

⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 29 50 198 A 1**

⑤ Int. Cl. 3:
G 01 C 19/06
G 21 C 17/06

⑳ Aktenzeichen: P 29 50 198.2-33
㉑ Anmeldetag: 13. 12. 79
㉒ Offenlegungstag: 19. 6. 81

Benördeneigentum

㉓ Anmelder:
Kraftwerk Union AG, 4330 Mülheim, DE

㉔ Erfinder:
Queiser, Ing.(grad.), Horst, 6457 Maintal, DE; Eckardt,
Ing.(grad.), Bernd, 6454 Bruchköbel, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ **Einrichtung und Verfahren zur Lagerung von verbrauchten Brennelementen**

DE 29 50 198 A 1

DE 29 50 198 A 1

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Lagerung von verbrauchten Brennelementen eines Kernreaktors unter Verwendung eines Brennelement-Transportbehälters mit einem Hohlraum zur Aufnahme mindestens eines Brennelements und einem Deckel zum gasdichten Verschluss einer in den Hohlraum führenden Öffnung, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Hohlraum (5) mit einem Spurengas versehen ist, daß mit einem zusätzlichen Deckel (10) ein Querschnitt der Öffnung (7) überdeckender Leckageerfassungsraum (11) geschaffen ist und daß der Leckageerfassungsraum (11) zur Überwachung des gasdichten Verschlusses mit einer Meßeinrichtung (16) für das Spurengas verbunden ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß mehrere Transportbehälter (2) mit ihrem jeweiligen Leckageerfassungsraum über Ventile (13, 24, 25) an eine gemeinsame Meßeinrichtung (16) angeschlossen sind.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Verbindungsleitungen (24, 25) der Transportbehälter (2) mit der Meßeinrichtung (16) eine der räumlichen Anordnung der Transportbehälter (2) angepaßte Gruppierung der insgesamt mit der Meßeinrichtung (16) verbindbaren Transportbehälter bilden.
4. Einrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Meßeinrichtung (16) ein Meßbehälter (20) vorgeschaltet ist, dessen Volumen

ein Mehrfaches von dem des Leckageerfassungsraumes (11) ist.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da -
5 durch gekennzeichnet, daß Leckage-
erfassungsraum (11) und Meßeinrichtung (16) mit
einer Vakuumpumpe (14) zu einem Unterdrucksystem mit
einem kleineren Druck als im Hohlraum (5) verbunden
sind.

10

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, da -
durch gekennzeichnet, daß mit dem
Leckageerfassungsraum (11) ein Druckmeßgerät (15)
verbunden ist.

15

7. Einrichtung nach Anspruch 6, da durch ge -
kennzeichnet, daß das Druckmeßgerät (15)
mit einer Aufzeichnungseinrichtung zur Registrierung
des Druckverlaufes in Abhängigkeit von der Zeit ver-
20 bunden ist.

8. Verfahren zur Lagerung von verbrauchten Brennelemen-
ten unter Verwendung einer Einrichtung nach einem der
Ansprüche 1 bis 7, da durch gekennzeichnet -
25 net, daß der Transportbehälter mit einem Spurengas
versehen wird, daß der dem Transportbehälter zugeord-
nete Leckageerfassungsraum evakuiert wird, daß danach
der Druckanstieg im Leckageerfassungsraum ermittelt
wird, daß der Spurengasanteil im Leckageerfassungsraum
30 ermittelt wird und daß bei Überschreiten eines Grenz-
wertes des Spurengasanteils der Transportbehälter be-
sonders abgedichtet, abgesaugt oder entfernt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, daß Verbindungsleitungen zw-
ischen dem Leckageerfassungsraum und einer Einrichtung
zur Ermittlung des Spurengasanteils evakuiert werden.
5
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, daß anfallende Leckagega-
se kontrolliert über Verzögerungsstrecken, Filter
und/oder Aktivitätsmeßstellen abgeführt werden.
10
11. Verfahren nach Anspruch 8, 9 oder 10, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, daß an den Leckageerfas-
sungsraum mit einem Schnellkupplungsanschluß eine mo-
bile Vakuumpumpe angeschlossen wird, die mit einem
15 Meßbehälter verbunden ist, und daß der Meßbehäl-
ter dann mit einer Meßeinrichtung für das Spurengas
verbunden wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, d a d u r c h g e -
20 k e n n z e i c h n e t, daß die Meßeinrichtung für
das Spurengas als ortsfestes Helium-Massenspektrome-
ter ausgebildet ist und daß die Vakuumpumpe mit dem
Meßbehälter von dem Transportbehälter zu dem Massen-
spektrometer transportiert und mit diesem verbunden
25 wird.

