zylindermantel (1) und eine im Zylindermantel (1) längsverschieblich geführte Kolbenstange (2) aufweist, wobei die Positionsmeßvorrichtung eine Auswerteeinheit (30) aufweist, welche die Position der Kolbenstange (2) bezüglich des Zylindermantels (1) anhand der intrinsischen Kapazität des von Zylindermantel (1), Kolbenstange (2) und einem als Dielektrikum wirkenden dielektrischen Fluid gebildeten Kondensators bestimmt.

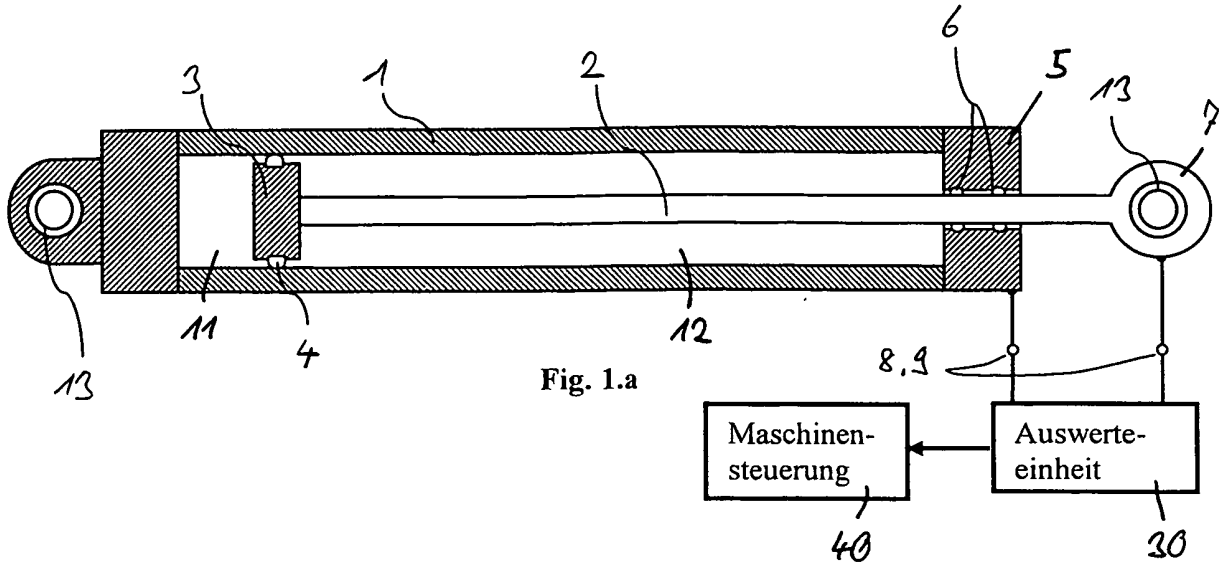

Fig. 1.a

EP 2 149 715 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Positionsmeßvorrichtung für einen fluidischen Zylinder, insbesondere einen Hydraulik- oder Pneumatikzylinder, welcher einen Zylindermantel und eine im Zylindermantel längsverschieblich geführte Kolbenstange aufweist.

[0002] Solche Positionsmeßvorrichtungen zur Messung der Längenausdehnung von fluidischen Zylinder kommen dabei in einer Vielzahl von technischen Gebieten immer dann zum Einsatz, wenn Informationen zur Längenausdehnung des fluidischen Zylinders für eine präzise Positionierung benötigt werden. Insbesondere kommen solche Positionsmeßvorrichtungen dabei zur Bestimmung der Längenausdehnung der fluidischen Zylinder von Baumaschinen zum Einsatz, um z. B. bei Baggern, Radladern oder Kranen eine präzise Positionierung der Schaufel bzw. der Gabel zu ermöglichen. Hierbei müssen die Längenausdehnungen aller beteiligten fluidischen Zylinder gemessen werden, um anhand der gemessenen Längenausdehnung und durch geeignete Transformationen die Endlage der Schaufel bzw. der Gabel berechnen zu können.

[0003] Um eine Längenausdehnung des Zylinders zu bewirken, werden fluidische Zylinder mit einem unter Druck stehenden Fluid, insbesondere mit Hydrauliköl oder Pressluft, beaufschlagt, wodurch die Kolbenstange gegenüber dem Zylinder bewegt wird. Zur Messung der Längenausdehnung von fluidischen Zylindern sind dabei bereits Meßsysteme auf magnetostriktiver Basis bekannt. Dabei wird ein Meßelement mit entsprechenden magnetischen Eigenschaften in die Kolbenstange integriert, wofür diese axial aufgebohrt werden muss. Dies ist insbesondere bei sehr langen Zylindern mit bis zu sechs Metern sehr kostspielig und erfordert viel Aufwand hinsichtlich der Tiefbohrtechnik. Zudem ist die Kabelführung für die Meßelektronik innerhalb der Zylinder angeordnet, und damit in der Hochdruckzone mit bis zu 400 bar.

[0004] Weiterhin ist aus DE 202 18 623 U1 eine Positionsmeßvorrichtung für fluidische Zylinder bekannt, bei welcher ein in der Kolbenstange eingetauchter elektrisch isolierter Metallstab und die Kolbenstange selbst einen Kondensator bilden, dessen Kapazität gemessen wird. Die Anbringung der Meßsonde in der Kolbenstange ist wiederum sehr kostspielig und erfordert viel Aufwand hinsichtlich der Tiefbohrtechnik. Zudem bestehen wiederum Schwierigkeiten bei der Kabelführung innerhalb der Zylinder, da diese wiederum in der Hochdruckzone verläuft.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Positionsmeßvorrichtung für fluidische Zylinder zur Verfügung zu stellen, welche bei geringen Kosten und geringem konstruktiven Aufwand eine hinreichende Genauigkeit bei der Längenmessung eines Hydraulikzylinders bietet.

[0006] Diese Aufgabe wird von einer Positionsmeßvorrichtung für einen fluidischen Zylinder gemäß Anspruch 1 gelöst. Der fluidische Zylinder weist dabei einen Zylindermantel und eine im Zylindermantel längsverschieblich geführte Kolbenstange auf. Insbesondere handelt es sich dabei um einen Hydraulikzylinder oder einen pneumatischen Zylinder. Erfindungsgemäß weist die Positionsmeßvorrichtung eine Auswerteeinheit auf, welche die Position der Kolbenstange bezüglich des Zylindermantels anhand der intrinsischen Kapazität des von Zylindermantel, Kolbenstange und einem als Dielektrikum wirkenden dielektrischen Fluid gebildeten Kondensators bestimmt. Kolbenstange und Zylindermantel stellen dabei die Elektroden des Kondensators dar, während das Fluid, mit welchem der Zylinder beaufschlagt wird, ein dielektrisches Fluid darstellt und als Dielektrikum wirkt. Durch die Verwendung der intrinsischen Kapazität des von Zylindermantel, Kolbenstange und Dielektrikum gebildeten Kondensators kann auf die Verwendung zusätzlicher Meßsonden, wie sie im Stand der Technik zwingend notwendig waren, verzichtet werden. Hierdurch wird eine äußerst kostengünstige und einfach zu verwirklichende Positionsmeßvorrichtung zur Verfügung gestellt, welche dennoch eine Längenmessung des fluidischen Zylinders mit hinreichender Genauigkeit ermöglicht. Weiterhin ermöglicht die vorliegende Erfindung eine mechanisch stabile und schwingungs- bzw. schockfeste Messvorrichtung.

