



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 197 45 947 B4** 2008.12.11

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **197 45 947.1**
 (22) Anmeldetag: **17.10.1997**
 (43) Offenlegungstag: **23.04.1998**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **11.12.2008**

(51) Int Cl.⁸: **E21B 49/00** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
08/732911 17.10.1996 US

(73) Patentinhaber:
Baker-Hughes Inc., Houston, Tex., US

(74) Vertreter:
Busse & Busse Patentanwälte, 49084 Osnabrück

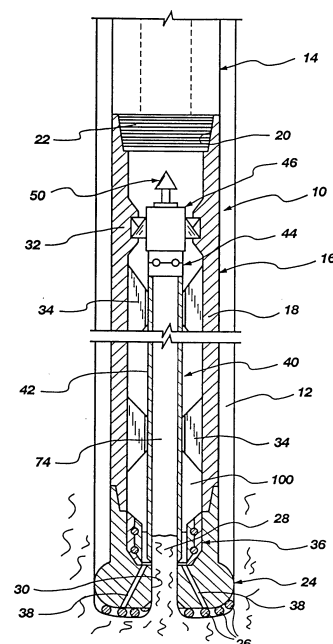
(72) Erfinder:
Puymbroeck, Luc Van, Kingwood, Tex., US;
Johnson, Michael H., Flower Mound, Tex., US;
Harrell, John W., Spring, Tex., US; Collee, Pierre
E., Kingwood, Tex., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 38 13 508 C1
GB 22 93 395 A
US 51 78 222 A
US 51 65 494 A
US 51 31 478 A
US 51 19 892 A
US 51 11 892 A
US 51 09 935 A
US 50 99 934 A
US 50 90 492 A
US 50 42 596 A
US 50 20 612 A
US 50 10 789 A
US 49 82 802 A
US 49 55 438 A
US 48 15 342 A
US 31 27 943 A

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Bohren von Erdformationen**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zum Bohren von Erdformationen, mit einem eine Längsbohrung begrenzenden Bohrkörper, der an seinem oberen Ende mit einem Bohrstang verbindbar und an seinem unteren Ende mit einer Kernbohrkrone versehen ist, und einer Instrumentenausrüstung, mittels welcher Bohrlochdaten gleichzeitig mit dem Erbohren eines Kerns aufnehmbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass von der Instrumentenausrüstung zumindest ein Bereich innerhalb des Rohrkörpers zwischen dessen Außenseite und der Längsbohrung angeordnet ist und von der Instrumentenausrüstung als Bohrlochdaten Erdformationsparameter aufnehmbar sind und die Instrumentenausrüstung wenigstens einen Sensor aufweist zum Erfassen von zumindest einem Formationsmerkmal aus der Gruppe der Merkmale Bohrlochtemperatur, Bohrlochdruck, Formationswiderstand, Formationsgammastrahlung, nukleare Magnetresonanz, Dichte und Porosität.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Bohren von Erdformationen in einer Ausgestaltung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf Verfahren zum Bohren von Erdformationen.

[0002] Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein Kombinationssystem des Kernbohrens und des normalen Rohrens mittels einer unter Verwendung eines Seilstranges aus dem Bohrstrang herausziehbaren Kernbohrinnenrohreinheit und einer Verschlusseinheit zum Vorwärtsbohren, wobei letztere wahlweise mit Meßeinrichtungen zur Bewertung von Bohrlochparametern ausgestattet ist. Speziell bietet das System die Möglichkeit, gleichzeitig eine Formation, in der eine Kernbohrung ausgeführt wird, wie auch die aus der Formation erbohrte Kernprobe datenmäßig zu erfassen.

[0003] Das Kernbohren mit einem Seilstrang ist seit vielen Jahren bekannt. Das Grundkonzept besteht hierbei darin, ein Kernrohr mit einer Außenrohreinheit zu verwenden, die am Ende des Bohrstrangs angeordnet ist und an ihrem unteren Ende eine Kernbohrkrone aufweist. Eine Innenrohreinheit zur Aufnahme eines von der Kernbohrkrone erbohrten Kerns ist lösbar in der Außenrohreinheit verriegelt. Diese Ausgestaltung ermöglicht eine Platzierung der Innenrohreinheit in der Außenrohreinheit mittels eines Seilstranges, mittels der Schwerkraft oder einer hydraulischen Strömung und ihre Rückgewinnung aus der Außenrohreinheit mittels des Seilstranges. Beispiele solcher Seilstrang-Kernbohrsysteme sind in den Schriften US 3 127 943 und US 5 020 612 beschrieben.

[0004] Ein Problem bei zahlreichen vorbekannten Systemen ist die Notwendigkeit, daß ein spezieller Bohrstrang mit einem vergrößerten Durchmesser verwendet werden muß, um das Einlassen und Zurückholen der Innenrohreinheit zu ermöglichen, die zum Erbohren verhältnismäßig großer Kerne über 5 cm (2") Durchmesser verwendet wird.

[0005] Obschon Kernbohrsysteme, die kleine bzw. schlanke Kerne von etwa 4,5 cm (1 3/4") Durchmesser oder weniger erbohren, bekannt sind, versteht sich, daß solche Kerne sehr zerbrechlich sind, so daß die herkömmlichen Kernbohrsysteme in der Länge auf solche Kerne begrenzt sind, die vernünftigerweise, ohne zu zerbrechen, gebohrt werden können. Diese Beschränkung scheint in erster Linie der Instabilität des gesamten Kernrohres zuzuschreiben zu sein, die durch seitliche und vertikale Bohrkronebewegungen im Bohrloch, die Vibrationen erzeugen, hervorgerufen wird. Ein Hauptphänomen, das aus solchen Bohrkronebewegungen und -schwingungen resultiert, ist das sog. Bohrkroneenschleudern, obgleich eine Vibration ohne Schleudern ebenfalls

schädlich ist. Das Phänomen des Bohrkroneenschleuderns äußert sich in Bohrkrone mit unausgeglichenen Seitenkräften der Schneidglieder, welche Kräfte dazu führen, daß die Bohrkrone im Bohrloch um einen Mittelpunkt rotiert bzw. schleudert, der von der geometrischen Mitte der Bohrkrone versetzt ist, derart, daß die Krone dazu neigt, rückwärts im Bohrloch zu schleudern. Es wurde beobachtet, daß das Schleuderphänomen durch das Vorhandensein von Kalibrier- bzw. Trimm Schneidgliedern an bestimmten Stellen im äußeren Kalibrierbereich der Bohrkrone verstärkt wird, wobei derartige Schneidglieder auch Reibkräfte beim Bohren erzeugen. Das Schleudern ist ein dynamisches eigenständiges Phänomen und wirkt sich in vielen Fällen im hohen Maße zerstörend auf die Schneidglieder der Bohrkrone aus. Das Schleuderphänomen erzeugt dabei eine Spiralgestalt des Bohrloches während des Rohrens, was bei Kernbohrkrone zu einem nicht-zylindrischen, spiraligen Kern führt, der noch empfindlicher gegenüber Brüchen ist und leicht im inneren Kernrohr verklemt.

[0006] Angesichts der verhältnismäßig kleinen Freiräume zwischen dem Kern und dem Pilotschuh, dem Kernfänger und den Innenrohrkomponenten des Innenrohres führen leichte seitliche und vertikale Bewegungen des Kernrohres leicht zu einem Bruch von Kernen mit kleinem Durchmesser mit einer daraus resultierenden Kernblockierung und Zerstörung der Kernprobe. Als Folge hiervon werden Kernrohre mit kleinem Durchmesser üblicherweise in ihrer Länge aufgrund der kurzen Kernproben (z. B. etwa 3 bis 4 m (10 bis 13 Fuß)), die ohne Kernbruch, -blockierung und -zerstörung erbohrt werden können, begrenzt. Es sind Versuche unternommen worden, längere Kerne, von etwa 8 m (26 Fuß) zu schneiden, jedoch haben die verwendeten Geräte aufgrund der oben erwähnten Probleme nicht zum Erfolg geführt.

[0007] Es ist erkannt worden, daß bestimmte Verbesserungen in der Bohrkroneausbildung, einschl., jedoch nicht ausschließlich der sog. schleuderfreien Bohrkrone mit Polykristallin-Diamant-Compakt-(PDC)-Schneidgliedern, eingeleitet durch Amoco und verbessert durch den Anmelder, auf Kernbohrkrone übertragen werden können, um die Sicherheit eines Kernbohrvorgangs und die Qualität der Kerne zu erhöhen. Patente, die schleuderfreie Bohrkrone beschreiben, sind beispielsweise die US-PSen 4 982 802, 5 010 789, 5 042 596, 5 099 934, 5 109 935, 5 111 892, 5 119 892, 5 131 478, 5 165 494 und 5 178 222. Das SPE-(Society of Petroleum Engineers)-Papier Nr. 24587 von L. A. Sinor u. a. der Amoco Production Co. mit dem Titel "Development of an Anti-Whirl-Core Bit" diskutiert Verbesserungen und mögliche Verbesserungen in den Kernbohrmöglichkeiten, die sich angemessenermaßen durch die Verwendung schleuderfreier Kernbohrkrone ergeben.

[0008] Andere Lösungsansätze zu einer Bohrkronenstabilisierung sind von Amoco u. a. unternommen worden. Ein Vorschlag besteht darin, den Versuch zu unternehmen, eine Bohrkronen perfekt auszubalancieren, wie es in der US-PS 4 815 342 beschrieben ist. Ein weiterer Lösungsvorschlag besteht darin, die Vorsprünge auf der Bohrkronenfläche in kreisförmigen Nuten mechanisch zu verriegeln, die von den Schneidgliedern auf der Fläche geschnitten werden, wie es in der US-PS 5 090 492 beschrieben ist.

[0009] Sämtliche der vorstehenden Entwicklungen bei der Bohrkronenstabilisierung haben sich auf einzelne Elemente des Bohrvorgangs konzentriert, entweder das Bohren eines Bohrloches mit vollem Durchmesser oder auf das Kernbohren.

[0010] Vor einigen Jahren wurde von der Eastman Christensen Company, einem Vorgänger des Anmelders, eine Kombination eines Vollbohr- und Kernbohrsystems mit der Wahlmöglichkeit zwischen Vollbohren und Kernbohren entwickelt. Dieses System ermöglichte wechselweise Kernbohr- und Vollbohrvorgänge, ohne den Bohrstrang zu ziehen. Bei diesem System waren sowohl die Innenrohreinheit zum Kernbohren als auch eine ersatzweise mittlere Verschlußeinheit mit einem Brechfuß und Schneidgliedern zum Umwandeln der Kernbohrkronen in einen Vollbohrmeißel über einen Seilstrang einsetzbar und aufholbar, die Innenrohreinheit konnte also wieder an die Erdoberfläche zurückbefördert werden. Dieses Kombinationssystem verwendete Kernbohrkronen mit natürlichen Diamanten und war aus mehreren Gründen nur in seltenen Fällen erfolgreich. Zunächst betrug die maximale Kernlänge, die auf einmal erbohrt werden konnte, nur etwa 4 m (13 Fuß), was ein außerordentlich kurzes Intervall zur Analyse ohne mehrfache Einsätze der Innenrohreinheit bedeutete und eine Kombination mit Sonderlängen von Rohren zum Abwärtsbohren des Mitnehmergestänges zum Drehtisch wie eine Rohrverbindung erforderte. Zusätzlich brachte das Aufkommen genauerer elektrischer Bohrlochmessungen und Analysetechniken zur Datenaufnahme eine Verringerung des Bedarfs für Kernanalysen. Schließlich akzeptierte die Industrie nicht die Kerne mit verhältnismäßig kleinem Durchmesser (5 cm), die das System erbrachte, das zum Einsetzen und Rückholen der Innenrohreinheit und der mittleren Verschlußeinheit Standardrohrteile erforderte.

[0011] In jüngerer Zeit hat jedoch die Entwicklung und die industrielle Akzeptanz von Loch- und Rotationskernbohrtechniken, die dazu führen, daß Kerne von etwa 2,5 cm (1 Zoll) Durchmesser aus dem Bohrloch erbohrt werden können, als auch die vermehrte Anwendung von Bohrlöchern kleinen Durchmessers für Versuchs- bzw. Forschungsbohrungen den früheren Widerstand, auf Kerne kleinen Durchmessers zurückzugreifen behoben. Diese Veränderungen in der

industriellen Praxis haben zu einem erneuten Interesse am Kernbohren geführt, jedoch haben bislang die bekannten Kernbohrsysteme keine Möglichkeit für ein System zum Vollbohren und Kernbohren mit kleinem Durchmesser geführt, das ursprüngliche, unbeschädigte Kerne von gewünschter Länge (z. B. etwa 9 m (30 Fuß)) unter Vermeidung von Kernblockierungen schneiden kann und außerdem die Möglichkeit bietet, zwischen den Intervallen des Kernbohrens weiter vollzubohren, ohne den Bohrstrang zu ziehen. Außerdem bietet kein Kernbohrsystem des Standes der Technik die Leistungsmöglichkeiten und Betriebsmerkmale, wie sie mit PDC-Bohrkronen erreicht werden können.

