

51

Int. Cl. 2:

**G 21 C 19/00**

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



Erfindereigentum!

**DE 27 39 921 A 1**

11

# **Offenlegungsschrift 27 39 921**

21

Aktenzeichen: P 27 39 921.9

22

Anmeldetag: 5. 9. 77

43

Offenlegungstag: 9. 3. 78

31

Unionspriorität:

22 33 31

7. 9. 76 V.St.v.Amerika 720746

54

**Bezeichnung: Verfahren zum Versetzen eines Kernreaktorkerns innerhalb eines Reaktorbehälters mit neuem Brennstoff**

71

**Anmelder: General Atomic Co., San Diego, Calif. (V.St.A.)**

74

**Vertreter: Weickmann, H., Dipl.-Ing.; Fincke, K., Dipl.-Phys. Dr.; Weickmann, F.A., Dipl.-Ing.; Huber, B., Dipl.-Chem.; Liska, H., Dr.-Ing.; Pat.-Anwälte, 8000 München**

72

**Erfinder: Anderson, Paul Michael, San Diego, Calif. (V.St.A.)**

**DE 27 39 921 A 1**

1978 03 09 14 11 13

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Versetzen eines Kernreaktorkerns innerhalb eines Reaktorbehälters mit neuem Brennstoff, wobei der Kern eine Mehrzahl von Bereichen aufweist, von denen jeder aus einer Mehrzahl von im wesentlichen horizontalen Schichten besteht, wobei jede Schicht aus einer Mehrzahl von einzelnen Brennstoffelementen besteht und die Brennstoffelemente in den jeweiligen Schichten im wesentlichen vertikale Säulen bilden, und wobei außerdem die Brennstoffelemente in wenigstens ihrer untersten Schicht verbraucht sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Bereiche in Aufeinanderfolge mit neuem Brennstoff versehen werden, indem, für jeden Bereich, aus dem Behälter unverbrauchte Brennstoffelemente in wenigstens einer, aber nicht in allen Säulen entfernt werden, so daß ein oder mehrere der verbrauchten Brennstoffelemente freigelegt werden; daß die freigelegten, verbrauchten Brennstoffelemente aus dem Behälter entfernt werden; daß innerhalb des Behälters unverbrauchte Brennstoffelemente zu anderen Stellen einschließlich den vorherigen Stellen von wenigstens einigen der vorher entfernten, verbrauchten und unverbrauchten Brennstoffelemente bewegt werden, so daß ein oder mehrere zusätzliche, verbrauchte Brennstoffelemente freigelegt werden; daß die freigelegten, zusätzlichen, verbrauchten Brennstoffelemente aus dem Behälter entfernt werden; daß die unverbrauchten Brennstoffelemente, die vorher aus dem Behälter entfernt worden sind, an anderen Stellen im Kern angeordnet werden; und daß neue, unverbrauchte Brennstoffelemente im Behälter in wenigstens der obersten Schicht von Brennstoffelementen angeordnet werden; und daß diese Aufeinanderfolge bei anderen Bereichen wiederholt wird, so daß die Brennstoffaufnahme bzw. -erneuerung des Kerns vervollständig wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Entfernen der freigelegten, zusätzlichen, ver-

brauchten Brennstoffelemente unverbrauchte Brennstoffelemente wieder innerhalb des Behälters zu anderen Stellen einschließlich den vorherigen Stellen von wenigstens einigen der vorher entfernten, verbrauchten und unverbrauchten Brennstoffelemente bewegt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Entfernung und die Anordnung der Elemente vom Reaktorkern und im Reaktorkern von einer Stelle oberhalb des Kerns durchgeführt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß unverbrauchte Brennstoffelemente aus dem Behälter von Stellen entfernt werden, derart, daß Teile von wenigstens zwei der Schichten freigelegt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die unverbrauchten Brennstoffelemente innerhalb des Behälters von Stellen bewegt werden, derart, daß Teile von wenigstens zwei der Schichten freigelegt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jede Schicht aus sieben Brennstoffelementen besteht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernbereich eine oder mehrere obere Schichten von Reflektorelementen umfaßt, die vor der Entfernung der verbrauchten Brennstoffelemente aus dem Behälter entfernt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernbereich drei obere Schichten von Reflektorelementen, acht Schichten von Brennstoffelementen und eine untere Schicht von Reflektorelementen umfaßt.

2739921

- 17 -  
- 3 -

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, insbesondere nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die unteren beiden Schichten von Brennstoffelementen als verbrauchte Brennstoffelemente entfernt werden.

809810/0976



periodisches Ersetzen der Kernelemente, die brütbares, moderierendes oder reflektierendes Material enthalten, kann auch erforderlich sein.

Oft ist eine Art eines Reaktorbehälters für das Einschließen des Kerns vorgesehen, so daß radioaktive Produkte bei einem Unfall zurückgehalten werden, und gewünschtenfalls auch zur Erzielung einer biologischen Abschirmung, durch die es ermöglicht wird, daß Personen um den Reaktor herum arbeiten können. Ein Reaktorbehälter kann auch so aufgebaut sein, daß er ein flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel für den Kern enthält.

