



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: F 15 B 13/044
G 05 D 3/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

PATENTSCHRIFT A5

11

644 936

21 Gesuchsnummer: 3007/80

22 Anmeldungsdatum: 18.04.1980

30 Priorität(en): 21.04.1979 DE 2916172

24 Patent erteilt: 31.08.1984

45 Patentschrift
veröffentlicht: 31.08.1984

73 Inhaber:
Karl Hehl, Lossburg 1 (DE)

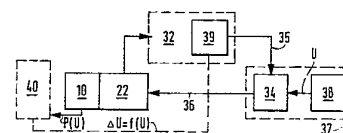
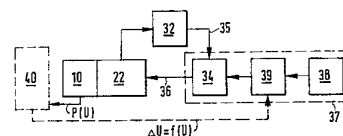
72 Erfinder:
Karl Hehl, Lossburg 1 (DE)

74 Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

54 Proportionalventil für hydraulische Anlagen.

57 Das Proportionalventil, das in bekannter Weise über einen Regelkreis (22, 32, 34) mit der axialen Verschiebung seines Proportionalmagneten als Regelgrösse betätigt wird, ist mit einer dem Regelkreis vorgeschalteten Korrekturschaltung (39) ausgerüstet, die die den Sollwert der Regelgrösse bestimmende Steuerspannung U derart modifiziert, dass der vom Proportionalventil erzeugte Druck $p(U)$ (oder Menge) proportional zur Steuerspannung verläuft. Alternativ kann im Regelkreis (22, 32, 34) eine Korrekturschaltung (39) vorgesehen sein, die eine Proportionalität des erzeugten Drucks (Menge) zur Steuerspannung durch Beeinflussung des Rückkopplungssignals sicherstellt.

Die Korrekturschaltung weist einen Speicher auf, der in Form einer Tabelle abhängig von dem Betrag des zugeführten Signals (Steuerspannung für Regelkreis/Rückkopplungsspannung im Regelkreis) Korrekturwerte abgibt, die dem zugeführten Signal beigegeben werden. Diese Korrekturwerte werden für jedes Proportionalventil empirisch ermittelt. Das Proportionalventil kann insbesondere in Spritzgiessmaschinen vorteilhaft eingesetzt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Proportionalventil für hydraulische Anlagen zur Steuerung eines hydraulischen Parameters des Hydraulikmediums, wozu eine Steuerspannung einem Steuergerät zuführbar ist und wobei ein Proportionalmagnet, bestehend aus einem Magnetkern und einer diesen umschliessenden Spule, vorhanden ist, dessen axiale Verschiebung über eine Wegmesseinheit als Regelgrösse einem Verstärker rückgeführt wird, dessen Ausgangssignal diese Verschiebung durch Ansteuerung des Proportionalmagneten bewirkt, dadurch gekennzeichnet, dass eine Korrekturschaltung (39) dem Verstärker (34) vorgeschaltet ist, die die Abweichung (Δp) der individuellen Kennlinie des Proportionalventils vom linearen Verlauf (s. Fig. 2) durch eine Korrektur des dem Verstärker (34) zugeführten Signals kompensiert.

2. Proportionalventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturschaltung (39) zwischen den Verstärker (34) und das Steuergerät (38) geschaltet ist, und dass sie einen Speicher (392) enthält, in dem die Korrekturwerte (ΔU) bei diskreten Werten der Steuerspannung (U) gespeichert und abrufbar sind (Fig. 3).

3. Proportional nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturschaltung (39) zwischen den Verstärker (34) und die Wegmesseinheit (32) geschaltet ist und einen Speicher enthält, in dem die Korrekturwerte für die Wegerückmeldung an den Verstärker (34) gespeichert sind (Fig. 5).

4. Proportionalventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (392) ein Fest-Wert-Speicher ist, dessen Adresse diskrete Werte der Steuerspannung (U) und dessen Speicherplätze die Korrekturwerte (ΔU) oder die korrigierten Steuerspannungen (U_k) enthalten.

5. Proportionalventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturschaltung (39) mit den individuellen Abweichungen (Δp) als steckbare Baueinheit ausgebildet ist.

6. Proportionalventil nach Anspruch 3, wobei die Wegmesseinheit aus einer am Magnetkern angebrachten Wegmessstange besteht, die in eine Spule hineinragt, deren Induktivität entsprechend der axialen Verschiebung des Magnetkerns geändert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturschaltung (39) einen elektro-mechanischen Speicher derart beinhaltet, dass die Wegmessstange (33) der Wegmesseinheit (32) derartige Querschnitteigenschaften aufgebracht sind, dass die Kennlinie des rückgeführten Signals der Wegmesseinheit (32) bezogen auf die tatsächliche Verschiebung des Magnetkerns (30) nicht linear ist.

7. Proportionalventil nach Anspruch 3, wobei das Rückkopplungssignal aus der Überlegung der Frequenzen eines Oszillators und einer Spule der Wegmesseinheit gewonnen wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturschaltung (39) die Oszillatorfrequenz derart verstimmt, dass die Kennlinie des rückgeführten Signals der Wegmesseinheit (32) bezogen auf die tatsächliche Verschiebung des Magnetkerns (30) nicht linear ist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Proportionalventil für hydraulische Anlagen nach dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1. Ein derartiges Proportionalventil ist aus o + p «Ölhydraulik und Pneumatik», 21 (1977) Nr. 10, S. 722–24, 729–29) bekannt.

Auch die DE-OS 25 28 963 beschreibt eine hydraulische Steuervorrichtung, in der Proportionalventile eingesetzt sind, bei der die Proportionalmagnete in einem Regelkreis liegen, dessen Regelgrösse die axiale Verschiebung des Magnetkerns des Proportionalmagneten ist.

Dieser bekannte Ventil-Lage-Regelkreis dient zur Anpassung des Magnetstroms an Schwankungen der Last und kompensiert die Erwärmung der Spule. Welchen Ausgangswert (z.B. Druck oder Menge) das Proportionalventil letztlich erzeugt, hängt allerdings von der konstruktiven Ausgestaltung der übrigen, mechanisch-hydraulischen Bauteile ab. Die Vorteile der Anwendung von Proportional-Ventilen in hydraulischen Antriebssystemen der in Frage stehenden Art bestehen im wesentlichen in der Energieersparnis durch verlustlose Anpassung von Druck- und Förderstrom an den tatsächlichen Bedarf, ferner in der fernsteuerbaren Druckregelung analog zu den elektrischen Sollwertsignalen, ferner in der lastunabhängigen Förderstromregelung, schliesslich in verhältnismässig kurzen Regelzeiten bei hoher Genauigkeit. Es wäre also durchaus wünschenswert, dass auch bei relativ hohen Ansprüchen auf eine extrem kostenlastige Servohydraulik im geschlossenen Regelkreis mit elektronischem Soll-Ist-Wert-Vergleich und -Ableich mit dem Ausgangswert als Regelgrösse zugunsten von Proportional-Ventilen verzichtet werden kann, da letztere in beiden Fahrrichtungen eine eingangssignalabhängige Proportional-Steuerung sicherstellen, ohne einen geschlossenen Regelkreis mit elektronischer Rückführung des Ist-Wertes zu benötigen. Erfahrungen haben allerdings gezeigt, dass der Einsatz von Proportional-Ventilen, in deren hydraulischem Teil Disproportionalitäten hinsichtlich Druck und Menge auftreten, bei hohen Ansprüchen, z.B. bei der Herstellung von Qualitätsspritzlingen nicht mehr vertretbar ist. So kommt es, dass in den hydraulischen Antriebssystemen von Spritzgiessmaschinen nach wie vor die Servohydraulik Anwendung findet und die Fertigungskosten ausserordentlich belastet. Zu den Besonderheiten der Regelung vgl. auch den Artikel «Ist Prozessregelung notwendig» in PLAST-VERARBEITER, Heft 9/78, Seiten 475 ff.

