

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 486 750 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **91106101.8**

(51) Int. Cl.⁵: **E21B 47/022**

(22) Anmeldetag: **17.04.91**

(30) Priorität: **23.11.90 DE 4037262**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.05.92 Patentblatt 92/22

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(71) Anmelder: **SCHWING HYDRAULIK
ELEKTRONIK GMBH & CO.
Dorstener Strasse 428
W-4690 Herne 2(DE)
Anmelder: Bergwerksverband GmbH
Franz-Fischer-Weg 61
W-4300 Essen 13(DE)**

(72) Erfinder: **Schwidder, Klaus-Dieter
Reitkamp 43 a**

W-4352 Herten(DE)

Erfinder: **Weber, Udo**

Obere Mönster Str. 2

W-4620 Castrop-Rauxel(DE)

Erfinder: **Braun, Paul**

Heuweg 98

W-4600 Dortmund 16(DE)

Erfinder: **Wallussek, Heinz**

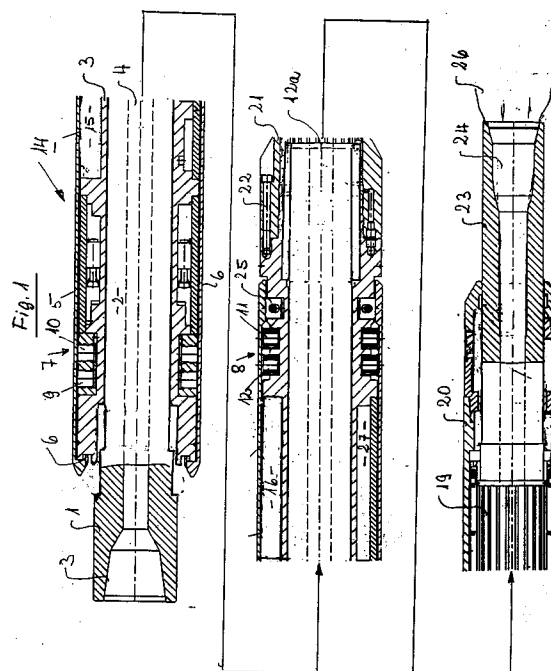
Altestr. 33

W-5804 Herdecke(DE)

(74) Vertreter: **Herrmann-Trentepohl, Werner,
Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte Herrmann-Trentepohl,
Kirschner, Grosse, Bockhorni & Partner
Schäferstrasse 18 Postfach 1140
W-4690 Herne 1(DE)**

(54) **Zielbohrstange.**

(57) Bei einer Zielbohrstange mit wenigstens einem Paar von Neigungsreglern zur Steuerung hydraulischer Korrekturantriebe, bei der ein Meßsystem die Regelgröße als Neigungswinkel der Zielbohrstange in einer Ebene gegen die vorgegebene Bohrachse in beiden Richtungen feststellt und die Steuerung die Meßwerte in Stellgrößen für die in der Ebene angeordneten, gegenläufig wirkenden Korrekturantriebe umwandelt, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß in dem Meßsystem (31, 32) der Neigungssensor (29, 30) als Beschleunigungsmasse ausgebildet ist, die ein permanentes, elektronisches Meßsignal einem Filter (33) aufgibt, welches die Schwingungen der Zielbohrstange unterdrückt und die um die temperaturabhängige Offsetdrift des Neigungssensors (29, 30) korrigierte Regelgröße liefert, die über einen Signalverstärker (34) auf einen Fensterdiskriminator (35) gelangt, der die Regelgröße durch ein nach Winkelminuten der Neigung bemessenes Steuerfenster als Dreipunktregler an Leistungsendstufen (36, 37) abgibt, welche elektrische Stellgrößen an Magnetventile (38, 39) weitergeben.



EP 0 486 750 A2

Die Erfindung betrifft eine Zielbohrstange gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Zielbohrstangen sind darauf eingerichtet, drehende Bohrungen und insbesondere Bohrungen nach dem Rotary-Verfahren in der Regel senkrecht nach unten, aber auch gelegentlich senkrecht nach oben so zu steuern, daß sie nicht aus der vorgegebenen Bohrrichtung, welche im allgemeinen mit der Senkrechten übereinstimmt, abweichen. Im allgemeinen bildet eine solche Zielbohrstange ein Bohrrrohr, welches meistens als letztes Gestängerohr vor dem Bohrmeißel in den Gestängezug eingebaut wird und mit Hilfe der hydraulischen Antriebe Korrekturmomente auf das Bohrwerkzeug überträgt, welche die Kräfte aufheben, die das Bohrwerkzeug und damit die Bohrung aus der Bohrrichtung ablenken. Bei praktischer Ausführung kann eine solche Zielbohrstange mit einem Paar konzentrischer Rohre verwirklicht werden, von denen das innere Rohr die Bohrwelle bildet, die mit dem Bohrwerkzeug und dem Bohrgestänge drehfest verbunden ist, während das konzentrisch äußere Rohr drehbar auf der Bohrwelle gelagert ist und ausschwenkbare Steuerleisten aufweist, die sich auf den Bohrlochstößen abstützen. Diese Steuerleisten werden von den hydraulischen Antrieben beaufschlagt, deren Reaktionskräfte die Korrekturmomente an dem Bohrwerkzeug hervorru-
fen.

Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf die zur Steuerung derartiger Zielbohrstangen erforderlichen Meß- und Regelsysteme, die dafür sorgen, daß die Bohrung der vorgegebenen Bohrrichtung folgt. Allgemein gesehen benötigt man zur Gewährleistung einer hinreichenden Genauigkeit bei der Einhaltung der vorgegebenen Bohrrichtung wenigstens zwei Meß- und Regelsysteme, welche in jeweils einer um einen Halbkreis gegeneinander versetzten Ebene wirksam sind, wobei in der vorstehend beschriebenen beispielsweise Ausführungsform der Zielbohrstange in jeder Meße-
bene ein Paar von Steuerleisten, deren Korrekturmomente einander entgegengesetzt sind, angeordnet werden. Auf diese Weise lassen sich alle innerhalb eines Vollkreises um die Bohrachse auftretenden Abweichungen an dem Bohrwerkzeug korrigieren. Voraussetzung ist jedoch ein Meß- und Regelsystem, welches die Abweichungen von der Regelgröße mit hinreichender zeitlicher und absoluter Genauigkeit erfaßt und in entsprechende Stellgrößen an den hydraulischen Antrieben umsetzt, welche in der Regel Plungerkolben aufweisen, die auf die Steuerleisten wirken.

Der vorstehend beschriebene Aufbau einer Zielbohrstange ist aus dem DBP 30 00 239 grundsätzlich bekannt. In der Praxis werden elektrische Neigungsmesser als Neigungssensoren benutzt, die um 90° gegeneinander versetzt sind. Ein sol-

cher Neigungsmesser kann beispielsweise aus einer Libelle mit Quecksilberfüllung bestehen, welche sich in einem gekrümmten, an beiden Enden verschlossenen Rohr bewegt und als Kontaktgeber dient, der mit Kontakten zusammenwirkt, die wechselweise durch die Quecksilberfüllung geschlossen oder geöffnet werden. Solche und ähnliche elektrische Sensoren führen jedoch zu Ungenauigkeiten in der Regelstrecke und damit zu nicht tolerierbaren Abweichungen aus der vorgegebenen Bohrrichtung. Tatsächlich lassen sich die Stellgrößen nicht in Echtzeit mit den Meßgrößen darstellen und an die hydraulischen Antriebe weitergeben. Es kommt auch zu Fehlsteuerungen, welche durch die mechanischen Belastungen des Meßsystems beim normalen Bohrbetrieb auf das Bohrgestänge wirken und Größenordnungen annehmen können, welche die Kontakte schließen, obwohl eine Regelabweichung nicht vorliegt.

Insbesondere ergeben sich bei der vorstehend beschriebenen Bauart erhebliche Regelabweichungen mit zunehmender Teufe der Bohrung. Das ist einerseits eine Folge der Verlängerung des Bohrgestänges, andererseits aber auch der Einwirkungen auf die Bohrlochspülung und auf die Bohreinrichtung des Gebirges.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Zielbohrstange des als bekannt vorausgesetzten allgemeinen Aufbaus zu schaffen, welche auch bei großen Bohrlochteufen die vorgegebene Bohrrichtung praktisch fehlerlos einhält.

Diese Aufgabe löst die Erfindung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Weitere Merkmale der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Gemäß der Erfindung sind das Meßsystem und die Regelstrecken jedes Neigungsreglers elektronisch ausgebildet, d.h. im Gegensatz zu vorbekannten elektrischen Ausführungen beruhen die Steuergrößen auf der Wechselwirkung von Elektronen. Daher kann der maßgebende Steuerimpuls von einer Beschleunigungsmasse erzeugt und in Echtzeit in die Stellgrößen umgewandelt werden. Um die hierbei entstehenden Störgrößen auszuschalten, wird das Meßsignal, welches die Schwingungen des Bohrgestänges enthält und im übrigen auch durch die in großen Teufen aufgrund der geothermischen Tiefenstufe ansteigenden Temperaturen verfälscht ist, gefiltert, wodurch das hinter dem Filter entstehende Meßsignal nur noch die Regelabweichung vom Sollwert enthält, d.h. die Größe des Winkels, den die Achse des Bohrgestänges mit der vorgegebenen, d.h. in der Regel senkrechten Bohrrichtung einschließt. Dieses Signal wird vorzeichenrichtig dem Fensterdiskriminator aufgegeben, nachdem es entsprechend verstärkt worden ist. Dadurch werden in den als Dreipunktreger ausgebildeten Leistungsendstufen elek-

