



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: F 15 B 15/20
G 01 D 5/24

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

642 432

⑳ Gesuchsnummer: 5125/78

⑦③ Inhaber:
Rotovolumetric AG, Ebikon

㉒ Anmeldungsdatum: 11.05.1978

⑦② Erfinder:
Bernhard Lötscher, Andelfingen

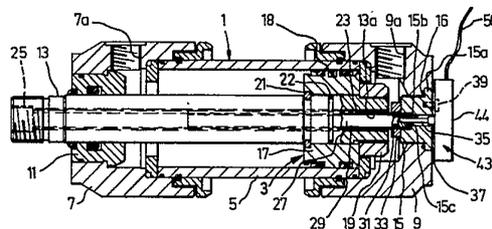
㉔ Patent erteilt: 13.04.1984

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 13.04.1984

⑦④ Vertreter:
Patentanwaltsbüro Eder & Cie., Basel

⑤④ Einrichtung mit einem Zylinder, einem in diesem verschiebbaren Kolben und einem kapazitiven Messwandler.

⑤⑦ Die Einrichtung weist einen Zylinder (1) mit einem verschiebbar darin geführten, durch eine Hydraulikflüssigkeit verstellbaren Kolben (3) auf. Die Einrichtung weist ferner einen im Zylinder (1) angeordneten, kapazitiven Messwandler auf. Dieser weist ein am Kolben (3) befestigtes und in einer Längsöffnung (13a) von diesem angeordnetes, elektrisch leitend mit dem Zylinder (1) verbundenes Rohr (23) und einen durch eine Hülle (29) isolierten, am Zylinder (1) befestigten, in das Rohr (23) hineinragenden Stab (27) auf. Der letztere ist über eine elektrische Durchführung (35) mit dem Eingang eines aussen am Zylinder (1) befestigten Elektronikteils (43) verbunden. Dieser weist einen Oszillator auf, der einen elektrisch mit dem Zylinder (1) und einen mit dem nicht-invertierenden Eingang eines kapazitiv gegengekoppelten Differentialverstärkers verbundenen Anschluss aufweist. Der invertierende Eingang des Differentialverstärkers ist elektrisch mit dem isoliert am Zylinder (1) befestigten Stab (27) verbunden. Die Einrichtung kann beispielsweise in Bau- und Werkzeugmaschinen zum Verstellen von Werkzeugen und zur Anzeige von deren Stellungen verwendet werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Einrichtung mit einem Zylinder (1), einem verschiebbar in diesen geführten, durch ein Strömungsmittel verschiebbaren, mit einer Längsöffnung (13a) versehenen Kolben (3) und einem im wesentlichen im Zylinder (1) angeordneten, kapazitiven Messwandler (41), der zwei gegeneinander verschiebbare, elektrisch leitende Teile (23, 27) aufweist, von denen der eine am Zylinder (1) befestigt ist sowie in die Längsöffnung (13a) des Kolbens (3) hineinragt und der andere am Kolben (3) befestigt oder durch den Kolben (3) selbst gebildet ist und von denen der eine in eine Längsöffnung des anderen hineinragt, wobei der eine Messwandlerteil (23) elektrisch leitend mit metallischen Teilen des Zylinders (1) und Kolbens (3) verbunden ist und der andere Messwandlerteil (27) gegen den Zylinder (1) und den Kolben (3) elektrisch isoliert sowie mit einer elektrischen Verbindung (35) aus dem Zylinder (1) herausgeführt ist, wobei im Fall, dass der Kolben einen Messwandlerteil bildet, dieser nicht elektrisch gegen den Zylinder und Kolben isoliert ist, dadurch gekennzeichnet, dass der am Zylinder (1) befestigte Messwandlerteil (27) auf seiner dem anderen Messwandlerteil (23) zugewandten Fläche mit einer elektrisch isolierenden Hülle (29) versehen ist, die zusammen mit dem letztgenannten Messwandlerteil (23) einen Gleitsitz bildet.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsöffnung des einen Messwandlerteils (23), in die der andere Messwandlerteil (27) hineinragt, durch mindestens einen den Druckausgleich ermöglichenden Durchgang mit dem Innenraum des Zylinders (1) verbunden ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der am Zylinder (1) befestigte Messwandlerteil durch einen mit der isolierenden Hülle (29) versehenen, elektrisch leitenden Stab (27) gebildet ist und dass der die Längsöffnung aufweisende Messwandlerteil durch ein in der Längsöffnung (13a) des Kolbens (3) angeordnetes und elektrisch leitend an diesem befestigtes Rohr (23) gebildet ist, dessen Längsöffnung in der Nähe seines befestigten Endes durch den Durchgang mit dem Innenraum des Zylinders (1) verbunden ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Aussenfläche des Rohres (23) und der Innenfläche der Längsöffnung (13a) des Kolbens (3) mindestens in demjenigen Längsabschnitt des Rohres (23), in dem der Stab (27) in dieses hineinragt, ein freier Zwischenraum vorhanden ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (23) aus einem federnd biegbaren Material besteht, so dass es durch den Stab (27) zentrierbar ist.