Ein besonderer Nachteil des Einsatzes eines Regelkreises zur Rückführung des Ausgangswertes von einem Ist-Wert auf den vorgegebenen Soll-Wert besteht auch darin, dass die Regelkonstante sehr hoch ist, d.h., die Ansprechzeit für die Rückführung auf den Soll-Wert relativ lang ist, so dass der Regelkreis zu Regelschwingungen neigt, die den Regelkreis instabil machen.

Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Proportionalventil der eingangs genannten Gattung derart weiterzubilden, dass eine verbesserte Proportional-Steuerung der hydraulischen Parameter wie Druck und Geschwindigkeit mit einer der Servohydraulik vergleichbaren hohen Proportionalität zur Steuergrösse erreicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im Kennzeichen des Anspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Bei einer solchen Ausgestaltung kann z.B. zur Bedienung der Spritzgiessmaschine auch weniger geschultes Personal eingesetzt werden, weil die bei Servohydraulik bei Wechsel eines Servoventils erforderliche neue Einstufung des Regelkreises entfällt. Ferner kann die bei Ausfall von wesentlichen hydraulischen Funktionen bei Anwendung einer Servohydraulik im geschlossenen Regelkreis bestehende Gefahr von Schäden im hydraulischen System vermieden werden. Dabei ist zu beachten, dass das hydraulische Antriebs-System einer Spritzgiessmaschine üblicher Bauart eine Anwendung von Proportionalventilen, 4–8 dieser Ventile aufweist, von welchen allenfalls eines oder zwei mit einer Servohydraulik, d.h. einer Regelung der Ausgangsgrösse ausgerüstet werden kann, um die Kosten in einem noch tragbaren Rahmen zu halten. Dies bedeutet, dass das hydraulische System im Bereich der nicht mit Servohydraulik ausgestatteten Ventile mit den Disproportionalitäten der Proportionalventile behaftet ist. Hier schafft die Erfindung eine wirksame Abhilfe.

Ausgestaltungen der Erfindung sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung wird nun anhand eines Proportional-Druckventils mittels zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines Proportional-Druckventils,

Fig. 2 die Druck-Steuersignal-Kennlinie eines Druck-Proportionalventils gemäss Fig. 1,

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemässen Proportionalventils angewendet in einem Proportionalventil gemäss Fig. 1 mit einer Kennlinie gemäss Fig. 2,

Fig. 4 eine Detaildarstellung der Korrekturschaltung gemäss Fig. 3,

Fig. 5 ein Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemässen Proportionalventils.

Das in Fig. 1 dargestellte Proportional-Druckventil besteht im wesentlichen aus einem Ventilblock 10, einem Proportional-Magneten 22, einer Wegmesseinheit 32 und einer elektronischen Regeleinheit 37.

Ein Ventilsitz 11 ist mittels einer Mutter 12 axial einstellbar gesichert. Koaxial zur zylindrischen Ventilkammer 20 ist der Ventilkegel 16 zentrierend geführt, der bei geschlossenem Druckventil mit seiner Spitze 15 in den Druckkanal 13 eintaucht. Der erzeugte Druck steht am Druckkanalanschluss 19 zur Verfügung.

Zur Steuerung des Ventilkegels 16 über eine Feder 17 dient der Proportionalmagnet 22, der seinerseits aus einer Spule 31 und einem Magnetkern 30 aufgebaut ist. Der Magnetkern 30 ist mit dem Federteller 18 über einen Magnetkernstössel 23 verbunden.