KRAFTWERK UNION AKTIENGESELLSCHAFT Unser Zeichen
VPA 79 P 9374 BRD

5 Einrichtung und Verfahren zur Lagerung von
verbrauchten Brennelementen

- Die Erfindung betrifft eine Einrichtung sowie ein Ver-
fahren zur Lagerung von verbrauchten Brennelementen
10 eines Kernreaktors unter Verwendung eines Brennelement-
Transportbehälters mit einem Hohlraum zur Aufnahme min-
destens eines Brennelements und einem Deckel zum gas-
dichten Verschuß einer in den Hohlraum führenden Öffnung.
Bei einer solchen Lagerung ist vorauszusetzen, daß der
15 gasdichte Verschuß auch bei einer langfristigen Lage-
rung, die zum Beispiel mehrere Jahre dauert, zuverlässig
wirksam bleibt, weil sonst Radioaktivität ausge-
tragen werden könnte. Letztes muß jedoch vermieden
werden, insbesondere dann, wenn die von den verbrauch-
20 ten Brennelementen noch ausgehende Restwärme über Luft-
kühlung an die Atmosphäre abgeführt wird. Deshalb sucht
die Erfindung nach einer Möglichkeit zur einfachen und
dennoch zuverlässigen Überwachung der Dichtigkeit.
- 25 Die erfindungsgemäße Einrichtung ist so ausgebildet, daß
Sm 2 Hgr / 6.12.1979

130025/0292

der Hohlraum mit einem Spurengas versehen ist, daß mit einem zusätzlichen Deckel ein den Querschnitt der Öffnung überdeckender Leckageerfassungsraum geschaffen ist und daß der Leckageerfassungsraum zur Überwachung
5 des gasdichten Verschlusses mit einer Meßeinrichtung für das Spurengas verbunden ist. Da das Spurengas nur über Undichtigkeiten in den Leckageerfassungsraum gelangen kann, ist mit der Erfindung eine sichere Erfassung von Undichtigkeiten möglich. Daraus ergibt sich
10 eine ständige Funktionsüberwachung der Abdichtung des Transportbehälters, wenn die Verbindung mit der Meßeinrichtung ständig geöffnet ist. Aber auch eine nur zeitweilig, zum Beispiel periodisch bestehende Verbindung gestattet auf einfache Weise eine Aussonderung
15 des undichten Transportbehälters und/oder eine kontrollierte Abfuhr der Leckagegase.

Als Spurengas ist insbesondere Helium geeignet, weil es in der Luft mit so geringen Anteilen vorhanden ist,
20 daß schon kleinste zusätzliche Anteile, die durch Leckagen entweichen, zu einer deutlichen Konzentrationserhöhung führen und mit Sicherheit festgestellt werden können. Im Prinzip kann die Erfindung aber auch mit anderen Spurengasen verwirklicht werden.

25 Der Leckageerfassungsraum, der vorzugsweise eine Ausnehmung in dem zusätzlichen Deckel ist, kann für jeweils einen Transportbehälter mit einer Meßeinrichtung verbunden werden. Zur Vereinfachung wird man aber vorteilhaft mehrere Transportbehälter mit ihrem jeweiligen
30 Leckageerfassungsraum über Ventile an eine gemeinsame Meßeinrichtung anschließen. Die Ventile gestatten es dann, einzelne Behälter mit der Meßeinrichtung so zu verbinden, daß für jeden Behälter der Dichtheitsnach-