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein ausserhalb des Zylinders (1) angeordneter Elektronikteil (43) vorhanden ist, der einen Oszillator (57) zur Erzeugung einer Wechselspannung und einen kapazitiv gekoppelten Differentialverstärker (51) mit einem invertierenden und einem nicht-invertierenden Eingang aufweist, dass der invertierende Eingang (51a) mit dem gegen den Zylinder (1) isolierten Teil (27) des Messwandlers (41) und der nicht-invertierende Eingang (51b) mit einem Ausgang (57a) des Oszillators (57) verbunden ist und dass der letztere ferner einen Anschluss (57b) aufweist, der über Teile des Zylinders (1) und Kolbens (3) elektrisch mit dem leitend mit dem Zylinder (1) verbundenen Messwandlerteil (23) verbunden ist.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronikteil (43) ferner einen Kondensator (61) aufweist, dessen eine Elektrode ebenfalls mit dem gegen den Zylinder (1) isolierten Messwandlerteil (27) und dessen andere Elektrode mit einem Ausgang (57a) des Oszillators (57) verbunden ist, so dass der zweitgenannten Kondensatorelektrode beim Betrieb eine Wechselspannung zugeführt wird, die frequenz- und phasengleich mit der dem nicht-invertierenden Eingang (51b) zugeführten Wechselspannung, aber grösser als die letztere ist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang (51c) des kapazitiv gekoppelten Differentialverstärkers (51) mit den Eingängen (85a, 85b) eines weiteren Differentialverstärkers (85) verbunden ist und dass mit dem letzteren und dem Oszillator (57) verbundene und durch diesen steuerbare Schaltmittel (89) vorhanden sind, um den weiteren Differentialverstärker (85) im Takt der Oszillatorfrequenz vom invertierenden in den nicht-invertierenden Betrieb umzuschalten, so dass der weitere Differentialverstärker (85) die ihm zugeführte Wechselspannung demoduliert.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Ausgang (51c) des kapazitiv gekoppelten Differentialverstärkers (51) und den Eingängen (85a, 85b) des zur Demodulation dienenden Differentialverstärkers (85) mindestens noch ein anderer Differentialverstärker (65, 73) dazwischen geschaltet ist.

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Solche Zylinder werden beispielsweise zum Heben von Lasten, zum Verschliessen von Verschlüssen oder zum Verstellen von Werkzeugen von Bau- und Werkzeugmaschinen verwendet.

Aus der Schweizerischen Patentschrift 488 999 und der entsprechenden US-Patentschrift 3 654 549 ist eine Einrichtung mit einem Zylinder und einem im Zylinder eingebauten Messwandler bekannt. Bei einer Ausführung der vorbekannten Einrichtung wird ein induktiver Messwandler verwendet, von dem der eine Teil am Zylinder und der andere am Kolben befestigt ist. Der am Zylinder befestigte Teil des Messwandlers weist zwei zum Zylinder koaxiale, hohle, hintereinander angeordnete Spulen auf. Der am Kolben befestigte Messwandlerteil weist einen ferromagnetischen Kern auf, der je nach der Kolbenstellung mehr oder weniger tief in die beiden Spulen hineinragt. Die beiden Spulen sind mit einer Wechselspannungsquelle und einer Brückenschaltung verbunden, von der ein Signal abgenommen werden kann, das ein Mass für die Kolbenstellung gibt.

