



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 11 781 T2 2006.05.18**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 356 186 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 11 781.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB01/05593**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 271 487.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 02/050398**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.12.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **27.06.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.10.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **29.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.05.2006**

(51) Int Cl.⁸: **E21B 21/08 (2006.01)**
E21B 44/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
737851 18.12.2000 US

(73) Patentinhaber:
**Impact Solutions Group Ltd., Reading, Berkshire,
GB**

(74) Vertreter:
Dörries Frank-Molnia & Pohlman, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:
**LEUCHTENBERG, Christian, Reading, Berkshire
RG1 4EX, GB**

(54) Bezeichnung: **FLUIDLEITUNGSSYSTEM MIT GESCHLOSSENEM KREISLAUF ZUM EINSATZ BEIM TIEFBOH-
REN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein System mit geschlossenem Kreislauf zum Bohren von Schächten, wobei eine Reihe von Ausstattung, für das Beobachten der Flussraten in und aus dem Schacht sowie zum Anpassen des Gegendrucks, das Regulieren des Ausgabestroms ermöglicht, so dass der Ausgabestrom ständig auf den zu jedem Zeitpunkt erwarteten Wert angepasst werden kann. Eine Druckbehältereinrichtung hält den Schacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen. Da dadurch ein wesentlich sicherer Betrieb vorgesehen werden kann, reduziert die Anwendung für Explorationsbohrungen in großem Maße das Risiko von Ausbrüchen. In Umgebungen mit enger Spanne zwischen Poren- und Bruchdruck wird dies einen Entwicklungssprung im Vergleich zur herkömmlichen Bohrpraxis erzeugen. In diesem Zusammenhang sind Anwendungen in tiefem und sehr tiefem Wasser eingeschlossen. Ein Verfahren zum Bohren unter Verwendung des Systems ist ebenfalls offenbart. Das Bohrsystem und -verfahren sind für alle Arten von Bohrschächten, an Land und in der offenen See, unter Verwendung eines herkömmlichen Bohrfluids oder eines leichten Bohrfluids, genauer eines im Wesentlichen nicht komprimierbaren herkömmlichen oder leichten Bohrfluids, geeignet.

HINTERGRUNDINFORMATION

[0002] Das Bohren von Öl-/Gas-/geothermischen Schächten wurde seit Jahrzehnten auf eine ähnliche Weise durchgeführt. Im Wesentlichen wird ein Bohrfluid mit einer Dichte, die hoch genug ist, um den Druck der Fluide in dem Reservoirstein auszugleichen, innerhalb des Bohrlochs verwendet, um die unkontrollierte Produktion solcher Fluide zu vermeiden. Es kann jedoch in vielen Situationen passieren, dass der Druck am Grund des Bohrlochs unter den Fluiddruck des Reservoirs gesenkt wird. Zu diesem Zeitpunkt tritt ein Zufluss von Gas, Öl oder Wasser auf, welcher Kick genannt wird. Wird dieser Kick in frühen Stadien erkannt, ist es relativ einfach und sicher, die eingedrungene Flüssigkeit aus dem Bohrschacht herauszuzirkulieren. Nachdem die ursprüngliche Situation wieder hergestellt ist, kann mit der Bohrtätigkeit fortgefahren werden. Wenn jedoch das Erkennen eines solchen Kicks lange dauert, kann die Situation außer Kontrolle geraten, was zu einem Ausbruch führt. Gemäß Skalle, P. und Podio, A. L. in "Trends extracted from 800 Gulf Coast blow-outs during 1960–1996" IADC/SPE 39354, Dallas, Texas, März 1998, führen ungefähr 0,16 % der Kicks zu einem Ausbruch aufgrund mehrerer Ursachen, einschließlich Versagen der Ausstattung und menschlicher Fehler.

[0003] Wenn andererseits der Druck im Bohrschacht übermäßig hoch ist, überschreitet er die Bruchstärke des Gesteins. In diesem Fall wird ein Verlust des Bohrfluids an die Formation beobachtet, was eine potentielle Gefahr aufgrund der Reduzierung der hydrostratischen Wassersäule innerhalb des Bohrkerns verursacht. Diese Reduzierung kann zu einem darauf folgenden Kick führen.

[0004] In der herkömmlichen Bohrpraxis ist der Bohrschacht zur Atmosphäre hin offen, und der Druck des Bohrfluids (statischer Druck + dynamischer Druck, wenn das Fluid zirkuliert) an dem Grund des Bohrlochs ist der einzige Faktor, der Formationsfluide daran hindert, in den Bohrschacht einzudringen. Dieser induzierte Bohrschachtdruck, welcher standardmäßig größer ist als der Druck des Reservoirs, verursacht eine Menge an Schaden, das heißt, Reduzierung der Durchlässigkeit nahe des Bohrkerns, durch Fluidverlust an die Formation, wodurch die Produktivität des Reservoirs in der Vielzahl von Fällen reduziert wird.

[0005] Da es während des herkömmlichen Bohrens zu den gefährlichsten Ereignissen gehört, dass ein Kick auftritt, wurden mehrere Verfahren, Ausstattungen, Vorgänge und Techniken beschrieben, um einen Kick so früh wie möglich zu erkennen. Das leichteste und gängigste Verfahren ist es, die Einspeiseflussrate mit der Rückflussrate zu vergleichen. Unter Vernachlässigung des Bohrkleins und eines Verlusts von Flüssigkeit an die Formation sollte die Rückflussrate die gleiche sein wie die Einspeiserate. Wenn es wesentliche Unterschiede gibt, wird das Bohren gestoppt, um zu prüfen, ob der Bohrschacht fließt, wenn die Schlammumpfen aus sind. Wenn der Bohrschacht fließt, ist der nächste zu unternehmende Schritt, die Blow-out-Preventer-Ausstattung (BOP) zu schließen, die Drücke, die sich ohne Zirkulation entwickelt haben, zu prüfen und dann den Kick herauszuzirkulieren, wobei das Schlammgewicht entsprechend angepasst wird, um weiteren Zufluss zu verhindern. Einige Unternehmen prüfen den Fluss nicht, wenn es einen Hinweis gibt, dass ein Zufluss aufgetreten sein kann, und schließen die BOP als ersten Schritt.

[0006] Dieses Verfahren benötigt Zeit und erhöht das Risiko des Ausbruchs, wenn die für die Ausrüstung verantwortliche Mannschaft das Auftreten eines Kicks nicht schnell vermutet und darauf reagiert. Das Verfahren, den Bohrschacht einzuschließen, kann an einigen Punkten scheitern, und der Kick kann plötzlich außer Kontrolle geraten. Zusätzlich zu der Zeit, die damit verbracht wird, die Kicks zu kontrollieren und die Bohrparameter

anzupassen, ist das Risiko eines Ausbruchs bedeutend, wenn auf herkömmliche Weise gebohrt wird, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt zur Atmosphäre hin offen ist.

[0007] Die Patentliteratur beinhaltet mehrere Beispiele für Verfahren zum Erkennen von Kicks, einschließlich US 4,733,233 (Grosso), in welchem ein Verfahren zum Erkennen eines Kicks unter Verwendung einer sich im Bohrloch befindlichen Einrichtung offenbart wird, welche als MWD bekannt ist, statt durch Fluidflusserkennung. Ein MWD misst nur einen Gas-Kick durch Wellenstörungen, welche vor dem Zufluss erzeugt und erkannt werden. Dieses Verfahren erkennt keine Flüssigkeits- (Wasser oder Öl) Kicks.

[0008] Unter den Verfahren, die verfügbar sind, um einen Kick zu erkennen, wurden die neuesten von Hutchinson, M und Rezmer-Cooper, I. in "Using Downhole Annular Pressure Measurements to Anticipate Drilling Problems", SPE 49114, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, Louisiana, 27.–30. September 1998, vorgestellt. Das Messen unterschiedlicher Parameter, wie zum Beispiel Ringraumdruck im Bohrloch in Verbindung mit speziellen Steuersystemen, bietet mehr Sicherheit für das gesamte Verfahren. In der Schrift werden solche bedeutenden Parameter beschrieben wie der Einfluss der Äquivalenten Umlaufdichte (ECD, Equivalent Circulating Density, welche der hydrostatische Druck plus Reibungsverluste ist, während die Flüssigkeit zirkuliert, welche in entsprechende Schlammichte am Boden des Bohrschachts konvertiert wird) auf den Ringraumdruck. Es wird ebenfalls herausgestellt, dass, wenn es eine enge Spanne zwischen dem Porendruck und dem Bruchgradienten gibt, die Ringraumdruckdaten verwendet werden können, um Anpassungen an das Schlammgewicht durchzuführen. Jedoch ist das Bohrverfahren im Wesentlichen das herkömmliche, wobei einige weitere Parameter aufgezeichnet und gesteuert werden. Manchmal sind Berechnungen mit diesen Parametern notwendig, um das Schlammgewicht zu definieren, das erforderlich ist, um den Bohrschacht zu löschen. Jedoch wurde durch Ringraumdruckdaten, die während Löschvorgängen aufgezeichnet wurden, ebenfalls aufgedeckt, dass herkömmliche Löschverfahren nicht immer erfolgreich dazu führen, den Druck am Grund des Bohrlochs konstant zu halten.

[0009] In einigen Verfahren ist es üblich, den Porendruck bei Detektion eines Kicks abzuschätzen, um den Kick aus dem Bohrschacht herauszuzirkulieren, in US 5,115,871 (McCann) wird ein Verfahren offenbart, um den Porendruck während des Bohrens abzuschätzen, indem zwei Parameter überwacht werden und deren jeweilige Änderungen überwacht werden. In GB 2 290 330 (Baroid Technology Inc) wird ein Verfahren zum Steuern des Bohrens durch Abschätzen des Porendrucks von kontinuierlich ausgewerteten Parametern offenbart, um Abnutzung des Bohrmeißels zu berücksichtigen.

[0010] Andere Veröffentlichungen handeln von Verfahren zum Herauszirkulieren des Kicks aus dem Bohrschacht. Zum Beispiel wird in US-Patent 4,867,254 ein Verfahren zur Steuerung in Echtzeit von Fluidzuflüssen in einen Öl-Bohrschacht von einer Untergrundformation während des Bohrens gelehrt. Der Einspeisedruck p_i und Rückdruck p_r sowie die Flussrate Q des Bohrschlammes, der in dem Bohrschacht zirkuliert, werden gemessen. Von den Druck- und Flussratenwerten wird der Wert der Masse des Gases, M_g , in dem Ringraum bestimmt und die Änderungen in diesem Wert überwacht, um entweder einen Frischgaseintritt in den Ringraum oder einen Bohrschlammverlust in die Formation, in der gebohrt wird, zu bestimmen.

[0011] In US-Patent 5,080,182 wird ein Verfahren zur Echtzeit-Analyse und -Steuerung eines Fluidzuflusses von einer Untergrundformation in einen Bohrschacht, der mit einem Bohrstrang gebohrt wird, gelehrt, während des Bohrens und Zirkulierens von der Oberfläche hinunter zu dem Grund des Bohrlochs in den Bohrstrang hinein und während des Rückfließens zu der Oberfläche in dem Ringraum, der zwischen der Wand des Bohrschachts und dem Bohrstrang abgegrenzt ist, wobei das Verfahren die Schritte des Einschließens des Bohrschachts, wenn der Zufluss erkannt wird, des Messens des Einlassdrucks P_i oder des Auslassdrucks P_o des Bohrschlammes als Funktion der Zeit an der Oberfläche, des Bestimmens der Zeit t_c aus der Messung des Anstiegens des Schlammendrucks entsprechend dem minimalen Gradienten in dem Ansteigen des Schlammendrucks und Steuern des Bohrschachts ab der Zeit t_c aufweist.

[0012] US 3,470,971 (Dower) und US 5,070,949 (Gavignet) sind weitere Beispiele für Kickzirkulationsverfahren. Dower offenbart ein automatisiertes Verfahren zur Kickzirkulation, in welchem beabsichtigt wird, den Bohrschachtldruck konstant zu halten, indem der Gegendruck mittels eines Mengenreglers während des Zirkulierens angepasst wird. Gavignet offenbart ein Verfahren, welches das Messen von Gas in dem Ringraum aufweist, wenn sich der Fluidzufluss während des Zirkulierens nach oben bewegt.

[0013] Es wird beobachtet, dass in all der zitierten Literatur, in der das Bohrverfahren ein herkömmliches ist, das Schließverfahren auf die gleiche Art durchgeführt wird. Das heißt, dass die Verfahren aus der Literatur auf das Erkennen und Beheben eines Problems (des Kicks) gerichtet sind, wohingegen es keine bekannten Ver-

fahren gibt, die auf das Vermeiden des Problems durch Änderung oder Verbesserung des herkömmlichen Verfahrens des Bohrens von Schächten gerichtet sind. Dementsprechend werden gemäß den in der Literatur genannten Bohrverfahren die Kicks nur kontrolliert.

[0014] In den letzten 10 Jahren wurde eine neue Bohrtechnik, "Underbalanced Drilling" (UBD), immer beliebter. Diese Technik beinhaltet eine gleichzeitige Produktion von Reservoirfluiden, während der Schacht gebohrt wird. Spezialausrüstung wurde entwickelt, um den Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen zu halten, da der Schachtkopfdruck in diesem Fall nicht, wie bei dem herkömmlichen Bohrverfahren, atmosphärisch ist. Ebenfalls muss spezielle Trennausrüstung vorgesehen werden, um das Bohrfluid von dem Gas und/oder Öl und/oder Wasser sowie dem Bohrklein zu trennen.

[0015] In EP 1 048 819 (Baker-Hughes) wird ein UBD-Verfahren offenbart, welches Einspeisen von unterschiedlichen Fluidarten reguliert, um einen Druck am Grund des Bohrlochs beizubehalten, welcher die Bedingungen des Untergleichgewichts sicherstellt. US 5,975,219 (Sprehe) ist nicht als solches als ein UBD-Verfahren gestaltet, sondern eher als Verfahren, bei welchem ein Bohrschachtkopf geschlossen ist, wenn nur mit einem Gas-Bohrfluid gebohrt wird, um das Gas einzudämmen. Es gibt jedoch Ähnlichkeiten zu dem UBD-Verfahren. Bei Sprehe sind, zusätzlich zu dem Vorgehen mit mittels einer BOP geschlossenem Bohrschachtkopf, Fluidfluss-Messgeräte sowie Druck- und Temperatursensoren zum Fühlen von Druck und Temperatur beteiligt, um das Erfordernis für Druckfluss von Feuerlöschchemikalien oder Wasser zu bestimmen, sowie ein Steuerungs- und Aufzeichnungssystem, um die Flussrate von Bohrfluid und die Rate beliebiger Fluide von der Formation in den Bohrschacht hinein aufzuzeichnen. Bei Sprehe wird jedoch die Menge des Fluids, welches aus dem Bohrschacht fließt, basierend auf Reservoir-Bedingungen und charakteristischen Eigenschaften von Bohrschachtmessungen nur in dem Fall eines Ausbruchs geschätzt, zusätzlich zu den bestimmenden Kräften zu dem Zeitpunkt des Bohrschacht-Ausbruchs und dem Temperaturprofil eines brennenden Bohrschachtstroms. Des Weiteren werden bei Sprehe vorbestimmte Flusslinien-Pumpraten, Drücke etc. in ein geeignetes Programm eingegeben, welches auf einem digitalen Computer oder einer CPU läuft, die an Schaltkreise zum Empfangen von Kontrollsignalen und Übermitteln an einen Regler angeschlossen sind, um das Einführen des Bohrmeißels zu verlangsamen und Stöße in dem Bohrkern zu vermeiden.

[0016] Die UBD-Technik wurde anfänglich entwickelt, um ernste Probleme, denen man beim Bohren gegenüberstand, zu lösen, wie beispielsweise den massiven Zirkulationsverlust, das verstopfte Rohr aufgrund von Differenzialdruck beim Bohren von erschöpften Reservoirs, sowie dazu, die Eindringrate zu erhöhen. In vielen Situationen wird es jedoch nicht möglich sein, mit dem Underbalanced-Modus einen Schacht zu bohren, zum Beispiel in Regionen, wo zum Stabilhalten der Bohrkernwände ein hoher Druck innerhalb des Bohrkerns erforderlich ist. In diesem Fall kollabiert, wenn der Bohrkerndruck auf niedrige Pegel reduziert ist, um die Produktion von Fluiden zu ermöglichen, die Wand, und mit dem Bohren kann nicht fortgefahren werden.

[0017] Dementsprechend bezieht sich die vorliegende Anmeldung auf ein neues Bohrkonzept, wobei ein Verfahren und entsprechende Geräte ermöglichen, dass Kicks früh erkannt werden können und schneller und sicherer kontrolliert werden oder sogar ausgeschaltet/entschärft werden können als in Verfahren gemäß dem Stand der Technik.

[0018] Es wird weiterhin darauf hingewiesen, dass bei dem vorliegenden Verfahren der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist. Das ist der Grund, warum behauptet werden kann, dass das hier offenbarte und beanspruchte Verfahren wesentlich sicherer ist als herkömmliche Verfahren.

[0019] In Bohrschächten mit schwerwiegendem Zirkulationsverlust gibt es keine Möglichkeit, einen Zufluss durch Beobachten der Rückflussrate zu erkennen. Schubert, I. J. und Wright, J. C. offenbaren in "Early kick detection through liquid level monitoring in the wellbore", IADC/SPE 39400, Dallas, Texas, März 1998 ein Verfahren zum frühen Erkennen eines Kicks durch Beobachten des Flüssigkeitspegels in dem Bohrkern. Wenn der Bohrkern gegenüber der Atmosphäre offen ist, ist hier ebenfalls der sofortige Schritt nach Erkennen eines Kicks das Schließen der BOP und Eindämmen des Bohrschachts.

[0020] Der ausgezeichnete Überblick über 800 Ausbrüche, die in Alabama, Texas, Louisiana, Mississippi und in offener See im Golf von Mexiko auftraten, welcher bereits zuvor genannt wurde, von Skalle, P. und Podio, A. L. in "Trends extracted from 800 Gulf Coast blow-outs during 1960–1996" IADC/SPE 39354, Dallas, Texas, März 1998, zeigt, dass die Hauptursache für Ausbrüche menschliche Fehler oder Versagen der Ausstattung sind.

[0021] In heutiger Zeit werden Ölförderung und Produktion mehr und mehr in schwierige Umgebungen verla-

gert, wie beispielsweise tiefes und sehr tiefes Wasser. Ebenfalls werden jetzt Bohrschächte in Bereichen mit erhöhten Risiken aufgrund der Umgebung und technischer Risiken gebohrt. In diesem Zusammenhang ist eins der großen Probleme von heute an vielen Orten die enge Spanne zwischen dem Porendruck (Druck der Fluide – Wasser, Gas oder Öl – innerhalb der Gesteinsporen) und dem Bruchdruck der Formation (Druck, welcher verursacht, dass das Gestein bricht). Der Bohrschacht wird gestaltet basierend auf diesen beiden Kurven, die dazu verwendet werden, das Ausmaß des Bohrkerns zu definieren, der ungeschützt gelassen werden kann, das heißt, nicht mit einem Rohr oder einer anderen Form der Isolierung bedeckt, wodurch die direkte Übertragung von Fluiddruck auf die Formation verhindert wird. Die Zeitspanne oder das Intervall zwischen Isolationsimplementation ist als Phase bekannt.

[0022] In einigen Situationen ist eher eine Kurve des kritischen Drucks (Druck, welcher verursacht, dass die Wand des Bohrkerns in den Schacht fällt) die untere Grenze als die Kurve des Porendrucks. Aus Gründen der Einfachheit sollten jedoch nur diese beiden Kurven berücksichtigt werden, die des Porendrucks und die des Bruchdrucks. Eine Phase des Bohrschachts ist durch das maximal und minimal mögliche Schlammgewicht definiert, unter Berücksichtigung der zuvor genannten Kurven und einiger Gestaltungskriterien, die unter den Betreibern variieren, wie beispielsweise Kick-Toleranz und Ausfahrspanne. Im Falle eines Gas-Kicks verursacht die Bewegung des Gases den Bohrschacht hinauf Änderungen in dem Druck am Grund des Bohrlochs. Der Druck am Grund des Bohrlochs steigt, wenn das Gas bei geschlossenem Bohrschacht nach oben steigt. Kick-Toleranz ist die Änderung in diesem Druck am Grund des Bohrlochs für ein bestimmtes Volumen Gas-Kicks, die genommen wird.

[0023] Die Ausfahrspanne andererseits ist der Wert, den die Betreiber für den Druckabfall beim Ausfahren aus dem Bohrloch, um zum Beispiel einen Bohrmeißel zu wechseln, erlauben. In dieser Situation kann eine Reduzierung des Drucks am Grund des Bohrlochs, welcher durch die Aufwärtsbewegung des Bohrstrangs verursacht wird, zu einem Zufluss führen.

[0024] Gemäß der beigefügten [Fig. 1](#), basierend auf dem Gestalten von Bohrschächten zum Bohren gemäß dem Stand der Technik, wird üblicherweise eine Spanne von 0,3 Pfund pro Gallone (ppg: pound per gallon) zu dem Porendruck hinzuaddiert, um einen Sicherheitsfaktor zu ermöglichen, wenn die Zirkulation des Fluids gestoppt wird, und von dem Bruchdruck abgezogen, wodurch die enge Spanne noch mehr reduziert wird, wie durch die gestrichelten Linien dargestellt ist. Da die in [Fig. 1](#) gezeigte graphische Darstellung immer auf den statischen Schlammdruck bezogen wird, ermöglicht der Ausgleich von 0,3 ppg ebenfalls den dynamischen Effekt, während gebohrt wird. Der Ausgleich variiert von Szenario zu Szenario, liegt aber üblicherweise zwischen 0,2 und 0,5 ppg.

[0025] Aus [Fig. 1](#) ist ersichtlich, dass die letzte Phase des Bohrschachts nur eine maximale Länge von 3000 ft aufweisen kann, da das Schlammgewicht an diesem Punkt anfängt, das Gestein zu brechen, wodurch Schlammverluste verursacht werden. Wenn ein geringeres Schlammgewicht verwendet wird, tritt in dem unteren Bereich des Bohrschachts ein Kick auf. Es ist nicht schwierig, sich die Probleme vorzustellen, die beim Bohren in einer engen Spanne auftreten, wodurch mehrere Gehäusestränge erforderlich werden, wodurch die Kosten für den Bohrschacht enorm erhöht werden. In einigen kritischen Fällen wird ein Unterschied von nur 0,2 ppg zwischen dem Poren- und dem Bruchdruck vorgefunden. Des Weiteren ist es mit der aktuellen Bohrschachtgestaltung wie in [Fig. 1](#) dargestellt nicht möglich, die erforderliche Gesamttiefe zu erreichen, da die Bohrmeißelgröße kontinuierlich reduziert wird, um mehrere erforderliche Gehäusestränge einzubauen. In den meisten dieser Bohrschächte wird das Bohren unterbrochen, um zu prüfen, ob der Bohrschacht fließt, und es treten ebenfalls häufig Schlammverluste auf. In vielen Fällen müssen Bohrschächte aufgegeben werden, was für die Betreiber mit riesigen Verlusten verbunden ist.

[0026] Diese Probleme werden weiter verstärkt und kompliziert durch die Änderungen in der Dichte, die durch Temperaturänderungen entlang des Bohrschachts, besonders in Bohrschächten in tiefem Wasser, verursacht werden. Dies kann zu schwerwiegenden Problemen führen, bezogen auf die enge Spanne, wenn die Bohrschächte geschlossen werden, um Kicks/Fluidverluste zu erkennen. Die kühlende Wirkung und nachfolgende Änderungen in der Dichte können die ECD modifizieren aufgrund der Temperaturwirkung auf die Schlammviskosität und aufgrund der Erhöhung der Dichte, was zu weiteren Komplikationen für das Fortsetzen der Zirkulation führt. Dementsprechend erreicht die Verwendung herkömmlicher Verfahren für Bohrschächte in sehr tiefem Wasser schnell die technischen Grenzen.

[0027] Im Gegensatz dazu wird in der vorliegenden Anwendung auf die Spannen von 0,3 ppg, auf die in [Fig. 1](#) Bezug genommen wird, während der Planung des Bohrschachts verzichtet, da die tatsächlich erforderlichen Werte des Poren- und des Bruchdrucks während des Bohrens bestimmt werden. Dementsprechend kann die

Phase des Schachtes weiter ausgedehnt werden, und als Folge dessen wird die Anzahl der benötigten Gehäusestränge in großem Maße reduziert, was bedeutende Ersparnisse mit sich bringt. Im Fall der [Fig. 1](#) ist die dargestellte Anzahl an Gehäusen gleich 10, wohingegen beim graphischen Anwenden des Verfahrens der Erfindung diese Anzahl auf 6 reduziert wird, gemäß der beigefügten [Fig. 2](#). Dies kann leicht erkannt werden, indem nur die durchgezogenen Linien des Poren- und des Bruchgradienten berücksichtigt werden, um das Ausmaß jeder Phase zu bestimmen, anstatt die gestrichelten Linien, welche die Grenzen kennzeichnen, die bei herkömmlicher Verwendung auftreten.

[0028] Um diese Probleme zu beseitigen, hat die Industrie viel Zeit und Ressourcen aufgewendet, um Alternativen zu entwickeln. Die meisten dieser Alternativen beschäftigen sich mit dem Dual-Density-Konzept, welches ein variables Druckprofil entlang des Bohrschachts unterstellt, wodurch möglich wird, die Anzahl der erforderlichen Gehäusestränge zu reduzieren. In einigen Fällen des Bohrens, wie beispielsweise in Bereichen, wo im tiefen Wasser höherer als normaler Porendruck vorgefunden wird, ist das Dual-Density-Bohrsystem das einzige, welches ökonomisches Bohren gewährleistet.

[0029] Die Idee ist, ein kurvenförmiges Druckprofil zu haben, welches der Kurve des Porendrucks folgt. Es gibt zwei grundlegende Optionen:

- Einspeisen eines Fluids mit geringerer Dichte (Öl, Gas, Flüssigkeit mit hohlen Glaskugeln) an einigen Punkten, zum Beispiel WO 00/75477 (Exxon Mobil), bei welchem ein leichtes Gasphasenfluid in ein System eingespeist wird, welches Drucksteuereinrichtungen an dem Bohrschachtkopf und am Meeresboden hat und Änderungen in dem Meeresboden-Druck an dem Bohrschachtkopf erkennt und entsprechend ausgleicht;
- Platzieren einer Pumpe auf dem Grund des Meeres, um das Fluid hoch zu der Oberflächenanlage zu heben, zum Beispiel WO 00/49172 (Hydril Co), bei welchem ein Mengenregler verwendet wird, um den Rückfluss und den Bohrschachtdruck auf einen vorgewählten Pegel zu regulieren.

[0030] Jedes der oben vorgeschlagenen Systeme weist Vorteile und Nachteile auf. In der Industrie wurde hauptsächlich die zweite Alternative gewählt aufgrund von Argumenten, dass Bohrschachtsteuerung und Verständnis des Zwei-Phasen-Flusses den gesamten Bohrvorgang mit Gaseinspeisung komplizieren.