- weis erbracht werden und ein gegebenenfalls undichter Behälter aussortiert werden kann. Dabei ist es günstig, wenn die Verbindungsleitungen der Transportbehälter mit der Meßeinrichtung eine der räumlichen Anordnung der
- 5 Transportbehälter angepaßte Gruppierung der insgesamt mit der Meßeinrichtung verbindbaren Transportbehälter bilden. Vorzugsweise sind die Transportbehälter reihenweise zusammengefaßt.
- 10 Der Meßeinrichtung kann ein Meßbehälter vorgeschaltet sein, dessen Volumen vorteilhaft ein Mehrfaches von dem des Leckageerfassungsraumes ist. Damit kann man die Genauigkeit der Messung verbessern, weil es möglich ist, nach relativ kurzer Transportzeit des Meßgases
- 15 durch die Rohrleitungen, die den Leckageerfassungsraum mit der Meßeinrichtung verbinden, das Meßgas im Meßbehälter für den Zeitraum der Messung aufzubewahren und so störende Leckagen, die aus dem Rohrleitungssystem herrühren, weitestgehend fernzuhalten. Zusätzlich kann
- 20 der Meßbehälter vor der Messung aufgrund seiner hohen Dichtheit auf ein hohes Vakuum (z.B. $P < 10^{-1}$ mbar) gebracht werden, so daß die Meßgasvorbelastung vernachlässigt werden kann. Der Einfluß des Gases in der Rohrleitung kann durch Evakuieren mit der Vakuumpumpe
- 25 verringert werden. Dabei können Leckageerfassungsraum und Meßeinrichtung mit einer Vakuumpumpe zu einem Unterdrucksystem mit einem kleineren Druck als im Hohlraum verbunden sein. Ferner kann die Meßeinrichtung zusammen mit einer Vakuumpumpe und gegebenenfalls einem
- 30 Meßbehälter als mobiles System gestaltet sein, das mit Schnellkupplungen an den jeweils zu prüfenden Transportbehälter angeschlossen wird.

Das Arbeiten mit der erfindungsgemäßen Einrichtung geht

35 vorteilhaft so vor sich, daß der Transportbehälter mit

einem Spurengas versehen wird, daß der dem Transportbehälter zugeordnete Leckageerfassungsraum evakuiert wird, daß danach der Druckanstieg im Leckageerfassungsraum zeitabhängig ermittelt wird, daß der Spurengasanteil im Leckageerfassungsraum ermittelt wird und daß bei Überschreiten eines Grenzwertes des Spurengasanteils der Transportbehälter besonders abgedichtet, abgesaugt oder entfernt wird. Mit Absaugen ist eine kontrollierte, gegebenenfalls ständige Abfuhr der Leckagegase gemeint. Zur Erhöhung der Genauigkeit der Leckagemessung kann man Verbindungsleitungen zwischen dem Leckageerfassungsraum und einer Einrichtung zur Ermittlung des Spurengasanteils evakuieren.

- 5
- 10
- 15 Die bei der Erfindung anfallenden Leckagegase können wegen ihrer geringen Menge an sich ohne großen Aufwand für eine Endlagerung gespeichert werden. Sie können aber auch kontrolliert, d.h. unter Berücksichtigung aller Strahlenschutzbestimmungen usw. abgegeben werden.
- 20 Zur Einhaltung der zulässigen Abgaberaten, die mit Aktivitätsmeßstellen überwacht wird, kann man bei Bedarf Filter und Verzögerungsstrecken einsetzen.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird anhand der beiliegenden schematischen Zeichnung ein Ausführungsbeispiel beschrieben.

Zur Zwischenlagerung der verbrauchten Brennelemente 1 eines Leichtwasserreaktors, insbesondere eines Druckwasserreaktors, werden die auch zum Transport der Brennelemente 1 dienenden Transportbehälter 2, die jeweils mehrere, zum Beispiel acht Brennelemente 1 aufnehmen, reihenweise in einer durch die Linie 3 angedeuteten Lagerhalle aufgestellt. Dabei ist der Hohlraum 5

- 8 - 8. VPA 79 P 9374 BRD

- der Transportbehälter 2, von denen nur einer dargestellt ist, mit einem für den Transport vorgesehenen Deckel 6 verschlossen, der in eine in den Hohlraum 5 führende Öffnung 7 eingesetzt ist und einen gasdichten Verschluss gewährleisten soll. Im Deckel 6 ist eine Über-
- 5 ein Ventil 8 zugängliche Gasleitung vorgesehen. Mit 9 ist ein weiterer Deckel bezeichnet, der für den Transport die Stirnseite des Behälters 2 bündig abschließt.
- 10 Nach der Ankunft in der Lagerhalle 3 wird der Transportbehälter 5 auf zum Beispiel 0,2 bar evakuiert. Dann wird eine Füllung mit einem Spurengas eingebracht, das nur in geringen Konzentrationen in der umgebenden Atmosphäre vorhanden ist und deshalb schon mit geringen
- 15 zusätzlichen Mengen einen merklichen Konzentrationsanstieg hervorruft. Vorzugsweise wird Helium verwendet, das zum Beispiel mit 10 Vol.% eingefüllt wird. Seine Konzentrationsänderungen (He-Anteil in Luft 5 ppm) können massenspektrometrisch nachgewiesen werden.
- 20 Nach dem Füllen des Transportbehälters 2 wird auf die obere Stirnseite zusätzlich ein Deckel 10 aufgesetzt, der mit einer Ausnehmung einen Leckageerfassungsraum 11 bildet. Der Deckel 10 überdeckt die gesamte obere Stirn-
- 25 seite des Transportbehälters 2, so daß alle Leckagen, die im Bereich der Öffnung 7 des Transportbehälters 2 auftreten können, mit dem Leckageerfassungsraum 11 aufgefangen werden. Die Dichtheit des Leckageerfassungsraumes gegenüber der Außenluft wird so groß wie möglich gemacht. Sie sorgt für Leckageraten von höchstens
- 30 10⁻² mbar l/s.

