

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
02. September 2021 (02.09.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/170733 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 1/22 (2006.01) E21D 9/06 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/054714
- (22) Internationales Anmeldedatum:
25. Februar 2021 (25.02.2021)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2020 105 345.2
28. Februar 2020 (28.02.2020) DE
- (71) Anmelder: **HERRENKNECHT AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Schlehenweg 2, 77963 Schwanau (DE).
- (72) Erfinder: **BRANDT, Jens**; Thermenallee 22, 79189 Bad Krozingen (DE). **MÜNCHBACH, Markus**; Wiesenstraße 4, 79276 Reute (DE). **FEISST, Albert**; Feldmattweg 4, 77855 Achern-Önsbach (DE).
- (74) Anwalt: **RACKETTE PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; Kaiser-Joseph-Strasse 183, Postfach 13 10, 79013 Freiburg im Breisgau (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING A CONTENT OF CRITICAL GAS IN A CAVITY AND TUNNEL BORING MACHINE HAVING SUCH A DEVICE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM ERFASSEN EINES GEHALTS AN KRITISCHEM GAS IN EINEM HOHLRAUM UND TUNNELBOHRMASCHINE MIT EINER DERARTIGEN VORRICHTUNG

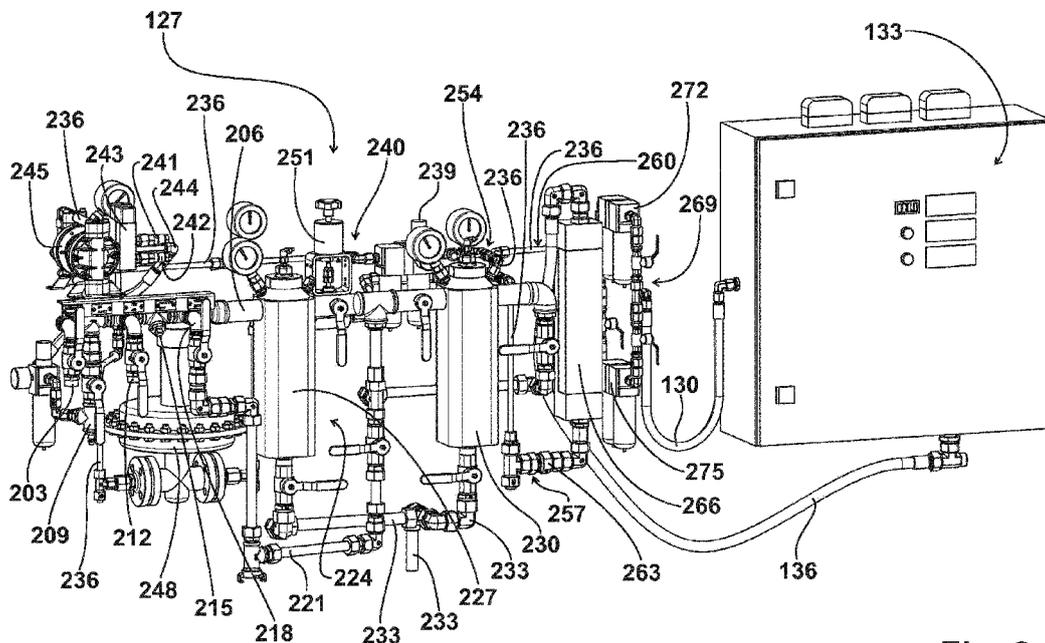


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a device for detecting a content of critical gas in a cavity, in particular a mining chamber of a tunnel boring machine, comprising a separation module (224) by which a fluid fed in via an extraction line connection (203) can be largely cleaned of solid and liquid components. A gas line arrangement (236) arranged downstream of the separation module (224) in the flow direction of the fluid carries the fluid, including substantially only gaseous components, inter alia through a pressure reducer (239) and through a flow control valve (251) of a metering module (240), by which the gas to be analysed can be delivered in a controlled manner, advantageously assisted by a double diaphragm pump (245) and a pressure stabiliser (248), to a gas analysis unit (133) even



WO 2021/170733 A1

RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM,
ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

at high pressures in the cavity.

(57) Zusammenfassung: Bei einer Vorrichtung zum Erfassen eines Gehalts an kritischem Gas in einem Hohlraum, insbesondere einer Abbaukammer einer Tunnelbohrmaschine, ist ein Separationsmodul (224) vorhanden, mit dem ein über einen Entnahmeleitungsanschluss (203) eingespeistes Fluid weitestgehend von festen und flüssigen Bestandteilen reinigbar ist. Eine in Strömungsrichtung des Fluids dem Separationsmodul (224) nachgeordnete Gasleitungsanordnung (236) führt das im Wesentlichen nur noch gasförmige Bestandteile aufweisende Fluid unter anderem durch einen Druckminderer (239) und durch ein Durchflussregulierventil (251) eines Dosiermoduls (240), mit dem, zweckmäßigerweise durch eine Doppelmembranpumpe (245) und einen Druckstabilisator (248) unterstützt, einer Gasanalyseeinheit (133) auch bei hohen Drücken in dem Hohlraum kontrolliert das zu analysierende Gas zuführbar ist.

Vorrichtung zum Erfassen eines Gehalts an kritischem Gas
in einem Hohlraum
und
Tunnelbohrmaschine mit einer derartigen Vorrichtung

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erfassen eines Gehalts an kritischem Gas in einem Hohlraum gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Tunnelbohrmaschine, die mit einer derartigen Vorrichtung ausgestattet ist.

15

Eine derartige Vorrichtung mit zugehöriger Tunnelbohrmaschine ist aus JP2004-300721A bekannt. Diese vorbekannte Vorrichtung verfügt über ein Separationsmodul zum Abtrennen des zu erfassenden Gases aus einem einer Abfördereinheit entnommenen Fluid und über ein dem Separationsmodul nachgeordnetes Dosiermodul zum kontrollierten Beaufschlagen einer

20

Gasanalyseeinheit mit abgetrenntem Gas. Bei der vorbekannten Vorrichtung erfolgt das Abtrennen eines zu erfassenden Gases durch Wechsel der Druckverhältnisse in einem Gas-Flüssigkeit-Gemisch mit Festkörperbestandteilen. Zum Erfassen eines Gehalts

25

an kritischem, insbesondere explosivem Gas wie beispielsweise Methan ist ein Überführen eines aus diesem Gemisch ausgetretenen Anteils an Gas in eine Gasanalyseeinheit vorgesehen.

30

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art und eine mit einer derartigen Vorrichtung ausgestattete Tunnelbohrmaschine anzugeben, die sich durch ein Erfassen eines Gehalts an kritischem Gas in einem unter verhältnismäßig hohen Druck stehenden, aber gegebenenfalls auch

Druckschwankungen unterworfenen Hohlraum mit einer zumindest für eine Gefahrenmeldung ausreichenden Genauigkeit auszeichnet.

5 Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

10 Diese Aufgabe wird bei einer mit einer derartigen Vorrichtung ausgestatteten Tunnelbohrmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst.

15 Dadurch, dass bei der Vorrichtung und bei der Tunnelbohrmaschine gemäß der Erfindung das Dosiermodul einen Druckminderer und ein dem Druckminderer nachgeordnetes Durchflussregulierventil aufweist, lassen sich hohe Drücke kontrolliert herabsetzen und die für ein hinreichend verlässliches Erfassen eines Gehalts an einem kritischen Gas wichtige Durchflussrate zum Beaufschlagen einer Gasanalyseeinheit mit abgetrenntem Gas ausreichend genau einstellen.

20 Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

25 Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung mit Bezug auf die Figuren der Zeichnung.

Es zeigen:

30 Fig. 1 in einer stark schematisierten Seitenansicht ein Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine gemäß der Erfindung mit einem Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß der Erfindung,

5 Fig. 2 in einer perspektivischen Ansicht das Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß der Erfindung gemäß Fig. 1 mit Blick auf eine während des Betriebs für einen Bediener zugängliche Vorderseite sowie eine Gasanalyseeinheit,

10 Fig. 3 in einer perspektivischen Ansicht das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 mit Blick auf die der Vorderseite abgewandten Rückseite und

15 Fig. 4 in einer perspektivischen Ansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß der Erfindung mit Blick auf eine Rückseite entsprechend der Darstellung gemäß Fig. 3.

20 Fig. 1 zeigt in einer stark schematisierten Seitenansicht ein Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine 103 gemäß der Erfindung. Die Tunnelbohrmaschine 103 verfügt an einer in Vortriebsrichtung vorderen Stirnseite über ein Schneidrad 106, das mittels einer Antriebseinheit 109 drehbar und zum Abbau von Material an einer Ortsbrust 112 mit an die anstehende Geologie angepassten Abbauwerkzeugen 115 ausgestattet ist.

25 Auf der der Ortsbrust 112 abgewandten Seite des Schneidrads 106 ist eine Abbaukammer 118 als Hohlraum vorhanden, die insbesondere bei einem mit Druckunterstützung arbeitenden Abbaufahren unter einem Druck von mehreren 1.000 Hektopascal (hPa) stehen kann. In die Abbaukammer 118 eingefördertes, von der Ortsbrust 112 abgebautes Material ist über
30 eine Abfördereinheit 121, die beispielsweise mit einem Schneckenförderer ausgestattet ist, abförderbar.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung mündet eine Entnahmeleitung 124 mit einem Ende in die gegen einen Durchlass für die Entnahmeleitung 124 abgedichtete Abbaukammer 118 in deren oberen, überwiegend flüssigkeits- und feststofffreien Bereich.

5 Die Entnahmeleitung 124 ist mit ihrem der Abbaukammer 118 abgewandten Ende an eine Fluidaufbereitungseinheit 127 angeschlossen. Mit der Entnahmeleitung 124 ist somit das im Entnahmebereich in der Abbaukammer 118 vorliegende Fluid, das aufgrund der harschen Abbaubedingungen neben gasförmigen

10 Bestandteilen auch flüssige sowie feste Bestandteile aufweist, der Fluidaufbereitungseinheit 127 zuführbar. Die Fluidaufbereitungseinheit 127 steht über eine Messgasübergabeleitung 130 mit einer Gasanalyseeinheit 133 in Verbindung. Sowohl die Fluidaufbereitungseinheit 127 als auch die

15 Gasanalyseeinheit 133 sind an eine Ablassleitung 136 angeschlossen, mit der aus der Abbaukammer 118 über die Entnahmeleitung 124 entnommenes Fluid in seinen einzelnen Komponenten aus einem rückseitig der Ortsbrust 112 liegenden Tunnelraum 139 abführbar ist.

20

Fig. 2 zeigt in einer perspektivischen Ansicht mit Blick auf die einem Bediener im Normalbetrieb zugängliche Vorderseite den Aufbau der Fluidaufbereitungseinheit 127 eines Ausführungsbeispiels einer

25 Vorrichtung gemäß der Erfindung, die typischerweise bei einer beispielhaft anhand Fig. 1 erläuterten Tunnelbohrmaschine 103 zum Einsatz kommt. Die Fluidaufbereitungseinheit 127 gemäß Fig. 2 ist eingangsseitig mit einem Entnahmeleitungsanschluss 203 ausgebildet, an den die Fig. 1 erläuterte, in Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellte Entnahmeleitung 124 druckdicht

30 anschließbar ist. Der Entnahmeleitungsanschluss 203 steht mit einem Eingangsabschnitt einer Fluidmischungsleitungsanordnung 206 in Verbindung, an den weiterhin ein Luftanschluss 209, ein Testgasanschluss 212, ein Wartungsanschluss 215 und ein

Wasseranschluss 218 angebracht sind. An den Wasseranschluss 218 ist eine Wasserleitungsanordnung 221 angeschlossen, mit der der Fluidmischungsleitungsanordnung 206 bedarfsweise Wasser zuführbar ist.