[0012] Ein weiterer Nachteil der bekannten Kernbohrsysteme liegt in der Tendenz, daß das Erbohren des Kerns und die Bewertung der Bohrlochparameter als separate, nur peripher miteinander in Beziehung stehende Vorgänge anstatt miteinander verknüpfte Segmente eines Gesamtprozesses der Formationsbewertung behandelt werden. Obschon die US-PS 4 955 438 der Anmelderin das Aufnehmen von Meßwerten der Bohrlochmerkmale während eines Kernbohrvorgangs und das Aufholen solcher Daten von der Kernbohrvorrichtung auf physischem Wege, durch Seilstrang oder Spülungsimpulstelemetrie, beschreibt, ist das Vorhandensein irgendeines derartigen Systems zur Verwendung bei Öl- und Gasforschungsbohrungen nicht bekannt.

[0013] Aus der Schrift GB 2 293 395 ist es bekannt, einen Bohrkörper so zu gestalten, dass er entweder eine Öffnung zur Aufnahme einer Kernbohrung aufweist oder in die Öffnung ein Verschluss eingesetzt ist, so dass keine Kernbohrung mehr möglich ist. Der Verschluss ist mit Messvorrichtungen versehen, so dass bei normalen Bohrungen Messungen mit dem Bohrkörper vorgenommen werden können.

[0014] Außerdem ist aus der Schrift DE 38 13 508 C1 bekannt, einen Bohrkörper zur Aufnahme einer Kernbohrung an seinem Ende mit einer Messvorrichtung zu versehen, um das erbohrte Material zu untersuchen. Der Bohrkörper ist jedoch ausschließlich für Kernbohrungen verwendbar, und die durchführbaren Messungen führen nur zu eingeschränkt nutzbaren Messergebnissen, da die Messvorrichtung an der Rückseite des Bohrkörpers angebracht ist.

[0015] Der Erfindung liegt in erster Linie die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Bohren von Erdformationen zu schaffen, mit der es möglich ist, gleichzeitig mit dem Erbohren eines Kerns Bohrlochdaten aufzunehmen.

[0016] Diese Aufgabe wird für eine gattungsgemäße Vorrichtung gemäß Anspruch 1 nach der Erfindung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Hinsichtlich weiterer Ausgestaltungen

gen wird auf die Ansprüche 2 bis 16 verwiesen.

[0017] Im Hinblick auf die gattungsgemäßen Verfahren wird die Aufgabe anhand der kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 17 und 18 gelöst.

[0018] Die Erfindung bezweckt ferner die Schaffung eines einfachen Verfahrens zum Bohren einer Erdformation mit der Möglichkeit der Aufnahme von Bohrlochdaten und löst diese Aufgabe in Verfahrensformen gemäß den Ansprüchen 20 bis 22.

[0019] Die Erfindung bietet die Möglichkeit abwechselnd einen Kernbohrvorgang und einen Vollbohrvorgang durchzuführen, ohne den Bohrstrang zu ziehen, wobei langgestreckte Kerne kleinen Durchmessers entnommen werden können. Das Kernrohr nach der Erfindung weist eine Außenrohreinheit mit einer Kernbohrkrone, vorzugsweise PDC-Kernbohrkrone, auf, die am unteren Ende der Außenrohreinheit angebracht ist. Unmittelbar oberhalb der Kernbohrkrone befindet sich eine Lageranordnung für das Bohrkronenende im Kernrohr, die wechselweise das Ende einer Innenrohreinheit oder einer mittleren Verschlußeinheit aufnimmt. Eine Rastkupplung ist oben an der Innenseite der Außenrohreinheit angebracht. Die Innenrohreinheit weist ein Fangkupplungsglied am oberen Ende auf, darunter eine Verriegelungseinheit für einen Eingriff mit der Rastkupplung des Außenrohrs und eine Lagereinheit unter der Verriegelungseinheit zur Ermöglichung einer Drehung zwischen der Außenrohreinheit und dem Innenrohr. Das untere Ende der Innenrohreinheit, das mit der Bohrkronenlagereinheit in Eingriff steht, weist einen herkömmlichen Kernfänger auf.

[0020] Die nach der Erfindung bevorzugte PDC-Kernbohrkrone hat vorzugsweise eine schleuderfreie Ausgestaltung, obwohl andere stabilisierte Bohrkronenausgestaltungen, wie sie oben besprochen wurden, ebenfalls geeignet sind. Die Verwendung einer schleuderfreien Kernbohrkrone im Rahmen der Erfindung führt zu der erwiesenen Fähigkeit, Kerne von zumindest etwa 9 m (30 Fuß) von hoher Qualität und mit stark erhöhter Gewinnungsrate zu schneiden und zu ziehen. Außerdem bietet die Verwendung einer PDC-Kernbohrkrone mit wahlweisem mittleren Verschluß eine Eindringungsrate ähnlich der von PDC-Bohrmeißeln und Gewicht-auf-Krone, Drehgeschwindigkeit und hydraulische Strömungsraten ähnlich denen von PDC-Bohrmeißeln. Somit können große Mengen hochqualitativer Kerne kosteneffektiv gewonnen werden, und die Gesamteindringungs- bzw. Bohrfortschrittsrate während des Bohrvorgangs ist im Vergleich mit einem Bohren ohne Kernentnahme nicht wesentlich reduziert, so daß der Betreiber Vorteile aus Zeit- und Kostenersparungen wie auch aus den durch die hochqualitativen Kerne zur Verfügung stehenden Informationen zieht.

[0021] Die Verwendung der Lagereinheit für das Bohrkronenende erbringt eine präzise Ausrichtung des Innenrohrs zur Aufnahme des im Erbohren befindlichen Kerns sowie einen Sitz für das untere Ende der mittleren Verschlußeinheit, die eine Mehrzahl von Schneidgliedern, vorzugsweise PDC-Schneidgliedern, und Spülungsauslässe für die Spülflüssigkeit enthält.

[0022] Ein wahlweises, jedoch bedeutsames Merkmal der vorliegenden Erfindung ist die Anordnung eines geeigneten Meßwerkzeugs, wie eines Gammastrahlen- oder Richtungsmeßwerkzeugs, in der mittleren Verschlußeinheit zur Ermöglichung einer Bohrlochdatenaufnahme während eines Vollbohrvorgangs. Die Daten können im Meßwerkzeug während des Rohrens gespeichert und periodisch durch Seilstrangübertragung oder wenn die mittlere Verschlußeinheit zur Oberfläche zurückgeholt wird, aufgenommen werden. Es kann auch ein Bohrspülungsimpuls- oder anderes geeignetes Datenübertragungssystem als Teil der mittleren Verschlußeinheit angebaut werden, um eine Echtzeitübertragung von Daten zu ermöglichen. Eine oder mehrere Meßmöglichkeiten können in das Meßwerkzeug bzw. die Instrumentenausrüstung einbezogen sein, wobei solche Möglichkeiten eine Druck- und Temperaturmessung zusätzlich zu den anderen oben erwähnten Messungen umfassen können, ohne hierauf beschränkt zu sein. Vorteilhaft ist auch, daß die Meßwerkzeugsensoren und insbesondere die Sensoren zum Erfassen von Formationsmerkmalen unmittelbar angrenzend an das untere bzw. vorauslaufende Ende der mittleren Verschlußeinheit, buchstäblich im Hals der Kernbohrkrone, angeordnet sein können, um eine äußerst enge Nähe zur Bohrkronenstirnfläche und damit zu der gebohrten Formation zu erhalten.

[0023] Es ist ferner vorgesehen, daß Sensoren zum Messen von Richtungsparametern sowie der oben erwähnten Bohrlochparameter und ferner von anderen Parametern wie etwa (lediglich als Beispiel) des Formationswiderstands und der nuklearen magnetischen Resonanz, wie auch eine Stromversorgung, eine Datenverarbeitungs- und Speichereinheit und eine Bohrlochdatenübertragung oder Telemetriemöglichkeit in eine oder mehrere Kernbohrinnenrohreinheiten, in die Wand des Kernrohrs zwischen dessen Außenseite und der Längsbohrung oder oberhalb des Kernrohres in einem gesonderten Rohrabschnitt oder Gehäuse mit einer axialen Bohrung, die mit der Bohrung des Kernrohres fluchtet, eingebaut werden können. Sensoren zum Messen von Bohrparametern wie etwa (wiederum lediglich als Beispiel) Drehmoment, Drehgeschwindigkeit, Gewicht auf der Bohrkronen, Vibration und Bohrlochdruck können ebenfalls in eine oder mehrere Komponenten der Vorrichtung, vorzugsweise nahe der Bohrkronen, etwa in der Wand des Kernrohres, eingebaut werden.

[0024] Ein weiterer Aspekt der Erfindung sieht ein gleichzeitiges bzw. zumindest gleichlaufendes Messen von Bohrlochparametern der Formation außerhalb des Kernrohres vor, während der gleiche oder ein anderer Bohrlochparameter des im Erbohren befindlichen Kerns bei seinem Eintreten in die Kerninnenrohreinheit gemessen wird. Z. B. können Gammastrahlen-, Widerstands-, Dichte-, Porositäts-, Schall- und/oder Messungen der nuklearen magnetischen Resonanz vorgenommen werden. Es ist vorteilhaft, solche Messungen zu Vergleichszwecken mit Blick auf die Eigenschaften vorzunehmen, die von der äußeren Formation dargeboten werden, im Gegensatz zu denjenigen, die von dem Kern unter der kontrollierteren Umgebung des Kernrohrinnenraums und in einem extrem engen Bereich dargeboten werden. Außerdem ist es wünschenswert, solche Kernmessungen unmittelbar nach dem Kerndurchgang durch den Hals der Kernbohrkrone vorzunehmen, wenn sich der Kern in seinem ursprünglichsten Zustand befindet und es am wenigsten wahrscheinlich ist, daß er durch Spülungsflüssigkeit zu sehr verunreinigt ist oder seine physikalische Integrität verloren hat. Des weiteren ist vorgesehen, daß die Ausrichtung des Kerns bestimmt wird, sowohl in einem absoluten Sinn als auch mit Bezug auf die Umgebungsformation, aus der er ausgeschnitten wird, wobei die Richtungsinstrumentierung der Vorrichtung verwendet wird.

[0025] Außerdem ist vorgesehen, daß ein Kurzetappen-Funktelemetriesystem verwendet werden kann, um Daten über eine kurze Distanz von einer Stelle in der Kernrohrwand zur Innenrohreinheit oder umgekehrt zu übertragen; dies für eine anschließende Rückübertragung durch ein Ferntelemetriesystem in einer anderen Komponente der Vorrichtung oder von einer dieser Stellen an ein Ferntelemetriemodul, das in kurzem Abstand oberhalb des Kernrohres im Bohrloch angeordnet ist. Die Daten können rückübertragen werden durch Bohrspülungsimpuls, akustische oder elektromagnetische Telemetrie oder durch einen zur Oberfläche laufenden Seilstrang. Des weiteren können Daten in einem elektronischen Speicher gespeichert werden, der in der Innenrohreinheit oder der oben erwähnten mittleren Verschußseinheit angeordnet ist und physisch zur Oberfläche anstatt einer Übertragung in im wesentlichen Echtzeit zurückgeholt werden kann. Selbstverständlich werden Daten vorzugsweise in einer Innenrohreinheit, mittleren Verschußseinheit, einem Kernrohr oder gesonderten Gehäuse gespeichert, das der Kernbohrvorrichtung zugeordnet ist, selbst bei einer Übertragung zur Oberfläche in Echtzeit, um einen Datenverlust aufgrund schlechter Übertragung oder eines Senderausfalls zu vermeiden.

[0026] Der Verfahrensaspekt der Erfindung umfaßt ein Verfahren zum Bohren, bei dem gleichzeitig Richtungs-, Formations- und wahlweise Bohrparameter-

daten aufgenommen werden, bevor ein Kernbohrvorgang unternommen wird, um eine Zone oder eine Schicht von potentiell Interesse, wie etwa eine kohlenwasserstoffproduzierende Zone, zu lokalisieren, bevor die Innenrohreinheit zur Aufnahme des Kernbohrens in Betrieb genommen wird. In gleicher Weise ist vorgesehen, daß durch die Aufnahme solcher Daten während des Kernbohrvorgangs dem Bedienungspersonal die Möglichkeit der Feststellung gegeben wird, wann das Kernbohren zu beenden ist, so daß nicht Kernproben in einem Gestein im wesentlichen über eine Zone von potentiell Interesse hinaus aufgenommen werden. Bei der Praktizierung dieses Aspektes der Erfindung ist es natürlich wünschenswert, die aufgenommenen Daten an die Oberfläche auf Echtzeitbasis zu übertragen, insbesondere wenn in einer potentiellen Produktionszone gebohrt wird.