Die für die vorbekannte Einrichtung erforderlichen Spulen sind relativ teuer. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Kolben einen grossen Hub aufweist. Ein weiterer Nachteil der vorbekannten Einrichtung besteht darin, dass mindestens drei Spulenanschlüsse über elektrisch isolierte Durchführungen aus dem Zylinder herausgeführt werden müssen. Diese Durchführungen sind vor allem dann, wenn im Zylinder mit grossen Drücken gearbeitet wird, aufwendig und störanfällig. Des weiteren wäre noch zu vermerken, dass eine Einrichtung mit induktiven Messwandlern empfindlich gegen äussere Magnetfelder und ferromagnetische Teile von anderen Maschinen und Geäten sein kann, so dass leicht Messfehler entstehen können.

Aus der Französischen Patentschrift 1 525 363 ist ferner ein Hydraulikzylinder mit einem Kolben und einem kapazitiven Messwandler bekannt. Der letztere wird durch einen am Zylinder befestigten und leitend mit diesem verbundenen Metallstab und eine hülsenförmige Metallfolie gebildet, die in einer Öffnung des Kolbens angeordnet und an einer Isolation befestigt ist. Zwischen dem Stab und der Folie ist ein Zwischenraum vorhanden, der von der Hydraulikflüssigkeit ausgefüllt wird, so dass die letztere das Dielektrikum bildet. Die Elektronik-Vorrichtung zum Messen der Kapazität weist einen Schwingkreis auf, der durch den kapazitiven Messwandler, einen Trimmkondensator und eine Spule gebildet wird. An die letztere kann ein Frequenzgenerator angekoppelt werden.

Die Publikation «Built-in transducer» in «Machine Design», Seite 99, Band 31, Nr. 26, 24. Dezember 1959, Cleveland, offenbart einen Zylinder mit einem Kolben, der vermutlich mit Öl verstellbar ist. Am Zylinder ist ein Metallstab isoliert befestigt, dessen freies Ende in den hohlen Kolben und Kolbenschaft

hineinragt und mit einem Isoliering geführt ist. Mit einem nicht näher beschriebenen Messgerät wird die Kapazität zwischen dem Metallstab und dem Kolben gemessen, der durch einen Federkontakt leitend mit dem Zylinder verbunden ist.

Bei den in der Französischen Patentschrift 1 525 363 und der Publikation «Built-in transducer» geoffenbarten Einrichtungen ist zwischen der am Zylinder befestigten und der am Kolben befestigten Elektrode ein im Querschnitt ringförmiger Hohlraum vorhanden, der als Dielektrikum dienendes Öl enthält. Die Hydrauliköle haben nun aber einen relativ kleinen Isolationswiderstand, der sich zudem mit der Temperatur und der Alterung des Öls stark ändert. Ein kleiner Isolationswiderstand, der sich zudem noch ändert, verschlechtert jedoch die Messgenauigkeit.

Ferner ergeben sich bei den aus der Französischen Patentschrift 1 525 363 und der Publikation «Built-in transducer» bekannten Einrichtungen Messfehler, weil die Messwandler-Elektroden sich beim Betrieb infolge des Eigengewichts sowie aus anderen Gründen verbiegen können und weil sich auch schon bei der Herstellung Abweichungen von im Querschnitt kreisrunden, achsgeraden und koaxialen Zylinderflächen ergeben können.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung mit einem Zylinder, einem durch ein Strömungsmittel verschiebbaren Kolben und einem kapazitiven Messwandler zu schaffen, der eine hohe Messgenauigkeit ergibt, die insbesondere unabhängig von der Beschaffenheit eines als Strömungsmittel verwendeten Hydrauliköls ist.

Diese Aufgabe wird durch eine Einrichtung gelöst, die erfindungsgemäss durch die Merkmale des Anspruchs 1 gekennzeichnet ist.