trische Stellgrößen gebildet, deren Wert sich nach dem Steuerfenster bestimmt und entweder Null oder eine bestimmte Größe nach rechts oder links annimmt. Die Leistungsendstufen bilden elektrische Stellgrößen, mit denen die Regelventile zur Beaufschlagung der Plungerzylinder gesteuert werden können.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß aufgrund der elektronischen Ausbildung bereits geringste Regelabweichungen zur Bildung von Steuergrößen führen, mit denen eine Korrektur der Bohrrichtung in Echtzeit herbeigeführt wird. Diese Art der Steuerung, insbesondere von Tiefbohrungen sorgt unabhängig von den auf das Gestänge und das Bohrwerkzeug wirkenden Störgrößen für einen absolut geraden Verlauf der Bohrung in der vorgegebenen Bohrrichtung, was nicht zu erreichen ist, wenn man die Stellgrößen mit zeitlicher Verzögerung aus den betreffenden Meßsignalen bildet. Die beschriebene Filterung der Meßgrößen macht in der Erfindung die Steuersignale von den Störgrößen unabhängig, welche auf die das Meßsignal liefernde Beschleunigungsmasse einwirken. Das bedeutet, daß z.B. die unvermeidlichen Schwingungen des Bohrgestänges, die durch den Bohrvorgang entstehen und bei ihrer Einwirkung auf die Bildung des Steuersignals zum Flattern der Regelstrecke um den Sollwert führen, nicht wirksam werden können, so daß die Regelung unabhängig von den Schwierigkeiten des Bohrens ausschließlich auf Richtungsabweichungen reagiert.

Tiefbohrungen, d.h. Größenordnungen, wie sie bislang nicht mehr beherrscht werden können, was bei Teufen von ca. 4.000 m und mehr je nach Beschaffenheit des Gebirges der Fall ist, lassen sich mit der erfindungsgemäßen Zielbohrstange führen, weil auch die Meßfehler im Filter unterdrückt werden, die durch die unvermeidliche Aufheizung der Bohrlochspülung und der von dieser umgebenden Bohreinrichtung infolge der geothermischen Tiefenstufe auftreten. Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, daß insbesondere das Bauelement, welches die Elektronik aufweist, miniaturisierbar ist. In der Praxis müssen nämlich die Teile des Meß- und Regelsystems in der geringen Wandstärke des konzentrisch äußeren Rohres der Zielbohrstange untergebracht werden, was bei elektrischer Ausführung bisher häufig zum Versagen aufgrund von äußeren Einflüssen wegen des zu geringen Raumangebotes führt. Bei der Erfindung ist auch der Leistungsbedarf geringer, was zur Verkleinerung des Generators führt, der zur Stromerzeugung dient und ebenfalls in die Zielbohrstange eingebaut werden muß.

Da die Erfindung bereits geringe Regelabweichungen aufnimmt und ausgleicht, wird zweckmäßig der Meßbereich des Meßsystems auf diese Regelabweichungen eingestellt. Dazu gibt der An-

spruch 2 eine für die Praxis zweckmäßige Bemessung wieder. Hierbei beschränkt sich der Meßbereich auf nur ca. 120 Winkelminuten bei einer Auflösung und Wiederholgenauigkeit der Meßsignale von ca. 1 Winkelminute, wobei die absolute Meßgenauigkeit ca. 3 Winkelminuten ausmacht.

Das Steuerfenster kann wahlweise asymmetrisch oder symmetrisch ebenfalls nach Winkelminuten ausgelegt werden. Die hierfür zweckmäßigen Größenordnungen sind in den Ansprüchen 3 und 4 wiedergegeben.

Von besonderer Bedeutung für die genaue Regelung der Bohrrichtung mit Hilfe der erfindungsgemäßen Zielbohrstange ist die Berücksichtigung eines mit der Teufe anwachsenden hydrostatischen Druckes der Bohrlochspülung. Dies führt nämlich dazu, daß die hydraulischen Antriebe die Korrekturmomente mit immer größerer zeitlicher Verzögerung an die Zielbohrstange weitergeben. Dieses Problem wird grundsätzlich mit den Merkmalen des Anspruches 5 gelöst. Danach ist der Betriebsdruck der hydraulischen Antriebe variabel, d.h. er wächst mit wachsender Teufe an, die über den hydrostatischen Druck der Bohrlochspülung auf den Betriebsdruck der Antriebe einwirkt.

Im Anspruch 6 ist eine praktische Ausführung des hydraulischen Betriebskreises gekennzeichnet, welche nach diesem Grundgedanken arbeitet.

