



(10) **DE 11 2013 007 461 T5** 2016.06.16

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/047247**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2013 007 461.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2013/061668**
(86) PCT-Anmeldetag: **25.09.2013**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.04.2015**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **16.06.2016**

(51) Int Cl.: **E21B 49/10 (2006.01)**
E21B 47/008 (2012.01)

(71) Anmelder:
HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.,
Houston, Tex., US

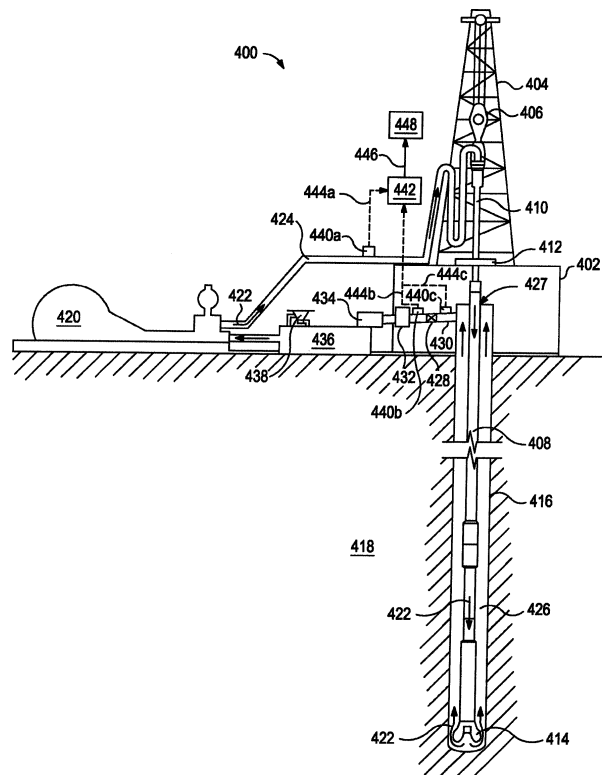
(72) Erfinder:
Mitchell, Ian David Campbell, Spring, Tex., US

(74) Vertreter:
HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zur Echtzeitmessung des Gasgehalts in Bohrfluiden**

(57) Zusammenfassung: Offenbart werden Systeme und Verfahren zum Überwachen von Bohrfluiden in Echtzeit. Ein Verfahren beinhaltet Folgendes: Zirkulieren eines Bohrfluids in ein Bohrloch und daraus heraus, Erzeugen eines ersten Ausgangssignals mit einer ersten optischen Rechenvorrichtung, die nahe einem Auslass des Bohrlochs angeordnet ist, wobei die erste optische Rechenvorrichtung ein erstes integriertes Rechenelement aufweist, das dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid zu interagieren, Empfangen des ersten Ausgangssignals mit einer Signalverarbeitungseinheit, die kommunizierend an die erste optische Rechenvorrichtung gekoppelt ist, Bestimmen der Konzentration eines Gases im Bohrfluid am Auslass des Bohrlochs mit der Signalverarbeitungseinheit und Erzeugen eines resultierenden Ausgangssignals, Leiten des resultierenden Ausgangssignals an eine oder mehrere Peripherievorrichtungen, und Anpassen von einem oder mehreren Bohr- oder Komplettierungsparametern in Reaktion auf die Konzentration des Gases im Bohrfluid.



Beschreibung

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft Systeme und Verfahren zum Überwachen von Bohrfluiden und insbesondere zum Messen des Gasgehalts in Bohrfluiden in Echtzeit mithilfe von optischen Rechenvorrichtungen und Anpassen einer oder mehrerer Bohrparameter in Reaktion darauf.

[0002] Während des Bohrens eines Kohlenwasserstoff produzierenden Bohrlochs wird ein Bohrfluid oder „Schlamm“ kontinuierlich von der Oberfläche bis zur Sohle des gebohrten Bohrlochs und wieder zurück an die Oberfläche zirkuliert. Das Bohrfluid erfüllt mehrere Funktionen, von denen eine der Transport von Bohrklein zur Oberfläche ist, wo es vom Bohrfluid getrennt wird. Eine weitere Funktion des Bohrfluids ist das Kühlen des Bohrmeißels und das Bereitstellen von hydrostatischem Druck an den Wänden des gebohrten Bohrlochs, um ein Einstürzen des Bohrlochs und aufgrund dessen das Eindringen von Gas oder Flüssigkeit aus den gebohrten Formationen zu verhindern.

[0003] Das Analysieren des an die Oberfläche zurückkehrenden Bohrfluids gilt in der Öl- und Gasindustrie als wichtige erste Einschätzung von möglichen kohlenwasserstoffhaltigen Lagerstättenzonen, wodurch wichtige Daten zum Leiten nachfolgender Bewertungen und Tests bereitgestellt werden. Ein solches Analysieren und Testen wird allgemein als „Schlammvermessungsanalyse“ bezeichnet. Durch Schlammvermessung können Lagerstättenzonen bewertet werden, während sie erstmals durchdrungen werden, wodurch Änderungen in der Formation nach dem Bohren, die die Wirksamkeit vieler anderer Bewertungstechniken einschränken können, im Wesentlichen vermieden werden.

[0004] Schlammvermessung beinhaltet häufig Messung und Analyse von Formationsgasen, die im Bohrfluid vorhanden sind, wenn es zur Oberfläche zurückkehrt. Eine solche Analyse kann wertvoll bei der Bereitstellung von Daten zu Kohlenwasserstoff- und Nichtkohlenwasserstoffgasarten sein, die während des Bohrens angetroffen werden können. Insbesondere das Wissen um das Vorhandensein und die Konzentration von Kohlenwasserstoff- und Nichtkohlenwasserstoffgasen in Bohrfluiden stellt eine Angabe zu der Formation bereit, die vor dem Bohrmeißel liegt, und stellt eine Grundlage zum Bestimmen der Durchführbarkeit der Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus dem Bohrloch bereit. Die Informationen, die eine solche Analyse bereitgestellt, sind entscheidend bei der Planung und Entwicklung von Kohlenwasserstofflagerstätten sowie bei der Beurteilung der Kapazität und Leistung einer Lagerstätte.

[0005] Schlammvermessungsanalyse von Bohrfluiden wird in der Regel offline mittels Laboranalysen durchgeführt, die die Extraktion einer Probe des Bohrfluids und einen anschließenden kontrollierten Testvorgang erfordern, der normalerweise an einem separaten Standort durchgeführt wird. Abhängig von der erforderlichen Analyse kann ein solcher Ansatz jedoch Stunden oder Tage in Anspruch nehmen, und auch im besten Fall wird ein Arbeitsvorgang häufig abgeschlossen, bevor die Analyse fertiggestellt wird. Trotz der Offline-Erstellung können rückblickende Analysen in bestimmten Fällen zufriedenstellend sein, erlauben jedoch trotzdem keine Analysemöglichkeiten in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit. Daher kann keine aktive Steuerung der Bohrvorgänge stattfinden, zumindest nicht ohne wesentliche Prozessunterbrechungen während des Wartens auf die Ergebnisse der Analyse. Rückblickende Offline-Analysen können auch dann unbefriedigend sein, wenn die tatsächlichen Charakteristika eines Bohrfluids bestimmt werden sollen, da die Charakteristika der entnommenen Probe des Bohrfluids sich häufig in der Verzögerung zwischen der Probenahme und der Analyse verändern, wodurch die Eigenschaften der Probe keine Anzeige der tatsächlichen chemischen Zusammensetzung oder des tatsächlichen Charakteristikums liefern.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0006] Die folgenden Figuren sollen bestimmte Aspekte der vorliegenden Offenbarung veranschaulichen und sind nicht als ausschließliche Ausführungsformen zu betrachten. Der offenbarte Gegenstand kann beträchtlichen Modifikationen, Abänderungen, Kombinationen und Äquivalenten in Form und Funktion unterliegen, die für Fachleute mit dem Vorteil dieser Offenbarung auf der Hand liegen werden.

[0007] Fig. 1 stellt ein beispielhaftes integriertes Rechenelement gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen dar.

[0008] Fig. 2 stellt eine beispielhafte optische Rechenvorrichtung zum Überwachen eines Fluids gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen dar.

[0009] Fig. 3 stellt eine weitere beispielhafte optische Rechenvorrichtung zum Überwachen eines Fluids gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen dar.

[0010] Fig. 4 stellt eine beispielhafte Bohrlochbohrbaugruppe dar, die eine oder mehrere optische Rechenvorrichtungen zum Überwachen eines Fluids gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen verwenden kann.

[0011] Fig. 5A–Fig. 5D stellen beispielhafte grafische Ausgaben dar, die sich aus der Messung des

Gasgehalts ergeben haben, gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0012] Die vorliegende Offenbarung betrifft Systeme und Verfahren zum Überwachen von Bohrfluiden und insbesondere zum Messen des Gasgehalts in Bohrfluiden in Echtzeit mithilfe von optischen Rechenvorrichtungen und Anpassen einer oder mehrerer Bohrparameter in Reaktion darauf.

[0013] Die hier beschriebenen beispielhaften Systeme und Verfahren verwenden verschiedene Konfigurationen und Anordnungen von optischen Rechenvorrichtungen, die allgemein auch als „optisch-analytische Vorrichtungen“ bezeichnet werden, für die Überwachung eines Fluids wie etwa eines Bohrfluids in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit. Im Betrieb können die beispielhaften Systeme und Verfahren nützlich und in anderer Weise vorteilhaft dabei sein, ein (e) oder mehrere Eigenschaften oder Charakteristika des Fluids zu bestimmen, wie etwa die Art und Konzentration von einem oder mehreren Gasen im Fluid. Die optischen Rechenvorrichtungen können in vorteilhafter Weise Echtzeitfluidüberwachung bereitstellen, die derzeit nicht mit Vorortanalysen an einem Einsatzstandort oder über detailliertere Analysen erreicht werden können, die in einem Labor stattfinden. Ein deutlicher und klarer Vorteil dieser Vorrichtungen liegt darin, dass sie dazu konfiguriert werden können, eine bestimmte interessierende Komponente oder ein bestimmtes interessierendes Charakteristikum eines Fluids zu erkennen und/oder zu messen und dadurch qualitative und/oder quantitative Analysen des Fluids ermöglichen, ohne dass eine Probe extrahiert werden muss und zeitaufwändige Analysen der Probe an einem entfernten Labor durchgeführt werden müssen.

[0014] Die hier offenbarten Systeme und Verfahren können zur Verwendung in der Öl- und Gasindustrie geeignet sein, da die beschriebenen optischen Rechenvorrichtungen ein kosteneffektives, robustes und genaues Mittel zum Überwachen von öl-/gasbezogenen Fluiden wie etwa Bohrfluiden bereitstellen. Insbesondere können sich die Systeme und Verfahren als vorteilhaft bei der Verwendung in der Schlammvermessungsgasanalyse erweisen, wodurch sie einen Strom kontinuierlicher Daten zu den Kohlenwasserstoff- und Nichtkohlenwasserstoffgasarten bereitstellen, auf die während des Bohrens von Bohrlöchern für die Ausbeutung von Kohlenwasserstoffreserven unter der Erdoberfläche gestoßen werden kann. Wenn das Bohrfluid zur Oberfläche zurückkehrt, kann es beispielsweise Kohlenwasserstoffe (und andere Verbindungen) enthalten, die in dem gebohrten Felsen enthalten sind, sowie weitere Kohlenwasserstoffe, die aus der umgebenden Felsformation in das Bohrloch übergegangen sind. Die Echtzeit-

messung der Reichhaltigkeit dieser Gasverbindungen liefert Informationen zum Kohlenwasserstoffgehalt des Felsens.

[0015] Diese Daten können zur Interpretation und Auswertung an Bohrlochpersonal bereitgestellt werden und bei Bedarf kann das Bohrlochpersonal verschiedene Bohr- oder Komplettierungsparameter in Reaktion darauf ändern. Abhängig davon, welche Arten und Konzentrationen von Gasen in dem gebohrten Felsen erkannt werden, kann das Bohrlochpersonal etwa Produktionsventil- und/oder Rückhalteventileinstellungen anpassen, um den Fortschritt des Bohrvorgangs zu regulieren und Bohrloch-Kick mittels früher Kick-Erkennung zu minimieren. In anderen Fällen kann das Bohrlochpersonal Schlamm Eigenschaften ändern, um Bohreffizienz oder Formationsbewertungseffizienz zu optimieren. Andere Bohr- oder Komplettierungsparameter, die vom Bohrlochpersonal nach Auswertung der Daten geändert werden können, beinhalten Ändern eines geplanten Zementierungs- und/oder Fütterungsprogramms und Optimieren einer Bohrlochkomplettierungsauslegung.

[0016] In einigen Fällen können die Daten übermäßige Mengen gefährlicher oder in anderer Weise giftiger Gase aufdecken, die an die Oberfläche zurückgebracht werden. Diese Gase können ein mögliches Gesundheitsrisiko für die Bohrplattformarbeiter und die Umwelt darstellen. In diesen Fällen Bohrlochpersonal die Menge gefährlicher/giftiger Gase aktiv reduzieren, indem es ein oder mehrere korrigierende Additive oder Komponenten in das Bohrfluid einleitet.

[0017] In anderen Fällen können die Daten eine erhöhte Menge nützlicher Kohlenwasserstoffe im gebohrten Bohrloch angeben, etwa in einer bestimmten lateralen Trajektorie des Bohrlochs. In diesen Fällen kann das Bohrlochpersonal den Bohrlochplan und/oder das Geosteering so beeinflussen, dass das resultierende Bohrloch im Wesentlichen in und durch die beobachtete kohlenwasserstoffreiche Lage oder Region gebildet wird. Mit anderen Worten, die geplante Trajektorie des Bohrlochwegs kann beeinflusst oder in anderer Weise durch Geosteering der Bohrausrüstung verändert werden, so dass das Bohrloch einen größeren Teil der kohlenwasserstoffreichen Lage durchdringt, als es anderenfalls durchdrungen hätte.

[0018] Durch das Messen des Gasgehalts direkt im Bohrfluid ist es nicht nötig, zur Schlammvermessungsgasanalyse eine Gasprobe aus dem Fluid zu extrahieren. Dies kann sich als besonders vorteilhaft erweisen, da der Gasextraktionsprozess, der normalerweise in Schlammvermessungsgasanalysen verwendet wird, nicht immer effizient ist, da er von einer Anzahl von Variablen abhängt, zu denen Temperatur, Strömungsmenge, Viskosität, Bohrfluidart usw. gehören. Mithilfe der hier beschriebenen optischen Re-

chenvorrichtungen werden alle diese Variablen wirksam aus der Analyse beseitigt. Durch Reduzieren von Analysevariation kann die Genauigkeit stark zunehmen. Die Zuverlässigkeit verbessert sich ebenfalls, da weniger bewegliche Teile vorliegen. Darüber hinaus reduziert die Verwendung der hier beschriebenen optischen Rechenvorrichtungen die Verzögerung zwischen dem Austreten des Bohrfluids aus dem Bohrlochkopf und dem Verfügbarwerden der Messergebnisse erheblich. Die Aktualisierungsraten können gegenüber traditionellen Extraktionssystemen ebenfalls stark verbessert werden.

[0019] Die optischen Rechenvorrichtungen können an verschiedenen Punkten in einem Bohrfluidzirkulationssystem eingesetzt werden, um das Bohrfluid und seinen zugehörigen Gasgehalt zu überwachen. Abhängig von der Position der jeweiligen optischen Rechenvorrichtung können unterschiedliche Arten von Informationen zu dem Fluid erlangt werden. In einigen Fällen beispielsweise können die optische Rechenvorrichtungen verwendet werden, um die Art und Konzentration von Gasen darin vor und nach dem Zirkulieren des Bohrfluids in ein Bohrloch und daraus heraus zu überwachen. In anderen Fällen können die optischen Rechenvorrichtungen verwendet werden, um eine extrahierte Gasprobe nach ihrer Extraktion mittels eines traditionellen Bohrfluidentnahmeprozesses aus dem Bohrfluid in Echtzeit zu analysieren. In anderen Fällen können die optischen Rechenvorrichtungen verwendet werden, um das Bohrfluid an einer Bohrlochrückhaltevorrückung oder in deren Nähe zu überwachen, um die Echtzeitgaskonzentrationen des Bohrfluids zu erfassen, während das Bohrfluid unter Bohrlochbedingungen zirkuliert.

[0020] Im hier verwendeten Sinne bezeichnet der Begriff „Fluid“ eine beliebige Substanz, die fließen kann, darunter partikelförmige Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase, Suspensionen, Emulsionen, Pulver, Schlämme, Gemische, Kombinationen davon und dergleichen. In einigen Ausführungsformen ist das Fluid ein Bohrfluid oder „Bohrschlamm“, darunter wasserbasierte Bohrfluide, ölbasierte Bohrfluide, synthetische Bohrfluide und dergleichen. In anderen Ausführungsformen kann das Fluid ein Komplettierungsfluid oder ein Reinigungsfluid sein, wie etwa, ohne darauf beschränkt zu sein, Süßwasser, Salzwasser (z. B. Wasser, das ein oder mehrere darin gelöste Salze enthält), Salzsole (z. B. gesättigtes Salzwasser, Chloridsalze, Bromidsalze, Kombinationen davon usw.), Meerwasser, ein Beabstandungsfluid, Basisfluide oder andere auf dem Gebiet bekannte Behandlungsfluide.

[0021] Im hier verwendeten Sinne bezeichnet der Begriff „Charakteristikum“ eine chemische, mechanische oder physische Eigenart des Fluids. Ein Charakteristikum des Fluids kann einen quantitativen Wert oder eine Konzentration von einem oder mehreren

chemischen Inhaltsstoffen oder Verbindungen beinhalten, die im Fluid vorliegen. Diese chemischen Inhaltsstoffe können hier als „Analyte“ bezeichnet werden. Veranschaulichende Charakteristika einer Substanz, die mit den hier offenbarten optischen Rechenvorrichtungen überwacht werden kann, beinhalten beispielsweise chemische Zusammensetzung (z. B. Identität und Konzentration insgesamt oder von einzelnen Komponenten oder Verbindungen), Phasenpräsenz (z. B. Gas, Öl, Wasser usw.), Gehalt an Verunreinigungen, pH, Alkalinität, Viskosität, Dichte, Ionenstärke, Gesamtmenge gelöster Feststoffe, Salzgehalt (z. B. Salinität), Porosität, Transparenz, Bakteriengehalt, Gesamthärte, Kombinationen davon, Aggregatzustand (Feststoff, Flüssigkeit, Gas, Emulsion, Gemische usw.) und dergleichen.

