

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 30 14 289 A 1**

⑤① Int. Cl. 3:  
**G 21 C 19/08**  
G 21 C 15/26  
G 21 C 15/28

⑳ Aktenzeichen: P 30 14 289.3  
㉑ Anmeldetag: 15. 4. 80  
㉒ Offenlegungstag: 22. 10. 81

Behördeneigentum

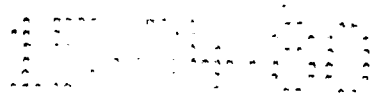
㉓ Anmelder:  
Hoechst AG, 6000 Frankfurt, DE

㉔ Erfinder:  
Hesky, Hans, Dr.-Ing., 6251 Runkel, DE; Wunderer, Armin,  
Dipl.-Ing., 6238 Hofheim, DE

⑤④ **Verfahren zum Abführen der Zerfallswärme radioaktiver Substanzen**

DE 30 14 289 A 1

DE 30 14 289 A 1



PATENTANSPRÜCHE

- ① Verfahren zum Abführen der Zerfallswärme radioaktiver Substanzen mittels im Kreislauf geführter Flüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, daß

  - a) die Flüssigkeit durch die Zerfallswärme teilweise verdampft und die Flüssigkeit im Kreislauf durch das entstandene Flüssigkeitsdampfgemisch angetrieben wird,
  - b) nach Übersteigen einer dem Druckverlust im Kreislauf entsprechenden statischen Höhe das Flüssigkeitsdampfgemisch in Flüssigkeit und Dampf getrennt,
  - c) der Dampf kondensiert,
  - d) das Kondensat mit der abgetrennten Flüssigkeit vereinigt und zur teilweisen Verdampfung zurückgeführt wird.
  
- 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit vor dem teilweisen Verdampfen gekühlt wird.
  
- 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der kondensierte Dampf vor Rückführung in die Flüssigkeit des Kreislaufes wieder teilweise verdampft und der Dampf durch inertes Trägergas in die Flüssigkeit eingebracht wird.
  
- 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Dampfes durch Waschen des mit Dampf beladenen inertes Trägergases mit der Flüssigkeit und der andere Teil durch anschließendes Kühlen vom inertes Trägergas abgetrennt wird und das vom Dampf befreite inerte Trägergas zum Beladen mit Dampf in die teilweise Verdampfung zurückgeführt wird.

3014289

HOE 80/F 075

- 8 -

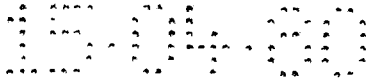
- 2 -

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Flüssigkeit für den Kreislauf ein Gemisch aus Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Siedepunkten verwendet wird.

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Flüssigkeitskomponenten verwendet werden, die durch Mischen miteinander die Temperatur der Flüssigkeit verändern.

130043/0123



3014289

- 1 -  
- 3 -

HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT HOE 80/F 075

DPH HS/jk

Verfahren zum Abführen der Zerfallswärme radioaktiver  
Substanzen

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Abführen der Zerfallswärme radioaktiver Substanzen mittels im Kreislauf geführter Flüssigkeit.

- 5 Es ist bekannt, die bei der Lagerung abgebrannter Kernbrennstoffe oder deren Folgeprodukte, die bei der Aufarbeitung anfallen, entstehende Wärme durch indirekte Kühlung abzuführen. Sinngemäß gilt das gleiche für den Brennraum und den diesen umgebenden Sicherheitsraum von Kernkraftwerken. Nachteilig/bei den bekannten Kühlmethoden  
10 ist die Abhängigkeit von störanfälligen Energiequellen, die für den Antrieb der erforderlichen Pumpen, Verdichter, Gebläse und Regler benötigt werden.
- 15 Die Aufgabe zu vorliegender Erfindung besteht demnach darin, ein Verfahren zu schaffen, mit dem die Zerfallswärme von radioaktiven Substanzen inhärent, d. h. ohne Verwendung bewegter Vorrichtungsteile, wie Pumpen, Gebläse, Verdichter, Regler usw., abgeführt werden kann.
- 20 Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem eine im Kreislauf geführte Flüssigkeit durch die Zerfallswärme teilweise verdampft und die Flüssigkeit im Kreislauf durch das entstandene Flüssigkeitsdampfgemisch angetrieben wird, nach Übersteigen einer dem Druckverlust im  
25 Kreislauf entsprechenden statischen Höhe das Flüssigkeitsgemisch in Flüssigkeit und Dampf getrennt, der Dampf kondensiert, das Kondensat mit der abgetrennten Flüssigkeit vereinigt und zur teilweisen Verdampfung  
30 zurückgeführt wird.