Der Leckageerfassungsraum 11 ist über eine Rohrleitung 12, die über ein Magnetventil 13 angeschlossen ist, mit

- 8 - 9. VPA 79 P 9374 BRO

einer Vakuumpumpe 14 verbunden. Er wird auf einen Unterdruck P_2 von etwa 1 mbar evakuiert, der kleiner ist als der Druck P_1 im Hohlraum 5 und mit einem Drucksensor 15 verfolgt werden kann, wenn er leakagebedingt ansteigt, nachdem das Ventil 13 geschlossen worden ist.

Durch das Evakuieren des Leakageerfassungsraumes 11 wird die Vorbelastung der für die Leakageerfassung vorgesehenen Meßeinrichtung reduziert und damit die Nachweisempfindlichkeit entscheidend erhöht. Die Meßeinrichtung ist beim Ausführungsbeispiel ein Massenspektrometer 16, das als Helium-Analysegerät eine Feinstvakuumpumpe 17 enthält, so daß das zu untersuchende Gas gefördert werden kann.

Der Meßeinrichtung 16 ist ein Meßbehälter 20 vorgeschaltet, der über Magnetventile 21 und 22 abtrennbar ist. Parallel zum Meßbehälter 20 liegt eine Umgehungsleitung 18 mit einem Magnetventil 19. Außerdem ist parallel zu der Reihenschaltung von Meßeinrichtung 16 und Meßbehälter 20 die Vakuumpumpe 14 angeordnet, die über ein Magnetventil 31 absperrbar ist. Daraus ergibt sich folgendes Verfahren zur Überwachung der Dichtheit:

Aus dem Transportbehälter-Innenraum 5 strömt die Innenleakage, aus der Atmosphäre die Außenleakage in den Leakageerfassungsraum 11. Dieser Mengenzuwachs führt über die Zeit zu einem Druckanstieg in den Leakageerfassungsraum 11. Wird ein Mehrfaches des Ausgangsdruckes erreicht, was über eine Druckmessung 15 ständig kontrolliert wird, beginnt der Meßvorgang.

Auf Grund des protokollierten Druckanstieges über die

Zeit wird durch die Druckanstiegsmethode die Gesamtleckage ermittelt.

5 Auf Grund der Transportbehälter-Konzeption kann nicht ausgeschlossen werden, daß die ermittelte Gesamtleckage oberhalb der zulässigen Transportbehälter-Innenleckage liegt.

10 Zur Unterscheidung zwischen Innen- und Außenleckage ist zusätzlich der massenspektrometrische Nachweis der Spurengaskonzentrationserhöhung (zum Beispiel Helium) notwendig.

15 Zu diesem Zweck wird einer der den Behälterreihen zugeordneten Rohrleitungsstränge 24, 25, der jeweils mehrere zu den Behältern 2 führende Stichleitungen 12, 12', 12" usw. und 26, 26', 26" usw. aufweist, nach Öffnen der entsprechenden Ventile 21, 22 und 27 oder 28 einschließlich des Meßbehälters 20 durch die Vakuumpumpe 14 bzw. durch die Pumpe 17 des Helium-Analysegerätes 16 auf einen Druck von etwa 1 mbar evakuiert. Die Vakuumpumpe 14 ist mit ausreichendem Saugvermögen ausgestattet, um auch bei einer Leitungsnetzdictheit von 10^{-3} - 10^{-2} mbar 1/s noch das gewünschte End-
25 vakuum von ca. 1 mbar zu erreichen.