Eine elektronische Einheit 37, bestehend aus einem Steuergerät 38 und einem Verstärker 34, ist mit der Spule 31 des Proportionalmagneten 22 über eine Steuerleitung 36 verbunden und erzeugt ein Magnetfeld, das zur Verschiebung des Magnetkerns 30 und damit zur Beaufschlagung des Federtellers 18 über den Magnetkernstössel 23 führt.

Infolge der unvermeidlichen Hysterese (und aus den oben genannten Gründen), d.h. der Abhängigkeit der Kraftwirkung des Magnetkerns 30 von der Stärke des Steuerstroms auf der Steuerleitung 36 bei abnehmendem bzw. zunehmendem Wert dieses Steuerstroms, ist es üblich, eine Wegmesseinheit 32 vorzusehen, die die Verschiebung des Magnetkerns 30 in Abhängigkeit vom Steuerstrom auf der Steuerleitung 36 misst.

Dazu dient eine Wegmessstange 33, die am Magnetkern 30 befestigt ist, und die von einer Spule 41 umschlossen ist. Über verschiedene elektronische Zusatzbestandteile erzeugt die Wegmesseinheit 32 über eine Rückführleitung 35 ein Rückkopplungssignal, das dem Verstärker 34 zugeführt wird, und seinerseits den Betrag des Steuersignals auf der Steuerleitung 36 beeinflusst. Es handelt sich demnach um einen Regelkreis, wobei die Regelgrösse die Verschiebung des Magnetkerns 30 ist.

Diese Regelgrösse hängt ihrerseits ab von einer Steuerspannung U , die vom Steuergerät 38 dem Verstärker 34 zugeführt wird. Abhängig vom Wert der Steuerspannung U ist damit ein bestimmter Sollwert der Verschiebung des Magnetkerns 30, dem der Ist-Wert dieser Verschiebung mittels des Steuersignals auf der Steuerleitung 36 nachgeführt wird, bis der Soll-Wert der Verschiebung und der Ist-Wert der Verschiebung übereinstimmen.

Zur Realisierung der Wegmesseinheit 32 ist es bekannt, zur Erzeugung des Rückkopplungssignals auf der Rückführleitung 35 die Spule 34 als Teil eines Schwingkreises auszuwählen, der von einem Oszillator betrieben wird. Das Ein- bzw.

Ausschieben der Wegmessstange 33 in die Spule 34 bewirkt eine Änderung der Induktivität und damit der Schwingfrequenz dieses Schwingkreises. Über eine geeignete Gleichrichterschaltung lässt sich die Überlagerung der Oszillator-Frequenz mit dieser Frequenz zur Gewinnung eines Rückkopplungssignals ausnutzen.

Eine derartige Wegmesseinheit 32 wäre nur dann entbehrlich, wenn es gelänge, die Hysterese-Erscheinungen des Proportionalmagneten 22 auf ein vernachlässigbares Mass zu reduzieren.

Ein Proportional-Druckventil gemäss Fig. 1 erzeugt demnach in Abhängigkeit einer Steuerspannung U einen Ausgangsdruck p , oder kurz ausgedrückt $p = f(U)$.

Ein derartig funktioneller Zusammenhang kann als Druck-Steuerspannungs-Kennlinie bezeichnet werden. Eine typische Kennlinie für ein Proportional-Druckventil zeigt Fig. 2.

Im Diagramm gemäss Fig. 2 ist als Abszisse die Steuerspannung U des Steuergeräts 38 (Fig. 1) in Spannungseinheiten SE aufgetragen; als Ordinate ist aufgetragen der Ausgangsdruck p am Druckkanalanschluss 19 (Fig. 1) in Druckeinheiten DE. Wie der Name schon sagt, wäre im Idealfall der Ausgangsdruck p proportional zur Steuerspannung U . Die daraus sich ergebende lineare Kennlinie ist in Fig. 2 strichpunktiert eingezeichnet und als Soll-Wert-Kurve S bezeichnet.