130043/0123

- 2 -

- 4 -

Es kann von Vorteil sein, die zurückgeführte Flüssigkeit vor dem teilweisen Verdampfen zu kühlen. Der kondensierte Dampf kann vor der Rückführung, d. h. vor dem Vereinigen mit der Flüssigkeit des Kreislaufes, nochmals teilweise verdampft werden, und der Dampf mit Hilfe von inertem Trägergas in die Flüssigkeit eingebracht werden. Ein Teil des Dampfes kann auch durch Waschen des mit Dampf beladenen inertem Trägergasstromes mit der Flüssigkeit und der andere Teil durch anschließendes Kühlen vom inertem Trägergas getrennt werden. Das vom Dampf befreite inerte Trägergas wird zum Beladen mit Dampf in die Verdampfungsstufe zurückgeführt.

Als Flüssigkeit für den Kreislauf kann ein Gemisch aus Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Siedepunkten verwendet werden. Insbesondere sollen die Flüssigkeitskomponenten des Gemisches so sein, daß durch Mischen derselben miteinander die Temperatur der Flüssigkeit geändert wird.

20

Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

- 25 Figur 1 die inhärente Kühlung eines Kernbrennelemente-zwischenlagers;  
Figur 2 die inhärente Kühlung eines Kernbrennelemente-zwischenlagers, bei dem die Behälterwand auf einem weitaus niedrigeren Temperaturniveau, z. B. 20°C, gehalten werden soll als der Lagerinhalt.

30

Der Kreislauf für die Flüssigkeit wird im wesentlichen aus dem Wärmetauscher (7), dem Steigrohr (1), dem Flüssigkeitsabscheider (8) und den Fallrohren (2) und (6) gebildet. Die Höhendifferenz (17) zwischen dem Ende des Steigrohres (1) und dem Flüssigkeitsspiegel im Flüssig-

35

keitsabscheider (8) ist einstellbar. Im Behälter (13) sind die Brennelemente (14) in Wasser gelagert. Das Wasser dient u. a. als Speicher für die Zerfallswärme. Der Wärmetauscher (7) kann im Behälter (13) angeordnet sein und ist  
5 gegen radioaktive Strahlen durch eine Abschirmung (12) geschützt, wodurch eventuelle radiolytische Zersetzung der Kreislaufflüssigkeit vermieden wird.

Im Wärmetauscher (7) wird die Flüssigkeit durch die Zerfallswärme erhitzt, wobei sie teilweise verdampft. Der Dampf wird  
10 als Treibmittel für die Flüssigkeit benutzt. Die Förderwirkung des Dampfes ist umso größer, je größer die Querschnittsbeauflagung des Steigrohres (1) mit Dampf ist. Da Flüssigkeit und Dampf gemeinsam gefördert werden, trägt zum Wärmetransport sowohl die fühlbare Wärme der Flüssigkeit als  
15 auch die latente Verdampfungswärme bei. Im Vergleich zum reinen Thermosiphonbetrieb muß bei Abfuhr gleicher Wärmemengen weniger Flüssigkeit umgewälzt werden. Verwendet man als Flüssigkeit z. B. Ammoniakwasser, so addiert sich zur  
20 latenten Verdampfungswärme noch die latente Wärme der Entmischung, was zu einer weiteren Verringerung der Umwälzmenge führt. Durch entsprechende Wahl des Mischungsverhältnisses kann man die Zuordnung von Siedebereich und Druck weitgehend frei bestimmen.

25 Das Flüssigkeits-Dampfgemisch steigt also im Steigrohr (1) hoch und gelangt in den Flüssigkeitsabscheider (8), wo Dampf und Flüssigkeit getrennt werden. Der abgetrennte Treibdampf wird im Kondensator (9), der durch Leitung (3)  
30 mit dem Abscheider (8) verbunden ist, kondensiert, und das Kondensat in die vom Flüssigkeitsabscheider (8) über Fallrohre (2) und (6) zum Wärmetauscher (7) fließende Flüssigkeit über Leitung (4) eingeleitet. Es kann zweckmäßig sein, insbesondere dann, wenn durch das Einleiten und  
35 Mischen des Kondensates mit der Flüssigkeit die Temperatur