[0027] Beim Kernbohren kann es ausreichen, die Daten für jeden kerngebohrten Abschnitt beziehungsweise für jedes kerngebohrte Intervall zu dem Zeitpunkt zu entnehmen, an dem die Innenrohreinheit mit der darin enthaltenen Kernprobe zur Oberfläche geholt wird; jedoch ist es offensichtlich vorzuziehen, den Beendigungspunkt der Zone von Interesse so genau wie möglich zu lokalisieren, was bedeutet, daß eine Echtzeitdatenübertragung auch in dieser Situation vorteilhaft sein kann.

[0028] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung, in der mehrere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Bohrvorrichtung schematisch veranschaulicht sind. In der Zeichnung zeigen:

[0029] [Fig. 1](#) einen Längsschnitt durch ein Kernrohr nach der Erfindung,

[0030] [Fig. 2](#) einen vergrößerten Längsschnitt durch das untere Ende des Kernrohres nach der Erfindung, wobei sich ein Innenrohreinheit in ihrer Stellung zum Kernbohren befindet,

[0031] [Fig. 3](#) einen vergrößerten Längsschnitt durch das untere Ende des Kernrohres nach der Erfindung, wobei sich eine mittlere Verschußseinrichtung in ihrer Stellung zum Ausbohren befindet,

[0032] [Fig. 4](#) eine Ansicht der Bohrkrone unter Veranschaulichung der Schneidgliedplatzierung mit Blick nach unten durch die Bohrkronenfläche,

[0033] [Fig. 5](#) einen vergrößerten Vertikalschnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer Innenmaßschneideinrichtung einer Bohrkrone mit schwachem Eindringungswinkel und einer damit zusammenwirkenden Kernschuheinrichtung,

[0034] [Fig. 6](#) einen Längsschnitt durch eine bevorzugte Ausführungsform einer Kernbohrvorrichtung mit einer Innenrohreinheit in einer Ausgestaltung zum gleichzeitigen Kernbohren und Aufzeichnen von Bohrlochparametern und Übertragen der erhaltenen Bohrlochdaten zur Erdoberfläche,

[0035] [Fig. 7](#) bis [Fig. 9](#) je ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Kernbohrvorrichtung in Darstellungen entsprechend [Fig. 6](#) und

[0036] [Fig. 10](#) eine Darstellung des unteren Endes einer bevorzugten mit Instrumenten versehenen mittleren Verschußeinrichtung nach der Erfindung im Längsschnitt.

[0037] Wie sich zunächst aus [Fig. 1](#) ergibt, ragt ein Kernrohr **10** nach unten in ein Bohrloch **12** von einer Schwerstange **14** am unteren Ende eines sich zur Oberfläche erstreckenden Bohrstrangs.

[0038] Das Kernrohr **10** umfaßt eine Außenrohreinheit **16** mit einem Außenrohr **18**, an dessen oberem Ende sich eine Gewindemuffenverbindung **20** zur Befestigung des Kernrohres **10** an einem Gewindebolzen **22** der Schwerstange **14** befindet. Am unteren Ende des Außenrohres **18** ist eine PDC-Kernbohrkrone **24** in einer schleudersicheren oder dgl. stabilisierten Ausführung, wie oben beschrieben, befestigt. PDC-Schneidglieder **26** auf der Kernbohrkrone **24** schneiden die Formation beim Drehen des Bohrstranges, wobei auch ein Kern **28** aus der gebohrten Formation ausgeschnitten wird. Der Kern **28** erstreckt sich nach oben in den Hals **30** der Kernbohrkrone **24** beim Vortrieb der Bohrkronen in die Formation. Ggf. kann die Bohrkronen **24** eine Ausführung mit schwachem Eindringprofil entsprechend der US-PS 4 981 183 des Anmelders aufweisen. Auf der Innenseite des Außenrohres **18** befinden sich eine Rastkupplung **32** und darunter eine Mehrzahl axial beabstandeter Gruppen von Tragrippen **34**, die sich in Umfangsrichtung um die Innenseite des Außenrohres **18** herumerstrecken. Im Inneren der Kernbohrkrone **24** befindet sich eine Drehtagereinheit **36** für das Bohrkronenende. Strömungsmittelkanäle **38** erstrecken sich vom Bohrkroneninneren zur Bohrkronenstirnfläche.

[0039] Eine Innenrohreinheit **40** ist im Kernrohr **10** so gezeigt, wie es bei einem Kernbohrvorgang der Fall ist. Die Innenrohreinheit **40** umfaßt an ihrem unteren Ende ein in der Lagereinheit **36** aufgenommenes Innenrohr **42**. Das Innenrohr **42** erstreckt sich aufwärts innerhalb des Außenrohres **18** durch die Gruppen von Tragrippen **34**, die eine Abstützung gegen ein Verbiegen des Innenrohres **42** bieten. Am oberen Ende des Innenrohres **42** befindet sich eine Innenrohrlagereinheit **44**, die eine Drehung des oberen und unteren Bereichs der Innenrohr **40** zueinander ermöglicht und damit, in Verbindung mit der Lagerein-

heit **36** für das innere Bohrkronenende, die Möglichkeit schafft, daß sich die Außenrohreinheit **16** dreht, während die Innenrohreinheit **40** stationär bleibt. Oberhalb der Lagereinheit **44** steht eine Verriegelungseinheit **46** in lösbarem Eingriff mit der Rastkupplung **32** auf der Innenseite des Außenrohres **18**. Am oberen Ende der Innenrohreinheit **40** ist eine Fangkupplung **50** für einen wahlweisen Eingriff der Innenrohreinheit mit einer Seilfangglocke und dessen Lösen angeordnet.

[0040] Es sei nun auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) verwiesen, in denen die bereits oben anhand der [Fig. 1](#) beschriebenen Bauteile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind.

[0041] Wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist, umfaßt die Drehtagereinheit **36** für das Bohrkronenende ein Außengehäuse **60**, Lagerkörper **62** und ein Innengehäuse **64**, das in bezug auf das Außengehäuse **60** aufgrund der Lagerkörper **62** frei rotiert. Rippen **66** mit Schrägschultern **68** an ihren unteren Enden erstrecken sich radial nach innen vom Innengehäuse **64**. Die Rippen **66** und die Schultern **68** stützen das untere Ende der Innenrohreinheit **40** seitlich und axial ab. Der Raum zwischen den Rippen **66** ermöglicht es, daß Bohrspülung in den Hals **30** der Bohrkronen **24** und um die Bohrkronen **28** herum beim Kernbohren strömt. Falls diese Strömung nicht gewünscht ist, kann eine Bohrkronen mit schwachem Eindringprofil und damit zusammenwirkendem Schuh nach der o. a. US-PS 4 981 183, und wie in [Fig. 5](#) gezeigt, verwendet werden, um den Bohrspülungskontakt mit dem Kern zu minimieren. Am unteren Ende des Innenrohres **42** kann entweder ein keilförmiger Kernfänger **70**, wie auf der linken Seite der [Fig. 2](#) gezeigt, oder ein korbformiger Kernfänger **72**, wie auf der rechten Seite der [Fig. 2](#) gezeigt, (jeweils in an sich bekannter Ausführung) verwendet werden. Die PDC-Schneidglieder **26** sind in [Fig. 2](#) fortgelassen, sie sind jedoch, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, auf der Kernbohrkrone **24** in der Weise angeordnet, daß ein Kern mit einer solchen Bemessung ausgeschnitten wird, daß er sich nach oben in den Hals **30** der Kernbohrkrone **24** und in die Bohrung **74** des Innenrohres **42** hineinbewegt.

[0042] Es sei nun auf [Fig. 3](#) Bezug genommen, in der anstelle der Innenrohreinheit **40** eine mittlere Verschußeinheit **80** in der Außenrohreinheit **16** gezeigt ist. Die mittlere Verschußeinheit **80** umfaßt an ihrem oberen Ende eine Verriegelungseinheit (nicht gezeigt), ähnlich derjenigen der Innenrohreinheit **40**, für einen Eingriff mit der Rastkupplung **32** des Außenrohres **18** sowie eine Fangkupplung **50** zum Anbringen und Rückholen der mittleren Verschußeinheit **80**. Die Verschußeinheit **80** weist kein Drehtagereinheit auf, da ihre Drehung in bezug auf die Außenrohreinheit **16** nicht erforderlich bzw. gewünscht ist. Ein Bohrkronenverschlußstück **82** ist am unteren Ende der Verschußein-

einheit **80** angeordnet und von der Lagereinheit **36** in der gleichen Weise wie die Innenrohreinheit **40** abgestützt. Das Bohrkronenverschlußstück **82** umfaßt einen Stopfen **84** mit sich durch diesen erstreckenden Kanälen **86** zur Hindurchführung von Bohrspülung zur Stopfenfläche **88**, auf der PDC-Schneidglieder **90** angeordnet sind. Der Stopfen **84** hat eine solche Größe, daß er von den Rippen **66** mit den Schultern **68** des Innengehäuse **64** der Lagereinheit **36** aufgenommen sowie seitlich und axial abgestützt ist. Die Räume zwischen den Rippen **66** ermöglichen das Einströmen der Bohrspülung in die Kanäle **86**, wie dies [Fig. 3](#) zeigt.

[0043] Wenn die Absicht besteht, mit der Vorrichtung einen Kernbohrvorgang auszuführen, wird die Innenrohreinheit **40** an einem Seil in den Bohrstrang gelassen und in der Außenrohreinheit **16** verriegelt. Bohrspülung wird dann nach unten in den Bohrstrang und in den Ringraum **100** zwischen der Innenrohreinheit **40** und der Außenrohreinheit **16** zum Zirkulieren gebracht, wo er von der Stirnfläche der Kernbohrkrone **24** durch übliche Spülungskanäle und -düsen (nicht gezeigt) austritt, um die Schneidglieder zu säubern und zu kühlen und auch die Stirnfläche der Bohrkronen zu reinigen, während der Bohrstrang rotiert und die Formation bzw. der Kern geschnitten wird. Wenn die maximale Kernlänge erreicht ist, wird die Innenrohreinheit aus dem Bohrloch mit einem Seil mit einem Fanggerät an seinem Ende für einen Eingriff mit der Rastkupplung **50** gezogen, und eine andere Innenrohreinheit wird in den Bohrstrang gefahren, sofern ein weiteres Kernbohren beabsichtigt ist.

[0044] Falls anstelle eines Kernbohrens ein Ausbohren beabsichtigt ist, wird die mittlere Verschlußeinheit **80** in das Bohrloch am Seil über ein Fanggerät eingelassen, das mit der Kupplung **50** am oberen Ende der Einheit in Eingriff kommt. Die Verschlußeinheit **80** kommt dann im Außenrohr **18** zur Verriegelung, woraufhin Bohrspülung nach unten im Bohrstrang in den Ringraum **100** zwischen der Verschlußeinheit **80** und dem Außenrohr **18** und durch die Kanäle **86** im Stopfen **84** zur Stopfenfläche **88** gepumpt wird, um die PDC-Schneidglieder **90** zu kühlen und zu säubern sowie Bohrklein während des Drehens des Kernbohrrohres **10** und des Fortschreitens des Ausbohrens zu entfernen.

[0045] Falls gewünscht, kann die Verschlußeinheit **80** mit einem Druckrohr bzw. -gehäuse **110** versehen sein, in dem ein Aufzeichnungswerkzeug **12** wie ein Gammastrahlenwerkzeug oder ein Richtungswerkzeug zur Erfassung des Bohrlochweges zwecks Meßdurchführung beim Bohren untergebracht sein kann. Dabei kann ferner eine Datenübertragungseinheit **114** im Druckgehäuse **110** angeordnet sein, wobei diese eine elektronische Übertragungseinheit oder eine Spülungsimpulseinheit (in welchem Fall ein Teil davon selbstverständlich zum Druckgehäuse **110**

außen liegen würde) zur Echtzeitübertragung von Aufzeichnungsdaten an die Oberfläche über Draht bzw. Seil oder Spülungsimpuls umfassen kann. Statt dessen können die Daten periodisch mittels Seil, oder wenn die Verschlußeinheit **80** aus dem Loch gezogen wird, aufgeholt werden.

[0046] Es versteht sich ferner, daß Druck- und Temperatursensoren im Druckgehäuse **110** enthalten sein können. Erstere sind besonders erwünscht, um den dynamischen Druckverlust und damit die Strömungsrate zur Bestimmung derjenigen Strömungsraten zu messen, die zum Kernbohren geeignet sind, wenn die zentrale Verschlußeinheit **80** durch die Innenrohreinheit **40** ersetzt ist. Durch Berechnung oder Messung des hydrostatischen Drucks im Bohrlochringraum und Messung des Gesamtdrucks nahe der Bohrkronen vom Druckgehäuse **110** können der dynamische Druckverlust und damit die Strömungsraten bestimmt werden, um eine Kernerosion bzw. -auswaschung zu reduzieren oder vorzugsweise auszuschalten.