[0022] Darüber hinaus kann der Ausdruck „interessierendes Charakteristikum eines Fluids/in einem Fluid“ hier verwendet werden, um die Konzentration oder das Charakteristikum eines Gases zu bezeichnen, das in dem Fluid enthalten ist oder in anderer Weise darin mitgeführt wird. Beispielhafte Gase, die überwacht oder in anderer Weise mit den optischen Rechenvorrichtungen hinsichtlich ihres Vorliegens im Bohrfluid gemessen werden können, beinhalten beispielsweise, ohne darauf beschränkt zu sein, Methan, Ethan, Propan, n-Butan, n-Pentan, Isobutan, Isopentan, Neopentan, Benzol, Toluol, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff, Essigsäure, Argon, Helium, Sauerstoff, Stickstoff, Wasser, Wasserstoff, Carbonylsulfid, Schwefelkohlenstoff und eine beliebige Kombination davon.

[0023] Im hier verwendeten Sinne bezeichnet der Begriff „Strömungsweg“ eine Route, über die ein Fluid zwischen wenigstens zwei Punkten transportiert werden kann. In einigen Fällen muss der Strömungsweg nicht kontinuierlich oder in anderer Weise zwischen den zwei Punkten ohne Unterbrechung sein. Beispielhafte Strömungswege beinhalten, ohne darauf beschränkt zu sein, eine Durchflussleitung, eine Rohrleitung, ein Produktionsrohr, einen Bohrstrang, einen Arbeitsstrang, ein Futterrohr, ein Bohrloch, einen Ringraum, der zwischen einem Bohrloch und einem beliebigen Rohrelement definiert ist, das in dem Bohrloch angeordnet ist, eine Schlammgrube, eine unterirdische Formation usw., Kombinationen davon oder dergleichen. Es sei angemerkt, dass der Begriff „Strömungsweg“ nicht zwingend impliziert, dass ein Fluid darin strömt, sondern dass ein Fluid darin transportiert oder in anderer Weise strömen kann.

[0024] Im hier verwendeten Sinne bezeichnet der Begriff „elektromagnetische Strahlung“ Funkwellen, Mikrowellenstrahlung, Infrarot- und Nahinfrarotstrahlung, sichtbares Licht, Ultraviolettlicht, Röntgenstrahlung und Gammastrahlung.

[0025] Im hier verwendeten Sinne bezeichnet der Begriff „optische Rechenvorrichtung“ eine optische Vorrichtung, die dazu konfiguriert ist, einen Eingang elektromagnetischer Strahlung im Zusammenhang mit einem Fluid zu empfangen und eine Ausgabe elektromagnetischer Strahlung von einem Verarbeitungselement zu erzeugen, das in der optischen Rechenvorrichtung angeordnet ist. Bei dem Verarbeitungselement kann es sich beispielsweise um ein integriertes Rechenelement (IRE), auch als multivariates optisches Element (MOE) bekannt, handeln, das in der optischen Rechenvorrichtung verwendet wird. Die elektromagnetische Strahlung, die optisch mit dem Verarbeitungselement interagiert, wird derart geändert, dass sie von einem Detektor lesbar ist, derart, dass eine Ausgabe des Detektors mit einem Charakteristikum des Fluids, etwa der Art und Konzentration eines Gases im Fluid, korreliert werden kann. Die Ausgabe elektromagnetischer Strahlung des Verarbeitungselements kann reflektierte elektromagnetische Strahlung, durchgelassene elektromagnetische Strahlung und/oder gestreute elektromagnetische Strahlung sein. Ob der Detektor reflektierte, durchgelassene oder gestreute elektromagnetische Strahlung analysiert, kann von den Strukturparametern der optischen Rechenvorrichtung sowie anderen Aspekten bestimmt werden, die einschlägigen Fachleuten bekannt sind. Außerdem kann auch die Emission und/oder Streuung des Fluids, beispielsweise mittels Fluoreszenz, Lumineszenz, Raman-, Mie- und/oder Raleigh-Streuung von den optischen Rechenvorrichtungen überwacht werden.

[0026] Im hier verwendeten Sinne bezeichnen der Begriff „optisch interagieren“ oder seine Abwandlungen das Reflektieren, Durchlassen, Streuen, Brechen oder Absorbieren von elektromagnetischer Strahlung an, durch oder von einem oder mehreren Verarbeitungselementen (d. h. integrierten Rechenelementen oder multivariaten optischen Elementen), einem Fluid oder einem Gas, das im Fluid vorhanden ist. Entsprechend bezeichnet Licht mit optischer Interaktion elektromagnetische Strahlung, die beispielsweise mithilfe eines Verarbeitungselements reflektiert, durchgelassen, gestreut, gebrochen oder absorbiert, emittiert oder erneut abgestrahlt wurde, kann sich jedoch auch auf Interaktion mit einem Fluid oder einem Gas beziehen, das im Fluid mitgeführt wird.

[0027] Die hier beschriebenen beispielhaften Systeme und Verfahren beinhalten wenigstens eine optische Rechenvorrichtung, die an oder in einem Strömungsweg angeordnet ist, um ein darin enthaltenes Fluid zu überwachen. Jede optische Rechenvorrichtung kann eine elektromagnetische Strahlungsquelle, wenigstens ein Verarbeitungselement (z. B. ein integriertes Rechenelement) und wenigstens einen Detektor beinhalten, der dazu angeordnet, Licht mit optischer Interaktion von dem wenigstens einen Verarbeitungselement oder dem Fluid aufzunehmen. In ei-

nigen Ausführungsformen können die beispielhaften optischen Rechenvorrichtungen speziell zum Erkennen, Analysieren und quantitativen Messen eines bestimmten Charakteristikums des Fluids wie etwa der Art und Konzentration eines im Fluid vorhandenen Gases konfiguriert sein. In anderen Ausführungsformen können die optischen Rechenvorrichtungen allgemeine optische Vorrichtungen sein, wobei Verarbeitung nach der Erfassung (z. B. durch Computer-mittel) verwendet wird, um das Charakteristikum des Fluids im Einzelnen zu erkennen.

[0028] Die vorliegend beschriebenen optischen Rechenvorrichtungen können Berechnungen (Analysen) in Echtzeit oder nahezu Echtzeit durchführen, ohne zeitaufwändige Probenverarbeitung zu benötigen. Darüber hinaus können die optischen Rechenvorrichtungen speziell zum Erkennen und Analysieren bestimmter Charakteristika eines Fluids oder eines im Fluid vorhandenen Gases konfiguriert sein. Auf diese Weise werden Störsignale von den interessierenden Signalen im Fluid durch die angemessene Konfiguration der optischen Rechenvorrichtungen unterschieden, derart, dass die optischen Rechenvorrichtungen eine rasche Reaktion in Bezug auf die Charakteristika des Fluids auf Grundlage des erkannten Ausgangs bereitstellen. In einigen Ausführungsformen kann der erkannte Ausgang in eine Spannung umgewandelt werden, die typisch für die Stärke des Charakteristikums des Fluids ist.

[0029] Die optischen Rechenvorrichtungen können dazu konfiguriert sein, nicht nur die Zusammensetzung und Konzentrationen eines Gases in einem Fluid zu erkennen, sondern können auch dazu konfiguriert sein, physikalische Eigenschaften und andere Charakteristika des Fluids und/oder des Gases auf Grundlage einer Analyse der von dem Fluid und/oder dem Gas empfangenen elektromagnetischen Strahlung zu bestimmen. Beispielsweise können die optischen Rechenvorrichtungen dazu konfiguriert sein, die Konzentration eines Analyts zu bestimmen und die bestimmte Konzentration mit einer Eigenschaft des Fluids zu korrelieren. Es versteht sich, dass die optischen Rechenvorrichtungen auf Wunsch dazu konfiguriert sein können, viele Charakteristika (z. B. Gasverbindungen und ihre jeweiligen Konzentrationen) des Fluids zu erkennen. Alles, das zum Überwachen mehrerer Charakteristika notwendig ist, ist das Einbeziehen geeigneter Verarbeitungs- und Erkennungsmittel für jedes Charakteristikum in die optische Rechenvorrichtung. In einigen Ausführungsformen können die Eigenschaften des Fluids eine Kombination der Eigenschaften der Analyten darin sein (z. B. eine lineare, nichtlineare, logarithmische und/oder exponentielle Kombination). Je mehr Charakteristika und Analyte mithilfe der optischen Rechenvorrichtungen erkannt und analysiert werden desto genauer werden daher die Eigenschaften des jeweiligen Fluids und/oder Gases bestimmt.

[0030] Die hier beschriebenen optischen Rechen-
vorrichtungen nutzen elektromagnetische Strahlung
zum Durchführen von Berechnungen, anders als fest
verdrahtete Schaltungen üblicher elektronischer Pro-
zessoren. Wenn elektromagnetische Strahlung mit
einem Fluid interagiert, werden einzigartige physi-
kalische und chemische Informationen zu dem Flu-
id in der elektromagnetischen Strahlung codiert, die
von dem Fluid reflektiert, durchgelassen oder abge-
strahlt wird. Diese Informationen werden oft als spek-
traler „Fingerabdruck“ des Fluids bezeichnet. Die hier
beschriebenen optischen Rechenvorrichtungen kön-
nen die Informationen des spektralen Fingerabdrucks
mehrerer Charakteristika oder Analyte in einem Flu-
id extrahieren und diese Informationen in eine er-
fassbare Ausgabe zu einer oder mehreren Charak-
teristika des Fluids oder eines im Fluid vorhandenen
Gases umwandeln. Durch geeignete Konfigurationen
der optischen Rechenvorrichtungen kann also elek-
tromagnetische Strahlung, die einem Charakteristi-
kum oder einem interessierenden Analyt eines Fluids
zugeordnet ist, von elektromagnetischer Strahlung
getrennt werden, die allen anderen Komponenten
des Fluids zugeordnet ist, um die Eigenschaften des
Fluids in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit zu schät-
zen.

[0031] Die Verarbeitungselemente, die in den hier
beschriebenen beispielhaften optischen Rechen-
vorrichtungen verwendet werden, können als integrierte
Rechenelemente (IRE) charakterisiert werden. Je-
des IRE kann elektromagnetische Strahlung im Zu-
sammenhang mit dem interessierenden Charakteris-
tikum von elektromagnetischer Strahlung im Zusam-
menhang mit anderen Komponenten eines Fluids un-
terscheiden. Bezug nehmend auf **Fig. 1** zeigt diese
ein beispielhaftes IRE **100**, das zur Verwendung in
den optischen Rechenvorrichtungen geeignet ist, die
in den hier beschriebenen Systemen und Verfahren
verwendet werden. Wie dargestellt, kann das IRE **100**
eine Vielzahl von alternierenden Schichten **102** und
104 wie etwa Silizium (Si) bzw. SiO_2 (Quarz) beinhal-
ten. Allgemein bestehen diese Schichten **102**, **104**
aus Materialien, deren Brechungsindex jeweils hoch
bzw. niedrig ist. Andere Beispiele können Nioboxid
und Niob, Germanium und Germaniumdioxid, MgF,
 SiO und andere auf dem Gebiet bekannte Materi-
alien mit hohem und niedrigem Index beinhalten. Die
Schichten **102**, **104** können strategisch auf einem op-
tischen Substrat **106** abgeschieden sein. In einigen
Ausführungsformen ist das optische Substrat **106** op-
tisches BK-7-Glas. In anderen Ausführungsformen
kann das optische Substrat **106** eine andere Art von
optischem Substrat sein, etwa Quarz, Saphir, Sili-
zium, Germanium, Zinkselenid, Zinksulfid oder ver-
schiedene Kunststoffe wie Polycarbonat, Polyme-
thylmethacrylat (PMMA), Polyvinylchlorid (PVC), Dia-
mant, Keramik, Kombinationen davon und derglei-
chen.

[0032] Am gegenüberliegenden Ende (z. B. gegen-
über dem optischen Substrat **106** aus **Fig. 1**) kann
das IRE **100** eine Schicht **108** beinhalten, die allge-
mein der Umgebung der Vorrichtung oder Installa-
tion ausgesetzt ist. Die Anzahl von Schichten **102**,
104 und die Dicke jeder Schicht **102**, **104** werden an-
hand von spektralen Attributen bestimmt, die aus ei-
ner spektroskopischen Analyse eines Charakteristi-
kums des Fluids mithilfe eines üblichen spektrosko-
pischen Instruments erlangt werden. Das interessie-
rende Spektrum eines jeweiligen Charakteristikums
beinhaltet in der Regel eine beliebige Anzahl un-
terschiedlicher Wellenlängen. Es versteht sich, dass
das beispielhafte IRE **100** aus **Fig. 1** in Wirklichkeit
kein bestimmtes Charakteristikum eines gegebenen
Fluids darstellt, sondern nur der Veranschaulichung
dient. Somit stehen die Anzahl von Schichten **102**,
104 und ihre relativen Dicken, wie in **Fig. 1** gezei-
gt, nicht mit einem bestimmten Charakteristikum in Zu-
sammenhang. Auch sind die Schichten **102**, **104** und
ihre relativen Dicken nicht unbedingt maßstabsgetreu
gezeichnet und sind daher nicht als Einschränkung
der vorliegenden Offenbarung zu verstehen. Darüber
hinaus werden einschlägige Fachleute ohne Weiteres
erkennen, dass die Materialien, die die einzelnen
Schichten **102**, **104** bilden (d. h. Si und SiO_2), abhän-
gig von der Anwendung, den Materialkosten und/oder
der Eignung des Materials für ein jeweiliges Fluid va-
riieren können.

[0033] In einigen Ausführungsformen kann das Ma-
terial der einzelnen Schichten **102**, **104** dotiert sein,
oder zwei oder mehr Materialien können in einer Wei-
se kombiniert werden, um das optische Charakteris-
tikum zu erzielen. Neben Feststoffen kann das bei-
spielhafte IRE **100** auch Flüssigkeiten und/oder Ga-
se enthalten, wahlweise in Kombination mit Feststof-
fen, um ein gewünschtes optisches Charakteristikum
zu erzeugen. Im Fall von Gasen und Flüssigkeiten
kann das IRE **100** einen entsprechenden Behälter
(nicht dargestellt) enthalten, in dem die Gase oder
Flüssigkeiten aufgenommen sind. Beispielhafte Va-
riationen des IRE **100** können auch holografische
optische Elemente, Gitter, piezoelektrische Eleme-
nte, Hohllichtleiter, digitale Hohllichtleiter (DLP, digital
light pipe) und/oder akustisch-optische Elemente be-
inhalten, die beispielsweise Durchlass-, Reflexions-
und/oder absorbierende interessierende Eigenschaf-
ten erzeugen können.

[0034] Die mehreren Schichten **102**, **104** weisen
verschiedene Brechungsindizes auf. Durch geeigne-
tes Auswählen der Materialien der Schichten **102**,
104 und ihrer relativen Dicke und ihres Abstands
kann das IRE **100** dazu konfiguriert sein, vorgege-
bene Anteile von elektromagnetischer Strahlung auf
verschiedenen Wellenlängen durchzulassen/zu re-
flektieren/zu brechen. Jede Wellenlänge erhält ei-
nen vorgegebenen Gewichtungsfaktor. Die Dicke und
der Abstand der Schichten **102**,

104 kann anhand verschiedener Näherungsverfahren vom Spektrografen des interessierenden Charakteristikums oder des Analyts bestimmt werden. Diese Verfahren können inverse Fourier-Transformation (IFT) des optischen Übertragungsspektrums und Strukturieren des IRE **100** als physikalische Darstellung der IFT beinhalten. Die Näherungen wandeln die IFT auf Grundlage bekannter Materialien mit konstanten Brechungsindizes in eine Struktur um.

[0035] Die Gewichtungen, die die Schichten **102**, **104** des IRE **100** auf jeder Wellenlänge anwenden, sind auf die Regressionsgewichtungen festgelegt, die in Bezug auf eine bekannte Gleichung oder Daten oder Spektralsignatur beschrieben werden. Kurz gesagt kann das IRE **100** dazu konfiguriert sein, für jede Wellenlänge das Punktprodukt des in das IRE **100** eingespeisten Lichtstrahls und eines gewünschten geladenen Regressionsvektors, der durch die einzelnen Schichten **102**, **104** dargestellt wird, auszuführen. Auf diese Weise hängt die Ausgabelichtstärke des IRE **100** mit dem interessierenden Charakteristikum oder dem Analyt zusammen.

[0036] Bezug nehmend auf **Fig. 2** stellt diese eine beispielhafte optische Rechenvorrichtung **200** zum Überwachen eines Fluids **202** gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen dar. In der dargestellten Ausführungsform kann das Fluid **202** in einem beispielhaften Strömungsweg **204** enthalten sein oder in anderer Weise darin strömen. Der Strömungsweg **204** kann eine Durchflussleitung, eine Rohrleitung, ein Bohrloch, ein in einem Bohrloch definierter Ringraum oder beliebige Durchflussleitungen oder Rohrleitungen sein, die sich zu/von einem Bohrloch erstrecken. Das Fluid **202** im Strömungsweg **204** kann in der allgemeinen Richtung strömen, die durch die Pfeile A angezeigt ist (d. h. von stromaufwärts nach stromabwärts). Abschnitte des Strömungswegs **204** können im Wesentlichen vertikal, im Wesentlichen horizontal oder in einer beliebigen Richtungskonfiguration dazwischen angeordnet sein, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen.