Wenn der Reaktorbehälter so entworfen ist, daß er den Kern vollständig umschließt, kann eine geeignete Durchdringung im Reaktorkern vorgesehen sein, damit die Kernelemente in dem Reaktorbehälter angeordnet und aus dem Reaktorbehälter entfernt werden können. Wenn man eine oder mehrere Durchdringungen für die Handhabung von Kernelementen zusätzlich zu anderen Durchdringungen im Reaktorbehälter für solche Dinge, wie Instrumentierung und Regelstäbe, vorsieht, dann kann das zum Vorhandensein so vieler Durchdringungen führen, daß es schwierig oder teuer wird, die richtige Integrität für den Reaktorbehälter sicherzustellen. Die Verwendung einiger Durchdringungen für mehr als einen Zweck, wie z.B. die Verwendung für Regelstabdurchdringungen zum Zwecke des Zuführens neuen Brennstoffs, ist infolgedessen wünschenswert.

Eine vorteilhafte Form eines Kernaufbaus besteht für gewisse Anwendungsfälle darin, daß die Kernelemente eine Blockform haben und der Kern aus einer Mehrzahl von benachbarten Säulen solcher Blöcke besteht. Typischerweise wird der Kern für die Zwecke der Brennstoffzufuhr so angesehen, als sei er in einer Mehrzahl von Bereichen von Säulen von Blöcken unterteilt, wobei jeder Bereich durch eine der Steuer- bzw.

Regelstabdurchdringungen während der Brennstoffaufnahmevorgänge bedient wird. Zu Zwecken der Reaktivitätssteuerung bzw. -regelung, der Kühlmittelströmungssteuerung bzw. -regelung und der Brennstoffzufuhr hat es sich herausgestellt, daß eine speziell vorteilhafte Anzahl von Säulen in jedem Bereich sieben ist, in welchem Falle eine mittige Säule angewandt wird, die von sechs peripheren Säulen umgeben ist. Ein Kernaufbau dieser allgemeinen Art ist in der US-PS 3 383 286 veranschaulicht und beschrieben.

Eine wünschenswerte Brennstoffzufuhrtechnik für die vorerwähnte Art eines Reaktorkerns besteht darin, frische Brennstoffelemente auf der Oberseite des reaktiven Kerns anzuordnen, während man verbrauchte Brennstoffelemente vom Boden bzw. von der Unterseite des reaktiven Kerns entfernt. Die Techniken, die bisher zur Brennstoffzufuhr bei dieser Art von Kernkonfiguration angewandt worden sind, haben die zeitweilige Anordnung aller Reflektor- und Brennstoffelemente in Schichten oberhalb der verbrauchten Brennstoffelemente zu einer zeitweiligen Speicherung in einer Brennstoffhandhabungsmaschine beinhaltet. Die verbrauchten Brennstoffelemente wurden dann aus dem Kern entfernt und in einen Brennstoffspeicherbereich überführt. Die unverbrauchten Elemente, die vorher entfernt worden waren, wurden dann wieder im Kern angeordnet, jedoch auf Höhen, die unterhalb ihrer vorherigen Höhe lagen, und zwar um einen Betrag, welcher der Anzahl von Schichten verbrauchter Brennstoffelemente entsprach, die vorher entfernt worden waren. Der Kern wurde dann in dem aktiven Bereich vervollständigt, indem man frische, unverbrauchte Brennstoffelemente in der oberen Schicht oder den oberen Schichten anordnete und daraufhin die Reflektorelemente ersetzt bzw. wieder an Ort und Stelle brachte.

Die vorstehend beschriebene Brennstoffaufnahmetechnik erfordert ausreichende Speicherung in dem temporären Spei-

cherbereich der Brennstoffhandhabungsmaschine, damit alle oberen Reflektorelemente und die unverbrauchten Brennstoffelemente, die in den Kern zurückgebracht werden sollen, aufgenommen werden können. Darüberhinaus erfordert die vorstehend beschriebene Technik die Entfernung aller unverbrauchten Brennstoffelemente aus dem Reaktorbehälter und ihre nachfolgende Rückführung in letzteren während des Brennstoffaufnahmeprozesses. Da die Brennstoffaufnahmeprozesse eine beträchtliche Zeitdauer beanspruchen, ist es wünschenswert, daß die Anzahl der erforderlichen Vorgänge so weit wie möglich vermindert wird.

Mit der vorliegenden Erfindung soll ein verbessertes Verfahren zur Brennstoffzufuhr in einen Kernreaktorkern zur Verfügung gestellt werden, das eine beträchtliche Herabsetzung der Brennstoffaufnahmezeit im Vergleich mit den bisher bekannten Techniken ermöglicht, und das weiterhin weniger Vorgänge außerhalb des Kerns und einen kleineren temporären Speicherraum ermöglicht.

Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zum Versehen eines Kernreaktorkerns innerhalb eines Reaktorbehälters mit neuem Brennstoff zur Verfügung gestellt, wobei der Kern eine Mehrzahl von Bereichen hat, von denen jeder aus einer Mehrzahl von im wesentlichen horizontalen Schichten besteht und jede Schicht aus einer Mehrzahl von einzelnen Brennstoffelementen besteht, und wobei ferner die Brennstoffelemente in jeweiligen Schichten im wesentlichen vertikale Säulen bilden, und wobei außerdem die Brennstoffelemente wenigstens in ihrer untersten Schicht verbraucht sind; das Verfahren umfaßt das Versehen der Bereiche mit neuem Brennstoff in Aufeinanderfolge, indem für jeden Bereich aus dem Behälter unverbrauchte Brennstoffelemente in wenigstens einer, aber nicht in allen Säulen entfernt werden, um ein oder mehrere der verbrauchten Brennstoffelemente bloßzulegen; Entfernen der bloßgeleg-

ten, verbrauchten Brennstoffelemente aus dem Behälter; Bewegen der unverbrauchten Brennstoffelemente innerhalb des Behälters zu anderen Orten mit Einschluß der vorherigen Orte von wenigstens einigen der vorher entfernten, verbrauchten und unverbrauchten Brennstoffelemente zum Freilegen von einem oder mehreren zusätzlichen verbrauchten Brennstoffelementen; Entfernen der bloßgelegten, zusätzlichen verbrauchten Brennstoffelemente aus dem Behälter; Anordnen der unverbrauchten Brennstoffelemente, die vorher aus dem Behälter entfernt worden waren, an anderen Orten im Kern; und Anordnen neuer, unverbrauchter Brennstoffelemente in dem Behälter in wenigstens der obersten Schicht von Brennstoffelementen; und Wiederholen dieser Aufeinanderfolge für andere Bereiche zum Zwecke der Vervollständigung der Brennstoffzufuhr zum Kern.

Die Erfindung wird nachstehend anhand einiger, in den Fig. 1 bis 9 der Zeichnung im Prinzip dargestellter, besonders bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise, schematische, perspektivische Ansicht, die einen Teil eines Reaktorkerns und Druckbehälters der Art veranschaulicht, worin das Verfahren nach der Erfindung angewandt wird; und

Fig. 2 bis 9 schematische, zusammengesetzte Darstellungen aufeinanderfolgender Schritte in einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, ist ein Kernreaktorkern 11 in einem Reaktorbehälter 12 von Beton oder anderem geeignetem Material eingeschlossen. Das Innere des Reaktorbehälters 12 ist mit einer Metallauskleidung 13 versehen, die durch ein Kühlmittel gekühlt wird, das in Kanälen 14 zirkuliert.

Die allgemeine Form des Kerns ist diejenige eines geraden bzw. senkrechten, kreisförmigen Zylinders, dessen

Durchmesser etwas größer als seine Höhe ist. Der Kern ist aus einer Mehrzahl von Säulen von getrennten Brennstoffelementen oder Brennstoffblöcken 21 von hexagonalem Querschnitt aufgebaut, die auf einer gleichförmigen, dreieckigen Teilung angeordnet sind. Die Brennstoffblöcke sind vorzugsweise aus extrudierter Graphitkonstruktion bzw. extrudiertem Graphit-aufbau, in der bzw. in dem eine Mehrzahl von Stäben (nicht dargestellt) von spaltbarem Material eingebettet ist. Jeder der Brennstoffblöcke ist mit einer Mehrzahl von Öffnungen versehen, die miteinander fluchten, so daß sie vertikale Durchgänge 22 darin ausbilden. Die Durchgänge 22 erstrecken sich vollständig durch die Brennstoffblöcke und sind in der gleichen Position in jedem der Brennstoffblöcke angeordnet. Auf diese Weise erstrecken sich die vertikalen Durchgänge vollständig durch die Länge jeder der Säulen von Brennstoffblöcken. Diese vertikalen Durchgänge 22 werden dazu benutzt, Kühlgas durch den Reaktorkern hindurchströmen zu lassen.

Die Fluchtung der Durchgänge 22 kann mittels einer Mehrzahl von Paßstiften (nicht dargestellt) aufrechterhalten werden, die sich von der oberen Seite jedes Brennstoffblocks aus erstrecken. Die Paßstifte auf jedem Brennstoffblock passen in damit in Eingriff stehende Löcher im Boden des Blocks, der sich unmittelbar darüber befindet.

Die Brennstoffblöcke 21 des Kerns enthalten weiterhin vertikale Löcher 23, die sich nur durch einen Teil der Länge jedes Blocks erstrecken und es ermöglichen, eine Handhabungsausrüstung, die nicht dargestellt ist, in den Block abzusenken, um denselben während der ersten Bestückung mit Brennstoff sowie während der erneuten Brennstoffzufuhr anheben und absenken zu können.

Der Kern umfaßt weiterhin einen Reflektor. Der Reflektor besteht aus einer äußeren Wand von Graphitblöcken 25,

die in ihrer Form identisch mit den Brennstoffblöcken 21 sind. Zusätzliche Reflektorblöcke oder -elemente 27 sind in der gleichen Säulenordnung wie die Brennstoffblöcke vorgesehen und bilden Fortsetzungen der Brennstoffblocksäulen in drei Schichten oberhalb und in zwei Schichten unterhalb derselben. Die Reflektorblöcke weisen Durchgänge auf, die Fortsetzungen der Durchgänge 22 in den Brennstoffblöcken bilden.