[0031] Dementsprechend ist es gemäß der Veröffentlichung IADC/SPE 59160 "Reeled Pipe Technology for Deepwater Drilling Utilizing a Dual Gradient Mud System" von P. Fontana und G. Sjoberg möglich, die zum Erreichen der endgültigen Tiefe des Bohrschachts erforderlichen Gehäusestränge zu reduzieren, indem das Bohrfluid zu dem Seefahrzeug unter Verwendung eines Untersee-Pumpsystems zurückgeleitet wird. Die Kombination von Seewassergradient an der Schlammeleitung und Bohrfluid in dem Bohrschacht hat eine äquivalente Dichte am Grund des Bohrlochs zur Folge, welche, wie in [Fig. 2](#) der Veröffentlichung dargestellt, erhöht werden kann. Das Ergebnis ist eine größere Tiefe für jeden Gehäusestrang und eine Reduzierung der Gesamtanzahl von Gehäusesträngen. Es wird behauptet, dass dann ein größeres Gehäuse in die Produktionsformation gesetzt werden kann und tiefere Gesamtbohrschachttiefen erreicht werden können. Der zum Erzeugen eines Dualgradient-Systems verwendete Mechanismus basiert auf einer Pumpe, die auf dem Meeresgrund angeordnet ist.

[0032] Es gibt jedoch mehrere technische Fragen, die bei dieser Option überwunden werden müssen, was die Anwendung in der Praxis um einige Jahre verzögert. Die Kosten solcher Systeme sind ein weiterer negativer Aspekt. Mögliche Probleme mit der Untersee-Ausrüstung bewirken, dass jede Reparatur oder jedes Problem eine lange Ausfallzeit der Ausstattung zur Folge hat, wodurch die Explorationskosten noch weiter erhöht werden.

[0033] Ein weiteres, aktuell von der Industrie entwickeltes Verfahren ist das Einspeisen von dünnflüssigem Schlamm mit Leichtkugeln am Grund des Ozeans, in den Ringraum, und Einspeisen herkömmlichen Fluids durch den Bohrstrang. Die Kombination aus dem Leichtschlamm und dem herkömmlichen Fluid, welches durch den Ringraum aufsteigt, erzeugt ein leichteres Fluid über dem Grund des Ozeans und ein dichteres Fluid unter dem Grund des Ozeans. Dieses Verfahren erzeugt ebenfalls ein Dual-Density-Gradientbohren oder DGD. Diese Alternative ist wesentlich einfacher als die teuren Schlammhebeverfahren, es stellen sich aber immer noch einige Probleme und Grenzen, wie beispielsweise das Trennen der Kugeln von der Flüssigkeit, die aus dem Steigrohr aufsteigt, sodass diese erneut an dem Grund des Ozeans eingespeist werden können. Der Schlamm, der an dem Grund des Ozeans eingespeist wurde, hat eine hohe Konzentration an Kugeln, wobei das Bohrfluid, welches durch den Bohrstrang eingespeist wird, gar keine Kugeln aufweist, wodurch das Erfordernis zum Trennen der Kugeln an der Oberfläche entsteht.

[0034] Ein Ansatz von DGD wird aktuell von Maurer Technology unter Verwendung von Ölfeld-Schlammumpen entwickelt, um Hohlkugeln an den Meeresgrund zu pumpen und die Leichtkugeln in das Steigrohr einzuspeisen, um die Dichte des Bohrschlammes in dem Steigrohr auf jene des Meereswassers zu reduzieren. Es wird behauptet, dass die Verwendung von Ölfeld-Schlammumpen statt der Unterseepumpen-DGD-Systeme, welche aktuell entwickelt werden, erheblich die Betriebskosten senken wird.

[0035] Ein Sicherheitserfordernis für Bohren auf offener See mit einer schwimmenden Bohreinheit ist es, in dem Bohrschacht unter der Schlammleitung ein Bohrfluid zu haben, welches ausreichend Gewicht hat, um den höchsten Porendruck einer ungeschützten gebohrten Sektion des Bohrschachts auszugleichen. Dieses Erfordernis gründet auf der Tatsache, dass eine Notfall-Trennung auftreten kann und plötzlich die hydrostatische Säule, die von dem Schlamm in dem marinen Steigrohr verursacht wird, abrupt verloren geht. Der Druck, der durch das Schlammgewicht entsteht, wird plötzlich durch Meerwasser ersetzt. Wenn das Gewicht des Fluids, welches in dem Bohrschacht nach Trennung des Steigrohrs verbleibt, nicht hoch genug ist, um den Porendruck der ungeschützten Formationen auszugleichen, kann ein Ausbruch auftreten. Diese Schutzvorrichtung wird Riser Margin (Steigrohrspanne) genannt, und aktuell werden mehrere Bohrschächte ohne diesen Riser Margin gebohrt, da es zur Zeit kein kommerziell verfügbares Dual-Density-Verfahren gibt.

[0036] Es gibt drei weitere Hauptverfahren des Bohrens mit geschlossenem System: a) Underbalanced Flow Drilling, was beinhaltet, dass Fluide von dem Reservoir kontinuierlich in den Bohrkern fließen, wird in der Literatur beschrieben und dokumentiert; b) Mud-Cap Drilling, welches den kontinuierlichen Verlust von Bohrfluid an die Formation beinhaltet, in welcher das Fluid über Gleichgewicht, ausgeglichen oder unter Gleichgewicht sein kann, ist ebenfalls dokumentiert; c) Air Drilling, wobei Luft oder eine andere Gasphase als Bohrfluid verwendet wird. Diese Verfahren verfügen über eine begrenzte Anwendung, das heißt, Underbalanced Drilling und Air Drilling sind auf Formationen mit stabilen Bohrkernen begrenzt, und es gibt wesentliche Ausrüstungs- und Verfahrensgrenzen in der Handhabung der produzierten aus dem Bohrkern ausfließenden Flüssigkeiten. Das Underbalanced (Untergleichgewichts-)Verfahren wird für begrenzte Sektionen des Bohrkerns verwendet, üblicherweise der Reservoirsektion. Diese begrenzte Anwendung macht daraus eine spezielle Alternative zu herkömmlichen Bohrungen unter den richtigen Bedingungen und Gestaltungskriterien. Air Drilling ist auf trockene Formationen aufgrund der begrenzten Fähigkeit, Fluideinflüsse handzuhaben, begrenzt. Gleichermaßen ist Mud-Cap Drilling auf bestimmte Reservoirsektionen (üblicherweise stark gebrochene Karbonate mit Hohlräumen) begrenzt.

[0037] Somit gibt es in der öffentlichen Literatur zahlreiche Beschreibungen für Verfahren zum Erkennen von Kicks und außerdem Verfahren zum Herauszirkulieren von Kicks aus dem Bohrkern. Im Allgemeinen lehren alle Referenzen Verfahren, welche unter herkömmlichen Bohrbedingungen betrieben werden, das heißt, wobei der Bohrschacht zur Atmosphäre hin offen ist. Es gibt jedoch weder einen Vorschlag noch eine Beschreibung eines modifizierten Bohrverfahrens und -systems, welches, durch Betreiben mit geschlossenem Bohrschacht, die Flussraten in den Bohrkern hinein und aus diesem heraus kontrolliert und den Druck innerhalb des Bohrschachts wie erforderlich anpasst, wodurch verursacht wird, dass Einflüsse (Kicks) und Fluidverluste nicht auftreten oder extrem reduziert sind, wobei ein solches Verfahren und System in der vorliegenden Anmeldung beschrieben und beansprucht wird.

[0038] Des Weiteren kann für das Bohren auf offener See das vorliegende Verfahren und System, welches Gegendruck verwendet, ebenfalls mit leichten Fluiden verwendet werden, sodass das äquivalente Bohrfluidgewicht über der Schlammleitung niedriger festgelegt sein kann als das äquivalente Fluidgewicht innerhalb des Bohrkerns, wobei die Sicherheit erhöht wird und die Kosten bezogen auf das Bohren mit herkömmlichen Fluiden gesenkt werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0039] In ihrem weitesten Sinn bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein System zum Betreiben eines Bohrschachts mit einem Bohrfluid, das durch diesen zirkuliert, welches Mittel zum Beobachten der Flussraten hinein und hinaus sowie Mittel zum Vorhersagen eines berechneten Werts an Ausfluss zu einem gegebenen Zeitpunkt aufweist, um Information in Echtzeit über Diskrepanzen zwischen vorhergesagtem und überwachtem Ausfluss zu erhalten, wodurch ein frühes Erkennen von Zufluss oder Verlust von Bohrfluid erzeugt wird, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt durch eine Druckeindämmungseinrichtung geschlossen ist.

[0040] Die Druckeindämmungseinrichtung kann eine rotierende Blow-Out-Preventer-Einrichtung (BOP) oder ein rotierender Steuerkopf sein, ist aber nicht darauf begrenzt. Der Standort der Einrichtung ist nicht bedeutend. Sie kann an der Oberfläche oder an einem weiter unten gelegenen Punkt, zum Beispiel auf dem Mee-

resboden, innerhalb des Bohrkerns oder an jedem anderen geeigneten Standort angeordnet sein. Die Art und Gestaltung der Einrichtung ist nicht kritisch und hängt von jedem gebohrten Schacht ab. Es kann sich um Standardausrüstung handeln, die kommerziell erhältlich ist oder leicht aus bestehenden Designs angepasst werden kann.

[0041] Die Funktion der rotierenden Druckeindämmungseinrichtung ist es, dem Bohrstrang zu ermöglichen, durch diese hindurchzugehen und zu rotieren, wenn eine rotierende Bohrtätigkeit durchgeführt wird, wobei die Einrichtung geschlossen ist, wodurch ein Gegendruck in dem Bohrschacht erzeugt wird. Dementsprechend wird der Bohrstrang durch die rotierende Druckeindämmungseinrichtung, welche den Ringraum zwischen der Außenseite des Bohrrohrs und der Innenseite des Bohrkerns/Gehäuses/Steigrohrs schließt, geleitet. Eine vereinfachte Druckeindämmungseinrichtung kann eine BOP sein, die so gestaltet ist, dass sie das kontinuierliche Passieren von nicht-zusammengefügttem Rohr, wie beispielsweise den Stripper/die Stripper, bei Rohrwendel-Vorgängen ermöglicht.

[0042] Der Bohrschacht weist vorzugsweise eine Druckeindämmungseinrichtung auf, welche zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, sowie eine Reserve-BOP, welche als Sicherheitsmaßnahme in dem Fall geschlossen werden kann, dass ein nicht-kontrolliertes Ereignis auftritt.

[0043] Der Bezug auf einen Bohrschacht bedeutet hier einen Öl-, Gas- oder geothermischen Bohrschacht, welcher an Land, auf offener See, in tiefem Gewässer oder ultratiefem Gewässer oder ähnlicher Art sein kann. Der Bezug auf zirkulierendes Bohrfluid ist hier das, was herkömmlich mit Schlammkreislauf bezeichnet wird, die Zirkulation des Bohrfluids den Bohrschacht hinunter kann durch einen Bohrstrang geschehen und die Rückführung durch einen Ringraum, wie bei Verfahren gemäß dem Stand der Technik, ist aber nicht darauf begrenzt. Tatsächlich kann jede Art des Zirkulierens des Bohrfluids erfolgreich in der Anwendung des vorliegenden Systems und Verfahrens verwendet werden, unabhängig davon, wo die Fluide eingespeist oder rückgeführt werden.

[0044] Bezüglich des Bohrfluids können, gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, herkömmliche Bohrfluide verwendet werden, welche üblicherweise aus Öl- und/oder Wasser-Flüssigphasenfluiden gewählt werden, und optional zusätzlich Gasphasenfluid. Wenn die flüssige Phase Öl ist, kann das Öl Diesel, synthetisches, mineralisches oder pflanzliches Öl sein, der Vorteil ist die reduzierte Dichte von Öl im Vergleich zu Wasser, und der Nachteil liegt in der starken negativen Wirkung auf die Umwelt.

[0045] Mittel zum Beobachten von Flussraten können zum Beobachten von Masse- und/oder Volumenfluss sein. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weisen das System und das Verfahren der Erfindung das Beobachten des Masseflusses in den und aus dem Bohrschacht auf, optional zusammen mit anderen Parametern, die ein frühes Erkennen von Zufluss oder Verlust unabhängig von dem Massefluss hinein und hinaus zu diesem Zeitpunkt erzeugen. Vorzugsweise werden Beobachtungsmittel kontinuierlich durch einen gegebenen Vorgang hindurch betrieben. Vorzugsweise findet das Beobachten mit kommerziell erhältlichen Masse- und Flussmessgeräten statt, welche Standard- oder Multiphasengeräte sein können. Die Messgeräte sind an den Zu- und Ableitungen angeordnet.

[0046] Das System kann für das aktive Bohren eines Bohrschachts oder für damit zusammenhängende inaktive Vorgänge bestimmt sein, zum Beispiel zur Bestimmung in Echtzeit des Porendrucks oder Bruchdrucks eines Bohrschachts mittels eines direkten Auslesens von Parametern, die sich auf Fluidzufluss bzw. -verlust beziehen; alternativ oder zusätzlich dient das System zum Erkennen eines Zuflusses und zum Entnehmen von Proben, um die Natur des Fluids, das aus dem Bohrschacht gefördert werden kann, zu analysieren.

[0047] In einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein System vorgesehen zum Betreiben eines Bohrschachts, durch den ein Bohrfluid zirkuliert wird, welches als Reaktion auf das Erkennen eines Zuflusses oder Verlustes von Bohrfluid Mittel aufweist zum präventiven Anpassen von Gegendruck in dem Bohrkern basierend auf Zufluss- oder Verlustanzeige vor der Erkennung durch das Oberflächensystem, wobei der Bohrschacht mit einer Druckeindämmungseinrichtung zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist.

[0048] In diesem System kann ein Zufluss durch Mittel wie zuvor beschrieben erkannt werden, aufweisend das Erkennen in Echtzeit von Diskrepanzen zwischen einem vorhergesagten und einem beobachteten Ausfluss wie zuvor beschrieben, oder durch Mittel wie Temperatursensoren im Bohrloch, Kohlenwasserstoffsensoren im Bohrloch, Druckänderungssensoren und Druckpulssensoren oder durch beliebige andere Echtzeit-Mittel.

[0049] In diesem Aspekt der Erfindung weist der Bohrschacht zusätzlich ein oder mehrere Druck-/Flusssteuereinrichtungen und Mittel zum Anpassen derselben auf, um den Fluidausfluss zu jedem Zeitpunkt auf den vorhergesagten Idealwert zu regulieren, oder um präventiv den Gegendruck anzupassen, um die ECD (Äquivalente Umlaufdichte, Equivalent Circulating Density) unverzüglich als Reaktion auf ein frühes Erkennen von Zufluss oder Fluidverlust zu ändern.

[0050] Die Mittel zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung weisen geeigneterweise Mittel zum Schließen und Öffnen derselben auf, in dem erforderlichen Ausmaß, um den Gegendruck jeweils zu erhöhen oder zu reduzieren, wobei die ECD angepasst wird.

[0051] Vorzugsweise sind die Druck-/Flusssteuereinrichtungen an einem beliebigen Ort, geeignet für den Zweck des Erzeugens oder Erhaltens eines Gegendrucks in dem Bohrschacht, angeordnet, zum Beispiel an einer Rückleitung zum Wiedergewinnen von Fluid aus dem Bohrschacht.

[0052] Der Bezug auf die ECD bedeutet hier hydrostatischen Druck plus Reibungsverluste, die auftreten, während das Fluid zirkuliert wird, umgerechnet in äquivalente Schlammichte am Grund des Bohrschachts.

[0053] Vorzugsweise findet die Anpassung unverzüglich statt und kann manuell oder automatisch sein. Der Anpassungspegel kann geschätzt, berechnet oder einfach eine Versuchsanpassung sein, um die Reaktion zu beobachten, und kann das Öffnen oder Schließen der Steuereinrichtung für eine gegebene Zeitspanne, Öffnung und Intervalle sein. Vorzugsweise wird die Anpassung basierend auf Annahmen bezüglich der Art des Fluidzuflusses oder -verlustes berechnet.

[0054] Die Druck-/Flusssteuereinrichtung kann jede geeignete Einrichtung für diesen Zweck sein wie Drosseln, Mengenregler und Ähnliches, welche Mittel zum Regulieren derselben aufweisen, und kann kommerziell erhältlich sein oder für den erforderlichen Zweck speziell gestaltet sein und kann entsprechend den Bohrschachtparametern, wie beispielsweise Durchmesser der Rückleitung, Druck- und Flusserfordernissen, gewählt oder gestaltet sein.

[0055] In einem sehr breiten Sinn weisen das System und das Verfahren der Erfindung das Anpassen des Bohrkernendrucks mit Hilfe einer Druck-/Flusssteuereinrichtung auf, um den Druck am Grund des Bohrlochs zu korrigieren, um Fluidzuflüssen oder -verlusten in einer proaktiven und nicht, wie im Stand der Technik, in einer reaktiven Weise vorzubeugen.

[0056] Das Schließen oder Öffnen der Druck-/Flusssteuereinrichtung stellt das Gleichgewicht des Flusses und des vorhergesagten Wertes her, wobei der Druck am Grund des Bohrlochs wieder einen Wert annimmt, der jeden weiteren Zufluss oder Verlust vermeidet, wonach das Fluid, welches in den Bohrschacht eingedrungen ist, herauszirkuliert wird oder verlorenes Fluid ersetzt wird.

[0057] Das Betreiben der Fluid- (Schlamm-) Dichte mit einem Wert, der leicht geringer ist als jener, der erforderlich ist, um den Formationsdruck zu steuern und den Gegendruck in dem Bohrschacht mittels des Flusses anzupassen, bewirkt eine sehr kontrollierbare ECD an dem Grund des Bohrlochs, welche über die Flexibilität verfügt, nach oben oder unten angepasst zu werden.

[0058] Vorzugsweise werden die einen oder mehreren Druck-/Flusssteuereinrichtungen durch ein zentrales Mittel gesteuert, welches die Anpassung berechnet.

[0059] Das Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung geschieht in geeigneter Form durch Schließen oder Öffnen in dem erforderlichen Ausmaß, um jeweils den Gegendruck zu erhöhen oder zu reduzieren, wobei die ECD angepasst wird.

[0060] In diesem Fall kann das System als ein System zum Kontrollieren der ECD in jedem gewünschten Arbeitsvorgang und zum kontinuierlichen oder unterbrochenen Bohren eines Gas-, Öl- oder geothermischen Bohrschachts verwendet werden, wobei das Bohren durchgeführt wird mit einem Druck am Grund des Bohrlochs, der zwischen dem Porendruck und dem Bruchdruck des Bohrschachts gesteuert wird, wobei möglich ist, beide Werte, wenn gewünscht, direkt zu bestimmen, oder mit dem erforderlichen exakten Druck am Grund des Bohrlochs mit einer direkten Bestimmung des Porendrucks zu bohren oder mit Druck am Grund des Bohrlochs zu bohren, welcher so reguliert ist, dass er gerade eben geringer ist als der Porendruck, wodurch somit ein kontrollierter Zufluss erzeugt wird, welcher vorübergehend sein kann, um das Bohrschachtfluid auf kontrollierte Weise zu prüfen, oder kontinuierlich sein kann, um auf kontrollierte Weise Bohrschachtfluid zu erzeugen.

[0061] Dementsprechend dient das System der vorliegenden Erfindung vorzugsweise zum Bohren eines Bohrschachts, wobei ein Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung des Bohrschachts eingespeist wird und durch eine Rückleitung des Bohrschachts wiedergewonnen wird, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen gehalten wird, und weist eine Druckeindämmungseinrichtung und Druck-/Flusssteuereinrichtung zu einem Bohrkern auf, um einen Gegendruck in dem Bohrschacht aufzubauen und/oder zu halten, Mittel zum Beobachten des Fluidein- und -ausflusses, Mittel zum Beobachten des Flusses von jedem anderen Material hinein und hinaus, Mittel zum Beobachten von Parametern, welche den beobachteten Flusswert beeinflussen, und Mittel zum Vorhersagen eines berechneten Wertes des Ausflusses zu einem gegebenen Zeitpunkt, um Informationen in Echtzeit über Diskrepanzen zwischen vorhergesagtem und beobachtetem Ausfluss zu erhalten und zu einem Wert zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung umzurechnen und um den vorhergesagten Flusswert wieder herzustellen.

[0062] Das System und entsprechende Verfahren zum Bohren von Öl-, Gas- und geothermischen Bohrschächten gemäß der vorliegenden Erfindung basiert auf dem Grundsatz der Massenerhaltung, einem allgemein gültigen Gesetz. Messungen werden unter den gleichen dynamischen Bedingungen durchgeführt wie jene, wenn die tatsächlichen Ereignisse auftreten.

[0063] Während des Bohrens eines Bohrschachts ist der Verlust von Fluid an das Gestein oder der Zufluss aus dem Reservoir häufig, und sollte vermieden werden, um schwerwiegende Probleme zu beseitigen. Durch Anwenden des Massenerhaltungsgrundsatzes ist der Unterschied an Masse, welche in den Bohrschacht eingespeist oder von diesem zurückgeholt wird, ausgeglichen um einen Anstieg im Bohrlochvolumen, zusätzlich zurückgeholte Gesteinsmassen und andere bedeutende Faktoren, einschließlich, aber nicht darauf begrenzt, thermische Ausdehnung/Kontraktion und Änderungen in der Kompressibilität, ein klarer Hinweis dessen, was in dem Bohrloch geschieht.

[0064] Dementsprechend bedeutet vorzugsweise der Ausdruck "Massefluss" wie hier verwendet den gesamten Massefluss, der eingespeist und zurückgewonnen wird, welcher aus Flüssigkeit, Feststoffen und möglicherweise Gas zusammengesetzt ist.

[0065] Um die Genauigkeit des Verfahrens zu erhöhen und das Erkennen von ungewünschten Ereignissen zu beschleunigen, werden ebenfalls die Flussraten in den Bohrschacht hinein und heraus zu jedem Zeitpunkt beobachtet. Auf diese Weise kann die Berechnung des vorhergesagten, idealen Rückflusses des Bohrschachts mit einer gewissen Redundanz durchgeführt werden, und das Erkennen von Diskrepanzen kann mit reduzierten Risiken durchgeführt werden.

[0066] In einigen Fällen ist das Messen der Flussrate nicht genau genug, um einen klaren Hinweis über Verluste oder Erträge während des Bohrens zu geben. Dementsprechend sieht das vorliegende System vorzugsweise das Hinzufügen von einem genauen Masseflussmessmittel vor, welches ermöglicht, dass das vorliegenden Bohrverfahren wesentlich sicherer ist als Bohrverfahren im Stand der Technik.

[0067] Wir haben durch das System und Verfahren der Erfindung herausgefunden, dass das Durchführen des Messens in Echtzeit unter Verwendung einer vollständigen Massenbilanz und Zeitkompensierung als dynamisches Vorhersageinstrument, welches ebenfalls für alle Arbeitspausen bei dem Bohren oder der Fluideinspeisung ausgeglichen werden kann, zum ersten Mal eine Anpassung der Fluidrückgewinnungsrate ermöglicht, während normale Vorgänge fortgeführt werden. Das steht im Gegensatz zu bekannten Systemen mit offenem Bohrschacht, welche eine Pause für Fluideinspeisung und Bohren erfordern, um überschüssiges Fluid zu entladen und zusätzliches Fluid hinzuzufügen, durch Versuch und Fehler, bis der Druck wieder hergestellt ist, was Stunden der Fluidzirkulation dauern kann, um die Pegel wieder herzustellen. Des Weiteren bietet das System zum ersten Mal Mittel zum sofortigen Wiederherstellen von Druck durch die Verwendung eines geschlossenen Systems, wobei das Hinzufügen oder Entladen von Fluid den Bohrschacht-Gegendruck sofort beeinflusst.

[0068] Die Geschwindigkeit des Anpassens ist in dem vorliegenden Verfahren wesentlich größer, verglichen mit der herkömmlichen Situation, wo das Erhöhen der Schlammichte (Aufgewichten) oder Senken der Schlammichte (Zurückschneiden) ein sehr zeitintensiver Vorgang ist. Die ECD ist der tatsächliche Druck, der den Formationsdruck übertreffen muss, um einen Zufluss während des Bohrens zu vermeiden. Wenn jedoch die Zirkulation gestoppt wird, um beispielsweise eine Verbindung herzustellen, ist der Reibungsverlust null, und dementsprechend reduziert sich die ECD auf den hydrostatischen Wert des Schlammgewichts. In Fällen eines sehr engen Schlammfensters kann die Spanne auf 0,2 ppg herabgesetzt sein. In diesen Fällen ist es häufig, dass Zuflüsse festgestellt werden, wenn die Zirkulation unterbrochen wird, wobei wesentlich die Risiken des Bohrens mit dem herkömmlichen Bohrsystem erhöht werden.

[0069] Im Gegensatz dazu, da das vorliegende Verfahren mit einem zu jedem Zeitpunkt geschlossenen Bohrschacht operiert, was zu jedem Zeitpunkt einen Gegendruck bedeutet, Mittel zum Anpassen des Gegendrucks, um dynamische Reibungsverluste auszugleichen, wenn die Schlammzirkulation unterbrochen ist, wodurch der Zufluss von Reservoirfluiden (Kick) vermieden wird. Dementsprechend kann die verbesserte Sicherheit des Verfahrens der Erfindung verglichen mit Bohrverfahren gemäß dem Stand der Technik klar erkannt werden.

[0070] Das Ersetzen des dynamischen Reibungsverlustes, wenn die Zirkulation stoppt, kann bewirkt werden, indem die Zirkulationsrate langsam durch den normalen Flussweg reduziert wird und gleichzeitig die Druck-/Flusssteuereinrichtung geschlossen wird und ein Gegendruck eingeschlossen wird, der dynamische Reibungsverluste kompensiert.

[0071] Alternativ oder zusätzlich kann die Gegendruckanpassung durchgeführt werden, indem Fluid, unabhängig von dem normalen Flussweg, in den Bohrschacht gepumpt wird, um den Reibungsverlust zu kompensieren und einen kontinuierlichen Fluss zu bewirken, welcher eine leichte Steuerung des Gegendrucks durch Anpassung der Druck-/Flusssteuereinrichtung ermöglicht. Dieser Fluidfluss kann vollständig unabhängig von dem normalen Zirkulationsweg mittels einer Schlammpumpe und Einspeiseleitungen erreicht werden.

[0072] Vorzugsweise weist das System dementsprechend zusätzliche Mittel auf, um den Bohrkern unter Druck zu setzen, noch bevorzugter durch den Ringraum, unabhängig von dem aktuellen Fluideinspeiseweg. Dieses System ermöglicht das Ändern von Temperatur und Fluidichten zu jedem Zeitpunkt während des Bohrens oder sonst, und ermöglicht das Einspeisen von Fluid in den Ringraum, während nicht gebohrt wird, wodurch ein gewünschter Druck am Grund des Bohrlochs während Zirkulationsstopps gehalten wird, und kontinuierliches Erkennen jeglicher Änderungen, die auf einen Zufluss oder Fluidverlust hinweisen.