[0047] Eine Temperaturmessung ist besonders erwünscht und vorteilhaft, wenn ein Gelkernbohrvorgang durchgeführt wird, wobei ein nicht-invasives Gel zum Einkapseln der Kernprobe in das Innenrohr **42** vorplaziert wird, bevor es in den Bohrstrang gelassen wird. Die temperaturempfindliche Beschaffenheit derartiger Gele und ihre Fähigkeit, die Viskosität zu erhöhen und sich sogar erheblich zu verfestigen bei einem Temperaturabfall in einem verhältnismäßig engen Bereich macht die Möglichkeit, die kernrohrtiefe Temperatur zu messen, zu einer außerordentlich erwünschten Maßnahme, um so die Formulierung bzw. Wahl eines Gels zu ermöglichen, das in der gewünschten Tiefe viskos wird und nicht vorzeitig. Eine ausführlichere Erläuterung der Formulierung und Verwendung nicht-invasiver Gele zur Kernprobeneinkapselung ist in der z. Zt. anhängigen US-Patentanmeldung Serial No. 08/051,093 vom 21.4.1993 des Anmelders enthalten. Die Beschreibung dieser Anmeldung wird durch den gegebenen Hinweis in die vorliegende Beschreibung einbezogen.

[0048] Es sein nun auf [Fig. 4](#) Bezug genommen, in der ein Beispiel einer schleuderfreien Kernbohrkrone **24** mit Blick nach unten durch die Bohrkronenstirnfläche **200** veranschaulicht ist, wie sie im Bohrloch ausgerichtet zu sein pflegt. Die Plazierungen der PDC-Schneidglieder **26** sind schematisch auf der Bohrkronenstirnfläche **200** gezeigt. Einige Schneidglieder **26** erstrecken sich radial nach innen vom inneren Kalibrierbereich **200**, der den Hals **30** der Kernbohrkrone **24** bildet, wodurch ein Kern von kleinerem Durchmesser als dem des Halses **30** geschnitten werden kann. Kanäle **204** sind über den inneren Kalibrierbereich **202** plaziert, damit die Bohrspülungsflüssigkeit, falls gewünscht, an der Außenseite des Kerns vorbeiströmen kann. Weitere Spülungskanäle

220 erstrecken sich durch die Bohrkronenstirnfläche **200**. Obgleich schleuderfreie Bohrkronen derzeit allgemein bekannt sind, sollte festgehalten werden, daß Flügel **206** und **208** der Kernbohrkrone **24** von Schneidgliedern am äußeren Kalibrierbereich **210** freigehalten sind und daß Kalibrierstege **212** und **214** an den Flügeln **206** und **208** als Stützflächen für die Kernbohrkrone **24** verwendet werden, um an der Wand des Bohrlochs zu laufen. Die ausgewählte Größe, Platzierung und Ausrichtung der Schneidglieder **26** auf der Bohrkronenstirnfläche **200** führt zu einem kumulativen gerichteten Seitenkraftvektor mit einer Orientierung in einer Richtung senkrecht zur Bohrkronenachse und zwischen den Flügeln **206** und **208** mit der Wirkung, daß die Kalibrierstege **212** und **214** im wesentlichen konstant gegen die bzw. an der Bohrlochwand laufen und so Vibrationen und die Tendenz eines Bohrkronenschleuderns unterbinden.

[0049] **Fig. 5** zeigt eine Schneidgliedanordnung für den inneren Kalibrierbereich an einer Kernbohrkrone **248** mit flachem Eindringprofil im Zusammenwirken mit einem Kernschuh **246**, wie er in der oben erwähnten US-PS 4,981,183 veranschaulicht ist. Die Kernbohrkrone **248** kann eine Vielfalt von Formen aufweisen, hat jedoch vorzugsweise ein parabolisches Grundprofil, wie allgemein bei **251** angegeben. Statt dessen können andere Profile mit Vorteil verwendet werden. Beispielsweise können im allgemeinen flache Seiten verwendet werden, die der Bohrkronen eine konische Grundform vermitteln. Der Rumpfteil **256** der Kernbohrkrone **248** weist eine Mehrzahl von Kanälen **252** auf, die eine Strömungsverbindung zwischen dem Ringraum **100** im Kernrohr **10** und Auslaßöffnungen **240** in der Stirnfläche der Kernbohrkrone **248** bilden. Eine Mehrzahl von Schneidgliedern **26**, vorzugsweise PDC-Schneidgliedern, ist vorzugsweise entlang dem Profil der Kernbohrkrone **248** verteilt.

[0050] Der Rumpfteil **256** weist vorzugsweise eine untere Bohrung **257** auf. Zumindest ein Innenmaßschneidglied **226**, und vorzugsweise zwei oder drei solcher in Umfangsrichtung beabstandeter Schneidglieder **226** erstrecken sich nach innen von der die untere Bohrung **257** der Kernbohrkrone **248** begrenzenden Fläche, um ein Innenmaß zu schneiden, d. h. den Außendurchmesser eines Kerns **28**. Jedes einzelne Maßschneidglied **226** ist vorzugsweise mit einer Abflachung **264** am Kalibriermaß ausgebildet, das kleiner ist als die Bohrung **257**. Somit kann sich ein ringförmiger Schürzen- bzw. Pilotabschnitt **262** des Kernbohrschuhs **246** nach unten in eine solche Position erstrecken, daß seine Spitze **266** unmittelbar am oberen Rand **268** der Schneidglieder **226** in dem Ringraum angrenzt, der von den Schneidgliedern **226** zwischen den verschiedenen von den Abflachungen **246** und der unteren Bohrung **257** begrenzten Durchmessern gebildet ist. Die Kernbohrkrone **248** weist an ihrer inneren Oberfläche über der

unteren Bohrung **257** eine Anlage **258** auf, die von der Stützfläche **260** kontaktiert wird und dadurch eine Einschnürung und idealerweise im wesentlichen eine Flüssigkeitsdichtung zwischen der rotierenden Bohrkronen und dem stationären Kernrohr bildet. Mit dieser Ausgestaltung wird die Kernaußenseite präzise geschnitten und der Kern **28** tritt in den Kernbohrschuh **246** unmittelbar beim Verlassen der oberen Ränder der Schneidgliedabflachungen **246** ein. Das bevorzugte Profil **251** in Verbindung mit der Ausrichtung und Anordnung der Ausgänge der Kanäle **252** abseits des inneren Kalibrierbereichs der Kernbohrkrone **248** fördert eine verbesserte Spülung des Bohrkleins und minimiert das Einwirken der Spülflüssigkeit auf den Kern, wodurch sowohl die mechanische als auch die chemische Unversehrtheit der Kernprobe erhöht wird. Es versteht sich für den Fachmann, daß die Ausgestaltung gemäß **Fig. 2** zu einer Konstruktion mit flachem Eindringprofil dadurch abgewandelt werden kann, daß der innere Kalibrierbereich der Kernbohrkrone **24** anders gestaltet und ein verlängerter Schuh mit einem Pilotbereich verwendet wird, wie es in **Fig. 5** gezeigt ist. Das Innengehäuse **64** der Lagereinheit **36** kann mit in der Weise angeordneten und ausgerichteten Kanälen ausgeführt sein, daß das Spülmedium zu Kanälen geführt wird, die die Spülflüssigkeit zur Bohrkronenstirnfläche anstatt zum Hals bzw. inneren Kalibrierbereich leiten. Selbstverständlich würden die Kanäle **204** am inneren Kalibrierbereich, wie in **Fig. 4** gezeigt, entfallen.

[0051] **Fig. 6** veranschaulicht eine erste bevorzugte Ausführungsform einer Kernbohrvorrichtung **300** mit der Fähigkeit, verschiedene Daten, die sich auf verschiedene Bohrlochparameter beziehen (Bohrlochdaten) während des Kernbohrvorgangs zu gewinnen. Die Vorrichtung **300** umfaßt ein Kernrohr **302** mit einer an dessen unterem Ende angebrachten Kernbohrkrone **304** und eine Innenrohreinheit **306**, die in der Längsbohrung **308** des Kernrohres **302** fluchtend mit dem Hals **310** der Kernbohrkrone angeordnet ist. Wie ausgeführt, ist es vorzuziehen, daß die Kernbohrkrone **304** von einer PDC-Kernbohrkrone gebildet ist, und zwar in besonders bevorzugter Weise von einer stabilisierten Kernbohrkrone. Die Kernbohrvorrichtung **300** ist in einem Bohrloch von einer Schwerstange **312** durch eine typische API-Gewindeverbindung **314** nach untenweisend abgestützt.

[0052] Das Kernrohr **302** weist eine Rastkupplung **320** oben an seiner Innenseite auf, mit der die Verriegelungseinheit **322** der Innenrohreinheit lösbar in Eingriff gebracht werden kann, um die Innenrohreinheit **306** über eine Fangkupplung **324** oder dgl. Fangteil zurückzuholen, das von einem Rückholmechanismus wie etwa einer Fangglocke **326** oder dgl. Fanggerät am Ende eines Seils **328** zu erfassen ist. Der Hauptteil der Innenrohreinheit **306** ist drehbar nach untenweisend von dem oberen verriegelten Teil durch eine an sich bekannte Drehlagereinheit **330**

abgestützt. Ggf. kann auch eine Lagereinheit (nicht gezeigt) am Bohrkronenende, wie oben beschrieben, zur Stabilisierung des unteren Endes der Innenrohreinheit **306** verwendet werden. Die Lagereinheit **330** und die wahlweise anwendbare Lagereinheit am Bohrkronenende ermöglichen eine Drehung des Kernrohres **302** um die Innenrohreinheit **306** unterhalb der Lagereinheit **330**, um einen Kern aus Formationsmaterial ohne dessen rotationsbedingte Beanspruchung zu schneiden, wie es dem Fachmann allgemein bekannt ist.

[0053] Das Kernbohrrohr **332** mit offener Mündung **333** an seinem unteren Ende ist so positioniert, daß ein durch den Bohrkronenhals **310** hindurchgehender Formationskern aufgenommen wird. Eine Instrumentenausströmung in Form eines Instrumenten- und Datenübertragungsmoduls **334** ist oberhalb des Kernrohres **332** und unterhalb der Lagereinheit **330** angeordnet, wobei der Modul **334** ein Druckgehäuse aufweist, in dem eine elektronische Instrumentierung zur Gewinnung von Bohrlochdaten und zumindest ein Teil der Datenübertragungseinrichtung enthalten sein können.

[0054] Lediglich als Beispiel kann der Modul **334** eine Instrumentierung **336** zur Bestimmung der Bohrlochposition und -ausrichtung (Azimuth, Neigung usw.), im nachfolgenden allgemein als Richtungsinstrumentierung bezeichnet, sowie eine Instrumentierung **338** zur Gewinnung von Daten bezüglich der Formationsbeschaffenheit umfassen, wie etwa (lediglich als Beispiel) Bohrlochtemperatur, Bohrlochdruck, Formationswiderstand, Formationsgammastrahlung, nukleare Magnetresonanz, Dichte und Porosität, im nachfolgenden als Formationsbewertungsinstrumentierung bezeichnet. Die genannten Instrumentierungen sind typischerweise mit zumindest einer gewissen Prozessormöglichkeit sowie mit einem elektronischen maschinenlesbaren Speicher, beide mit **340** bezeichnet, zum Speichern der erhaltenen Daten ausgerüstet und stehen in Verbindung mit einer Datenübertragungseinrichtung **342** zum Übertragen von Echtzeitdaten an die Erdoberfläche.

[0055] In der Vorrichtung **300** kann die Datenübertragungseinrichtung **342** eine Spülungsimpuls-Telemetrieinheit, eine akustische Telemetrieinheit oder auch einen Kurzstapen-Funksender zum Übertragen von Daten an einen anderen Datenfonsender **344** oberhalb der Kernbohrvorrichtung **300** für eine Rückübertragung zur Erdoberfläche umfassen, wobei die Fernsendeeinrichtungen Bohrspülungsimpuls-, akustische und elektromagnetische Telemetrie umfassen. Schließlich kann die Datenübertragungseinrichtung **342** einen Transmitter zum Senden von Daten an die Erdoberfläche über die Seilverbindung **328** durch eine Naßverbindung oder eine andere physikalische oder elektromagnetische Verbindung, wie dem Fachmann bekannt, umfassen.

[0056] Es ist offensichtlich notwendig, daß eine gewisse Form einer Stromversorgung **346** in der Innenrohreinheit angebracht ist, um die Bohrlochdateninstrumentierung und die Datenübertragungseinrichtung mit Strom zu versorgen, und diese kann durch von Batterien (ggf. in wiederaufladbarer Ausführung) sowie von einer Bohrspülungsturbine, oder einer Kombination hiervon, wie im Stand der Technik bekannt, gebildet sein. Statt dessen kann der Strom durch den Seilstrang **328** zugeführt werden, jedoch ist eine solche Ausbildung weniger bevorzugt, da sie das ständige Vorhandensein des Seilstrangs **328** im Bohrstrang während des Kernbohrens verlangt.