Der radial äußere Teil des Reflektors besteht aus einer Mehrzahl von Graphitreflektorblöcken 29, die auch in Säulen angeordnet sind. Die Reflektorblöcke 29 sind wesentlich größer als die Reflektorblöcke 25 und so geformt, daß sie zwei entgegengesetzte, winklig divergierende Seiten, eine bogenförmige Seite, und eine unregelmäßig geformte Seite gegenüber der bogenförmigen Seite haben. Die unregelmäßige Seite jedes Reflektorblocks 29 befindet sich im zusammenpassenden Eingriff mit benachbarten Säulen der Reflektorblöcke 25, während die bogenförmige Seite einen Teil der äußeren, zylindrischen Oberfläche bildet. Die Reflektorkonfiguration kann natürlich unterschiedlich von der dargestellten Konfiguration sein, jedoch hat sich die beschriebene Konfiguration als zufriedenstellend erwiesen.

Die Reflektorblöcke (oder -kappen) 27a in der obersten Schicht sind teilweise hohl und bilden einen Hohlraum oder eine erweiterte Kammer 32 oberhalb der oberen Enden der Kühlmitteldurchgänge 22 für die Brennstoffblocksäulen. Eine kreisförmige Öffnung 33 steht mit dem Hohlraum 32 in Verbindung. Eine Öffnungs- bzw. Blendenapparatur, die nicht dargestellt ist, ist über den Öffnungen 33 angeordnet, so daß dadurch die Strömungsrate bzw. -geschwindigkeit des Kühlmittelgases zur Kammer 32 über jeden Brennstoffbereich gesteuert werden kann. Die äußeren Säulen der Reflektorelemente 29 sind nicht hohl, sondern erstrecken sich als massive Blöcke über die gesamte Entfernung bis zur Oberseite.

Jeder der Blöcke 27 und 27a ist mit einer darin befindlichen mittigen Öffnung 34 versehen, durch welche die Aufnahme eines nicht dargestellten Mitnehmerwerkzeugs zum Entfernen der kappenförmigen Reflektorblöcke während der Brennstoffaufnahme erleichtert wird. In den anderen Blöcken 21 sind auch Öffnungen 23, die so geformt sind, daß das nicht dargestellte Mitnehmerwerkzeug mit ihnen in Eingriff treten kann. In einigen der Blocksäulen, die sich im geeigneten Abstand voneinander befinden, erstrecken sich die Öffnungen 23 über den ganzen Weg durch die Blöcke, so daß sie einen Regelstab-Durchgang bilden, wie bei 36 angedeutet ist.

Die Säulen von Brennstoffblöcken und von Reflektorblöcken ruhen auf einer Schicht von großen Graphitkernträgerblöcken 41. Wie in der Zeichnung gezeigt ist, trägt jeder Trägerblock 41 sieben Säulen von Brennstoff- und Reflektorblöcken in einem jeweiligen Kernbereich. Die Säulen von Brennstoff- und Reflektorblöcken sind auf den Trägerblöcken 41 mittels einer Mehrzahl von Graphitstiften (nicht dargestellt) positioniert, welche eine seitliche Beschränkung und eine Säulenfluchtung am Boden des Kerns bewirken.

Die unterste Schicht von Reflektorblöcken 27 ist so ausgebildet, daß die Kühlmitteldurchgänge 22 in jedem Block in eine Sammelkammer 43 konvergieren, die in jedem Block ausgebildet ist. Jeder der Trägerblöcke 41 hat eine Mehrzahl von Eingangskanälen 44, und jeder Kanal steht mit jeweils einer der Kammern 43 in Verbindung. Die Eingangskanäle 44 konvergieren zu einer Auslaßöffnung 45 auf der unteren Seite des Trägerblocks.

Die Schicht von Kernt Trägerblöcken 41 ist radial von einer Mehrzahl von großen Kernt Trägerblöcken 45 umgeben, welche diese Schicht fortsetzen und so geformt sind, daß sie mit den Blöcken 41 zusammenpassen und eine zylindrische,

äußere Oberfläche bilden. Die Blöcke 50 tragen die Seitensäulen der Reflektorblöcke 25 und 29. Eine doppelwandige, zylindrische Metallummantelung 51 umgibt den Kern und wird von der Auskleidung 13 durch Stifthalter 47 im Abstand gehalten. Eine Gasabschirmung 49 gegen Nebenschlußströmung ist zwischen den Blöcken 50 und der Ummantelung 51 angeordnet.

Die Trägerblöcke 41 und 50 werden von einem Kernträgerboden 55 getragen, und zwar mittels einer Mehrzahl von vertikalen Graphitpfosten 52. Die Graphitpfosten haben sphärische Enden, die in konkaven Pfostensitzen bzw. -lagerungen 52a sitzen, so daß die Pfosten leicht schwanken können, um unterschiedliche Ausdehnung zwischen den Teilen des Aufbaus aufnehmen zu können.

Kühlgas, das von den Einlaßkanälen 53 herkommend in dem Raum oberhalb der oberen Seite des Reaktorkerns und des dieses umgebenden Reflektors gesammelt wird, strömt in die Kammern, die von den Kappen 27a ausgebildet sind. Das Gas tritt dann in die Durchgänge 22 ein und fließt durch diese und in die Kammer 43. Wenn das Gas durch die Durchgänge 22 strömt, dann wird es aufgrund der durch die Kettenspaltungsreaktion im Kern erzeugten Wärme erhitzt. Das heiße Gas wird in den Kammern 43 gesammelt und strömt dann durch die Trägerblöcke 41, durch die Kanäle 44 in denselben, und es wird über die Öffnungen 45 in den Raum unterhalb der unteren Trägerblöcke 41 abgegeben. Von dort strömt das Kühlgas durch Kanäle 54 zu Dampfgeneratoren oder Turbinen.