[0073] Das System kann wenigstens eine Zirkulationsnebenleitung aufweisen, welche eine Pumpe und eine zugeordnete Fluideinspeiseleitung zum Einspeisen von Fluid direkt in den Ringraum oder einen Bereich desselben und optional eine zugeordnete Rückleitung in Verbindung mit zugeordneten Flussmessgeräten und zusätzlichen Mitteln wie Druck-/Flusssteuereinrichtungen, Druck- und Temperatursensoren und Ähnliches, aufweist. Dies ermöglicht es, einen gewünschten Druck in dem Bohrloch während Zirkulationsstopps zu halten und kontinuierlich alle Änderungen in der Massenbilanz, die auf einen Zufluss oder Verlust während eines Zirkulationsstopps hinweisen, zu erkennen.

[0074] Vorzugsweise weist das System zum Bohren eines Bohrschachts, während ein Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung des Bohrschachts eingespeist und durch eine Rückleitung des Bohrschachts wiedergewonnen wird, wobei der zu bohrende Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, auf

- a) eine Druckeindämmungseinrichtung;
- b) eine Druck-/Flusssteuereinrichtung für den Ablaufstrom an der Rückleitung;
- c) Mittel zum Messen von Masse- und/oder volumetrischem Fluss und der Flussrate für die Einlass- und Auslassströme an der Einspeise- und Rückleitung, um Masse- und/oder volumetrische Flusssignale in Echtzeit zu erhalten;
- d) Mittel zum Messen von Masse- und/oder volumetrischem Fluss und der Flussrate von allen anderen Materialien hinein und hinaus;
- e) Mittel zum Leiten aller so erhaltenen Fluss- und Drucksignale an ein zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem; und
- g) eine zentrale Datenerfassungs- und Steuereinheit, die mit einer Software programmiert ist, welche einen in Echtzeit vorhergesagten Ausfluss bestimmen kann und diesen mit dem tatsächlichen Ausfluss, der von den Massen- und volumetrischen Flussratenwerten und anderen relevanten Parametern geschätzt wird, vergleichen kann.

[0075] Vorzugsweise weist das Mittel c) zum Messen des Masseflusses ein Volumenflussmessgerät und wenigstens einen Drucksensor auf, um Drucksignale zu erhalten, und optional wenigstens einen Temperatursensor, um Temperatursignale zu erhalten; und können ein Masseflussmessgerät sein, welches integrale Druck- und optional Temperatursensoren aufweist, um Änderungen in der Dichte und Temperatur zu kompensieren; und die Mittel c) zum Messen der Flussrate weisen Mittel zum Feststellen des Volumens des Bohrlochs zu jedem gegebenen Zeitpunkt auf, als ein dynamischer Wert mit Bezug auf das kontinuierliche Bohren des Bohrlochs. Wenigstens ein zusätzlicher Druck- und optionaler Temperatursensor können vorgesehen werden, um andere Parameter zu beobachten, die ein frühes Erkennen von Zufluss oder Verlust unabhängig von dem Massefluss hinein und hinaus an diesem Zeitpunkt bewirken.

[0076] Mittel d) weist Mittel zum Messen der Flussrate aller Materialien hinein und hinaus auf. Dadurch wird

das Massefluss-Messprinzip erweitert, um andere Unterkomponenten des Systems einzuschließen, wobei die Genauigkeit verbessert werden kann, wie beispielsweise, aber nicht darauf begrenzt, Mittel zum Messen von Feststoffen und Gasvolumen/Masse hinaus, insbesondere zum Messen des Masseflusses von Bohrklein. Vorzugsweise weist das System zusätzlich auf das Bereitstellen von Mitteln zum Messen der Bohrkleinrate, Masse oder Volumen, wenn erforderlich, um die Rate des Bohrkleins, das aus dem Bohrschacht gefördert wird, zu messen.

[0077] Mittel d) zum Messen von Volumen/Masse hinaus des Bohrkleins ist jede kommerziell erhältliche oder andere Ausrüstung, um zu prüfen, dass die Masse an Bohrklein, die an der Oberfläche zurückerhalten wird, in Verbindung mit der Eindringrate und der Bohrkerngeometrie steht. Diese Daten ermöglichen das Korrigieren der Masseflussdaten und ermöglichen die Identifizierung von Problemereignissen.

[0078] Kommerziell erhältliche Geräte zum Trennen und Messen von Volumen/Masse hinaus von Bohrklein weisen einen Schlammstüttler auf, vorzugsweise in Kombination mit einem Entgaser. In einem geeigneteren Aufbau kann eine geschlossene 3-Phasen-Trenneinrichtung (Flüssigkeit, Feststoff und Gas) installiert werden, welche den Entgaser ersetzt. In diesem Fall wird ein vollständig geschlossenes System erreicht. Das kann wünschenswert sein, wenn mit aggressiven Fluiden oder mit Fluiden, die Risiken für die Umwelt darstellen, gearbeitet wird.

[0079] Das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem ist mit einer Software ausgestattet, die gestaltet ist, um einen erwarteten Idealwert für den Ausfluss vorherzusagen, wobei dieser Wert auf Berechnungen basiert, die mehrere Parameter berücksichtigen, einschließlich, aber nicht darauf begrenzt, der Eindringrate, Gesteins- und Bohrfluiddichte, Bohrschachtdurchmesser, Ein- und Ausflussraten, Bohrkleinrücklauftrate, Drücke am Grund des Bohrlochs und am Bohrlochkopf und Temperaturen, ebenfalls Drehmoment und U/Min, Oberantriebsdrehmoment und U/Min, Rotation des Bohrstrangs, Schlammgrubenvolumen, Bohrtiefe, Rohrgeschwindigkeit, Schlammtemperatur, Schlammgewicht, Hakenlast, Gewicht am Bohrmeißel, Pumpendruck, Pumpenhub, Schlammflüsse, berechnete Gallonen/Minute, Gaserkennung und -analyse, Widerstandsfähigkeit und Leitfähigkeit.

[0080] Vorzugsweise weist das System auf

- a) eine Druckeindämmungseinrichtung;
- b) eine Druck-/Flusssteuereinrichtung an dem Auslassstrom;
- c) Mittel zum Messen der Masseflussrate an den Einlass- und Auslassströmen;
- d) Mittel zum Messen der volumetrischen Flussrate an den Einlass- und Auslassströmen;
- e) wenigstens einen Drucksensor, um Druckdaten zu erhalten;
- f) optional wenigstens einen Temperatursensor, um Temperaturdaten zu erhalten;
- g) ein zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem, welches einen Wert festsetzt für einen erwarteten Ausfluss und diesen mit dem tatsächlichen Ausfluss vergleicht, der von Daten geschätzt wird, die von den Masse- und volumetrischen Flussratenmessgeräten sowie von Druck- und Temperaturdaten entnommen werden, und im Fall einer Diskrepanz zwischen den erwarteten und tatsächlichen Flusswerten Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung, um den Ausfluss auf den erwarteten Wert wiederherzustellen.

[0081] Der wenigstens eine Drucksensor kann an jedem geeigneten Ort angeordnet sein, wie beispielsweise dem Bohrschachtkopf und/oder dem Grund des Bohrlochs.

[0082] Des Weiteren ist es, indem wenigstens zwei Druck-/Flusssteuereinrichtungen verwendet werden, um Gegendruck anzuwenden, möglich, eine Situation des Dual-Density-Gradientbohrens herzustellen. Wenn mehr als zwei dieser Einrichtungen verwendet werden, werden Multiple-Density-Gradientbohrbedingungen erzeugt, wobei dieses erfinderische Merkmal in der Literatur weder vorgeschlagen noch beschrieben wird.

[0083] Das System kann zwei oder mehr Druckeindämmungseinrichtungen in Reihe überall im Bohrkern aufweisen, wobei ein Druckprofil überall im Bohrschacht errichtet werden kann, und zwei oder mehr Drucksteuereinrichtungen in Reihe oder parallel. In dem System, welches mehr als zwei Druck-/Flusssteuereinrichtungen in Reihe aufweist, wird das Druckprofil in unabhängigen Druckzonen, die über die ganze Länge des Bohrschachts entstanden sind, errichtet, wobei Drosseln oder Druck-/Flusssteuereinrichtungen die Schnittstellen jeder Zone definieren. Vorzugsweise ist jede Zone mit einer Zirkulationsnebenleitung ausgestattet, welche eine Pumpe, zugeordnete Einspeiseleitung und optionale Rückleitung aufweist.

[0084] Das System wird vorzugsweise in Verbindung mit einem herkömmlichen oder einem leichten Fluid verwendet, wie zuvor beschrieben. Vorzugsweise werden leichte Bohrfluide verwendet, wann immer ein Fall von

Dual-Density-Bohren vorgesehen wird. Das Verwenden eines leichten Fluids mit den angewandten Gegendrücken ermöglicht, dass das äquivalente Bohrfluidgewicht über der Schlammeitung niedriger festgelegt wird als das äquivalente Fluidgewicht innerhalb des Bohrkerns.

[0085] Wann immer ein leichtes Bohrfluid verwendet wird, kann es eines der wohlbekannten leichten Fluide sein, das heißt, das Bohrfluid ist aus einer flüssigen Phase, entweder Wasser oder Öl, hergestellt, plus dem Hinzufügen von Gas, Hohlkugeln, Kunststoffkugeln oder jedem anderen leichten Material, das zu der flüssigen Phase hinzugefügt werden kann, um das Gesamtgewicht zu reduzieren. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung können leichte Bohrfluide vorteilhafterweise sogar bei Fehlen eines Dual-Density-Bohrsystems verwendet werden.

[0086] Vorzugsweise weist das System das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem auf, welches mit einer zeitbasierten Software versehen ist, um Zeitverzögerungen zwischen Zu- und Abfluss zu ermöglichen. Die Software ist vorzugsweise mit Detektionsfiltern und/oder Verarbeitungsfiltern versehen, um falsche Anzeigen der erhaltenen Masse und Fluidflussdaten und aller anderen gemessenen oder detektierten Parameter auszuschalten/zu verringern.

[0087] Vorzugsweise ist das System ein System mit geschlossenem Kreislauf, wobei Beobachtungsmittel kontinuierlich Daten an das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem bereitstellen, wobei vorhergesagter Ausfluss kontinuierlich als Reaktion auf jede Anpassung der Druck-/Flusssteuerung, wodurch die ECD angepasst wird, korrigiert wird.

[0088] In einem bestimmten Vorteil weist das System der Erfindung drei Sicherheitsbarrieren, das Bohrfluid, die Blow-Out-Preventer-Einrichtung (BOP) und die Druckeindämmungseinrichtung auf.

[0089] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird das entsprechende Verfahren zum Betreiben eines Bohrschachts vorgesehen, durch den ein Bohrfluid hindurch zirkuliert wird, das das Beobachten der Flussraten des Fluids hinein und hinaus und Vorhersagen eines berechneten Werts von Ausfluss zu jedem gegebenen Zeitpunkt aufweist, um Informationen in Echtzeit über Diskrepanzen zwischen vorhergesagtem und beobachtetem Ausfluss zu erhalten, wodurch eine Früherkennung von Zufluss oder Verlust von Bohrfluid erzielt wird, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt durch eine Druckeindämmungseinrichtung geschlossen gehalten wird.

[0090] Vorzugsweise wird der Masse- und/oder Volumenfluss beobachtet. Vorzugsweise wird das Beobachten kontinuierlich einen gegebenen Arbeitsvorgang hindurch durchgeführt.

[0091] In diesem Fall kann das Verfahren für aktives Bohren eines Bohrschachts oder für zugehörige inaktive Vorgänge, zum Beispiel das Bestimmen in Echtzeit des Porendrucks oder des Bruchdrucks eines Bohrschachts mittels eines direkten Auslesens von Parametern, die sich jeweils auf einen Fluidzufluss oder -verlust beziehen, sein; alternativ oder zusätzlich ist das System zum Erkennen eines kontrollierten Zuflusses und zum Entnehmen von Proben, um die Natur des Fluids, das durch den Bohrschacht erzeugt werden kann, zu analysieren.

[0092] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren vorgesehen zum Betreiben eines Bohrschachts, durch den ein Bohrfluid hindurch zirkuliert wird, welches aufweist Erkennen eines Zuflusses oder Verlustes von Bohrfluid oder präventives Anpassen des Gegendrucks in dem Bohrkern basierend auf Zufluss- oder Verlusthinweisen vor Oberflächensystemerkennung, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt mit einer Druckeindämmungseinrichtung geschlossen ist.

[0093] Ein Zufluss kann durch alle bekannten oder neuen Verfahren erkannt werden, insbesondere durch neue Verfahren, die aus den zuvor genannten Verfahren ausgewählt sind, oder durch Temperaturerkennung in dem Bohrloch, Kohlenwasserstofferkennung in dem Bohrloch, Erkennen von Druckveränderungen und Druckpulsen.

[0094] In einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren Anpassen von Druck/Fluss auf, um den Fluidausfluss zu jedem Zeitpunkt auf den erwarteten Wert zu regulieren und die ECD zu jedem Zeitpunkt zu steuern oder präventiv den Gegendruck anzupassen, um die Äquivalente Umlaufdichte (ECD; Equivalent Circulating Density) unmittelbar als Reaktion auf ein frühes Erkennen von Zufluss oder Fluidverlust zu ändern.

[0095] Wie zuvor unter Bezug auf das entsprechende System der Erfindung beschrieben, ist die ECD der tatsächliche Druck, der den Formationsdruck überwinden muss, um Zufluss während des Bohrens zu vermeiden.

Wenn jedoch die Zirkulation gestoppt wird, um zum Beispiel eine Verbindung herzustellen, ist der Reibungsverlust null, und dementsprechend verringert sich die ECD auf den hydrostatischen Wert des Schlammgewichts.

[0096] Vorzugsweise ist die Anpassung unmittelbar und kann manuell oder automatisch sein. Der Pegel des Anpassens kann geschätzt oder berechnet werden oder einfach eine Versuchsanpassung, um die Reaktion zu beobachten, sein, und kann abgestuft, verlängert, unterbrochen, schnell oder endlich sein. Vorzugsweise wird die Anpassung basierend auf Annahmen bezüglich der Natur des Zuflusses oder Verlusts berechnet. Vorzugsweise wird das Anpassen von einer zentralen Steuerungseinrichtung gesteuert.

[0097] Vorzugsweise wenn die Diskrepanz zwischen tatsächlichen und vorhergesagten Ausflüssen ein Fluidverlust ist, weist das Anpassen ein Erhöhen des Fluidflusses in dem erforderlichen Ausmaß auf, um den Gegendruck zu reduzieren und dem Fluidverlust entgegenzuwirken; oder wenn die Diskrepanz zwischen tatsächlichen und vorhergesagten Ausflüssen ein Fluidgewinn ist, weist das Anpassen das Reduzieren des Fluidflusses in dem erforderlichen Ausmaß auf, um den Gegendruck zu erhöhen und dem Fluidgewinn in dem erforderlichen Ausmaß entgegenzuwirken, um entsprechend den Gegendruck zu reduzieren oder zu erhöhen, wodurch die ECD angepasst wird.

[0098] Das Erhöhen oder Reduzieren des Flusses stellt das Gleichgewicht von Fluss und dem vorhergesagten Wert wieder her, wobei der Druck am Grund des Bohrlochs wieder einen Wert annimmt, der jeden weiteren Zufluss oder Verlust vermeidet, wonach das Fluid, welches in den Bohrschacht eingedrungen ist, herauszirkuliert wird oder verlorenes Fluid ersetzt wird.

[0099] In diesem Fall kann das Verfahren zum Steuern der ECD in jedem gewünschten Arbeitsvorgang und kontinuierlichem oder unterbrochenem Bohren eines Gas-, Öl oder geothermischen Bohrschachts sein, wobei das Bohren so ausgeführt wird, dass der Druck am Grund des Bohrlochs zwischen dem Porendruck und dem Bruchdruck des Bohrschachts gesteuert wird, oder das Bohren mit dem exakten erforderlichen Druck am Grund des Bohrlochs erfolgt mit einer direkten Bestimmung des Porendrucks, oder das Bohren erfolgt, wobei der Druck am Grund des Bohrlochs so eingestellt wird, dass er gerade geringer als der Porendruck ist, wodurch ein kontrollierter Zufluss erzeugt wird, der vorübergehend sein kann, um das Bohrschachtfluid in kontrollierter Art und Weise zu prüfen, oder der kontinuierlich sein kann, um Bohrschachtfluid in kontrollierter Art und Weise zu erzeugen.

[0100] In einem weiteren Aspekt weist das entsprechende Verfahren der vorliegenden Erfindung, in Verbindung mit dem System der Erfindung wie zuvor beschrieben, die folgenden Schritte auf Einspeisen von Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung, durch die das Fluid in Kontakt gebracht wird mit den Mittel zum Beobachten des Flusses, und Wiedergewinnen des Bohrfluids durch die Rückleitung; Sammeln aller anderen Materials an der Oberfläche; Messen des Flusses in den Bohrschacht hinein und aus diesem heraus und Sammeln von Fluss- und Flussratensignalen; Messen von Parametern, welche den beobachteten Flusswert und Mittelwerte beeinflussen; Leiten aller gesammelten Fluss-, Berichtigungs- und Flussratensignale an das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem; Beobachten von Parametern, welche den beobachteten Flusswert und Mittelwerte beeinflussen, zum Vorhersagen eines berechneten Wertes von Ausfluss zu jedem gegebenen Zeitpunkt und zum Erhalten von Informationen in Echtzeit über Diskrepanzen zwischen vorhergesagtem und beobachtetem Ausfluss und Umrechnen auf einen Wert zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und Wiederherstellen des vorhergesagten Flusswertes.

[0101] Da bei dem vorliegenden Verfahren der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, was zu jedem Zeitpunkt einen Gegendruck beinhaltet, kann dieser Gegendruck angepasst werden, um dynamische Reibungsverluste zu kompensieren, wenn die Schlammzirkulation unterbrochen ist, wodurch der Zufluss von Reservoirfluiden (Kick) vermieden wird. Dementsprechend kann die verbesserte Sicherheit des Verfahrens der Erfindung im Vergleich zu Bohrverfahren gemäß dem Stand der Technik klar erkannt werden.

[0102] Für den Betrieb während eines Stillstands der Fluidzirkulation kann das Ersetzen von dynamischem Reibungsverlust, wenn die Zirkulation stoppt, erreicht werden, indem die Zirkulationsrate durch den normalen Flussweg langsam reduziert wird und gleichzeitig die Druck-/Flusssteuereinrichtung geschlossen wird und ein Gegendruck eingeschlossen wird, welcher dynamische Reibungsverluste kompensiert.

[0103] Alternativ oder zusätzlich weist das Verfahren einen Schritt auf, bei dem Fluid zusätzlich direkt in den Ringraum oder eine Druckzone davon eingespeist wird, und optional vom Ringraum wiedergewonnen wird, wodurch der Bohrkern durch den Ringraum unter Druck gesetzt wird, unabhängig vom momentanen Flu-

id-/Einspeiseweg, und wobei Fluss, Druck und optional Temperatur beobachtet werden.

[0104] Des Weiteren ist es gemäß der Erfindung möglich, die Fluid- (Schlamm-) Dichte auf einem Wert zu halten, der leicht niedriger ist als jener, der erforderlich ist, um den Formationsdruck zu steuern und den Gegendruck in dem Bohrschacht mittels des Flusses anzupassen, um eine extrem kontrollierbare ECD an dem Grund des Bohrlochs zu bewirken, welche über die Flexibilität verfügt, nach oben oder unten angepasst zu werden.

[0105] Vorzugsweise beinhaltet das Verfahren das Beobachten von Werten wie Eindringrate, Gesteins- und Bohrfluiddichte, Bohrschachtdurchmesser, Ein- und Ausflussraten, Bohrkleinrücklauftrate, Drücke und Temperaturen am Grund des Bohrlochs und am Bohrlochkopf, Drehmoment und Zugkraft, neben anderen Parametern, und berechnet den vorhergesagten Idealwert für den Ausfluss.

[0106] Dementsprechend bietet die vorliegende Erfindung ein sicheres Verfahren zum Bohren von Bohrschächten, da nicht nur der Schacht während des Bohrens zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, sondern ebenso jeder Flüssigkeitsverlust oder Zufluss, der auftritt, genauer und schneller bestimmt und nachfolgend gesteuert werden kann als in Verfahren gemäß dem Stand der Technik.

[0107] Ein Vorteil des vorliegenden Verfahrens gegenüber Verfahren gemäß dem Stand der Technik ist, dass es in der Lage ist, sofort die ECD (Equivalent Circulating Density, Äquivalente Umlaufdichte) zu ändern, indem der Gegendruck auf den Bohrkern angepasst wird, indem die Druck-/Flusssteuereinrichtung geschlossen oder geöffnet wird. Auf diese Art und Weise beinhaltet das hier beschriebene und beanspruchte Verfahren Früherkennungsverfahren für Zufluss/Verlust, welche bestehen oder noch entwickelt werden, als Teil des hier beschriebenen und beanspruchten Verfahrens, zum Beispiel in der Entwicklung befindliche Werkzeuge oder solche, die entwickelt werden können, welche Spuren von Kohlenwasserstoffen im Zufluss, geringe Temperaturänderungen, Druckpulse etc. erkennen können. Die Ausgabewerte dieser Werkzeuge oder Technologien, die einen Kick oder Fluidverlust anzeigen, können als Rückmeldungsparameter verwendet werden, um eine sofortige Reaktion auf den erkannten Kick oder Fluidverlust zu ergeben, wodurch der Bohrvorgang zu jedem Zeitpunkt gesteuert wird.

[0108] Als Konsequenz ermöglicht, auf eine patentierbar unterscheidende Art und Weise, das Verfahren der Erfindung, dass Bohrvorgänge auf eine kontinuierliche Art und Weise durchgeführt werden können, wohingegen bei Verfahren gemäß dem Stand der Technik das Bohren gestoppt wird und das Schlammgewicht in einem langwierigen zeitintensiven Schritt korrigiert wird, bevor das Bohren fortgeführt werden kann, nachdem ein Kick oder Fluidverlust erkannt wurde.

[0109] Dies führt zu bedeutenden Zeitersparnissen, da der herkömmliche Ansatz, mit Zuflüssen umzugehen, sehr zeitintensiv ist: Stoppen des Bohrens, Einschließen des Bohrschachts, Beobachten, Messen von Drücken, Herauszirkulieren des Zuflusses durch die anerkannten Verfahren und Anpassen des Schlammgewichts. Gleichermaßen führt ein Verlust von Bohrfluid an die Formation zu analogen Reihen von zeitintensiven Ereignissen.

[0110] Wir haben ebenfalls herausgefunden, dass das System und das Verfahren der Erfindung zusätzliche Vorteile bieten bezüglich des Ermöglichens von Vorgängen mit einem verringerten Reservoirdruck durch einen geschlossenen Vorgang unter Gegendruck. Des Weiteren können das System und Verfahren effizient ohne das Erfordernis zum wiederholten Ausgleichen des Systems nach jeder Betriebspause beim Bohren betrieben werden.

[0111] Vorzugsweise weist das Verfahren zum Bohren eines Schachts, während ein Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung des Bohrschachts eingespeist wird und durch eine Rückleitung des Bohrschacht wiedergewonnen wird, wobei der Bohrschacht während des Bohrens zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, die folgenden Schritte auf

- a) Bereitstellen einer Druckeindämmungseinrichtung, geeigneterweise einer Art, die den Durchlass eines Rohrs unter Druck zu einem Bohrkern ermöglicht;
- b) Bereitstellen einer Druck-/Flusssteuereinrichtung, um den Fluss aus dem Bohrschacht zu steuern und einen Gegendruck auf den Bohrschacht zu halten;
- c) Bereitstellen eines zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems und zugeordneter Software;
- d) Bereitstellen von Masseflussmessgeräten sowohl in den Einspeise- als auch in den Rückleitungen;
- e) Bereitstellen von Flussratenmessgeräten sowohl in den Einspeise- als auch in den Rückleitungen;
- f) Bereitstellen wenigstens eines Drucksensors,

- g) Bereitstellen wenigstens eines Temperatursensors,
- h) Einspeisen von Bohrfluid durch die Einspeiseleitung, durch welche das Fluid in Kontakt gebracht wird mit den Masseflussmessgeräten, den Fluidflussmessgeräten und den Druck- und Temperatursensoren, und Wiedergewinnen von Bohrfluid durch die Rückleitung;
- i) Sammeln von Bohrklein an der Oberfläche;
- j) Messen des Masseflusses in den Bohrschacht hinein und aus diesem heraus und Sammeln von Masseflusssignalen;
- k) Messen der Fluidflussraten in den Bohrschacht hinein und aus diesem heraus und Sammeln von Fluidflusssignalen;
- l) Messen von Druck und Temperatur des Fluids und Sammeln von Druck- und Temperatursignalen;
- m) Leiten aller gesammelten Fluss-, Druck- und Temperatursignale an das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
- n) wobei die Software des zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems zu jedem Zeitpunkt den vorhergesagten Ausfluss des Bohrschachts berücksichtigt, wobei mehrere Parameter berücksichtigt werden;
- o) Vergleichen und Prüfen der tatsächlichen und vorhergesagten Ausflüsse auf jegliche Diskrepanzen, kompensiert um Zeitverzögerungen zwischen Eingabe und Ausgabe;
- p) im Falle einer Diskrepanz Senden eines Signals durch das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem, um die Druck-/Flusssteuerungseinrichtung anzupassen und die vorhergesagte Ausflussrate wiederherzustellen, ohne Unterbrechung des Bohrvorgangs.

[0112] Vorzugsweise weist das Masseflussmessen gemäß dem Verfahren alle Unterkomponenten auf, die dazu gestaltet sind, die Genauigkeit der Messungen zu verbessern, und weist vorzugsweise Messen des Masseflusses von Bohrklein, welches an dem Schüttler oder den Schüttlern erzeugt wird, und des Masseausflusses an Gas von dem oder den Entgasern auf und weist Messen des Masseflusses und Fluidflusses in den Bohrkern durch den Ringraum auf, unabhängig von dem gegenwärtigen Fluideinspeiseweg.

[0113] Vorzugsweise weist das Verfahren zusätzlich bei i) das Messen der Bohrkleinrate, Masse oder Volumen, wenn erforderlich, auf, um die Bohrkleinrate, die durch den Bohrschacht erzeugt wird, zu messen.

[0114] Das Verfahren weist Messen von Druck wenigstens an dem Bohrschachtkopf und/oder dem Grund des Bohrlochs auf.

[0115] Die Erfindung beansprucht ebenfalls die Verwendung von mehr als einem Ort für Druck-/Flusssteuerungen an unterschiedlichen Orten innerhalb des Bohrschachts, um Gegendruck anzuwenden. Das Verfahren kann das Eindämmen von Druck an zwei oder mehreren Orten in Reihe aufweisen und Steuern von Druck/Fluss an zwei oder mehreren Orten in Reihe oder parallel innerhalb des Bohrschachts, um Gegendruck anzuwenden. Vorzugsweise weist das Verfahren Steuern des Drucks/Flusses an zwei oder mehreren Orten in dem Bohrschacht in Reihe auf, wobei ein Druckprofil überall im Bohrschacht aufgestellt wird. Vorzugsweise ermöglicht das Steuern von Druck/Fluss an mehr als zwei Orten in dem Bohrschacht, dass unabhängige Zonen über die ganze Länge des Bohrschachts erzeugt werden, wobei die Orte für die Druck-/Flusssteuerung die Zonenschnittstellen definieren. Vorzugsweise wird Fluid zusätzlich direkt zu jeder Druckzone des Ringraums eingespeist und optional von jeder Druckzone derselben wiedergewonnen.