[0037] Die optische Rechenvorrichtung **200** kann dazu konfiguriert sein, ein interessierendes Charakteristikum im Fluid **202** zu bestimmen, etwa die Art und/oder Konzentration eines im Fluid **202** vorhandenen Gases. In einigen Ausführungsformen kann die Vorrichtung **200** eine elektromagnetische Strahlungsquelle **208** beinhalten, die dazu konfiguriert ist, elektromagnetische Strahlung **210** zu emittieren oder in anderer Weise zu erzeugen. Die elektromagnetische Strahlungsquelle **208** kann eine beliebige Vorrichtung sein, die elektromagnetische Strahlung wie hier definiert emittieren oder erzeugen kann. Beispielsweise kann die elektromagnetische Strahlungsquelle **208** eine Glühbirne, eine Leuchtdiode (LED), ein Laser, ein Schwarzkörper, ein photonischer Kristall, eine Röntgenquelle, Kombinationen davon oder der-

gleichen sein. In einigen Ausführungsformen kann eine Linse **212** dazu konfiguriert sein, die elektromagnetische Strahlung **210** aufzufangen oder in anderer Weise zu empfangen und einen Strahl **214** elektromagnetischer Strahlung **210** zum Fluid **202** zu lenken. Die Linse **212** kann eine beliebige Art von optischer Vorrichtung sein, die dazu konfiguriert ist, die elektromagnetische Strahlung **210** durchzulassen oder in anderer Weise wie gewünscht zu übertragen wie etwa eine normale Linse, eine Fresnel-Linse, ein beugendes optisches Element, ein holografisches grafisches Element, ein Spiegel (z. B. ein Fokussierspiegel) oder eine Art Kollimator. In anderen Ausführungsformen kann die Linse **212** aus der Vorrichtung **200** wegfallen, und die elektromagnetische Strahlung **210** kann stattdessen direkt von der elektromagnetischen Strahlungsquelle **208** zum Fluid **202** gelenkt werden.

[0038] In einer oder mehreren Ausführungsformen kann die Vorrichtung **200** auch ein Abtastfenster **216** beinhalten, das benachbart zu dem Fluid **202** angeordnet ist oder in anderer Weise zu Erkennungszwecken damit in Kontakt steht. Das Abtastfenster **216** kann aus verschiedenen transparenten, starren oder halbstarren Materialien hergestellt sein, die dazu konfiguriert sind, das Durchlassen der elektromagnetischen Strahlung **210** zuzulassen. Beispielsweise kann das Abtastfenster **216**, ohne darauf beschränkt zu sein, aus Glasen, Kunststoffen, Halbleitern, Kristallmaterialien, Polykristallmaterialien, heiß- oder kaltverpressten Pulvern, Kombinationen davon oder dergleichen hergestellt sein. Wenn die elektromagnetische Strahlung **210** durch das Abtastfenster **216** getreten ist, trifft sie auf das Fluid **202** und interagiert optisch damit. Auf diese Weise wird Strahlung mit optischer Interaktion **218** von dem Fluid **202** erzeugt und reflektiert. Einschlägige Fachleute werden jedoch erkennen, dass alternative Abwandlungen der Vorrichtung **200** zulassen können, dass die Strahlung mit optischer Interaktion **218** erzeugt wird, indem sie von dem Fluid **202** durchgelassen, gestreut, gebrochen, absorbiert, emittiert oder erneut abgestrahlt wird, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen.

[0039] Die Strahlung mit optischer Interaktion **218**, die durch die Interaktion mit dem Fluid **202** erzeugt wird, kann zu einem IRE **220**, das in der Vorrichtung **200** angeordnet ist, gelenkt werden oder in anderer Weise davon empfangen werden. Das IRE **220** kann eine Spektralkomponente sein, die im Wesentlichen dem IRE **100** gleicht, das oben unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben wurde. Entsprechend kann das IRE **220** im Betrieb dazu konfiguriert sein, die Strahlung mit optischer Interaktion **218** zu empfangen und modifizierte elektromagnetische Strahlung **222** zu erzeugen, die einem bestimmten Charakteristikum des Fluids **202** entspricht. Insbesondere ist die modifizierte elektromagnetische Strahlung **222** elektroma-

netische Strahlung, die optisch mit dem IRE **220** interagiert hat, wodurch eine Näherung des Regressionsvektors, der dem Charakteristikum des Fluids **202** entspricht, erlangt wird.

[0040] Obwohl Fig. 2 darstellt, dass das IRE **220** reflektierte elektromagnetische Strahlung von dem Fluid **202** empfängt, kann das IRE **220** an einem beliebigen Punkt an der optischen Folge der Vorrichtung **200** angeordnet sein, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen. Beispielsweise kann das IRE **220** in einer oder mehreren Ausführungsformen (wie durch gestrichelte Linien gezeigt) in der optischen Folge vor dem Abtastfenster **216** angeordnet sein und in gleicher Weise im Wesentlichen die gleichen Ergebnisse erzielen. In anderen Ausführungsformen kann das IRE **220** die modifizierte elektromagnetische Strahlung **222** durch Reflexion anstelle von Durchlassen erzeugen.

[0041] Darüber hinaus ist zwar nur ein IRE **220** in der Vorrichtung **200** gezeigt, doch sind hier Ausführungsformen vorgesehen, die die Verwendung von wenigstens zwei IRE-Komponenten in der Vorrichtung **200** beinhalten, die dazu konfiguriert sind, zusammenwirkend das interessierende Charakteristikum im Fluid **202** zu bestimmen. Beispielsweise können zwei oder mehr IRE in Reihe oder parallel in der Vorrichtung **200** angeordnet und dazu konfiguriert sein, die Strahlung mit optischer Interaktion **218** zu empfangen und dadurch Empfindlichkeiten und Detektorbegrenzungen der Vorrichtung **200** zu verbessern. In anderen Ausführungsformen können zwei oder mehr IRE an einer beweglichen Baugruppe angeordnet sein, etwa einer Drehscheibe oder einem linearen Schwingungsarray, die bzw. das sich derart bewegt, dass die einzelnen IRE-Komponenten der elektromagnetischen Strahlung für einen bestimmten kurzen Zeitraum ausgesetzt werden oder in anderer Weise optisch damit interagieren können. Die zwei oder mehr IRE-Komponenten können in beliebigen dieser Ausführungsformen dazu konfiguriert sein, dem interessierenden Charakteristikum im Fluid **202** zugeordnet oder nicht zugeordnet zu sein. In anderen Ausführungsformen können die zwei oder mehr IRE dazu konfiguriert sein, mit dem interessierenden Charakteristikum im Fluid **202** positiv oder negativ korreliert zu sein.

[0042] In einigen Ausführungsformen kann es wünschenswert sein, mehr als ein interessierendes Charakteristikum auf einmal mit der Vorrichtung **200** zu überwachen, indem beispielsweise mehrere Arten oder Verbindungen von Gasen im Fluid **202** erkannt werden. In diesen Ausführungsformen können verschiedene Konfigurationen für mehrere IRE-Komponenten verwendet werden, wobei jede IRE-Komponente dazu konfiguriert ist, ein bestimmtes und/oder separates interessierendes Charakteristikum zu erkennen. In einigen Ausführungsformen kann das

Charakteristikum sequenziell mithilfe mehrerer IRE-Komponenten analysiert werden, an die ein einzelner Strahl elektromagnetischer Strahlung bereitgestellt wird, der von dem Fluid **202** reflektiert oder durchgelassen wird. In einigen Ausführungsformen können mehrere IRE-Komponenten auf einer Drehscheibe angeordnet sein, wobei die einzelnen IRE-Komponenten dem Strahl elektromagnetischer Strahlung nur für eine kurze Zeit ausgesetzt werden. Vorteile dieses Ansatzes können die Fähigkeit beinhalten, mehrere Charakteristika des Fluids **202** mit einer einzelnen optischen Rechenvorrichtung **200** zu analysieren, sowie die Möglichkeit, weitere Charakteristika (z. B. Arten oder Verbindungen von Gasen im Fluid **202**) zu prüfen, indem einfach weitere IRE-Komponenten zur Drehscheibe hinzugefügt werden.

[0043] In anderen Ausführungsformen können mehrere optische Rechenvorrichtungen an einer einzelnen Position am Strömungsweg **204** angeordnet werden, wobei jede optische Rechenvorrichtung ein eigenes IRE enthält, das dazu konfiguriert ist, ein bestimmtes interessierendes Charakteristikum im Fluid **202** zu erkennen. In diesen Ausführungsformen kann ein Strahlteiler einen Teil der elektromagnetischen Strahlung ablenken, die von dem Fluid **202** in jede optische Rechenvorrichtung reflektiert, emittiert oder durchgelassen wird. Die einzelnen optischen Rechenvorrichtungen können wiederum an einen entsprechenden Detektor oder ein Detektor-Array gekoppelt sein, der bzw. das dazu konfiguriert ist, eine Ausgabe der elektromagnetischen Strahlung aus der jeweiligen optischen Rechenvorrichtung zu erkennen und zu analysieren. Parallelkonfigurationen von optischen Rechenvorrichtungen können besonders für Anwendungen nützlich sein, die Eingänge mit niedriger Leistung und/oder keine beweglichen Teile verlangen.

[0044] Einschlägige Fachleute werden verstehen, dass beliebige der vorstehenden Konfigurationen in beliebigen der vorliegenden Ausführungsformen außerdem in Kombination mit einer Reihenkonfiguration verwendet werden können. Beispielsweise können zwei optische Rechenvorrichtungen mit einer Drehscheibe mit einer Vielzahl von darauf angeordneten IRE-Komponenten in Reihe angeordnet werden, um eine Analyse an einer einzelnen Position entlang dem Strömungsweg **204** durchzuführen. Ebenso können mehrere Erkennungsstationen, die jeweils parallel angeordnete optische Rechenvorrichtungen enthalten, in Reihe angeordnet werden, um eine ähnliche Analyse durchzuführen.

[0045] Die modifizierte elektromagnetische Strahlung **222**, die vom IRE **220** erzeugt wird, kann anschließend zur Quantifizierung des Signals an einen Detektor **224** geleitet werden. Der Detektor **224** kann eine beliebige Vorrichtung sein, die elektromagnetische Strahlung erkennen kann, und kann allgemein

als ein optischer Messwandler charakterisiert werden. In einigen Ausführungsformen kann der Detektor **224**, ohne darauf beschränkt zu sein, ein Wärmedetektor wie etwa eine Thermosäule oder ein fotoakustischer Detektor, ein Halbleiterdetektor, ein piezoelektrischer Detektor, ein Detektor mit ladungsgespalteter Vorrichtung (CCD, charge coupled device), ein Video- oder Array-Detektor, ein geteilter Detektor, ein Photonendetektor (etwa ein Photoelektronenvervielfacher), Fotodioden, Kombinationen davon oder dergleichen oder andere Detektoren sein, die einschlägigen Fachleuten bekannt sind.

[0046] In einigen Ausführungsformen kann der Detektor **224** dazu konfiguriert sein, ein Ausgangssignal **226** in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit in der Form einer Spannung (oder eines Stroms) zu erzeugen, das dem bestimmten interessierenden Charakteristikum im Fluid **202** entspricht. Die vom Detektor **224** zurückgegebene Spannung ist im Wesentlichen ein Punktprodukt der optischen Interaktion der Strahlung mit optischer Interaktion **218** mit dem jeweiligen IRE **220** in Abhängigkeit von der Konzentration des interessierenden Charakteristikums des Fluids **202**. Auf diese Weise können das Ausgangssignal **226**, das vom Detektor **224** erzeugt wird, und die Konzentration der Eigenschaft in einer direkt proportionalen Beziehung stehen. In anderen Ausführungsformen kann die Beziehung jedoch einer Polynomfunktion, einer Exponentialfunktion, einer logarithmischen Funktion und/oder einer Kombination davon entsprechen.

[0047] In einigen Ausführungsformen kann die Vorrichtung **200** einen zweiten Detektor **228** beinhalten, der ähnlich wie der erste Detektor **224** sein kann, indem er eine beliebige Vorrichtung sein kann, die elektromagnetische Strahlung erkennen kann. Der zweite Detektor **228** kann dazu verwendet werden, Strahlungsabweichungen zu erkennen, die von der elektromagnetischen Strahlungsquelle **208** herrühren. Unerwünschte Strahlungsabweichungen in der Stärke der elektromagnetischen Strahlung **210** können aus vielen verschiedenen Gründen auftreten und verschiedene negative Auswirkungen auf die Vorrichtung **200** haben. Diese negativen Auswirkungen können besonders für Messungen über Zeiträume hinweg nachteilig sein. In einigen Ausführungsformen können Strahlungsabweichungen aufgrund des Aufbaus von Film oder Material am Abtastfenster **216** auftreten, das derart wirkt, dass es die Menge und Qualität des Lichts reduziert, das schließlich den ersten Detektor **224** erreicht. Ohne angemessene Korrektur können Strahlungsabweichungen zu falschen Messwerten führen, und das Ausgangssignal **226** stünde dann nicht mehr primär oder genau mit dem interessierenden Charakteristikum in Beziehung.

[0048] Um diese Arten unerwünschter Auswirkungen zu korrigieren, kann der zweite Detektor **228** dazu konfiguriert sein, ein Korrektursignal **230** zu er-

zeugen, das allgemein die Strahlungsabweichungen der elektromagnetischen Strahlungsquelle **208** angibt, und dadurch das Ausgangssignal **226** zu normieren, das vom ersten Detektor **224** erzeugt wird. Wie dargestellt, kann der zweite Detektor **228** dazu konfiguriert sein, einen Teil der Strahlung mit optischer Interaktion **218** über einen Strahlteiler **232** zu empfangen, um die Strahlungsabweichungen zu erkennen. In anderen Ausführungsformen jedoch kann der zweite Detektor **228** dazu angeordnet sein, elektromagnetische Strahlung von einem beliebigen Abschnitt der optischen Folge in der Vorrichtung **200** zu empfangen, um die Strahlungsabweichungen zu erkennen, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen.

[0049] In einigen Anwendungen können das Ausgangssignal **226** und das Korrektursignal **230** an eine Signalverarbeitungseinheit **234**, die kommunizierend an beide Detektoren **224**, **228** gekoppelt ist, gesendet oder in anderer Weise davon empfangen werden. Die Signalverarbeitungseinheit **234** kann ein Computer mit einem Prozessor und einem maschinenlesbaren Speichermedium sein, auf dem Anweisungen gespeichert sind, die bei Ausführung durch den Prozessor **234** die optische Rechenvorrichtung **200** veranlassen, eine Anzahl von Vorgängen auszuführen, etwa das Bestimmen eines interessierenden Charakteristikums des Fluids **202**. Beispielsweise kann die Konzentration jedes Charakteristikums, die mit der optischen Rechenvorrichtung **200** erkannt wurde, in einen Algorithmus eingespeist werden, der von der Signalverarbeitungseinheit **234** ausgeführt wird. Der Algorithmus kann Teil eines künstlichen neuronalen Netzes sein, das dazu konfiguriert ist, die Konzentration jedes erkannten Charakteristikums zum Bewerten des Gesamtcharakteristikums /der Gesamtcharakteristika oder -qualität des Fluids **202** zu verwenden.

[0050] Die Signalverarbeitungseinheit **234** kann auch dazu konfiguriert sein, das Korrektursignal **230** rechnerisch mit dem Ausgangssignal **226** zu kombinieren, um das Ausgangssignal **226** in Bezug auf Strahlungsabweichungen zu normieren, die von dem zweiten Detektor **228** erkannt werden. Das rechnerische Kombinieren der Ausgangs- und Korrektursignale **226**, **230** kann das Berechnen eines Verhältnisses der zwei Signale **226**, **230** mit sich bringen. Beispielsweise kann die Konzentration oder Größe jedes Charakteristikums, die mit der optischen Rechenvorrichtung **200** bestimmt wurde, in einen Algorithmus eingespeist werden, der von der Signalverarbeitungseinheit **234** ausgeführt wird. Der Algorithmus kann dazu konfiguriert sein, Vorhersagen dazu zu treffen, wie die Charakteristika des Fluids **202** sich verändern, wenn die Konzentrationen von einer oder mehreren Komponenten oder Additiven relativ zueinander geändert werden.

[0051] Die Signalverarbeitungseinheit **234** kann dazu konfiguriert sein, in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit ein resultierendes Ausgangssignal **236** bereitzustellen, das dem interessierenden Charakteristikum im Fluid **202** entspricht, etwa der Konzentration eines Gases im Fluid **202**. Das resultierende Ausgangssignal **236** kann von einem Bediener lesbar sein, der die Ergebnisse auswerten und geeignete Anpassungen oder bei Bedarf notwendige Maßnahmen vornehmen kann. In einigen Ausführungsformen kann der resultierende Signalausgang **236** drahtgebunden oder drahtlos zur Auswertung an einen Bediener übermittelt werden. In anderen Ausführungsformen kann das resultierende Ausgangssignal **236** von der Signalverarbeitungseinheit **234** als innerhalb oder außerhalb eines vorgegebenen oder vorprogrammierten Bereichs des geeigneten Betriebs liegend erkannt werden, und der Bediener kann über einen Messwert außerhalb des Bereichs informiert werden, damit Korrekturmaßnahmen ergriffen werden können, oder er kann in anderer Weise autonom die geeignete Korrekturmaßnahme ergreifen, derart, dass das resultierende Ausgangssignal **236** zu einem Wert innerhalb des vorgegebenen oder vorprogrammierten Bereichs des geeigneten Betriebs zurückkehrt.

[0052] Bezug nehmend auf **Fig. 3** stellt diese eine weitere beispielhafte optische Rechenvorrichtung **300** zum Überwachen eines Fluids **202** gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen dar. Die optische Rechenvorrichtung **300** kann in einigen Aspekten der optischen Rechenvorrichtung **200** aus **Fig. 2** gleichen und lässt sich daher unter Bezugnahme auf diese am besten nachvollziehen, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen, die nicht erneut beschrieben werden. Die optische Rechenvorrichtung **300** kann wieder dazu konfiguriert sein, die Konzentration eines interessierenden Charakteristikums im Fluid **202** zu bestimmen, etwa die Konzentration eines Gases im Fluid **202**, das im Strömungsweg **204** enthalten ist. Anders als die Vorrichtung **200** aus **Fig. 2** kann die optische Rechenvorrichtung **300** aus **Fig. 3** jedoch dazu konfiguriert sein, die elektromagnetische Strahlung **210** über ein erstes Abtastfenster **302a** und ein zweites Abtastfenster **302b**, das radial gegenüber dem ersten Abtastfenster **302a** im Strömungsweg **204** angeordnet ist, durch das Fluid **202** durchzulassen. Das erste und zweite Abtastfenster **302a, b** können dem Abtastfenster **216** gleichen, das oben in **Fig. 2** beschrieben wurde, und werden daher nicht erneut beschrieben.

