

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
11 DE 3521988 C2

51 Int. Cl. 4:
G21 C 19/28
G 21 C 1/22

21 Aktenzeichen: P 35 21 988.2-33
22 Anmeldetag: 20. 6. 85
43 Offenlegungstag: 2. 1. 87
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14. 5. 87

DE 3521988 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Kernforschungsanlage Jülich GmbH, 5170 Jülich, DE

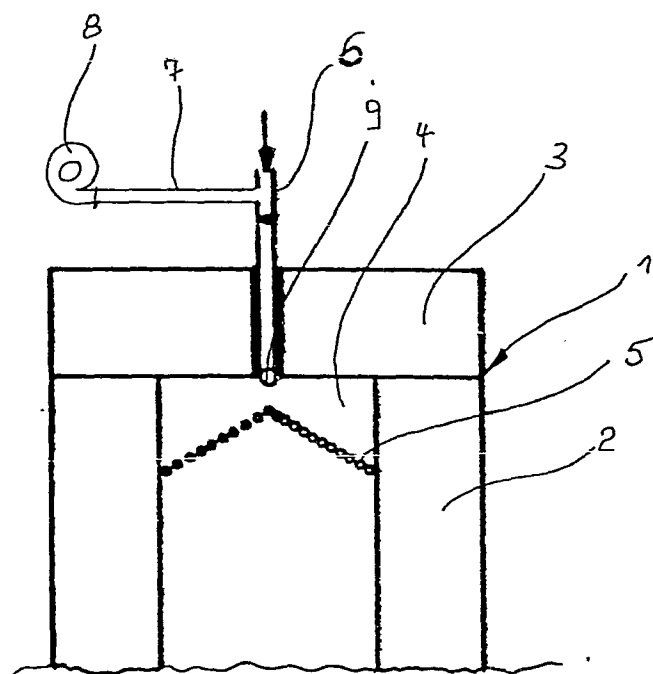
74 Vertreter:
Paul, D., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4040 Neuss

72 Erfinder:
Schulten, Rudolf, Prof., 5100 Aachen, DE

56 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:
DE-AS 15 89 532
DE-OS 29 23 639

54 Verfahren zur Beschickung des Reaktorinnenraums eines Kugelhaufenreaktors sowie Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens

DE 3521988 C2



Patentansprüche

1. Verfahren zur Beschickung des Reaktorinnenraums eines Kugelhaufenreaktors mit kugelförmigen Brennelementen, bei dem die Brennelemente von oben durch eine Falleinrichtung zugeführt und radial unterschiedlich verteilt werden, wobei die Falleinrichtung ein zentral angeordnetes Fallrohr aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Brennelemente (5, 9) bei der Beschickung nur durch das zentral angeordnete Fallrohr (6) in den Reaktorinnenraum (4) gebracht werden und daß die Fallgeschwindigkeit der Brennelemente derart variiert wird, daß sie beim Aufprall auf die Oberfläche des sich beim Beschicken bildenden Schüttkegels entsprechend der gewählten Fallgeschwindigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Mitte verbleiben bzw. radial reflektiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennelemente (5, 9) im Fallrohr (6) zur Erzielung geringerer Fallgeschwindigkeit mit einem Saugluftstrom und zur Erzielung höherer Fallgeschwindigkeit mit einem Druckluftstrom beaufschlagt werden.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß an das Fallrohr (6) zumindest ein Gebläse (8) zur Erzeugung eines Druckund/oder Saugluftstroms in dem Fallrohr (6) angeschlossen ist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beschickung des Reaktorinnenraums eines Kugelhaufenreaktors mit kugelförmigen Brennelementen, bei dem die Brennelemente von oben durch eine Falleinrichtung zugeführt und radial unterschiedlich verteilt werden, wobei die Falleinrichtung ein zentral angeordnetes Fallrohr aufweist sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Kernreaktoren, insbesondere Kugelhaufenreaktoren, werden so beschickt, daß sich am Rande des meist zylinderförmigen Reaktorinnenraums eine erhöhte, in der Mitte jedoch eine etwas niedrigere Spaltstoffkonzentration ergibt. Damit wird erreicht, daß unabhängig von der Gestaltung des radial verlaufenden Neutronenflusses die Leistungsdichte des Kugelhaufenreaktors in radialer Richtung ungefähr gleich ist. Dadurch erfährt das bei Kugelhaufenreaktoren als Kühlmittel verwendete Helium beim Durchströmen entlang der Zylinderachse eine über den Strömungsquerschnitt gleichmäßige Erwärmung, so daß beim Austreten aus dem Reaktorinnenraum eine ziemlich homogene Temperatur, ebenfalls über den Strömungsquerschnitt gesehen, vorliegt. Die Abflachung der Leistungsdichte in radialer Richtung ist praktisch bei allen Kernreaktoren notwendig, um die Leistungskapazität des Kernreaktors vollständig ausnutzen zu können.