Infolge von Unregelmässigkeiten und Abweichungen im hydraulischen Teil des Proportional-Druckventils ergibt sich jedoch eine Abhängigkeit, wie sie in Fig. 2 durch die Kurve I für Ist-Wert dargestellt ist. Diese Abweichungen sind ventilspezifisch, d.h. jedes Proportional-Druckventil weist eine leicht unterschiedliche Druck-Steuerspannungs-Charakteristik auf.

Grundsätzlich ist es nun möglich, durch einen Regelkreis bei einem bestimmten Wert der Steuerspannung U die Abweichung des Soll-Druckes vom Ist-Druck zu ermitteln und dem Verstärker 34 (Fig. 1) zuzuführen, also den Ausgangsdruck p als Regelgrösse zu benutzen.

Aus den oben genannten Gründen sieht die Erfindung jedoch davon ab. Der Erfindungsgedanke besteht vielmehr darin, aus dieser ventilspezifischen Kennlinie die Differenzen des Ist-Wertes des Ausgangsdruckes p vom Soll-Wert des Ausgangsdruckes p bei einer bestimmten Anzahl von Eingangsspannungen U zu ermitteln, zu speichern und ein Eingangssignal des Verstärkers 34 damit zu korrigieren.

Dazu ist es erforderlich, für jedes Proportional-Druckventil die Kennlinie gemäss Fig. 2 auf einem Prüfstand 40 (Figuren 3 und 5) aufzunehmen. Anhand der Wertepaare in Fig. 2 soll veranschaulicht werden, wie die Ermittlung eines Korrektursignals für die Steuerspannung U durchgeführt werden kann:

Die Steuerspannung U habe den Wert $U_0 = 100$ Spannungseinheiten. Bei einem linearen Kennlinienverlauf gemäss der Linie S entspräche dies einem Ausgangsdruck p_{0S} von 100 Druckeinheiten.

Tatsächlich beträgt der bei dieser Steuerspannung erzielte Ausgangsdruck p_{0I} nur 80 Druckeinheiten, was durch den Pfeil (1) angedeutet ist. Man erkennt aber, dass man auch mit der tatsächlichen Kennlinie I dieses Druckventils den gewünschten, proportionalen Ausgangsdruck p_{0S} von 100 Druckeinheiten erreichen kann, wenn man gemäss Pfeil (2) den zugehörigen Steuerspannungswert U_{0K} aufsucht, der im dargestellten Zahlenbeispiel 110 Spannungseinheiten beträgt, wie durch Projektion gemäss Pfeil (3) von der Ist-Kurve I auf die Abszisse erhalten werden kann.

Zur Erzeugung des gewünschten Ausgangsdruckes p_{0S} ist daher die Überlegung einer Korrekturspannung ΔU_0 zur ur-

sprünglichen Steuerspannung U_O erforderlich. Es gilt also, die Beziehung $\Delta U_O = U_{OK} - U_O$.

Beim Durchfahren der Kennlinie jedes Druckventils lässt sich daher eine Tabelle aufstellen, die für jede Steuerspannung U_O die zugehörige Korrekturspannung ΔU_O angibt. Je nach erforderlicher Genauigkeit können mehrere Hundert oder mehrere Tausend Wertepaare gemessen werden.

Fig. 3 zeigt nun ein Blockschaltbild einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemässen Proportionalventils, bei dem die auf dem Prüfstand 40 in Form von Wertepaaren ermittelte Kennlinie in eine Korrekturschaltung 39 eingebracht ist, was in Figur 3 durch den gestrichelten Pfeil angedeutet ist. Die elektronische Einheit 37 besteht also gemäss der Erfindung aus dem Steuergerät 38, der Korrekturschaltung 39 und dem nachgeschalteten Verstärker 34. Wie schon in Fig. 1 konstruktiv dargestellt, steuert der Verstärker 34 über die Steuerleitung 36 den Proportionalmagneten 22, dessen Verschiebung von der Wegmessenheit 32 über die Rückkopplung 35 wieder dem Verstärker 34 zugeführt wird, wodurch demnach ein Regelkreis mit der Verschiebung des Proportionalmagneten 22 als Regelgrösse gebildet ist. Der Proportionalmagnet 22 erzeugt schliesslich über die mechanisch-hydraulischen Einrichtungen des Ventilblocks 10 den Ausgangsdruck $p(U)$.