[0116] Das Bohrfluid kann aus Wasser, Gas, Öl und Kombinationen derselben oder deren leichten Fluiden gewählt sein. Vorzugsweise weist ein leichtes Fluid hinzugefügte Hohlgaskugeln oder anderes gewichtsreduzierendes Material auf. In Fällen, wo der Porendruck normal, unter normal oder leicht über normal ist, wird vorzugsweise ein leichtes Fluid verwendet.

[0117] Wann immer mehr als eine Druck-/Flusssteuereinrichtung mit der Verwendung von leichten Fluiden kombiniert wird, ist es möglich, die durch das Verfahren beanspruchten Druckprofile zu erweitern, zum Beispiel Orte, wo die Bruchgradienten gering sind und es eine enge Spanne zwischen Poren- und Bruchdruck gibt.

[0118] Gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung, welche die Verwendung eines leichten Fluids beansprucht in Kombination mit der Verwendung von zwei oder mehreren Drosseln, um Gegendruck anzuwenden, kann eine breite Vielfalt von Druckprofilen für den Bohrschacht vorgesehen werden. Dementsprechend ist es durch ein kontinuierliches Anpassen des Gegendrucks möglich, die Dichte des leichten Fluids zu ändern, um jedes Druckszenario zu optimieren.

[0119] Der Hauptvorteil des Verwendens eines leichten Fluids ist die Möglichkeit, das Bohren mit einem Flu-

idgewicht geringer als dem von Wasser zu starten. Dies ist besonders wichtig in Zonen mit normalem oder unter normalem Porendruck, wobei der normale Porendruck der Druck ist, der von einer Wassersäule ausgeübt wird. In diesen Fällen kann, wenn ein herkömmliches Bohrfluid verwendet wird, der anfängliche Druck am Grund des Bohrlochs schon hoch genug sein, um die Formation zu brechen und Schlammverluste zu verursachen. Durch Starten mit einem leichten Fluid kann der Gegendruck angewendet werden, um das Gleichgewicht zu erreichen, das erforderlich ist, um einen Zufluss zu vermeiden, aber er ist zu jedem Zeitpunkt kontrolliert, um einen überhöhten Wert, der die Verluste verursacht, zu vermeiden.

[0120] Die vorliegende Erfindung bietet ebenfalls ein Verfahren zum Bohren, wo der Druck am Grund des Bohrlochs sehr nahe am Porendruck sein kann, wodurch der Über-Gleichgewichts-Druck, der für gewöhnlich auf das Reservoir ausgeübt wird, reduziert wird, und als Folge das Risiko von Fluidverlusten und nachfolgender Kontaminierung des Bohrkerns, welches Schaden verursacht, reduziert, wobei der Gesamteffekt ist, dass die Bohrschachtproduktivität erhöht wird. Bohren mit einem Druck am Grund des Bohrlochs nahe dem Porendruck erhöht ebenfalls die Eindringrate, wodurch die Gesamtzeit, die zum Bohren des Bohrschachts erforderlich ist, reduziert wird, was wesentliche Ersparnisse zur Folge hat.

[0121] Die vorliegende Erfindung bietet weiter ein Verfahren zum Bohren mit dem exakt erforderlichen Druck am Grund des Bohrlochs mit direkter Bestimmung des Porendrucks.

[0122] Die vorliegende Erfindung bietet ebenfalls ein Verfahren zum direkten Bestimmen des Bruchdrucks, wenn erforderlich.

[0123] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt zum Bestimmen in Echtzeit des Bruchdrucks eines Bohrschachts, der mit einem Bohrstrang gebohrt wird, und wobei durch diesen Bohrfluid zirkuliert wird, während der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, wobei das Verfahren die Schritte aufweist von:

- a) Bereitstellen eines Drucksensors am Boden des Bohrstrangs;
- b) Sammeln von erzeugten Fluid- und Masseflussdaten und Leiten derselben zu einer zentralen Datenerfassungs- und Steuerungseinrichtung, die einen erwarteten Wert für Fluid- und Massefluss festlegt;
- c) wobei die zentrale Datenerfassungs- und Steuerungseinrichtung kontinuierlich den erwarteten Fluid- und Massefluss mit dem tatsächlichen Fluid- und Massefluss vergleicht;
- d) wobei im Fall einer Diskrepanz zwischen dem erwarteten und tatsächlichen Wert die zentrale Datenerfassungs- und Steuerungseinrichtung eine Druck-/Flusssteuereinrichtung aktiviert;
- e) wobei, wenn die erkannte Diskrepanz ein Fluidverlust ist, der Wert des Bruchdrucks von einem direkten Auslesen von dem Druck am Grund des Bohrlochs erhalten wird.

[0124] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt zur Bestimmung in Echtzeit des Porendrucks eines Bohrschachts während des Bohrens mit einem Bohrstrang und Bohrfluid, welches hindurch zirkuliert wird, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, wobei das Verfahren die Schritte aufweist von:

- a) Bereitstellen eines Drucksensors am Boden des Bohrstrangs;
- b) Sammeln von erzeugten Fluid- und Masseflussdaten und Leiten derselben zu einer zentralen Datenerfassungs- und Steuerungseinrichtung, die einen erwarteten Wert für Fluid- und Massefluss festlegt;
- c) wobei die zentrale Datenerfassungs- und Steuerungseinrichtung kontinuierlich den erwarteten Fluid- und Massefluss mit dem tatsächlichen Fluid- und Massefluss vergleicht;
- d) wobei im Fall einer Diskrepanz zwischen dem erwarteten und tatsächlichen Wert die zentrale Datenerfassungs- und Steuerungseinrichtung eine Druck-/Flusssteuereinrichtung aktiviert;
- e) wobei, wenn die erkannte Diskrepanz ein Zufluss ist, der Wert des Porendrucks von einem direkten Auslesen von dem Druck am Grund des Bohrlochs erhalten wird, welcher von dem Drucksensor bereitgestellt wird.

[0125] Da sowohl die Bruch- als auch die Porendruckkurven geschätzt und für gewöhnlich nicht genau sind, ermöglicht die vorliegende Erfindung eine wesentliche Reduzierung des Risikos, indem entweder der Porendruck oder der Bruchdruck bestimmt wird oder in kritischeren Situationen sowohl die Poren- als auch die Bruchdruckkurven auf eine sehr genaue Weise während des Bohrens des Bohrschachts. Dementsprechend ist durch Auslösen von Unsicherheiten von Poren- und Bruchdrücken und die Möglichkeit, schnell zu reagieren, um jedes ungewünschte Ereignis zu korrigieren, das vorliegende Verfahren als Konsequenz viel sicherer als Bohrverfahren gemäß dem Stand der Technik.

[0126] Die vorliegende Erfindung bietet weiter ein Bohrverfahren, bei dem die Auslöschung der Kicktoleranz

und der Ausfahrspanne bei der Gestaltung des Bohrschachts möglich gemacht wird, da der Poren- und der Bruchdruck während des Bohrens des Schachtes in Echtzeit bestimmt werden, und dementsprechend ist keine oder nur eine geringe Sicherheitsspanne notwendig, wenn der Bohrschacht gestaltet wird. Die Kicktoleranz ist nicht erforderlich, da es keine Unterbrechung in dem Bohrvorgang gibt, um Gas herauszuzirkulieren, das in den Bohrschacht eingedrungen sein kann. Ebenfalls ist die Ausfahrspanne nicht notwendig, da sie durch den Gegendruck auf den Bohrschacht ersetzt wird, der automatisch angepasst wird, wenn die Zirkulation gestoppt wird.

[0127] Die Erfindung bietet ebenfalls ein Bohrverfahren, bei dem ein System mit geschlossenem Kreislauf mit einem leichten Fluid als Bohrfluid verwendet werden kann, das das Gleichgewicht von Ein- und Ausflüssen ermöglicht.

[0128] Die Erfindung bietet weiter ein Bohrverfahren, bei dem die Verwendung eines leichten Fluids zusammen mit dem System mit geschlossenem Kreislauf das Bohren sicherer und preiswerter macht, neben anderen technischen Vorteilen, in Tiefwasserszenarien, wo der Porendruck normal, unter normal oder leicht über normal ist, wobei der normale Porendruck äquivalent zur Meerwassersäule ist.

[0129] Die Erfindung bietet weiter ein Bohrverfahren von hoher Flexibilität in Zonen von normalem oder unter normalem Porendruck, indem entweder ein Dual-Density-Gradientbohren in tiefem Wasser oder nur ein Bohren mit Single-Variable-Density-Gradient in Zonen von normalem oder unter normalem Porendruck erzeugt wird.

[0130] Die Erfindung bietet ebenfalls ein Bohrverfahren, welches das Erzeugen eines Dual-Density-Gradientbohrens und ein leichtes Bohrfluid kombiniert, was ermöglicht, dass es auf Druckprofile angewendet wird, wo die Bruchgradienten gering sind und enge Spannen zwischen Poren- und Bruchdruck vorhanden sind.

[0131] Die Erfindung bietet weiter ein Bohrverfahren, welches das Erzeugen eines Dual-Density-Gradientbohrens und ein leichtes Bohrfluid kombiniert, was ermöglicht, dass die Dichte des leichten Fluids geändert werden kann, um jedes Druckszenario zu optimieren, da der anzuwendende Gegendruck ebenfalls kontinuierlich angepasst wird.

[0132] Durch das schnelle Erkennen jeglichen Zuflusses und da der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt während des Bohrens geschlossen und unter Druck ist, ermöglicht die vorliegende Erfindung, dass das Bohrschachtsteuerungsverfahren wesentlich einfacher, schneller und sicherer ist, da keine Zeit damit verschwendet wird, den Fluss zu prüfen, den Bohrschacht zu schließen, den Druck zu messen, das Schlammgewicht, falls erforderlich, zu ändern und den Kick aus dem Bohrschacht heraus zu zirkulieren.

[0133] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt zum Gestalten eines Systems wie zuvor beschrieben, welches die geplante Standortgeologie und Ähnliches berücksichtigt, welches aufweist Gestalten von Parametern in Bezug auf einen Bohrkern, Abdichtungsmittel, Bohrstrang, Bohrgehäuse, Fluideinspeisemittel an der Oberfläche und Mittel zum Evakuieren des Ringraums in einer Weise, um den Masse- und dynamischen Fluss zu bestimmen durch Gestalten des Orts und der Natur von Mitteln, um Fluidfluss und Flussrate zu beobachten, und durch Gestalten von Ort und Natur von Mitteln, um den Fluidfluss anzupassen, den Bohrschacht zu schließen und alle relevanten Parameter zu erhalten, die während des Bohrens des Schachtes verfügbar sein können, und die erhaltenen Parameter an jedes Mittel zum Vorhersagen des idealen Ausflusses zu leiten, um den tatsächlichen Ausfluss auf den vorhergesagten Wert anzupassen.

[0134] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Steuerungssoftware für ein System oder Verfahren wie zuvor beschrieben bereitgestellt, welche gestaltet ist, um einen erwarteten Idealwert für den Ausfluss vorherzusagen basierend auf Berechnungen, welche mehrere Parameter berücksichtigen, und den vorhergesagten Idealwert mit dem tatsächlichen Rückwert wie von den Flussmessgeräten gemessen zu vergleichen, wobei der Vergleich jegliche Diskrepanzen liefert, wobei die Software ebenfalls als Eingabe jegliche Früherkennungsparameter erhält, wobei diese Eingaben eine Untersuchungskette möglicher Szenarien auslösen, das Prüfen tatsächlicher anderer Parameter und anderer Mittel, um sicherzustellen, dass ein Zufluss-/Verlustereignis aufgetreten ist. Vorzugsweise verwendet die Software alle Parameter, die während des Bohrvorgangs erhalten werden, um die Vorhersage des vorhergesagten Flusses zu verbessern.

[0135] Die Software bestimmt, dass, in dem Fall, dass das Fluidvolumen von dem Bohrschacht steigt oder sinkt, nach Kompensieren aller anderen Faktoren, dies ein Signal ist, dass ein Zufluss oder Verlust auftritt.

[0136] Vorzugweise ist die Software mit Detektionsfiltern und/oder Verarbeitungsfiltern ausgestattet, um falsche Anzeigen von erhaltenen Massen- und Fluidflussdaten und jeglicher anderer gemessener oder erkannter Parameter auszuschalten/zu reduzieren. Die Software liefert vorzugsweise einen vorhergesagten Idealwert des Ausflusses basierend auf Berechnungen, welche unter anderem die Eindringrate, Gesteins- und Bohrfluiddichte, Bohrschachtdurchmesser, Ein- und Ausflussraten, Bohrkleinrücklaufrate, Drücke und Temperaturen am Grund des Bohrlochs und am Bohrlochkopf, Drehmoment und Zugkraft, Gewicht am Bohrmeißel, Hakenlast und Einspeisedrücke berücksichtigt.

[0137] Die Software wie zuvor beschrieben handelt entsprechend dem Grundsatz der Massenerhaltung, um den Unterschied an Masse, die in den Bohrschacht eingespeist und wiedergewonnen wird, zu bestimmen, und gleicht einen Anstieg im Bohrlochvolumen, zusätzliche rücklaufende Masse an Gesteinen und anderen Faktoren, als eine Anzeige der Natur des Fluidevents, welches unten in dem Bohrloch auftritt, aus.

[0138] Auf geeignete Weise gleicht die Software relevante Faktoren wie thermische Ausdehnung/Kontraktion und Kompressibilitätsänderungen, Löslichkeitseffekte, Vermengungs- und Mischeffekte als eine Anzeige der Natur des Fluids in einem Fluidzuflussereignis aus.

[0139] Vorzugsweise löst bei der Software der Erfindung das Erkennen eines Zuflusses oder Verlusts durch Mittel des Systems oder des Verfahrens der Erfindung wie zuvor beschrieben oder durch jegliches herkömmliche System oder Verfahren eine Kette von Untersuchungen möglicher Zuflussereignisse aus, wobei mit einer Annahme über die Fluidphase begonnen wird, wobei mit der Beobachtung einer Diskrepanz verglichen wird, um Übereinstimmung im Verhalten zu überprüfen, und wobei im Fall der Nichtübereinstimmung die Annahme für verschiedene Phasen wiederholt wird, bis Übereinstimmung erreicht wird.

[0140] Vorzugsweise berechnet die Software der Erfindung nach Identifizieren des Zuflussereignisses die Menge, den Ort und den Zeitpunkt des Zuflusses oder der Zuflüsse und berechnet eine angepasste Rückflussrate, die erforderlich ist, um das Fluid herauszuzirkulieren und weiteren Zufluss zu verhindern.

[0141] Die Software wie zuvor beschrieben beinhaltet alle notwendigen Algorithmen, empirischen Berechnungen oder andere Verfahren, um ein genaues Abschätzen der hydrostatischen Wassersäule und Reibungsverluste, einschließlich jeglicher vorübergehender Effekte wie beispielsweise eines sich verändernden Temperaturprofils entlang des Bohrschachts zu ermöglichen.

[0142] Vorzugsweise sendet die Software wie zuvor beschrieben zum Identifizieren eines Zufluss- oder Verlustereignisses automatisch einen Befehl an eine Druck-/Flusssteuereinrichtung, die gestaltet ist, die Rückflussrate anzupassen, um den Rückfluss auf den vorhergesagten Idealwert wieder herzustellen, wodurch präventiv der Gegendruck angepasst wird, um das Ereignis sofort steuern zu können.

[0143] Vorzugsweise erzeugt die Software wie zuvor beschrieben einen Befehl bezüglich einer Anpassung des Gegendrucks, um dynamische Reibungsverluste zu kompensieren, wenn die Schlammsirkulation unterbrochen wird, wodurch Zufluss von Reservoirfluiden vermieden wird.

[0144] Vorzugsweise ist die Software wie zuvor beschrieben mit einer Rückkopplungsschleife verbunden, um konstant die Reaktion auf jede Tätigkeit zu beobachten, sowie mit der erforderlichen Softwaregestaltung und jeglichem erforderlichen Entscheidungssystem, um einen beständigen Betrieb sicherzustellen.

[0145] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern eines Bohrschachts geliefert, welches in geeigneter Software und geeignet programmierten Computern verkörpert ist.

[0146] Es wird darauf hingewiesen, dass alle Einrichtungen, die in dem vorliegenden System und Verfahren verwendet werden, wie beispielsweise Flussmesssystem, Druckeindämmungseinrichtung, Druck- und Temperatursensoren, Druck-/Flusssteuereinrichtung, kommerziell erhältliche Einrichtungen sind und als solche keinen Gegenstand der Erfindung darstellen.

[0147] Des Weiteren liegt es in dem Schutzbereich der Anmeldung, dass Verbesserungen an Masse-/Flussratenmessungen oder jede andere Messeinrichtung in das Verfahren eingegliedert werden können. Ebenfalls innerhalb des Schutzbereiches der Anmeldung liegen jegliche Verbesserungen in der Genauigkeit und Zeitverzögerung, um Zufluss oder Fluidverluste zu erkennen, sowie jegliche Verbesserungen an dem System, um Daten zu verarbeiten und Entscheidungen zu treffen in Verbindung mit dem Wiederherstellen des vorhergesagten Flusswerts.

[0148] Folglich sind verbesserte Erkennungs-, Mess- oder Betätigungswerkzeuge alle in den Schutzbereich der Anmeldung eingeschlossen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGSFIGUREN

[0149] Das Verfahren und System der Erfindung werden nun genauer beschrieben, basierend auf den beige-fügten Zeichnungsfiguren, wobei

[0150] [Fig. 1](#) ein Log der Poren- und Bruchdruckkurven gemäß dem Stand der Technik ist, auf die zuvor hingewiesen wurde. In dieser Zeichnungsfigur eingeschlossen sind die Kicktoleranz und Ausfahrspanne, die zum Gestalten der Gehäusesetzpunkte verwendet werden, in diesem Fall festgelegt als 0,3 ppg jeweils unter dem Bruchdruck und über dem Porendruck. Dieser Wert wird in der Industrie für gewöhnlich verwendet. An der rechten Seite sind Anzahl und Durchmesser der Gehäusestränge, die erforderlich sind, um diesen Bohrschacht unter Verwendung von aktuell herkömmlichen Bohrverfahren sicher zu bohren, dargestellt. Wie zuvor dargelegt werden die zwei dargestellten Kurven vor dem Bohren geschätzt. Tatsächliche Werte können durch das aktuell herkömmliche Bohrverfahren nicht bestimmt werden.

[0151] [Fig. 2](#) ist ein Log der gleichen Kurven gemäß der Erfindung, ohne dass Kicktoleranz und Ausfahrspanne von 0,3 ppg eingeschlossen sind. Auf der rechten Seite ist die Anzahl der erforderlichen Gehäusestränge ersichtlich. Mit dem Bohrverfahren, das in der vorliegenden Anmeldung beschrieben wird, wird das Ausschalten der Kicktoleranz und der Ausfahrspanne bei der Gestaltung des Bohrschachts möglich, da der Poren- und der Bruchdruck in Echtzeit während des Bohrens des Schachtes bestimmt werden, wobei der Schacht während des Bohrens zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, und dementsprechend ist keine Sicherheitsspanne erforderlich, wenn der Bohrschacht gestaltet wird.

[0152] [Fig. 3](#) ist eine schematische Darstellung gemäß dem Stand der Technik des zirkulierenden Systems einer Standardanlage, wobei der Rückfluss zur Atmosphäre hin offen ist.

[0153] [Fig. 4–Fig. 6](#) sind schematische Darstellungen des zirkulierenden Systems einer Anlage mit dem in der Anmeldung beschriebenen Bohrverfahren. Eine Druckeindämmungseinrichtung, die an dem Bohrschachtkopf angeordnet ist, Fluidflussmessgeräte an den Einlass- und Auslassströmen sowie andere Ausstattungsteile wurden zu der Standardbohranlagenanordnung hinzugefügt. Ein Mittel ist dargestellt, welches alle gesammelten Daten empfängt und einen Fluidzufluss oder -verlust identifiziert.

[0154] Zusätzlich beinhalten in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) die Fluidflussmessgeräte Massefluss- und Fluidflussratenmessgeräte, ebenfalls wurden Druck- und Temperatursensoren, Bohrkleinmasse-/volumenmesseinrichtung und Druck-/Flusssteuereinrichtung der Standardbohranlagenanordnung hinzugefügt, und ein Steuerungssystem wurde hinzugefügt, um die gesammelten Daten zu empfangen und die Druck-/Flusssteuereinrichtung an dem Auslassstrom zu betätigen.

[0155] Zusätzlich wurden in [Fig. 6](#) zusätzliche Druck-/Flusssteuereinrichtung(en) hinzugefügt, um unterschiedliche Druckzonen zu erzeugen.

[0156] [Fig. 7](#) ist ein allgemeines Blockdiagramm des in der vorliegenden Erfindung beschriebenen Verfahrens zur Früherkennung von Zufluss oder Fluidverlust, zur direkten Bestimmung von Poren- und Bruchdruck und zum unverzüglichem Regulieren der ECD.

[0157] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm, welches das Verfahren der Erfindung schematisch darstellt.

[0158] Wie bereits zuvor festgestellt, basiert das vorliegende System und Verfahren zum Bohren von Bohrschächten auf einem System mit geschlossenem Kreislauf. Das erfindungsgemäße Verfahren und System wird auf Öl- und Gasbohrschächte sowie auf geothermische Bohrschächte angewendet.

[0159] Während mehrere der beschriebenen Einrichtungen in einigen Anordnungen oder Kombinationen verwendet wurden und mehrere der Parametermessungen in erläuternden Verfahren in Patenten oder Literatur eingeschlossen wurden, hat zu keinem Zeitpunkt eine von diesen:

1. Gleichzeitig das Messen aller kritischen Parameter kombiniert, um die notwendige Genauigkeit sicherzustellen, die erforderlich ist, um einem solchen System zu ermöglichen, als ganzes Verfahren effizient zu wirken;
2. Masseflussmessgeräte gleichzeitig an Einlass- und Auslassflüssen verwendet;

3. Massemessungen von Bohrklein in Verbindung mit Masseflussmessungen an Einlass und Auslass verwendet;
4. Eine Druck-/Flusssteuereinrichtung als sofortige Steuerung der ECD während des Bohrens für den Zweck des Verhinderns und Steuerns von Zufluss oder Verlusten verwendet;
5. Die Verwendung einer Druck-/Flusssteuereinrichtung als proaktives Verfahren zum Anpassen der ECD basierend auf Früherkennung von Zufluss-/Verlustereignissen beschrieben; oder
6. Die Verwendung von mehr als einer Druck-/Flusssteuereinrichtung in Kombination mit einem leichten Bohrfluid beschrieben, um zu bewirken, dass das äquivalente Bohrgewicht über der Schlammeleitung geringer ist als das äquivalente Fluidgewicht innerhalb des Bohrkerns.

[0160] [Fig. 3](#) stellt ein Bohrverfahren entsprechend Techniken gemäß dem Stand der Technik dar. Folglich wird ein Bohrfluid durch einen Bohrstrang (1) eingespeist, den Bohrkern hinunter durch den Bohrmeißel (2) und den Ringraum (3) hinauf. An der Oberfläche wird das Fluid, das unter atmosphärischem Druck ist, zu dem Schlammschüttler (4) geleitet für eine Trennung von Feststoff/Flüssigkeit. Die Flüssigkeit wird an den Schlammtank (5) geleitet, von wo die Schlammumpfen (6) das Fluid ansaugen, um es durch den Bohrstrang (1) einzuspeisen und den Kreislauf zu schließen. Im Fall eines Kicks, normalerweise erkannt durch Schwankungen des Schlammtankvolumens, die von Pegelsensoren (7) angezeigt werden, muss die BOP (8) geschlossen werden, um Kickkontrolle zu ermöglichen. An diesem Punkt wird der Bohrvorgang gestoppt, um den Druck zu prüfen und das Schlammgewicht anzupassen, um weitere Zuflüsse zu vermeiden. Verbesserungen in Bohrverfahren gemäß dem Stand der Technik beziehen sich im Allgemeinen darauf, beispielsweise das Messen von Volumenanstieg oder -abfall im Tank (5) zu verbessern. Jedoch bewirken solche Verbesserungen nur geringere Änderungen für das Kickerkennungsverfahren; des Weiteren sind keine wesentlichen Modifikationen bekannt, die auf das Verbessern der Sicherheit gerichtet sind und/oder darauf, das Bohrverfahren kontinuierlich durchzuführen, so dass diese Modifikation nur durch die vorliegende Erfindung beigebracht wurde.

[0161] Im Gegensatz dazu wird, gemäß [Fig. 4](#), welche das System der Erfindung darstellt, das Bohrfluid durch das Bohrstrang (1) eingespeist, geht hinunter zum Grund des Bohrlochs durch den Bohrmeißel (2) und den Ringraum (3) hinauf, und wird von einer Druckeindämmungseinrichtung (26) durch eine geschlossene Rückleitung (27) unter Druck abgeleitet. Die BOP (8) bleibt während des Bohrens offen. Das Fluid wird mit dem Flussmessgerät (11) und Entgaser (13) in Kontakt gebracht, dann mit dem Schlammschüttler (4).

[0162] Der Schlammschüttler (4) trennt das Bohrklein (Bohrfeststoffe) von der Flüssigkeit. Die Masse/das Volumen des in dem Entgaser (13) getrennten Gases wird durch eine Einrichtung (25) gemessen.

[0163] Das Bohrfluid wird dann mit Hilfe einer Pumpe (6) durch eine Einspeiseleitung (14) eingespeist, durch welche das Fluid mit dem Flussmessgerät (15) in Kontakt gebracht wird. Alle Einrichtungen (7), (11), (15) und (25) erfassen Daten, welche zu einem zentralen Datenpunkt (18) geleitet werden und verwendet werden, um Werte in Echtzeit für Flussraten zu erhalten, und mit vorhergesagten Werten verglichen werden, und identifizieren jegliche Diskrepanz. Eine Diskrepanz wird anfänglich als jegliches Ereignis, welches kein Zufluss oder Fluidverlust ist, bewertet, welche die beobachtete Diskrepanz verursachen können, und es wird bestimmt, ob die Diskrepanz eine Störung oder ein anderes Systemereignis anzeigt oder eine Früherkennung von Zufluss oder Verlust von Bohrfluid ist. Diese Früherkennung ist für eine Anzahl nachfolgender Vorgänge von Bedeutung, welche in Verbindung mit dem Bohrschacht durchgeführt werden können, da das Erkennen mehrere Stunden stattfinden kann, bevor die Folgen eines solchen Zuflusses oder Verlustes an der Oberfläche in Form eines Kicks offensichtlich werden. Vorgänge schließen das direkte Bestimmen von Poren- oder Bruchdruck, Kontrollieren der ECD, um vorhergesagte Werte wiederherzustellen, etc. ein. In dem System und dem Verfahren vorhandene Sicherheitsmerkmale beinhalten das Schließen der BOP (8), wodurch der Bohrschacht geschlossen wird, um einen Kick einzudämmen.