Bei der erfindungsgemässen Einrichtung wird also das Dielektrikum zwischen den beiden Messwandler-Elektroden im wesentlichen durch eine Hülle gebildet. Es kann daher höchstens noch ein ganz dünner Film des verwendeten Hydraulik-Strömungsmittels zwischen den beiden Messwandler-Elektroden gelangen, der nur wenig zum Dielektrikum beiträgt. Auf diese Weise können störende Einflüsse des Strömungsmittels auf die Messung praktisch vollständig verhindert werden.

Der im wesentlichen aus Metall bestehende, mit dem Massenschluss eines Elektronikteils verbindbare Zylinder bildet zudem einen Faradaykäfig, der Störungen durch externe elektrische Felder weitgehend verhindert. Die Kapazität des Messwandlers kann daher unter Verwendung einer Wechselspannung mit einer relativ kleinen Frequenz gemessen werden. Dies wiederum ermöglicht, die Kapazitätsänderungen mittels eines kapazitiv gegengekoppelten Differentialverstärkers zu messen.

Im übrigen ergeben sich weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung aus den abhängigen Ansprüchen.

Der Erfindungsgegenstand wird nun anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Zylinder mit einem kapazitiven Messwandler;

Fig. 2 einen vergrösserten Ausschnitt aus der Fig. 1, und

Fig. 3 das Schaltschema des Elektronikteils der Einrichtung.

In der Fig. 1 bezeichnet 1 einen Zylinder und 3 einen verschiebbar in diesem geführten Kolben. Der Zylinder 1 besteht im wesentlichen aus metallischen, elektrisch leitenden Teilen und weist insbesondere einen metallischen Mantel 5 auf, der beidenseits mit ebenfalls metallischen Kappen 7 und 9 versehen ist. In der Kappe 7 ist eine metallische Buchse 11 eingesetzt, die mit verschiedenen Dichtungsringen versehen ist und eine dichte Gleitführung für den metallischen Schaft 13 des Kolbens 3 bildet. In die Kappe 9 ist eine ein Aussengewinde aufweisende, metallische Buchse 15 eingeschraubt. Die Buchse 15 ist mit einem Kragen 15a versehen und bei diesem mittels einer Dichtung 16 gegen die Kappe abgedichtet. Die Längsöffnung 15b der Buchse 15 ist an ihrem dem Innenraum des Zylinders zugewandten Ende mit einer Erweiterung 15c versehen. Ferner sind die Kappen 7

und 9 mit Anschlussöffnungen 7a, 9a für die Zufuhr und Ableitung eines elektrisch isolierenden Strömungsmittels, etwa Hydrauliköl, versehen, das dazu dient, den Kolben mit Druck zu beaufschlagen und zu verschieben. Dabei wird beispielsweise mit einem Druck bis zu 300 Bar gearbeitet.

An dem sich im Inneren des Zylinders 1 befindlichen Ende des Kolbenschaftes 13 ist mittels einer auf den Schaft 13 aufgeschraubten Mutter 19, eines Federrings 21 und einer Dichtung 22 ein metallischer Ring 17 dicht befestigt, der den Kopf des Kolbens bildet und verschiebbar und dicht im Mantel 5 geführt ist. Der Ring 17 ist im Bereich seiner zylindrischen Gleitfläche mit einer Vertiefung versehen, in der ein federnder Schleifkontakt 18 angeordnet ist, der eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem Ring 17 und dem Mantel 5 erstellt. Der Kolben 3 oder genauer gesagt, der Schaft 13, ist mit einer durchgehenden Längsöffnung 13a versehen, die durch eine zum Zylindermantel 5 koaxiale Bohrung gebildet ist. In dieser ist ein metallisches, elektrisch leitendes, zum Mantel 5 koaxiales, zylindrisches Rohr 23 angeordnet, das insbesondere eine genau zylindrische Innenfläche aufweist. Das eine Ende des Rohres 23 ist bündig mit dem inneren Kolbenende, d. h. mit demjenigen Ende des Schaftes 13, an dem der Ring 17 befestigt ist. Das andere Ende des Rohres 23 ist mit einem Zapfen 25 befestigt, der am äusseren Ende des Schaftes 13 in eine Erweiterung der Längsöffnung 13a eingeschraubt ist und diese dicht abschliesst. Das Rohr 23 ist in der Nähe seines befestigten Endes mit mindestens einer Öffnung für den Druckausgleich der Hydraulikflüssigkeit versehen. Das Rohr 23 bildet die eine Elektrode eines kapazitiven Messwandlers und ist elektrisch leitend mit dem abgesehen von den Dichtungsringen metallischen Kolben 3 und über diesen leitend mit den metallischen Teilen des Zylinders 1 und insbesondere dem Mantel 5 verbunden.