Die Beschickung einer inneren Zone mit einem Durchmesser von ca. 1 m in einem Kernreaktor mit einem Durchmesser von ca. 3 m bis 4 m wird dadurch erreicht, daß beim Kugelumlauflauf auf die weitgehend abgebrannten Brennelemente mit entsprechend niedriger Spaltstoffkonzentration in den Reaktorinnenraum eingebracht werden, während die noch nicht so stark abgebrannten und auch frische Brennelemente am Rande des Reaktorinnenraums eingefüllt werden. Den gleichen Effekt kann man dadurch erreichen, daß man in die

innere Zone des Kernreaktors teilweise ungefüllte, also ohne Spaltstoff beladene Graphitkugeln einbringt. Es ist das Ziel, durch diese Maßnahmen in der inneren Zone eine Spaltstoffkonzentration zu erhalten, die 20% bis 50% geringer ist als die Spaltstoffkonzentration in der Außenzone.

Zur Erzielung dieser unterschiedlichen Verteilung sind sehr aufwendige Beschickungssysteme entwickelt worden. So ist in der DE-AS 15 89 532 eine Beschickungsanlage beschrieben, bei der kugelförmige Brennelemente einer Verteileinrichtung zugeführt werden. Die Verteileinrichtung besteht aus einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Blöcken, die jeweils mehrere, zu den benachbarten Blöcken gehende Querbohrungen aufweisen. Innerhalb der Blöcke sind jeweils Steuerelemente angeordnet, über die der Lauf der Brennelementekugeln nach Art von Weichen bestimmt werden kann. Auf diese Weise kann ein bestimmtes Auslaßrohr angesteuert werden, in das dann das Brennelement hineinrollt. Diese Beschickungsanlage ist außerordentlich kompliziert und deshalb kostenaufwendig.

In der DE-OS 29 23 639 ist ein Kernreaktor für kugelförmige Brennelemente offenbart, bei dem die Brennelemente zunächst über ein zentral angeordnetes, teleskopisch ausfahrbares Fallrohr in den Reaktorinnenraum befördert werden. Zusätzlich sind eine Anzahl von auf mehreren Kreisen konzentrisch um das zentrale Fallrohr angeordnete weitere Fallrohre vorgesehen. Von einer vorbestimmten Füllhöhe ab geschieht die Beladung des Reaktorinnenraums zusätzlich oder sogar allein über diese Fallrohre, um eine entsprechende Beladung auch der Randbereiche des Reaktorinnenraums zu erzielen. Um im obengenannten Sinne eine gewünschte Verteilung der Brennelemente zu erreichen, ist auch hier eine komplizierte, in der Druckschrift nicht näher dargestellte Verteileinrichtung notwendig, damit die Brennelemente jeweils über die richtigen Fallrohre zugeführt werden. Dies ist mit entsprechendem Aufwand verbunden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiter zu bilden, daß der vorrichtungsmäßige Aufwand, insbesondere die Anzahl der Fallrohre, verkleinert wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß sämtliche Brennelemente bei der Beschickung nur durch das zentral angeordnete Fallrohr in den Reaktorinnenraum gebracht werden und daß die Fallgeschwindigkeit der Brennelemente derart variiert wird, daß sie beim Aufprall auf die Oberfläche des sich beim Beschicken bildenden Schüttkegels entsprechend der gewählten Fallgeschwindigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Mitte verbleiben bzw. radial reflektiert werden.