[0164] Eine Ausführungsform des Systems aus [Fig. 4](#) ist in [Fig. 5](#) dargestellt. In diesem Fall wird das Fluid in Kontakt gebracht mit Druck- und Temperatursensoren (9), Fluidflussmessgerät (10), Masseflussmessgerät (11) und Fluss-/Drucksteuereinrichtung (12), dann Entgaser (13) und dann mit dem Schlammschüttler (4).

[0165] Der Schlammschüttler (4) trennt das Bohrklein (Bohrfeststoffe) von der Flüssigkeit, und die Masse/das Volumen der Feststoffe wird bestimmt (19), während die Flüssigkeit zu dem Schlammtank (5) geleitet wird, wobei ebenfalls die Masse/das Volumen bestimmt wird (20). Alle Standardbohrparameter werden von einer Einrichtung (21) erfasst, was normalerweise Mud-Logging genannt wird. Parameter unten in dem Bohrloch werden von einer Einrichtung (24), die nahe des Bohrmeißels (2) angeordnet ist, erfasst. Die Masse/das Volumen des in dem Entgaser (13) getrennten Gases wird von einer Einrichtung (25) gemessen.

[0166] Das Bohrfluid wird mittels einer Pumpe (6) durch eine Einspeiseleitung (14) eingespeist, durch welche das Fluid in Kontakt gebracht wird mit Masseflussmessgerät (15), Fluidflussmessgerät (16), Druck- und Temperatursensoren (17). Alle Einrichtungen (7), (9), (10), (11), (15), (16), (17), (19), (20), (21), (24), (25) erfassen Daten als Signale, welche an das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18) geleitet werden. System (18) sendet ein Signal an die Druck-/Flusssteuereinrichtung (12), um diese zu öffnen oder zu schließen. Wann immer dies als erforderlich betrachtet wird, kann eine Pumpe (23) Fluid direkt in den Ringraum (3) durch eine zugeordnete Einspeiseleitung (22) über ein Masseflussmessgerät (28), Fluidflussmessgerät (28) und Druck- und Temperatursensoren (28) schicken. Um die Figur zu vereinfachen, sind diese drei Einrichtungen alle in einem Teil der Ausrüstung dargestellt. Die Einspeiseleitung kann als Teil des Standardzirkulationssystems eingegliedert sein oder auf andere Arten, wobei der Zweck ist, ein von der normalen Bohrzirkulation unabhängiges Mittel des Flusses in den Bohrkern zu bieten. Das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18) erfasst Daten von Einrichtung (28).

[0167] Eine weitere Ausführungsform des Systems aus [Fig. 4](#) ist in [Fig. 6](#) dargestellt. In diesem Fall ist es gewünscht, das leichte Bohrfluid und Gegendrücke zu kombinieren, so dass das äquivalente Bohrfluidgewicht über der Schlammleitung geringer ist als das äquivalente Fluidgewicht innerhalb des Bohrkerns. Um dies zu erreichen, werden wenigstens zwei Druck-/Flusssteuereinrichtungen (12) verwendet. Die Einrichtungen (12) können eine an dem Meeresboden und die andere an der Oberfläche oder an jedem anderen geeigneten Ort angebracht werden. Bei Verwendung eines leichten Fluids wird dieses auf die gleiche Art eingespeist und wiedergewonnen wie herkömmliches Fluid, das heißt, durch den Bohrstrang eingespeist und durch den Ringraum zurückgewonnen. In diesem Fall kann mehr als eine zugeordnete Einspeiseleitung (22) verwendet werden, jede mit einer Pumpe (23), um Fluid direkt zu dem Ringraum (3) durch ein Masseflussmessgerät (28), Fluidflussmessgerät (28) sowie Druck- und Temperatursensoren (28) zu schicken.

[0168] Gemäß dem Konzept der vorliegenden Erfindung, wie in den [Fig. 4–Fig. 6](#) dargestellt, leitet eine Druckeindämmungseinrichtung (26) das Bohrfluid ab und hält es unter Druck. Einrichtung (26) ist eine rotierende BOP und ist an der Oberfläche oder am Meeresboden angeordnet. Das Bohrfluid wird zu einem geschlossenen Rohr (27) und dann zu einem Oberflächensystem abgeleitet. Die Einrichtung (26) ist eine Standardausrüstung, welche kommerziell verfügbar ist oder aus bestehenden Gestaltungen leicht angepasst wurde.

[0169] Wie zuvor beschrieben, öffnet und schließt sich durch ein Signal, welches von Steuerungssystem (18) erhalten wird, die Druck-/Flusssteuereinrichtung (12), um ein Verringern oder Erhöhen des Gegendrucks an dem Bohrschachtkopf zu ermöglichen, so dass der Ausfluss wieder auf den von System (18) vorhergesagten Wert eingestellt werden kann. Zwei oder mehrere dieser Druck-/Flusssteuereinrichtungen (12) können parallel mit Isolierungsventilen installiert werden, um redundanten Betrieb zu ermöglichen. Einrichtungen (12) können stromabwärts der Druckeindämmungseinrichtung (26) an jedem geeigneten Punkt in dem Oberflächensystem angeordnet werden. Einige Oberflächensysteme können zwei oder mehrere solcher Einrichtungen (12) an unterschiedlichen Knoten eingliedern.

[0170] Ein entscheidender Aspekt des vorliegenden Verfahrens ist das genaue Messen der eingespeisten und rückgewonnenen Masse- und Fluidflussraten. Die Ausstattung, die zur Durchführung solcher Messungen verwendet wird, sind Masseflussmessgeräte (11, 15) und Fluidflussmessgeräte (10, 16). Die Ausstattung wird in den Einspeise-(14) und Rück-(27)fluidleitungen eingebaut. Diese Messgeräte können ebenfalls an dem Gasauslass (25) des Entgasers (13) oder irgendwo (20) an der Fluidleitung zwischen Schlammschüttler (4) und Tank (5) eingebaut werden. Sie können ebenfalls an der unabhängigen Einspeiseleitung (22) eingebaut werden. Die Masse- und Fluidflussmessgeräte sind kommerziell erhältliche Ausstattung. Multiphasenmessgeräte sind ebenfalls kommerziell verfügbar und können verwendet werden. Die Präzision dieser Ausrüstung ermöglicht genaues Messen, anschließende Steuerung und sichereres Bohren.

[0171] Um die Genauigkeit des Verfahrens weiter zu verbessern, kann die Masse-/Volumenrate des Bohrkleins von kommerziell verfügbarer Ausstattung (19) gemessen werden, um zu überprüfen, dass die Masse an Bohrklein, welche an der Oberfläche zurückerhalten wird, mit der Eindringrate und Bohrkerngeometrie korreliert. Diese Daten ermöglichen eine Korrektur der Masseflussdaten und ermöglichen eine Identifizierung von Problemereignissen.

[0172] Die Messungen von Masse- und Fluidflussraten liefern Daten, die gesammelt und zu einem zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18) geleitet werden.

[0173] Das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18) ist mit einer Software versehen, die ge-

staltet ist, um einen erwarteten Idealwert für den Ausfluss vorherzubestimmen, wobei dieser Wert auf Berechnungen basiert, die mehrere Parameter berücksichtigen, einschließlich, aber nicht darauf begrenzt, Eindringrate, Gesteins- und Bohrfluiddichte, Bohrschachtdurchmesser, Ein- und Ausflussraten, Bohrkleinrücklaufrate, Drücke und Temperaturen am Grund des Bohrlochs und am Bohrlochkopf.

[0174] Die Software vergleicht den vorhergesagten Idealwert mit dem tatsächlichen Rückflussratenwert wie von den Masseflussmessgeräten (**11**, **15**) und Fluidflussmessgeräten (**10**, **16**) gemessen. Wenn der Vergleich irgendeine Diskrepanz ergibt, sendet die Software automatisch einen Befehl an eine Druck-/Flusssteuereinrichtung (**12**), die gestaltet ist, um die Rückflussrate anzupassen, um die Rückflussrate auf den vorhergesagten Idealwert wieder einzustellen.

[0175] Die Software kann ebenfalls als Eingabe jegliche verfügbaren oder in der Entwicklung befindlichen oder möglicherweise zu entwickelnden Früherkennungsparameter empfangen. Solche Eingabe löst eine Kette von Untersuchungen möglicher Szenarien aus, das Prüfen von tatsächlichen anderen Parametern und jeglichem anderen Mittel (datenbasiert oder Software oder mathematisch), um sicherzustellen, dass ein Zufluss-/Verlustereignis aufgetreten ist. Die Software wird in solchen Fällen präventiv den Gegendruck anpassen, um das Ereignis sofort zu kontrollieren.

[0176] Die Software wird die Standarderkennung (Stand der Technik) durch das Früherkennungssystem der vorliegenden Erfindung nichtig machen und jeglichen Konflikt in Masse-/Masseflussanzeige kompensieren und filtern.

[0177] Die Software kann Filter, Datenbanken, historisches Lernen und/oder jegliche andere mathematische Verfahren, Fuzzylogik oder andere Softwaremittel aufweisen, um die Steuerung des Systems zu optimieren.

[0178] Die Druck-/Flusssteuereinrichtung (**12**), die zum Wiederherstellen des Idealfusses verwendet wird, ist kommerziell erhältliche Standardausrüstung oder wird speziell für die erforderlichen Zwecke gestaltet, gewählt entsprechend den Bohrschachtparametern wie Durchmesser der Rückleitung, Druck- und Flusserfordernissen.

[0179] Gemäß dem vorliegenden Verfahren werden die Flussraten in den Bohrkern hinein und aus diesem heraus gesteuert, und der Druck innerhalb des Bohrkerns wird von der Druck-/Flusssteuereinrichtung (**12**), die an der Rückleitung (**27**) oder weiter stromabwärts in dem Oberflächensystem eingebaut ist, angepasst.

[0180] Folglich ist, wenn das Bohrfluidvolumen, was aus dem Bohrkern zurückerhalten wird, steigt, nachdem alle möglichen Faktoren kompensiert wurden, dies ein Zeichen, dass ein Zufluss auftritt. In diesem Fall sollte der Oberflächendruck erhöht werden, um den Druck am Grund des Bohrlochs zu erhöhen, derart, dass der Reservoirdruck überwunden wird.

[0181] Andererseits bedeutet, wenn das zurückkehrende Fluidvolumen sinkt, nachdem alle möglichen Faktoren kompensiert wurden, dass der Druck innerhalb des Bohrkerns höher ist als der Bruchdruck des Gesteins oder dass die Dichtung des Bohrschlamms nicht wirksam ist. Dementsprechend ist es erforderlich, den Bohrkerndruck zu verringern, und die Verringerung findet statt, indem der Oberflächengegendruck ausreichend gesenkt wird, um normale Bedingungen wiederherzustellen.

[0182] Wenn ein Früherkennungssignal bestätigt wird, passt das Steuerungssystem (**18**) proaktiv den Gegendruck an, indem die Druck-/Flusssteuereinrichtung (**12**) geöffnet oder geschlossen wird, um dem auftretenden Ereignis zu entsprechen.

[0183] Dementsprechend handelt bei jeglichem unerwünschten Ereignis das System, um die Rate von Rückfluss und/oder Druck anzupassen, wodurch der Gegendruck erhöht oder verringert wird, wobei die gewünschte Bedingung erzeugt wird, unten in dem Bohrloch keinen Zufluss von der ungeschützten Formation oder keinen Fluidverlust an dieselbe ungeschützte Formation zu haben. Dies ist mit einer Rückmeldungsschleife verbunden, um stets die Reaktion auf jede Handlung zu beobachten, ebenso wie die notwendige Softwaregestaltung, und jegliches notwendige Entscheidungssystem, einschließlich, aber nicht darauf begrenzt, Datenbanken und Fuzzylogik-Filtern, um einen beständigen Betrieb sicherzustellen.

[0184] Eine weitere sehr bedeutende Einrichtung, die in dem Verfahren und dem System dieser Erfindung verwendet wird, ist die Druckeindämmausrüstung (**26**), um den Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt unter Druck fließend zu halten. Durch Steuern des Drucks innerhalb des Bohrschachts mit einer Druck-/Flusssteuereinrich-

tung (12) an der Rückleitung (27) kann der Druck am Grund des Bohrlochs schnell auf den gewünschten Wert angepasst werden, um so erkannte Verluste oder Zugewinne auszulöschen.

[0185] Durch Anordnen eines Drucksensors (24) an dem Boden des Strangs (1) und eines weiteren (9) an der Oberfläche können die Poren- und die Bruchdrücke der Formationen direkt bestimmt werden, was drastisch die Genauigkeit solcher Druckwerte verbessert.

[0186] Die Abschätzung der Poren- und Bruchdrücke gemäß dem Verfahren der Erfindung wird nach Mowing erbracht: wenn das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18) irgendeine Diskrepanz erkennt und eine Entscheidung trifft, die Druck-/Flusssteuereinrichtung (12) zu betätigen, ist dies ein Zeichen, dass entweder ein Fluidverlust oder Zufluss auftritt. Die Anmelderin hat folglich sichergestellt, dass, wenn es einen Fluidverlust gibt, dies bedeutet, dass der aufgezeichnete Druck am Grund des Bohrlochs äquivalent zu dem Bruchdruck der Formation ist.

[0187] Gegensätzlich dazu bedeutet dies, dass, wenn ein Zufluss erkannt wird, der aufgezeichnete Druck am Grund des Bohrlochs äquivalent zu dem Porendruck der Formation ist.

[0188] Des Weiteren können im Fall des Fehlens eines Drucksensors am Grund des Bohrlochs die Variablen Porendruck und Bruchdruck geschätzt werden. Folglich ist der Druck am Grund des Bohrlochs keine der aufgezeichneten Variablen, und nur der Bohrschachtkopf- oder Oberflächendruck ist die erfasste Druckvariable. Der Porendruck und der Bruchdruck können dann indirekt geschätzt werden, indem zu dem erhaltenen Wert die hydrostatische Wassersäule und Reibungsverluste innerhalb des Bohrkerns zu dem erhaltenen Wert hinzuzaddiert werden.

[0189] Die Software, die zu dem zentralen Daten- und Steuerungssystem (18) gehört, würde alle notwendigen Algorithmen, empirischen Korrelationen oder anderen Verfahren beinhalten, um ein genaues Abschätzen der hydrostatischen Wassersäule und Reibungsverluste einschließlich jeglicher vorübergehender Wirkungen wie, aber nicht darauf begrenzt, ein sich änderndes Temperaturprofil entlang dem Bohrkern, zu ermöglichen.

[0190] Eine Zirkulationsnebenleitung, die aus einer Pumpe (23) und einer zugeordneten Einspeiseleitung (22) zu dem Bohrkern-Ringraum besteht, ermöglicht es, einen konstanten Druck unten in dem Bohrloch zu halten, während die Zirkulation stoppt, und kontinuierlich jegliche Änderungen in der Massenbilanz zu erkennen, welche auf einen Zufluss oder Verlust während des Zirkulationsstopps hinweisen.

[0191] Durch Verwenden des Verfahrens und des Systems der Erfindung werden Fehler durch Abschätzen des erforderlichen Schlammgewichts basierend auf statischen Bedingungen vermieden, da die Messungen unter den gleichen dynamischen Bedingungen durchgeführt werden wie jene, wenn die tatsächlichen Ereignisse auftreten.

[0192] Dieses Verfahren macht es ebenfalls möglich, die Schlammichte mit einem Wert zu betreiben, der nur wenig niedriger ist als jener, der erforderlich ist, um den Formationsdruck auszugleichen, und den Gegendruck auf den Bohrschacht zu verwenden, um eine sehr steuerbare ECD an dem Grund des Bohrlochs einzusetzen, welche über die Flexibilität verfügt, unmittelbar nach oben oder unten angepasst zu werden. Dies ist das bevorzugte Verfahren in Bohrschächten mit sehr engen Porendruck-/Bruchdruckspannen, wie sie in einigen Bohrszenarien auftreten.

[0193] In diesem Fall wird einer der in Tabelle 1 erwähnten Parameter negiert, was der Vorteil davon ist, über drei Sicherheitsbarrieren zu verfügen. Jedoch führt die gegenwärtige technische Grenze für einige Bohrschächte in ultratiefem Wasser auf Grund der engen Spanne beim Bohren mit dem Verfahren gemäß dem Stand der Technik zu einer Folge von Fluideinflüssen/-verlusten auf Grund der Ungenauigkeiten in dem manuellen Steuern der Schlammichte und nachfolgend der ECD wie oben beschrieben, was zu einem Verlust der Kontrolle der Bohrsituation führen kann und ein Verlassen solcher Bohrschächte auf Grund von Sicherheitsrisiken und technischer Unfähigkeit, die Situation wiederherzustellen, zur Folge hatte.

[0194] Jedoch ermöglicht das Verfahren der Erfindung, indem ein sofortiges Schlammgewicht-Steuerungsfenster erzeugt wird, dass die ECD gesteuert wird, indem der Gegendruck erhöht oder verringert wird, was durch die Positionierung der Druck-/Flusssteuereinrichtung gesteuert wird, um die Bedingungen zu erzeugen, um innerhalb der engen Spanne zu bleiben. Dies hat die technische Fähigkeit zur Folge, Bohrschächte in sehr ungünstigen Bedingungen wie einem engen Schlammgewichtsfenster zu bohren unter vollständiger Kontrolle durch die daraus resultierenden Verbesserung der Sicherheit, da sich der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt un-

ter stabilen Zirkulationsbedingungen befindet, wobei weiter zwei Grenzen beibehalten werden, und zwar die BOP (Blow-Out-Preventer) und die Druckeindämmungseinrichtung.

[0195] Das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18) hat einen Direktausgang zum Betätigen der Druck-/Flusssteuereinrichtung(en) (12) stromabwärts des Bohrschachtkopfes, wobei der Ausfluss des Bohrschachts geöffnet und geschlossen wird, um den erwarteten Wert wiederherzustellen. An diesem Punkt wird, wenn eine Handlung erforderlich ist, der Druck am Grund des Bohrlochs aufgezeichnet und mit dem Poren- oder dem Bruchdruck in Verbindung gesetzt, ob jeweils ein Zugewinn oder Verlust beobachtet wird.

[0196] In dem Fall, dass ein Gaszufluss auftritt, wird die Zirkulation des Gases aus dem Bohrschacht hinaus sofort bewirkt. Durch Schließen der Druck-/Flusssteuereinrichtung (12), um das Gleichgewicht von Fluss und vorbestimmtem Wert wiederherzustellen, nimmt der Druck am Grund des Bohrlochs wieder einen Wert an, der jeglichen weiteren Zufluss vermeidet. An diesem Punkt kann kein weiteres Gas in den Bohrschacht eindringen, und das Problem ist darauf begrenzt, die geringe Menge an Gas, die in den Bohrschacht eingedrungen sein kann, hinauszuzirkulieren. Da der Bohrschacht, der gebohrt wird, zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, besteht kein Erfordernis, die Zirkulation zu stoppen, zu prüfen, ob der Bohrschacht fließt, die BOP einzuschließen, die Drücke zu messen, das Schlammgewicht anzupassen und dann den Kick aus dem Bohrschacht hinauszuzirkulieren wie bei Standardverfahren. Der Massefluss zusammen mit den Flussratenmessungen liefert eine sehr wirksame und schnelle Art, einen Zufluss von Gas zu erkennen. Ebenfalls kann das vollständige Entfernen des Gases aus dem Bohrschacht leicht durch die Kombination aus Massefluss und Flussraten in den Bohrschacht hinein und aus diesem heraus bestimmt werden.

[0197] Ebenfalls ermöglicht das Einbauen von Früherkennungseinrichtungen für Zufluss/Verlust, was präventiv in dem Öffnen oder Schließen der Druck-/Flusssteuereinrichtung (12) resultieren kann, als Teil des Systems eine proaktive Reaktion auf Zufluss/Verluste, die durch Systeme gemäß dem Stand der Technik nicht erreicht werden kann.

[0198] Die Funktion der rotierenden Druckeindämmungseinrichtung (26) ist es, dem Bohrstrang (1) zu ermöglichen, durch diese hindurchzugehen und zu drehen, wenn eine rotierende Bohrtätigkeit durchgeführt wird. Dementsprechend wird der Bohrstrang (1) durch die rotierende Druckeindämmungseinrichtung entfernt; der Ringraum zwischen der Außenseite des Bohrrohrs und der Innenseite des Bohrkerns/Gehäuses/Steigrohrs ist durch diese Ausstattung geschlossen. Die rotierende Druckeindämmungseinrichtung (26) kann durch eine vereinfachte Druckeindämmungseinrichtung wie zum Beispiel dem Stripper oder den Strippern (eine Art BOP, die gestaltet ist, um ein ununterbrochenes Durchlaufen von nicht verbundenem Rohr zu ermöglichen) bei Rohrwendel-Vorgängen ersetzt werden. Der Rückfluss des Bohrfluids wird dementsprechend zu einem geschlossenen Rohr (27) zu der Oberflächenbehandlungsbaugruppe abgeleitet. Die Oberflächenbaugruppe sollte aus wenigstens einem Entgaser (13) und Schlammstüttler (4) zum Trennen von Feststoffen zusammengesetzt sein. Auf diese Weise können Zuflüsse automatisch gehandhabt werden.

[0199] Das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18) erhält alle diese Signale an unterschiedlichen Bohrparametern, einschließlich, aber nicht darauf begrenzt, Einspeise- und Rückflussraten, Einspeise- und Rück-Masseflussraten, Gegendruck an der Oberfläche, Druck unten im Bohrloch, Bohrkleinmasseraten, Eindringrate, Schlammichte, Gesteinslithologie und Bohrkerndurchmesser. Es ist nicht erforderlich, alle diese Parameter mit dem hier offenbarten Bohrverfahren zu verwenden.

[0200] Das zentrale Datenerfassungs- und Kontrollsystem (18) verarbeitet die erhaltenen Signale und sucht nach Abweichungen von dem erwarteten Verhalten. Wenn eine Abweichung erkannt wird, betätigt das zentrale Datenerfassungs- und Kontrollsystem (18) die Druck-/Flusssteuereinrichtung (12), um den Gegendruck an der Rückleitung (27) anzupassen. Dies ist verbunden mit einer Rückkopplungsschleife, um die Reaktion auf jede Tätigkeit konstant zu beobachten, sowie der notwendigen Softwaregestaltung und jeglichem erforderlichen Entscheidungssystem, einschließlich, aber nicht darauf begrenzt, Datenbanken und Fuzzylogik-Filter, um einen beständigen Betrieb sicherzustellen.

[0201] Obwohl einige Früherkennungsmittel beschrieben wurden, wird darauf hingewiesen, dass das vorliegende Verfahren und System nicht auf die beschriebenen Artikel begrenzt ist. Folglich kann ein Zufluss durch andere Mittel erkannt werden, einschließlich, aber nicht darauf begrenzt, Temperatureffekte unten in dem Bohrloch, Kohlenwasserstofferkennung unten in dem Bohrloch, Druckänderungen, Druckpulse; wobei das System präventiv den Gegendruck auf den Bohrkern basierend auf Zufluss- oder Verlustanzeige vor Erkennung durch das Oberflächensystem anpasst.

[0202] Das Bohren des Bohrschachts wird durchgeführt, wobei die rotierende Druckeindämmungseinrichtung (26) gegen den Bohrstrang geschlossen ist. Wenn eine Abweichung außerhalb der vorhergesagten Werte von Rückfluss- und Masseflussraten beobachtet wird, sendet das Steuerungssystem (18) ein Signal, entweder den Fluss zu öffnen, wodurch der Gegendruck reduziert wird, oder den Fluss einzugrenzen, wodurch der Gegendruck erhöht wird.

[0203] Diese Abweichung kann ebenfalls ein Signal von einer Früherkennungseinrichtung sein.

[0204] Die erste Option (Flussöffnung) wird in dem Fall angewendet, dass ein Fluidverlust erkannt wird, und die zweite (Flussdrosselung), wenn ein Fluidzugewinn beobachtet wird. Die Änderungen in dem Fluss werden in den zuvor beschriebenen Schritten durchgeführt. Diese Schrittänderungen können angepasst werden, wenn der Bohrschacht gebohrt wird und die wirksamen Poren- und Bruchdrücke bestimmt werden.

[0205] Der gesamte Bohrvorgang wird kontinuierlich beobachtet, derart, dass eine Umschaltung auf manuelle Steuerung vollzogen werden kann, wenn etwas falsch läuft. Jegliche Anpassungen und Modifikationen können ebenfalls vollzogen werden, während das Bohren fortschreitet. Wenn gewünscht, kann sogar ein Wiederherstellen des Bohrverfahrens gemäß dem Stand der Technik leicht geschehen, indem die rotierende Druckeindämmungseinrichtung (26) gegen den Bohrstrang (1) nicht weiter verwendet wird, was ermöglicht, dass der Ringraum gegenüber der Atmosphäre geöffnet ist.

[0206] Ein Blockdiagramm des in der vorliegenden Erfindung beschriebenen Verfahrens ist in [Fig. 7](#) dargestellt.

[0207] Tatsächlich beinhaltet das vorliegende System und Verfahren zahlreiche Variationen und Modifikationen innerhalb seines Schutzbereichs und kann als solches auf alle Arten von Bohrschächten, an Land sowie auf offener See, angewendet werden, und die Anordnung und Verteilung der Ausrüstung kann gemäß dem Bohrschacht, den Risiken, der Anwendung und den Einschränkungen des einzelnen Falls variieren.

BEISPIELE

[0208] Die Erfindung wird nun auf nicht begrenzende Weise unter Bezugnahme auf die folgenden Beispiele und Zeichnungsfiguren dargestellt.

BEISPIEL 1 – Identifizieren und Steuern von Zufluss oder Fluidverlust

[0209] Für gewöhnlich sind, in Verfahren und Systemen gemäß dem Stand der Technik, indirektes Abschätzen vor dem Bohren, basierend auf Korrelationen von Logs, oder während des Bohrens unter Verwendung von Bohrparametern die besten Alternativen, um den Porendruck zu bestimmen. Gleichermaßen wird der Bruchdruck ebenfalls indirekt aus Logs vor dem Bohren geschätzt. In einigen Situationen wird der Bruchdruck nicht entlang des gesamten Bohrschachts, sondern an bestimmten Punkten während des Bohrens bestimmt, für gewöhnlich, wenn ein Rohrschuh gesetzt wird.

[0210] Vorteilhafterweise können, wenn das Verfahren und das System der Erfindung verwendet werden, der Poren- und der Bruchdruck direkt während des Bohrens des Schachts bestimmt werden. Das führt zu großen Ersparnissen hinsichtlich Sicherheit und Zeit, zwei Parameter von äußerster Bedeutung bei Bohrvorgängen.