Die Einzelheiten, weiteren Merkmale und andere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer Ausführungsform anhand der Figuren in der Zeichnung; es zeigen

Fig. 1 im Längsschnitt unter Weglassung aller für das Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Einzelheiten eine Zielbohrstange gemäß der Erfindung im Längsschnitt,

Fig. 2 die Darstellung der Meß- und Regelsysteme, welche in der Zielbohrstange nach Fig. 1 untergebracht sind und

Fig. 3 die teufenabhängige, hydraulische Steuerung der Steuerleistantriebe.

In der Fig. 1 ist der mechanische Aufbau der Zielbohrstange wiedergegeben. Dem Bohrlochtiefsten ist das Wellenende (1) eines konzentrisch inneren Rohres (2) gezeichnet, welches eine Aufnahme (3) für einen nicht dargestellten Bohrlochmeißel aufweist, der drehfest mit dem Wellenende (1) verbunden ist. Ein konzentrisch äußeres Rohr (3) ist drehbar auf der Welle (2) gelagert. Die Welle (2) weist einen zylindrischen Kanal (4) zur Zuführung des im Kanal nach unten gerichteten Stromes der Bohrflüssigkeit zu der Aufnahme (3) und damit zu dem Bohrmeißel auf. In dem konzentrisch äußeren Rohr sind die mechanischen Teile untergebracht, mit denen die Korrektur der Bohrrichtung bewirkt wird.

Dazu gehören insgesamt vier Steuerleisten, die paarweise in je einer Ebene untergebracht sind, welche gegen die benachbarte Ebene um 90° versetzt ist. Deshalb sind in der Darstellung der Fig. 1 nur die Steuerleisten (5 und 6) erkennbar, die in einer dieser Ebenen angeordnet sind. Das andere Steuerleistenpaar steht senkrecht zur Zeichenebene. Jede Steuerleiste hat an einem Ende ein Anschlußgelenk (6), das sie mit dem konzentrisch äußeren Rohr (3) verbindet und wird mit zwei Paaren (7, 8) von Plungerkolben (9 bzw. 10; 11 bzw. 12) gesteuert, deren Zylinder senkrecht zur Längsachse (12) der Zielbohrstange (14) im äußeren Rohr (3) ausgespart sind. Sobald die Plungerkolben (9, 10 bzw. 11, 12) aus ihren Zylindern ausfahren, verschwenken sie die Steuerleiste (5) im Gelenk (6) nach außen, die sich auf dem nicht dargestellten Bohrlochstoß abstützt. Das Reaktionsmoment der Plungerkolben wirkt auf die Zielbohrstange (14) und damit auf das Bohrwerkzeug, das dadurch eine Richtungsänderung erfährt.

Die beschriebene Anordnung ist auch bei der Steuerleiste (6) vorgesehen. Da deren Plungerkolben unabhängig von dem Plungerkolben der Steuerleiste (5) beaufschlagt werden, können die Korrekturmomente in der beschriebenen Ebene nach jeder Seite aufgebracht werden. Im Zusammenwirken mit den Steuerleisten in der anderen, d.h. senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Korrekturebene sind entsprechend wirksam, so daß jede das Bohrwerkzeug ablenkende Störgröße durch Korrekturmomente ausgeglichen werden kann.

In einer Aussparung (15) des konzentrisch äußeren Rohres (3) ist ein Elektromotor untergebracht, der mit seiner Welle drehfest mit einer in einer anschließenden Aussparung (16) untergebrachten Pumpe verbunden ist, welche den hydraulischen Betriebsdruck für die Plungerzylinder erzeugt. Pumpe und Motor sind in dem hydraulischen Schaltbild nach Fig. 3 bei (17 bzw. 18) wiedergegeben. Zur Stromversorgung dient ein Elektromotor (19), welcher in einem Tender (20) der Zielbohrstange (14) untergebracht ist. Der Tender wird von einem weiteren, konzentrisch äußeren Rohr (21) gebildet, das mit dem Rohr (3), wie bei (22) dargestellt, verschraubt und dadurch drehfest mit diesem verbunden ist. Das andere Ende (23) der Welle (2) tritt aus dem Ende des Tenders aus und weist eine Aufnahme (24) zur drehfesten Verschraubung mit dem anschließenden Gestängezug (26) auf. Das dem Tender (21) zugeordnete Ende des Rohres (3) weist Führungen (25) auf, welche das Ausschwenken der Steuerleisten (5 bzw. 6) begrenzen.

In einer weiteren Aussparung (27) des konzentrisch äußeren Rohres (3) ist eine Platine untergebracht, die bei (28) in Fig. 2 wiedergegeben ist. Die Aussparung (27) dient auch dazu, die übrigen elek-

tronischen und elektrischen Schaltelemente für die Plungerkolben (9-12) aufzunehmen.

