

10 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
11 **DE 30 16 402 A 1**

51 Int. Cl. 3:
G 21 C 1/04

21 Aktenzeichen: P 30 16 402.4-33
22 Anmeldetag: 29. 4. 80
43 Offenlegungstag: 5. 11. 81

Behördeneigentum

71 Anmelder:
GHF Gesellschaft für Hochtemperaturreaktor-Technik
mbH, 5060 Bergisch Gladbach, DE

72 Erfinder:
Müller-Frank, Ulrich, Dipl.-Ing. Dr., 5060 Bergisch
Gladbach, DE; Reutler, Herbert, Dipl.-Ing. Dr., 5000 Köln,
DE; Ulrich, Manfred, 5060 Bergisch Gladbach, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 **Hochtemperaturreaktor in Modul-Bauweise**

DE 30 16 402 A 1

DE 30 16 402 A 1

Schutzansprüche

1. Gasgekühlter Hochtemperaturreaktor, insbesondere
mit einer Schüttung (10) kugelförmiger Brennelemente in
5 einem Reaktorbehälter (4) aus Kohle und/oder Graphit-
steinen, die auf einer metallischen Grundplatte (5)
gelagert und von einem damit verbundenen Blechmantel (6)
umgeben sind; der Reaktorbehälter ist in einer Kaverne
(2) in einem Sicherheitsbehälter (1) angeordnet; dieser
10 Reaktor hat folgende M e r k m a l e :
- a) Die Grundplatte (5) ist mit Öffnungen (24) für den
Durchtritt des in die Kaverne (2) eingeblasenen
Kühlgases in die Brennelementschüttung (10) versehen
15 und an mindestens eine nach unten führende Leitung
(26, 27) zur Abfuhr des erhitzten Gases ange-
schlossen.
- b) Die Kaverne (2) ist an ihrer Oberseite mit einem
20 herausnehmbaren Deckel (13) versehen.
- c) Die Verbindung der Grundplatte (5) mit der Heiß-
gasleitung (26, 27) ist durch Axialbewegung des
Reaktorbehälters (4) lösbar.
25
- d) Der Reaktorbehälter (4) ist mit Mitteln (32)
versehbar, die mit einem Hebezeug (33) verbind-
bar sind.
- 30 2. Reaktor nach Anspruch 1 mit folgendem M e r k m a l :
- a) Die mit dem Hebezeug (33) verbindbaren Mittel
bestehen aus Zugstangen (32), die in Kanälen (24)
in der Wandung (8) des Reaktorbehälters (4) geführt

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

und an der Grundplatte (5) befestigbar sind.

3. Reaktor nach Anspruch 2 mit folgenden M e r k -
m a l e n :

5

a) Während des Reaktorbetriebes sind die Kanäle (24)
an ihrem oberen Ende mit Stopfen (30) verschlossen.

10

b) Die Kanäle (24) sind mit dem Raum (25) oberhalb
der Brennelementschüttung (10) verbunden.

4. Reaktor nach Anspruch 2 mit folgendem M e r k -
m a l :

15

a) Während des Reaktorbetriebes sind in den Kanälen
Absorberelemente (11) zur Regelung des Reaktors
verfahrbar.

20

5. Reaktor nach Anspruch 1 mit folgendem M e r k -
m a l :

a) Die Leitung (26, 27) zur Abfuhr des erhitzten
Gases führt in eine zweite Kaverne (15), in der
Wärmeverbraucher (17) aufgestellt sind.

25

6. Reaktor nach Anspruch 1 mit folgendem M e r k -
m a l :

30

a) Die Leitung (26, 27) zur Abfuhr des erhitzten
Gases führt zu Wärmeverbrauchern (17), die in
der gleichen Kaverne (2) unterhalb des Reaktor-
behälters (4) angeordnet sind.

3016402

3

~~12~~

24.507.5

7. Reaktor nach Anspruch 1 mit folgendem M e r k m a l:

- 5 a) Es sind Leitvorrichtungen (23) zur Führung des kühlen Gases an die Grundplatte (5) und an die heißgasführenden Leitungen (26, 27) vorhanden.