[0053] Wenn die elektromagnetische Strahlung **210** über das erste und zweite Abtastfenster **302a, b** durch das Fluid **202** tritt, interagiert sie optisch mit dem Fluid **202**, und anschließend wird Strahlung mit optischer Interaktion **218** an das IRE **220**, das in der Vorrichtung **300** angeordnet ist, gelenkt oder in anderer Weise davon empfangen. Wiederum ist zu be-

achten, dass **Fig. 3** das IRE **220** derart darstellt, dass es Strahlung mit optischer Interaktion **218** empfängt, die durch die Abtastfenster **302a, b** durchgelassen wird, dass jedoch das IRE **220** an einem beliebigen Punkt an der optischen Folge der Vorrichtung **300** angeordnet sein kann, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen. Beispielsweise kann das IRE **220** in einer oder mehreren Ausführungsformen in der optischen Folge vor dem ersten Abtastfenster **302a** angeordnet sein und in gleicher Weise im Wesentlichen die gleichen Ergebnisse erzielen. In wieder anderen Ausführungsformen kann das IRE **220** die modifizierte elektromagnetische Strahlung **222** durch Reflexion anstelle von Durchlassen erzeugen. Außerdem, wie bei Vorrichtung **200** aus **Fig. 2**, sind Ausführungsformen vorgesehen, die die Verwendung von wenigstens zwei IRE-Komponenten in der Vorrichtung **300** beinhalten, die dazu konfiguriert sind, zusammenwirkend das interessierende Charakteristikum im Fluid **202** zu bestimmen.

[0054] Die modifizierte elektromagnetische Strahlung **222**, die von dem IRE **220** erzeugt wird, wird anschließend zur Quantifizierung des Signals und zur Erzeugung des Ausgangssignals **226**, das dem bestimmten interessierenden Charakteristikum im Fluid **202** entspricht, an den Detektor **224** geleitet. Die Vorrichtung **300** kann auch den zweiten Detektor **228** zum Erkennen von Strahlungsabweichungen beinhalten, die von der elektromagnetischen Strahlungsquelle **208** herrühren. Wie dargestellt, kann der zweite Detektor **228** dazu konfiguriert sein, einen Teil der Strahlung mit optischer Interaktion **218** über den Strahlteiler **232** zu empfangen, um die Strahlungsabweichungen zu erkennen. Das Ausgangssignal **226** und das Korrektursignal **230** können dann an die Signalverarbeitungseinheit **234** geleitet oder in anderer Weise davon empfangen werden, die die zwei Signale **230, 226** rechnerisch kombinieren und in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit das resultierende Ausgangssignal **236** bereitstellen kann, das der Konzentration des interessierenden Charakteristikums im Fluid **202** entspricht.

[0055] Einschlägige Fachleute werden ohne Weiteres die verschiedenen und zahlreichen Anwendungen erkennen, für die die optischen Rechenvorrichtungen **200, 300** und verschiedene alternative Konfigurationen derselben in geeigneter Weise verwendet werden können. Bezug nehmend auf **Fig. 4** stellt diese etwa eine beispielhafte Bohrlochbohrbaugruppe **400** dar, die eine oder mehrere hier beschriebene optische Rechenvorrichtungen verwenden kann, um ein Bohrfluid oder ein Komplettierungsfluid zu überwachen, gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen. Die Bohrbaugruppe **400** kann eine Bohrplattform **402** beinhalten, die einen Bohrturm **404** mit einem Kranblock **406** zum Anheben und Absenken eines Bohrstrangs **408** trägt. Eine Mitnehmerstange **410** trägt den Bohrstrang **408**, während er durch

einen Drehtisch **412** hindurch abgesenkt wird. Ein Bohrmeißel **414** ist am distalen Ende des Bohrstrangs **408** angebracht und wird entweder durch einen Untertagemotor und/oder mittels Drehung des Bohrstrangs **408** von der Bohrlochoberfläche angetrieben. Während sich der Bohrmeißel **414** dreht, erzeugt er ein Bohrloch **416**, das durch verschiedene unterirdische Formationen **418** dringt.

[0056] Eine Pumpe **420** (z. B. Schlammpumpe) zirkuliert Bohrfluid **422** durch ein Speiserohr **424** und zur Mitnehmerstange **410**, die das Bohrfluid **422** durch eine Innenleitung, die im Bohrstrang **408** definiert ist, und durch eine oder mehrere Öffnungen im Bohrmeißel **414** ins Bohrloch leitet. Das Bohrfluid **422** wird dann über einen Ringraum **426**, der zwischen dem Bohrstrang **408** und den Wänden des Bohrlochs **416** definiert ist, zurück zur Oberfläche zirkuliert. Das Bohrfluid **422** stellt hydrostatischen Druck bereit, um zu verhindern, dass Formationsfluide in das Bohrloch **416** eindringen, und hält den Bohrmeißel **414** während des Bohrens kühl und sauber. Das Bohrfluid **422** dient auch dazu, Bohrklein und Feststoffe aus dem Bohrloch **416** zu tragen und das Bohrklein und die Feststoffe zu suspendieren, während das Bohren anhält und/oder wenn der Bohrmeißel **414** in das Bohrloch **416** eingebracht und daraus herausgeholt wird.

[0057] Wenn das verbrauchte Bohrfluid **422** zur Oberfläche zurückkehrt, kann es am Bohrlochkopf **427** aus dem Ringraum **426** austreten und dann über eine Verbindungsdurchflussleitung **430** durch einen oder mehrere Rückhalter oder Rückhalteventile **428** (gezeigt ist eins) treten. Das Rückhalteventil **428** kann dazu verwendet werden, den Druck auf dem Ringraum **426** an der Oberfläche aufrechtzuerhalten oder in anderer Weise zu regulieren, beispielsweise im Bereich von etwa 100 psi (6,89 bar) bis etwa 1500 psi (103,4 bar). Auf diese Weise kann das Bohren unterbalanciert fortgesetzt werden, was nützlich ist, um Schäden der Formation **418** der Lagerstätte zu reduzieren, aber auch, um die Bohrgeschwindigkeit zu steigern. Es versteht sich jedoch, dass das/ die Rückhalteventil(e) **428** in anderen Ausführungsformen wegfallen kann/können und das verbrauchte Bohrfluid **422** stattdessen bei Atmosphärendruck an die Oberfläche zurückkehren kann, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen.

[0058] Nach dem Rückhalteventil **428** kann das verbrauchte Bohrfluid **422** über die Verbindungsdurchflussleitung **430** an eine oder mehrere Bohrfliuidaufbereitungsvorrichtungen geleitet werden. Diese Bohrfliuidaufbereitungsvorrichtungen können, ohne darauf beschränkt zu sein, eine oder mehrere Entgasungseinheiten **432** und Feststoffkontrollausrüstung **434** beinhalten. Die Entgasungseinheit **432** kann eine beliebige Vorrichtung oder Maschine sein, die dazu konfiguriert ist, beliebige Gase (d. H. Kohlenwasserstoff- und Nichtkohlenwasserstoffgas-

arten) vom Bohrfluid **422** abzuscheiden, die möglicherweise beim Zirkulieren in das Bohrloch **416** und daraus heraus im Bohrfluid **422** mitgeführt wurden. Die Feststoffkontrollausrüstung **434** kann dazu konfiguriert sein, Bohrklein und Feststoffe im Wesentlichen aus dem Bohrfluid **422** zu entfernen und ein „gereinigtes“ Bohrfluid **422** in einer nahe gelegenen Speichergrube **436** (d. h. eine Schlammgrube) einzulagern.

[0059] Mehrere Additive oder Komponenten können dem Bohrfluid **422** zugesetzt werden, um das Bohrfluid **422** betriebsfähig zu halten und in anderer Weise die Bohrkapazitäten zu verbessern. In einigen Ausführungsformen können die Additive und Komponenten dem Bohrfluid **422** über einen Mischtrichter **438** zugesetzt werden, der in Fluidkopplung mit der Speichergrube **436** steht. Beispielhafte Komponenten, die dem Bohrfluid **422** zugesetzt werden können, beinhalten, ohne darauf beschränkt zu sein, Emulsionen, Beschwerungsmaterialien, Viskosifizierungsmittel, Verdickungsmittel, Rheologiemodifikatoren, Verdünnungsmittel, Entflockungsmittel, anionische Polyelektrolyte (z. B. Acrylate, Polyphosphate, Lignosulfonate, Tanninsäurederivate usw.), Hochtemperaturpolymere, Tonstabilisatoren, Toninhibitoren, Teerbehandlungen, Wasser und andere Basisfluide, Kombinationen davon und dergleichen. Das aufbereitete Bohrfluid **422** kann dann rezirkuliert und über die Speiseleitung **424** mit der Pumpe **420** zurück in das Bohrloch **416** gepumpt werden.

[0060] Gemäß der vorliegenden Offenbarung kann Schlammvermessungsgasanalyse des Bohrfluids **422** durchgeführt werden, indem eine oder mehrere optische Rechenvorrichtungen **440** (gezeigt als optische Rechenvorrichtungen **440a**, **440b** und **440c**) an verschiedenen vorgegebenen Überwachungspositionen im Zirkulationssystem der Bohrbaugruppe **400** angeordnet werden. Die optische Rechenvorrichtungen **440a–c** können wenigstens einer optischen Rechenvorrichtungen **200**, **300** aus **Fig. 2** und **Fig. 3** im Wesentlichen gleichen und werden daher nicht erneut beschrieben. Im beispielhaften Betrieb können die optische Rechenvorrichtungen **440a–c** dazu konfiguriert sein, Echtzeitcharakteristika des Bohrfluids **422**, wie etwa die Art und/oder Konzentration von einem oder mehreren Gasen darin an ihren jeweiligen Überwachungspositionen zu messen und zu melden.

[0061] In einer oder mehreren Ausführungsformen können die optischen Rechenvorrichtungen **440a–c** kommunizierend an eine Signalverarbeitungseinheit **442** gekoppelt und dazu konfiguriert sein, jeweils entsprechende Ausgangssignale **444a–c** an die Signalverarbeitungseinheit **442** zu leiten. Die Signalverarbeitungseinheit **442** kann der Signalverarbeitungseinheit **234** aus **Fig. 2** und **Fig. 3** gleichen und kann dazu konfiguriert sein, die Ausgangssignale **444a–c** zu empfangen und zu verarbeiten. Insbesondere

kann die Signalverarbeitungseinheit **442** einen Algorithmus verwenden, der dazu konfiguriert ist, die Konzentration oder Art eines Gases, das an den einzelnen Überwachungspositionen erkannt wird, zu berechnen oder in anderer Weise zu bestimmen. Die Signalverarbeitungseinheit **442** kann ferner dazu konfiguriert sein, die Differenz zwischen beliebigen zwei oder mehr der Ausgangssignale **440a–c** zu bestimmen. Mit anderen Worten, die Signalverarbeitungseinheit **442** kann dazu konfiguriert sein, zu bestimmen, wie die Konzentration des Gases und/oder die Stärke des interessierenden Charakteristikums im Fluid **422** sich zwischen den einzelnen Überwachungspositionen verändert hat.

[0062] Die Signalverarbeitungseinheit **442** kann dazu konfiguriert sein, ein resultierendes Ausgangssignal **446**, das einem oder mehreren Charakteristika des Fluids **422** entspricht, in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit bereitzustellen. Das resultierende Ausgangssignal **446** kann einen gemessenen Gasgehalt und/oder die Stärke des interessierenden Charakteristikums im Fluid **422** an den verschiedenen Überwachungspositionen im Zirkulationssystem bereitstellen. In einigen Ausführungsformen kann das resultierende Ausgangssignal **446** drahtgebunden oder drahtlos an eine oder mehrere Peripherievorrichtungen **448** geleitet werden, die kommunizierend an die Signalverarbeitungseinheit **442** gekoppelt sind. Die Peripherievorrichtungen **448** können, ohne darauf beschränkt zu sein, eine mobile Vorrichtung, einen Computermonitor oder einen Drucker beinhalten, der an einen Computer gekoppelt ist. In einigen Ausführungsformen, wie weiter unten unter Bezugnahme auf **Fig. 5A–Fig. 5D** ausführlicher beschrieben, können die Peripherievorrichtungen **448** dazu konfiguriert sein, eine oder mehrere grafische Ausgaben wie etwa ein Pixler-Diagramm, ein Haworth-Diagramm oder ein Gasverhältnisdiagramm bereitzustellen, die verschiedene Eigenschaften, Parameter und Charakteristikum/Charakteristika angeben, die im Fluid **422** erkannt wurden. Bohrlochpersonal kann dann die grafische Ausgabe heranziehen und interpretieren, um dadurch kluge Entscheidungen dazu zu treffen, wie das Bohrloch in Reaktion darauf am besten zu verwalten ist.

[0063] In anderen Ausführungsformen können die Peripherievorrichtungen **448** einen hörbaren oder sichtbaren Alarmmechanismus oder eine hörbare oder sichtbare Alarmvorrichtung beinhalten, der bzw. die ausgelöst werden kann. Beispielsweise können das eine oder die mehreren Ausgangssignale **444a–c** von der Signalverarbeitungseinheit **442** als innerhalb oder außerhalb eines vorgegebenen oder vorprogrammierten Bereichs des geeigneten Betriebs für das Bohrfluid **422** liegend erkannt werden. Wenn die Ausgangssignale **444a–c** den vorgegebenen oder vorprogrammierten Betriebsbereich übersteigen, kann das resultierende Ausgangssignal

446 einen Alarm auslösen, der Teil der Peripherievorrichtung **448** bildet, und der Alarm kann dazu konfiguriert sein, den Bediener aufmerksam zu machen, damit eine geeignete Korrekturmaßnahme am Bohrfluid **422** getroffen werden kann. In einigen Ausführungsformen kann die Signalverarbeitungseinheit **442** dazu konfiguriert sein, autonom die geeignete Korrekturmaßnahme zu ergreifen, derart, dass das resultierende Ausgangssignal **446** zu einem Wert innerhalb des vorgegebenen oder vorprogrammierten Bereichs des geeigneten Betriebs zurückkehrt. Beispielsweise kann die Signalverarbeitungseinheit **442** kommunizierend an ein automatisiertes Steuersystem (nicht dargestellt) gekoppelt sein, das dazu konfiguriert sein kann, die erforderliche Korrekturmaßnahme zu ergreifen.

[0064] Unter Bezugnahme auf **Fig. 5A–Fig. 5D** und weiterhin unter Bezugnahme auf **Fig. 4** werden grafische Abbildungen von Signalen dargestellt, die eine Messung des Gasgehalts in Zonen einer unterirdischen Formation darstellen, gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen. In einer Ausführungsform können die Messungen von einer oder mehreren der optischen Rechenvorrichtungen **440a–c** aus **Fig. 4** vorgenommen werden, wodurch ein Ausgangssignal **446** einer Peripherievorrichtung **448** gerendert wird, wie etwa eines Monitors oder Druckers (**Fig. 4**). Ferner kann die Peripherievorrichtung **448** das Ausgangssignal **446** in der Form grafischer Ausgaben wie etwa Pixler-Diagrammen, Haworth-Diagrammen und Gasverhältnisdiagrammen anzeigen.

[0065] **Fig. 5A** und **Fig. 5B** stellen den gemessenen Gasgehalt einer Formation in der Form von „Pixler“-Diagrammen grafisch dar. Kurz ausgedrückt ist ein Pixler-Diagramm ein Visualisierungsformat, das Gasverhältnisse in unterschiedlichen Tiefen einer Formation abbildet und dadurch Möglichkeiten von Öl, Gas oder Nichtproduktivität der zugehörigen Tiefe angibt. In einigen Fällen kann ein Pixler-Diagramm Verhältnisse der quantitativen Mengen von Methan (C_1), Ethan (C_2), Propan (C_3), Butan (C_4) und Pentan (C_5) angeben, wie in der Kurve **502** (**Fig. 5A**) auf der X-Achse als C_1/C_2 , C_1/C_3 , C_1/C_4 und C_1/C_5 darstellen. Allgemein weist ein Verhältnis von C_1/C_2 zwischen 2 und 15 auf Öl hin, ein Verhältnis von C_1/C_2 zwischen 15 und 65 weist auf Gas hin, und ein Verhältnis von C_1/C_2 unter 2 oder über 65 weist darauf hin, dass die Zone nicht produktiv ist. Die Verhältnisse für C_1/C_3 , C_1/C_4 und C_1/C_5 weisen ebenfalls Bereiche auf, die auf Zonen mit Öl, Gas und Nichtproduktivität hinweisen und die einem einschlägigen Fachmann bekannt sind oder von ihm berechnet werden können.

[0066] In **Fig. 5A** bildet die Kurve **500** eine Gesamtdarstellung von Gasmessungen ab, die beim Bohren durch einen Abschnitt der Formation (z. B. der Formation **418** aus **Fig. 4**) genommen wurden, wodurch Bohrlochtiefe und Gasmessungen korreliert werden

(Chromatograf). Die Kurven **520**, **540**, und **560** aus **Fig. 5B**, **Fig. 5C** bzw. **Fig. 5D** bilden ebenfalls jeweils Tiefe und Chromatografeninformationen ab und lassen sich somit am besten unter Bezugnahme auf die Erörterung der Kurve **500** nachvollziehen. Wie dargestellt, bildet die Kurve **500** Gasmessungen in einer Tiefe zwischen etwa 100 Metern und etwa 700 Metern ab. Die Kurve **500** stellt dar, dass bestimmte Gase durchaus in Abschnitten der Formation vorhanden sind, etwa von etwa 100 Metern bis etwa 500 Metern, während interessierende Gase in diesem Bereich allgemein nicht vorliegen. Weiter unten in der Formation, etwa von etwa 500 Metern bis etwa 650 Metern, sind bestimmte interessierende Gase in relevanten Mengen vorhanden, und das Verhältnis der Gase verändert sich entsprechend.

[0067] Die Kurve **502** stellt ein Gasverhältnis-Pixler-Diagramm dar, das den Gasen entspricht, die im Tiefenbereich **514** der Kurve **500** zu finden sind.