Die andere Elektrode des kapazitiven Messwandlers wird durch einen im Zylinder 1 angeordneten, zu diesem koaxialen, metallischen, elektrisch leitenden, runden Stab 27 gebildet, der mit einer Hülle 29 aus elektrisch isolierendem, fluorhaltigem Kunststoff, beispielsweise Polytetrafluoräthylen, versehen ist. Das eine Ende des Stabes 27 sitzt in der Erweiterung 15c der Buchsenlängsöffnung 15b, wie es besonders deutlich in der Fig. 2 ersichtlich ist. Der Stab 27 ist dort, wo er aus der Buchse 15 herausragt, mit einer ringförmigen Rille versehen, in die ein Federring 31 eingesetzt ist, der seinerseits von einem metallischen Ring 33 gehalten wird, der mit Schrauben an der Buchse 15 festgeschraubt ist. Die Hülle 29, die sich bis auf die Stirnseite des in der Buchse 15 sitzenden Stabendes erstreckt, isoliert den Stab 27 gegen die Buchse 15 sowie den Federring 31 und dient gleichzeitig als Dichtung. Der Stab 27 ist also unbeweglich und dicht am Zylinder 1 befestigt und gegen den Zylinder elektrisch isoliert. Der Stab 27 ragt in das Rohr 23 hinein und erstreckt sich bis in die Nähe des der Kappe 9 abgewandten Endes des Mantels 5. Der Stab 27 ragt also in jeder möglichen Kolbenstellung teilweise in die Längsöffnung 13a und das Rohr 23 hinein. Die fest auf der Aussenfläche des Stabes 27 sitzende Hülle 29 und die Innenfläche des Rohres 23 bilden zusammen einen annähernd spiefreien Gleitsitz. Beim Betrieb des Zylinders gelangt Hydrauliköl zwischen die Hülle 29 und die Innenfläche des Rohres 23, so dass ein Ölfilm entsteht. Das Dielektrikum des kapazitiven Messwandlers wird durch die Hülle 29 und diesen Ölfilm gebildet. Die Hülle 29 ist derart ausgebildet, dass ihre Dicke etwa 3 bis 10 mal grösser ist als diejenige des Ölfilms. Zwischen der Aussenfläche des Rohres 23 und der Innenfläche der Längsöffnung 13a ist, abgesehen von der Befestigungsstelle beim Zapfen 25, ein freier Ringspalt vorhanden. Das Rohr 23 besteht ferner aus einem relativ dünnwandigen, federnd biegbaren Material, so dass es durch den Stab 27 selbsttätig zentriert wird.

Am Zylinder 1 ist ein Elektronikteil 43 mit einem dichten Metallgehäuse 44 befestigt, nämlich mittels Schrauben 39 an der Buchse 15 festgeschraubt. Dort, wo der Rand des Elektronikteils

43 auf der Stirnfläche der Kappe 9 aufliegt, ist ein Dichtungsring 37 angeordnet. Am Stab 27 ist das eine Ende eines elektrisch leitenden Stiftes 35 befestigt, der die Buchse 15 berührungslos durchdringt und gegen das Gehäuse 44 isoliert in den Elektronikteil 43 hineinragt. Der Elektronikteil 43 ist durch ein zweiadriges Kabel 50 mit weiteren Elementen verbunden, wie noch erläutert wird.