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

G H T
Gesellschaft für
Hochtemperaturreaktor-Technik mbH
D-5060 Bergisch Gladbach 1

Unser Zeichen
24.507.5

5

Hochtemperaturreaktor in Modul-Bauweise

10 Die Erfindung betrifft einen gasgekühlten Hochtemperatur-
reaktor, insbesondere mit einer Schüttung von kugel-
förmigen Brennelementen, der in einer gas- und druck-
dichten Kaverne eines Spannbetonbehälters, eines vor-
gespannten Gußdruckbehälters oder in einem Stahl-
druckbehälter angeordnet werden soll. Dieser Reaktor
15 soll als Leistungsreaktor entweder zur Stromerzeugung
beispielsweise über einen Dampfprozeß oder zur
nuklearen Kohlevergasung dienen. Leistungsreaktoren
dieser Art sind in Deutschland der AVR und THTR,
beschrieben in der deutschen Zeitschrift "Atomwirt-
20 schaft" vom Mai 1966 und vom Mai 1971 in mehreren
ausführlichen Aufsätzen. In den USA sei als Beispiel
der Reaktor Fort Saint Vrain genannt, der ebenfalls
in mehreren Veröffentlichungen beschrieben wurde.
Der AVR hat seit seiner Fertigstellung im Jahre 1967
25 bis heute mit hoher Verfügbarkeit Leistung abgegeben.
Seine thermische Leistung von 46 MW ist aber für einen
Leistungsreaktor zu gering. Bei den folgenden Projekten
hat man sich bemüht, die thermische Leistung eines
Kugelhaufenreaktors im wesentlichen durch Vergrößerung
30 des Durchmessers zu erhöhen. Dabei ergaben sich mehrere
Probleme. Kugelhaufenreaktoren mit einem Kerndurch-
messer von beispielsweise 6 m brauchen zur sicheren
Abschaltung Absorber, die unmittelbar in die Kugel-
schüttung eindringen. In entsprechenden Absorberstäben

We/Wa 25.04.1980

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

und ihren Antrieben sowie den die Schüttung umgebenden
Strukturen treten dabei erhebliche Kräfte auf.
Außerdem sind die Absorberstäbe selbst und bei einem
Störfall auch ihre Antriebe durch die von einem Hoch-
5 temperaturreaktor ausgehenden hohen Temperaturen bean-
sprucht. Weiterhin erfordern Hochtemperaturreaktoren
von großem Durchmesser zahlreiche redundante und
möglichst auch diversitäre aktive Wärmeabfuhrsysteme,
10 die zwangsläufig metallische Bauteile enthalten und
daher ebenfalls im Störfall durch hohe Temperaturen
gefährdet sind. Außerdem sind die aus Graphit bestehenden
Seitenwände eines gasgekühlten Hochtemperaturreaktors
im Bereich eines hohen Neutronenflusses stark beansprucht
15 und müssen nach längerer Betriebszeit inspiziert, ggf.
ausgewechselt werden. Der Vorteil der bisher geplanten
Hochtemperaturreaktoren von großen Durchmesser, nämlich
ein bezüglich der Brennstoffzykluskosten optimaler
Kern, wird bei näherer Betrachtung durch aufwendige
20 Regel- und Instrumentierungssysteme, redundante und
diversitäre Abschaltvorrichtungen und Nachwärmeabfuhr-
kühlketten gemindert. Daher geht die vorliegende
Erfindung von dem Gedanken aus, daß die bisher
geplanten großen Leistungen auch durch Aufstellung
25 mehrerer parallel geschalteter kleinerer Einheiten
erreicht werden können. Dabei ergeben sich auch
Vorteile bei der Fertigung von Reaktorbauteilen
in Serien sowie durch die Erhöhung der Verfügbarkeit,
da bei mehreren parallel geschalteten Kernreaktoren
die Abschaltung eines einzelnen Reaktors die Gesamt-
30 leistung der Anlage nur zu einem Bruchteil verringert.
Außerdem ist die für Inspektion und Wartung eines
kleineren Reaktors notwendige Investition geringer
als bei einem großen Reaktor und verteilt sich zudem
auf mehrere Einheiten. Aus diesen Gründen erscheint

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

es zweckmäßig, einen Hochtemperaturreaktor so zu gestalten, daß er im Ganzen ausgewechselt werden kann.

5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist also ein gasgekühlter Hochtemperaturreaktor in einer gas- und druckdicht verschließbaren Kaverne, dessen Kernbehälter, bestehend aus Grundplatte, Reaktorboden, Seitenreflektor und Reaktordecke im ganzen an einem Hebezeug befestigt und ausgewechselt werden kann.