[0068] Das Verhältnis von bestimmten Gasen kann benutzt werden, um zu schätzen, in welcher Tiefe eine Formation zur Öl- oder Gasproduktion oder zu Produktion von sowohl Öl als auch Gas fähig sein kann. In der Kurve **502** bildet Bereich **504** einen Tiefenbereich ab, in dem die Gasverhältnisse darauf hinweisen, dass sich die Formation wahrscheinlich zur Ölproduktion eignet, Bereich **506** entspricht Gasverhältnissen, die angeben, dass sich die Formation **418** wahrscheinlich zur Gasproduktion eignet, und Bereiche **508** und **510** bilden Bereiche ab, die auf nicht produzierende Kohlenwasserstoffe hinweisen. Es sei angemerkt, dass der Bereich **510** als „nicht produzierend“ betrachtet werden kann, obwohl ein Gasverhältnis, das in den Bereich **510** fällt, darauf hinweisen kann, dass die Formation sich für eine gewisse Ölproduktion eignet. Der Bereich **510** kann möglicherweise deshalb als nicht produzierend betrachtet werden, weil das Öl ein schwereres Öl ist, dessen Produktion schwieriger ist, weshalb die Menge des produzierten Öls nicht den Anforderungen an ein „produzierendes“ Bohrloch entspricht. Die Y-Achse der Kurve **502** kann logarithmisch oder mit einer beliebigen anderen Skala skaliert sein, die nützlich ist, um Produktionskapazitäten zu bestimmen. Wenn Gasdiagramme **512** in die Bereiche **504**, **506** und **508** der Kurve **502** fallen, kann sich die Formation **418** in der zugehörigen Bohrlochtiefe für Öl-, Gas- oder Nichtproduktion eignen. Daher kann Bohrlochpersonal aus den Gasdiagrammen **512** schließen, dass diese Tiefe eine Gaskappe der Lagerstätte ist.

[0069] Bezug nehmend auf **Fig. 5B** stellt diese eine Kurve **520** und eine Pixler-Diagrammkurve **522** dar. Die Kurven **520** und **522** gleichen im Wesentlichen den Kurven **500** und **502** aus **Fig. 5A** und lassen sich daher unter Bezugnahme auf diese am besten nachvollziehen. Die Gasdiagramme **524** der Kurve **522** korrelieren mit Gasmessungen in der Tiefe **526** der

Kurve **520**, die von etwa 600 Metern bis 625 Metern im Bohrloch liegt. Da die Gasdiagramme **524** im Wesentlichen in den Ölbereich **504** der Kurve **522** fallen, weist dies das Bohrlochpersonal darauf hin, dass sich die Formation **418** in diesen Tiefen wahrscheinlich für die Ölproduktion eignet.

[0070] Bezug nehmend auf **Fig. 5C** können in einer anderen Ausführungsform ein oder mehrere „Haworth“-Diagramme verwendet werden, um Verhältnisse von gemessenen Gasen darzustellen, wie von den Kurven **542** und **544** abgebildet. Ähnlich wie die oben beschriebenen Pixler-Diagramms bilden Haworth-Diagramme Gasverhältnisse ab, die dem Bohrlochpersonal einen Hinweis darauf liefern können, welche Zone in einer Formation sich für eine effiziente Kohlenwasserstoffproduktion eignen kann. Kurz gesagt können Haworth-Diagramme aus der Verwendung mehrerer Kurven bestehen, um anzugeben, ob die interessierende Formation in bestimmten Tiefen produktionsfähig ist. Eine erste Kurve kann ein „Gas-Nässe-Verhältnis“ (GNV) einem „Leichtschwer-Verhältnis“ (LSV) gegenüberstellen, wie beispielsweise durch die Kurve **542** dargestellt. In einigen Ausführungsformen kann das GNV durch die Gleichung $\left(\frac{(C_2 + C_3 + C_4 + C_5)}{(C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5)} \times 100\right)$ berechnet werden, wobei C_1 – C_5 für die zuvor erörterten Gase stehen. Ein GNV-Wert von unter 0,5 kann Nicht-Potenzial für trockenes Gas darstellen, ein GNV-Wert von 0,5 bis 17,5 kann auf ein Potenzial für Gas hinweisen, ein GNV-Wert von 17,5 bis 40 kann auf ein Potenzial für Öl hinweisen und ein GNV-Wert von über 40 kann auf ein Potenzial für Restöl hinweisen. Das LSV kann durch die Gleichung $\left(\frac{(C_1 + C_2)}{(C_3 + C_4 + C_5)}\right)$ berechnet werden, wobei das Verhältnis mit zunehmender Fluidichte einen abnehmenden Trend aufweisen kann.

[0071] Die Kurve **540** gleicht im Wesentlichen den Kurven **500** und **520** aus **Fig. 5A** bzw. **Fig. 5B** und lässt sich daher unter Bezugnahme auf diese am besten nachvollziehen und wird daher nicht erörtert. Die Kurve **542** stellt ein Diagramm von GNV gegenüber LSV für Gase dar, die in der Kurve **540** in einem Tiefenbereich von etwa 400 Metern bis etwa 625 Metern im Bohrloch angegeben sind. Die Kurve **542** stellt dar, dass Berechnungen von GNV und LSV für Gase in geringen Tiefen der Formation hohe LSV-Werte und niedrige GNV-Werte ergeben (z. B. Diagrammposition **546**). Mit zunehmender Bohrlochtiefe nimmt der GNV-Wert zu und der LSV-Wert nimmt ab, indem beispielsweise die Bohrlochtiefe von 625 ein hohes GNV und ein niedriges LSV aufweist (z. B. Diagrammposition **548**). Ein GNV-Wert, der in den Bereich von 0,5 bis 17,5 fällt, weist darauf hin, dass wahrscheinlich Gas vorhanden ist. Entsprechend weist die Kurve **542** das Bohrlochpersonal darauf hin, dass die Formation ab etwa 400 Metern bis 550 Metern im Bohrloch Gas produzierend ist. Ein GNV-Wert, der in den Bereich von 17,5 bis 40 fällt, weist zudem darauf hin, dass

wahrscheinlich Öl vorhanden ist. Entsprechend weist die Kurve **542** darauf hin, dass die Formation ab etwa 550 Metern bis 625 Metern im Bohrloch wahrscheinlich Gas produzierend ist. Für eine genauere Bestimmung, wo der Übergang von Gas zu Öl stattfindet, beinhaltet die Haworth-Analyse die Implementierung eines zweiten Satzes von Berechnungen und Kurve.

[0072] Die zweite Kurve nutzt das GNV von Haworth-Analysediagrammen in Bezug auf einen „Ölcharakterqualifikator“ (ÖCQ), wie in Kurve **544** abgebildet. Der ÖCQ kann durch die Gleichung $((C_4 + C_5)/C_3)$ berechnet werden. Entsprechend stellt die Kurve **544** dar, dass Berechnungen für Gase in geringen Tiefen ein Cluster um Diagrammposition **550** ergeben. Mit zunehmender Bohrlochtiefe ergeben Berechnungen steigende GNV- und ÖCQ-Werte, angegeben durch Diagrammposition **552**. Der kritische Übergang kann dort sein, wo ÖCQ den Wert 0,5 aufweist. Wenn der ÖCQ kleiner als 0,5 ist, wird Gaspotenzial angegeben. Wenn der ÖCQ größer als 0,5 ist, wird Gas-, Leichtöl- oder Kondensatpotenzial angegeben. Wenn festgestellt wird, wo der ÖCQ von 0, 5 das Gasdiagramm schneidet, etwa an Position A der Kurve **544**, sollte der GNV-Wert beachtet werden. Dieser Wert kann dann erneut mit der ersten Kurve korreliert werden, wie an Position B der Kurve **542** zu sehen ist. Nach dem Durchführen einer solchen Analyse ist das Bohrlochpersonal genauer darüber informiert, dass ein Übergang von Gas zu Öl nicht bei den zuvor geschätzten 550 Metern im Bohrloch stattfindet, sondern in einer geringeren Tiefe von etwa 475 Metern untertage.

[0073] Bezug nehmend auf **Fig. 5D** stellt diese ein weiteres beispielhaftes Gasverhältnisdiagramm gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen dar. **Fig. 5D** stellt Kurven **560** und **562** bereit, wobei die Kurve **560** im Wesentlichen den Kurven **540**, **520**, und **500** gleicht und sich daher unter Bezugnahme auf diese am besten nachvollziehen lässt und daher nicht weiter erörtert wird. Die Kurve **562** jedoch stellt ein Diagramm dar, wobei die Y-Achse eine Berechnung von C_2 -Mittelwerten geteilt durch C_3 -Mittelwerte angibt und die X-Achse eine Berechnung von C_1 -Werten angibt. Wie an der Kurve **560** und der Legende der Kurve **562** gezeigt, werden die Daten für einen Tiefenbereich von etwa 470 bis 620 Metern im Bohrloch dargestellt. In einer Ausführungsform kann eine Prüfung des Gasverhältnisdiagramms der Kurve **562** für das Bohrlochpersonal vorteilhaft sein, um Fluideigenschaften als Funktion der Tiefe in interessierenden Lagerstättenzonen zu differenzieren.

[0074] Ein einschlägiger Fachmann wird erkennen, dass die abgebildeten und unter Bezugnahme auf **Fig. 5A–Fig. 5D** beschriebenen Kurven nur Ausführungsbeispiele von Darstellungen sind, die Gasmessungen einer Formation abbilden, und daher die vorliegende Offenbarung nicht einschränken.

[0075] Erneut Bezug nehmend auf **Fig. 4** kann, wie dargestellt, eine erste optische Rechenvorrichtung **440a** dazu angeordnet sein, das Bohrfluid **422** zu überwachen, während es in das Bohrloch **416** eingeleitet wird, und eine zweite optische Rechenvorrichtung **440b** kann dazu angeordnet sein, das Bohrfluid **422** zu überwachen, nachdem es zur Oberfläche zurückgekehrt ist und in anderer Weise über das Rückhalteventil **428** entlastet wurde. Genauer ausgedrückt kann die erste optische Rechenvorrichtung **440a** im Speiserohr **424** angeordnet sein, das von der Pumpe **420** zum Bohrturm **404** führt (oder in anderer Weise an einer beliebigen Position in Fluidkommunikation nach der Pumpe **420** und vor dem Bohrloch **416**), und die zweite optische Rechenvorrichtung **440b** kann vor der Entgasungseinheit **432** an der Durchflussleitung **430** angeordnet oder in anderer Weise daran gekoppelt sein (z. B. benachbart zu einem Einlass der Entgasungseinheit **432**). Es versteht sich, dass mehr als eine optische Rechenvorrichtung an jeder dieser Überwachungspositionen angeordnet sein kann, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen.

[0076] Das erste Ausgangssignal **444a** kann die Art/Konzentration eines Gases im Bohrfluid **422** oder ein anderes Charakteristikum des Fluids **422** angeben, wenn das Bohrfluid **422** in das Bohrloch **416** eintritt. Ebenso kann das zweite Ausgangssignal **444b** die Art/Konzentration des Gases oder ein anderes Charakteristikum des Fluids **422** angeben, wenn das Bohrfluid **422** nach der Druckentlastung aus dem Bohrloch **416** austritt. Die Signalverarbeitungseinheit **442** kann die Ausgangssignale **444a**, **b** in Echtzeit empfangen und das resultierende Ausgangssignal **446** bereitstellen, das von einem Bediener über die eine oder mehreren Peripherievorrichtungen **448** ausgewertet werden kann, wie oben beschrieben. In einigen Ausführungsformen kann das resultierende Ausgangssignal **446** den Bediener über die Art/Konzentration von Gas im Bohrfluid **422** informieren, wenn das Bohrfluid **422** in das Bohrloch **416** eintritt, wie durch das erste Ausgangssignal **444a**. In anderen Ausführungsformen kann das resultierende Ausgangssignal **446** den Bediener über die Art/Konzentration der Gase im Bohrfluid **422** informieren, wenn das Bohrfluid **422** aus dem Bohrloch **416** austritt, wie durch das zweite Ausgangssignal **444b**. Auf diese Weise kann der Bediener Schlammvermessungsgasanalysen des Bohrfluids **422** durchführen, ohne eine Gasprobe aus dem zurückkehrenden Bohrfluid **422** extrahieren zu müssen.

[0077] In wieder anderen Ausführungsformen kann die Signalverarbeitungseinheit **442** dazu konfiguriert sein, einen Vergleich zwischen dem ersten und zweiten Ausgangssignal **444a**, **b** vorzunehmen und dadurch dem Bediener ein resultierendes Ausgangssignal **446** über die Peripherievorrichtungen **448** bereitzustellen, das Differenzen zwischen den zwei Aus-

gangssignalen **444a**, b angibt. Auf diese Weise kann der Bediener von der Menge und Konzentration von einem oder mehreren Gasen unterrichtet werden, die in das Bohrfluid **422** gelangt oder in anderer Weise beim Zirkulieren durch das Bohrloch **416** von diesem mitgeführt worden sein können. Diese Daten können nützlich sein, um Informationen zum Kohlenwasserstoffgehalt des durchbohrten Felsens bereitzustellen, wodurch der Bediener beschließen kann, einen oder mehrere Bohr- oder Komplettierungsparameter in Reaktion darauf anzupassen.

[0078] In einigen Ausführungsformen beispielsweise kann das resultierende Ausgangssignal **446** den Bediener informieren, dass während des Bohrens eine bestimmte Art oder Menge von günstigem Gas in einer bestimmten Lage oder Region der unterirdischen Formation **418** gefunden wurde. Auf diese Weise kann wenigstens ein Bohrparameter in Reaktion darauf angepasst werden, indem etwa das Geosteering des Bohrmeißels **414** geändert wird, so dass das Bohrloch **416** im Wesentlichen in der Lage oder Zone gebohrt oder gebildet werden kann. In einigen Ausführungsformen kann das günstige Gas ein oder mehrere Kohlenwasserstoffe sein, die zur Verarbeitung produziert werden. In anderen Ausführungsformen kann das günstige Gas jedoch Helium sein. Einschlägige Fachleute werden ohne Weiteres erkennen, dass eine erhöhte Menge an Helium, das im Bohrfluid **422** mitgeführt an die Oberfläche zurückkehrt, auf eine hohe Porosität in der Formation **418** hinweisen kann, wobei hohe Porosität eine Zone bedeuten kann, die sich für gesteigerte Produktionsraten eignet. Wenn diese Gase und Kohlenwasserstoffe erkannt werden, kann der Bediener den Geosteering-Bohrlochweg so ändern, dass das Bohrloch im Wesentlichen in dieser Lage bleibt, um so die potenzielle Kohlenwasserstoffproduktion und die Effizienz zu maximieren.

[0079] Es versteht sich, dass sich dies in abgewichenen oder horizontalen Bohrlöchern als besonders vorteilhaft erweisen kann, in denen das Ändern des Geosteering bewirken kann, dass der Bohrlochweg im Wesentlichen parallel zu und in anderer Weise in der kohlenwasserstoffhaltigen Lage oder Region gehalten wird. Es kann sich jedoch auch in vertikalen Bohrlöchern als vorteilhaft erweisen, wenn das Bohrlochpersonal den Bereich des vertikalen Bohrlochs **416** vermessen kann, in dem ein hoher Gasgehalt nachgewiesen wurde. Zu einem späteren Zeitpunkt kann der Bediener beschließen, zu der Position zurückzukehren und das Bohrloch **416** an dieser Position zu komplettieren, derart, dass die Kohlenwasserstoffe, die an dieser Position in der Formation **418** vorhanden sind, wirksam mit größerer Effizienz produziert werden können. Entsprechend kann die Bohrlochkomplettierungsauslegung in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal **446** und das, was über die Peripherievorrichtungen **448** be-

reitgestellt wird, optimiert werden. Einige Bohrlochkomplettierungsauslegungen, die geändert werden können, beinhalten, ohne darauf beschränkt zu sein, Ändern eines Zementierungsprogramms, Ändern eines Fütterungsprogramms oder einer Fütterungsauslegung oder Optimieren von Bohrlochperforationen, Schiebehülsen und geschlitzten Linern. Optimierungen aufgrund von Änderungen der Bohrlochkomplettierung können die Eindämmung unerwünschter Fluide im Bohrloch wie etwa Wasser oder unerwünschtem Gas beinhalten und können auch das Optimieren der Isolation von Zonen beinhalten, aus denen keine Produktion benötigt wird. Darüber hinaus können nahe gelegene Bohrlöcher mit ähnlichen (korrelierten) Ausgangssignalen **444a–c** oder Ausgangssignal **446** ähnliche Optimierungen implementieren.

[0080] In einigen Ausführungsformen kann das resultierende Ausgangssignal **446** auch dazu konfiguriert sein, einen Bediener über die Peripherievorrichtungen **448** über gefährliche, korrosive oder in anderer Weise toxische Gase zu informieren, die im Bohrfluid **422** mitgeführt werden können. Gefährliche, korrosive und/oder toxische Gase wie etwa Schwefelwasserstoff (H_2S) und dergleichen, können eine Gefahr für Bohrplattformbediener und die umgebende Umwelt darstellen. In wenigstens einer Ausführungsform beispielsweise kann das zweite Ausgangssignal **444b** der zweiten optischen Rechenvorrichtung **440b** die Echtzeitkonzentration von Schwefelwasserstoff (H_2S), der im Bohrfluid **422** mitgeführt wird, während dieses zur Oberfläche zurückkehrt, bereitstellen. Wenn die registrierte Menge an H_2S einen vorgegebenen „sicheren“ Grenzwert übersteigt, kann die Signalverarbeitungseinheit **442** dazu konfiguriert sein, einen Alarm auszulösen, indem sie das resultierende Ausgangssignal **446** mit dieser Angabe an die Peripherievorrichtungen **448** sendet. In Reaktion auf den Alarm kann der Bediener handeln, indem er das Bohrloch schließt oder dem Bohrfluid **422** über den Trichter **438** H_2S -Adsorptionsmittel oder andere Additive zusetzt, um die Situation zu beheben.

[0081] In einigen Ausführungsformen kann das gefährliche, korrosive oder in anderer Weise toxische Gas Methan sein, das im Bohrfluid **422** mitgeführt wird. Da Methan stark explosiv ist, können erhöhte Mengen des Gases im zurückkehrenden Bohrfluid **422** für Bohrplattformbediener und die umgebende Umwelt ein beträchtliches Risiko darstellen. Wenn also eine übermäßige Menge an Methan beispielsweise von der zweiten optischen Rechenvorrichtung **440b** erkannt wird, derart, dass sie den vorgegebenen „sicheren“ Grenzwert übersteigt, kann die Signalverarbeitungseinheit **442** dazu konfiguriert sein, einen Alarm über das resultierende Ausgangssignal **446** und die Peripherievorrichtungen **448** auszulösen. In Reaktion auf den Alarm kann der Bediener handeln, um die Situation zu beheben. Beispielsweise kann der Bediener das Bohrloch mithilfe eines Blo-

wout-Preventers oder dergleichen einschließen und dann das Methan auf kontrollierte Weise mithilfe von Rückhalter- und Kill-Leitungen extrahieren, die dem Blowout-Preventer zugeordnet sind.