[0211] In Verfahren gemäß dem Stand der Technik wird der Druck am Grund des Bohrlochs angepasst durch Erhöhen oder Verringern des Schlammgewichts. Diese Erhöhung oder Verringerung des Schlammgewichts wird die meiste Zeit durchgeführt basierend auf quasiempirischen Verfahren, was per Definition Ungenauigkeiten beinhaltet, welche gehandhabt werden durch einen iterativen Prozess von: – Anpassen des Schlammgewichts, Messen des Schlammgewichts – wobei dieser Vorgang wiederholt wird, bis der gewünschte Wert erreicht ist. Um die Sache weiter zu komplizieren, müssen, auf Grund von Zeitverzögerungen, die durch die Zirkulationszeit (d.h., Zeit für eine volle Schleifenbewegung einer Elementeinheit Schlamm) verursacht werden, die Anpassungen stufenweise durchgeführt werden, zum Beispiel, um schnell einen Zufluss einzudämmen, wird ein Schlamm höherer Dichte in das System eingeführt, um eine Erhöhung der ECD (Equivalent Circulating Density, Äquivalente Umlaufdichte) zu erzeugen. An dem Punkt, wo eine zusätzliche hydrostatische Wassersäule dieses Schlammes höherer Dichte verbunden mit der hydrostatischen Wassersäule von Schlamm geringerer Dichte, welcher anfänglich in der Zirkulation ist, sich dem Punkt nähert, ausreichend zu sein, den Zufluss einzudämmen, muss eine weitere Änderung in der Dichte des Schlammes durchgeführt werden, um die ECD nicht zu dem Punkt zu erhöhen, an dem Verluste erzeugt werden. Dies wird weiter kompliziert durch die Tat-

sache, dass solche Anpassungen der Dichte die Rheologie (Viskosität, Fließpunkt etc.) des Schlammsystems beeinflussen, was zu Änderungen in der Reibungskomponente führt, was wiederum eine direkte Wirkung auf die ECD hat. So ist in der Praxis das Anpassen des Schlammgewichts nicht immer erfolgreich dabei, das gewünschte Gleichgewicht der Fluidzirkulation in dem System wiederherzustellen. Ungenauigkeit kann, abhängig von ihrem Ausmaß, zu gefährlichen Situationen wie beispielsweise Ausbrüchen führen.

[0212] Gegenteilig dazu ermöglichen das Verfahren und das System der Erfindung ein genaues Anpassen der Erhöhung oder Verringerung des Drucks am Grund des Bohrlochs. Indem die Druck-/Flusssteuereinrichtung (12) verwendet wird, um das Gleichgewicht und die Drücke innerhalb des Bohrkerns wiederherzustellen, kann die Anpassung wesentlich schneller erreicht werden, was die gefährlichen Situationen bekannter Verfahren vermeidet.

[0213] Es ist ebenfalls möglich, indem mehr als zwei Druck-/Flusssteuereinrichtungen und ein leichtes Bohrfeld verwendet werden, dass das äquivalente Bohrfeldgewicht über der Schlammleitung niedriger festgelegt wird als das äquivalente Fluidgewicht innerhalb des Bohrkerns, was einen Dual-Density-Gradienten erzeugt, welcher in einigen Situationen absolut notwendig ist, um die Ziele des Bohrschachts zu erreichen.

[0214] Es sollte ebenfalls darauf hingewiesen werden, dass in Verfahren gemäß dem Stand der Technik die erforderlichen Drücke am Grund des Bohrlochs, die benötigt werden, um das Gleichgewicht wiederherzustellen, unter statischen Bedingungen geschätzt werden, da diese Bestimmungen ohne Fluidzirkulation durchgeführt werden. Jedoch sind Zuflüsse oder Fluidverluste Ereignisse, die unter dynamischen Bedingungen auftreten. Dies impliziert noch mehr Fehler und Ungenauigkeiten.

[0215] [Fig. 8](#) ist ein Ablaufdiagramm, welches das Bohrverfahren der Erfindung auf schematische Weise darstellt, mit dem Entscheidungsfindungsvorgang, welcher einen Zufluss oder Verlust identifiziert und/oder zu dem Wiederherstellen des vorhergesagten Flusses, wie von dem zentralen Datenerfassungs- und Kontrollsystem bestimmt, führt. Eine weitere Entscheidungsfindungsschleife ist bei "Diskrepanz" eingebunden und wendet Szenarien auf die beobachtete Diskrepanz an, wie beispielsweise Sensorstörung, Fluidverlust an dem Schüttler mit Änderungen der Formation, ECD-Zugewinn, eine Fluidadditionsrate, die die programmierte Rate für einen vorhergesagten Fluidfluss überschreitet, und Ähnliches. Wenn herausgefunden wird, dass die Diskrepanz durch ein solches Szenario verursacht wird, erzeugt das System einen Sensoralarm oder stellt einen Störungs- oder Störsteuerungsparameter wieder richtig oder setzt vorhergesagte Werte auf den abweichenden Parameter zurück. Wenn herausgefunden wird, dass die Diskrepanz nicht von einem solchen Szenario verursacht wird, wird es als Zufluss oder Fluidverlust identifiziert.

[0216] Eine weitere Entscheidungsfindungsschleife wird dann bei "Fluidverlust" und "Fluidzugewinn" eingebaut und wendet Verlust- oder Zugewinnereignisse auf die beobachtete Diskrepanz an, um die Natur des Fluids zu identifizieren, wobei, durch Anwenden des Massenerhaltungsgesetzes, der Zufluss oder Verlust vollständig charakterisiert werden kann durch Menge und Ort(e) und die Änderung im berechneten Gegendruck, um das Zufluss- oder Verlustereignis einzudämmen.

[0217] Tabelle A stellt einen solchen Entscheidungsfindungsvorgang dar, der angewendet wird, nachdem ein Zufluss oder Fluidverlust identifiziert wird, entweder durch ein herkömmliches Verfahren wie beispielsweise Temperatureffekte unten im Bohrloch, Kohlenwasserstofferkennung, Änderung im Druck, Druckpuls und Ähnliches, oder durch das Verfahren der Erfindung, welches vorhergesagten und tatsächlichen Ausfluss vergleicht.

TABELLE A

Diskrepanz	Ereignis	Regulieren des Fluid-aus-Werts und erneutes Vergleichen - Diskrepanz bleibt?
Erhöhung in Ausfluss	Fluid ist Gas, dehnt sich aus	ja - Zurückgehen zu Ereignis
	Fluid ist Wasser, keine Ausdehnung	ja - Zurückgehen zu Ereignis
	Fluid ist Öl, Gas ist in Öl löslich	nein - Ereignis identifiziert, Berechnen des erforderlichen Gegendrucks

[0218] In [Fig. 9](#) ist die vorhergesagte ECD über die Zeit gegenüber dem tatsächlichen Wert dargestellt. Bei A wird eine Diskrepanz beobachtet, welche bei B eingedämmt ist und bei C herauszirkuliert wird. Eindämmen des Zuflusses tritt nach Zuflussereignisanalyse auf, um die Natur des Fluids zu identifizieren, woraufhin Ort und Menge des Zuflusses bestimmt werden. Im Falle eines löslichen Fluidzuflusses, dargestellt durch die gepunktete Linie, steigt der Zufluss an, wenn er den Bohrschacht hinaufsteigt, und das Herauszirkulieren ist nur vollständig, wenn die Löslichkeit in einer zweiten Zuflussereignisanalyse bei D identifiziert ist. Eine Kontrollschleife prüft kontinuierlich vorhergesagte und tatsächliche ECD-Werte und überarbeitet die Anpassung, die erforderlich ist, um die vorhergesagte ECD wiederherzustellen, oder legt in dem Fall einer Änderung in der Formation oder Ähnlichem eine neue vorhergesagte ECD fest. Es wird dementsprechend offensichtlich, dass in einigen Fällen der Zufluss oder Verlust eingedämmt ist und neue ECD-Pegel festgesetzt werden. In einigen Fällen ist die Diskrepanz nicht tatsächlich ein Zufluss oder Verlust, sondern eine Formationsänderung, wobei die vorhergesagten Werte nicht wirksam sind und ein Parameter in Bezug auf den Bohrschacht sich geändert hat, und eine Überarbeitung der vorhergesagten Werte ist notwendig. Dies ist bei E dargestellt.

BEISPIEL 2 – Vergleich mit herkömmlichen Verfahren

[0219] Es wurde bereits erwähnt, dass in den herkömmlichen Bohrverfahren der von der Schlammsäule ausgeübte hydrostatische Druck verantwortlich dafür ist, die Reservoirfluide daran zu hindern, in den Bohrschacht einzufließen. Dies wird eine erste Sicherheitsbarriere genannt. Alle Bohrvorgänge sollten zwei Sicherheitsbarrieren aufweisen, wobei die zweite für gewöhnlich die Blow-Out-Preventer-Einrichtung ist, welche geschlossen werden kann, falls ein Zufluss auftritt. Das hier beschriebene Bohrverfahren und -system führt zum ersten Mal drei Sicherheitsbarrieren während des Bohrens ein, wobei diese das Bohrfluid, die Blow-Out-Preventer-Ausstattung und die rotierende Druckeindämmungseinrichtung sind.

[0220] In Vorgängen des Underbalanced Drilling (UBD) sind nur zwei Barrieren vorhanden, die rotierende Druckeindämmungseinrichtung und der Blow-Out-Preventer, da das Bohrfluid innerhalb des Bohrkerns einen Druck am Grund des Bohrlochs ausüben muss, der kleiner ist als der Druck des Reservoirs, um eine Produktion während des Bohrens zu ermöglichen.

[0221] Wie bereits zuvor erwähnt, gibt es drei weitere Hauptverfahren des Bohrens mit geschlossenem System, welche als Underbalanced Drilling (UBD), Mud-Cap Drilling und Air Drilling bekannt sind. Alle drei Verfahren verfügen über beschränkte Betriebsszenarien, die auf kleine Abschnitte des Bohrkerns anwendbar sind, wobei Mud-Cap Drilling und Air Drilling nur unter sehr spezifischen Bedingungen verwendbar sind, wohingegen das hier beschriebene Verfahren auf die gesamte Länge des Bohrkerns anwendbar ist.

[0222] Die unten stehende TABELLE 1 zeigt die Schlüsselunterschiede unter den herkömmlichen Bohrsystemen (herkömmlich.), die mit dem Underbalanced Drilling System (UBD) und dem hier offenbarten Bohrverfahren verglichen werden. Es ist ersichtlich, dass die Schlüsselpunkte, die durch die vorliegende Erfindung angesprochen werden, weder von den traditionellen herkömmlichen Bohrsystemen noch durch das aktuell von der Industrie verwendete Underbalanced-Drilling-Verfahren abgedeckt oder bedacht werden.

TABELLE 1

Merkmal	UBD	herkömml.	Erfindung
Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen	Ja	Nein	Ja
Produktion von Reservoirfluiden während des Bohrens	Ja	Nein	Nein
Flussraten hinein und hinaus gemessen	Ja	Ja	Ja
Massefluss hinein gemessen	Nein	Nein	Ja
Massefluss hinaus gemessen	Ja	Nein	Ja
Vorhersage von erwartetem Ausfluss	Nein	Nein	Ja
Druck-/ Flusssteuereinrichtung an der Rückleitung	Ja	Nein	Ja
Rückfluss automatisch entsprechend der Massenbilanz angepasst	Nein	Nein	Ja
Entgasereinrichtung an der Rückleitung	Ja	Nein	Ja
Genau und schnelle Kick-Erkennung	N/A	Nein	Ja
Erkennen von Kick/ Verlust in Echtzeit ¹ während des Bohrens	Nein	Nein	Ja

Merkmal	UBD	herkömml.	Erfindung
Eingabe von Früherkennung des Kicks/ Verlusts kann sofort verwendet werden	N/A	Nein	Ja
Druck am Grund des Bohrlochs sofort ² von Oberfläche aus mit geringer Tätigkeit angepasst	Nein	Nein	Ja
Drei Sicherheitsbarrieren während des Bohrens	Nein	Nein	Ja
Genau Bestimmung des Poren- und Bruchdrucks während des Bohrens	Nein	Nein	Ja
Konstanter Druck am Grund des Bohrlochs kann während Verbindungen und Leistungseinbrüchen gehalten werden	Nein	Nein	Ja
Sofortige Kontrolle des Bohrschachts im Falle eines Kicks	N/A	Nein	Ja
Kann zum Bohren des gesamten Bohrschachts verwendet werden	Nein	Ja	Ja
Kann zum sicheren Bohren innerhalb einer engen Spanne Poren-/ Bruchdruck verwendet werden	Nein	Nein	Ja
N/A = nicht anwendbar			

¹ – Echtzeit ist die Bestimmung des Poren- und Bruchdrucks in dem Moment, in dem der Zufluss oder der Fluidverlust auftritt und nicht durch Berechnen nach einer Zeitspanne.

² – Bei dem Fall des Underbalanced Drilling wird hier ein Zwei-Phasen-Fluss, die häufigste Anwendung dieser Art Bohrsystem, berücksichtigt.

[0223] Das vorliegende Verfahren ist auf den gesamten Bohrkern von dem ersten Gehäusestrang mit einer BOP-Verbindung anwendbar und auf jede Art von Bohrschacht (Gas, Öl oder geothermisch) und auf jegliche Umgebung (Land, auf offener See, in tiefer See, in sehr tiefer See). Es kann für jegliche Anlage oder Bohr-

anordnung implementiert und angepasst werden, bei welchen das herkömmliche Verfahren angewendet wird, mit sehr wenigen Ausnahmen und Beschränkungen.

[0224] Des Weiteren ist das offenbarte Bohrverfahren mit geschlossenem Kreislauf, in Kombination mit dem Einspeisen von leichten Fluiden, um Dual-Density-Gradient-Bohren zu erzeugen, durch die in der nachfolgenden TABELLE 2 aufgelisteten Merkmale von den Mud-Lift-Systemen gemäß dem Stand der Technik zu unterscheiden.

TABELLE 2

Merkmal	Erfindung	Dual-Density Stand der Technik
Standort der Ausrüstung	Oberfläche, ausgenommen RBOP und Mengenregler	Schlammleitung
Betriebsvorgänge	Einfach	Komplex
Bohrschachtkontrolle	Standard	Vollkommen neu
Potential für Versagen	Gering	Hoch
Zeit/ Bedingungen für Reparatur	Schnell und preiswert	Sehr teuer
Rücksetzen auf herkömmliches Bohrverfahren	Schnell und sofort	Nicht einfach

[0225] Es wird darauf hingewiesen, dass die Art der Erfindung, bei welcher herkömmliches Bohrfluid und wenigstens zwei Druck-/Flusssteuereinrichtungen verwendet werden, um Gegendruck anzuwenden, gleichermaßen in der Lage ist, den Dual-Density-Gradient-Effekt zu erzeugen. Dies ist jedoch nur für spezifische Druckprofile nützlich, wobei Tiefseestandorte ausgeschlossen sind, wo die Bruchgradienten niedrig sind.

[0226] Folglich kann das vorliegende Verfahren INTELLIGENT SAFE DRILLING (intelligentes sicheres Bohren) genannt werden, da die Reaktion auf Zufluss oder Verluste fast sofort stattfindet und so sanft durchgeführt wird, dass das Bohren fortgesetzt werden kann ohne jede Unterbrechung in dem normalen Ablauf, was ein ungewöhnliches und unbekanntes Merkmal in der Technik darstellt.

[0227] Somit ermöglicht das vorliegende System und Verfahren zum Bohren:

- i) Genaue und schnelle Bestimmung von jeglichem Unterschied zwischen dem Ein- und Ausfluss, Erkennen jeglichen Fluidverlustes oder Zuflusses;
- ii) Leichte und schnelle Steuerung des Zuflusses oder von Verlusten;
- iii) Starker Anstieg der Sicherheit von Bohrvorgängen in schwierigen Umgebungen, wie beispielsweise beim Bohren bei enger Spanne zwischen Poren- und Bruchdrücken;
- iv) Starke Erhöhung der Sicherheit von Bohrvorgängen beim Bohren an Orten mit Unbestimmtheit des Porendrucks, wie beispielsweise Explorationsbohrschächten;
- v) Starker Anstieg der Sicherheit von Bohrvorgängen beim Bohren an Orten mit hohem Porendruck;
- vi) Einfacher Wechsel zu Underbalanced Drilling oder herkömmlichen Bohrarten;
- vii) Bohren mit minimalem Übergleichgewicht, was die Produktivität des Bohrschachts erhöht, was die Eindringrate erhöht und somit die Gesamtbohrzeit reduziert;
- viii) Direkte Bestimmung sowohl der Poren- als auch der Bruchdrücke;
- ix) Große Zeitersparnisse und folglich gesparte Kosten, ausgegeben für das Beschweren (steigende Dichte) und Verdünnen (sinkende Dichte) von Schlammsystemen;
- x) Starke Reduzierung der Kosten von Bohrschächten durch Reduzierung der Anzahl notwendiger Gehäusestränge;
- xi) Wesentliche Reduzierung der Kosten von Bohrschächten, indem wesentlich die Zeit reduziert oder komplett ausgeschaltet wird, die mit Problemen des differentialen Verstopfens oder verlorener Zirkulation verbracht wird;
- xii) Wesentliches Reduzieren des Risikos von Untergrundausrüchen;
- xiii) Wesentliche Reduzierung des Risikos für das Personal im Vergleich zu herkömmlichem Bohren auf Grund der Tatsache, dass der Bohrkern zu jedem Zeitpunkt geschlossen ist, z. B. Ausgesetztsein gegenü-

ber schwefelhaltigen Gas;

xiv) Wesentliche Kostenreduzierung auf Grund des Senkens der an die Formationen verlorenen Mengen an Schlamm;

xv) Wesentliche Verbesserung in der Produktivität von Produzierungshorizonten durch Reduzierung des Fluidverlusts und sich daraus ergebender Durchlässigkeitsreduzierung (Schaden);

xvi) Wesentliche Verbesserung des Explorationserfolgs, da die Fluidinvasion durch übergewichteten Schlamm begrenzt wird. Solche Fluidinvasion kann die Gegenwart von Kohlenwasserstoffen während des Bewertens durch elektrische Logs maskieren;

xv) Schächte zu bohren in ultratiefem Wasser, welche mit herkömmlichen Verfahren gemäß dem Stand der Technik die technische Grenze erreichen;

xvi) Ultratiefe Bohrschächte an Land und auf offener See ökonomisch zu bohren, indem die Reichweite von Gehäusesträngen erhöht wird.

BEISPIEL 3 – Gestaltung von Modulen

[0228] Für einen Bohrschacht Bestimmen von Anzahl und Ort von erforderlichen Druck-/Flusssteuereinrichtungen (Mengenregler) und erforderlichem Betriebsdruckbereich. Ladegestell, welches zum Beispiel 3 parallele Einspeiseleitungen jeweils mit Sensoren aufweist, und ein herkömmlicher Entgaser ist für z.B. 5000 psi bei 3 Mengenreglern oder größerer Drucktoleranz bei 10 Mengenreglern etc. gestaltet. Das Ladegestell kann in jedem herkömmlichen System einfach eingebaut werden. Ein weiteres Ladegestell kann einen oder mehrere Mengenregler mit einer Nebenleitung zur Anpassung aufweisen. Ein weiteres Ladegestell kann ein zugeordnetes Zirkulationssystem zum Einspeisen direkt in den Ringraum aufweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Bohrschachts während des Bohrens mit einem Bohrstrang (1), durch den eine Bohrflüssigkeit zirkuliert wird, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen gehalten wird, wobei das Verfahren in Bezug auf ein System, das aufweist

a) eine Druckeindämmungseinrichtung (26) am Bohrloch;

c) Mittel (10, 11, 15, 16) zum Messen der Masse- und/oder Fluidflussrate an den Zulauf- und Ablaufströmen;

e) mindestens einen Drucksensor (17, 28) zum Erhalten von Drucksignalen;

f) optional mindestens einen Temperatursensor (17, 28) zum Erhalten von Temperatursignalen;

g) ein zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18);

die Schritte aufweist

h) Einspeisen von Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung, durch die das Fluid in Kontakt gebracht wird mit den Masse- und/oder Fluidflussmessern und dem Drucksensor, und Wiedergewinnen des Bohrfluids durch eine Rückleitung;

i) Sammeln des Bohrkleins an der Oberfläche;

j) Messen des Masse- und/oder Fluidflusses in den und aus dem Bohrschacht und Sammeln von Masse- und/oder Fluidflusssignalen;

l) Messen des Drucks des Fluids und Sammeln von Drucksignalen;

m) Zuführen aller gesammelter Signale von unterschiedlichen Bohrparametern zum zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem;

n) Berücksichtigen zu jedem Zeitpunkt eines vorhergesagten Signals durch die Software des zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems

dadurch gekennzeichnet, dass das System zusätzlich aufweist

b) eine Druck-/Flusssteuereinrichtung (12) am Ablaufstrom zum Steuern des Flusses aus dem Bohrschacht und zum Erhalten eines Gegendrucks auf den Bohrschacht;

und dass das Verfahren zusätzlich aufweist

o) Vergleichenlassen und Überprüfen auf eine Diskrepanz der tatsächlichen und der vorhergesagten Signale; wobei das Verfahren und die Software nach dem Prinzip der Erhaltung von Masse oder Volumen vorgehen, um den Unterschied in Masse oder Volumen, die/das in den Bohrschacht eingespeist und daraus wiedergewonnen wird, zu bestimmen, und kompensieren von Faktoren einschließlich einer Erhöhung des Lochvolumens, einem Zurückkommen von zusätzlicher Gesteinsmasse als ein Anzeichen der Natur des im Bohrloch stattfindenden Fluid-Ereignisses;

wobei die Software ebenfalls, wenn der Vergleich irgendeine Diskrepanz ergibt, als Eingabe jegliche Früherkennungsparameter empfängt, wobei die Eingabe eine Kette von Untersuchungen möglicher Szenarien auslöst, um festzustellen, dass ein Zufluss-/Verlustereignis stattgefunden hat;

und wobei die Diskrepanz in einen Wert zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und zum Wiederherstellen des vorhergesagten Signalwertes umgewandelt wird, und

p) im Falle einer Diskrepanz, Sendenlassen eines Signals durch das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und zum Wiederherstellen des vorhergesagten Signalwertes ohne Unterbrechung des Bohrvorgangs.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein vorhergesagtes und tatsächliches Signal der vorhergesagte und tatsächliche Fluss aus dem Bohrschacht oder der vorhergesagte und tatsächliche Druck im Bohrschacht oder die vorhergesagte und tatsächliche ECD oder eine Kombination daraus ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 in Bezug auf das System, das aufweist e) mindestens einen Temperatursensor zum Messen der Temperatur, wobei das Verfahren zusätzlich aufweist bei Schritt l) Messen der Temperatur des Fluid und Sammeln von Temperatursignalen und bei Schritt m) Zuführen der Temperatursignale zum zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem, wobei das Verfahren zusätzlich Änderungen der Kompressibilität kompensiert als Anzeichen des im Bohrloch stattfindenden Fluidereignisses.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 3, das zusätzlich ein Verfahren ist zur Bestimmung in Echtzeit des Porendrucks oder Bruchdrucks eines Bohrschachts mittels eines directen Auslesens von Parametern, die sich auf Fluidzufluss bzw. -verlust beziehen, oder zum Erkennen eines kontrollierten Zuflusses und zum Entnehmen von Proben, um die Natur des Fluid, das aus dem Bohrschacht gefördert werden kann, zu analysieren.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 4, wobei ein Zufluss oder Verlust durch ein Verfahren erkannt wird, das aufweist Detektieren einer Echtzeit-Diskrepanz zwischen einem vorhergesagten und einem beobachteten Signal, oder durch Verfahren ausgewählt aus Temperaturdetektion im Bohrloch, Hydrocarbondetektion im Bohrloch, Detektion von Druckänderungen und Druckpulsen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 5, wobei die Diskrepanz zwischen tatsächlichen und vorhergesagten Signalen einen Fluidverlust anzeigt und die Anpassung aufweist Erhöhen der Öffnung der Druck-/Flusssteuereinrichtung in dem Maße, wie es erforderlich ist, um den Gegendruck zu reduzieren und dem Fluidverlust entgegenzuwirken; oder wobei die Diskrepanz zwischen tatsächlichen und vorhergesagten Signalen eine Fluidzunahme anzeigt und die Anpassung aufweist Reduzieren der Öffnung der Druck-/Flusssteuereinrichtung in dem Maße, wie es erforderlich ist, um den Gegendruck zu erhöhen und der Fluidzunahme entgegenzuwirken in dem Maße, wie es erforderlich ist, um den Gegendruck zu erhöhen, zum Steuern der äquivalenten Umlaufdichte (equivalent circulating density, ECD).