5

In die Fluidmischungsleitungsanordnung 206 ist in Strömungsrichtung eines über den Entnahmeleitungsanschluss 203 eingespeisten Fluids dem Entnahmeleitungsanschluss 203 sowie den weiteren Anschlüssen 209, 212, 215, 218 nachgeordnet ein Separationsmodul 224 mit bei diesem Ausführungsbeispiel zwei in Reihe geschalteten Separatoren 227, 230 integriert. Mit den zweckmäßigerweise für eine aufeinanderfolgende Grob- sowie eine daran anschließende Feinseparation eingerichteten und mit der Wirkung der Schwerkraft arbeitenden Separatoren 227, 230 sind aus dem aus der Abbaukammer 118 stammenden Fluid mitgeführte feste Bestandteile wie kleinere Steinchen, Sand und/oder Schlammmaterial sowie flüssige Bestandteile entfernbar, so dass in Strömungsrichtung des Fluids ausgangsseitig des Separationsmoduls 224 im Wesentlichen nur noch gasförmige Bestandteile enthalten sind. Die Separatoren 227, 230 sind im Bodenbereich an eine Abführleitungsanordnung 233 angeschlossen, mit der, wie in Fig. 2 dargestellt, zweckmäßigerweise über Verschlussähne bedarfsweise gesteuert in den Separatoren 227, 230 angefallenes flüssiges und festes Material abführbar ist.

25

Nach Durchtritt durch das Separationsmodul 224 mit einem im Wesentlichen vollständigen Abtrennen der festen und flüssigen Bestandteile tritt das dann im Wesentlichen nur noch aus gasförmigen Bestandteilen bestehende Fluid in eine Gasleitungsanordnung 236 ein, in die ein Druckminderer 239 eines Dosiermoduls 240 integriert ist. Mit dem Druckminderer 239 ist der Eingangsdruck in der Gasleitungsanordnung 236 auf einen Ausgangsdruck von typischerweise etwa 1.000 hPa bis etwa 2.000

30

hPa mit einer entsprechenden Reduzierung des Volumenstroms herabsetzbar. In die Gasleitungsanordnung 236 ist weiterhin eine gegen abrasive Bestandteile in dem Fluid wie Sandkörner widerstandsfähige, mit einem ersten Drosselventil 241 sowie mit
5 einem zweiten Drosselventil 242 verbundene und mittels eines Magnetsteuerschalters 243 mit unter Druck stehender Steuerluft aus einer Steuerluftleitung 244 beaufschlagbare Doppelmembranpumpe 245 integriert, mit der bei Bedarf der Druck des Fluids in Strömungsrichtung nach der Doppelmembranpumpe 245 auf einen
10 bestimmten Überdruck erhöhbar ist.

Die Doppelmembranpumpe 245 verfügt über zwei miteinander zwangsgekoppelte Membrane, die über die Steuerluftleitung 244 von dem beispielsweise als 3/2-Steuerungsventil ausgebildeten
15 Magnetsteuerschalter 243 über eine von einem in Fig. 2 nicht dargestellten Spannungsimpulsgenerator bereitgestellte impulsartige Spannung mit Aktivierung des Magnetsteuerschalters 243 oberhalb eines bestimmten Spannungssignalpegels sowie über eine Rückstellfeder nach Spannungsabfall unter den
20 Spannungssignalpegel gesteuert mit der unter Druck stehenden Steuerluft derart alternierend ansteuerbar sind, dass bei einer ausreichend hohen Taktfrequenz sowie einem angepassten Druck in der Steuerluftleitung 244 eine ausreichend hohe Hubleistung bereitgestellt ist. Dadurch entfallen im Mittel weniger Zeitanteile auf
25 den Niederdruck- beziehungsweise Niedrigvolumenstrombereich der Membrane nach Erreichen der Hubendlage sowie zur Rücksetzung.

Zum Glätten von verbleibenden Druckschwankungen insbesondere bei atmosphärischen Bedingungen in der Abbaukammer 118, das
30 heißt ohne eine Selbstförderung des Fluids, sind die Öffnungsgrade der Drosselventile 241, 242 auf einen verhältnismäßig geringen Wert eingestellt, so dass die zur Entlastung entweichende Brauchluft der

5 Membrane nur stark verzögert in die Umgebung entweicht. Dadurch geht jede Membran bei Rückstellung vor Erreichen der Ausgangslage wieder in den nächsten Hub über, und die gegenüberliegende Membran hat zwischenzeitlich die Hubarbeit im Wesentlichen nahtlos übernommen.

10 In Strömungsrichtung des Fluids nach der Doppelmembranpumpe 245 ist in die Gasleitungsanordnung 236 zunächst ein Druckstabilisator 248 in Gestalt eines Ausgleichsgefäßes mit einer Membran zum Stabilisieren des Drucks in der Gasleitungsanordnung 236 und nachfolgend ein Durchflussregulierventil 251 des Dosiermoduls 240 integriert, das zum feinen Einstellen einer Durchflussrate zweckmäßigerweise als Nadelventil ausgebildet ist. In Strömungsrichtung des Fluids nach dem Durchflussregulierventil 15 251 liegt eine Y-Verzweigung 254, die die Gasleitungsanordnung 236 in einen Hauptarm 257 mit einer verhältnismäßig großen Durchflussrate und in einen Nebenarm 260 mit einer gegenüber der Durchflussrate in dem Hauptarm 257 niedrigeren Durchflussrate aufteilt.

20 Das Anordnen des Durchflussregulierventils 251 in Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids vor der Y-Verzweigung 254 hat den Vorteil, dass unter Berücksichtigung der fluiddynamischen Eigenschaften von in Strömungsrichtung des Fluids nachfolgenden Komponenten der gesamte Volumenstrom in 25 der Gasleitungsanordnung 236 gezielt beeinflussbar ist. Fällt beispielsweise aus betrieblichen Gründen die Ablassleitung 136 verhältnismäßig lang aus, so resultieren daraus weitere Druckverluste, die entsprechend mit einer Reduzierung des Volumenstroms einhergehen. Mit Hilfe des Durchflussregulierventils 30 251 lässt sich in diesem Fall der gesamte Volumenstrom auf einen für eine verhältnismäßig genaue Messung durch die Gasanalyseeinheit 133 passenden Wert vordosieren.