[0082] In einigen Ausführungsformen kann das an die Oberfläche zurückgekehrte Bohrfluid **422** vor der vollständigen Druckentlastung mithilfe der dritten optischen Rechenvorrichtung **440c** überwacht werden. Wie dargestellt, kann die dritte optische Rechenvorrichtung **440c** nach dem Bohrlöchkopf **427** und in anderer Weise vor dem Rückhalteventil **428** in Fluidverbindung mit der Verbindungsdurchflussleitung **430** angeordnet sein. Ähnlich wie die zweite optische Rechenvorrichtung **440b** kann die dritte optische Rechenvorrichtung **440c** dazu konfiguriert sein, das Bohrfluid **422** nach seiner Rückkehr zur Oberfläche auf Gase (sowohl Kohlenwasserstoff- als auch Nichtkohlenwasserstoffgasarten) überwachen, die nach dem Zirkulieren durch das Bohrloch **416** darin mitgeführt worden sein können. Wenn das Bohrfluid **422** aus dem Rückhalteventil **428** austritt, treten darin mitgeführte Gase sofort aus oder werden in anderer Weise aus dem Bohrfluid **422** abgeschieden. Entsprechend kann die dritte optische Rechenvorrichtung **440c** vorteilhaft sein, um die Konzentration von einem oder mehreren Gasen im Bohrfluid **422**, während dieses bei tatsächlichen oder nahezu tatsächlichen Bohrlochumgebungsbedingungen zirkuliert, in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit bereitzustellen. Das Ausgangssignal **444c** von der dritten optischen Rechenvorrichtung **440c** kann daher bei der Schlammvermessungsgasanalyse des Bohrfluid **422** bei Untertagebetriebsbedingungen nützlich sein.

[0083] Ähnlich wie die zweite optische Rechenvorrichtung **440b** kann die dritte optische Rechenvorrichtung **440c** dazu konfiguriert sein, erhöhte Mengen eines günstigen Gases im Bohrloch **416** zu erkennen und zu melden. Das resultierende Ausgangssignal **446** kann dann den Bediener informieren, wenn eine bestimmte Art oder Menge eines günstigen Gases im Bohrloch **416** gefunden wird, woraufhin wenigstens ein Bohrparameter in Reaktion darauf angepasst werden kann. Beispielsweise kann der Bediener das Geosteering des Bohrmeißels **414** ändern, so dass das Bohrloch **416** im Wesentlichen in der Lage oder Zone gebohrt oder gebildet werden kann. Bei vertikalen Bohrlöchern **416** kann das Bohrlochpersonal den Bereich der Bohrlöcher **416** vermessen, in dem ein hoher Gasgehalt erkannt wird, und an einem späteren Zeitpunkt zu der Position zurückkehren und das Bohrloch **416** an dieser Position komplettieren, derart, dass die Kohlenwasserstoffe, die in der Formation **418** an dieser Position vorhanden sind, wirksam mit größerer Effizienz produziert werden können.

[0084] Die dritte optische Rechenvorrichtung **440c** kann auch dazu konfiguriert sein, gefährliche, korrosive oder in anderer Weise toxische Gase (d. h.

H₂S, Methan usw.) zu erkennen, die im Bohrfluid **422** mitgeführt werden können. Das resultierende Ausgangssignal **446** kann einen Bediener in diesen Fällen über die Peripherievorrichtungen **448** über das Vorhandensein dieser Gase informieren, und der Bediener kann handeln, um die Situation zu beheben. In anderen Ausführungsformen kann die Signalverarbeitungseinheit **442** autonom handeln, um die Situation zu beheben, indem sie etwa das Bohrloch deaktiviert oder dem Bohrfluid **422** H₂S-Adsorptionsmittel oder andere Additive über den Trichter **438** zusetzt, um die Situation zu beheben. Beispielsweise, wie kurz oben angerissen, kann die Signalverarbeitungseinheit **442** kommunizierend an ein automatisiertes Steuersystem (nicht dargestellt) gekoppelt sein, das dazu konfiguriert sein kann, die erforderliche Korrekturmaßnahme zu ergreifen.

[0085] Es versteht sich, dass die verschiedenen vorliegenden Ausführungsformen, die Computersteuerungs- und künstliche neuronale Netze betreffen, welche verschiedene Blöcke, Module, Elemente, Komponenten, Verfahren und Algorithmen beinhalten, mithilfe von Computerhardware, Software, Kombinationen davon und dergleichen implementiert werden können.

[0086] Um diese Austauschbarkeit von Hardware und Software zu verdeutlichen, wurden verschiedene veranschaulichende Blöcke, Module, Elemente, Komponenten, Verfahren und Algorithmen allgemein hinsichtlich ihrer Funktionsweise beschrieben. Ob eine solche Funktionsweise als Hardware oder Software implementiert wird, hängt von der jeweiligen Anwendung und etwaigen dafür geltenden Auslegungsbeschränkungen ab. Aus diesem Grund allein versteht es sich, dass ein einschlägiger Durchschnittsfachmann die beschriebenen Funktionen in unterschiedlicher Weise für eine bestimmte Anwendung implementieren kann. Darüber hinaus können verschiedene Komponenten und Blöcke beispielsweise in anderer Reihenfolge angeordnet oder anders partitioniert werden, ohne vom Umfang der ausdrücklich beschriebenen Ausführungsformen abzuweichen.

[0087] Computerhardware, die zum Implementieren der verschiedenen veranschaulichenden hier beschriebenen Blöcke, Module, Elemente, Komponenten, Verfahren und Algorithmen verwendet wird, kann einen Prozessor beinhalten, der dazu konfiguriert ist, eine oder mehrere Sequenzen von Anweisungen, Programmierungsausrichtungen oder Code auszuführen, die bzw. der auf einem nicht transitorischen, computerlesbaren Medium gespeichert sind bzw. ist. Der Prozessor kann beispielsweise ein allgemeiner Mikroprozessor, ein Mikrocontroller, eine digitale Signalverarbeitungseinheit, eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung, ein feldprogrammierbares Gate-Array, eine programmierbare Logikvorrichtung, ein Controller, eine Zustandsmaschine, ei-

ne Gate-Logik, separate Hardwarekomponenten, ein künstliches neuronales Netz oder beliebige ähnliche geeignete Einheiten sein, die Berechnungen oder andere Verarbeitungen von Daten durchführen können. In einigen Ausführungsformen kann Computerhardware ferner Elemente wie beispielsweise einen Speicher (z. B. Schreib-/Lesespeicher (RAM), Flash-Speicher, Lesespeicher (ROM), programmierbaren Lesespeicher (PROM), löschbaren Lesespeicher (EPROM)), Register, Festplatten, Wechseldatenträger, CD-ROMs, DVDs oder eine beliebige andere ähnliche geeignete Speichervorrichtung oder ein beliebiges anderes ähnliches geeignetes Speichermedium beinhalten.

[0088] Hier beschriebene ausführbare Sequenzen können mit einer oder mehreren Codesequenzen implementiert werden, die in einem Speicher enthalten sind. In einigen Ausführungsformen kann dieser Code von einem anderen maschinenlesbaren Medium in den Speicher eingelesen werden. Die Ausführung der Sequenzen von Anweisungen, die im Speicher enthalten sind, kann einen Prozessor veranlassen, die hier beschriebenen Prozessschritte auszuführen. Ein oder mehrere Prozessoren in einer Multiprozessoranordnung können ebenfalls verwendet werden, um Anweisungssequenzen im Speicher auszuführen. Außerdem können fest verdrahtete Schaltungen anstelle von oder in Kombination mit Softwareanweisungen verwendet werden, um verschiedene hier beschriebene Ausführungsformen zu implementieren. Somit sind die vorliegenden Ausführungsformen nicht auf eine spezifische Kombination von Hardware und/oder Software beschränkt.

[0089] Im hier verwendeten Sinne bezeichnet ein maschinenlesbares Medium ein beliebiges Medium, das direkt oder indirekt Anweisungen zur Ausführung an einen Prozessor bereitstellt. Ein maschinenlesbares Medium kann viele Formen annehmen, darunter beispielsweise nicht flüchtige Medien, flüchtige Medien und Übertragungsmedien. Nicht flüchtige Medien können beispielsweise optische und magnetische Disks beinhalten. Flüchtige Medien können beispielsweise dynamischen Speicher beinhalten. Übertragungsmedien können beispielsweise Koaxialkabel, Draht, Glasfaser und Drähte beinhalten, die einen Datenbus bilden. Häufige Formen maschinenlesbarer Medien können beispielsweise Disketten, flexible Disks, Festplatten, Magnetbänder, andere ähnliche magnetische Medien, CD-ROMs, DVDs, andere ähnliche optische Medien, Lochkarten, Papierbänder und ähnliche physische Medien mit strukturierter Lochung, RAM, ROM, PROM, EPROM und Flash-EPROM beinhalten.

[0090] Es ist auch zu beachten, dass die verschiedenen hier bereitgestellten Zeichnungen weder unbedingt maßstabsgetreu noch optisch korrekt im Sinne von Fachleuten auf dem Gebiet der Optik sind.

Stattdessen sind die Zeichnungen nur veranschaulichend und werden hier allgemein verwendet, um das Verständnis der hier bereitgestellten Systeme und Verfahren zu fördern. Obwohl die Zeichnungen zwar nicht optisch genau sein mögen, spiegeln die darin abgebildeten konzeptuellen Interpretationen jedoch die beispielhafte Natur der verschiedenen offenbarten Ausführungsformen korrekt wider.

[0091] Offenbarte Ausführungsformen beinhalten:

A. Ein System, das einen Strömungsweg, der bei Bohrvorgängen ein Bohrfluid in ein Bohrloch und daraus heraus zirkuliert, eine erste optische Rechenvorrichtung, die nahe einem Auslass des Bohrlochs angeordnet ist und ein erstes integriertes Rechenelement aufweist, das dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid nahe dem Auslass des Bohrlochs zu interagieren und ein erstes Ausgangssignal zu erzeugen, das einer Konzentration eines Gases im Bohrfluid am Auslass entspricht, eine Signalverarbeitungseinheit, die kommunizierend an die erste optische Rechenvorrichtung gekoppelt und dazu konfiguriert ist, das erste Ausgangssignal zu empfangen und die Konzentration des Gases im Bohrfluid am Auslass des Bohrlochs zu bestimmen, wodurch ein resultierendes Ausgangssignal von der Signalverarbeitungseinheit erzeugt wird, und eine oder mehrere Peripherievorrichtungen beinhalten kann, die kommunizierend an die Signalverarbeitungseinheit gekoppelt und dazu konfiguriert sind, das resultierende Ausgangssignal zu empfangen und das resultierende Ausgangssignal an Bohrlochpersonal zu melden, wobei ein oder mehrere Bohr- oder Komplettierungsparameter in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal angepasst werden.

B. Ein Verfahren, das Folgendes beinhalten kann: Zirkulieren eines Bohrfluids in einem Strömungsweg, der sich in ein Bohrloch und daraus heraus erstreckt, bei Bohrvorgängen, Erzeugen eines ersten Ausgangssignals mit einer ersten optischen Rechenvorrichtung, die nahe einem Auslass des Bohrlochs angeordnet ist, wobei die erste optische Rechenvorrichtung ein erstes integriertes Rechenelement aufweist, das dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid zu interagieren, wobei das erste Ausgangssignal einer Konzentration eines Gases im Bohrfluid am Auslass entspricht, Empfangen des ersten Ausgangssignals mit einer Signalverarbeitungseinheit, die kommunizierend an die erste optische Rechenvorrichtung gekoppelt ist, Bestimmen der Konzentration des Gases im Bohrfluid am Auslass des Bohrlochs mit der Signalverarbeitungseinheit, wodurch ein resultierendes Ausgangssignal von der Signalverarbeitungseinheit erzeugt wird, Leiten des resultierenden Ausgangssignals an eine oder mehrere Peripherievorrichtungen, derart, dass Bohrloch-

personal das resultierende Ausgangssignal auswerten kann, und Anpassen von einem oder mehreren Bohr- oder Komplettierungsparametern in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal.

[0092] Jede der Ausführungsformen A und B kann eines oder mehrere der folgenden Elemente in beliebiger Kombination aufweisen: Element 1: wobei das Gas aus der Gruppe ausgewählt ist umfassend Methan, Ethan, Propan, n-Butan, n-Pentan, Isobutan, Isopentan, Neopentan, Benzol, Toluol, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff, Essigsäure, Argon, Helium, Sauerstoff, Stickstoff, Wasser, Wasserstoff, Carbonylsulfid, Schwefelkohlenstoff und eine beliebige Kombination davon. Element 2: ferner umfassend eine zweite optische Rechenvorrichtung, die an oder nahe einem Einlass zum Bohrloch angeordnet ist und ein zweites integriertes Rechenelement aufweist, das dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid zu interagieren und ein zweites Ausgangssignal zu erzeugen, das der Konzentration des Gases im Bohrfluid am Einlass entspricht. Element 3: wobei die Signalverarbeitungseinheit kommunizierend an die zweite optische Rechenvorrichtung gekoppelt und dazu konfiguriert ist, das zweite Ausgangssignal zu empfangen und das resultierende Ausgangssignal zu erzeugen, das einer Differenz zwischen dem ersten und zweiten Ausgangssignal entspricht, und wobei die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen dazu konfiguriert sind, das resultierende Ausgangssignal zu empfangen und dem Bohrlochpersonal zu melden, wie sich die Konzentration des Gases zwischen dem Einlass und dem Auslass verändert hat. Element 4: wobei die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen dazu konfiguriert sind, eine grafische Ausgabe bereitzustellen, die die Konzentration des Gases im Bohrfluid am Auslass des Bohrlochs abbildet. Element 5: wobei die grafische Ausgabe eine Ausgabe umfasst, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem oder mehreren Pixler-Diagrammen, Hawthorth-Diagrammen und Gasverhältnisdigrammen. Element 6: ferner umfassend ein Rückhalteventil, das nahe dem Auslass angeordnet ist, wobei die erste optische Rechenvorrichtung unterhalb des Rückhalteventils angeordnet ist. Element 7: ferner umfassend ein automatisiertes Steuersystem, das kommunizierend an die Signalverarbeitungseinheit gekoppelt und dazu konfiguriert ist, eine oder mehrere Korrekturmaßnahmen in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal vorzunehmen.

[0093] Element 8: wobei die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen wenigstens einen von einem Monitor und einem Drucker umfassen, die an ein Computersystem gekoppelt sind, und wobei das Leiten des resultierenden Ausgangssignals an die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen Bereitstellen einer grafischen Ausgabe des resultierenden Ausgangssignals zur Auswertung durch das

Bohrlochpersonal mit dem Monitor oder dem Drucker umfasst. Element 9: wobei die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen einen Alarm umfassen, und wobei das Leiten des resultierenden Ausgangssignals an eine oder mehrere Peripherievorrichtungen Unterrichten des Bohrlochpersonals entweder akustisch oder optisch mit dem Alarm umfasst, wenn das resultierende Ausgangssignal eine Gaskonzentration meldet, die einen vorgegebenen Sicherheitsgrenzwert überschreitet. Element 10: ferner umfassend Deaktivieren des Bohrlochs bei Unterrichtung, dass die Gaskonzentration den vorgegebenen Sicherheitsgrenzwert überschreitet. Element 11: ferner umfassend Zusetzen von Additiven zum Bohrfluid bei Unterrichtung, dass die Gaskonzentration den vorgegebenen Sicherheitsgrenzwert überschreitet. Element 12: wobei das Anpassen des einen oder der mehreren Bohr- oder Komplettierungsparameter Ändern von Geosteering eines Bohrmeißels umfasst. Element 13: wobei Anpassen des einen oder der mehreren Bohr- oder Komplettierungsparameter wenigstens eins von Ändern eines Zementierungsprogramms, Ändern eines Fütterungsprogramms oder einer Fütterungsauslegung oder Optimieren von Bohrlochperforationen, Schiebehülsen und geschlitzten Linern und Optimieren der Isolation von Zonen umfasst, aus denen keine Produktion benötigt wird. Element 14: ferner umfassend Erzeugen eines zweiten Ausgangssignals mit einer zweiten optischen Rechenvorrichtung, die an oder nahe einem Einlass zum Bohrloch angeordnet ist, wobei die zweite optische Rechenvorrichtung ein zweites integriertes Rechenelement aufweist, das dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid zu interagieren, wobei das zweite Ausgangssignal der Konzentration des Gases im Bohrfluid am Einlass entspricht, Empfangen des zweiten Ausgangssignals mit der Signalverarbeitungseinheit, die kommunizierend an die zweite optische Rechenvorrichtung gekoppelt ist, Berechnen einer Differenz zwischen dem ersten und zweiten Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit, wodurch das resultierende Ausgangssignal erzeugt wird und dem entspricht, wie sich die Konzentration des Gases zwischen dem Einlass und dem Auslass verändert hat, und Melden der Differenz zwischen dem ersten und zweiten Ausgangssignal dem Bohrlochpersonal mit der einen oder den mehreren Peripherievorrichtungen. Element 15: ferner umfassend Vornehmen von einer oder mehreren Korrekturmaßnahmen in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal. Element 16: wobei das Vornehmen der einen oder mehreren Korrekturmaßnahmen wenigstens eins von Deaktivieren des Bohrlochs und Zusetzen von Additiven zum Bohrfluid gemäß Anweisung durch ein automatisiertes Steuersystem umfasst, das kommunizierend an die Signalverarbeitungseinheit gekoppelt ist.