Bei der Brennstoffzufuhr zu dem dargestellten Reaktor wird ein gesamter Kernbereich von sieben Säulen mit neuem Brennstoff versehen, bevor eine Brennstoffzufuhr zu einem anderen Bereich erfolgt. Ein geeigneter Brennstoffzufuhrmechanismus, der nicht dargestellt ist, erstreckt sich durch die nicht dargestellte Regelstabdurchdringung oberhalb jedes

Bereichs in den Reaktorbehälter. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel besteht jede der Säulen von Elementen aus zwei Bodenreflektorelementen, acht Brennstoffelementen und drei Reflektorelementen. Das läßt sich sehr leicht aus den schematischen Darstellungen der Fig. 2 bis 9 ersehen. Für die Orte der Elemente ist in den Fig. 2 bis 9 ein Numerierungssystem angewandt worden, wie es im einzelnen in den Figuren näher veranschaulicht und nachstehend erläutert ist. Diejenige Zahl, die vor dem Punkt steht, bezeichnet die Schichtstelle (Höhe), die von dem Boden ausgehend mit 1 bis 7 nummeriert ist. Diejenige Zahl, die auf den Punkt folgt, bezeichnet die Säulenstelle in einem speziellen Brennstoffbereich, die von 1 bis 7 nummeriert ist. Die beiden Bodenschichten von Reflektorelementen sind mit einer einzigen Schichtstelle, nämlich 12, bezeichnet.

Beim Durchführen des Verfahrens nach der Erfindung in Verbindung mit dem schematisch in den Fig. 2 bis 9 dargestellten Reaktorkern wird angenommen, daß die beiden untersten Schichten von Brennstoffelementen verbraucht sind. Der erste Schritt besteht darin, aus dem Reaktorbehälter alle Reflektorelemente in den oberen drei Schichten des Brennstoffbereichs und Säule 1, Höhen 4 bis 9 zu entfernen. Das entspricht den Höhen 1, 2 und 3 der Fig. 2, nämlich den Elementen 01.01-03.07 und 04.01-09.01. Diese werden in einem temporären Speicher angeordnet, wie z.B. innerhalb einer Brennstoffhandhabungsmaschine.

Der nächste Schritt ist in Fig. 3 veranschaulicht, wonach die Brennstoffelemente in den Höhen 4 bis 9 in Säule 2, den Höhen 4 bis 7 in Säule 3 und den Höhen 4 und 5 in Säule 4 aus dem Behälter entfernt werden. Diese Elemente sind 04.02-04.04, 05.02-05.04, 06.02-06.03, 07.02-07.03, 08.02 und 09.02. Diese Brennstoffelemente werden alle in einem temporären Speicher angeordnet, wie z.B. innerhalb einer Brenn-

stoffhandhabungsmaschine. Die sich ergebende Konfiguration ist schematisch in Fig. 3 gezeigt, wobei die schraffierten Elemente diejenigen Elemente sind, für die eine temporäre Speicherung erforderlich ist. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist diese Anzahl eine Gesamtheit von 39 Elementen. Es sei darauf hingewiesen, daß bei der Vollendung dieses Schritts einige, jedoch nicht alle verbrauchten Brennstoffelemente in den untersten beiden Schichten freigelegt sind. Diese verbrauchten Brennstoffelemente sind diejenigen in Säulen 1 und 2. Die verbrauchten Brennstoffelemente in den unteren beiden Schichten in Säulen 3 bis 7 sind nicht freigelegt.

Die verbrauchten Brennstoffelemente 10.01, 10.02, 11.01 und 11.02 in den untersten beiden Brennstoffhöhen der Säulen 1 und 2 werden dann entfernt und in einem geeigneten Transportmechanismus für den Transport zu einem Brennstoffspeicherbereich angeordnet. Die sich ergebende Kernkonfiguration ist so, wie sie schematisch in Fig. 4 veranschaulicht ist.

Nach dem Entfernen der freigelegten, verbrauchten Brennstoffelemente, wie es vorstehend erläutert wurde, wird das Brennstofferneuerungsverfahren in der Weise fortgesetzt, daß man Brennstoffelemente innerhalb des Reaktorbehälters direkt von einer Stelle zu einer anderen Stelle innerhalb des Kerns bewegt. Wie in Fig. 5 gezeigt ist, besteht eine Form, in der das geschehen kann, darin, das Element 8.03 zur Stelle 11.02 zu bewegen, das Element 9.03 zur Stelle 10.02, das Element 6.04 zur Stelle 9.02, das Element 7.04 zur Stelle 8.02, das Element 4.05 zur Stelle 7.02 und das Element 5.05 zur Stelle 6.02. Das ist in Fig. 5 veranschaulicht, und das Ergebnis ist, daß die verbrauchten Brennstoffelemente 10.03 und 11.03 freigelegt sind. Diese können nun aus dem Kern und dem Reaktorbehälter entfernt und in einer

geeigneten Transporteinrichtung zum Entfernen zu einem Speicherbereich für verbrauchte Brennstoffelemente angeordnet werden. Die sich ergebende Kernkonfiguration ist nun schematisch in Fig. 6 angedeutet.