- 4 -  
- 6 -

sich ändert, in das Fallrohr (6) einen Kühler (10) anzuordnen. Kühler (10) und Kondensator (9) können dabei in einer Art Kamin (16) angeordnet sein. Durch die Wärmeabgabe von Kondensator und Kühler an die Luft entsteht ein natürlicher Zug im Kamin. Zur Steigerung der Zugwirkung im Kamin (16) kann der Kondensator (9) tiefer gesetzt werden. Um zu verhindern, daß der tiefer gelegte Kondensator (9) über Leitung (4) geflutet wird, kann an der Stelle (18) eine Strahlpumpe in Leitung (2) angeordnet werden. Betreibt man dieses System mit einem Zweistoffgemisch, so fließt an der Stelle (18) über Leitung (4) die leichter siedende Komponente des Gemisches in die Flüssigkeit von Leitung (2). An der Stelle (18) kann dadurch Mischungswärme freigesetzt werden. Eine solche Temperaturerhöhung fördert den Wärmeübergang im Kühler (10) an den Luftstrom (15).

Die Höhendifferenz (17) zwischen dem Kreislauf des Steigrohres (1) und dem Flüssigkeitsspiegel im Flüssigkeitsabscheider (8) ist einstellbar. Damit ist es möglich, die Temperatur im Lagerbehälter einzustellen, bei deren Erreichen gekühlt werden soll. Erst wenn die Dampfbildung im Wärmetauscher (7) groß genug ist, um die Höhendifferenz (17) zu überwinden, kann die Flüssigkeitsumwälzung stattfinden. Es kann zweckmäßig sein, hier zur schärferen Blockierung der Umwälzung unterhalb einer gewünschten Temperatur, dort eine gewisse Menge Inertgas zuzuführen.

Mit einer Anlage gemäß Figur 2, die beispielsweise 1 MW leistet und deren Betriebsdruck 5 bar beträgt, soll die Zerfallswärme, die bei der Brennelementlagerung entsteht, abgeführt werden. Dabei soll das Wasser, das mit den Brennelementen unmittelbar in Berührung steht, auf einer Temperatur von etwa 65°C, die Behälterwand (13) von diesem Wasser durch ein wärmedämmendes Diaphragma (19) getrennt, auf einer Temperatur von ca. 30°C gehalten werden. Nach dem gleichen Verfahren kann auch die Wärme, die durch eine

- 8 -  
- 7 -

wärmedämmende Abdeckung der warmen Wasseroberfläche in den den Lagerbehälter umgebenden Raum, z. B. die Lagerhalle, eindringt, abgeführt werden.

- 5 Der Behälter (13) ist bei diesem Beispiel durch ein Diaphragma (19) aus Glaswolle oder dergl. um einen die Brennelemente (14) enthaltenden Raum (47) und einen diesen umgebenden Raum (5) unterteilt. Das Diaphragma (19) erlaubt einen Niveaueausgleich des Wassers auf beiden  
10 Seiten des Diaphragmas, verhindert jedoch turbulente Strömung des Wassers von Raum (47) zu Raum (5) und wirkt so als Wärmedämmung.

- Durch Thermosiphonwirkung werden eine Wärmemenge  $Q_w$  von  
15 0,63 MW aus dem wärmeren Teil des Brennelementelagers mit einer Wärmeträgerflüssigkeit abgeführt und durch indirekten Wärmetausch im Wärmetauscher (20) zum teilweisen Verdampfen der Flüssigkeit und zum Antrieb einer Mammutpumpe (11) verwendet. Die Wärmeträgerflüssigkeit, z. B.  
20 Wasser, wird durch die Zerfallswärme über Wärmetauscher (21) auf  $63^{\circ}\text{C}$  erhitzt und gelangt über Steigrohr (22) in den Wärmetauscher (20). Der Wärmetauscher (20) ist Teil einer Blasenabtriebskolonne (24). Die Flüssigkeit, ein  
25 Zweistoffgemisch (z. B. Ammoniak-Wasser), wird durch Kontakt mit den Wärmetauschern (20) und (23) auf  $60^{\circ}\text{C}$  erhitzt und teilweise (ca. 10 %) verdampft. Der Dampf treibt die Mammutpumpe (11) an. Am Kopf der Blasenabtriebskolonne wird die Flüssigkeit wieder abgetrennt und der Dampf, das ist die leichter siedende Komponente, über  
30 Leitung (25) dem Kondensator (26) zugeleitet. Die an leichter siedende Komponente auf 35 %  $\text{NH}_3$  abgereicherte Flüssigkeit verläßt nach Durchlaufen der Wärmetauscher (20) und (23) die Blasenabtriebskolonne (24) und gelangt von dort über Leitung (27) in den Luftwärmetauscher (28)  
35 des Kamines (31).