In den vorstehend beschriebenen Meßebenen ist für jedes Plungerkolbenpaar ein Neigungssensor (29, 30) mit seiner vollständigen Signalverarbeitung untergebracht. Hierdurch entsteht für jede Steuerleiste eine Redundanz, die dafür sorgt, daß bei Ausfall eines Meß- und Regelsystems ein sofortiger Ausbau der Zielbohrstange nicht erforderlich ist, was bei Tiefstbohrungen mit dem Ziehen des Gestänges und deswegen einem hohem Aufwand verbunden ist. Jeder Sensor besteht im wesentlichen aus einer Beschleunigungsmasse, welche permanent die Neigung des in der betreffenden Ebene untergebrachten Meßsystems (31, 32) erfaßt. Dadurch ist es möglich, in jeder der beiden Meßebenen gleichzeitig alle Störgrößen zu erfassen, welche zu einer Abweichung von der vorgegebenen Vorrichtung führen. Da es sich in jeder Meßebenen um zwei Meßsysteme handelt, so genügt es, die doppelt vorhandene Elektronik anhand der Plungerkolben (9, 10) zu erläutern.

Das permanent von dem Neigungssensor (29) erzeugte Signal wird einem Tiefpassfilter (33) aufgegeben. Dieser filtert das durch die Vibration des Bohrgestänges stark gestörte Neigungssignal des Sensors (29) aus und kompensiert gleichzeitig die temperaturabhängige Offsetdrift des Neigungssensors. Das gefilterte Signal gibt damit die Regelgröße wieder, die einem Signalverstärker (34) aufgegeben wird. Dieser verstärkt das gefilterte Neigungssignal mit dem gemäß dem Ausführungsbeispiel auf ca. 120 Winkelminuten festgelegten Meßbereich. Das Neigungsmeßsystem hat eine Auflösung und Wiederholgenauigkeit gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel von ca. 1 Winkelminute und eine absolute Meßgenauigkeit von ca. 3 Winkelminuten.

Das verstärkte Signal gelangt auf einen Fensterdiskriminator (35), der das Neigungssignal vorzeichenrichtig bewertet und danach die beiden Leistungsendstufen (36, 37) steuert. Das geschieht in Form eines Dreipunktreglers, wobei das Korrekturfenster ca. 3,5 Winkelminuten aufweist. Dieses Steuerfenster kann wahlweise asymmetrisch mit ca. + 2,5/ca. - 1 Winkelminuten oder symmetrisch mit ca. + 1,75/ca. - 1,75 Winkelminuten ausgelegt werden.

Die PWM modulierten Endstufen (36 und 37) steuern über Wegeventile (38, 39) die Beaufschlagung der Plungerkolben (9, 10) einzeln mit einem bestimmten Strom/Zeitprofil, indem die Wegeventile die Plungerzylinder werden über den hydraulischen Betriebskreis ansteuern.

Die Darstellung der Fig. 3 weicht von der nach Fig. 2 insofern ab, als danach jedem Plungerkolbenpaar nur ein Magnetventil (y1-y4) zugeordnet und die Zylinder hintereinander geschaltet sind.

Die PWM modulierten Endstufen (36 und 37) steuern die Magnete dieser 2/2-Wegeventile an, welche federnd vorgespannt sind. Dabei sind die Zylinder der Plungerkolben (9, 10 bzw. 10, 11), die in einer Aussparung des äußeren Rohres (3) untergebracht sind, welche als Kammern (1-4) im Schaltplan der Fig. 3 bezeichnet sind, hydraulisch miteinander verbunden, wodurch die Plungerkolben (9, 10 bzw. 10, 11) gleichzeitig aus- bzw. einfahren. Die Beaufschlagung der Wegeventile (y1-y4) erfolgt über Ringkanäle, die mit (T) für Tank und (P) für Pumpe gekennzeichnet, jedoch in die Fig. 1 nicht eingetragen sind.

Der hydraulische Druckerzeuger weist einen Druckverstärker (40) auf. Dieser enthält einen federbelasteten Kolben (41), dessen Unterseite (42) mit dem geregelten Betriebsdruck der Pumpe (18) beaufschlagt ist. Die gegenüberliegende Kolbenseite (43) stützt sich auf der Feder (44) ab, die ihrerseits mit einer Membran (45) beaufschlagt ist, die dem Druck der aufsteigenden Spülflüssigkeit ausgesetzt ist. Die Anordnung wirkt deshalb so, daß der Druck der aufsteigenden Spülflüssigkeit den Druck in der hydraulischen Steuerleitung (46) verstärkt, mit der die Plungerzylinder beaufschlagt werden. Das bedeutet, daß mit anwachsender Teufe und dementsprechend anwachsenden hydrostatischen Druck der Bohrlochspülung auch der hydraulische Druck in den Plungerzylindern steigt. Dadurch wird unabhängig von der Teufe eine vorgegebene Kolbengeschwindigkeit eingehalten und das Korrekturmoment nach der Teufe verstärkt.