Wenn man die Fig. 4 und 6 vergleicht, dann erkennt man, daß die letzten acht Elementbewegungen, die oben erläutert worden sind, zur Erzeugung einer neuen Säule Nr. 2 geführt haben, und zwar mit Elementen, die durchschnittlich um zwei Höhen gegenüber ihren vorherigen Stellen nach unten bewegt worden sind. Das Ergebnis der Schritte, die zu der Konfiguration der Fig. 6 geführt haben, besteht darin, daß nun eine Treppenstufenkonfiguration für den Kern existiert, die gleichartig bzw. ähnlich wie die in Fig. 4 gezeigte ist. Das ermöglicht es, in einer gleichartigen bzw. ähnlichen Weise mit einem internen Überführen anderer Brennstoffelemente fortzufahren, um zusätzliche, verbrauchte Brennstoffelemente für die Entfernung freizulegen. Ein solches Verfahren ist in Fig. 7 gezeigt, wonach sechs zusätzliche Überführungen im Kern wie auch zwei Entfernungen von verbrauchten Brennstoffelementen durchgeführt worden sind. Damit man die Konfiguration der Fig. 7 erzielt, wird das Element bei 08.04 zu 11.03 bewegt, 09.04 zu 10.03, 06.05 zu 09.03, 07.05 zu 08.03, 04.06 zu 07.03 und 05.06 zu 06.03. Die verbrauchten Brennstoffelemente bei 10.04 und 11.04 können dann zum Speicher bewegt werden.

Es sei nun auf Fig. 8 Bezug genommen, in der schematisch der Zustand des Kerns nach zwölf zusätzlichen Elementumsetzungen und sechs Entfernungen von verbrauchten Brennstoffelementen, ausgehend von dem in Fig. 7 dargestellten Zustand, gezeigt ist. Das geschieht wie folgt: 08.05 zu 11.04, 09.05 zu 10.04, 06.06 zu 09.04, 07.06 zu 08.04, 04.07 zu 07.04, 05.07 zu 06.04, 10.05 und 11.05 zum Speicher, 08.06 zu 11.05, 09.06 zu 10.05, 06.07 zu 09.05, 07.07 zu

08.05, 10.06 und 11.06 zum Speicher, 08.07 zu 11.06, 09.07 zu 10.06, und 10.07 und 11.07 zum Speicher.

In den Zustand, der in Fig. 8 veranschaulicht ist, sind alle verbrauchten Brennstoffelemente in den unteren beiden Schichten entfernt worden, und das Hin- und Herschieben von unverbrauchten Brennstoffelementen im Reaktorbehälter ist vollendet. Die achtzehn unverbrauchten Brennstoffelemente, die vorher in den temporären Speicher gebracht worden sind, werden dann in das Innere des Behälters zurückgebracht und in dem Kern an den folgenden Stellen angeordnet: 7.05, 6.05, 9.06, 8.06, 7.06, 6.06, 11.07, 10.07, 9.07, 8.07, 7.07, 6.07, 11.01, 10.01, 9.01, 8.01, 7.01 und 6.01. Die sich ergebende Konfiguration ist in Fig. 9 angedeutet, wonach der Kern vollständig ist, ausgenommen die oberen beiden Schichten von Brennstoffelementen und die oberen drei Schichten von Reflektorelementen. Vierzehn frische Brennstoffelemente werden dann in den Behälter gebracht und in den oberen beiden Höhen für die Brennstoffelemente angeordnet. Die vorher entnommenen einundzwanzig Reflektorelemente werden dann wieder innerhalb des Behälters in den oberen drei Höhen des Kerns angeordnet. Die vollständige Brennstoffhandhabung für diesen speziellen Bereich ist dann vollendet.

Es sei darauf hingewiesen, daß sich die Bezeichnung "verbraucht", wie sie in Beziehung auf die Brennstoffelemente benutzt wurde, auf die Ersetzungs- bzw. Austauschzeit für die Brennstoffelemente in dem entworfenen Brennstoffzyklus für den speziellen Reaktor bezieht. Infolgedessen wird diese Bezeichnung nicht notwendigerweise in dem Sinne benutzt, daß die Menge bzw. der Betrag eines speziellen Brennstoffelement zerfallen ist, sondern vielmehr als Betriebskriterium. Typischerweise werden die Brennstoffelemente in dem beschriebenen Reaktor alle vier Jahre ausgewechselt. Die Schicht 12 von Bodenreflektoren und die

Schicht 3 von oberen Reflektoren werden typischerweise alle zwölf Jahre durch Entfernung ersetzt, wenn sie freigelegt worden sind.