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei Erhöhen oder Reduzieren der Öffnung das Flussgleichgewicht und den vorhergesagten Signalwert wiederherstellt, wobei der Druck am Grund des Bohrlochs wieder einen Wert annimmt, der jeden weiteren Zufluss oder Verlust vermeidet, woraufhin das Fluid, das in den Bohrschacht eingetreten ist, herauszirkuliert wird oder verlorengegangenes Fluid ersetzt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 7, das ein Verfahren ist zum Steuern der ECD und zum kontinuierlichen oder unterbrochenen Bohren eines Gas-, Öl- oder geothermischen Bohrschachts, wobei das Bohren so ausgeführt wird, dass der Druck am Grund des Bohrlochs zwischen dem Porendruck und dem Bruchdruck des Bohrschachts gesteuert wird, wobei ein oder beide Werte, falls gewünscht, direkt bestimmt werden können, oder das Bohren mit dem exakten erforderlichen Druck am Grund des Bohrlochs erfolgt mit einer direkten Bestimmung des Porendrucks, oder das Bohren erfolgt, wobei der Druck am Grund des Bohrlochs so eingestellt wird, dass er gerade geringer als der Porendruck ist (underbalanced drilling), wodurch ein kontrollierter Zufluss erzeugt wird, der vorübergehend sein kann, um das Bohrschachtfluid in kontrollierter Art und Weise zu prüfen, oder der kontinuierlich sein kann, um Bohrschachtfluid in kontrollierter Art und Weise zu erzeugen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 8 zum Betrieb während eines Stillstands der Fluidzirkulation, aufweisend langsam Reduzieren der Zirkulationsrate durch den normalen Fließweg und gleichzeitig Schließen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und Einschließen eines Gegendrucks, der dynamische Reibungsverluste kompensiert.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 9, wobei Fluid zusätzlich direkt in den Ringraum oder eine Druckzone davon eingespeist wird und optional vom Ringraum wiedergewonnen wird, wodurch der Bohrkern durch den Ringraum unter Druck gesetzt wird, unabhängig vom momentanen Fluid-Einspeiseweg, und wodurch Fluss, Druck und optional Temperatur beobachtet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 10, wobei die Massenflussmessung Unterkomponenten auf-

weist, die gestaltet sind, um die Genauigkeit der Messung zu verbessern, wobei die Unterkomponenten aufweisen Messen des Massenflusses des Bohrkleins und des Massenausflusses von Gas.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Unterkomponenten aufweisen Messen des Massenflusses und des Fluidflusses in das Bohrloch durch den Ringraum, unabhängig vom momentanen Fluid-Einspeiseweg.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 12, wobei der Druck zumindest am Bohrlochkopf und/oder am Grund des Bohrlochs gemessen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 13, wobei der Druck an zwei oder mehr Stellen in Reihe eingedämmt wird und der Fluss an zwei oder mehr Stellen in Reihe und/oder parallel gesteuert wird, wodurch ein Druckprofil überall im Bohrschacht hergestellt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 14, aufweisend mehr als zwei Stellen im Bohrschacht zum Steuern von Druck/Fluss in Reihe, wodurch unabhängige Zonen überall im Bohrschacht geschaffen werden, wobei die Stellen für das Steuern von Druck/Fluss Zonenschnittstellen festlegen.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei zusätzlich Fluid direkt in jede Druckzone des Ringraums eingespeist wird, und optional von jeder Druckzone davon wiedergewonnen wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 16, wobei Bohrflüssigkeit gewählt wird aus Öl und/oder Wasser, Flüssigphasenfluide and optional zusätzlich Gasphasenfluide, vorzugsweise verwendet in Kombination mit einem leichten Fluid.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei ein leichtes Fluid zugesetzte hohle Glaskugeln or anderes gewichtsreduzierendes Material aufweist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 18, aufweisend Beobachten der Werte für Eindringrate, Gesteins- und Bohrflüssigkeitsdichte, Bohrschachtdurchmesser, Ein- und Ausflussraten, Bohrkleinrücklauftrate, Drücke am Grund des Bohrlochs und am Bohrlochkopf und Temperaturen, Drehmoment und Zugkraft und basieren von Berechnungen, die diese Werte berücksichtigen, um einen idealen Signalwert vorherzusagen.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 19, wobei das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem relevante Faktoren wie thermische Expansion/Kontraktion und Änderungen der Kompressibilität, Löslichkeitseffekte, Vermengungs- und Mischungseffekte kompensiert als Anzeichen für die Natur des Fluids in einem Zufluss- oder Fluidverlustereignis.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 20, wobei es ein Zeichen dafür ist, dass ein Zufluss oder Verlust stattfindet, wenn das Fluidvolumen aus dem Bohrschacht sich nach Kompensation aller möglichen Faktoren vergrößert oder verkleinert.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 21, wobei Detektion eines Zuflusses oder Verlusts eine Kette von Untersuchungen möglicher Zufluss- oder Fluidverlustereignisse auslöst, wobei mit einer Annahme über die Fluidphase begonnen wird, wobei mit der Beobachtung einer Diskrepanz verglichen wird, um Übereinstimmung im Verhalten zu überprüfen, und wobei im Fall der Nichtübereinstimmung die Annahme für verschiedene Phasen wiederholt wird, bis Übereinstimmung erreicht wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 22, wobei das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem Verfahren verwendet, einschließlich aller notwendigen Algorithmen und empirischen Berechnungen, um eine genaue Schätzung der hydrostatischen Wassersäule und Reibungsverluste, einschließlich aller vorübergehenden Effekte wie einer Änderung des Temperaturprofils entlang des Bohrschachts, zu ermöglichen.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 23, wobei das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem mit einer Regelungsschleife gekoppelt ist, um ständig die Reaktion auf jede Aktion, sowie die notwendige Softwaregestaltung und jedes notwendige Entscheidungssystem zu überwachen, um konsistenten Betrieb sicherzustellen.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 24, wobei das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem mit einer zeitbasierten Software versehen ist, um Zeitverzögerungen zwischen Zu- und Abfluss zu berücksichtigen.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 25, wobei die Software mit Detektionsfiltern und/oder Verarbeitungsfiltern versehen ist, um falsche Anzeigen der gemessenen oder detektierten Parameter einschließlich empfangener Signale auszuschalten/zu verringern.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 – 26, das zusätzlich ein Verfahren zur Echtzeitbestimmung des Bruchdrucks eines Bohrschachts, der mit einem Bohrstrang gebohrt wird und durch den eine Bohrflüssigkeit zirkuliert wird, ist, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen gehalten wird, wobei das Verfahren die Schritte aufweist

- a) Bereitstellen eines Drucksensors am Grund des Bohrstrangs und Erzeugen und Sammeln von Drucksignalen;
- b) Erzeugen- und Sammelnlassen von Fluid- und/oder Masseflusssignalen; und Zuführen der Signale zu einem zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem, das einen erwarteten Wert für die Signale setzt;
- c) Vergleichen des erwarteten Signals mit dem tatsächlichen Signal durch das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
- d) im Falle einer Diskrepanz zwischen dem erwarteten und dem tatsächlichen Signalwert, Aktivieren einer Druck-/Flusssteuereinrichtung durch das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
- e) wenn die detektierte Diskrepanz ein Fluidverlust ist, Erhalten des Werts des Bruchdrucks durch direktes Ablesen des Drucks am Grund des Bohrlochs.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 – 26, das zusätzlich ein Verfahren zur Echtzeitbestimmung des Porendrucks eines Bohrschachts, der mit einem Bohrstrang gebohrt wird und durch den eine Bohrflüssigkeit zirkuliert wird, ist, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen gehalten wird, wobei das Verfahren die Schritte aufweist

- a) Bereitstellen eines Drucksensors am Grund des Bohrstrangs und Erzeugen und Sammeln von Drucksignalen;
- b) Erzeugen- und Sammelnlassen von Fluid- und/oder Masseflusssignalen; und Zuführen der Signale zu einem zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem, das einen erwarteten Wert für die Signale setzt;
- c) Vergleichen des erwarteten Signals mit dem tatsächlichen Signal durch das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
- d) im Falle einer Diskrepanz zwischen dem erwarteten und dem tatsächlichen Signalwert, Aktivieren einer Druck-/Flusssteuereinrichtung durch das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
- e) wenn die detektierte Diskrepanz ein Zufluss ist, Erhalten des Werts des Porendrucks durch direktes Ablesen des Drucks am Grund des Bohrlochs, der vom Drucksensor bereitgestellt wird.

29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, wobei ein vorhergesagtes und tatsächliches Signal der vorhergesagte und tatsächliche Fluss aus dem Bohrschacht oder der vorhergesagte und tatsächliche Druck im Bohrschacht oder die vorhergesagte und tatsächliche ECD oder eine Kombination daraus ist.

30. System zum Betreiben eines Bohrschachts während des Bohrens mit einem Bohrstrang (1), durch den eine Bohrflüssigkeit zirkuliert wird, wobei der Bohrschacht zu jedem Zeitpunkt geschlossen gehalten wird, wobei das System aufweist

- a) eine Druckeindämmeinrichtung (25) am Bohrloch;
 - c) Mittel (10, 11, 15, 16) zum Messen der Masse- und/oder Fluidflussrate an den Zulauf- und Ablaufströmen;
 - e) mindestens einen Drucksensor (17, 28) zum Erhalten von Drucksignalen;
 - f) optional mindestens einen Temperatursensor (17, 28) zum Erhalten von Temperatursignalen;
 - g) ein zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18);
 - h) Mittel (16) zum Einspeisen von Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung, durch die das Fluid in Kontakt gebracht wird mit den Masse- und/oder Fluidflussmessern und dem Drucksensor, und Wiedergewinnen des Bohrfluids durch eine Rückleitung;
 - i) Mittel (15) zum Sammeln des Bohrkleins an der Oberfläche;
 - j) Mittel (10, 11, 15, 16) zum Sammeln von Masse- und/oder Fluidflusssignalen;
 - l) Mittel (17, 28) zum Sammeln von Drucksignalen;
 - m) Mittel zum Zuführen aller gesammelter Signale von unterschiedlichen Bohrparametern zum zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem (18);
 - n) wobei die Software des zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems zu jedem Zeitpunkt ein vorhergesagtes Signal berücksichtigt;
- dadurch gekennzeichnet, dass das System zusätzlich aufweist
- b) eine Druck-/Flusssteuereinrichtung am Ablaufstrom zum Steuern des Flusses aus dem Bohrschacht und zum Erhalten eines Gegendrucks auf den Bohrschacht; und
- Mittel zum Senden eines Befehls vom zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem zur Druck-/Fluss-

steuereinrichtung, der eingerichtet ist, um die Rückflussrate anzupassen und dass die zentrale Datenerfassungs- und Steuerungseinheit zusätzlich programmiert ist, um die in Echtzeit vorhergesagten Signale mit dem tatsächlichen Signal zu vergleichen; wobei die Software nach dem Prinzip der Erhaltung von Masse oder Volumen vorgeht, um den Unterschied in Masse oder Volumen, die/das in den Bohrschacht eingespeist und daraus wiedergewonnen wird, zu bestimmen, und kompensiert Faktoren einschließlich einer Erhöhung des Lochvolumens, einem Zurückkommen von zusätzlicher Gesteinsmasse als ein Anzeichen der Natur des im Bohrloch stattfindenden Fluid-Ereignisses; wobei die Software ebenfalls, wenn der Vergleich irgendeine Diskrepanz ergibt, als Eingabe jegliche Früherkennungsparameter empfängt, wobei die Eingabe eine Kette von Untersuchungen möglicher Szenarien auslöst, um festzustellen, dass ein Zufluss-/Verlustereignis stattgefunden hat; und wobei die Diskrepanz in einen Wert zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und zum Wiederherstellen des vorhergesagten Signalwertes umgewandelt wird, wobei die Software, wenn ein Zufluss- oder Verlustereignis identifiziert wird, automatisch einen Befehl zur Druck-/Flusssteuereinrichtung sendet, der eingerichtet ist, um die Rückflussrate so anzupassen, dass der Signalwert wieder auf den vorhergesagten idealen Signalwert zurückgesetzt wird, wobei präventiv der Gegendruck angepasst wird, um das Ereignis sofort zu steuern.

31. System nach Anspruch 30, wobei ein vorhergesagtes und tatsächliches Signal der vorhergesagte und tatsächliche Fluss aus dem Bohrschacht oder der vorhergesagte und tatsächliche Druck im Bohrschacht oder die vorhergesagte und tatsächliche ECD oder eine Kombination daraus ist.

32. System nach Anspruch 30 oder 31, aufweisend e) mindestens einen Temperatursensor zum Messen der Temperatur, wobei das System zusätzlich aufweist bei Schritt l) Mittel zum Sammeln von Temperatursignalen und bei Schritt m) Mittel zum Zuführen der Temperatursignale zum zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem, wobei das System zusätzlich Änderungen der Kompressibilität kompensiert als Anzeichen des im Bohrloch stattfindenden Fluidereignisses.

33. System nach einem der Ansprüche 30 – 32, das zusätzlich ein System ist zur Bestimmung in Echtzeit des Porendrucks oder Bruchdrucks eines Bohrschachts mittels eines directen Auslesens von Parametern, die sich auf Fluidzufluss bzw. -verlust beziehen, oder zum Erkennen eines kontrollierten Zuflusses und zum Entnehmen von Proben, um die Natur des Fluid, das aus dem Bohrschacht gefördert werden kann, zu analysieren.

34. System nach einem der Ansprüche 30 – 33, wobei ein Zufluss oder Verlust durch ein Mittel erkannt wird, das aufweist Detektieren einer Echtzeit-Diskrepanz zwischen einem vorhergesagten und einem beobachteten Signal, oder durch Mittel ausgewählt aus Temperatursensoren im Bohrloch, Hydrocarbonsensoren im Bohrloch, Druckänderungssensoren und Druckpulssensoren.

35. System nach einem der Ansprüche 30 – 34, wobei die Mittel zur Anpassung der Druck-/Flusssteuereinrichtung aufweisen Mittel zum Schließen oder Öffnen davon, in dem Maße, wie es erforderlich ist, um den Gegendruck zu erhöhen bzw. zu verringern, zum Anpassen der äquivalenten Umlaufdichte (equivalent circulating density, ECD).

36. System nach einem der Ansprüche 30 – 35, wobei Schließen oder Öffnen der Druck-/Flusssteuereinrichtung das Flussgleichgewicht und den vorhergesagten Signalwert wiederherstellt, wobei der Druck am Grund des Bohrlochs wieder einen Wert annimmt, der jeden weiteren Zufluss oder Verlust vermeidet, woraufhin das Fluid, das in den Bohrschacht eingetreten ist, herauszirkuliert wird oder verlorengegangenes Fluid ersetzt wird.

37. System nach einem der Ansprüche 30 – 36, das ein System ist zum Steuern der ECD und zum kontinuierlichen oder unterbrochenen Bohren eines Gas-, Öl- oder geothermischen Bohrschachts, wobei das Bohren so ausgeführt wird, dass der Druck am Grund des Bohrlochs zwischen dem Porendruck und dem Bruchdruck des Bohrschachts gesteuert wird, wobei ein oder beide Werte, falls gewünscht, direkt bestimmt werden können, oder das Bohren mit dem exakten erforderlichen Druck am Grund des Bohrlochs erfolgt mit einer direkten Bestimmung des Porendrucks, oder das Bohren erfolgt, wobei der Druck am Grund des Bohrlochs so eingestellt wird, dass er gerade geringer als der Porendruck ist (underbalanced drilling), wodurch ein kontrollierter Zufluss erzeugt wird, der vorübergehend sein kann, um das Bohrschachtfluid in kontrollierter Art und Weise zu prüfen, oder der kontinuierlich sein kann, um Bohrschachtfluid in kontrollierter Art und Weise zu erzeugen.

38. System nach einem der Ansprüche 30 – 37, aufweisend mindestens eine Pumpe und eine zugeordnete

Fluideinspeiseleitung zum Einspeisen des Fluids direkt in den Ringraum oder eine Zone davon und optional eine zugeordnete Rückleitung, zusammen mit zugeordneten Flussmessern und zusätzlichen Mitteln wie Druck-/Flusssteuereinrichtungen, Druck- und optional Temperatursensoren und ähnliche.

39. System nach einem der Ansprüche 30 – 38, wobei der mindestens eine Drucksensor am Bohrlochkopf und/oder am Grund des Bohrlochs angeordnet ist.

40. System nach einem der Ansprüche 30 – 39, aufweisend zwei oder mehr Druckeindämmungseinrichtungen in Reihe durch das Bohrloch, wodurch ein Druckprofil überall im Bohrschacht hergestellt wird, and zwei oder mehr Druck-/Flusssteuereinrichtungen in Reihe oder parallel.

41. System nach einem der Ansprüche 30 – 40, aufweisend mehr als zwei Druck-/Flusssteuereinrichtungen in Reihe, wodurch das Druckprofil in unabhängigen Druckzonen, die entlang der Länge des Bohrschachts geschaffen werden, hergestellt wird, wobei Einengungen oder Druck-/Flusssteuereinrichtungen die Schnittstellen jeder Zone festlegen.

42. System nach einem der Ansprüche 30 – 41, wobei Bohrflüssigkeit gewählt wird aus Öl und/oder Wasser, Flüssigphasenfluide and optional zusätzlich Gasphasenfluide, vorzugsweise verwendet in Kombination mit einem leichten Fluid.

43. System nach einem der Ansprüche 30 – 42, aufweisend Mittel zum Beobachten der Werte für Eindringrate, Gesteins- und Bohrflüssigkeitsdichte, Bohrschachtdurchmesser, Ein- und Ausflussraten, Bohrkleinrücklauftrate, Drücke am Grund des Bohrlochs und am Bohrlochkopf und Temperaturen, Drehmoment und Zugkraft und basieren von Berechnungen, die diese und andere Werte berücksichtigen, um einen idealen Signalwert für den Abfluss vorherzusagen.

44. System nach einem der Ansprüche 30 – 43, wobei das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem mit einer zeitbasierten Software versehen ist, um Zeitverzögerungen zwischen Zu- und Abfluss zu berücksichtigen.

45. System nach Anspruch 44, wobei die Software mit Detektionsfiltern und/oder Verarbeitungsfiltern versehen ist, um falsche Anzeigen der empfangenen Signale und aller anderen gemessenen oder detektierten Parameter auszuschalten/zu verringern.

46. System nach einem der Ansprüche 31 – 45, das drei Sicherheitsbarrieren aufweist, das Bohrfluid, eine Blow-Out-Preventer-Einrichtung und die Druckeindämmungseinrichtung.

47. Verfahren zum Erstellen eines Systems nach einem der Ansprüche 30 – 46, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- a) Bereitstellen einer Druckeindämmungseinrichtung am Bohrloch;
 - c) Bereitstellen von Mitteln zum Messen der Masse- und/oder Fluidflussrate an den Zulauf- und Ablaufströmen;
 - e) Bereitstellen mindestens eines Drucksensors zum Erhalten von Drucksignalen;
 - f) optional Bereitstellen mindestens eines Temperatursensors zum Erhalten von Temperatursignalen;
 - g) Bereitstellen eines zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems;
 - h) Bereitstellen von Mitteln zum Einspeisen von Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung, durch die das Fluid in Kontakt gebracht wird mit den Masse- und/oder Fluidflussmessern und dem Drucksensor, und Wiedergewinnen des Bohrfluids durch eine Rückleitung;
 - i) Bereitstellen von Mitteln zum Sammeln des Bohrkleins an der Oberfläche;
 - j) Bereitstellen von Mitteln zum Sammeln von Masse- und/oder Fluidflusssignalen;
 - l) Bereitstellen von Mitteln zum Sammeln von Drucksignalen;
 - m) Bereitstellen von Mitteln zum Zuführen aller gesammelter Signale von unterschiedlichen Bohrparametern zum zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
 - n) wobei die Software des zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems zu jedem Zeitpunkt ein vorhergesagtes Signal berücksichtigt;
- dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zusätzlich aufweist
- b) Bereitstellen einer Druck-/Flusssteuereinrichtung am Ablaufstrom zum Steuern des Flusses aus dem Bohrschacht und zum Erhalten eines Gegendrucks auf den Bohrschacht; und
- Bereitstellen von Mitteln zum Senden eines Befehls vom zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem zur Druck-/Flusssteuereinrichtung, der eingerichtet ist, um die Rückflussrate anzupassen und dass die zentrale Datenerfassungs- und Steuerungseinheit zusätzlich programmiert ist, um die in Echtzeit

vorhergesagten Signale mit dem tatsächlichen Signal zu vergleichen;
wobei die Software nach dem Prinzip der Erhaltung von Masse oder Volumen vorgeht, um den Unterschied in Masse oder Volumen, die/das in den Bohrschacht eingespeist und daraus wiedergewonnen wird, zu bestimmen, und kompensiert Faktoren einschließlich einer Erhöhung des Lochvolumens, einem Zurückkommen von zusätzlicher Gesteinsmasse als ein Anzeichen der Natur des im Bohrloch stattfindenden Fluid-Ereignisses;
wobei die Software ebenfalls, wenn der Vergleich irgendeine Diskrepanz ergibt, als Eingabe jegliche Früherkennungsparameter empfängt, wobei die Eingabe eine Kette von Untersuchungen möglicher Szenarien auslöst, um festzustellen, dass ein Zufluss-/Verlustereignis stattgefunden hat;
und wobei die Diskrepanz in einen Wert zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und zum Wiederherstellen des vorhergesagten Signalwertes umgewandelt wird,
wobei die Software, wenn ein Zufluss- oder Verlustereignis identifiziert wird, automatisch einen Befehl zur Druck-/Flusssteuereinrichtung sendet, der eingerichtet ist, um die Rückflussrate so anzupassen, dass der Signalwert wieder auf den vorhergesagten idealen Signalwert zurückgesetzt wird, wobei präventiv der Gegendruck angepasst wird, um das Ereignis sofort zu steuern.

48. Verfahren nach Anspruch 47, wobei ein vorhergesagtes und tatsächliches Signal der vorhergesagte und tatsächliche Fluss aus dem Bohrschacht oder der vorhergesagte und tatsächliche Druck im Bohrschacht oder die vorhergesagte und tatsächliche ECD oder eine Kombination daraus ist.

49. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem zur Verwendung in einem System zum Betreiben eines Bohrschachts während des Bohrens mit einem Bohrstrang, aufweisend:

- a) eine Druckeindämmeinrichtung am Bohrloch;
- c) Mittel zum Messen der Masse- und/oder Fluidflussrate an den Zulauf- und Ablaufströmen;
- e) mindestens einen Drucksensor zum Erhalten von Drucksignalen;
- f) optional mindestens einen Temperatursensor zum Erhalten von Temperatursignalen;
- g) ein zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
wobei Bohren mittels eines Verfahrens erfolgt, das die Schritte aufweist
- h) Einspeisen von Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung, durch die das Fluid in Kontakt gebracht wird mit den Masse- und/oder Fluidflussmessern und dem Drucksensor, und Wiedergewinnen des Bohrfluids durch eine Rückleitung;
- i) Sammeln des Bohrkleins an der Oberfläche;
- j) Messen des Masse- und/oder Fluidflusses in den und aus dem Bohrschacht und Sammeln von Masse- und/oder Fluidflusssignalen;
- l) Messen des Drucks des Fluids und Sammeln von Drucksignalen;
- m) Zuführen aller gesammelter Signale von unterschiedlichen Bohrparametern zum zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
- n) Berücksichtigen zu jedem Zeitpunkt eines vorhergesagten Signals durch die Software des zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems;
dadurch gekennzeichnet, dass das System zusätzlich aufweist
- b) eine Druck-/Flusssteuereinrichtung am Ablaufstrom zum Steuern des Flusses aus dem Bohrschacht und zum Erhalten eines Gegendrucks auf den Bohrschacht;
und dass die zentrale Datenerfassungs- und Steuereinheit zusätzlich programmiert ist, um die in Echtzeit vorhergesagten Signale mit dem tatsächlichen Signal zu vergleichen;
wobei die Software nach dem Prinzip der Erhaltung von Masse oder Volumen vorgeht, um den Unterschied in Masse oder Volumen, die/das in den Bohrschacht eingespeist und daraus wiedergewonnen wird, zu bestimmen, und kompensiert Faktoren einschließlich einer Erhöhung des Lochvolumens, einem Zurückkommen von zusätzlicher Gesteinsmasse als ein Anzeichen der Natur des im Bohrloch stattfindenden Fluid-Ereignisses;
wobei die Software ebenfalls, wenn der Vergleich irgendeine Diskrepanz ergibt, als Eingabe jegliche Früherkennungsparameter empfängt, wobei die Eingabe eine Kette von Untersuchungen möglicher Szenarien auslöst, um festzustellen, dass ein Zufluss-/Verlustereignis stattgefunden hat;
und wobei die Diskrepanz in einen Wert zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und zum Wiederherstellen des vorhergesagten Signalwertes umgewandelt wird, und
- p) im Falle einer Diskrepanz, Sendenlassen eines Signals durch das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und zum Wiederherstellen des vorhergesagten Signalwertes ohne Unterbrechung des Bohrvorgangs.

50. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach Anspruch 49, wobei ein vorhergesagtes und tatsächliches Signal der vorhergesagte und tatsächliche Fluss aus dem Bohrschacht oder der vorhergesagte und tatsächliche Druck im Bohrschacht oder die vorhergesagte und tatsächliche ECD oder eine Kombination daraus ist.

51. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach Anspruch 49 oder 50, wobei es ein Zeichen dafür ist, dass ein Zufluss oder Verlust stattfindet, wenn das Fluidvolumen aus dem Bohrschacht sich nach Kompensation aller möglichen Faktoren vergrößert oder verkleinert.

52. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 49 – 51, das mit Detektionsfiltern und/oder Verarbeitungsfiltern versehen ist, um falsche Anzeigen der gemessenen oder detektierten Parameter einschließlich der empfangenen Signale auszuschalten/zu verringern.

53. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 49 – 52, wobei der vorhergesagte ideale Signalwert auf Berechnungen basiert, die unter anderem die Eindringrate, Gesteins- und Bohrflüssigkeitsdichte, Bohrschachtdurchmesser, Ein- und Ausflussraten, Bohrkleinrücklauftrate, Drücke und Temperaturen am Grund des Bohrlochs und am Bohrlochkopf, Drehmoment und Zugkraft, Gewicht am Bohrmeißel, Hakenlast und Einleitungsdrücke berücksichtigen.

54. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 49 – 53, das relevante Faktoren wie thermische Expansion/Kontraktion und Änderungen der Kompressibilität, Löslichkeitseffekte, Vermengungs- und Mischungseffekte kompensiert als Anzeichen für die Natur des Fluids in einem Zufluss- oder Fluidverlustereignis.

55. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 49 – 54, wobei Detektion eines Zuflusses oder Verlusts mittels des Verfahrens oder Systems nach einem der Ansprüche 1 – 29 oder 30 – 46 oder mittels jeden herkömmlichen Systems oder Verfahrens eine Kette von Untersuchungen möglicher Zufluss- oder Fluidverlustereignisse auslöst, wobei mit einer Annahme über die Fluidphase begonnen wird, wobei mit der Beobachtung einer Diskrepanz verglichen wird, um Übereinstimmung im Verhalten zu überprüfen, und wobei im Fall der Nichtübereinstimmung die Annahme für verschiedene Phasen wiederholt wird, bis Übereinstimmung erreicht wird.

56. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 49 – 55, das Verfahren verwendet, einschließlich aller notwendigen Algorithmen und empirischen Berechnungen, um eine genaue Schätzung der hydrostatischen Wassersäule und Reibungsverluste, einschließlich aller vorübergehenden Effekte wie einer Änderung des Temperaturprofils entlang des Bohrschachts, zu ermöglichen.

57. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 49 – 56, wobei sich ein Befehl auf eine Anpassung des Gegendrucks bezieht, um dynamische Reibungsverluste zu kompensieren, wenn die Bohrschlammzirkulation unterbrochen ist, damit Zufluss von Reservoirfluiden vermieden wird.

58. Zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 49 – 57, das mit einer Regelungsschleife gekoppelt ist, um ständig die Reaktion auf jede Aktion, sowie die notwendige Softwaregestaltung und jedes notwendige Entscheidungssystem zu überwachen, um konsistenten Betrieb sicherzustellen.