Patentansprüche

1. Zielbohrstange mit wenigstens einem Paar von Neigungsreglern zur Steuerung hydraulischer Korrekturantriebe, bei der ein Meßsystem die Regelgröße als Neigungswinkel der Zielbohrstange in einer Ebene gegen die vorgegebene Bohrachse in beiden Richtungen feststellt und die Steuerung die Meßwerte in Stellgrößen für die in der Ebene angeordneten, gegenläufig wirkenden Korrekturantriebe umwandelt, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Meßsystem (31, 32) der Neigungssensor (29, 30) als Beschleunigungsmasse ausgebildet ist, die ein permanentes, elektronisches Meßsignal einem Filter (33) aufgibt, welches die Schwingungen der Zielbohrstange unterdrückt und die um die temperaturabhängige Offsetdrift des Neigungssensors (29, 30) korrigierte Regelgröße liefert, die über einen Signalverstärker (34) auf einen Fensterdiskriminator (35) gelangt, der die Regelgröße durch ein nach Winkelminuten der Neigung bemessenes Steuerfenster als Dreipunktgler an Leistungsendstufen (36, 37) abgibt, welche elektrische Stellgrößen an Ma-

gnetventile (38, 39) weitergeben.

2. Zielbohrstange nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßbereich des Meßsystems (31, 32) auf ca. 120 Winkelminuten und die Auflösung und jeder Hohlgenauigkeit der Meßsignale auf ca. 1 Winkelminute bei einer absoluten Meßgenauigkeit von ca. 3 Winkelminuten festgelegt sind, wobei das Steuerfenster ca. 3,5 Winkelminuten umfaßt.
3. Zielbohrstange nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerfenster symmetrisch mit ca. + 2,5/ca. -1 Winkelminuten ausgelegt ist.
4. Zielbohrstange nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerfenster symmetrisch mit ca. + 1,75/ca. -1,75 Winkelminuten ausgelegt ist.
5. Zielbohrstange nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der hydraulische Betriebsdruck der Antriebe (9-11) linear nach dem hydrostatischen Druck der Bohrspülung im Bereich der hydraulischen Antriebe (9-11) anwächst.
6. Zielbohrstange nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kolbendruckspeicher (40) in den hydraulischen Betriebskreis eingebaut ist, dessen Kolben (41) auf einer Seite (42) von dem hydraulischen Druckerzeuger (17, 18) und auf der gegenüberliegenden Seite mit der Spülflüssigkeit belastet ist.
7. Zielbohrstange nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Meßebeine vierfach unter sich gleiche Meßsysteme (31, 32) angeordnet und hydraulische Antriebspaare (9, 10, 11, 12) zugeordnet sind.