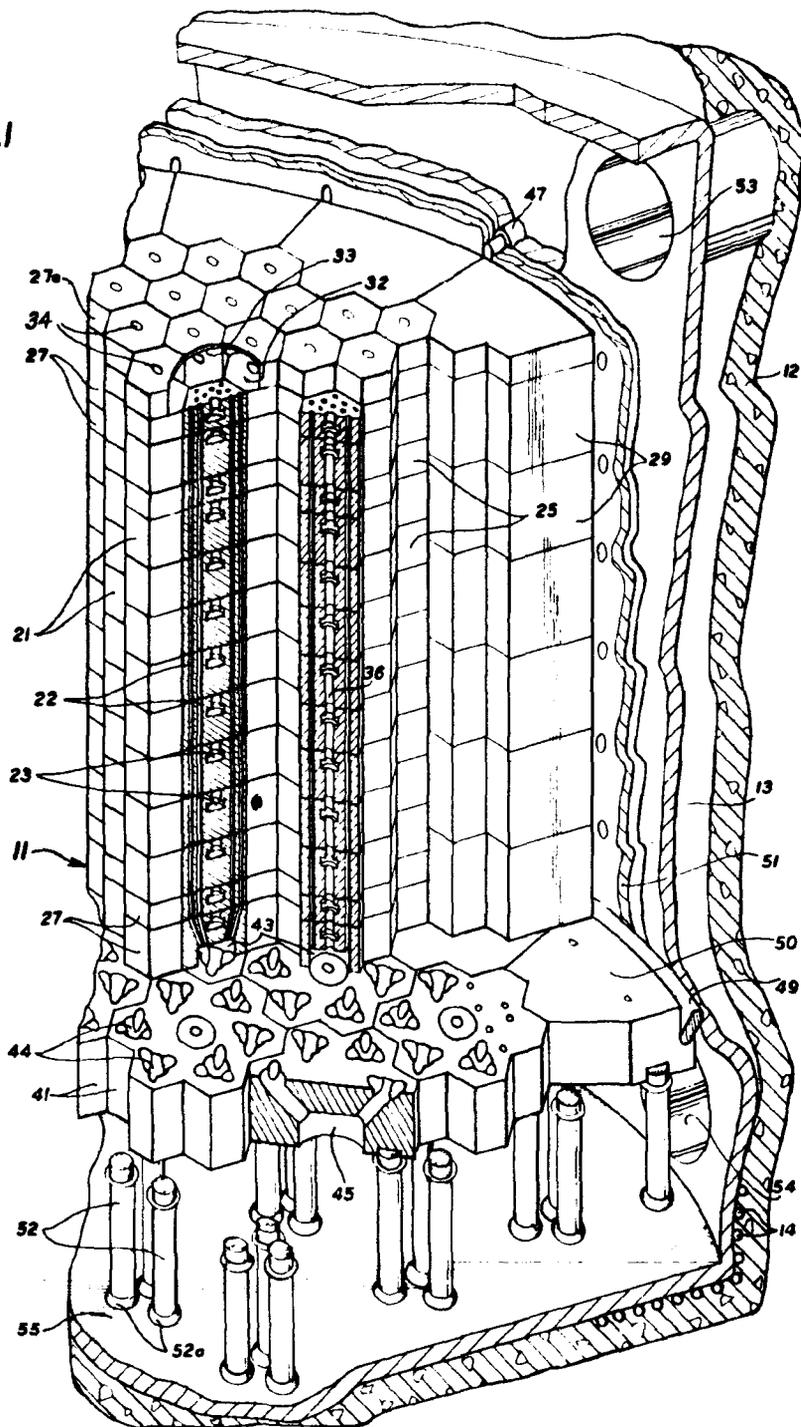
Das Verfahren nach der Erfindung ermöglicht kleinere temporäre Speicherräumerefordernisse innerhalb der Brennstoffhandhabungseinrichtung bzw. -apparatur und reduziert außerdem die Gesamtzahl von Handhabungsvorgängen für die Brennstoffzufuhr bzw. die Brennstofferneuerung des Kerns. Die temporären Speichererefordernisse werden, grob gesagt, um 30% oder mehr gegenüber bekannten Techniken herabgesetzt. Darüberhinaus ist die Anzahl von Handhabungsvorgängen, bei denen Elemente aus dem Kern herausgenommen werden müssen, um den gleichen Betrag herabgesetzt. Mit der Erfindung wird infolgedessen ein verbessertes Verfahren zur Brennstoffzufuhr bzw. zur Brennstofferneuerung eines Reaktorkerns des erläuterten Typs vorgeschlagen, das eine beträchtliche Herabsetzung der Brennstoffzufuhr- bzw. -erneuerungszeit und der Erfordernisse für den temporären Speicherraum erbringt.

Es sei darauf hingewiesen, daß die Begriffe "Versehen eines Kernreaktorkerns mit neuem Brennstoff" und "Brennstoffaufnahme" sowie "Brennstoffzufuhr" insbesondere den Vorgang der "teilweisen Brennstofferneuerung" im Kernreaktorkern umfassen.

-18-  
Leerseite

2739921

FIG. I

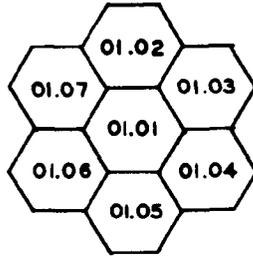


809810/0976

ORIGINAL INSPECTED

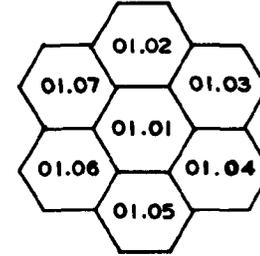
809810/0976

FIG.2



01.01	01.02	01.03	01.04	01.05	01.06	01.07
02.01	02.02	02.03	02.04	02.05	02.06	02.07
03.01	03.02	03.03	03.04	03.05	03.06	03.07
04.01	04.02	04.03	04.04	04.05	04.06	04.07
05.01	05.02	05.03	05.04	05.05	05.06	05.07
06.01	06.02	06.03	06.04	06.05	06.06	06.07
07.01	07.02	07.03	07.03	07.05	07.06	07.07
08.01	08.02	08.03	08.04	08.05	08.06	08.07
09.01	09.02	09.03	09.04	09.05	09.06	09.07
10.01	10.02	10.03	10.04	10.05	10.06	10.07
11.01	11.02	11.03	11.04	11.05	11.06	11.07
12.01	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.07