10

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die im kennzeichnenden Teil des ersten Anspruchs angegebenen Mittel. Der Reaktorbehälter ist als Ganzes von seiner Verankerung in der Kaverne lösbar und kann nach Öffnen derselben aus ihr herausgehoben werden; zuvor ist die Brennelementfüllung aus dem Reaktorbehälter abgelassen worden. Das kalte Kühlgas tritt in den Kavernenraum unterhalb des Reaktorbehälters ein, strömt von dort durch Öffnungen in der Grundplatte in Kanäle, die im Boden-, 20 Seiten- und Deckenreflektor des Reaktors angelegt sind, nach oben und daraufhin von oben nach unten durch den Reaktorkern, wo es aufgeheizt wird. Dann wird es in innenisolierten Rohren durch die Grundplatte hindurch in einen Gassammelraum geführt und von hier 25 zu einer Wärmesenke. Da die Öffnungen für den Ein- und Austritt des Kühlgases in bzw. aus dem Reaktorbehälter nur in der Grundplatte angeordnet sind, bleibt der Mantel völlig frei von Durchdringungen und Anschlüssen, die vor einem Herausheben des Reaktorbehälters aus dem Sicherheitsbehälter getrennt und beiseitegeräumt 30 werden müßten.

Da die Führung des Heißgaskanals unterhalb der Grundplatte axial, d.h. gleich der Bewegungsrichtung des Reaktorsbehälters beim Herausheben ist, kann die Verbindung von Grundplatte und Heißgasleitung als Steckverbindung gestaltet werden, deren Lösen durch einfaches 35

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

Ziehen erfolgt, ohne die Notwendigkeit vorheriger Manipulationen mit fernbedienten Werkzeugen.

Die Mittel, an denen das zum Herausheben des Reaktorbehälters verwendete Hebelzeug an diesem angreift
5 brauchen nicht ständig vorhanden zu sein, sondern können erst bei Bedarf angebracht werden.

Die sich zunächst anbietende Möglichkeit, diese Mittel, etwa in Gestalt von Ösen oder eines Flansches am oberen Ende des Reaktorbehälters anzubringen
10 bedingt, daß der Blechmantel das gesamte Gewicht zu tragen in der Lage sein muß. Es ist daher günstiger, das Hebezeug an der Grundplatte angreifen zu lassen, die ohnehin so bemessen werden muß, daß sie das Gesamtgewicht tragen kann. Werden die genannten Mittel am Außenrand
15 der Grundplatte angebracht, so führt dies zu einem vergrößerten Durchmesser und damit zu einer unnötigen Vergrößerung der Reaktorkaverne. Im zweiten Anspruch wird daher eine Lösung vorgeschlagen, bei der die Verbindung der Grundplatte zum Hebezeug innerhalb
20 der Kontur des Reaktorbehälters angeordnet werden kann. Die Zugstangen können dabei in der Grundplatte verriegelt oder verschraubt werden.

Im dritten Anspruch wird vorgeschlagen, diese Kanäle
25 während des Reaktorbetriebes dazu zu verwenden, das unten in den Reaktorbehälter eintretende kühle Gas nach oben zu führen und in den Raum oberhalb der Brennelementschüttung eintreten zu lassen. Dadurch wird die bei Reaktoren dieser Art erwünschte Strömungs-
30 richtung des Kühlmittels durch den Kern von oben nach unten erreicht. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Seitenwand des Reaktorbehälters gekühlt wird: die Lebensdauer der als Seitenreflektor dienenden Graphitblöcke und der sie umgebenden äußeren Schicht von

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

Kohlesteinblöcken wird erhöht und die thermische Belastung des Blechmantels wird herabgesetzt. Ein gekühlter Reflektor ist darüberhinaus in der Lage, bei einer Störung in der Kühlgasversorgung nach

5 Abschaltung des Reaktors einen größeren Anteil der in der Brennelementschüttung freigesetzten Nachwärme zu speichern.

Bei einem Reaktor der beschriebenen Art mit einem

10 Kerndurchmesser von etwa 3 m genügen zur Regelung und Abschaltung Absorberelemente, die in zu diesem Zweck im Reflektor angelegten Kanälen auf und abgefahren werden. Da vor dem Ausbau des Reaktorbehälters die Brennelemente aus diesem entfernt worden sind, können

15 auch die Absorberstäbe ausgebaut werden und deren Kanäle alternativ zum Vorschlag des Anspruchs 2 für die Unterbringung der zur Grundplatte hinabreichenden Zugstangen benutzt werden.