[0007] Das vorgeschlagene Meßverfahren nutzt dabei die intrinsischen elektrischen Eigenschaften des zu messenden Zylinders (hier speziell die kapazitive Eigenschaft des Zylinders) und erfaßt die Änderungen dieser Eigenschaften während der Längenausdehnung des Zylinders. Ein fluidischer Zylinder verhält sich dabei wie ein Kondensator, wobei der Zylinder und die Kolbenstange als Elektroden eines zylinderförmigen Kondensators fungieren, während die Kunststoffabdichtung am Kolben und am Zylinderabschlußdeckel sowie das Fluid, insbesondere das Hydrauliköl als Dielektrikum wirken. Bei einer Längenausdehnung des fluidischen Zylinders ändert sich durch die Änderung der Kondensatorfläche die intrinsische Kapazität des fluidischen Zylinders. Erfindungsgemäß kann daher durch Messung dieser intrinsischen Kapazität die Längenausdehnung des fluidischen Zylinders bestimmt werden.

[0008] Der Vorteil des Meßverfahrens liegt darin, dass weder Meßelement noch Meßelektronik im Zylinder angebracht werden müssen und folglich keine konstruktiven Änderungen im fluidischen Zylinder erforderlich sind. Es handelt sich damit um ein sehr kostengünstiges und dennoch robustes Meßverfahren.

[0009] Vorteilhafterweise bestimmt die Auswerteeinheit dabei die intrinsische Kapazität des fluidischen Zylinders über eine Oszillatorschaltung mit Frequenzauswertung, wobei die Frequenzauswertung vorteilhafterweise digital erfolgt. Bei der Oszillatorschaltung kann es sich dabei um eine LC-Schaltung, eine RC-Schaltung, oder aber auch andere Oszillatoren wie einen Martin- bzw. einen modifizierten Martin-Oszillator handeln, bei welcher der fluidische Zylinder als Kondensator eingesetzt wird. Die Kapazität kann dabei mit einer geeigneten

Frequenz, z. B. 100 kH, und einem geeigneten Spannungspegel über eine digitale Frequenzauswertung bestimmt werden.

[0010] Alternativ bestimmt die Auswerteeinheit die Kapazität über eine Wechselspannungsmessbrücke oder einen Wechselspannungsmessverstärker mit Spannungsauswertung, wobei vorteilhafterweise eine digitale Frequenzauswertung erfolgt.

[0011] Weiterhin kann die Auswertung durch eine Schaltung mit Switched-Capacitor-Technik (geschaltete-Kondensator-Technik) mit Spannungsauswertung erfolgen, in der der Zylinder mit einer konstanten Frequenz auf eine Referenzspannung aufgeladen und durch einen Integrator entladen wird.

[0012] In einer ersten Variante der vorliegenden Erfindung berechnet die Auswerteinheit die Position der Kolbenstange als lineare Funktion der gemessenen Kapazität. Es hat sich nämlich gezeigt, dass die Kapazität in relativ guter Näherung eine lineare Funktion des Verfahrwegs der Kolbenstange darstellt und umgekehrt. Durch die lineare Approximation ergibt sich damit eine äußerst einfache Auswertemethode, welche dennoch mit ausreichender Genauigkeit eine Positionsbestimmung der Kolbenstange bezüglich des Zylinders ermöglicht.

[0013] Vorteilhafterweise berechnet die Auswerteinheit die Position der Kolbenstange aber anhand eines gespeicherten Kennfelds als Funktion der gemessenen Kapazität. Es hat sich nämlich gezeigt, dass die Kapazität insbesondere im mittleren Bereich des Zylinderhubs in guter Näherung eine lineare Funktion des Verfahrwegs der Kolbenstange darstellt und umgekehrt. Am Anfang und am Ende des Zylinderhubs stellt die Kapazität jedoch eine nichtlineare Funktion des Verfahrwegs dar. Mit Hilfe eines in der Auswerteelektronik gespeicherten Kennfelds wird eine präzise Kalibrierung für den ganzen Hubweg erreicht. Hierdurch wird eine Positionsbestimmung der Kolbenstange bezüglich des Zylinders mit größerer Genauigkeit realisierbar.

[0014] Vorteilhafterweise umfasst die Auswerteinheit weiterhin eine Temperaturkompensation. Hierdurch kann eine Verfälschung der Meßergebnisse durch Temperaturschwankungen verhindert werden.

[0015] Weiterhin vorteilhafterweise mißt die Auswerteeinheit zusätzlich die Leitfähigkeit des Zylinders. Die Leitfähigkeit des fluidischen Zylinders wird dabei vorteilhafterweise zwischen der Kolbenstange und dem Zylindermantel gemessen. Hierdurch kann eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Zylinders und/oder eine Kompensation der Meßergebnisse implementiert werden.

[0016] Die Parallelleitfähigkeit der fluidischen Zylinder infolge der intern im Fluidkreislauf befindlichen Verschmutzungen, insbesondere der Metallpartikel, aber auch der externen umweltbedingten Verschmutzungen, beeinflusst die Ergebnisse der Kapazitätsmessung. Vorteilhafterweise mißt die Auswerteeinheit daher zusätzlich Leitfähigkeit des Zylinders und kompensiert die durch die Leitfähigkeit bewirkten Fehler in den Meßergebnissen zur Kapazität.

[0017] Vorteilhafterweise weist die Auswerteeinheit dabei eine Funktion zur Erkennung von Dichtungsfehlern auf. Die Auswerteeinheit kann dabei durch die Messung der intrinsischen Kapazität und/oder der Leitfähigkeit des erfindungsgemäßen fluidischen Zylinders Dichtungsfehler erkennen und z. B. ein Warnsignal an die zentrale Steuerung der Maschine senden.