Das den Kondensator (26) verlassende Kondensat 1,330 t/h mit 99 %  $\text{NH}_3$  gelangt über Leitung (32) in einen Verdampfer (33), wo es in geeigneter Form mit einem im Kreislauf über Absorberkolonne (34) geführten Strom leichten Trägergases, z. B.  $440 \text{ Nm}^3/\text{h}$  Wasserstoff oder Helium, in Berührung gebracht wird. Im Verdampfer (33) verdampft die leichter siedende Komponente zu etwa 97 % und vermischt sich mit dem Trägergas, so daß ein spezifisch schwereres Gemisch entsteht, das über Fallrohr (35) in den anderen Teil der Absorberkolonne (34) gelangt. Im Absorber (34) wird das Trägergas mit der die Blasenabtriebskolonne (24) verlassenden Flüssigkeit gewaschen.

Vom Luftkühler (28) gelangt die an leichter siedender Komponente abgereicherte Flüssigkeit (11,8 t/h) in die Absorberkolonne (34), in welcher sie in geeigneter Weise über die Einbauten (48) mit dem im Gegenstrom fließenden Trägergas in Berührung gebracht wird. Hierbei übernimmt die abgereicherte Flüssigkeit in bekannter Weise aus dem Trägergas die leichter siedende Komponente, worauf das Trägergas, von ihr entladen, leichter wird und durch die Leitung (36) zum Verdunster (33) zurückströmt. Dort tritt es über die Austauschflächen (37) in indirekten Wärmetausch mit abwärts strömendem Gemisch aus Trägergas, angereichert durch leichter siedende Komponente und flüssigen Resten des an schwer siedendem angereicherten Kondensats. Gegen diesen Strom wird das Trägergas im Austauscher (37) weiter abgekühlt, so daß jetzt der größte Teil der noch in ihm enthaltenen Dampffeste des Gemisches (160 kg/h) auskondensiert. Diese werden im Abscheider (38) abgeschieden und fließen als Rücklauf zu einer Packung (39), wo sie im Gegenstrom zum Trägergas in direktem Austausch zu dem den Absorber (34) am Kopf verlassenden Trägergas stehen. Dadurch erfolgt ein Wärme- und Stoffaustausch, wobei letzterer die Konzentration an Dämpfen der schwer siedenden Komponente im Verhältnis zu denen der leicht siedenden

herabsetzt und so erreicht wird, daß im Verdampfer (33) der größte Teil des Kondensates verdampft, was den Wirkungsgrad der Anlage erheblich steigert. Über Leitung (40) wird der Rest des Kondensates aus dem Verdampfer (33) an  
5 geeigneter Stelle dem Absorber (34) zugeführt. Die Flüssigkeit, das Zweistoffgemisch, (13,2 t/h mit 41 % NH<sub>3</sub>) verläßt die Absorberkolonne (34) über Leitung (41) und gelangt in die Blasenabtriebskolonne (24). Neben dem Luftwärmetauscher (28) können weitere Luftwärmetauscher (29)  
10 und (30) im Flüssigkeitskreislauf angeordnet sein. (46) deutet Zwischenböden für die Flüssigkeit an.

Die Verdampfungswärme für den Verdampfer (33) kann dem Raum (5) entnommen werden, in den 0,37 MW der Zerfallswärme über die Wärmedämmung eingedrungen ist. Im Raum (5)  
15 ist dazu ein Wärmetauscher (42) installiert. Von dort gelangt das Wärmetauschermedium über die Leitung (43) zum Wärmetauscher (44) des Verdampfers (33). Der Rücklauf erfolgt über die Leitung (45). Dieser Wärmetransport kann,  
20 wie in Figur 1 dargestellt, durch eine Mammutpumpe mit Höhenunterschied geregelt werden. Wenn gewünscht, kann auf diese Weise der Wärmetransport vom Raum (5) zum Verdampfer (33) weitgehend zum Erliegen gebracht werden. Die im Kondensator (26) verflüssigten Dämpfe aus der Blasenabtriebskolonne (24) passieren praktisch unvermindert den Verdunster (33), wobei sich dort Temperaturen einstellen, bei denen das nur schwach beladene Trägergas das gleiche spezifische Gewicht hat, wie das dann zwar wärmere, aber auch mehr beladene Trägergas aus dem Absorber, so daß der  
25 Trägerkreislauf ebenfalls zum Erliegen kommt. Das Kondensat läuft praktisch vollständig über die Leitung (40) der Absorberkolonne (34) zu, so daß sich ein Fahrzustand einstellt, der völlig der Fahrweise gemäß Figur 1 entspricht. Die Wärme wird aus der warmen Zone (Raum (47)) allein  
30 abgeführt.  
35