20 Im fünften Anspruch wird eine Alternative der Anordnung des Reaktorbehälters zu den Wärmeverbrauchern (z. B. Wärmetauscher zur Erhitzung eines Sekundärkühlmittels) angegeben, wie sie ähnlich auch für die bislang in der Planung bevorzugten Reaktoren sehr

25 viel größerer Leistung vorgesehen worden ist. Die zweite Kaverne ist deshalb für sich zugänglich, was für Wartungs- und Reparaturarbeiten gewisse Vorteile bietet, bedingt jedoch einen erhöhten Durchmesser des gesamten Sicherheitsbehälters sowie erhöhten

30 Aufwand für die Heißgasleitung.

Die im sechsten Anspruch alternativ hierzu angegebene Möglichkeit, Wärmetauscher unterhalb des Reaktorbehälters in derselben Kaverne anzuordnen vereinfacht die

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

Gasführung und führt zu einer platzsparenden Bauweise bei allerdings verschlechterter Zugänglichkeit der Wärmetauscher. Reaktorbehälter und Wärmetauscher können dann übereinander in einem stählernen Druckbe-
5 hälter untergebracht werden, wie er für die Verwendung in Druckwasserreaktoren bekannt und erprobt ist.

Die im siebten Anspruch vorgeschlagenen besonderen Leitvorrichtungen zur Führung des kühlen Gases dienen
10 einer verbesserten Kühlung der Grundplatte, des Mantels der innenisolierten Heißgasleitungen, und zu einer gezielten Zufuhr des Kühlgases an die in der Grundplatte angeordneten Eintrittsöffnungen.

15 Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt, und zwar zeigt
Figur 1 einen Längsaxialschnitt durch eine erste Ausführungsform im Betriebszustand
Figur 2 einen Längsaxialschnitt durch dieselbe
20 Ausführungsform im Montagezustand und
Figur 3 einen Längsaxialschnitt durch eine zweite Ausführungsform.

In einem Sicherheitsbehälter 1 (hier aus Beton) ist
25 eine erste Kaverne 2 angelegt, in der auf einem Tragring 3 ruhend ein Reaktorbehälter 4 angeordnet ist. Dieser besteht im Grundsatz aus einer metallischen Grundplatte 5, einem ebenfalls metallischen Mantel 6, einem Boden 7, einem Seitenreflektor 8 und einem
30 Deckenreflektor 9, welche letztere drei Teile nur aus Graphitblöcken mit einer äußeren Lage von Kohlesteinen aufgebaut sind; durch den Verzicht auf metallische

Teile sind sie in der Lage, etwa bei Störfällen auftretenden erhöhten Temperaturen zu widerstehen. Der Reaktorbehälter 4 enthält eine Schüttung 10 aus kugelförmigen Brennelementen, deren Reaktivität mit Hilfe von Steuerstäben 11 geregelt wird, die in zu diesem Zweck im Seitenreflektor 8 angelegten Kanälen mit Hilfe von hier nicht dargestellten Antriebsvorrichtungen auf- und abgefahren werden können. Die Antriebsvorrichtungen sind über einem Deckel 13 angeordnet, der die erste Kaverne 2 nach oben abschließt. Verbrauchte Brennelemente werden über ein Rohr 14 abgezogen. Auf die Darstellung einer entsprechenden Zugabevorrichtung für frische Brennelemente am oberen Ende des Reaktorbehälters 4 wurde hier der Übersichtlichkeit halber verzichtet. In einer zweiten Kaverne 15, die ebenfalls mit einem Deckel 16 verschlossen ist, ist ein Dampferzeuger 17 angeordnet, in dem das in der Brennelementschtüttung 10 aufgeheizte Kühlgas seine Wärme abgibt. Dieser ist von konventioneller Bauart mit einem Wassereintritt 18, einem Dampfaustritt 19 und zwischen diesen angeordneten Rohrbündeln 20 und braucht nicht weiter beschrieben zu werden. Der Umlauf des Kühlgases wird durch ein unterhalb des Dampferzeugers 17 angeordnetes Gebläse 21 aufrechterhalten. Besondere Beachtung verdient dabei die Gasführung in der ersten Kaverne 2. Das durch einen Verbindungskanal aus der zweiten Kaverne 15 geleitete Kühlgas wird durch Leitvorrichtungen 23 gezielt an die Grundplatte 5 geführt, so daß diese keiner für metallische Werkstoffe unzulässigen Temperatur ausgesetzt wird. In der Grundplatte 5 sind Öffnungen angelegt, die mit weiteren, im Seitenreflektor 8 angeordneten Kühlkanälen 24 fluchten. In diesen Kühlkanälen, die für eine Begrenzung der Temperatur im