[0057] Es versteht sich für den Fachmann, daß die Richtungsinstrumentierung ebenso wie zur Verwendung zum Steuern des Bohrlochverlaufes auch zum Entwickeln und Erhalten einer Aufzeichnung der Ausrichtung des Kerns während seines Schneidens benutzt werden kann (und wünschenswerterweise benutzt wird), so daß die Kerndaten mit den Daten in Beziehung gesetzt werden können, die aus der die Kernbohrvorrichtung **300** umgebenden Formation gewonnen werden, aus der die Kernprobe geschnitten wird.

[0058] [Fig. 7](#) veranschaulicht eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer Kernbohrvorrichtung **300a**, bei der die zuvor mit Bezug auf [Fig. 6](#) beschriebenen Bauteile und Merkmale mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Demgemäß werden nur bedeutsame Unterschiede zwischen den beiden Kernbohrvorrichtungen bei der Beschreibung der Vorrichtung **300a** angeführt. In der Vorrichtung **300a** ist die Formationsbewertungsinstrierung **338** in der Wand des Kernrohres **302** untergebracht und kann eine Reihe von in Umfangsrichtung um das Rohr **302** verteilten Druckgehäusen oder ein ununterbrochenes ringförmiges Druckgehäuse umfassen. Wie durch nach innen und außen von der Instrumentierung **338** gerichtete Pfeile gezeigt, erleichtert eine solche Ausgestaltung das gleichzeitige Aufnehmen von Formationsbewertungsdaten von der Umgebungsformation und von einem Kern **350**, wenn er in die Mündung **333** des Kernbohrrohres **332** eintritt und sich in diesem reaktiv nach oben bewegt (aufgrund der Vorwärts- bzw. Abwärtsbewegung der Kernbohreinheit). Beliebige oder sämtliche der oben erwähnten Arten von Formationsbewertungsinstrumentierungen können verwendet werden, wobei sich versteht, daß Gammastrahlenemission, Porosität, Dichte, Widerstand, nukleare Magnetresonanz und Schallmessungen als besonders geeignet in bezug auf die Eigenschaften des Kerns **350** gelten. Das Kernrohr **302** und die Wand und deren Äußeres können demgemäß als transparent für einfallende und (in einigen Fällen) ausgehende Felder, Wellen, subatomare Partikel und andere bei der Vornahme solcher Messungen verwendete Signale gestaltet werden. Es versteht sich, daß die verschiedenen Stellen, die für

Sensoren zum Messen der verschiedenen Bohrlochparameter dargestellt und beschrieben sind, je nach der logischen Stelle für die jeweils am besten zu erhaltenden Daten variiert werden können und somit sich die Einheiten entsprechend ändern.

[0059] Wie oben angeführt, ist es in hohem Maße wünschenswert, wenn nicht sogar wesentlich, die Ausrichtung des Kerns (Azimuth, Winkel in bezug auf die Vertikale) sowohl in einem absoluten Sinn als auch für eine Korrelation mit der meßuntersuchten Umgebungsformation zu bestimmen. Andere Abweichungen der Vorrichtung **300a** von der Vorrichtung **300** umfassen die Anordnung eines Prozessors oder von Prozessoren und eines elektrischen Speichers **340a** sowie eine Stromquelle **346** im Kernrohr **302** und die Verwendung des Telemetriefunksenders **354** um Übertragen von Daten an einen Empfänger **356** in der Innenrohreinheit **306** zur Rückübertragung zur Oberfläche über die Datenübertragungs- bzw. Telemetrievorrichtung **342**, die ein Spülungsimpulsgeber oder eine andere oben angegebene Systemart sein kann. Des weiteren ist in der Innenrohreinheit **306** eine weitere Stromquelle **346** zur Stromversorgung nicht nur der Datenübertragungseinrichtung **342**, sondern auch der zusätzlichen Prozessoren und des Speichers **340b** sowie der Richtungselemente **336** untergebracht. Somit können sowohl Formations- als auch Richtungsdaten zur Oberfläche in Echtzeit gesendet werden, und die einen oder beide Daten können, wie gewünscht, im Speicher **340b** für eine periodische Entnahme mit der Innenrohreinheit **306** zur Abgabe an der Oberfläche gespeichert werden. Es ist ferner zu bemerken, daß die Anordnung der Formationsbewertungsinstrumentierung **338** unmittelbar an der Kernbohrkrone **304** eine äußerst vorteilhafte Stelle für die Bohrungsparameterinstrumente **360** ist, um solche Merkmale wie Drehmoment, Rotationsgeschwindigkeit, Gewicht auf der Bohrkrone, Vibration und Druck sowie Richtungsparameter, wie oben erläutert, zu überwachen, wobei die letzteren für eine Gesamtsteuerung des Bohrlochweges wie auch zum genauen Ermitteln der Stelle und Ausrichtung potentieller Zonen oder Schichten von Interesse von Vorteil sind. Wie gezeigt, kann die Richtungsinstrumentierung **336** wahlweise im Kernrohr **302** untergebracht sein, anstatt von der Innenrohreinheit **306** abgestützt zu werden.

[0060] **Fig. 8** zeigt eine dritte bevorzugte Ausführungsform **300b** einer Kernbohrvorrichtung nach der Erfindung. Wie bei der Ausführungsform **300a** sind die zuvor beschriebenen Merkmale und Bauteile mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet, und nur die Unterschiede zwischen der Vorrichtung **300b** und den früher beschriebenen werden im einzelnen behandelt. Wie gezeigt, umfaßt die Vorrichtung **300b** einen Instrumentenrohrabschnitt **370** oberhalb des Kernrohres **302**, der eine oder mehrere Einrichtungen der Richtungs-, Formationsbewertungs- und

Bohrparameterinstrumentierungen **336**, **338** und **360** darbietet. Der Rohrabschnitt **370** kann ein modifiziertes Reservoirnavigationswerkzeug umfassen, das von der INTEQ-Betriebseinheit des Anmelders erhältlich ist. Der Rohrabschnitt **370** enthält eine Stromquelle **346** sowie eine Datenverarbeitungs- und Speicherelektronik **340a**. Daten aus dem Rohrabschnitt **370** werden über eine Kurzetappen-Sender/Empfänger-Kombination **354** und **356** an eine Datenübertragungseinheit **342** in der Innenrohreinheit **306** übertragen, die ebenfalls eine Stromquelle **346** und vorzugsweise zumindest einen Speicher **340b** enthält, falls die Verarbeitungsfähigkeit nicht andersweitig in der aufholbaren Einheit verlangt wird. Ferner kann, wie gezeigt, die Richtungsinstrumentierung **336** in der Innenrohreinheit **306** anstatt im Rohrabschnitt **370** enthalten sein, und eine zusätzliche Stromquelle **346** kann die Richtungsinstrumentierung **336** speisen. Eine Übertragungsverbindung **362**, die von der Richtungsinstrumentierung **336** und dem Speicher **340b** ausgeht, kann eine festverdrahtete Verbindung umfassen, die eine Schleifringkupplung verwendet, um die Lagereinheit **360** zu durchqueren, oder eine elektromagnetische Kurzetappen-Funkverbindung. Eine weitere Wahlmöglichkeit besteht darin, eine Telemetrieinheit **342** im Rohrabschnitt **370** zu verwenden und zur Oberfläche von dieser Daten von den Instrumenten in der Innenrohreinheit **306** übertragen, die in Kurzetappen-Verbindung mit dem Rohrabschnitt **370** in einer Anordnung umgekehrt zu der gezeigten stehen.

[0061] **Fig. 9** beschreibt eine vierte bevorzugte Ausführungsform **300c** der Kernbohrvorrichtung nach der Erfindung. Wie bei den früheren Figuren werden die Merkmale und Elemente, wenn möglich, mit schon verwendeten Bezugszeichen bezeichnet, und nur bedeutsame Unterschiede in der Vorrichtung nach **Fig. 9** werden im einzelnen beschrieben. Die Vorrichtung **300c** verwendet einen Telemetrierohrabschnitt **380** oberhalb des Kernrohres **302**, wobei im Rohrabschnitt **380** vorzugsweise eine akustische oder elektromagnetische Telemetrie- oder Datenübertragungseinrichtung **342** untergebracht ist. Die Formationsbewertungsinstrumentierung **338** und die Bohrparameterinstrumentierung **360** sind im Kernrohr **302** untergebracht und, wie bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 7**, kann die Formationsbewertungsinstrumentierung die Fähigkeit haben, eine Einblicksmessung einer Kernprobe **350** vorzunehmen, wenn sie sich in das Kernrohr **332** bewegt. Eine festverdrahtete Telemetrieverbinding **382** kann verwendet werden, um Daten von den kernrohrabgestützten Instrumenten an den Telemetrierohrabschnitt **380** über Kupplungen zwischen dem Kernrohr und dem Rohrabschnitt **380** zu übertragen, wie es an sich bekannt ist, oder es kann eine Kurzetappen-Funkeinrichtung verwendet werden. In gleicher Weise kann die Richtungsinstrumentierung **336**, (wahlweise entweder in der Innenrohreinheit **306** oder im Kernrohr **302** unter-

gebracht) in Kurzetappen an den Telemetrierohrabschnitt **380** Übertragungen ausführen, wobei eine solche Einrichtung vorzugsweise bei einer festverdrahteten Verbindung zwischen der Innenrohreinheit **306** und dem Kernrohr **302** oder dem Telemetrierohrabschnitt **380** erfolgt.

[0062] Es versteht sich, daß, wie oben mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrieben, ein zentraler Stopfen zum Bohren des vollen Bohrlochdurchmessers gegen die Innenrohreinheit **306** ausgetauscht werden kann, bis das zu kernende Intervall erreicht ist. Ferner kann ein solcher zentraler Stopfen mit einer Datenübertragungseinrichtung, einem elektronischen Speicher und einem Kurzetappenempfänger verwendet werden, um Daten zur Oberfläche von der Formationsbewertungsinstrumentierung **338**, der Bohrparameterinstrumentierung **360** oder selbst von der im Kernrohr **302** enthaltenen Richtungsinstrumentierung **336**, wie oben bei den Ausführungsformen nach den [Fig. 6](#) bis [Fig. 9](#) beschrieben, zu übertragen. Somit kann durch Echtzeitbewertung der Formationseigenschaften beim Bohren des Bohrloches eine geeignete Stelle für den Beginn des Kernbohrens in einer potentiellen Zone oder Schicht von Interesse virtuell unmittelbar und mit verhältnismäßig großer Präzision im Vergleich zu den vorbekannten Techniken identifiziert werden. An einem solchen Punkt wird der zentrale Stopfen zurückgeholt und eine Innenrohreinheit **306** in das Kernrohr **302** an seinem Platz eingesetzt. In gleicher Weise, und mit einer entsprechenden Formationsbewertungsinstrumentierung während des Kernbohrvorgangs, kann eine verhältnismäßig präzise Beendigung des Intervalls bzw. der Zone von Interesse bestimmt werden. An einem solchen Punkt kann das Kernbohren beendet, der letzte Kern herausgeholt und ein mittlerer Stopfen wieder in das Kernrohr eingesetzt werden, um ohne Kernentnahme vorwärts zu bohren. Auf diese Weise kann eine Mehrzahl von Zonen von Interesse lokalisiert und unter Kernbildung gebohrt werden, während die Intervalle zwischen den Zonen von Interesse lediglich gemessen und ohne eine Kernentnahme gebohrt werden.

[0063] Wie in [Fig. 10](#) gezeigt, kann es wünschenswert sein, die Kernbohrvorrichtung nach der Erfindung in einer Ausführung **400**, hier mit einem zentralen Stopfen **402** an seinem Platz gezeigt, so zu gestalten, daß die Formationsbewertungsinstrumentierung **338** innerhalb des eigentlichen Halses **310** der Bohrkronen **304** selbst und unmittelbar angrenzend an die vorauslaufende Fläche **404** des Stopfens **402**, in dem Schneidglieder **406** angeordnet sind, vorgesehen ist. Eine derartige Sensornähe zur Formation vor der Kernbohrvorrichtung kann eine Umgestaltung der inneren Spülungskanäle **408** der Kernbohrkronen **304**, wie gezeigt, erfordern, da es evtl. nicht mehr möglich ist (vgl. den zentralen Stopfen **80** und den Kanal **86** nach [Fig. 3](#)), derartige Kanäle durch das Ende des zentralen Stopfens zu führen. Die Kanäle **408** sind

nur bei einem zentralen Stopfen **402** in Betrieb, der durch eine entsprechende Gestaltung der Innenrohreinheit abgesperrt ist, um so eine Verunreinigung des Kerns zu vermeiden. Selbstverständlich kann, wie oben ausgeführt, die Richtungs- und/oder Bohrparameterinstrumentierung auch in einen zentralen Stopfen wie etwa die Verschlußeinrichtung **80** oder **402** einbezogen sein.