In den Hauptarm 257 ist in Strömungsrichtung des Fluids nach einem aus Sicherheitsgründen vorgesehenen passiven Rückschlagventil 263 ein Volumenstrommessmodul 266 integriert, mit der durch den Hauptarm 257 fließende Volumenstrom, der in einem festen Verhältnis zu dem in dem Nebenarm 260 fließenden Volumenstrom steht, an gasförmigen Fluid messbar ist. Ausgangsseitig des Volumenstrommessmoduls 266 ist die in Fig. 1 erläuterte Ablassleitung 136 angeschlossen.

10

In den Nebenarm 260 wiederum ist ein Nebenarmfiltermodul 269 mit zwei Nebenarmfiltern 272, 275, die aus Redundanzgründen parallel geschaltet sind, integriert, um aus dem in dem Nebenarm 260 der Gasleitungsanordnung 236 durchströmendes Fluid vor Eintritt in die Messgasübergabeleitung 130 zum Vermeiden von Beschädigungen der in der Regel verhältnismäßig empfindlichen Gasanalyseeinheit 133 von Restverschmutzungen zu reinigen.

15

Mit der Gasanalyseeinheit 133 ist somit gasförmiges, gereinigtes und nur relativ geringen Druckschwankungen unterworfenen Fluid mit einem verhältnismäßig konstanten Volumenstrom einspeisbar. Mit der Gasanalyseeinheit 133 ist die Zusammensetzung des gasförmigen Fluids in seinen gasförmigen Bestandteilen hinsichtlich kritischer, insbesondere explosiver Gase wie Methan erfassbar. Hierfür verfügt die Gasanalyseeinheit 133 zweckmäßigerweise über einen sehr genauen Volumenstrommesser mit daran gekoppeltem Mengeneinstellrad für eine sehr präzise Dosierung des einem Gassensor der Gasanalyseeinheit 133 zugeführten gasförmigen Fluids.

20

25

30

Die für einen Bediener im üblichen Betrieb von der Vorderseite her aus zugänglichen Anschlüsse 203, 209, 212, 215, 218 sind über jeweils einen Verschlussahn zu verschließen und zu öffnen.

Dadurch lässt sich insbesondere bei einem Verschließen des Entnahmeleitungsanschlusses 203 über den Luftanschluss 209 unter Druck stehende Luft sowie über den Wasseranschluss 218 mit der angeschlossenen Wasserleitungsanordnung 221 Wasser zum
5 Spülen insbesondere der Fluidmischungsleitungsanordnung 206 mit Durchfluss in beiden Richtungen durchführen. Über den Testgasanschluss 212 lässt sich bei Öffnen des entsprechenden Verschlussahns und Verschließen der anderen Verschlussähne ein Testgas zum Prüfen der Funktionsfähigkeit der
10 Fluidaufbereitungseinheit 127 und insbesondere der Gasanalyseeinheit 133 durchleiten.

Fig. 3 zeigt in einer perspektivischen Ansicht das Ausführungsbeispiel einer Fluidaufbereitungseinheit 127 gemäß Fig. 2 mit Blick auf die der Vorderseite abgewandte Rückseite. Aus Fig. 3
15 ist der in der Darstellung gemäß Fig. 2 nicht sichtbare Teil der Gasleitungsanordnung 236 mit den in sie integrierten Komponenten sichtbar. Insbesondere lässt sich der Darstellung gemäß Fig. 3 entnehmen, dass die Gasleitungsanordnung 236 mit einem
20 Abschaltventil 303 ausgestattet ist, mit dem in Strömungsrichtung des in der Gasleitungsanordnung 236 strömenden gasförmigen Fluids vorderseitigen Bereich beispielsweise in Fällen wie einem kritischen Füllstand in dem Separationsmodul 224 eine Sperrung des in Strömungsrichtung rückseitigen Bereichs erfolgen kann. Des
25 Weiteren lässt sich aus der Darstellung gemäß Fig. 3 deutlich die Anordnung der Y-Verzweigung 254 in Gestalt eines T-Stücks mit dem Hals des T eingangsseitig des Nebenarms 260 erkennen. Überdies lässt sich Fig. 3 entnehmen, dass die Separatoren 227, 230 mit jeweils einem Füllstandssensor 306 ausgestattet sind,
30 mittels denen ein Warnsignal dahingehend erzeugbar ist, dass bei einem maximalen Füllstand bei Eingriff eines Bedieners der Inhalt der Separatoren 227, 230 über die Abführleitungsanordnung 233 abführbar ist.

Fig. 4 zeigt in einer perspektivischen Ansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Fluidaufbereitungseinheit 127 mit Blick auf eine für einen Bediener im Betrieb zugänglichen Vorderseite
5 entsprechend der Darstellung gemäß Fig. 2, wobei sich bei dem anhand von Fig. 2 sowie Fig. 3 erläuterten Ausführungsbeispiel einer Fluidaufbereitungseinheit 127 und bei dem anhand Fig. 4 erläuterten Ausführungsbeispiel einer Fluidaufbereitungseinheit 127 einander entsprechende Komponenten mit den gleichen Bezugszeichen
10 versehen und zum Vermeiden von Wiederholungen im Weiteren nicht näher erläutert sind.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 sowie Fig. 3 im Wesentlichen
15 dadurch, dass das Durchflussregulierventil 251 in dem Hauptarm 257 in Strömungsrichtung des Fluids vor dem Volumenstrommessmodul 266 mit einem insbesondere bei einer tiefen Anordnung im unteren Bereich der Fluidaufbereitungseinheit 127 zum Schutz vorgeschalteten Hauptstromfiltermodul 403
20 integriert ist. Ein Rückschlagventil 263 ist bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 nicht vorgesehen. Das Ausführungsbeispiel einer Fluidaufbereitungseinheit 127 gemäß Fig. 4 zeichnet sich dadurch aus, dass über die Einstellung der Durchflussrate in dem Hauptarm 257 die Durchflussrate in dem
25 Nebenarm 260 verhältnismäßig genau einstellbar ist, was für die Messgenauigkeit der Gasanalyseeinheit 133 förderlich ist.

Dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 sowie Fig. 3 und dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 ist gemeinsam, dass die
30 Druckanpassung, Druckstabilisierung und Durchflussratenanpassung für eine ordnungsgemäße Funktionsweise der Gasanalyseeinheit 133 über die Abfolge in Strömungsrichtung des Fluids von Druckminderer 239,

Doppelmembranpumpe 245, Druckstabilisator 248 und Durchflussregulierventil 251 mit anschließender Aufteilung an der Y-Verzweigung 254 in einen Hauptarm 257 mit einer größeren Durchflussrate sowie in einen Nebenarm 260 mit einer geringeren Durchflussrate in Richtung der Gasanalyseeinheit 133 erfolgt.

5 Dadurch lässt sich der Gehalt an kritischem Gas in dem gasförmigen Fluid auch unter stark wechselnden Umgebungsbedingungen in der Abbaukammer 118 weitgehend verzögerungsfrei wenigstens so genau bestimmen, dass beispielsweise das Vorliegen an explosivem

10 Methan in einer sicherheitsrelevanten Konzentration zuverlässig und verhältnismäßig schnell erfassbar ist.

ANSPRÜCHE

- 5 1. Vorrichtung zum Erfassen eines Gehalts an kritischem Gas in einem Hohlraum (118) mit einem Separationsmodul (224) zum Abtrennen des zu erfassenden Gases aus einem Fluid und mit einem dem Separationsmodul (224) nachgeordneten Dosiermodul (240) zum kontrollierten Beaufschlagen einer Gasanalyseeinheit (133) mit abgetrenntem Gas, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Dosiermodul (240) einen Druckminderer (239) und ein dem Druckminderer (239) nachgeordnetes Durchflussregulierventil (251) aufweist.
10
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchflussregulierventil (251) ein Nadelventil ist.
- 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Doppelmembranpumpe (245) vorhanden ist, die dem Druckminderer (239) nachgeschaltet ist.
- 25 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Membrane der Doppelmembranpumpe (245) miteinander zwangsgekoppelt sind und dass die Membrane über eine Steuerluftleitung (244) von einem Magnetsteuerschalter (243) mit unter Druck stehender Steuerluft alternierend ansteuerbar sind.
- 30 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Doppelmembranpumpe (245) mit einem ersten Drosselventil (241) und mit einem zweiten Drosselventil (242) verbunden ist, deren Öffnungsgrade derart auf einen verhältnismäßig geringen Wert einstellbar sind, dass zur

Entlastung entweichende Brauchluft der Membrane nur stark verzögert in eine Umgebung entweicht.

- 5 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Druckstabilisator (248) vorhanden ist, der zwischen der Doppelmembranpumpe (245) und dem Durchflussregulierventil (251) angeordnet ist.
- 10 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Volumenstrommessmodul (266) vorhanden ist, das dem Durchflussregulierventil (251) nachgeordnet ist.
- 15 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Druckminderer (239) eine bezüglich der aufgeteilten Volumenströme asymmetrische Y-Verzweigung (254) mit einem nachgeordneten Hauptarm (257) sowie mit einem nachgeordneten Nebenarm (260) vorhanden ist und dass das Volumenstrommessmodul (266) in dem Hauptarm (257) nach der Y-Verzweigung (254) angeordnet ist.
- 20 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Nebenarm (260) ein Nebenarmfiltermodul (269) angeordnet ist.
- 25 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchflussregulierventil (251) zwischen dem Druckminderer (239) und der Y-Verzweigung (254) angeordnet ist.
- 30 11. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchflussregulierventil (251) nach

der Y-Verzweigung (254) in dem Hauptarm (257) angeordnet ist.

- 5 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Nebenarm (260) zwischen der Y-Verzweigung (254) und dem Durchflussregulierventil (251) ein Hauptstromfiltermodul (403) vorhanden ist.
- 10 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gasanalyseeinheit (133) vorhanden ist, die dem Nebenarm (260) nachgeordnet und zum Erfassen von explosivem Gas eingerichtet ist.
- 15 14. Tunnelbohrmaschine mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, die eine Entnahmeleitung (124) aufweist, die sich zwischen einer Abbaukammer (118) als Hohlraum und der Vorrichtung erstreckt.