Das am Kolben 3 befestigte Rohr 23 und der am Zylinder 1 befestigte Stab 27 bilden, wie bereits erwähnt, zusammen einen kapazitiven Messwandler, dessen Kapazität von der Kolbenstellung abhängig ist: Wenn sich der Kolben 3 in der gezeichneten Stellung befindet, in der er so weit als möglich in den Zylinder 1 hineingeschoben ist, hat die Kapazität des Messwandlers ihren Maximalwert. In der anderen Kolbenstellung hat die Kapazität des Messwandlers, zu der auch noch die Kapazität der Durchführung kommt, ihren Minimalwert. Wenn der Kolben in der Fig. 1 von links nach rechts verschoben wird, nimmt die Kapazität des Messwandlers linear zu. Der Elektronikteil 43 erzeugt beim Betrieb ein elektrisches Signal, nämlich einen eingepprägten Strom, der ein Mass für die Kolbenstellung, bzw. den Kolbenweg gibt.

Die Ausbildung und Funktionsweise des Elektronikteils 43 soll nun aufgrund der Fig. 3 erläutert werden. In dieser bezeichnet 41 schematisch den kapazitiven Messwandler. Die durch das Rohr 23 gebildete Elektrode des Messwandlers 41 ist über den Kolben 3 und insbesondere den Schleifkontakt 18 elektrisch leitend mit dem Zylinder 1 verbunden, der seinerseits über die Schrauben 39 mit dem Metallgehäuse sowie dem Massenanschluss 45 des Elektronikteils 43 verbunden ist. Die durch den am Zylinder 1 befestigten Stab 27 gebildete Elektrode des Messwandlers 41 ist durch den Stift 35 leitend mit dem Eingangs- oder Messanschluss 47 des Elektronikteils 43 verbunden. Der Eingangsanschluss 47 ist über einen Kondensator 49 mit dem invertierenden Eingang 51a sowie über einen Gegenkopplungskondensator 53 mit dem Ausgang 51c eines Differentialverstärkers 51 verbunden. Der invertierende Eingang 51a und der Ausgang 51c sind ferner durch einen hochohmigen Widerstand 55 miteinander verbunden, der zusammen mit dem Kondensator 49 zur Stabilisierung des Arbeitspunktes dient.

Der nicht-invertierende Eingang 51b des Differentialverstärkers 51 ist mit dem Ausgang 57a eines Oszillators 57 verbunden, der auch einen mit dem Massenanschluss 45 verbundenen Ein- und Ausgangsanschluss 57b aufweist. Der Ausgang 57a des Oszillators 57 ist noch über einen Verstärker 59 und einen Kondensator 61 mit dem Eingangsanschluss 47 verbunden.

Der Ausgang 51c des Differentialverstärkers 51 ist über einen Widerstand 63 mit dem nicht-invertierenden Eingang 65b eines Differentialverstärkers 65 verbunden. Der Eingang 65b ist ferner über einen Widerstand 67 mit dem Massenanschluss 45 verbunden. Der invertierende Eingang 65a des Differentialverstärkers 65 ist über einen Widerstand 69 mit dem Oszillatorausgang 57a und über einen Widerstand 71 mit dem Differentialverstärker-Ausgang 65c verbunden. Die Widerstände 63 und 69 haben den gleichen Widerstandswert. Die Widerstände 67 und 71 haben ebenfalls den gleichen Widerstandswert, wobei der letztere beispielsweise das zehnfache des Widerstandswertes der Widerstände 63 und 69 beträgt.

Der invertierende Eingang 73a des Differentialverstärkers 73 ist über den Widerstand 75 mit dem Differentialverstärker-Ausgang 65c, über einen Trimmerwiderstand 77 mit dem Oszillatorausgang 5a und über einen Trimmerwiderstand 79 mit dem Differentialverstärker-Ausgang 73c verbunden. Der nicht-invertierende Eingang 73b des Differentialverstärkers 73 liegt elektrisch an Masse.

Der Differentialverstärker-Ausgang 73c ist über zwei gleich-grosse Widerstände 81, 83 mit dem invertierenden Eingang 85a, bzw. nicht-invertierenden Eingang 85b eines Differentialverstärkers 85 verbunden. Der invertierende Eingang 85a ist über einen

Gegenkopplungswiderstand 87, der den gleichen Widerstandswert wie die Widerstände 81, 83 hat, mit dem Differentialverstärker-Ausgang 85c verbunden. Der nicht-invertierende Eingang 85b ist über die «Source-Drain-Strecke» eines Feldeffekt-Transistors 89 mit dem Massenanschluss 45 verbunden. Das «Gate» des Feldeffekttransistors 89 ist mit dem Ausgang 57c des Oszillators 57 verbunden.