Bei diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich demnach um eine mittels der Wertetabelle $\Delta U = f(U)$ korrigierte Steuerung des Proportionalmagneten 22 zur Erzielung eines linearen Kennlinienverlaufs gemäss der Linie S in Fig. 2. Gemäss der Erfindung wird der Ausgangsdruck $p(U)$ nicht als Regelgrösse verwendet. Es liegt vielmehr von vornherein fest, und zwar durch die Tabelle innerhalb der Korrekturschaltung 39, welche Korrekturwerte der Steuerspannung U abhängig von deren Wert beigelegt werden. Der Regelkreis mit der Verschiebung des Proportionalmagneten 22 als Regelgrösse dient lediglich der Umsetzung des Ausgangssignals des Verstärkers auf der Steuerleitung 36 in eine festgelegte Verschiebung des Proportionalmagneten 22.

Fig. 4 zeigt eine konstruktive Realisierung der Korrekturschaltung 39 der Fig. 3. Bei der Erläuterung soll ein Zahlenbeispiel verwendet werden, das mit dem Zahlenbeispiel der Kennlinie gemäss Fig. 2 übereinstimmt. Die Steuerspannung U_O , die von der Steuerschaltung 38 die Korrekturschaltung 39 erreicht, beträgt 100 Spannungseinheiten. Ein Analog-Digitalwandler 390 setzt diesen Wert in den zugehörigen Binärwert 1 100 100 um, der dann einer Adressierschaltung 391 eines Fest-Wert-Speichers (ROM) 392 zugeführt wird. Der Fest-Wert-Speicher 392 enthält die auf dem Prüfstand 40 (Fig. 3) ermittelte Wertetabelle $\Delta U = f(U)$. Im Adressenteil des Fest-Wert-Speichers sind diejenigen Steuerspannungen U gespeichert, für die die zugehörigen Korrekturwerte ΔU ermittelt wurden. Die Adressierschaltung 391 steuert diejenige Zeile des Festwertspeichers 392 an, deren Adresse gleich dem Wert der Steuerspannung U ist, im dargestellten Beispiel also die Adresse 1100100 besitzt. Der zugehörige Differenzwert ΔU beträgt 10 Spannungseinheiten (Fig. 2) demnach in binärer Darstellung 1010. Dieser Korrekturwert ΔU wird ausgelesen und zusammen mit dem Wert der Steuerspannung U einem Binäraddierer 393 zugeführt, der gemäss einer besonderen Vorzeichen-Information im Fest-Wertspeicher (+/-Spalte) diesen Korrekturwert zum Wert der Steuerspannung U addiert und dadurch einen Binärwert 1101110 entsprechend dem Dezimalwert 110 erzeugt. Dieser Wert wird einem Digital-Analogwandler 394 zugeführt, der schliesslich als Ausgangssignal den Wert 110 für 110 Spannungseinheiten zum Verstärker 34 weitergibt.

Es ist natürlich auch möglich, anstelle der Differenzwerte ΔU im Fest-Wert-Speicher 392 unmittelbar die korrigierten

Steuerspannungswerte U_k einzuspeichern und diese auszulesen, in Analog-Form umzuwandeln und dem Verstärker 34 zuzuführen. Je nach schaltungstechnischer Ausgestaltung des Verstärkers 34 bzw. des Steuergerätes 38 kann die Analog-Digital-Wandlung bzw. Digital-Analog-Wandlung unter Umständen entfallen.