[0064] Obschon Kurzetappen- und Ferntelemetriesysteme oben mit Blick auf einen einzigen Sender und Empfänger aus Gründen der Einfachheit beschrieben worden sind, versteht sich ohne weiteres, daß eine Zweiwegübertragung in vielen Fällen wünschenswert sein kann, wie etwa, um die Instrumentierung zu aktivieren oder zu entaktivieren, die Instrumentierung auf eine andere Betriebsart umzuschalten oder die Instrumentierung für Kalibrierungs- oder Testzwecke zu befragen. Obschon ferner die oben beschriebene Instrumentierung sämtlich im Bohrloch als Teil der erfindungsgemäßen Kernbohrvorrichtung angeordnet ist, ist für den Fachmann offensichtlich, daß eine Oberflächeninstrumentierung auf oder unter der Bohrplattform vorgenommen werden kann, um bohrungsbezogene Parameter zu überwachen, die mit den aus der Bohrlochinstrumentierung empfangenen Daten in Beziehung gesetzt und in Verbindung mit diesen verwendet werden können. Somit kann eine Oberflächeninstrumentierung **500**, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, in Verbindung mit einem Computer **502** und mit Daten verwendet werden, die aus dem Bohrloch durch einen Empfänger **504** empfangen werden, um dem Bedienungspersonal Daten durch ein Display **506** darzubieten. Das Display kann ein digitales oder graphisches Display in transientscher Form (wie auf einem Videoschirm) oder permanenter Form (Papier, Film, elektronischer Speicher einschl. magnetischer oder optischer Speicher usw.) sein und ggf. über Landleitungen, Radiotelemetrie oder Satellitenverbindung an einen anderen Ort zur weiteren Bewertung wieder übertragen werden.

[0065] Da Seilstränge bzw. -leitungen, Fanggeräte, Rastkupplungen und Verriegelungseinrichtungen, Kernfänger, Lagereinheiten und andere Kernrohrkomponenten in einer großen Konstruktionsvielfalt im Stand der Technik bekannt sind, sind diese Elemente nicht im einzelnen beschrieben worden. In gleicher Weise können verschiedene Bypassventileinheiten verschiedener Konstruktionen mit Kernrohren nach der Erfindung verwendet werden, um abwechselnd Bohrspülung durch oder um die Innenrohreinheiten zu leiten und die Verdrängung der Spülung durch den Kern zu ermöglichen. Da jedoch derartige Einrichtungen ihrerseits in jeder Beziehung herkömmlicher Art sind, die dem Fachmann grundsätzlich bekannt sind, sind sie hier ebenfalls weder dargestellt noch beschrieben. Schließlich sind die verschiedenen Arten der Richtungs- und Bohr- sowie Formationsparameterinstrumentierung, die vorstehend erwähnt sind, im Stand

der Technik bekannt, ebenso wie die zugehörigen Datenübertragungs- und dgl. Elektronikeinrichtungen (Prozessoren, Speicher, Stromquellen usw.), für die daher ebenfalls keine detaillierte Beschreibung erforderlich ist.

[0066] Obgleich die Erfindung anhand bestimmter bevorzugter Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist sie nicht auf diese beschränkt, und zahlreiche Veränderungen der dargestellten und beschriebenen Ausführungsformen können durchgeführt werden, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen, wie er durch die Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bohren von Erdformationen, mit einem eine Längsbohrung begrenzenden Bohrkörper, der an seinem oberen Ende mit einem Bohrstrang verbindbar und an seinem unteren Ende mit einer Kernbohrkrone versehen ist, und einer Instrumentenausrüstung, mittels welcher Bohrlochdaten gleichzeitig mit dem Erbohren eines Kerns aufnehmbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass von der Instrumentenausrüstung zumindest ein Bereich innerhalb des Rohrkörpers zwischen dessen Außenseite und der Längsbohrung angeordnet ist und von der Instrumentenausrüstung als Bohrlochdaten Erdformationsparameter aufnehmbar sind und die Instrumentenausrüstung wenigstens einen Sensor aufweist zum Erfassen von zumindest einem Formationsmerkmal aus der Gruppe der Merkmale Bohrlochtemperatur, Bohrlochdruck, Formationswiderstand, Formationsgammastrahlung, nukleare Magnetresonanz, Dichte und Porösität.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Bereich der Instrumentenausrüstung nahe der Bohrkrone angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Instrumentenausrüstung im Wesentlichen gleichzeitig zumindest ein Formationsdatenparameter von einem Kernsegment und zumindest ein Formationsdatenparameter von einer Formation außerhalb des Rohrkörpers aufnehmbar ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Formationsdatenparameter von einem Kernsegment und ein Formationsdatenparameter von einer Formation außerhalb des Rohrkörpers gleichartig sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der Längsbohrung eine aufholbare Innenrohreinheit anbringbar ist, deren unterer Bereich eine Aufnahme für einen von der Kernbohrkrone erbohrten Kern aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch einen Sender zur Übertragung von Daten an eine von der Instrumentenausrüstung entfernt liegende Stelle.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender oberhalb des unteren Bereichs der Innenrohreinheit angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender einen Teil der Innenrohreinheit bildet.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender aus einer einen Bohrspülimpulsgeber, einen akustischen Sender und einen elektromagnetischen Sender umfassenden Gruppe ausgewählt ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Instrumentenausrüstung eine Richtungsinstrumentierung umfasst, mittels der Daten bezüglich der Position und Ausrichtung der Vorrichtung aufnehmbar sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Instrumentenausrüstung und der untere Bereich der Innenrohreinheit eine zusammenwirkende Gestaltung zur Bereitstellung von Ausrichtungsdaten für den aufgenommenen Kern aufweisen.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch einen maschinenlesbaren Speicher zum Speichern von Bohrlochdaten in der Vorrichtung.

13. Vorrichtung nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch einen vorrichtungsseitig oberhalb des Rohrkörpers angeordneten Empfänger zum Empfang der vom Sender übertragenen Daten und einen mit dem Empfänger verbundenen zweiten Sender zur Rückübertragung der Daten an die Erdoberfläche.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Instrumentenausrüstung zumindest eine Sensoreinrichtung zur Ermittlung eines Parameters umfasst, der aus der folgenden Gruppe ausgewählt ist: Emissionen von Formationsgammastrahlen, Formationswiderstand, nukleare magnetische Resonanz, Druck und Temperatur.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, gekennzeichnet durch eine Instrumentierung an der Erdoberfläche zur Bohrdatenaufnahme, einen Sender nahe dem Rohrkörper zum Übertragen von Daten von der Instrumentenausrüstung an die Erdoberfläche, einen Empfänger an der Erdoberfläche

zum Aufnehmen der Daten vom Sender und einen Computer zum Verarbeiten der empfangenen Daten und von Daten der Oberflächeninstrumentierung.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender oberhalb des Rohrkörpers angeordnet ist.

17. Verfahren zum Bohren einer Erdformation, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Bohrlochabschnitt in die Erdformation mit einem Bohrstrang gebohrt wird und gleichzeitig Bohrlochdaten aufgenommen werden, ohne den Bohrstrang aus dem Bohrloch zu entfernen, und dass ein zweiter Bohrlochabschnitt, der von einem Endpunkt des ersten Abschnitts ausgeht, kernbildend gebohrt wird, während gleichzeitig Bohrlochdaten aufgenommen werden.

18. Verfahren zum Bohren einer Erdformation, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bohrlochabschnitt in die Erdformation gebohrt wird, während gleichzeitig eine Formatinskernprobe entlang einer Längsachse des Abschnitts von dessen vorauslaufendem Ende erbohrt wird und gleichzeitig zumindest ein Bohrlochparameter von einer Stelle aufgenommen wird, die unmittelbar einer Stelle benachbart ist, an der die Kernprobe von der Formation getrennt wird.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