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

Seitenreflektor sorgen, wird das Gas in einem oberhalb des Deckenreflektors angeordneten Sammelraum 25 geleitet, von wo aus es abwärts durch die Brennelementschüttung 10 strömt. In dieser aufgeheizt verläßt es den Reaktor-

5 behälter 4 durch Öffnungen im Boden 7 und sammelt sich in einem Sammelraum 26, an den eine zum Dampferzeuger 17 führende Heißgasleitung 27 angeschlossen ist. Die Verbindung zwischen Sammelraum 26 und Heißgasleitung 27 kann durch fernbediente Werkzeuge gelöst werden.

10 Der Kühlung des Mantels 6 im Normalbetrieb und zur Nachwärmeabfuhr bei abgeschaltetem Reaktor und stehendem Gebläse 21 dienen mehrere über den Umfang verteilte U-förmige (hier nur in der Seitenansicht dargestellte) Kühlleitungen 28. Grundplatte 5 und Mantel 6 sind fest

15 miteinander verbunden und z. B. mittels Schrauben 29 am Tragring 3 befestigt, die ebenfalls mit Hilfe von fernbedienten Werkzeugen lösbar sind. Die Kühlkanäle 24 sind an ihrem oberen Ende mit Stopfen 30 verschlossen.

20 Die Figur 2 zeigt den Zustand der Anlage, nachdem der Reaktor mit Hilfe der Steuerstäbe 11 abgeschaltet und die Brennelementfüllung 10 nach entsprechendem Abklingen durch das Abzugsrohr 14 entfernt wurde. Danach wurde der Deckel 13 mitsamt den in ihm angeordneten Steuer-

25 stabantrieben entfernt.

~~Die Kühlleitungen 28 wurden an geeigneter,~~

30 hier nichtdargestellter Stelle getrennt. Gleichfalls wurden die Stopfen 30 entfernt, und in die Kühlkanäle 24 an einer Traverse 32 befestigte Zugstangen eingeführt, die an ihrem unteren Ende in der Grundplatte 5 verriegelt wurden. Mittels eines hier nur angedeuteten Hebezeuges 33

kann nunmehr der gesamte Reaktorbehälter 4 aus der Kaverne 2 zu Reparatur- und Wartungszwecken herausgehoben werden, wobei gleichzeitig die Steckverbindung zwischen der Grundplatte 5 bzw. ihren Stützen und dem 5 Sammelraum 26 aufgehoben wird.

Die Figur 3 zeigt eine alternative Konstruktion, wobei die Teile, deren Funktion mit denen in den Figuren 1 und 2 dargestellten übereinstimmt, dieselben 10 Bezugszeichen erhalten haben. Als Sicherheitsbehälter 1 dient hier ein Stahldruckbehälter, wie er in gleicher Weise für leichtwassergekühlte Kernreaktoren verwendet wird. Zur Strahlenabschirmung ist hier ein zusätzlicher Schild 34 aus Beton erforderlich. Reaktor und 15 Wärmetauscher sind übereinander angeordnet, so daß auf eine zweite Kaverne verzichtet werden kann. Das Heißgas tritt durch hier nur ganz kurze Leitungen 27 in den Wärmetauscher 17 ein, der das Brennelementabzugsrohr 14 ringförmig umgibt. Zwischen beiden ist 20 noch ein Ringraum vorhanden, in dem das abgekühlte Gas in den hier die Funktion der Kaverne 2 ausfüllenden Raum strömt, von wo aus es den weiter oben beschriebenen Weg durch den Reaktor nimmt. Auch hier sind die Verbindungen der Heißgasleitung 27 zum Wärmetauscher 17 25 als Steckverbindungen ausgeführt. Nach Lösen des Deckels 13 kann der abgeschaltete und entleerte Reaktor in gleicher Weise wie der weiter oben beschriebene aus dem Sicherheitsbehälter 1 herausgehoben werden.