[0094] Demnach ist die vorliegende Offenbarung gut geeignet, um die aufgeführten sowie die darin inne-

wohnenden Ziele und Vorteile zu erzielen. Die jeweiligen offenbarten Ausführungsformen sind nur veranschaulichend, und die vorliegende Offenbarung kann in unterschiedlicher, aber äquivalenter Weise abgewandelt und umgesetzt werden, wie es für Fachleute mit dem Vorteil der vorliegenden Lehren auf der Hand liegen wird. Darüber hinaus sind hinsichtlich der Einzelheiten der hier gezeigten Konstruktion oder Auslegung keine anderen Einschränkungen als die in den nachfolgenden Ansprüchen beschriebenen vorgesehen. Es ist somit deutlich, dass die oben offenbarten jeweiligen veranschaulichenden Ausführungsformen geändert, kombiniert oder abgewandelt werden können und dass alle derartigen Variationen als in den Umfang und Geist der vorliegenden Offenbarung fallend betrachtet werden. Die hier veranschaulichend beschriebene Offenbarung kann in geeigneter Weise unter Weglassung beliebiger Elemente, die hier nicht spezifisch offenbart wurden, und/oder beliebiger hier offenbarter fakultativer Elemente ausgeübt werden. Obwohl Zusammenstellungen und Verfahren als verschiedene Komponenten oder Schritte „umfassend“, „enthaltend“ oder „beinhaltend“ beschrieben wurden, können die Zusammenstellungen und Verfahren auch aus den verschiedenen Komponenten und Schritten „im Wesentlichen bestehen“ oder „bestehen“. Alle oben offenbarten Zahlen und Bereiche können um eine gewisse Größe variieren. Immer wenn ein numerischer Bereich mit einem unteren Grenzwert und einem oberen Grenzwert offenbart ist, ist auch jede Zahl und jeder darin enthaltene Bereich, die bzw. der in diesen Bereich fällt, ausdrücklich offenbart. Insbesondere gilt jeder hier offenbarte Wertebereich (der Form „von etwa a bis etwa b“ oder äquivalent „von ungefähr a bis b“ oder äquivalent „von ungefähr a–b“) als jede Zahl und jeden Bereich aufführend, die bzw. der in den breiter gefassten Wertebereich fällt. Außerdem tragen die Begriffe in den Ansprüchen ihre einfache, gewöhnliche Bedeutung, sowie nicht durch den Patentinhaber ausdrücklich und deutlich anders definiert. Die unbestimmten Artikel „ein“, „eine“, „einer“, „eines“, „einem“ in den Ansprüchen sind darüber hinaus derart definiert, dass sie ein oder mehr als eines der Elemente bezeichnen, denen sie vorangestellt sind.

Patentansprüche

1. System, umfassend:
einen Strömungsweg, der bei Bohrvorgängen ein Bohrfluid in ein Bohrloch und daraus heraus zirkuliert; eine erste optische Rechenvorrichtung, die nahe einem Auslass des Bohrlochs angeordnet ist und ein erstes integriertes Rechenelement aufweist, das dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid nahe dem Auslass des Bohrlochs zu interagieren und ein erstes Ausgangssignal zu erzeugen, das einer Konzentration eines Gases im Bohrfluid am Auslass entspricht;

eine Signalverarbeitungseinheit, die kommunizierend an die erste optische Rechenvorrichtung gekoppelt und dazu konfiguriert ist, das erste Ausgangssignal zu empfangen und die Konzentration des Gases im Bohrfluid am Auslass des Bohrlochs zu bestimmen, wodurch ein resultierendes Ausgangssignal von der Signalverarbeitungseinheit erzeugt wird; und eine oder mehrere Peripherievorrichtungen, die kommunizierend an die Signalverarbeitungseinheit gekoppelt und dazu konfiguriert sind, das resultierende Ausgangssignal zu empfangen und das resultierende Ausgangssignal an Bohrlochpersonal zu melden, wobei ein oder mehrere Bohr- oder Komplettierungsparameter in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal angepasst werden.

2. System nach Anspruch 1, wobei das Gas ausgewählt ist aus Methan, Ethan, Propan, n-Butan, n-Pentan, Isobutan, Isopentan, Neopentan, Benzol, Toluol, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff, Essigsäure, Argon, Helium, Sauerstoff, Stickstoff, Wasser, Wasserstoff, Carbonylsulfid, Schwefelkohlenstoff und einer beliebigen Kombination davon.

3. System nach Anspruch 1, ferner umfassend eine zweite optische Rechenvorrichtung, die an oder nahe einem Einlass zum Bohrloch angeordnet ist und eine zweite integrierte Rechenelement aufweist, die dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid zu interagieren und ein zweites Ausgangssignal zu erzeugen, das der Konzentration des Gases im Bohrfluid am Einlass entspricht.

4. System nach Anspruch 3, wobei die Signalverarbeitungseinheit kommunizierend an die zweite optische Rechenvorrichtung gekoppelt und dazu konfiguriert ist, das zweite Ausgangssignal zu empfangen und das resultierende Ausgangssignal zu erzeugen, das einer Differenz zwischen dem ersten und zweiten Ausgangssignal entspricht, und wobei die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen dazu konfiguriert sind, das resultierende Ausgangssignal zu empfangen und dem Bohrlochpersonal eine Änderung der Konzentration des Gases zwischen dem Einlass und dem Auslass zu melden.

5. System nach Anspruch 1, wobei die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen dazu konfiguriert sind, eine grafische Ausgabe bereitzustellen, die die Konzentration des Gases im Bohrfluid am Auslass des Bohrlochs abbildet.

6. System nach Anspruch 5, wobei die grafische Ausgabe eine Ausgabe umfasst, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem oder mehreren Pixler-Diagrammen, Haworth-Diagrammen und Gasverhältnisdigrammen.

7. System nach Anspruch 1, ferner umfassend ein Rückhalteventil, das nahe dem Auslass angeordnet

ist, wobei die erste optische Rechenvorrichtung unterhalb des Rückhalteventils angeordnet ist.

8. System nach Anspruch 1, ferner umfassend ein automatisiertes Steuersystem, das kommunizierend an die Signalverarbeitungseinheit gekoppelt und dazu konfiguriert ist, eine oder mehrere Korrekturmaßnahmen in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal vorzunehmen.

9. Verfahren, umfassend:

Zirkulieren eines Bohrfluids in einem Strömungsweg, der sich in ein Bohrloch und daraus heraus erstreckt, bei Bohrvorgängen;

Erzeugen eines ersten Ausgangssignals mit einer ersten optischen Rechenvorrichtung, die nahe einem Auslass des Bohrlochs angeordnet ist, wobei die erste optische Rechenvorrichtung ein erstes integriertes Rechenelement aufweist, das dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid zu interagieren, wobei das erste Ausgangssignal einer Konzentration eines Gases im Bohrfluid am Auslass entspricht;

Empfangen des ersten Ausgangssignals mit einer Signalverarbeitungseinheit, die kommunizierend an die erste optische Rechenvorrichtung gekoppelt ist;

Bestimmen der Konzentration des Gases im Bohrfluid am Auslass des Bohrlochs mit der Signalverarbeitungseinheit, wodurch ein resultierendes Ausgangssignal von der Signalverarbeitungseinheit erzeugt wird;

Leiten des resultierenden Ausgangssignals an eine oder mehrere Peripherievorrichtungen, derart, dass Bohrlochpersonal das resultierende Ausgangssignal auswerten kann; und

Anpassen von einem oder mehreren Bohr- oder Komplettierungsparametern in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen wenigstens einen von einem Monitor und einem Drucker umfassen, die an ein Computersystem gekoppelt sind, und wobei das Leiten des resultierenden Ausgangssignals an die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen Bereitstellen einer grafischen Ausgabe des resultierenden Ausgangssignals zur Auswertung durch das Bohrlochpersonal mit dem Monitor oder dem Drucker umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die grafische Ausgabe eine Ausgabe umfasst, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem oder mehreren Pixler-Diagrammen, Haworth-Diagrammen und Gasverhältnisdiagrammen.

12. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die eine oder die mehreren Peripherievorrichtungen einen Alarm umfassen, und wobei das Leiten des resultierenden Ausgangssignals an eine oder mehrere Peripherievorrichtungen Unterrichten des Bohrloch-

personals entweder akustisch oder optisch mit dem Alarm umfasst, wenn das resultierende Ausgangssignal eine Gaskonzentration meldet, die einen vorgegebenen Sicherheitsgrenzwert überschreitet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend Deaktivieren des Bohrlochs bei Unterrichtung, dass die Gaskonzentration den vorgegebenen Sicherheitsgrenzwert überschreitet.

14. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend Zusetzen von Additiven zum Bohrfluid bei Unterrichtung, dass die Gaskonzentration den vorgegebenen Sicherheitsgrenzwert überschreitet.

15. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Anpassen des einen oder der mehreren Bohr- oder Komplettierungsparameter Ändern von Geosteering eines Bohrmeißels umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Anpassen des einen oder der mehreren Bohr- oder Komplettierungsparameter wenigstens eins von Ändern eines Zementierungsprogramms, Ändern eines Fütterungsprogramms oder einer Fütterungsauslegung oder Optimieren von Bohrlochperforationen, Schiebehülsen und geschlitzten Linern und Optimieren der Isolation von Zonen umfasst, aus denen keine Produktion benötigt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 9, ferner umfassend; Erzeugen eines zweiten Ausgangssignals mit einer zweiten optischen Rechenvorrichtung, die an oder nahe einem Einlass zum Bohrloch angeordnet ist, wobei die zweite optische Rechenvorrichtung ein zweites integriertes Rechenelement aufweist, das dazu konfiguriert ist, optisch mit dem Bohrfluid zu interagieren, wobei das zweite Ausgangssignal der Konzentration des Gases im Bohrfluid am Einlass entspricht;

Empfangen des zweiten Ausgangssignals mit der Signalverarbeitungseinheit, die kommunizierend an die zweite optische Rechenvorrichtung gekoppelt ist; Berechnen einer Differenz zwischen dem ersten und zweiten Ausgangssignal mit der Signalverarbeitungseinheit, die einer Veränderung der Konzentration des Gases zwischen dem Einlass und dem Auslass entspricht; und

Melden der Differenz zwischen dem ersten und zweiten Ausgangssignal dem Bohrlochpersonal mit der einen oder den mehreren Peripherievorrichtungen.

18. Verfahren nach Anspruch 9, ferner umfassend Vornehmen von einer oder mehreren Korrekturmaßnahmen in Reaktion auf das resultierende Ausgangssignal.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Vornehmen der einen oder mehreren Korrekturmaßnahmen wenigstens eins von Deaktivieren des Bohrlochs

und Zusetzen von Additiven zum Bohrfluid gemäß Anweisung durch ein automatisiertes Steuersystem umfasst, das kommunizierend an die Signalverarbeitungseinheit gekoppelt ist.

20. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Gas ausgewählt wird aus Methan, Ethan, Propan, n-Butan, n-Pentan, Isobutan, Isopentan, Neopentan, Benzol, Toluol, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff, Essigsäure, Argon, Helium, Sauerstoff, Stickstoff, Wasser, Wasserstoff, Carbonylsulfid, Schwefelkohlenstoff und einer beliebigen Kombination davon.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