Nummer: 30 14 289  
Int. Cl.<sup>3</sup>: G 21 C 19/08  
Anmeldetag: 15. April 1980  
Offenlegungstag: 22. Oktober 1981

- M -  
3014289

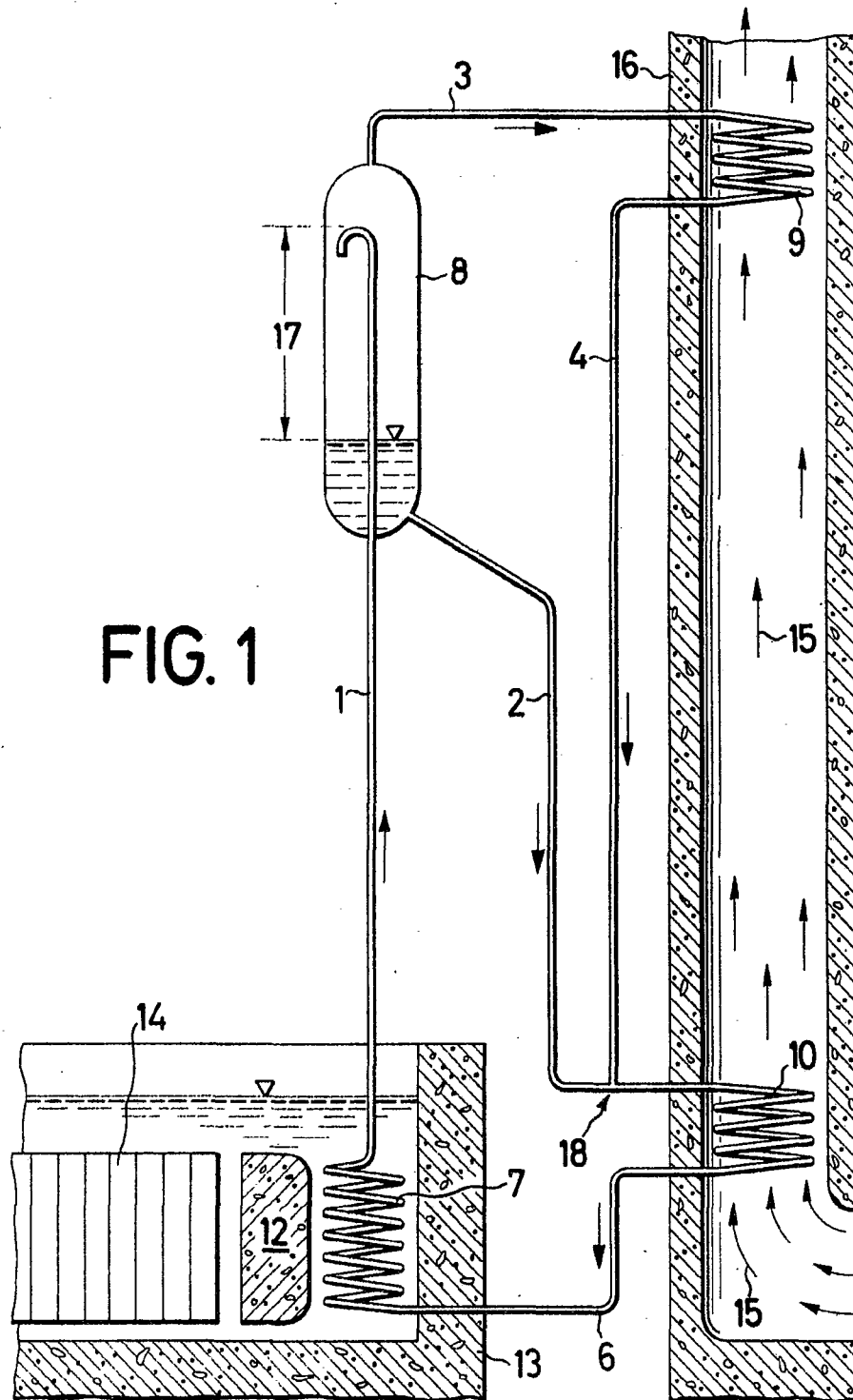


FIG. 1

**FIG. 2**