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

Hochtemperaturreaktor in Modul-Bauweise

5 Ein gasgekühlter Hochtemperaturreaktor geringer Größe,
der mit mehreren anderen der gleichen Art in Modul-
Bauweise zu einer Anlage zusammengefügt werden soll.
Der Reaktorbehälter (4) ist als Ganzes nach Abschaltung,
10 Ablassen der Brennelementfüllung (10), Demontage der
Steuerstäbe (11) und Öffnen des Deckels (13) des Sicher-
heitsbehälters (1) heraushebbar. Die Öffnungen für die
Zu- und Abfuhr des Kühlgases sind alle in der Grundplatte
(5) des Reaktors angelegt. Als Eintrittsraum für das
15 kühle Gas dient der untere Teil der Reaktorkaverne (2),
während das erhitzte Gas durch eine Leitung (27) einer
Wärmesenke, z.B. einem Wärmetauscher (17) zugeführt
wird. Die Verbindung der Grundplatte (5) mit der Heiß-
gasleitung (27) bzw. mit einem zwischengeschalteten
20 Heißgassammelraum (26) ist als einfache Steckverbindung
ausgeführt, die sich beim Herausheben des Reaktorbe-
hälters (4) selbsttätig löst. Das durch ein Gebläse
(21) in Umlauf versetzte Kühlgas wird, durch besondere
Leitvorrichtungen (23) geführt, auch zur Kühlung des
25 metallischen Außenmantels der Heißgasleitung (27)
herangezogen. Es wird auch eine zweite Ausführungsform
beschrieben, in der Reaktor und Wärmetauscher überein-
ander in einem Sicherheitsbehälter angeordnet sind,
wie er in gleicher Weise für Druckwassergekühlte Kern-
30 reaktoren verwendet wird.

Bezugsfigur: Fig. 1

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

-14-

Leerseite

-17-

Nummer: 30 16 402
Int. Cl.³: G 21 C 1/04
Anmeldetag: 29. April 1980
Offenlegungstag: 5. November 1981