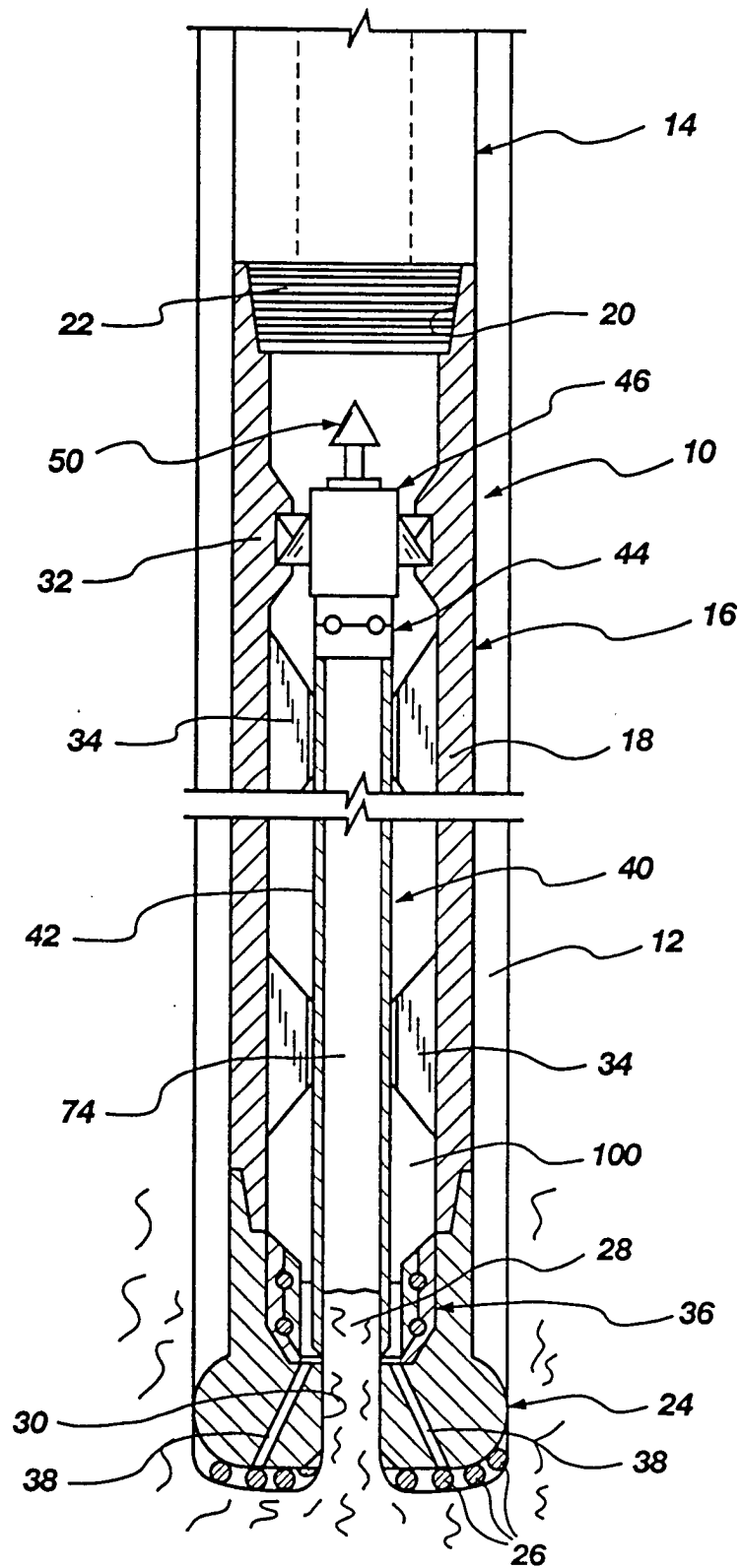


Fig. 1

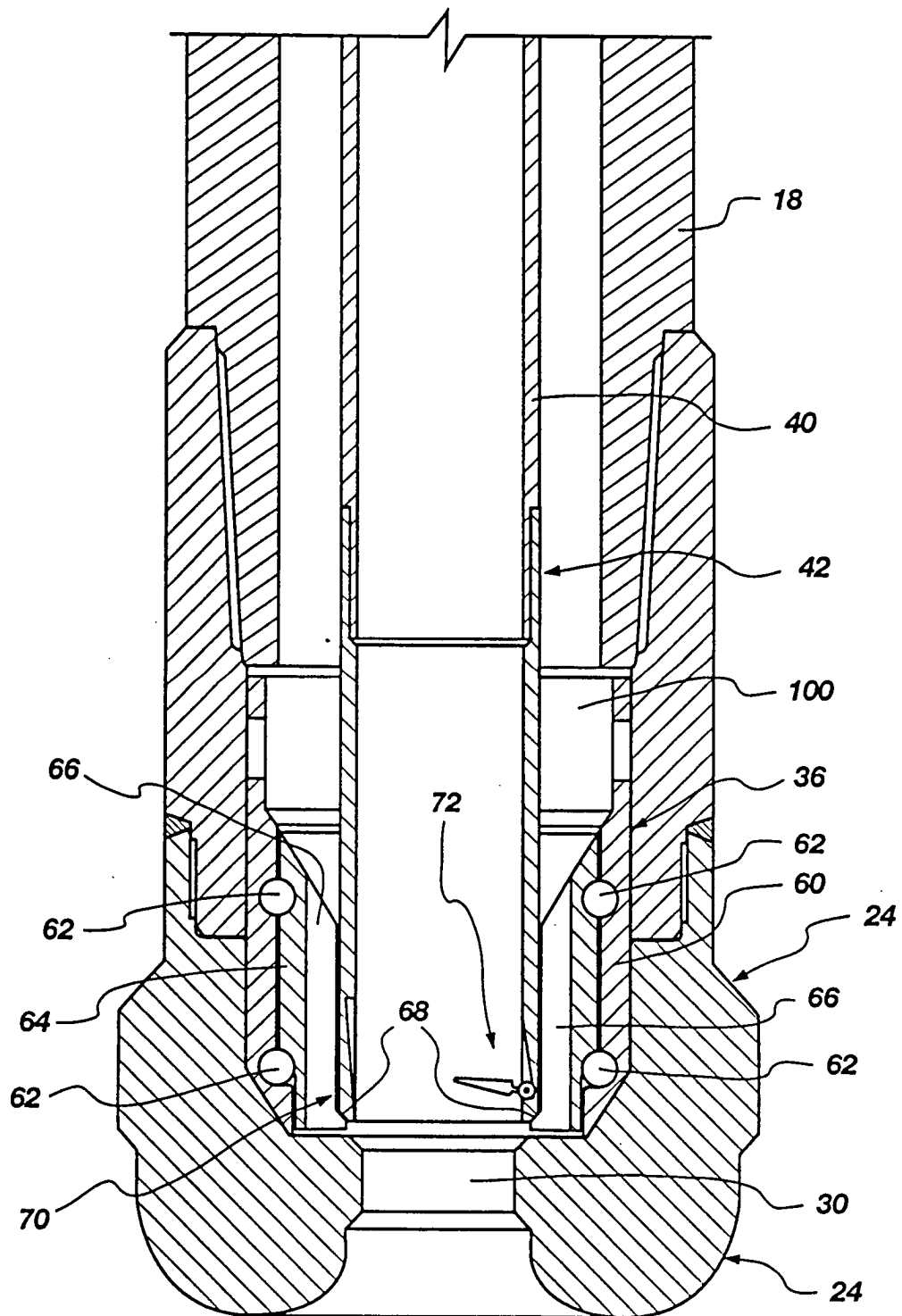


Fig. 2

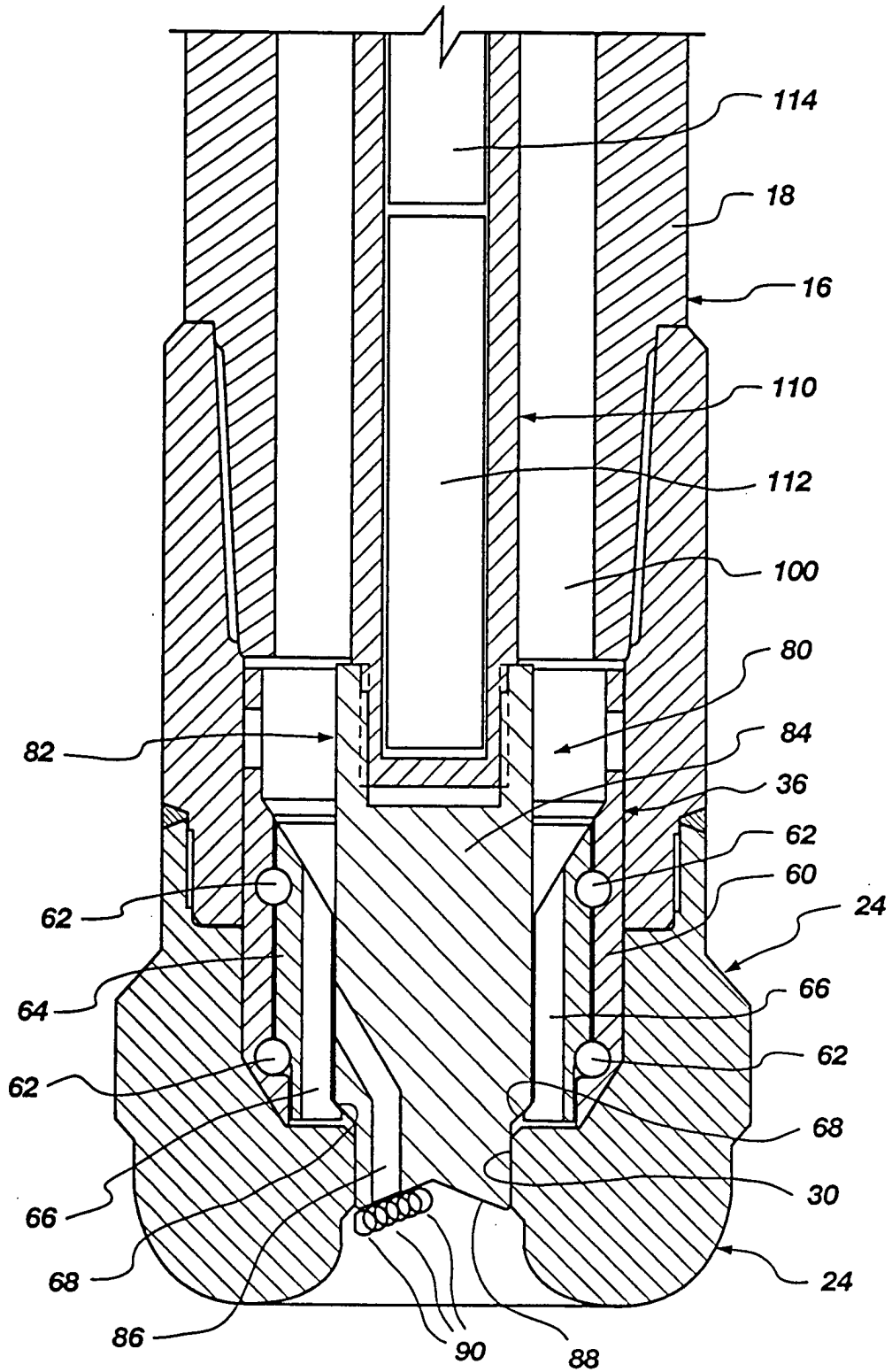


Fig. 3

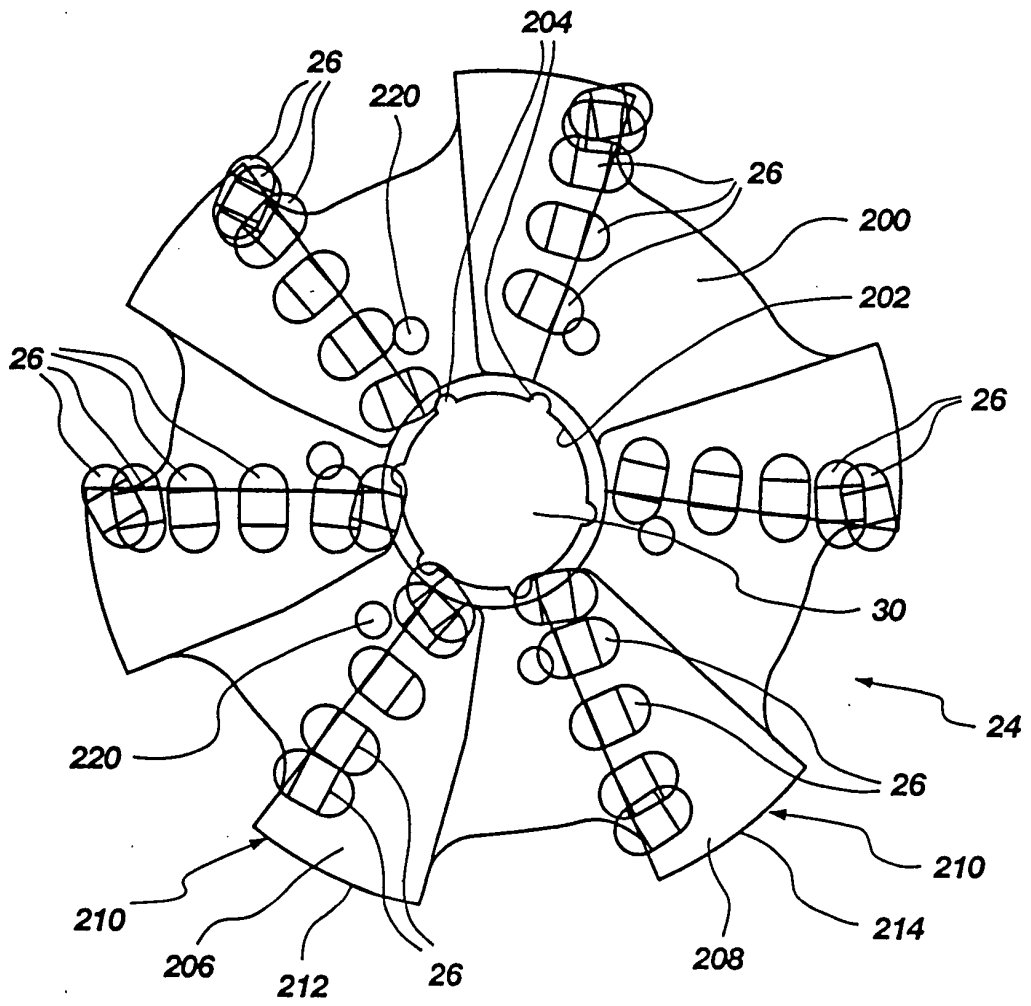


Fig. 4

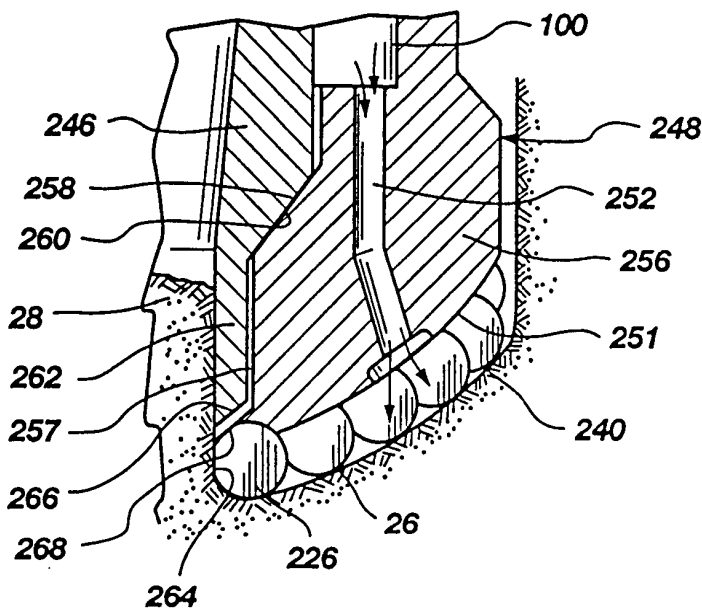


Fig. 5