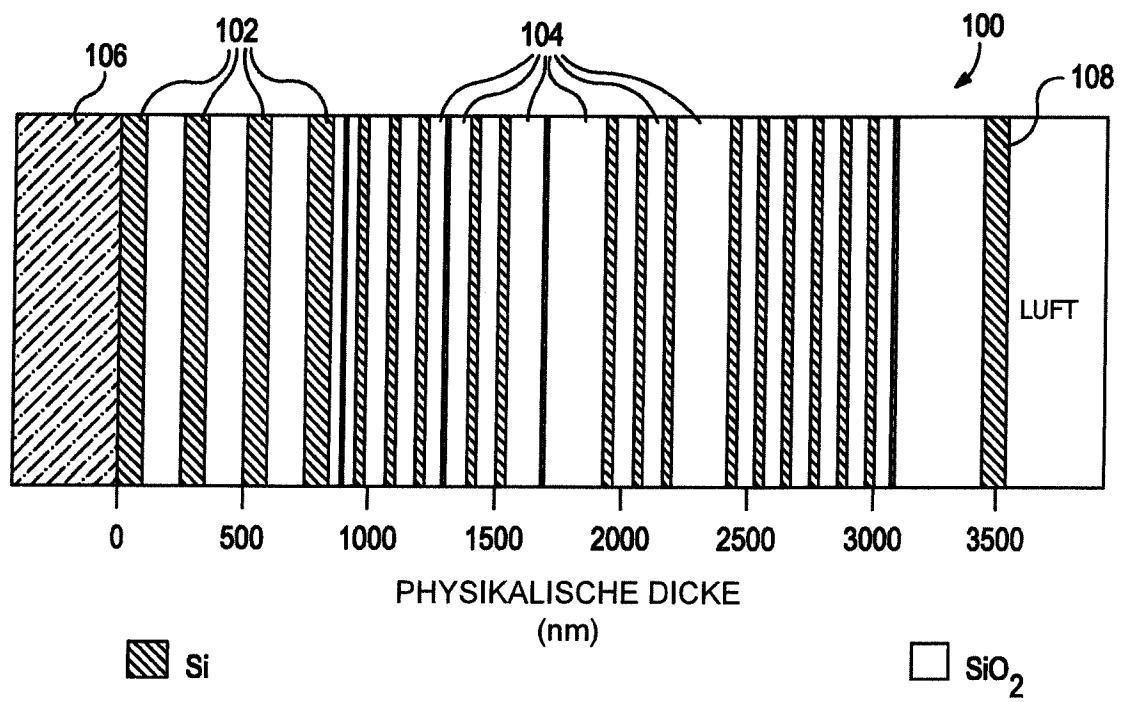


FIG. 1

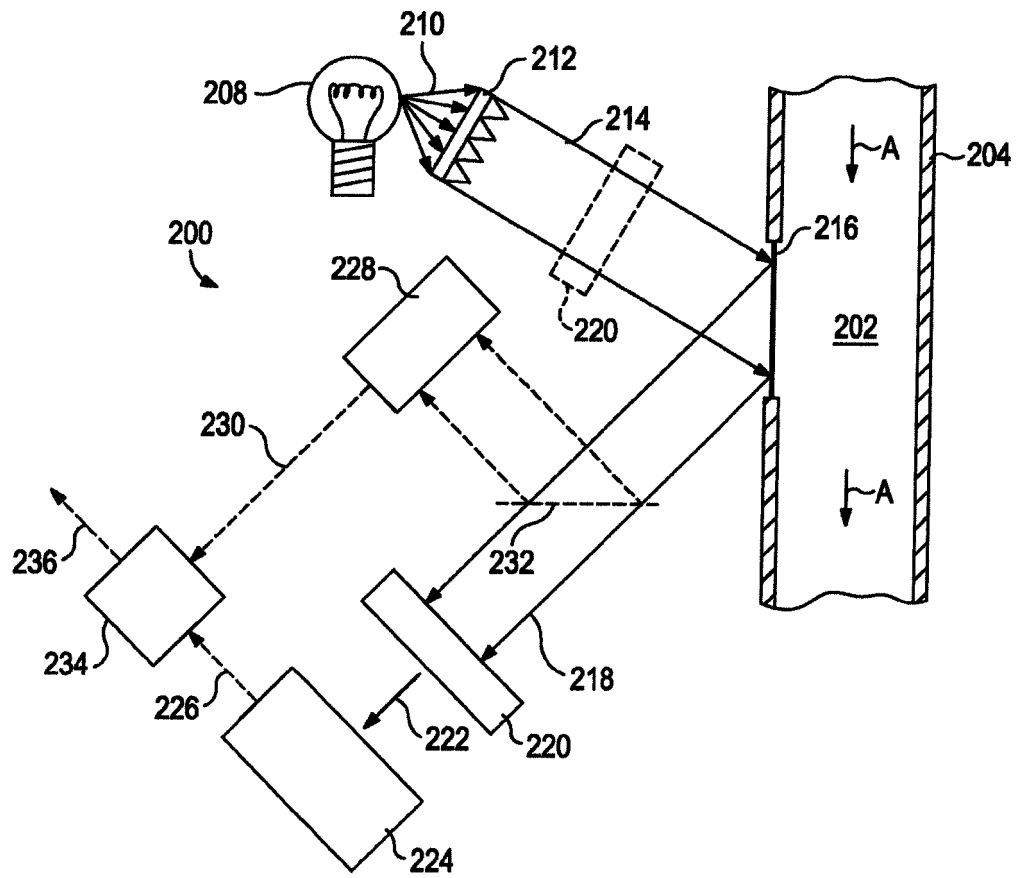


FIG. 2

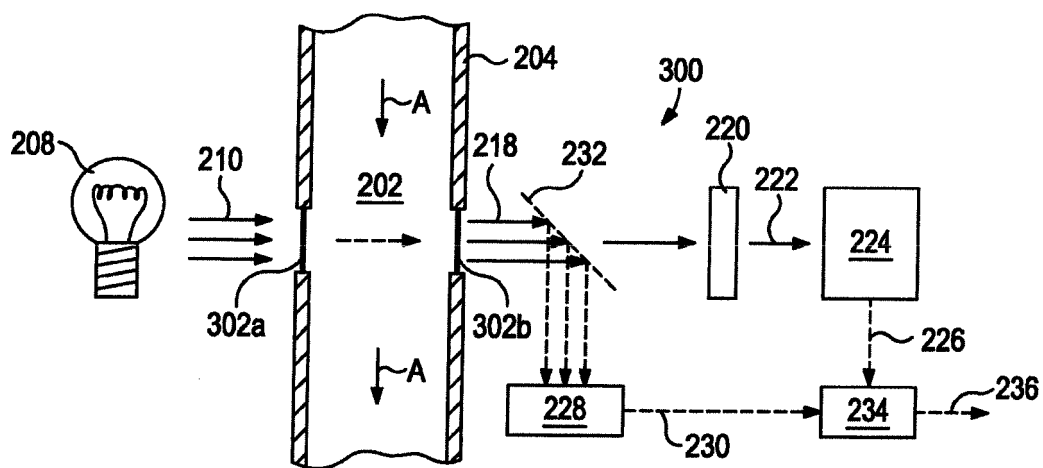


FIG. 3

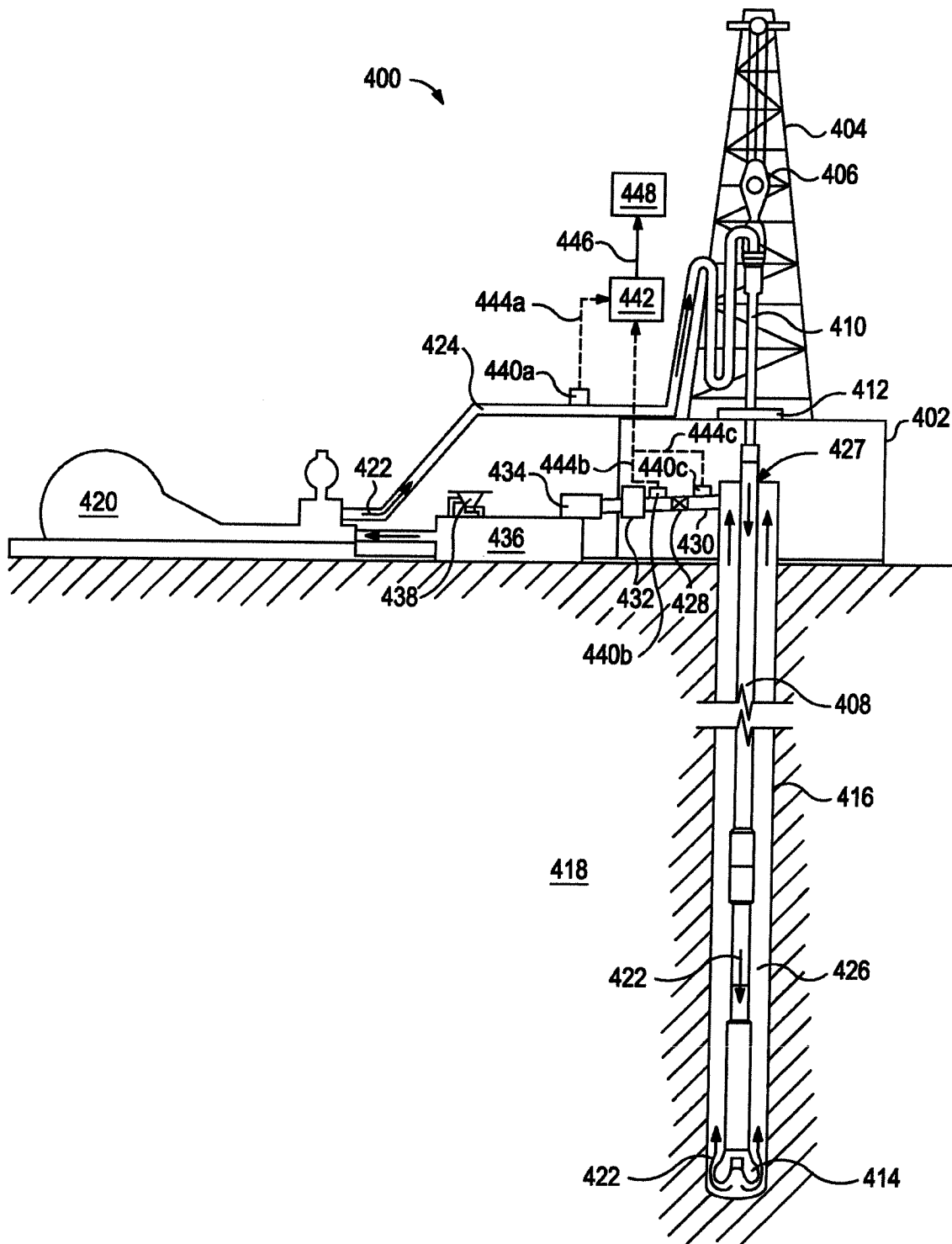


FIG. 4

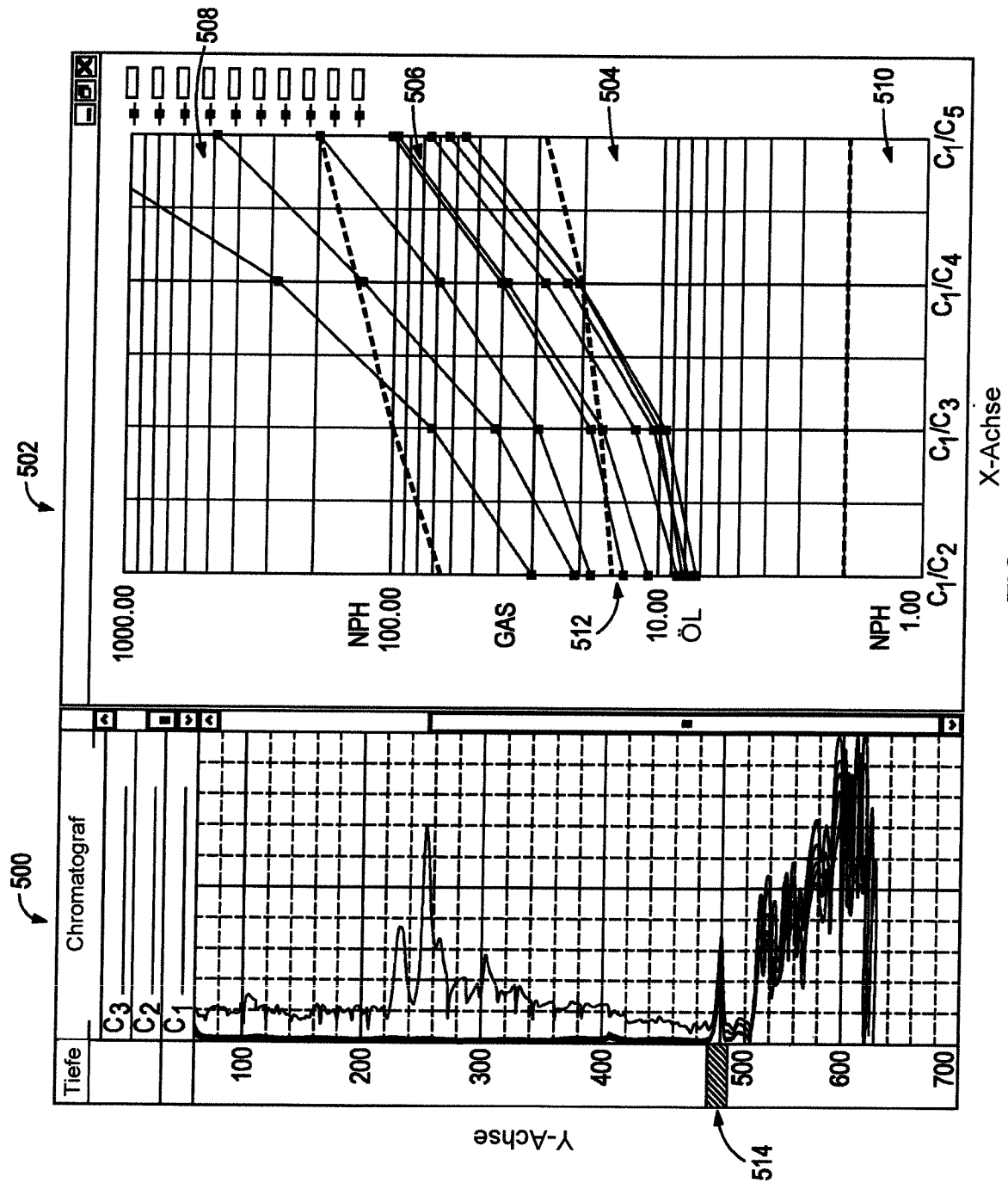


FIG. 5A

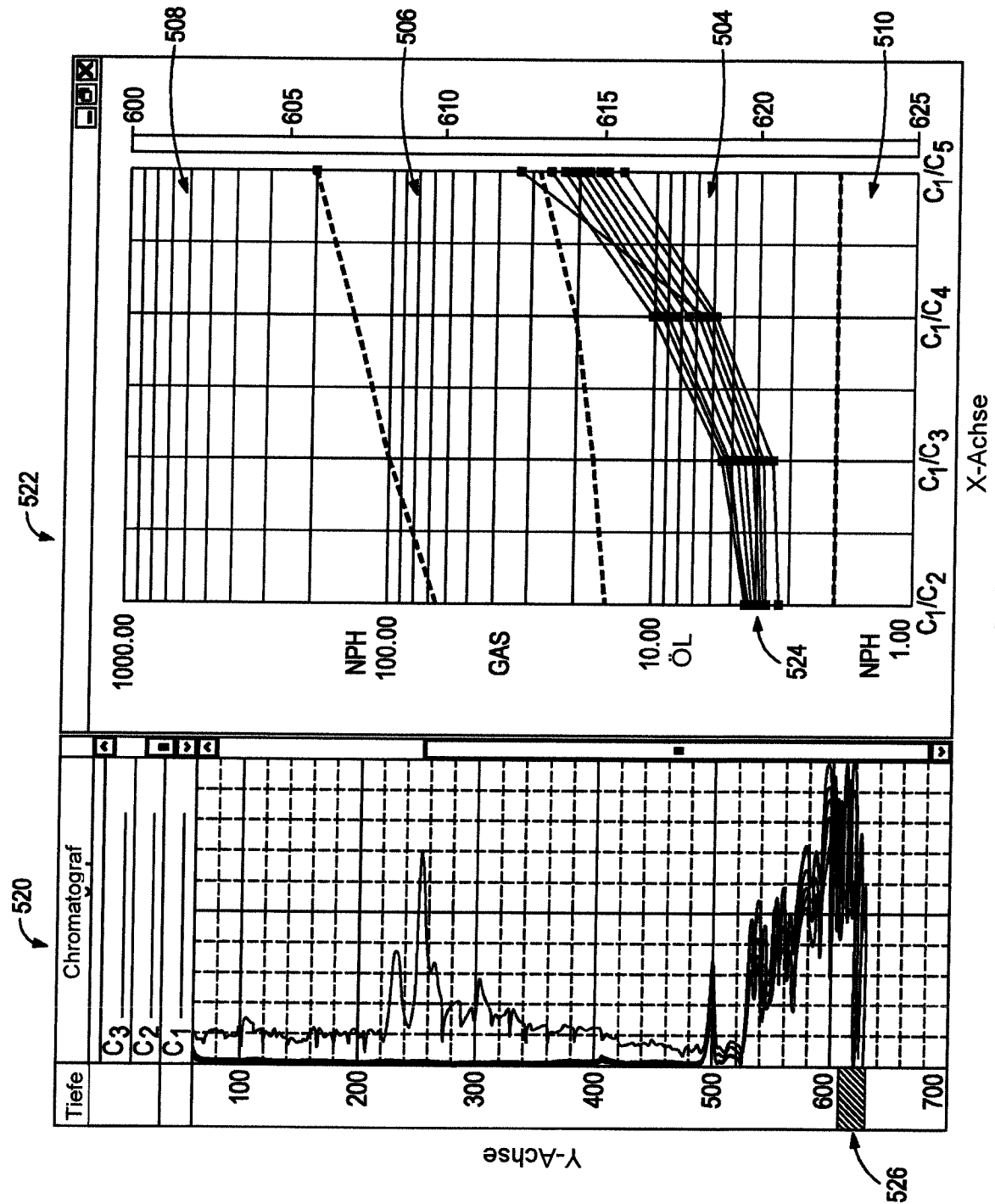


FIG. 5B

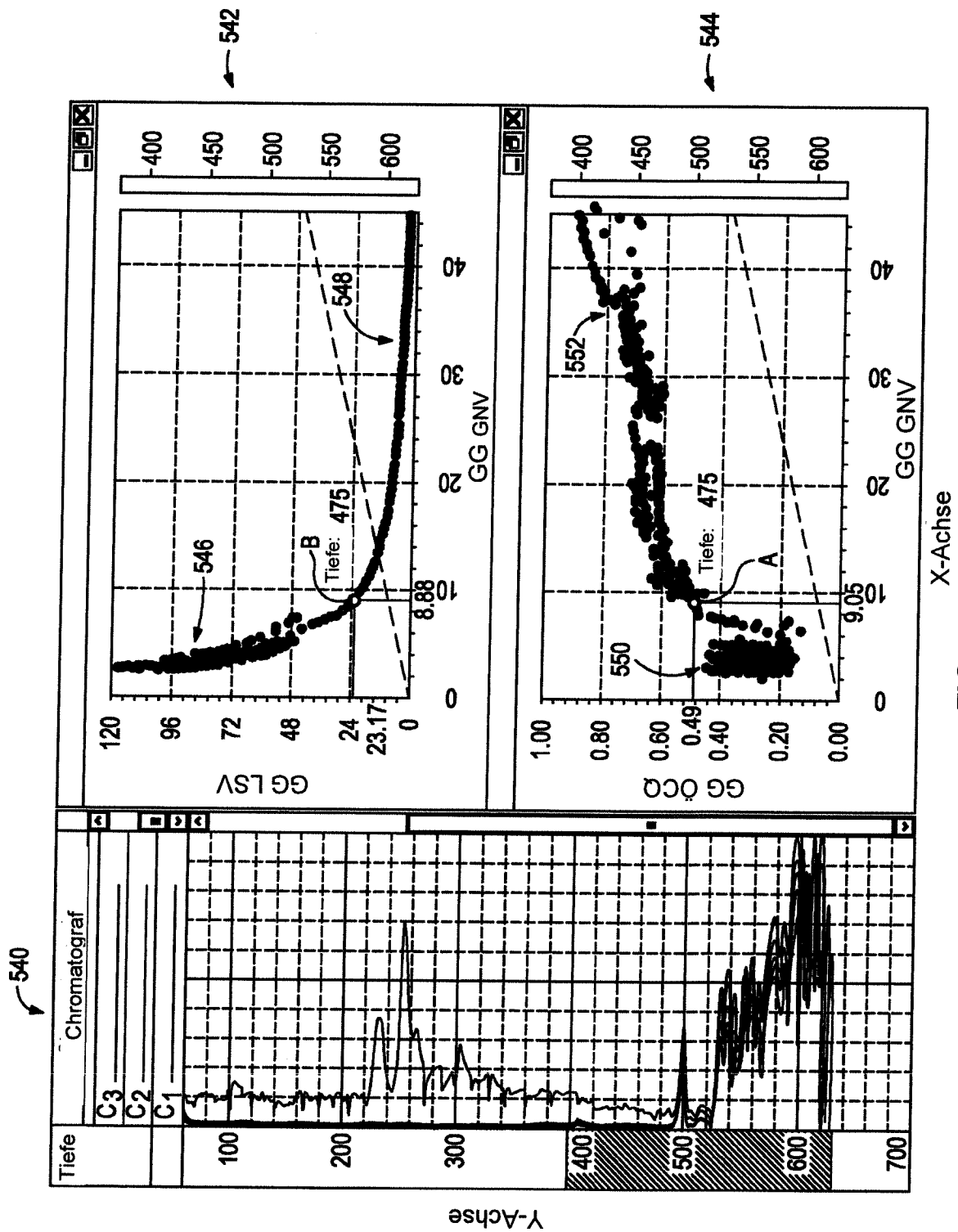


FIG. 5C

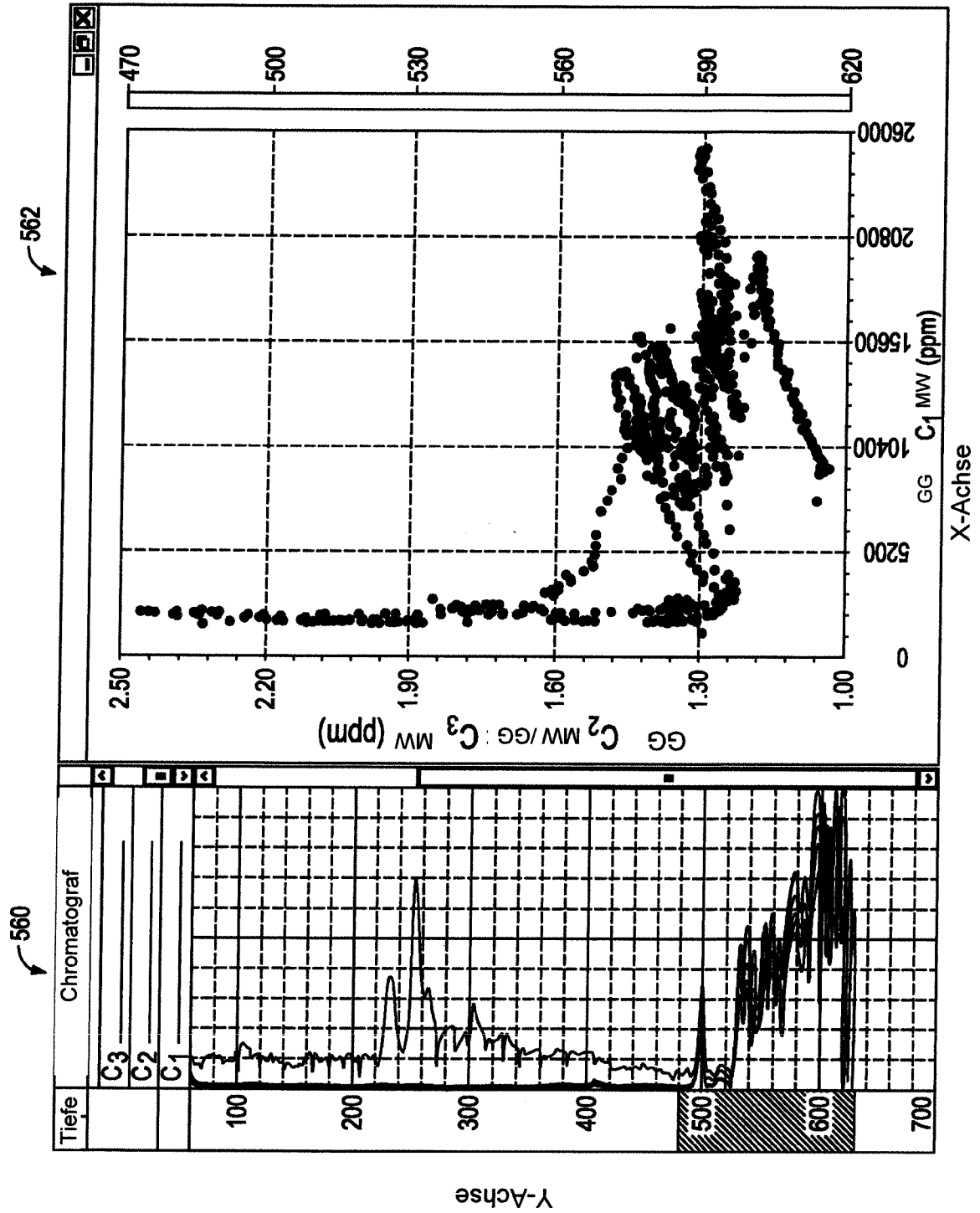


FIG. 5D