3016402

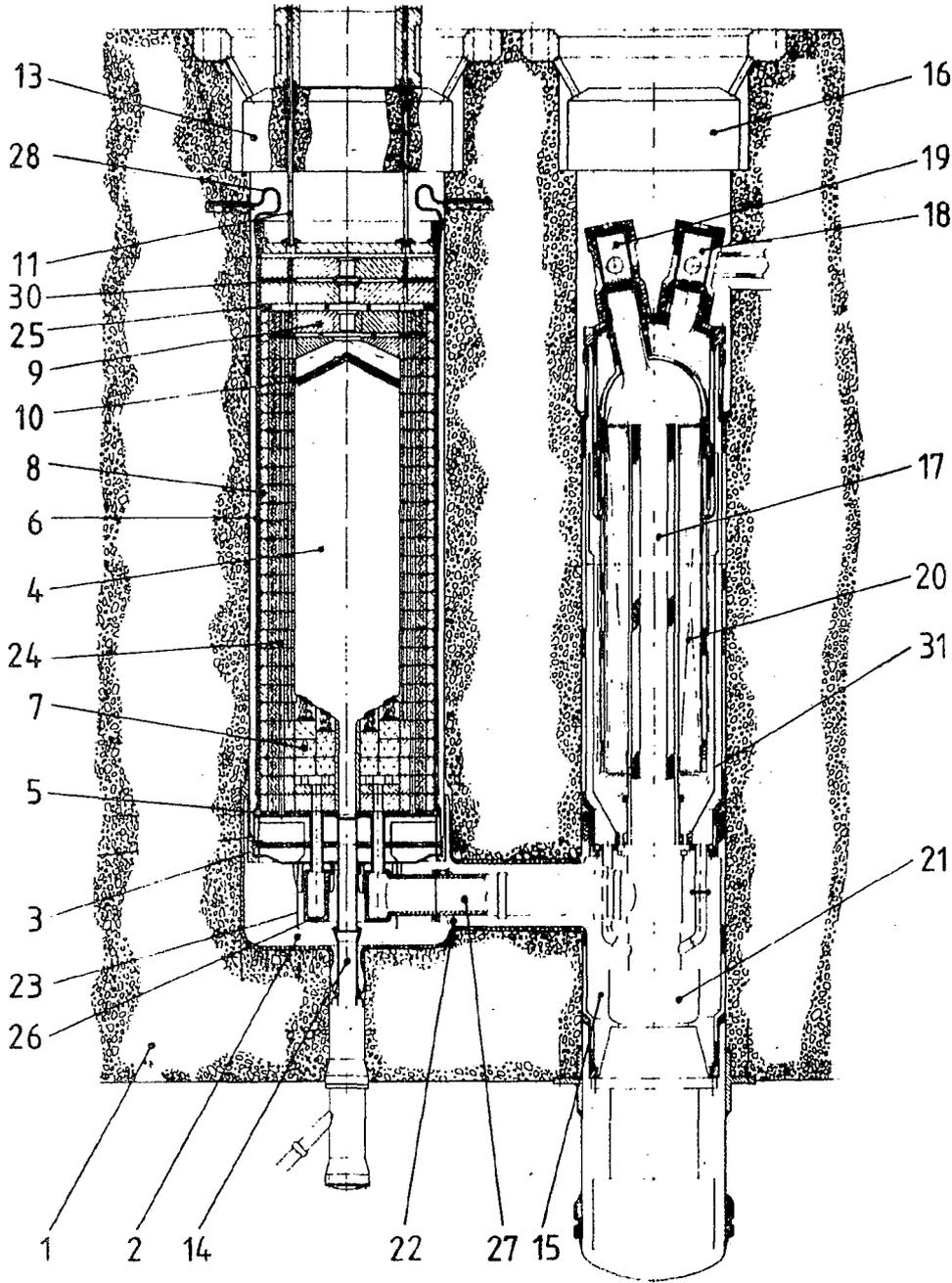


Fig.1

130045/0163
ORIGINAL INSPECTED

3016402

-15-

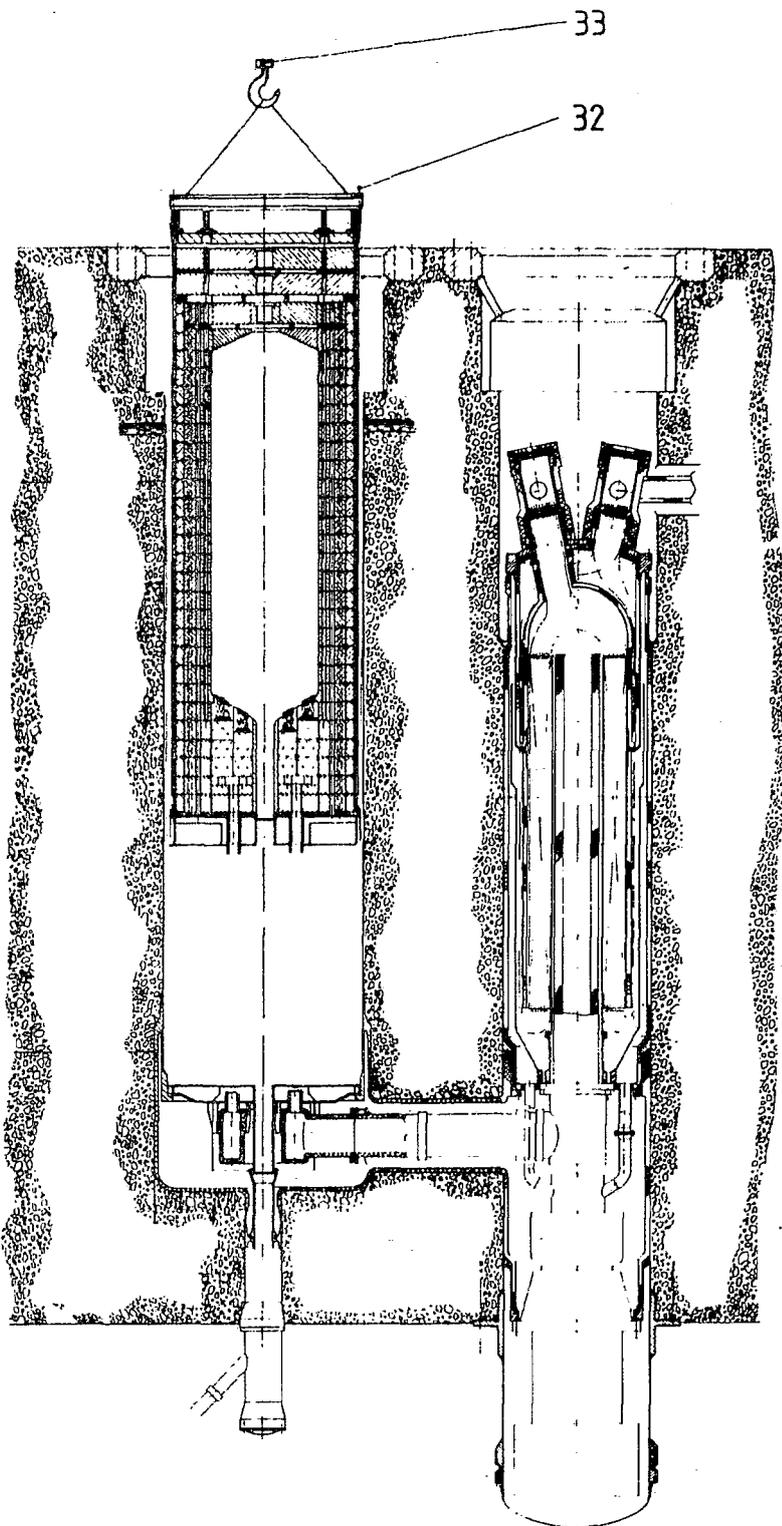


Fig.2