Durch Öffnen des am entsprechenden Leckageerfassungsraum 11 angebrachten Magnetventils 13 expandiert das Meßgas, welches sich auf höherem Druckniveau befindet, 30 in kurzer Zeit über das Rohrleitungssystem 12, 25 bis in den Meßbehälter 20.

Durch die Vor-Evakuierung wird die Meßgasvorbelastung durch Restgas in den Rohrleitungen 12, 25 sowie im Meß-

gasbehälter 20 reduziert und durch den Druckniveauunterschied ein schnelles Zuströmen zum Meßgasbehälter 20 erreicht. Diese Minimierung der Zuströmzeit ermöglicht es, daß die eindringende Außenleckage in das
5 Rohrleitungssystem 12, 25 toleriert werden kann.

Aus diesem Meßgasstrom wird durch Schließen der direkt am Meßgasbehälter 20 angebrachten Armaturen 21, 22 eine Meßgasprobe im Behälter 20 isoliert. Dieser Behälter
10 wird mit relativ geringem Aufwand in einer Dichtheit von 10^{-7} mbar l/s ausgeführt, so daß hier die die Messung verfälschende Einbruchsluft ferngehalten werden kann. Durch Führen des Meßgases über das Massenspektrometer 16 wird der Spurengaskonzentrationsanstieg (zum
15 Beispiel Helium-Anteil) gegenüber der Luft ermittelt.

Aus dem Konzentrationsanstieg des Spurengases im Meßgas in Kombination mit der durch die Druckanstiegsmethode ermittelten Gesamtleckrate läßt sich nachweisen, ob die
20 zulässige Transportbehälterdichtheit vorhanden ist oder die zulässige Leckrate überschritten wurde.

Bei einer Abwandlung der Erfindung ist als mobiles Leckage-Transportsystem am Leckageerfassungsraum an-
25 stelle der Rohrleitung 12 eine Probenahmemöglichkeit vorgesehen. Auf einer mobilen Einheit befindet sich ein oder mehrere Meßgasbehälter sowie eine Vakuumpumpe. Der evakuierte Meßgasbehälter dient nach Anschluß an den Leckageerfassungsraum zur Aufnahme der
30 Leckagen, die Vakuumpumpe zum Evakuieren des Leckageerfassungsraumes. Im Meßgasbehälter folgt der Transport zur Spurengaskonzentrationsmeßeinrichtung (zum Beispiel Helium-Messung), wo durch Evakuieren die Übergabe der Leckagegase zwecks Messung und kontrol-

- 9 - 12.

VPA 79 P 9374 BRD

lierter Abgabe erfolgt. Die Probenahmeeinrichtung ist so ausgeführt, daß zum Beispiel über Schnellschlußkupplungen etc. in kurzer Zeit die Leckagegasübernahme erfolgt und damit nur kurze Begehungszeiten in der strahlengefährdeten Atmosphäre der Lagerhalle 3 benötigt werden.

Es können aber auch mehrere Behälter 2 mit jeweils separaten Absperrarmaturen 13 über ein Rohrleitungssystem mit einer gemeinsamen Rohrleitung zusammengefaßt werden, die bis in einen Bereich mit geringerer Strahlenbelastung geführt wird. An diesem Ort erfolgt der Anschluß eines mobilen Leckagegastransportsystems und wie oben beschrieben, die Übernahme, dann Auswertung und Abgabe der Leckagegase.

Das in der Figur dargestellte Rohrleitungssystem kann auch dazu dienen, erhöhte Leckageraten aus undichten Behältern 2 in den relativ langen Zeiträumen zwischen den Überwachungsmessungen, die weitgehend durch Fernbedienung und ohne Personaleinsatz erfolgen, ebenfalls durch Fernbedienung kontrolliert abzugeben. Die Auslaßleitung 29 führt dann zum Beispiel über eine Aktivitätsmeßstelle 30 in ein geeignetes Abgassystem mit nicht dargestellten Filtern, Verzögerungsstrecken, Kaminen usw..

12 Patentansprüche

1 Figur

13-13-79

13.

2950198

VPA 79 P 9374 BRD

Zusammenfassung

**5 Einrichtung und Verfahren zur Lagerung von
verbrauchten Brennelementen**

Zur Lagerung von verbrauchten Brennelementen kann man Brennelement-Transportbehälter (2) einsetzen. Deren
10 Dichtigkeit wird mit einem in den Transportbehälter (2) eingefüllten Spurengas, insbesondere Helium, ermittelt, das in einen Leckageerfassungsraum (11) gelangt, der als zusätzlicher Deckel (10) vorgesehen und mit einer Meßeinrichtung (16) für das Spurengas verbunden ist.