Der Differentialverstärker-Ausgang 85c ist mit dem Eingang 89a eines Spannungs-Strom-Wandlers 89 verbunden. Dessen Anschluss 89b ist mit dem Massenanschluss 45 und dessen Ausgang 89c mit dem Stromversorgungsteil 91 sowie mit dem Anschluss 93 des Elektronikteils verbunden. Der Anschluss 95 des Elektronikteils ist ebenfalls mit dem Stromversorgungsteil 91 sowie mit dem Massenanschluss 45 verbunden. Der Stromversorgungsteil 91 ist ferner durch Leitungen, die durch Pfeile angedeutet sind, mit den verschiedenen aktiven Elementen des Elektronikteils verbunden und führt diesen beim Betrieb die erforderlichen Speisespannungen zu.

Der Anschluss 93 ist über einen Leiter des Kabels 50 und ein Anzeigeinstrument 97 mit dem einen Anschluss einer Gleichspannungsquelle 99 verbunden, deren anderer Anschluss über den anderen Leiter des Kabels 50 mit dem Anschluss 95 verbunden ist. Wie noch näher erläutert wird, bilden die Anschlüsse 93 und 95 einerseits die Signalausgänge und andererseits die Speiseanschlüsse des Elektronikteils 43.

Im folgenden soll die Arbeitsweise des Elektronikteils 43 erläutert werden. Beim Betrieb erzeugt der Oszillator 57 eine sinusförmige Wechselspannung mit der Grösse U_0 und einer Frequenz von weniger als 10 kHz, beispielsweise 1 kHz. Diese zwischen dem Ausgang 57a und dem Anschluss 57b auftretende Wechselspannung wird dem nicht-invertierenden Differentialverstärker-Eingang 51b zugeführt. Diese Spannung wird ferner durch den Verstärker 59 ohne Phasenverschiebung verdoppelt und also phasengleich mit der dem Eingang 51b zugeführten Spannung über den Kondensator 61 dem Eingangsanschluss 47 zugeführt. Der Messwandler 41 hat bei der momentanen Kolbenstellung die Kapazität C . Wenn sich der Kolben 3 in seiner in der Fig. 1 dargestellten Endstellung befindet, hat die Kapazität des Messwandlers 41 den Maximalwert C_{\max} . Wenn sich der Kolben dagegen in seiner anderen Endstellung, an dem sich in der Fig. 1 rechts befindlichen Zylinderende befindet und also so weit als möglich aus dem Zylinder herausragt, hat der Messwandler 41 zusammen mit seinen Zuleitungen die Minimalkapazität C_{\min} .

Ferner hat der Gegenkopplungskondensator 53 die Kapazität C_{53} und der Kondensator 61 die Kapazität C_{61} . Am Ausgang 51c des Differentialverstärkers 51 ist dann bezüglich Masse eine Wechselspannung mit der Grösse U_a vorhanden. Die Ausgangsspannung hat dann den Wert

$$U_a = U_0 (1 + (C - C_{61})/C_{53})$$

Wenn man nun die Kapazität C_{61} des Kondensators 61 gleich der Minimalkapazität C_{\min} macht, hat die Spannung U_a bei der Kolbenstellung, bei der der Messwandler die Kapazität C_{\min} hat, gerade den Wert U_0 . Wenn nun der Kolben ausgehend von der genannten Endstellung tiefer in den Zylinder, d. h. in der Fig. 1 nach rechts verschoben wird, steigt die Spannung U_a linear mit dem Kolbenweg an. Durch den Differentialverstärker 65 wird die Differenz zwischen den Spannungen U_a und U_0 gebildet und verstärkt. Am Ausgang 65c des Differentialverstärkers 65 erscheint also eine Wechselspannung, deren Grösse proportional zur Kapazitätzunahme $C - C_{\min}$ des Messwandlers ist, die entsteht, wenn der Kolben, beginnend von seiner vorgenannten Endstellung, in der Fig. 1 nach rechts verschoben wird. Falls die Kapazität des Kondensators 61 nicht genau mit der Minimalkapazität des Messwandlers übereinstimmen sollte, kann dies mittels des Trimmerwiderstandes 77 ausgeglichen werden. Mittels