Fig. 1

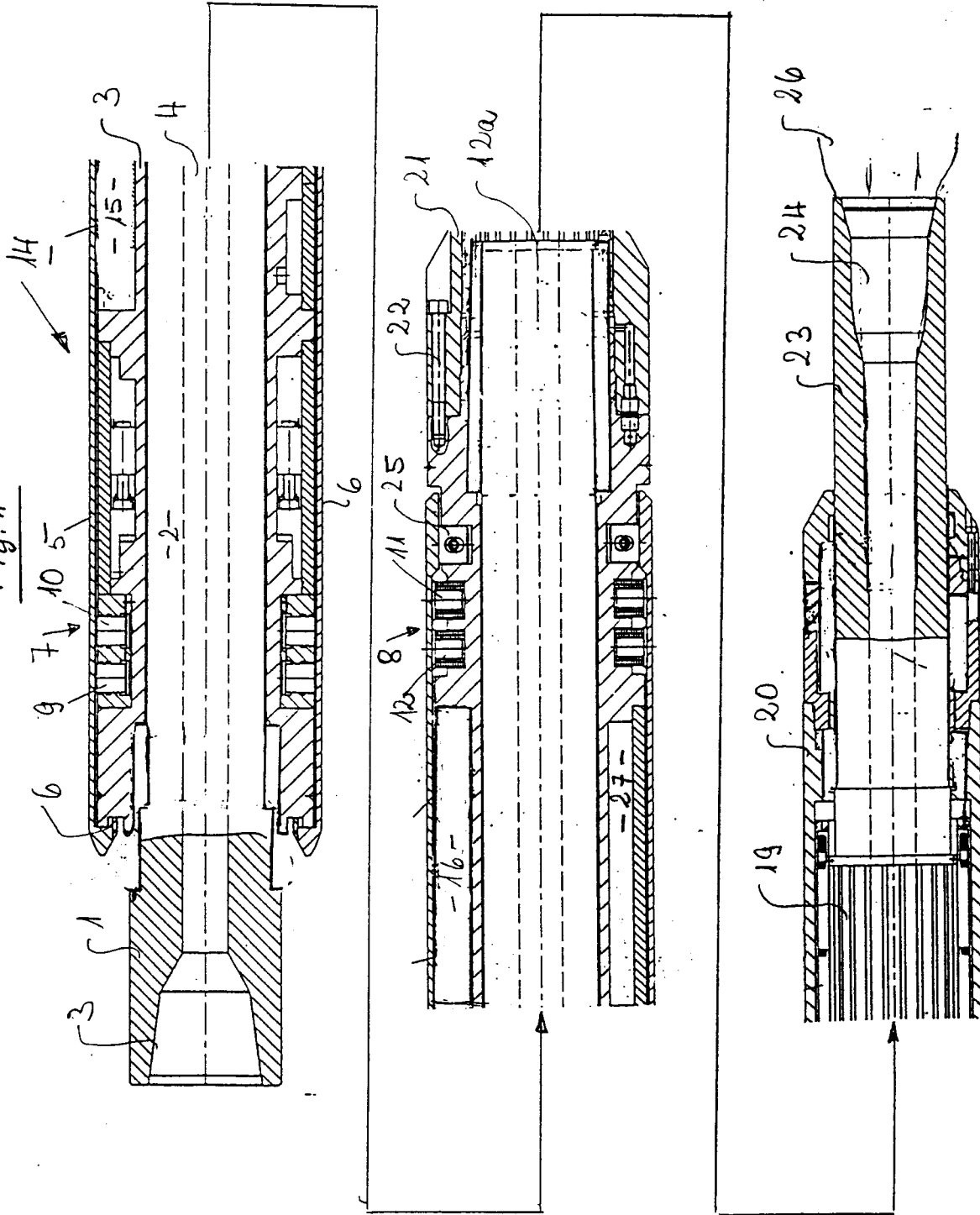
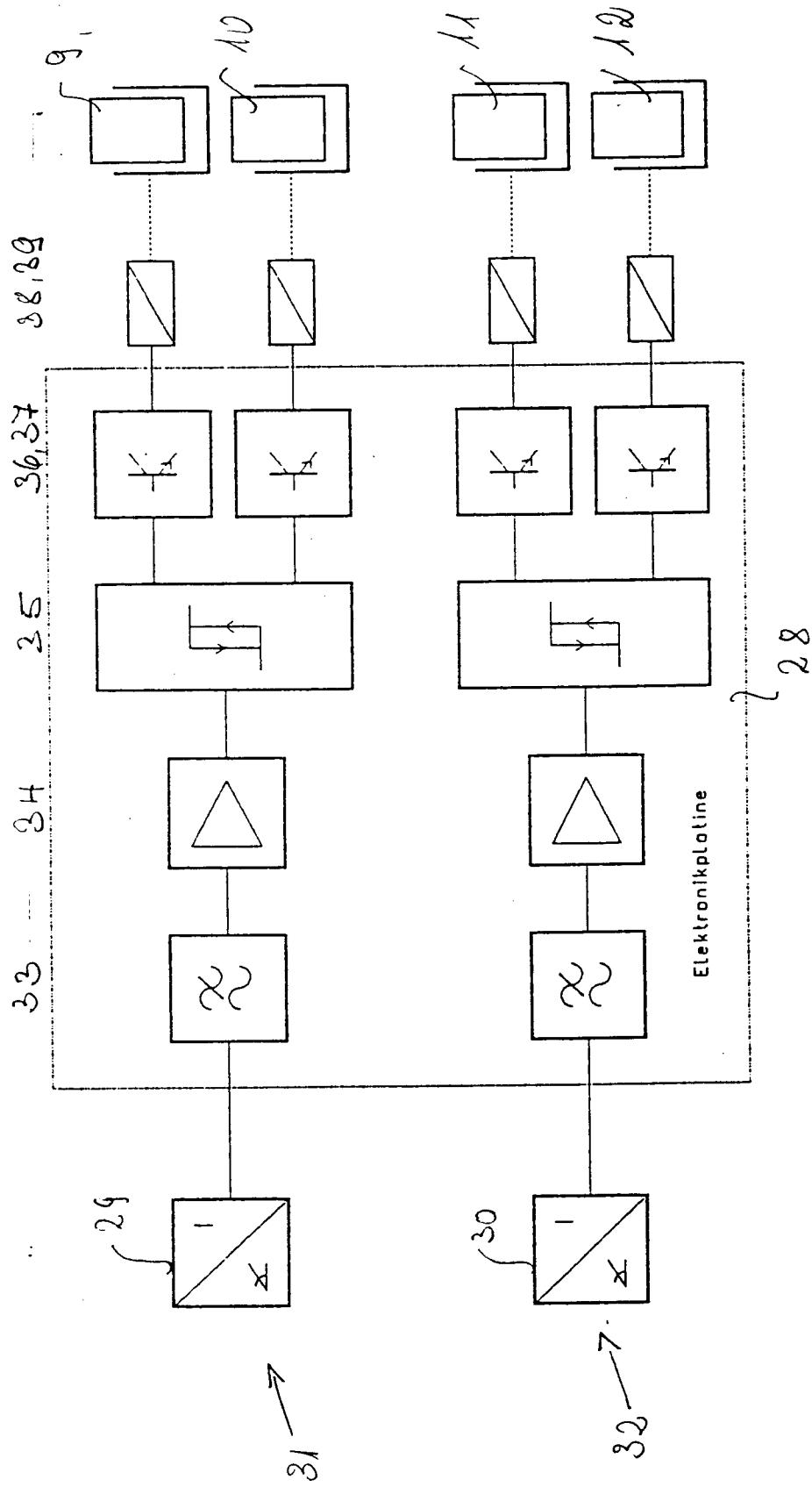