59. Verfahren zum Betreiben eines zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems zur Verwendung in einem System zum Betreiben eines Bohrschachts während des Bohrens mit einem Bohrstrang, aufweisend:

- a) eine Druckeindämmungseinrichtung am Bohrloch;
 - c) Mittel zum Messen der Masse- und/oder Fluidflussrate an den Zulauf- und Ablaufströmen;
 - e) mindestens einen Drucksensor zum Erhalten von Drucksignalen;
 - f) optional mindestens einen Temperatursensor zum Erhalten von Temperatursignalen;
 - g) ein zentrales Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
- wobei Bohren mittels eines Verfahrens erfolgt, das die Schritte aufweist
- h) Einspeisen von Bohrfluid durch eine Einspeiseleitung, durch die das Fluid in Kontakt gebracht wird mit den Masse- und/oder Fluidflussmessern und dem Drucksensor, und Wiedergewinnen des Bohrfluids durch eine Rückleitung;
 - i) Sammeln des Bohrkleins an der Oberfläche;
 - j) Messen des Masse- und/oder Fluidflusses in den und aus dem Bohrschacht und Sammeln von Masse- und/oder Fluidflusssignalen;
 - l) Messen des Drucks des Fluids und Sammeln von Drucksignalen;
 - m) Zuführen aller gesammelter Signale von unterschiedlichen Bohrparametern zum zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystem;
 - n) Berücksichtigen zu jedem Zeitpunkt eines vorhergesagten Signals durch die Software des zentralen Datenerfassungs- und Steuerungssystems;

dadurch gekennzeichnet, dass das System zusätzlich aufweist

b) eine Druck-/Flusssteuereinrichtung am Ablaufstrom zum Steuern des Flusses aus dem Bohrschacht und zum Erhalten eines Gegendrucks auf den Bohrschacht;

und dass die zentrale Datenerfassungs- und Steuereinheit zusätzlich programmiert ist, um die in Echtzeit vorhergesagten Signale mit dem tatsächlichen Signal zu vergleichen;

wobei die Software nach dem Prinzip der Erhaltung von Masse oder Volumen vorgeht, um den Unterschied in Masse oder Volumen, die/das in den Bohrschacht eingespeist und daraus wiedergewonnen wird, zu bestimmen, und kompensiert Faktoren einschließlich einer Erhöhung des Lochvolumens, einem Zurückkommen von zusätzlicher Gesteinsmasse als ein Anzeichen der Natur des im Bohrloch stattfindenden Fluid-Ereignisses;

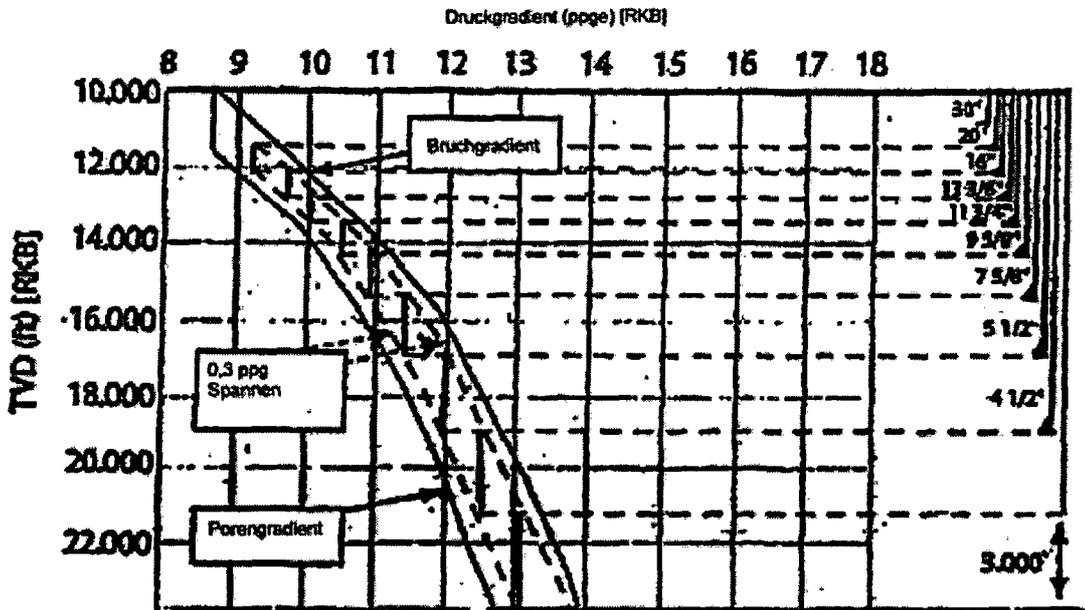
wobei die Software ebenfalls, wenn der Vergleich irgendeine Diskrepanz ergibt, als Eingabe jegliche Früherkennungsparameter empfängt, wobei die Eingabe eine Kette von Untersuchungen möglicher Szenarien auslöst, um festzustellen, dass ein Zufluss-/Verlustereignis stattgefunden hat;

und wobei die Diskrepanz in einen Wert zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und zum Wiederherstellen des vorhergesagten Signalwertes umgewandelt wird, und

p) im Falle einer Diskrepanz, Sendenlassen eines Signals durch das zentrale Datenerfassungs- und Steuerungssystem zum Anpassen der Druck-/Flusssteuereinrichtung und zum Wiederherstellen des vorhergesagten Signalwertes ohne Unterbrechung des Bohrvorgangs.

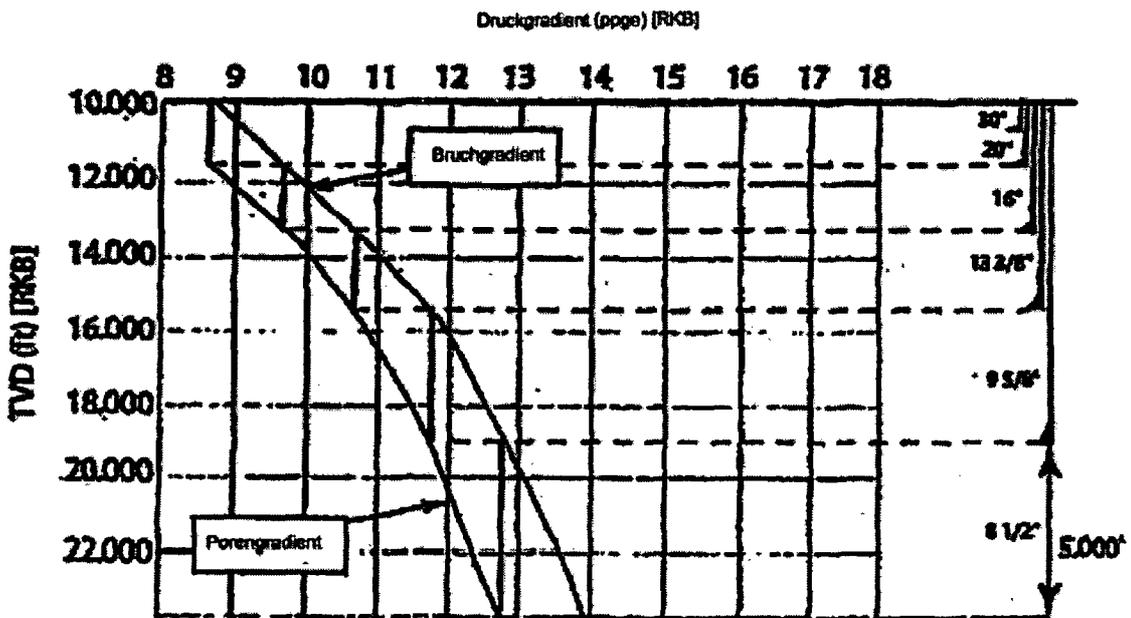
Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

FIG. 1



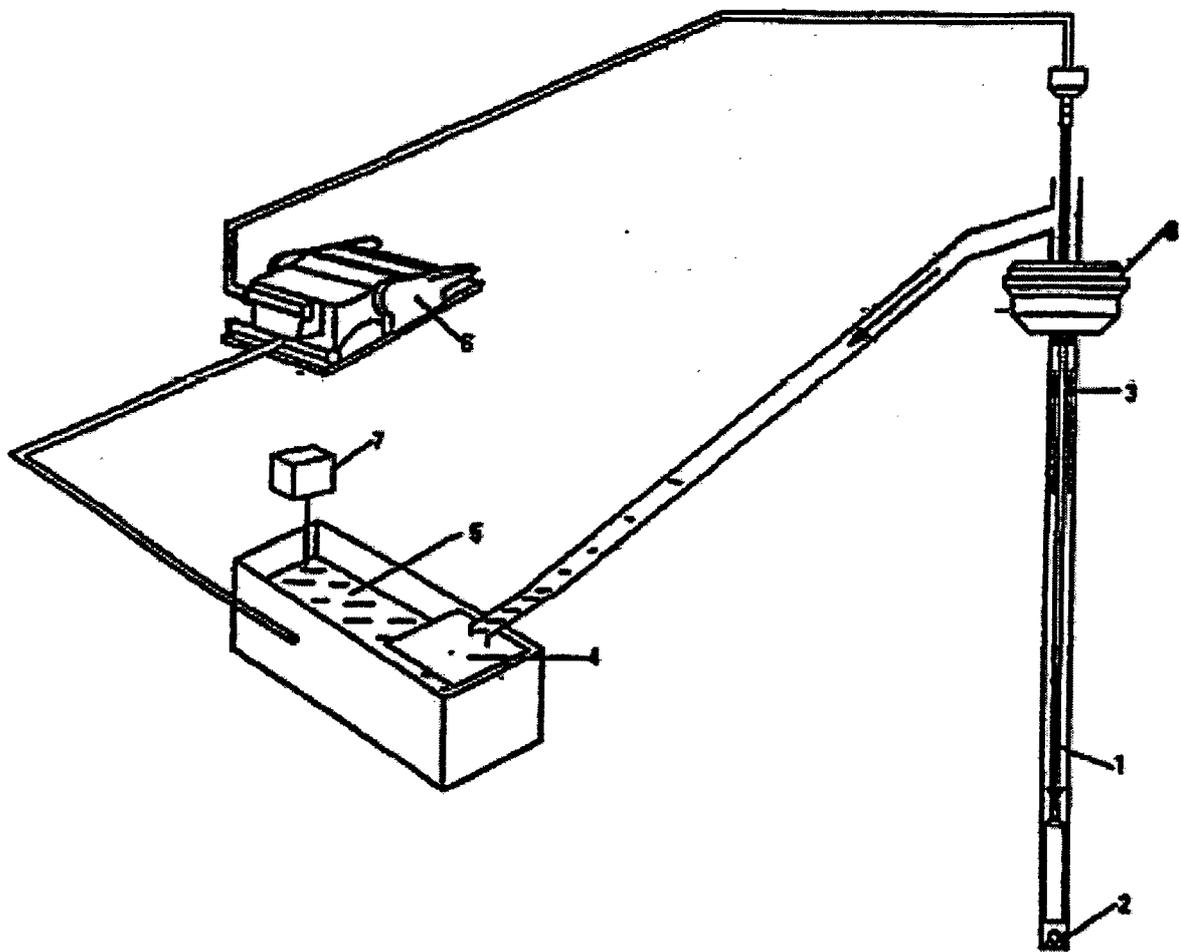
Stand der Technik

FIG. 2



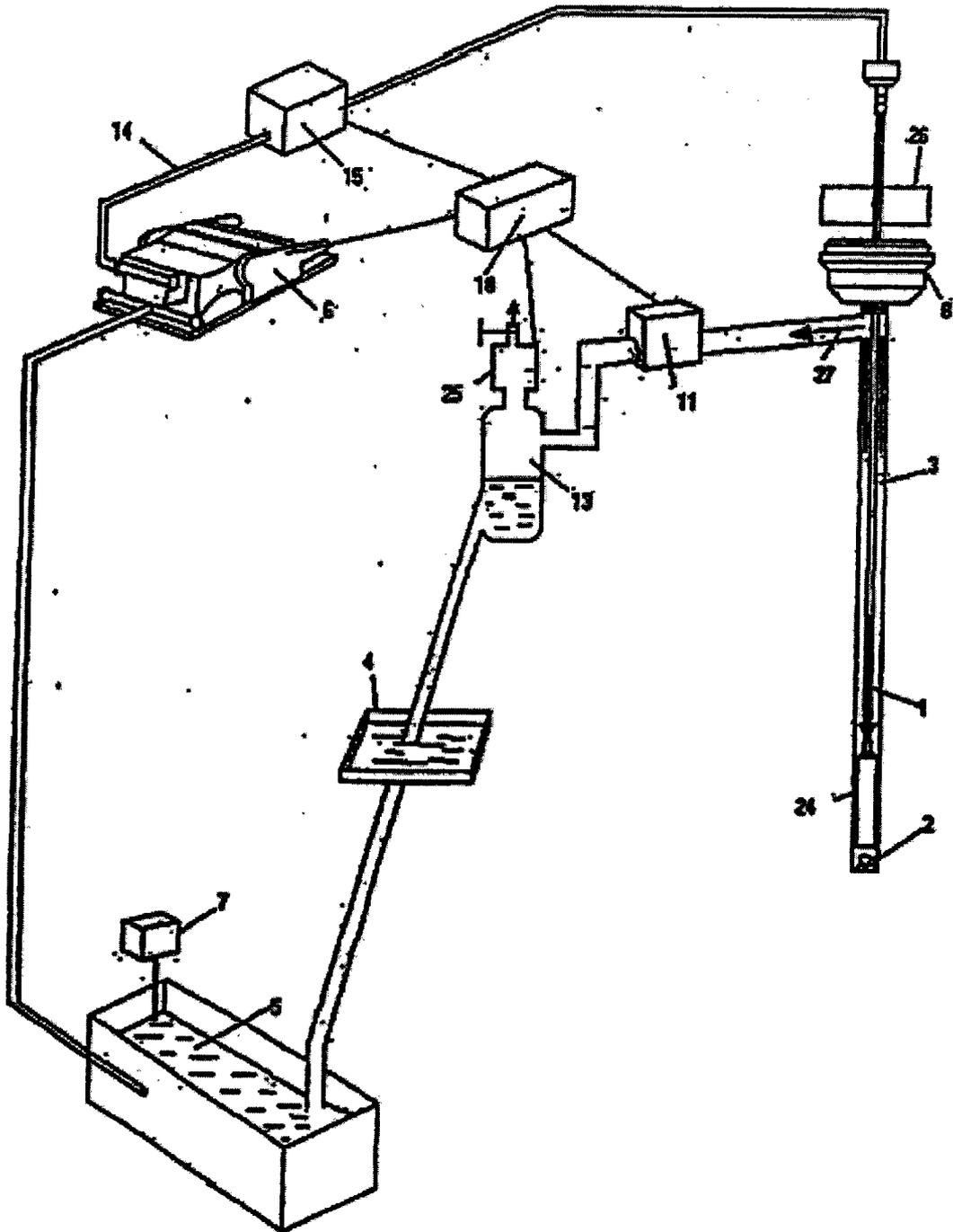
Erfindung

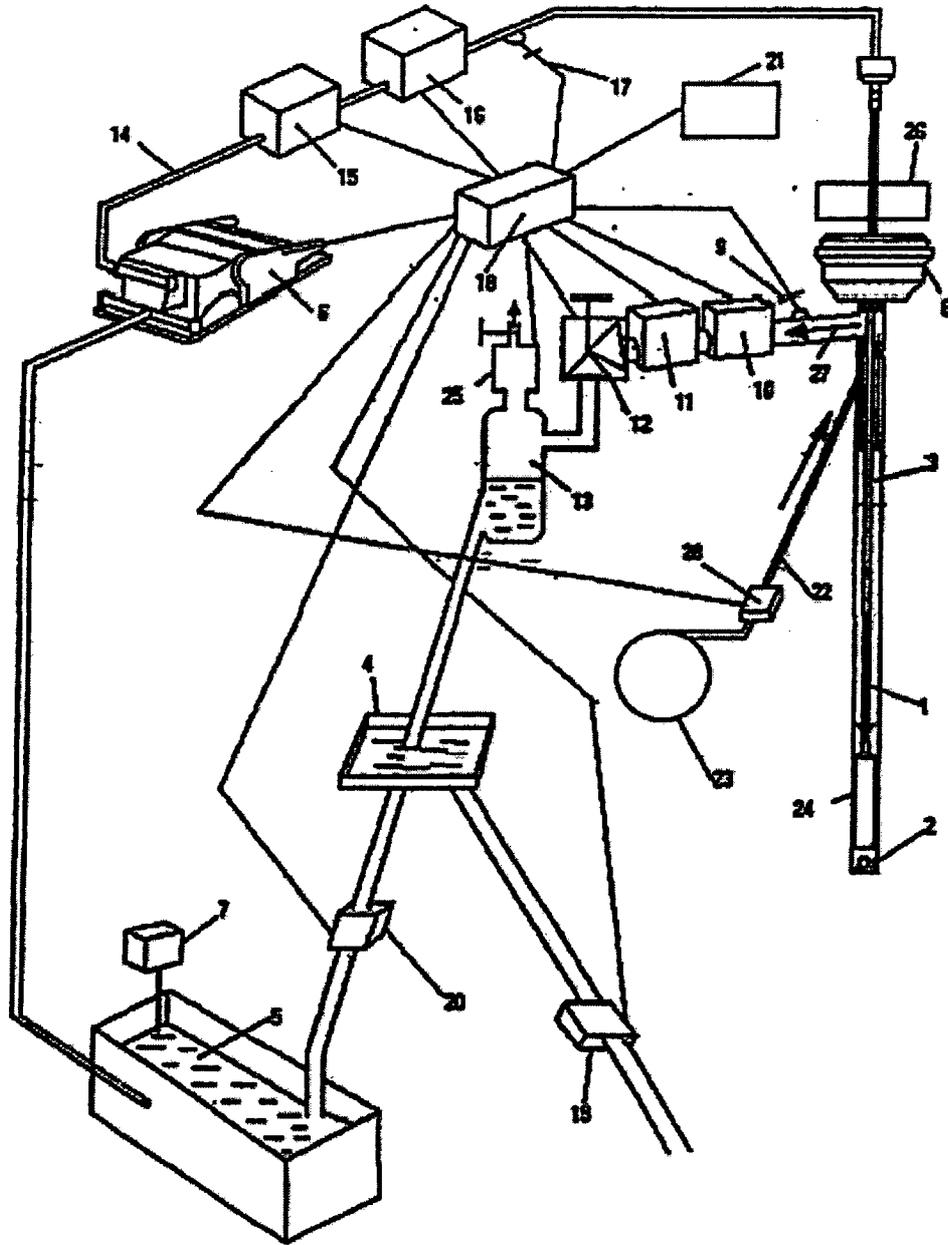
FIG. 3



Stand der Technik

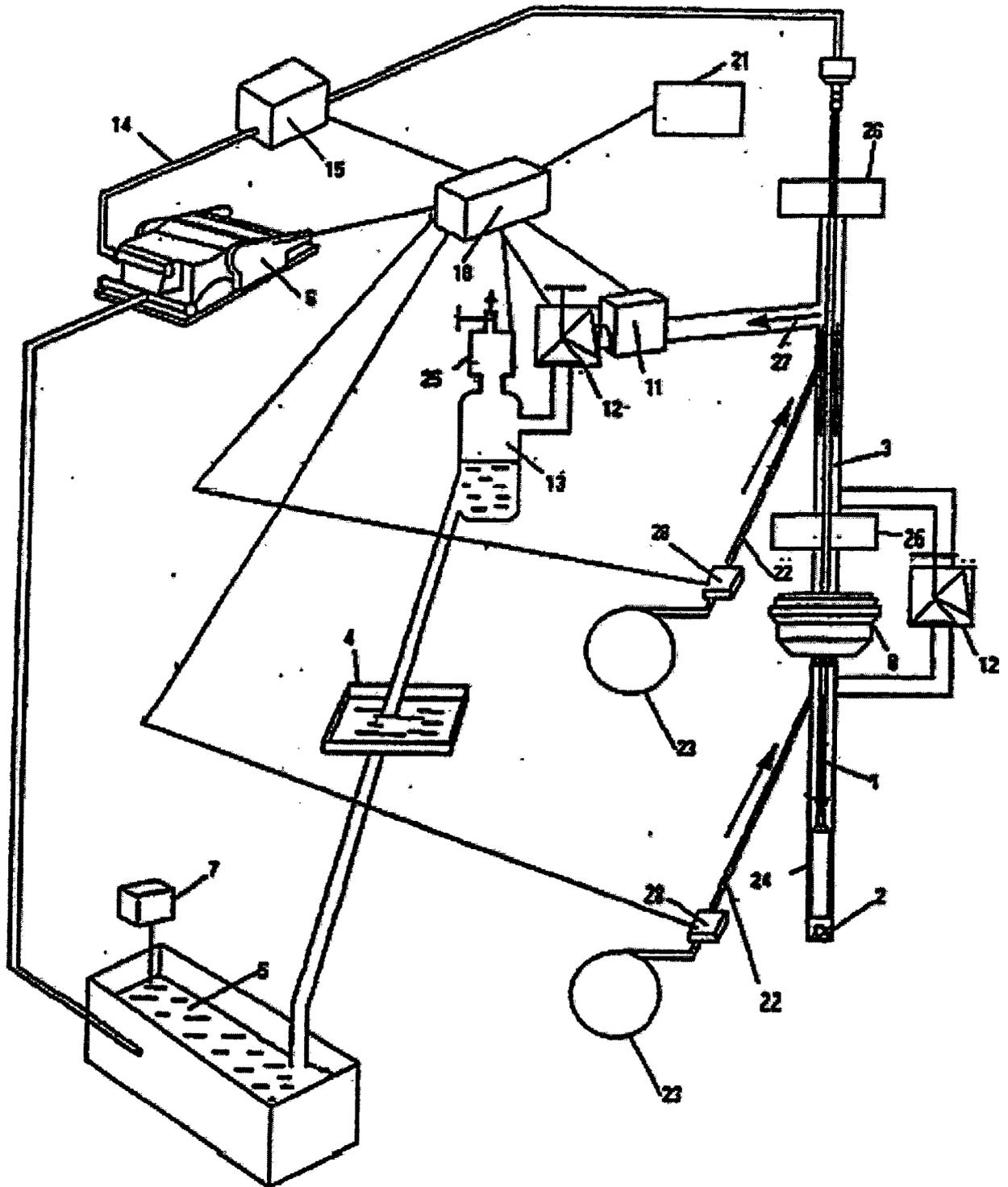
FIG. 4





FIGUR 5

FIG. 6



FIGUR 7

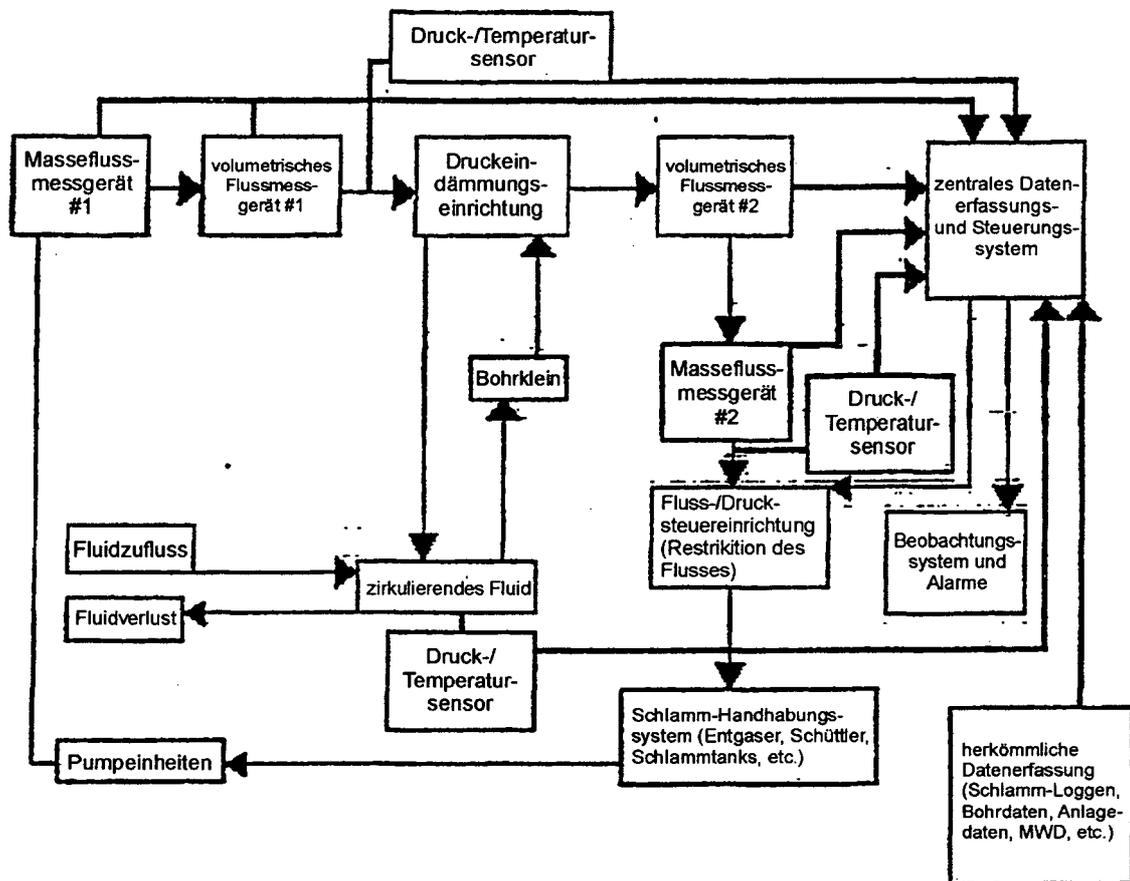
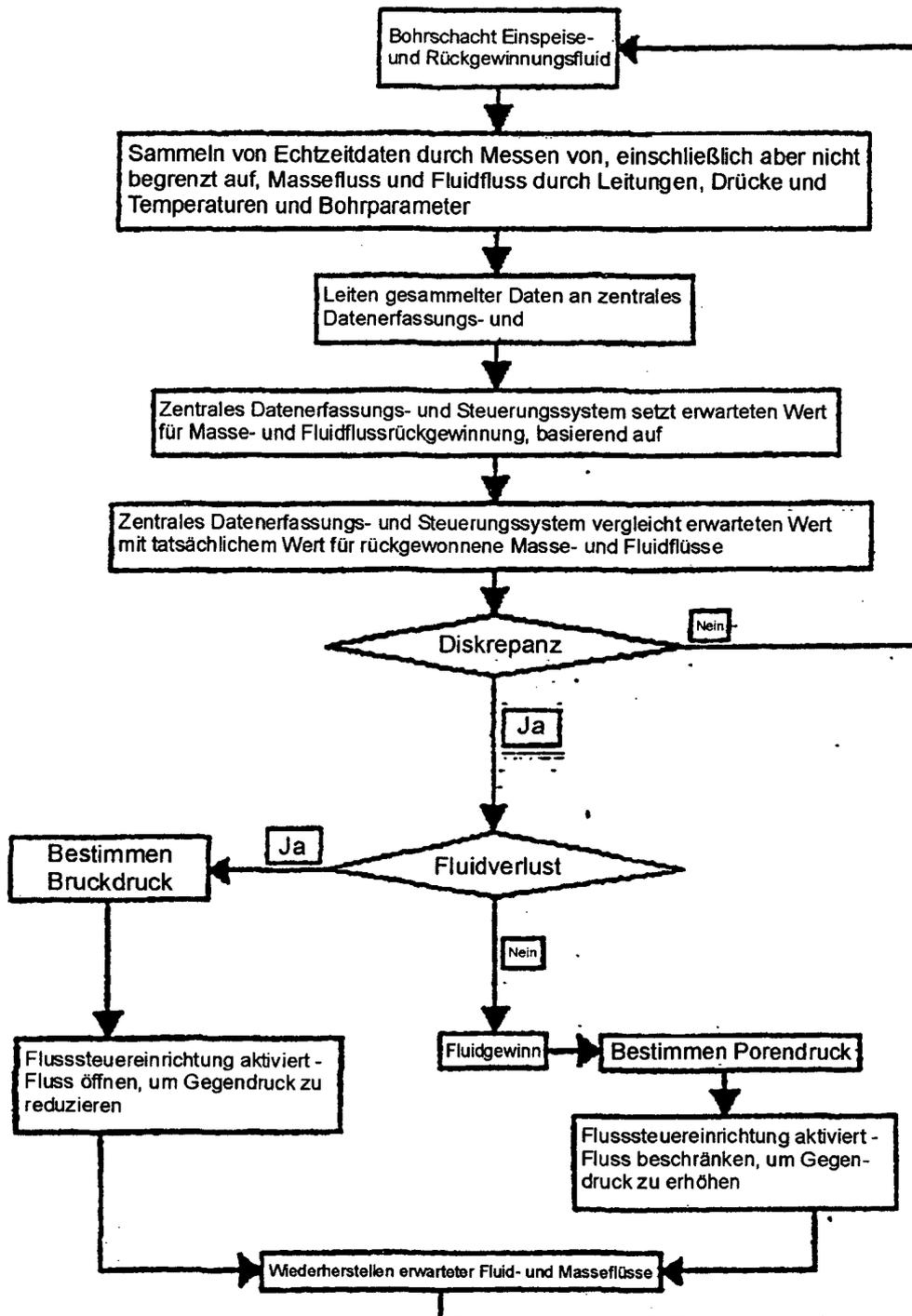


FIG. 8



FIGUR 9