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

GHT. 24 507 5

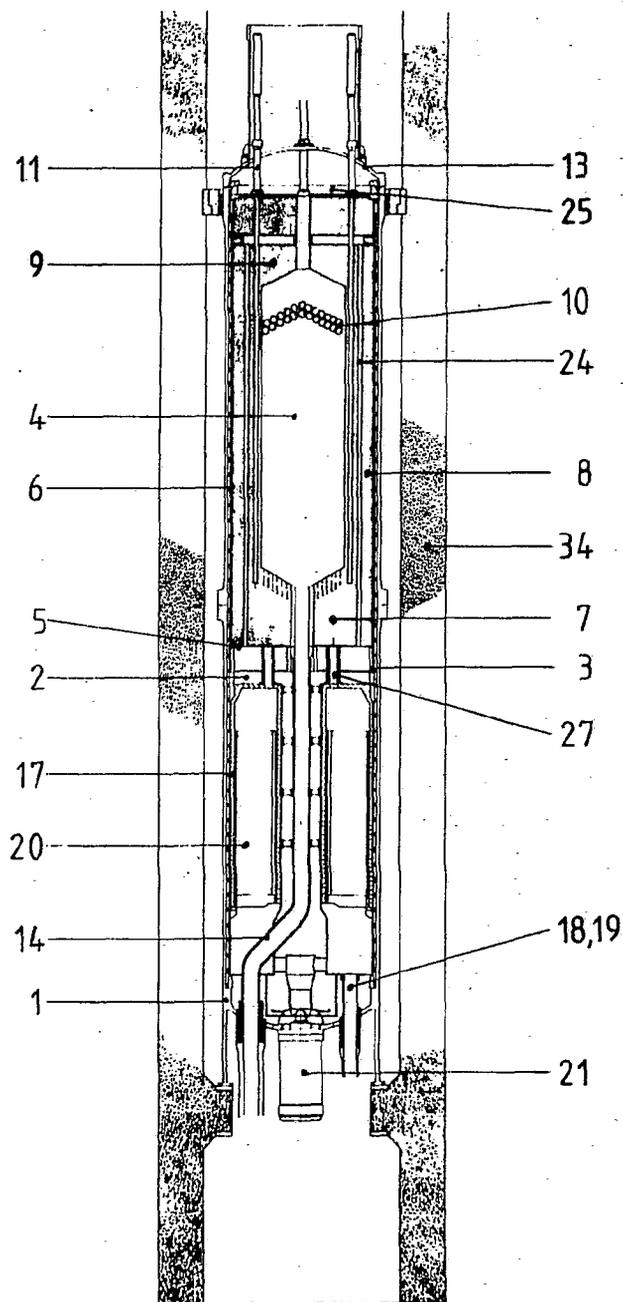


Fig.3

130045/0163

ORIGINAL INSPECTED

GHT 24.507.5