Fig. 2



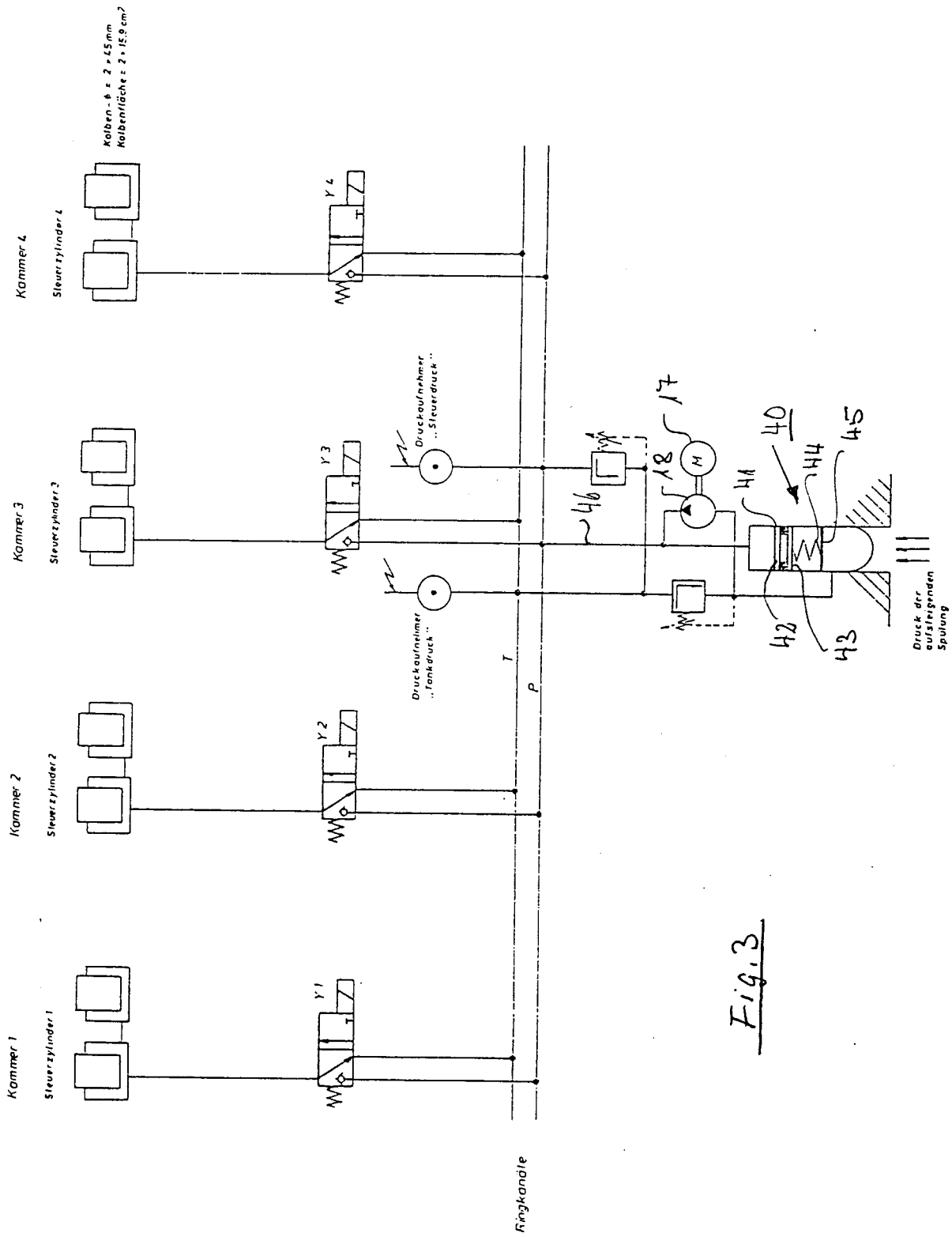


Fig. 3