130025/0292

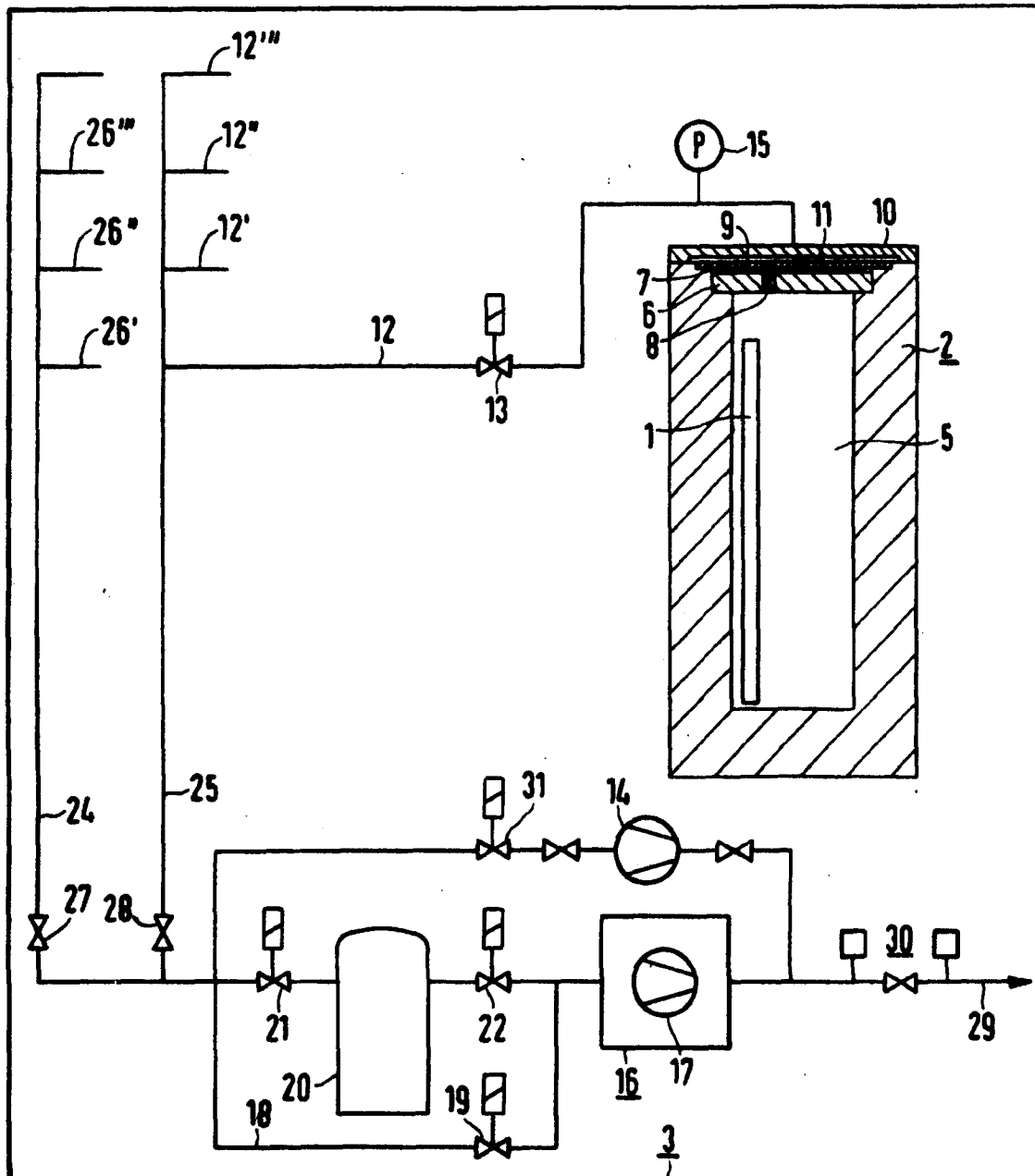
· 14.
Leerseite

2950198

15
1/1

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

29 50 198
G 01 C 19/06
13. Dezember 1979
19. Juni 1981



130025/0292