[0018] Weiterhin vorteilhafterweise weist die Auswerteeinheit eine Funktion zur Erkennung des Fluidzustands auf. Auch hier kann durch die Messung der intrinsischen Kapazität und/oder der Leitfähigkeit auf den Zustand des verwendeten Fluids, insbesondere auf den Zustand des Hydrauliköls geschlossen werden. Das erfindungsgemäße Meßverfahren kann demgemäß eine Minderung der Fluid- bzw. Ölqualität rechtzeitig melden.

[0019] Die erfindungsgemäße Positionsmeßvorrichtung kann demgemäß die Funktionsfähigkeit des Zylinders überwachen und Schädigungen der Zylinderdichtungen sowie die Minderung der Ölqualität erkennen.

[0020] Vorteilhafterweise weist die Auswerteinheit dabei einen Speicher auf, in welchen die intrinsische Kapazität des von Zylindermantel und Kolbenstange gebildeten Kondensators für die beiden Endpositionen der Kolbenstange speicherbar und/oder gespeichert ist. Durch einen Vergleich der gespeicherten Werte mit den aktuell gemessenen Werten bei diesen festen Positionen kann die Funktionsfähigkeit des Zylinders und/oder der Positionsmeßvorrichtung überwacht werden.

[0021] Vorteilhafterweise ist der fluidische Zylinder, dessen Längenausdehnung über die erfindungsgemäße Positionsmeßvorrichtung gemessen wird, auf mindestens einer Seite über einen elektrischen Isolator an einer Maschinenkonstruktion angelenkt. Hierdurch wird verhindert, dass der auf einer Maschinenkonstruktion angelenkte fluidische Zylinder durch diese kurzgeschlossen wird, was eine Positionsmessung verhindern würde. Der erfindungsgemäße fluidische Zylinder ist daher von der metallischen Maschinenkonstruktion elektrisch abisoliert. Vorteilhafterweise ist er dabei auf beiden Seiten über einen elektrischen Isolator an der Maschinenkonstruktion angelenkt. Vorteilhafterweise erfolgt die Anlenkung dabei über einen elektrisch isolierten Gleitring wie z.B. einen Kunststoffgleitring oder keramischen Gleitring. Solche Gleitringe haben eine hohe mechanische Festigkeit und gleichzeitig einen hohen elektrischen Widerstand.

[0022] Um den Einfluss der parasitären Kapazitäten auszuschalten, wird vorteilhaferweise eine aktive Potentialausgleichsfläche eingesetzt, die dasselbe elektrische Potential wie der Zylinder hat. Dieser Aufbau führt zu optimaler Abschirmung von störenden Feldern.

[0023] Der fluidische Zylinder, für welchen die erfindungsgemäße Positionsmeßvorrichtung eingesetzt wird, weist vorteilhafterweise elektrische Anschlüsse zur Verbindung der Auswerteeinheit mit dem Zylindermantel und der Kolbenstange auf. Dies sind die einzigen konstruktiven Änderungen, welche zur Umsetzung der vorliegenden Erfindung an einem handelsüblichen fluidi-

schen Zylinders vorgenommen werden müssen. Dabei ist ein erster elektrischer Anschluß vorgesehen, welcher elektrisch leitend mit dem Zylindermantel in Verbindung steht und ein zweiter Anschluß, welcher elektrisch leitend mit der Kolbenstange in Verbindung steht. An diese beiden elektrischen Anschlüsse wird die Auswerteeinheit, welche z.B. als externes Gerät ausgeführt werden kann, angeschlossen.

[0024] In einer ersten Ausgestaltung der Erfindung ist dabei der elektrische Anschluss für die Kolbenstange im Bereich der Anlenkung der Kolbenstange angeordnet und mit dieser fest verbunden. Hierdurch ergibt sich eine besonders einfache mechanische Lösung, wobei die beiden Anschlüsse jedoch bei einer Längenausdehnung des fluidischen Zylinders gegeneinander bewegt werden.

[0025] Alternativ erfolgt daher der elektrische Anschluss für die Kolbenstange über einen Schleifkontakt. Der Schleiferträger ist dabei vorteilhafterweise am Zylindermantel oder am Zylinderabschlußdeckel angeordnet und steht über einen Schleifkontakt mit der Kolbenstange in Verbindung. Weiterhin kann der Schleiferträger außerhalb des Zylinders befestigt werden.

[0026] In einer weiteren Ausführung wird die Auswerteeinheit auf einer Seite des Zylinders fest montiert, während die Messsignale drahtlos an eine Maschinensteuerung gesendet werden. Dabei wird die Auswerteeinheit auf einer Seite des fluidischen Zylinders unmittelbar befestigt und elektrisch mit dem Zylinder verbunden. Der andere Anschluss wird durch die metallische Maschinenkonstruktion mit dem Zylinder verbunden. Die Stromversorgung für die Auswerteeinheit erfolgt vorteilhafterweise durch eine in der Auswerteeinheit eingebaute Batterie. Das Ausgangssignal der Auswerteeinheit wird drahtlos z.B. per Funk zur Maschinensteuerung übertragen. Zur Übertragung des Messsignals kann z.B. das Frequenzband 433 MHz oder andere Frequenzbänder (wie z. B. WLAN, Bluetooth,...) genutzt werden. Insbesondere in Baumaschinenbereich, in denen die Verkabelungen durch Steinschläge beschädigt werden können, bietet diese Ausführungsart erhebliche Vorteile. Insbesondere werden die Zuverlässigkeit der Messvorrichtung erhöht und die Ausführungskosten reduziert.

[0027] Die vorliegende Erfindung umfasst weiterhin einen fluidischen Zylinder für eine Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche. Insbesondere handelt es sich dabei um einen hydraulischen oder pneumatischen Zylinder. Insbesondere weist dieser fluidische Zylinder dabei elektrische Anschlüsse zur Verbindung der Auswerteeinheit mit dem Zylindermantel und der Kolbenstange auf. Weiterhin sind vorteilhafterweise Isolatoren zur Anlenkung des fluidischen Zylinders an einer Maschinenkonstruktion vorgesehen.

[0028] Die vorliegende Erfindung umfasst weiterhin eine Auswerteeinheit für eine Positionsmeßvorrichtung, wie sie oben beschrieben wurde. Diese umfasst dabei die nötige Meß- und Auswerteelektronik zur Messung der Kapazität und zur Berechnung der Längenausdehnung des fluidischen Zylinders.