Fig. 5 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Steuerschaltung, bei der die Korrekturschaltung 39 nicht in der elektronischen Einheit 37, sondern in der Wegmessenheit 32 angeordnet ist. Das Korrekturglied gemäss der Erfindung befindet sich also hier im Regelkreis der Verschiebung des Proportionalmagneten 22, statt der Steuerspannung U des Steuergerätes 38 wird hier das Rückkopplungssignal auf der Rückführleitung 35 der Wegmessenheit 32 entsprechend der Kennlinie korrigiert. Es soll erwähnt werden, dass es sich auch hierbei nicht um eine Regelung, sondern um eine Steuerung des Ausgangsdruckes $p(U)$ handelt, lediglich das Korrekturglied ist im Regelkreis der ohnehin vorhandenen Verschiebungsweg-Regelung angeordnet. Entsprechend der konstruktiven Ausgestaltung der Wegmessenheit 32 (vgl. Fig. 1) können verschiedene Möglichkeiten in Frage kommen, die Korrekturwerte dem Rückkopplungssignal auf der Rückführleitung 35 zuzugeben.

Eine Möglichkeit besteht darin, die Wegmessenstange 33 (Fig. 1) durch geeignetes Abfräsen in ihrem Querschnitt derart zu verändern, dass die daraus entstehende Induktivitätsänderung in der Spule 34 die nicht-lineare Charakteristik gemäss Fig. 2 bereits kompensiert, d.h. dass der Verstärker 34 nicht den tatsächlichen Ist-Wert der Verschiebung der Wegmessenstange 33 als Rückkopplungssignal erhält, sondern ein bereits korrigiertes Rückkopplungssignal. Anstelle des elektronischen Speichers gemäss Fig. 4 wäre dies ein elektro-mechanischer Speicher, wobei der Verlauf der Querschnittsänderungen der Wegmessenstange 33 sozusagen ein räumliches Abbild der Kennlinie gemäss Fig. 2 darstellt.

Es ist auch denkbar, bei einer Wegmessenheit 32, die einen Oszillator benutzt, die Frequenz dieses Oszillators derart variieren zu lassen, dass nach Überlagerung dieser Frequenz mit der von der Verschiebung der Wegmessenstange 33 und damit der Induktivität der Spule 34 abhängigen Frequenz ein Rückkopplungssignal auf der Rückführleitung 35 erzeugt wird, das die Linearität der Kennlinie sicherstellt. In diesem Falle ist es dann erforderlich, die Frequenz des Oszillators abhängig von der Steuerspannung U zu regeln.

Die Erfindung ermöglicht es demnach, kostspielige und technisch nachteilige Regelungsvorrichtungen zu vermeiden und stattdessen eine korrigierte Steuerung einzuführen, mit der mit geringerem Aufwand und mit vielfältigen technischen Realisierungsmöglichkeiten eine hohe Proportionalität der Druck-Steuerspannungskennlinie erreicht wird.

Es soll noch erwähnt werden, dass die Prinzipien der erfindungsgemässen Steuervorrichtung natürlich auch Anwendung bei anderen Proportional-Ventilen, z.B. einem Mengen-Proportionalventil finden können. In diesem Falle ist lediglich statt dem Ausdruck p die abgegebene Menge auf einem Prüfstand tabellarisch zu erfassen und in eine erfindungsgemässe Korrekturschaltung einzugeben.

Derartige Proportional-Druckventile und/oder Proportional-Mengenventile finden insbesondere Anwendung in Spritzgiessmaschinen. Es sind jedoch auch viele andere Anwendungsmöglichkeiten bekannt, bei denen ohne Regelung eine fast lineare Kennlinie von Bedeutung ist.

Zweckmässigerweise bilden der hydraulische Teil 10 bis 21, die als Nasseinheit mit Drucköl gefüllte, den Proportionalmagneten 22 und die Wegmessenheit 32 umfassende Baueinheit und die elektronische Einheit 37 eine konstruktive Einheit.