des Trimmerwiderstandes 79 kann die Verstärkung des Differentialverstärkers 73 eingestellt werden. Die am Ausgang 73c des Differentialverstärkers 73 vorhandene Wechselspannung wird nun den beiden Eingängen des Differentialverstärkers 85 zugeführt. Der Oszillator 57 führt dem «Gate» des Feldeffekt-Transistors 89 eine Rechteck-Wechselspannung zu, die synchron zu der am Oszillatortausgang 57a vorhandenen Sinus-Wechselspannung ist. Der Transistor 89 wird daher synchron zur letzteren abwechselnd zwischen Sperr- und Leitzustand hin- und hergeschaltet. Dadurch wird der nicht-invertierende Differentialverstärker-Eingang 85b abwechselnd zwischen dem Potential des Differentialverstärker-Ausgangs 73c und der elektrischen Masse hin- und hergeschaltet. Der Differentialverstärker 85 arbeitet daher abwechselnd als nicht-invertierender und als invertierender Verstärker, so dass er die ihm zugeführte Wechselspannung demoduliert. Der Spannungs-Strom-Wandler 89 erzeugt dann einen eingepprägten Strom, bzw. nimmt einen solchen auf. Dieser ist proportional zur Grösse der zugeführten, demodulierten Spannung und damit zur Kapazitätsdifferenz $C - C_{\min}$ und variiert zwischen den Werten 0 und I_{\max} . Der Stromversorgungsteil 91 ist so ausgebildet, dass er einen konstanten Strom mit der Grösse I_0 verbraucht. Der den Anschlüssen 93 und 95 von der Spannungsquelle 99 zugeführte und vom Anzeigeinstrument 97 angezeigte Strom I variiert also zwischen den Werten I_0 und $I_0 + I_{\max}$ und gibt ein Mass für die Kolbenstellung. Das Anzeigeinstrument 97 und die Spannungsquelle 95, die nur über zwei Leiter mit dem Elektronikteil 43 verbunden sind, können dann ohne weiteres weit entfernt vom letzteren angeordnet werden.

Selbstverständlich kann die Einrichtung in verschiedener Wei-

se modifiziert werden. Beispielsweise könnte das Rohr 23 weggelassen werden, so dass die eine Elektrode des kapazitiven Messwandlers direkt durch den Kolben oder genauer gesagt, durch dessen Schaft gebildet würde.

5 Bei gewissen Anwendungen, etwa bei Baumaschinen, kann es erforderlich sein, dass der Zylinder bei der Kappe 7 schwenkbar am Gestell einer Maschine angelenkt wird. In diesem Fall kann der Elektronikteil statt an der Stirnseite des Zylinders auch in der Nähe des Zylinderendes an einer Umfangsstelle des Zylinders angeordnet sein. Anstelle des Stiftes 35 kann dann eine radial aus dem Zylinder herausführende, gegen diesen isolierte, elektrische Durchführung vorgesehen werden.

Auch der Eingangsteil des Elektronikteils 43 kann modifiziert werden. Beispielsweise könnten der Verstärker 59 und der Kondensator 61 weggelassen werden. Falls eine Bereichumschaltung wünschenswert ist, kann diese sehr einfach realisiert werden, indem man anstelle des Gegenkopplungskondensators 53 mehrere umschaltbare Gegenkopplungskondensatoren vorsieht.

20 Des weiteren kann der Strom I statt zur Anzeige der Kolbenstellung zusätzlich dazu verwendet werden, über irgendwelche Steuer- oder Regelelemente einen Arbeitsablauf zu steuern bzw. zu regeln.

25 Ferner kann natürlich der Elektronikteil ohne weiteres so ausgebildet werden, dass er statt eines eingepprägten Stromes eine Spannung erzeugt, deren Wert ein Mass für die Kolbenstellung gibt. Des weiteren könnte aber auch ein digitales, elektrisches Signal erzeugt werden, das die Verschiebung des Kolbens darstellt.