[0029] Die vorliegende Erfindung umfasst weiterhin eine Vorrichtung, insbesondere eine Maschine, ein Fahrzeug, ein Flugzeug und/oder ein Arbeitsgerät, mit einem fluidischen Zylinders und einer Positionsmeßvorrichtung, wie sie oben beschrieben wurden. Die vorliegende Erfindung kann dabei in einer Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungsbereichen zum Einsatz kommen, um die Längenausdehnung eines fluidischen Zylinders zu bestimmen. Insbesondere kann sie dabei in Baumaschinen wie z. B. Hydraulikbaggern, Raupenbaggern oder Radladern eingesetzt werden. Weiterhin ist auch die Anwendung in Kranen möglich. Zudem ergeben sich Anwendungen im Bereich der Luftfahrttechnik, der Fertigungstechnik (z. B. Stahlwalzen, hydraulische Presse), Verpackungsmaschinen, Nahrungsproduktion, Kunststoffmaschinen, im Bereich Automotive (PKW, LKW, Agrarmaschinen), bei Prüf- und Testmaschinen und bei allen anderen Anwendungen, bei welchen die Längenausdehnung eines fluidischen Zylinders mit wenig konstruktivem Aufwand bestimmt werden soll.

[0030] Vorteilhafterweise wird dabei der fluidische Zylinder anhand der von der Positionsmeßvorrichtung ermittelten Daten durch Beaufschlagung mit unter Druck stehendem Fluid bewegt und so präzise positioniert. Bei dem fluidischen Zylinder handelt es sich damit um einen Arbeitszylinder, welcher der Bewegung eines Elementes der Vorrichtung dient, wofür er von einer Steuereinheit mit unter Druck stehendem Fluid beaufschlagt wird. Die erfindungsgemäße Positionsmeßvorrichtung liefert dabei Daten an die Steuereinheit, anhand welcher die Bewegung des Zylinders geregelt werden kann. Die Daten von der Positionsmeßvorrichtung können ebenfalls genutzt werden, um ungewollte Längenänderungen des Zylinders aufgrund von Funktionsstörungen zu erkennen und/oder um eine automatische Ansteuerung des Zylinders zu ermöglichen.

[0031] Die vorliegende Erfindung umfasst weiterhin ein Verfahren zur Bestimmung der Position der Kolbenstange eines fluidischen Zylinders bezüglich des Zylindermantels, bei welchem die intrinsische Kapazität des von Zylindermantel und Kolbenstange gebildeten Kondensators gemessen und die Position der Kolbenstange aus der gemessenen Kapazität berechnet wird. Vorteilhafterweise erfolgt die Messung der Kapazität dabei über eine Oszillatorschaltung, weiterhin vorteilhafterweise mittels Frequenzauswertung. Die Position der Kolbenstange wird dabei vorteilhafterweise als lineare Funktion der gemessenen Kapazität bestimmt. Weiterhin vorteilhafterweise wird die Leitfähigkeit des Zylinders gemessen und mittels der gemessenen Leitfähigkeit weiterhin die Funktionsfähigkeit des fluidischen Zylinders überwacht. Insbesondere werden dabei Dichtungsfehler und/oder der Fluidzustand, insbesondere der Ölzustand bei Hydraulikzylindern, auf Grundlage der gemessenen Leitfähigkeit erkannt. Vorteilhafterweise wird die gemessene Position der Kolbenstange bezüglich des Zylindermantels einer Steuereinheit einer Vorrichtung zugeleitet. Die-

se kann den Zylinder anhand dieser Daten mit unter. Druck stehendem Fluid beaufschlagen. Die Ansteuerung des Zylinders erfolgt also anhand der Daten der Positionsmeßvorrichtung. Weiterhin können die Daten zur Automatisierung von Bewegungsabläufen und/oder als Sicherheitsfunktion zur Überwachung von ungewollten Längenänderungen des Zylinders aufgrund von Zylinderfunktionsstörungen genutzt werden.

[0032] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen sowie Zeichnungen näher dargestellt. Dabei zeigen:

Figur 1a: eine Schnittansicht durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen fluidischen Zylinders,

Figur 1b: eine Schnittansicht durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen fluidischen Zylinders,

Figur 1c: eine Schnittansicht durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen fluidischen Zylinders,

Figur 1d: eine Schnittansicht durch ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen fluidischen Zylinders mit einer am Zylinder montierten Auswerteeinheit mit drahtloser Signalübertragung,

Figur 2: ein Diagramm, welches die intrinsische Kapazität eines fluidischen Zylinders in Abhängigkeit vom Verfahrweg und deren lineare Approximation darstellt und

Figur 3: ein Schaltplan einer Kapazitäts-Meßanordnung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Auswerteeinheit.

[0033] In Figuren 1a bis 1d sind vier Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen fluidischen Zylinders gezeigt. Wie alle fluidische Zylinder weist dieser dabei einen Zylindermantel 1 und eine darin längsverschieblich geführte Kolbenstange 2 auf, an welcher der Kolben 3 angeordnet ist. Hierdurch ergeben sich ein Kolbenraum 11 und ein Zylinderraum 12, welche zur Bewegung des Kolbens mit einem Fluid, insbesondere mit Hydrauliköl oder Druckluft, beaufschlagt werden. Der Zylindermantel 1 und die Kolbenstange 2 sind dabei aus Metall, insbesondere aus Stahl oder aus metallisch beschichteten Materialien gefertigt und bilden so die Elektroden eines zylinderförmigen Kondensators. Die Kunststoffabdichtung 4 zwischen Kolben 3 und Zylindermantel 1 und die Kunststoffabdichtung 6 zwischen Kolbenstange 2 und Zylinderabschlußdeckel 5 sowie das dielektrische Fluid in den Kammern 11 und 12, dienen dabei als Dielektrikum. Eine Längenausdehnung des fluidischen Zylinders durch eine Bewegung der Kolbenstange 2 relativ zum Zylindermantel 1 ändert nun durch die Änderung der Kondensatorfläche diese intrinsische Kapazität des fluidischen Zylinders. Die elektrisch nichtleitenden Gleitringe 13 isolieren den Zylinder elektrisch von der metallischen Maschinenkonstruktion ab.

[0034] Bei dem Zylinder handelt es sich um einen Arbeitszylinder, welcher ein Element einer Arbeitsmaschine bewegt und dessen Bewegung von einer Maschinensteuerung 40 angesteuert wird. Die Maschinensteuerung 40 steuert hierfür den FluidFluß zu den beiden Kammern 11 und 12 des Zylinders.

[0035] Erfindungsgemäß wird nun durch die Messung dieser intrinsischen Kapazität des erfindungsgemäßen fluidischen Zylinders die Längenausdehnung des fluidischen Zylinders ermittelt. Hierfür sind elektrische Anschlüsse 8 und 9 zur Verbindung des Zylindermantels 1 und der Kolbenstange 2 mit einer Auswerteeinheit 30 vorgesehen. Die Anschlüsse 8 und 9 stehen dabei jeweils elektrisch leitend mit dem Zylindermantel 1 bzw. der Zylinderstange 2 in Verbindung. Die Auswerteeinheit 30 liefert die Meßergebnisse dann an die Maschinensteuerung 40. Dort werden die Meßergebnisse zur Ansteuerung und/oder Überwachung des Zylinders herangezogen.