Dieses Verfahren beruht darauf, daß zentral zugeführte Brennelemente sich je nach ihrer Fallgeschwindigkeit entweder in der inneren Zone ablagern oder weiter außen liegenbleiben. Bei relativ geringer Fallgeschwindigkeit werden nämlich die Brennelemente nicht vom Schüttkegel der schon eingefüllten Brennelemente reflektiert, sondern bleiben mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Mitte liegen. Werden dagegen die Brennelemente mit erhöhter Fallgeschwindigkeit, etwa mit einer Geschwindigkeit von 1 bis 10 m/s, auf die Oberfläche des Schüttkegels gegeben, so werden sie von diesem reflektiert und gelangen in Bereiche, die radial weiter außen liegen, und zwar um so weiter, je größer die Fallgeschwindigkeit ist. Will man also eine brennstoffarme Zone im Inneren des Reaktors erreichen, so genügt

es, stark abgebrannte Brennelemente oder Graphitkugeln ohne Spaltstoff langsam, praktisch ohne Fallgeschwindigkeit, im Reaktorinnenraum abzulegen, während die frischen Brennelemente oder die noch nicht sehr stark abgebrannten Brennelemente mit hohen Fallgeschwindigkeiten in das Zentrum des Reaktorinnenraums gebracht werden. Mit dem Verfahren kann also eine ausreichend unterschiedliche Beladung des Reaktorinnenraums in der gleichen Weise wie bei einer Beladung mit beispielsweise fünf Rohren erreicht werden, wobei für das erfindungsgemäße Verfahren lediglich ein zentral angeordnetes Fallrohr notwendig ist. Hinzu kommt, daß die Beladung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren stärker radial-symmetrisch erfolgt als dies bei dem Beladesystem mit fünf Fallrohren möglich ist.

Zur Steuerung der Fallgeschwindigkeit in dem zentral angeordneten Fallrohr wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die Brennelemente im Fallrohr zur Erzielung geringerer Fallgeschwindigkeit mit einem Saugluftstrom und zur Erzielung höherer Fallgeschwindigkeit mit einem Druckluftstrom beaufschlagt werden. Die Fallgeschwindigkeit wird demnach pneumatisch gesteuert, was auf einfache Weise dadurch geschehen kann, daß an das Fallrohr zumindest ein Gebläse zur Erzeugung eines Druckund/oder Saugluftstroms in dem Fallrohr angeschlossen ist.

In der Zeichnung ist die Erfindung an Hand eines Ausführungsbeispiels in schematischer Darstellung näher veranschaulicht. Sie zeigt in einer vertikalen Schnittebene den inneren Teil eines Kugelhaufenreaktors mit dem Reflektor (1) aus Graphit, der aus einer zylindrischen Reflektorseitenwandung (2) und einer darüber angeordneten Reflektordeckenwandung (3) besteht. Der untere Teil des Reflektors (1) ist ebenso weggelassen wie die weiteren Teile des Kugelhaufenreaktors, die den Reflektor (1) umgeben.

In dem zylindrischen Reaktorinnenraum (4) befinden sich kugelförmige Brennelemente (5), die die Oberfläche der Brennelementefüllung bilden. Diese Oberfläche hat die Form eines Schüttkegels.

In der Mitte der Reflektordeckenwandung (3) und damit zentrisch zum Reaktorinnenraum (4) ist ein senkrecht stehendes Fallrohr (6) angeordnet, dessen Durchmesser so groß ist, daß durch das Fallrohr (6) Brennelemente (9) nach unten in den Reaktorinnenraum (4) befördert werden können. Im Bereich des oberen Endes des Fallrohres (6) ist ein Luftrohr (7) angeschlossen, daß linksseitig in einem Gebläse (8) endet. Das Gebläse (8) ist umsteuerbar, kann also sowohl als Druck- als auch als Saugluftgebläse arbeiten. Es kann deshalb im Fallrohr (6) entsprechend einen nach oben gerichteten Saugluftstrom oder einen nach unten gerichteten Druckluftstrom erzeugen, mit dessen Hilfe die Fallgeschwindigkeit des in dem Fallrohr (6) nach unten sich bewegenden Brennelementes eingestellt werden kann. Durch einen Saugluftstrom kann die Geschwindigkeit des Brennelements (9) so stark abgesenkt werden, daß es mit relativ geringer Geschwindigkeit auf die Oberfläche der Brennelemente (5) im Reaktorinnenraum (4) fällt und deshalb mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Mitte liegen bleibt. Durch einen Druckluftstrom kann die Geschwindigkeit des Brennelements (9) im Fallrohr (6) derart beschleunigt werden, daß das Brennelement (9) von dem Schüttkegel der Brennelemente (5) reflektiert wird und je nach Fallgeschwindigkeit mehr oder weniger weit nach außen zu liegen kommt. Auf diese Weise kann unter Verwendung nur eines Fallrohres (6) mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden, wo ein zugeführtes Brenn-

element (9) zu liegen kommt. Insbesondere läßt sich die Spaltstoffkonzentration so verteilen, daß die Leistungsdichte des Reaktors in radialer Richtung ungefähr gleich ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen