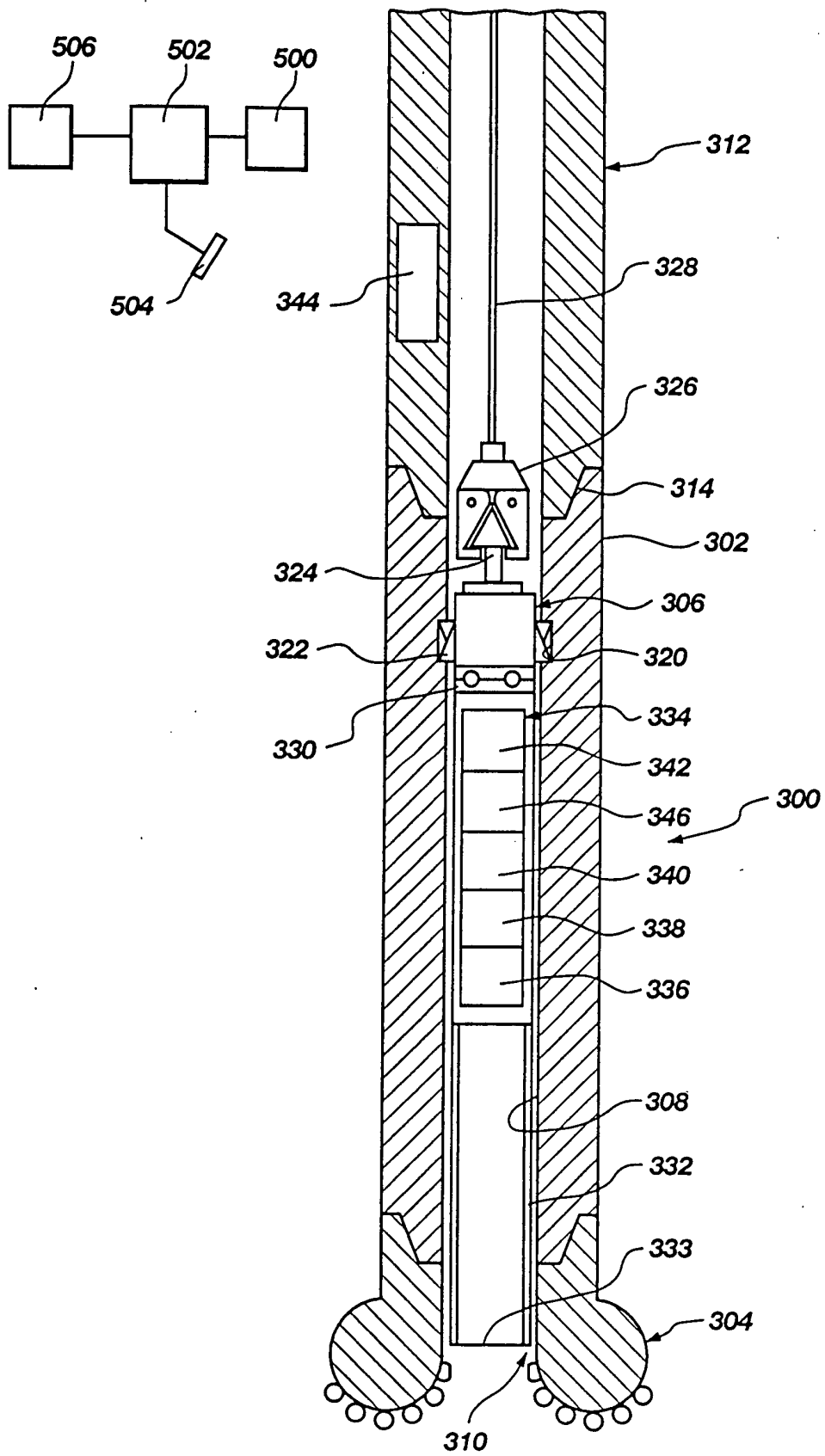


Fig. 6

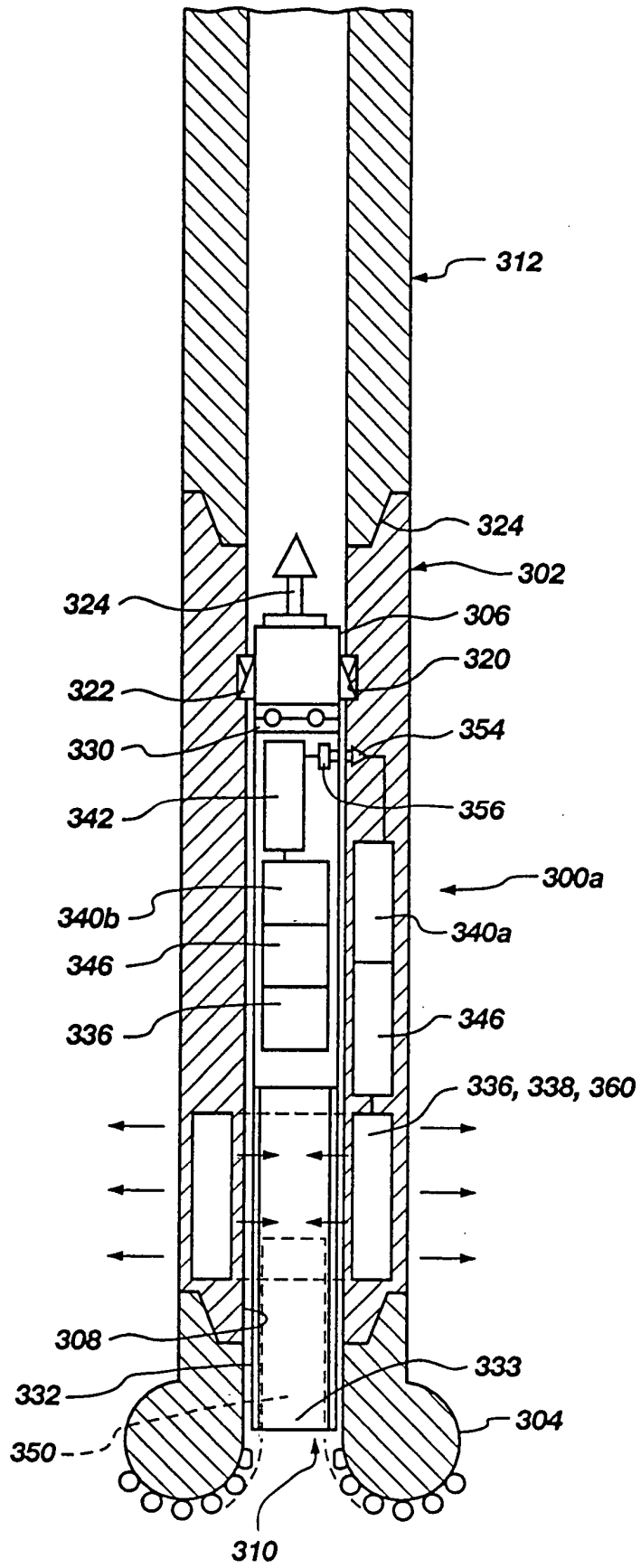


Fig. 7

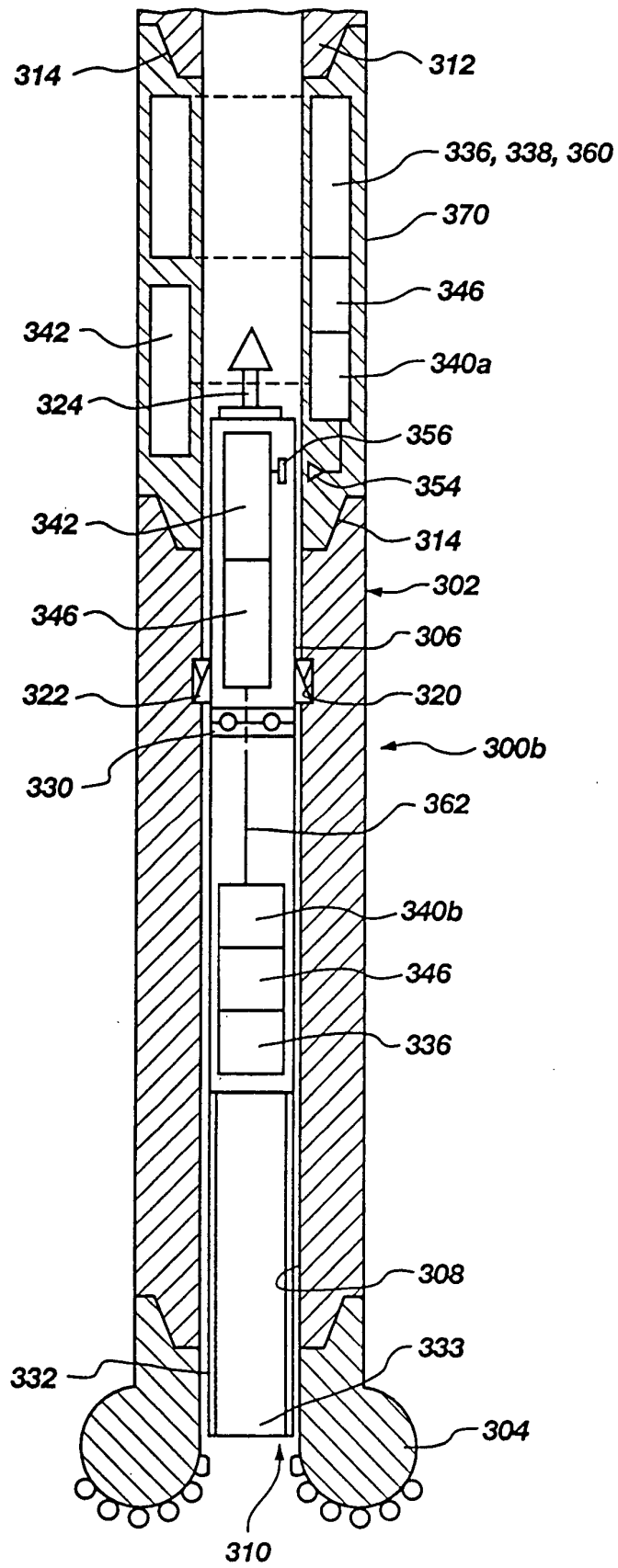


Fig. 8

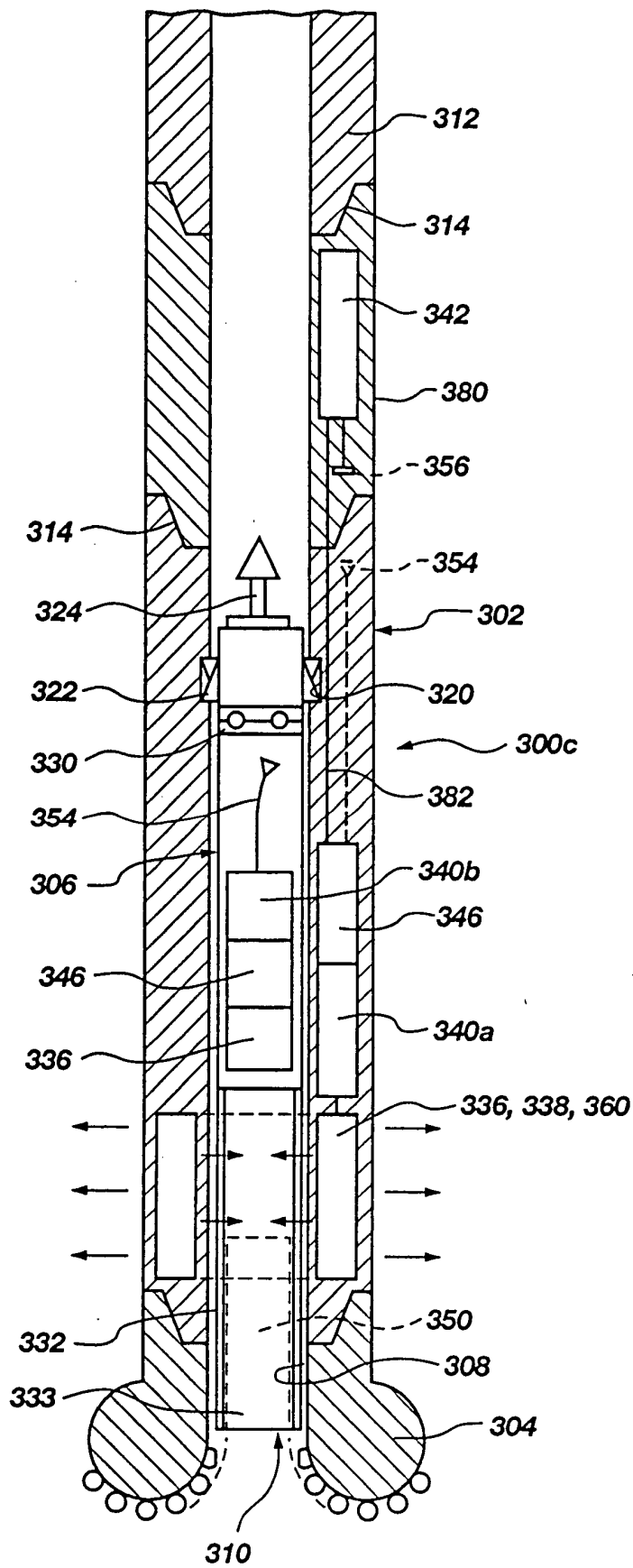


Fig. 9

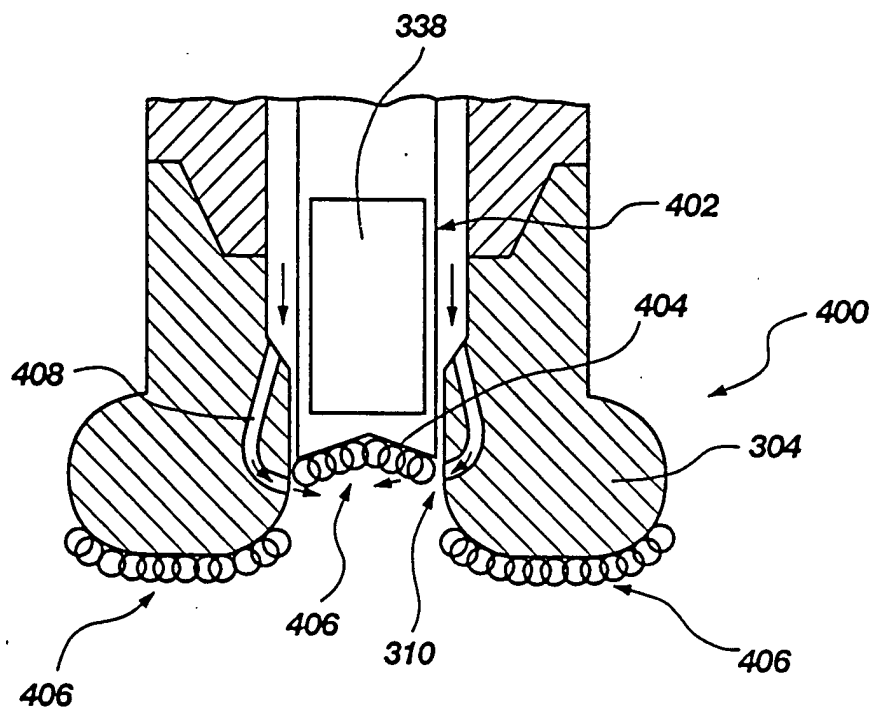


Fig. 10