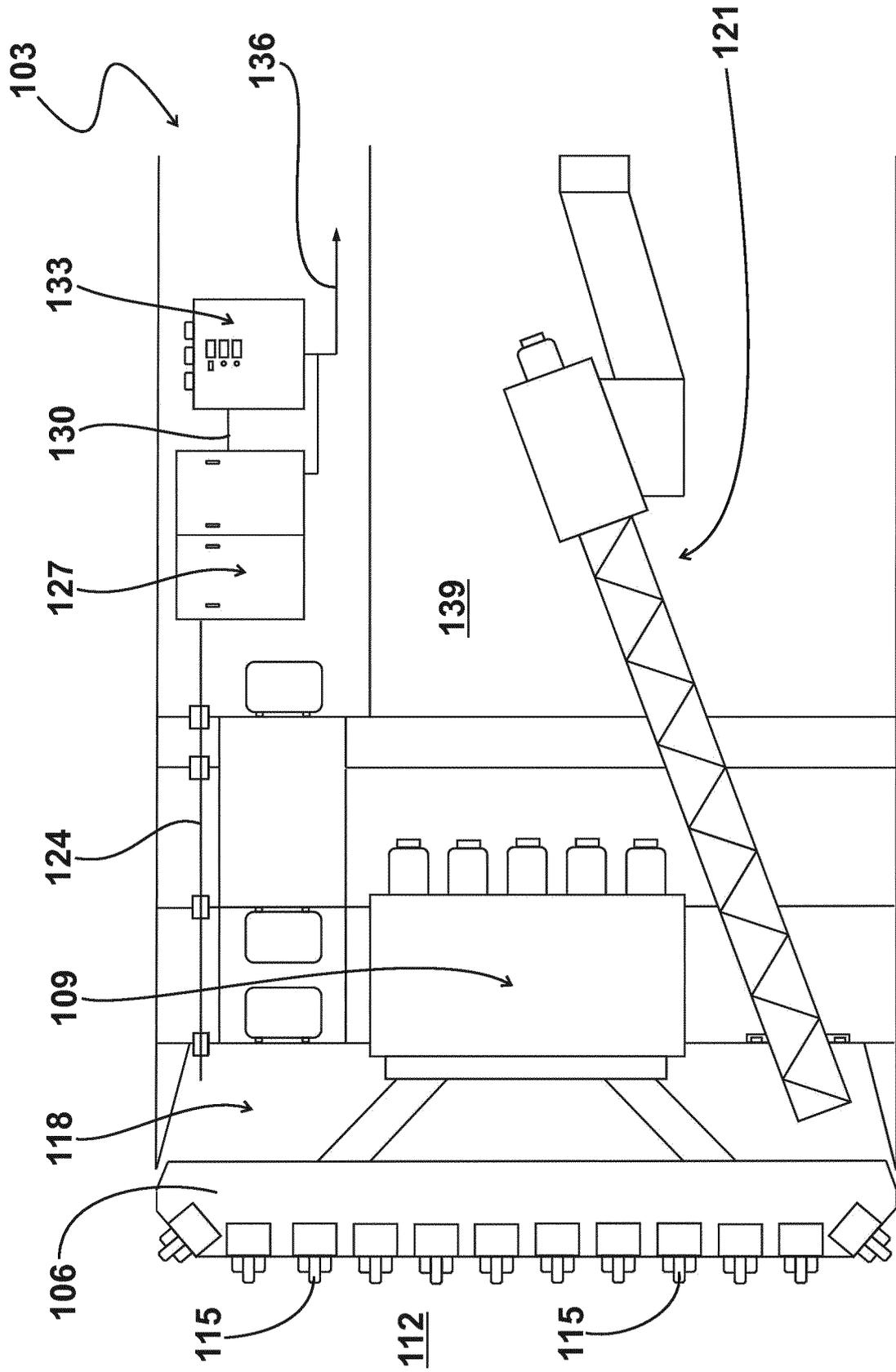


Fig. 1

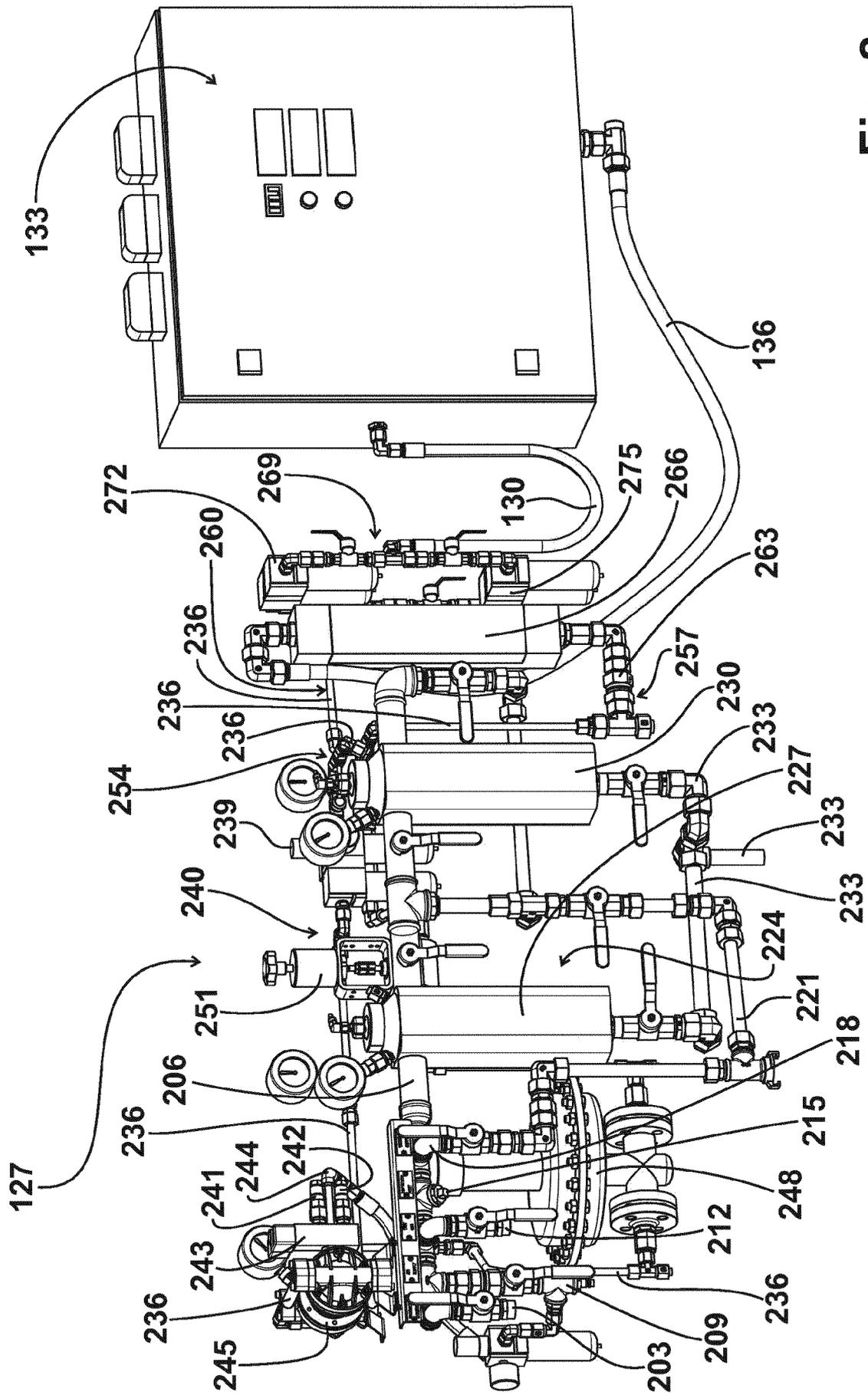


Fig. 2

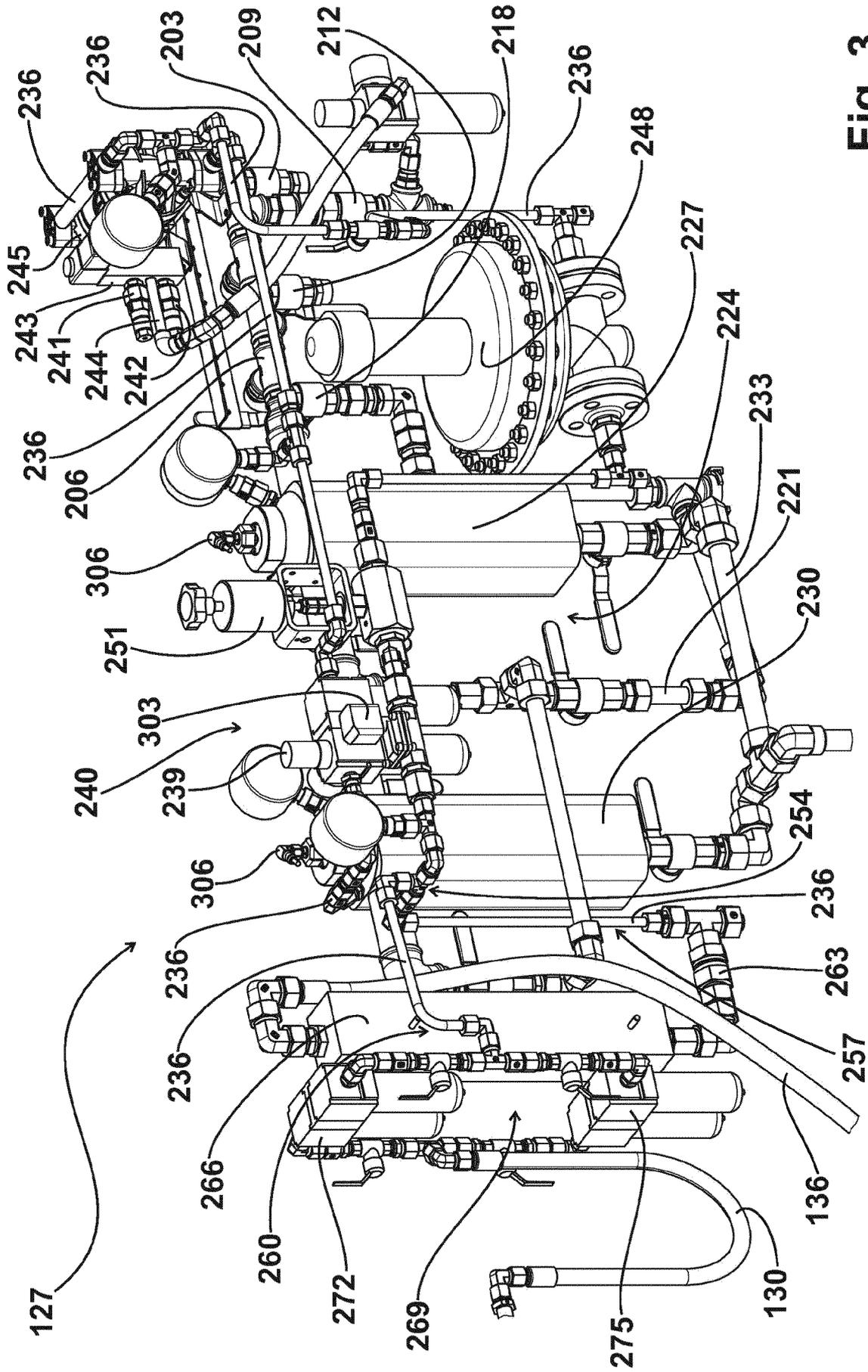


Fig. 3

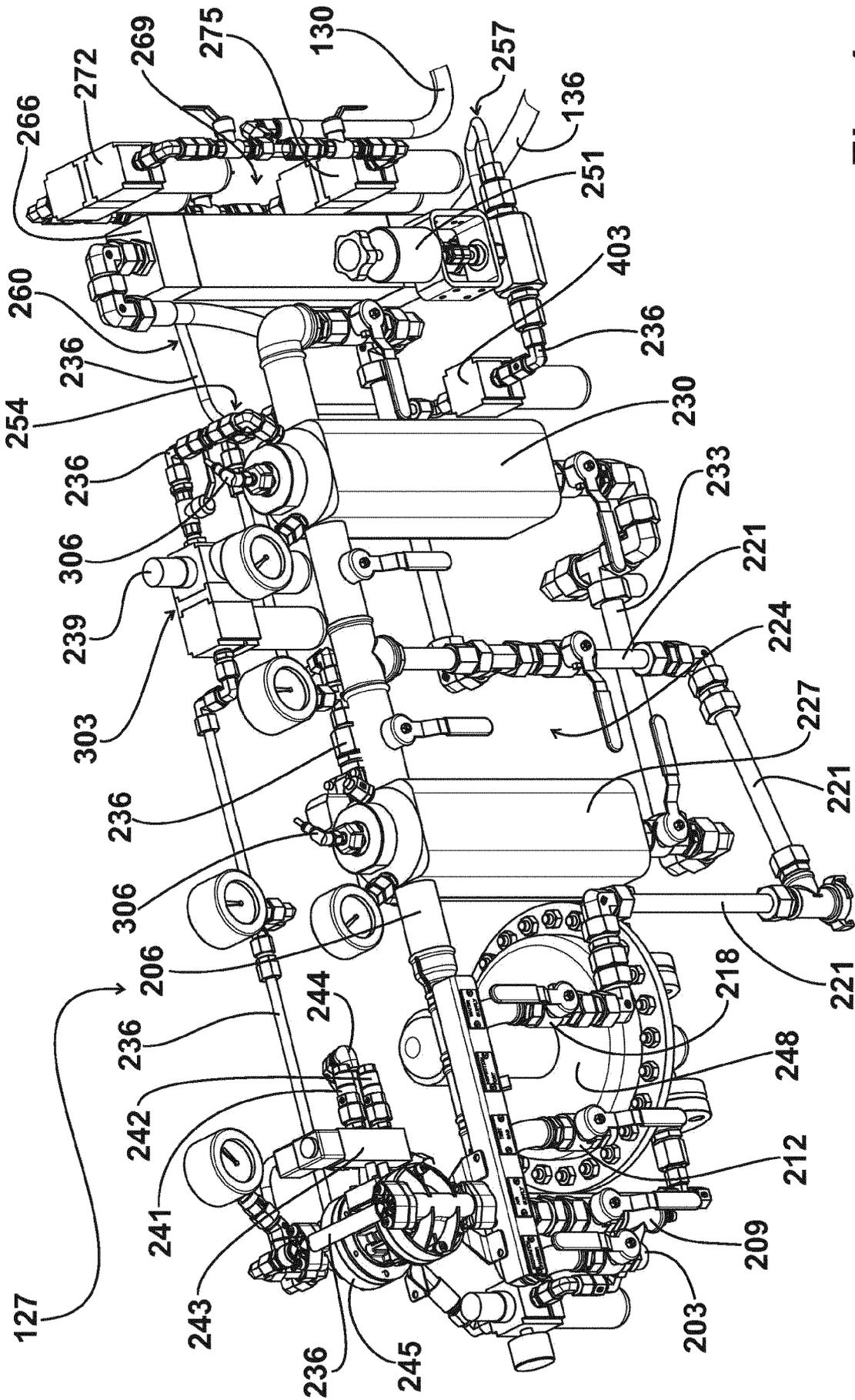


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/054714

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01N 1/22</i> (2006.01)i; <i>E21D 9/06</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N; E21B; E21F; E21D Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2018171786 A1 (KASPRZYKOWSKI PAWEL [FR] ET AL) 21 June 2018 (2018-06-21) paragraphs [0009], [0027], [0028], [0044] - [0063]; figures 1,2	1-14
X	WO 2019143362 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC [US]) 25 July 2019 (2019-07-25) paragraphs [0018] - [0032]; figures	1-14
A	DE 1049810 B (SALT WATER CONTROL INC) 05 February 1959 (1959-02-05) column 5, line 7 - column 7, line 23; figures	1-14
A	JP 2004300721 A (NISHIMATSU CONSTR CO LTD; RIKEN KEIKI KK) 28 October 2004 (2004-10-28) cited in the application the whole document	1-14
A	CN 110792447 A (UNIV SHANDONG) 14 February 2020 (2020-02-14) machine translation; figure	1-14
A	CN 110125129 A (CHINA RAILWAY ENGINEERING EQUIPMENT GROUP CO LTD) 16 August 2019 (2019-08-16) machine translation; figures	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 May 2021		Date of mailing of the international search report 28 May 2021