FIG.3



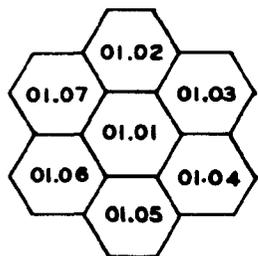
01.01	01.02	01.03	01.04	01.05	01.06	01.07
02.01	02.02	02.03	02.04	02.05	02.06	02.07
03.01	03.02	03.03	03.04	03.05	03.06	03.07
04.01	04.02	04.03	04.04	04.05	04.06	04.07
05.01	05.02	05.03	05.04	05.05	05.06	05.07
06.01	06.02	06.03	06.04	06.05	06.06	06.07
07.01	07.02	07.03	07.04	07.05	07.06	07.07
08.01	08.02	08.03	08.04	08.05	08.06	08.07
09.01	09.02	09.03	09.04	09.03	09.06	09.07
10.01	10.02	10.03	10.04	10.05	10.06	10.07
11.01	11.02	11.03	11.04	11.05	11.06	11.07
12.01	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.07

19-

2739921

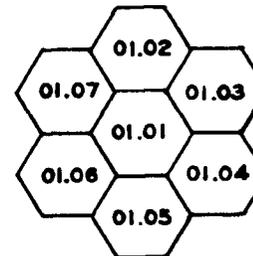
809810/0976

FIG.4



				04.05	04.06	04.07
				05.05	05.06	05.07
			06.04	06.05	06.06	06.07
			07.04	07.05	07.06	07.07
		08.03	08.04	08.05	08.06	08.07
		09.03	09.04	09.05	09.06	09.07
		10.03	10.04	10.05	10.06	10.07
		11.03	11.04	11.05	11.06	11.07
12.01	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.07

FIG.5

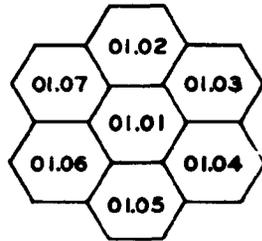


				04.05	04.06	04.07
				05.05	05.06	05.07
			06.04	06.05	06.06	06.07
			07.04	07.05	07.06	07.07
		08.03	08.04	08.05	08.06	08.07
		09.03	09.04	09.05	09.06	09.07
		10.03	10.04	10.05	10.06	10.07
		11.03	11.04	11.05	11.06	11.07
12.01	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.07

Arrows in FIG. 5 point from the 04.05-05.07 and 06.04-07.07 blocks to the 08.03-09.07 and 10.03-11.07 blocks, indicating a shift in the grid structure.

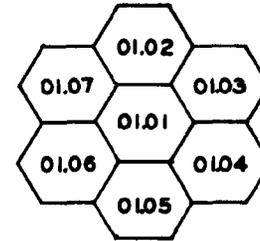
809810/0976

FIG.6



				04.06	04.07	
				05.06	05.07	
06.02			06.05	06.06	06.07	
07.02			07.05	07.06	07.07	
08.02		08.04	08.05	08.06	08.07	
09.02		09.04	09.05	09.06	09.07	
10.02		10.04	10.05	10.06	10.07	
11.02		11.04	11.05	11.06	11.07	
12.01	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.07

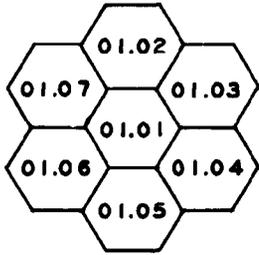
FIG.7



						04.07
						05.07
06.02	06.03			06.06	06.07	
07.02	07.03			07.06	07.07	
08.02	08.03		08.05	08.06	08.07	
09.02	09.03		09.05	09.06	09.07	
10.02	10.03		10.05	10.06	10.07	
11.02	11.03		11.05	11.06	11.07	
12.03	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.07

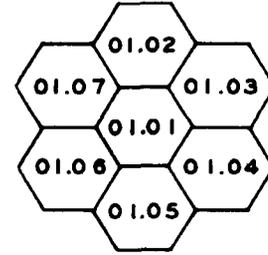
809810/0976

FIG.8



	06.02	06.03	06.04			
	07.02	07.03	07.04			
	08.02	08.03	08.04	08.05		
	09.02	09.03	09.04	09.05		
	10.02	10.03	10.04	10.05	10.06	
	11.02	11.03	11.04	11.05	11.06	
12.01	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.07

FIG.9



06.01	06.02	06.03	06.04	06.05	06.06	06.07
07.01	07.02	07.03	07.04	07.05	07.06	07.07
08.01	08.02	08.03	08.04	08.05	08.06	08.07
09.01	09.02	09.03	09.04	09.05	09.06	09.07
10.01	10.02	10.03	10.04	10.05	10.06	10.07
11.01	11.02	11.03	11.04	11.05	11.06	11.07
12.01	12.02	12.03	12.04	12.05	12.06	12.07