[0036] In Figur 1a ist dabei ein erstes Ausführungsbeispiel gezeigt, in welchem der Anschluß 8 zur Verbindung der Auswerteeinheit mit der Kolbenstange 2 im Bereich des Anlenkauges 7 an der Kolbenstange 2 angeordnet ist. In Figur 1b ist dagegen ein zweites Ausführungsbeispiel angezeigt, bei welchem ein Schleifkontakt 10 verwendet wird, um die Kolbenstange 2 elektrisch zu kontaktieren. Der Schleifkontakt 10 ist dabei im Ausführungsbeispiel am Zylinderabschlußdeckel 5 des fluidischen Zylinders angeordnet und stellt den Kontakt mit der Kolbenstange 2 her. In Figur 1b ist der Schleifkontakt 10 dabei im inneren des Zylinderraums 12 angeordnet. Alternativ könnte der Schleifkontakt 10 gemäß Figur 1c auch außerhalb des Zylinderrraums 12 z. B. auf der Außenseite des Zylinderabschlußdeckels oder in den Zylinderabschlußdeckel integriert angeordnet sein.

[0037] In Figur 1c ist ein viertes Ausführungsbeispiel dargestellt, in dem die Auswerteeinheit 30 auf einer Seite des fluidischen Zylinders unmittelbar befestigt und elektrisch an den Zylinder angeschlossen wird. Der andere Anschluss 9 der Auswerteeinheit 30 wird durch die metallische Maschinenkonstruktion 50 mit dem Zylinder verbunden. Die Stromversorgung für die Auswerteeinheit erfolgt durch eine in der Auswerteeinheit eingebaute Batterie. Das Ausgangssignal der Auswerteeinheit wird drahtlos und per Funk mittels einer in der Auswerteeinheit integrierten Antenne zu einem Maschinensteuergerät übertragen.

[0038] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Meßverfahrens liegt darin, dass der fluidische Zylinder selbst als Meßelement dient und demnach kein zusätzliches Meßelement vorgesehen werden muss. Auch muß keine Meßelektronik im Zylinder angeordnet werden. Bis auf die Anordnung der beiden elektrischen Anschlüsse sind

demnach keine konstruktiven Änderungen am fluidischen Zylinders erforderlich.

[0039] Bei einer Längenausdehnung des fluidischen Zylinders ändert sich dessen intrinsische Kapazität, da sich die Kondensatorfläche des von Zylindermantel 1 und Kolbenstange 2 gebildeten zylinderförmigen Kondensators ändert. Diese Änderung der Kapazität wird mittels der erfindungsgemäßen Auswerteeinheit gemessen und ausgewertet. Die Abhängigkeit der Zylinderkapazität von der Längenausdehnung ist dabei in Figur 2 dargestellt. Die Meßkurve entspricht dabei in sehr guter Näherung einer linearen Abhängigkeit zwischen Kapazität und Verfahrweg.

[0040] Dementsprechend wird in einer ersten Variante der vorliegenden Erfindung der Verfahrwerg bzw. die Position der Kolbenstange als eine lineare Funktion der Kapazität bestimmt. Es handelt sich demnach um ein sehr kostengünstige und robuste Meßvorrichtung zur Bestimmung der Längenausdehnung des fluidischen Zylinders, welches dennoch eine ausreichende Meßgenauigkeit bietet.

[0041] Da jedoch gerade an den Enden des Hubweges des Zylinders Abweichungen von dem linearen Zusammenhang bestehen, ist in einer alternativen Ausführung der vorliegenden Erfindung ein Kennfeld in der Auswerteeinheit abgelegt, über welches die Position der Zylinderstange anhand der Kapazität bestimmt werden kann. So ergibt sich gerade in den Randbereichen eine noch präzisere Messung und Ansteuerung. Die Implementierung beleibt durch die Verwendung eines Kennfeldes dennoch einfach und robust.

[0042] Die Auswerteeinheit umfasst dabei eine Auswerteelektronik, welche die Kapazität z. B. mittels einer Oszillatorschaltung (LC, RC oder Martin-Oszillator bzw. modifizierter Martin-Oszillator) mit geeigneter Frequenz und einem geeigneten Spannungspegel über eine digitale Frequenzauswertung ermittelt. Die Berechnung des Verfahrwegs aus der Kapazität erfolgt dann wie beschrieben mittels gespeichertem Kennfeld. Weiterhin ist eine Temperaturkompensation vorgesehen.

[0043] Weiterhin kann die Auswertung durch eine Wechselspannungsmessbrücke oder durch eine Wechselspannungsmessverstärker realisiert werden, in dem der Zylinder als variabler Kondensator in Koppel- oder Rückkopplungszweig angeschlossen wird.

[0044] Die Auswertung kann auch durch eine Schaltung mit Switched-Capacitor-Technik (geschalteter-Kondensator-Technik) erfolgen, in der der Zylinder mit einer konstanten Frequenz auf eine Referenzspannung aufgeladen und durch einen Integrator entladen wird. Am Ausgang entsteht dann eine Gleichspannung, die proportional zu der Zylinderkapazität ist.

[0045] Die Auswerteeinheit weist weiterhin eine Funktion zur Überwachung der Funktionsfähigkeit des Zylinders auf. Dabei können Beschädigungen der Zylinderdichtungen sowie ein Minderung der Fluidqualität rechtzeitig anhand der Messung der Zylinderleitfähigkeit erkannt und gemeldet werden.

[0046] Um den fluidischen Zylinder nicht durch eine metallische Maschinenkonstruktion kurzzuschließen, muss die Anlenkung des fluidischen Zylinders an der metallischen Maschinenkonstruktion elektrisch isolierend ausgeführt sein. Dies kann durch die Verwendung von elektrisch isolierenden Gleitringen 13 zur Lagerung der fluidischen Zylinder realisiert werden. Solche Gleitringe weisen eine hohe mechanische Stabilität und einen hohen elektrischen Widerstand auf. Dabei können z.B isolierende Dichtungen (aus reinem Kunststoff ohne Graphit- oder Metallpartikel) eingesetzt werden.

[0047] In Figur 3 ist ein Schaltplan einer Kapazitäts-Meßanordnung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Auswerteeinheit dargestellt, bei welcher die intrinsische Kapazität Cs des fluidischen Zylinders 20 über eine Switched-Capacitor-Technik ausgewertet wird. Dabei wird der Zylinder 20 über die Spannungsquelle 21 mit einer konstanten Frequenz auf eine Referenzspannung Uin aufgeladen. Durch Umschalten mit dem Schalter 22 wird der Zylinder 20 dann über den Integrator 25 entladen. Am Ausgang des Integrators entsteht eine Gleichspannung, welche proportional zur Zylinderkapazität ist. Dabei wurde ein niederohmiger Parallelwiderstand 23 zu dem Zylinder 20 vorgesehen, welcher die Schaltung unempfindlicher gegen Leitfähigkeitsänderungen des Zylinders macht.

[0048] Die Leitfähigkeitsänderungen sind schematisch durch den veränderlichen Widerstand 24 dargestellt. Dabei ist ein Block 26 zur Überwachung und/oder Kompensation vorgesehen, in welchem der veränderliche Widerstand des Zylinders bestimmt wird. Der Block 26 überwacht die Zylinderfunktion und detektiert Dichtungsfehler. Zudem berechnet er den Einfluß von externen Leitfähigkeiten z. B. durch externe Verschmutzungen auf die Kapazitätsmessung anhand des ermittelten Parallelwiderstands. Im Korrekturblock 27 werden Meßfehler bezüglich der Kapazität, welche auf den Leitfähigkeitsänderungen des Zylinders 20 beruhen, korrigiert. Die Ausgangsspannung Uout entspricht damit der korrigierten Kapazität des Zylinders 20.

[0049] Die gemessene Kapazität wird erfindungsgemäß ausgewertet, um die Längenausdehnung des Zylinders zu bestimmen. Vorteilhafterweise ist dabei in der Auswerteeinheit ein Kennfeld abgespeichert, welches der Kompensation des teilweise nicht linearen Verhaltens der Zylinderkapazität dient. Zudem kann vorteilhafterweise die Zylinderkapazität für die End- bzw. Anfangsposition des Zylinders zur automatischen Kalibrierung des Meßvorgangs gespeichert werden.

[0050] Die Meßdaten zur Längenausdehnung des Zylinders werden erfindungsgemäß einer Maschinensteuerung einer Arbeitsmaschine übergeben. Dort können Sie zur Ansteuerung des Zylinders herangezogen werden. Dabei kann eine Automatisierung der Ansteuerung des Zylinders über die Meßsignale erfolgen. Alternativ oder zusätzlich können die Daten der erfindungsgemäßen Positionsmeßvorrichtung genutzt werden, um die Zylinder auf ungewollte Längenänderungen aufgrund von Funk-

tionsstörungen zu überwachen. Die Positionsmeßvorrichtung liefert ihre Daten hierzu an eine Sicherheitseinrichtung zur Überwachung der Arbeitsmaschine. Weiterhin können Daten der Dichtungsfehler- und/oder Ölzustandserkennung der Maschinensteuerung zugeleitet werden. Insbesondere werden diese Daten dabei einem Informationssystem zugeleitet, insbesondere einem Fahrerinformationssystem und/oder einem Maintainance-Managementsystem der Arbeitsmaschine.

[0051] Neben der Verwendung in Baumaschinen, insbesondere zur Längenbestimmung der zur Bewegung des Auslegers bzw. des Stiels eingesetzten Hydraulikzylinder, ergeben sich für die erfindungsgemäße Positionsmeßvorrichtung eine Vielzahl von weiteren Anwendungsbereichen. Dabei wird ein Meßsystem zur Verfügung gestellt, welches eine hervorragende Lösung hinsichtlich der Kosten, der Konstruktion und der Genauigkeit bietet.

Patentansprüche

1. Positionsmeßvorrichtung für einen fluidischen Zylinder, welcher einen Zylindermantel und eine im Zylindermantel längsverschieblich geführte Kolbenstange aufweist,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass die Positionsmeßvorrichtung eine Auswerteeinheit aufweist, welche die Position der Kolbenstange bezüglich des Zylindermantels anhand der intrinsischen Kapazität des von Zylindermantel, Kolbenstange und einem als Dielektrikum wirkenden dielektrischen Fluid gebildeten Kondensators bestimmt.

2. Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Auswerteeinheit die Kapazität über eine Oszillatorschaltung mit Frequenzauswertung bestimmt, wobei die Frequenzauswertung vorteilhafterweise digital erfolgt oder wobei die Auswerteeinheit die Kapazität über eine Wechselspannungsmessbrücke oder einen Wechselspannungsmessverstärker mit Spannungsauswertung bestimmt, wobei vorteilhafterweise eine digitale Frequenzauswertung erfolgt.

3. Positionsmessvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Auswerteeinheit die Kapazität über eine Schaltung mit Switched-Capacitor-Technik bestimmt, wobei vorteilhafterweise eine digitale Spannungsauswertung erfolgt.

4. Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Auswerteinheit die Position der Kolbenstange anhand eines gespeicherten Kennfelds als Funktion der gemessenen Kapazität berechnet.

5. Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Auswerteinheit eine Temperaturkompensation umfasst.

6. Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit zusätzlich die Leitfähigkeit des Zylinders misst und vorteilhafterweise den Einfluss der Zylinderleitfähigkeit auf die Messergebnisse kompensiert.

7. Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Auswerteinheit eine Funktion zur Erkennung von Dichtungsfehlern und/oder eine Funktion zur Erkennung des Ölzustands aufweist.

8. Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Auswerteinheit einen Speicher umfasst, in welchen die intrinsische Kapazität des von Zylindermantel und Kolbenstange gebildeten Kondensators für die beiden Endpositionen der Kolbenstange speicherbar und/oder gespeichert ist.

9. Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche mit einem fluidischen Zylinder, welcher auf mindestens einer Seite über einen elektrischen Isolator an einer Maschinenkonstruktion angelenkt ist, insbesondere über einen Kunststoffgleitring, keramischen und/oder mit Keramik beschichteten Gleitring.

10. Positionsmessvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche mit einer aktiven Potentialausgleichsfläche, die das gleiche elektrische Potential wie der Zylinder aufweist.

11. Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche mit einem fluidischen Zylinder, welcher elektrische Anschlüsse zur Verbindung der Auswerteeinheit mit dem Zylindermantel und der Kolbenstange aufweist, wobei vorteilhafterweise der elektrische Anschluss für die Kolbenstange im Bereich der Anlenkung der Kolbenstange angeordnet und mit dieser fest verbunden ist oder der elektrische Anschluss für die Kolbenstange über einen Schleifkontakt erfolgt.

12. Positionsmeßvorrichtung einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit auf einer Seite des Zylinders fest montiert ist und die Messsignale drahtlos an eine Maschinensteuerung sendet, wobei die Auswerteeinheit vorteilhafterweise eine eingebaute Energieversorgung, insbesondere eine Batterie und/oder eine integrierte Antenne aufweist.

13. Fluidischer Zylinder oder Auswerteeinheit für eine Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche.

14. Vorrichtung, insbesondere Maschine, Fahrzeug, Flugzeug und/oder Arbeitsgerät, mit einem fluidischen Zylinder und einer Positionsmeßvorrichtung nach einem der vorangegangen Ansprüche.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei der fluidische Zylinder anhand der von der Positionsmeßvorrichtung ermittelten Daten durch Beaufschlagung mit unter Druck stehendem Fluid bewegt und präzise positioniert wird.

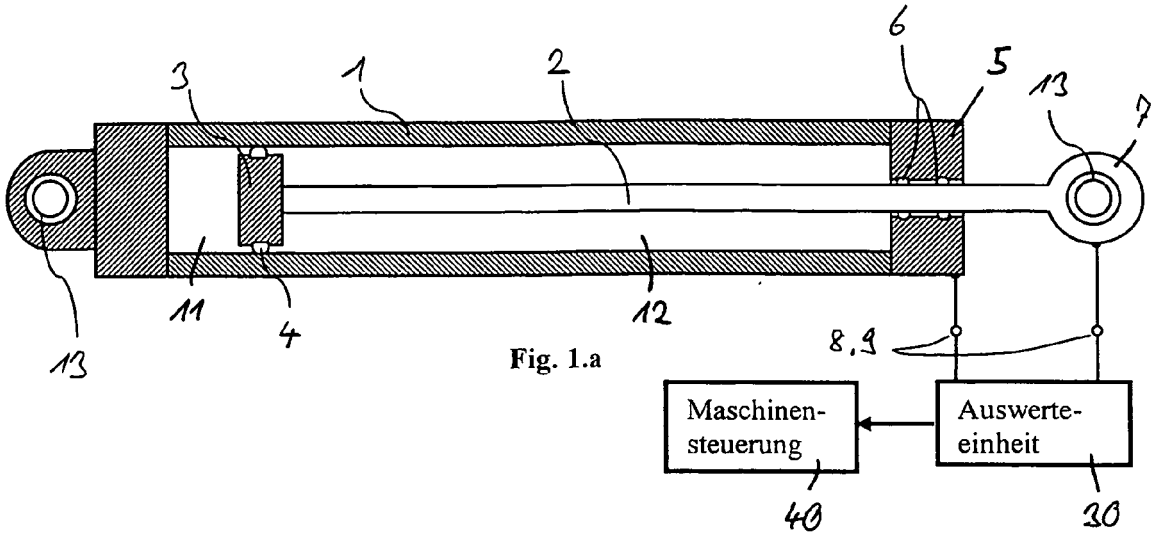

Fig. 1.a

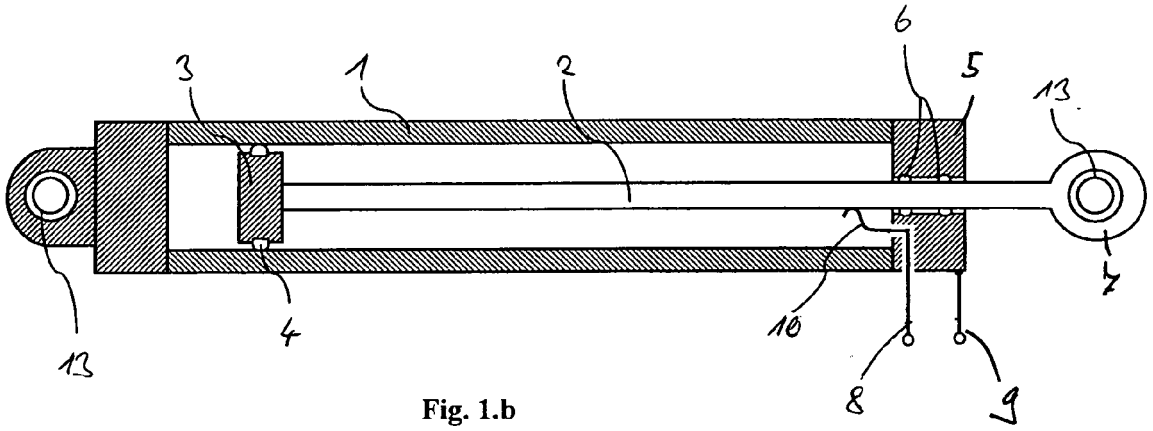

Fig. 1.b

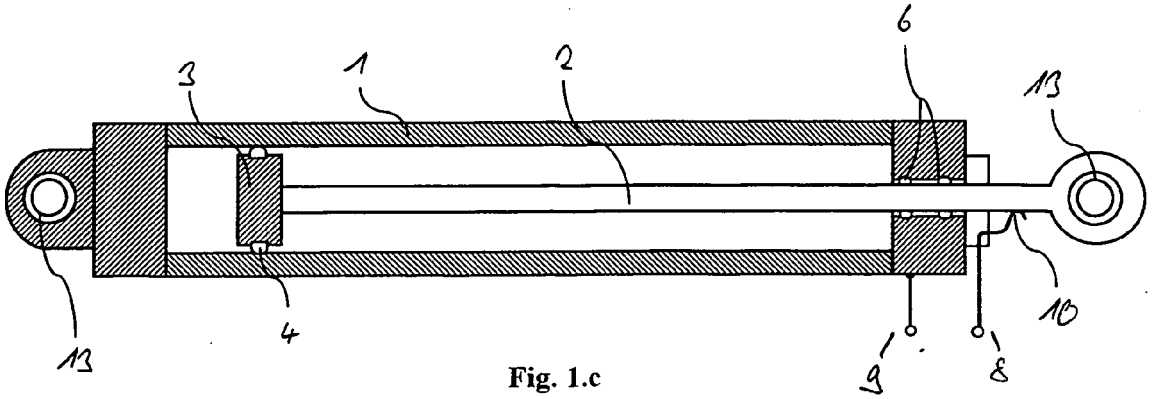

Fig. 1.c

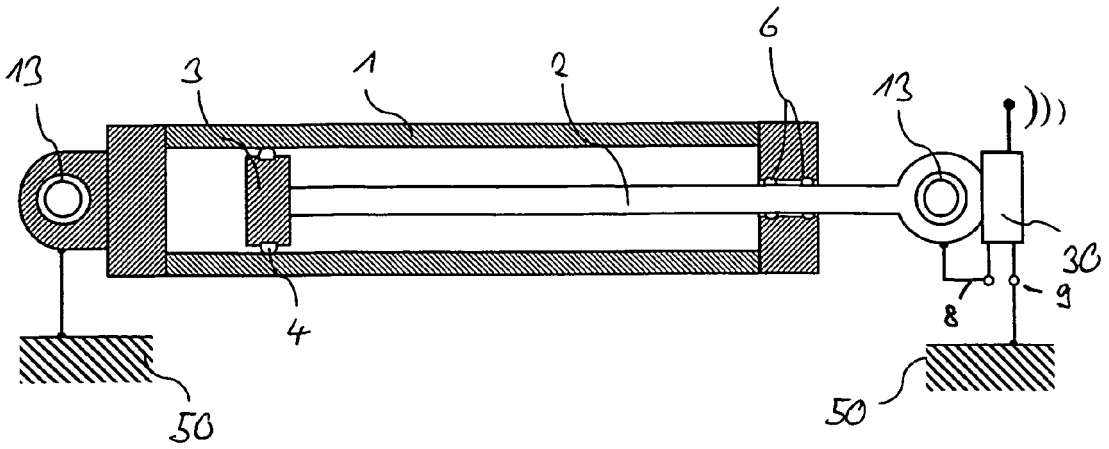

Fig. 1d

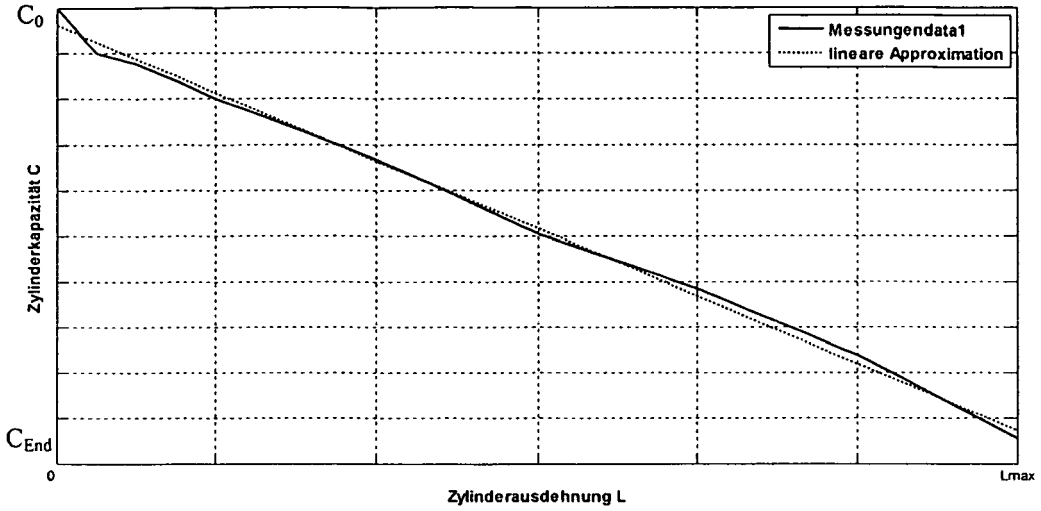
C0
CEnd
0
Lmax
Zylinderkapazität C
Zylinderausdehnung L
Messungendata1
lineare Approximation

Fig. 2

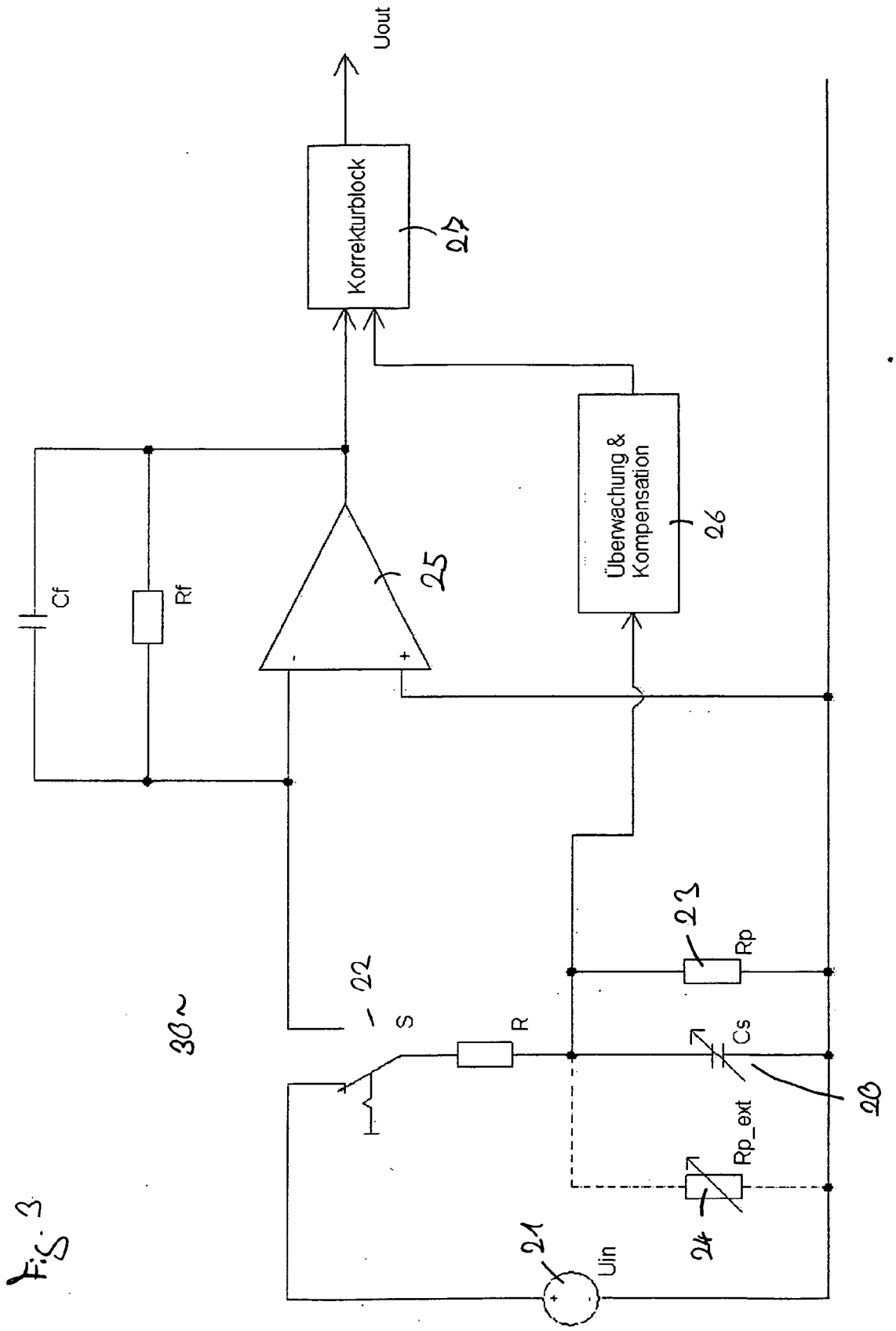
Uout
Korrekturblock
27
Überwachung & Kompensation
26
25
Cf
Rf
23
Rp
22
S
R
Cs
20
Rp_ext
24
21
Uin
30

Fig. 3

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 20218623 U1 **[0004]**