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Dekker, Derk Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/054714

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018171786	A1	21 June 2018	EP	3336538	A1	20 June 2018
				US	2018171786	A1	21 June 2018
WO	2019143362	A1	25 July 2019	GB	2582471	A	23 September 2020
				US	2020308963	A1	01 October 2020
				WO	2019143362	A1	25 July 2019
DE	1049810	B	05 February 1959	NONE			
JP	2004300721	A	28 October 2004	JP	4311714	B2	12 August 2009
				JP	2004300721	A	28 October 2004
CN	110792447	A	14 February 2020	NONE			
CN	110125129	A	16 August 2019	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01N1/22 E21D9/06
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTER GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01N E21B E21F E21D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2018/171786 A1 (KASPRZYKOWSKI PAWEL [FR] ET AL) 21. Juni 2018 (2018-06-21) Absätze [0009], [0027], [0028], [0044] - [0063]; Abbildungen 1,2 -----	1-14
X	WO 2019/143362 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC [US]) 25. Juli 2019 (2019-07-25) Absätze [0018] - [0032]; Abbildungen -----	1-14
A	DE 10 49 810 B (SALT WATER CONTROL INC) 5. Februar 1959 (1959-02-05) Spalte 5, Zeile 7 - Spalte 7, Zeile 23; Abbildungen -----	1-14
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Mai 2021

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/05/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Dekker, Derk

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 2004 300721 A (NISHIMATSU CONSTR CO LTD; RIKEN KEIKI KK) 28. Oktober 2004 (2004-10-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-14
A	----- CN 110 792 447 A (UNIV SHANDONG) 14. Februar 2020 (2020-02-14) Maschinenübersetzung; Abbildung	1-14
A	----- CN 110 125 129 A (CHINA RAILWAY ENGINEERING EQUIPMENT GROUP CO LTD) 16. August 2019 (2019-08-16) Maschinenübersetzung; Abbildungen	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/054714

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2018171786 A1	21-06-2018	EP 3336538 A1	20-06-2018
		US 2018171786 A1	21-06-2018

WO 2019143362 A1	25-07-2019	GB 2582471 A	23-09-2020
		US 2020308963 A1	01-10-2020
		WO 2019143362 A1	25-07-2019

DE 1049810 B	05-02-1959	KEINE	

JP 2004300721 A	28-10-2004	JP 4311714 B2	12-08-2009
		JP 2004300721 A	28-10-2004

CN 110792447 A	14-02-2020	KEINE	

CN 110125129 A	16-08-2019	KEINE	
