

⑤

Int. Cl. 2:

G 21 C 7/06

⑱ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



DT 23 65 531 C 3

①

Patentschrift 23 65 531

②

Aktenzeichen: P 23 65 531.4-33

③

Anmeldetag: 8. 9. 73

④

Offenlegungstag: 31. 7. 75

⑤

Bekanntmachungstag: 29. 7. 76

⑥

Ausgabetag: 17. 3. 77

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

⑩

Unionspriorität:

⑫ ⑬ ⑭ —

⑮

Bezeichnung: Kernreaktor

⑯

Ausscheidung aus: P 23 45 431.1

⑰

Patentiert für: Kernforschungsanlage Jülich GmbH, 5170 Jülich

⑱

Erfinder: Neef, Hanns-Joachim, Dipl.-Phys., 5170 Jülich

⑲

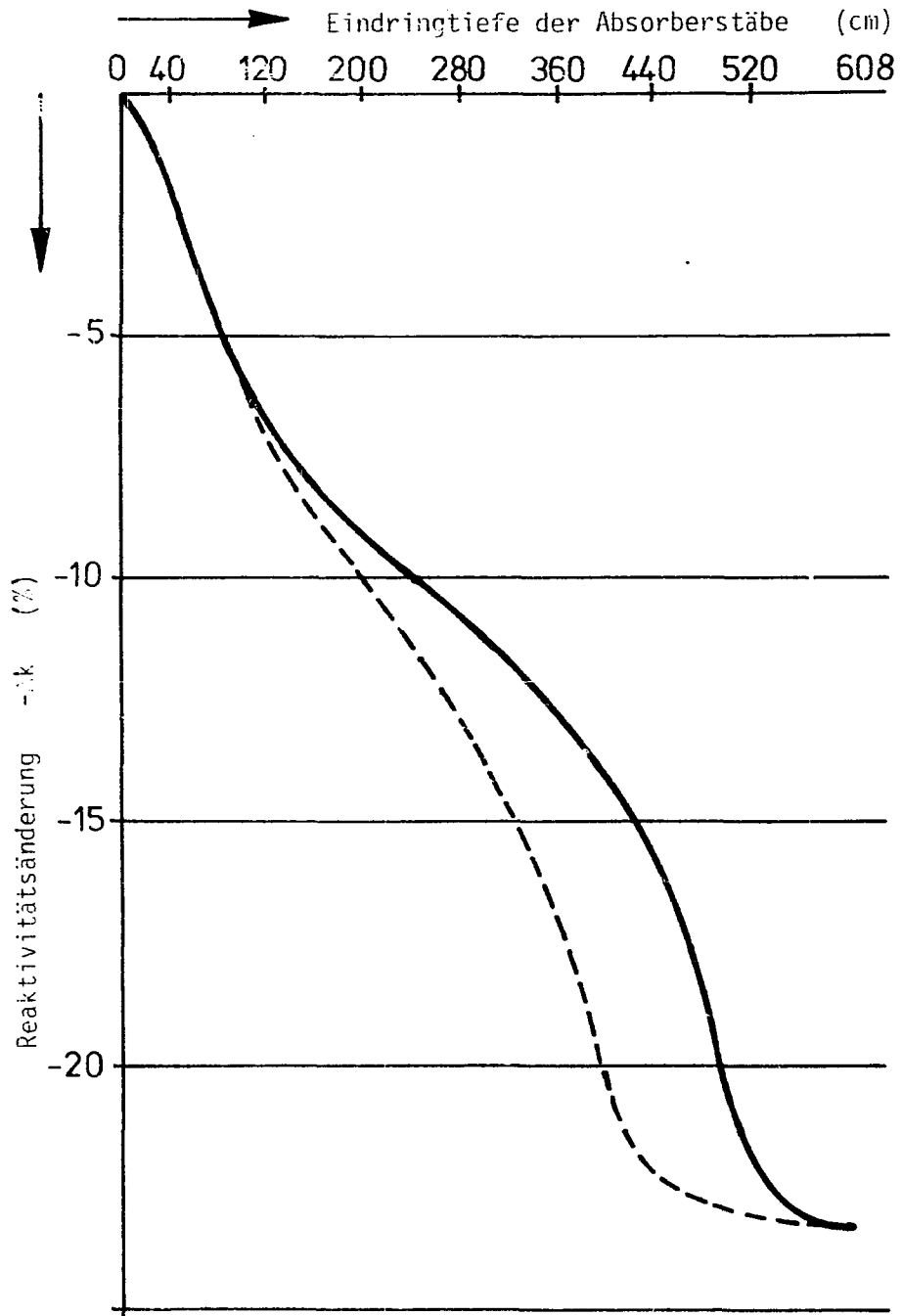
Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US 35 19 536
 Nuclear Engineering International, 1973, S.
 641

DT 23 65 531 C 3

2

Nummer: 23 65 531
Int. Cl.²: G 21 C 7/06
Bekanntmachungstag: 29. Juli 1976



Patentansprüche:

1. Kernreaktor mit einem eine Schüttung von kugelförmigen Brennelementen enthaltenden, aus Graphit gebildeten Reflektor und mit durch die Reflektorwandung in die Schüttung einfahrbaren Absorberstäben, dadurch gekennzeichnet, daß der Graphit der Reflektorwandung mit Ausnahme des Teils der Wandung, den die Absorberstäbe durchdringen und der die Absorberstäbe umgreift, mit neutronenabsorbierenden Stoffen dotiert ist.

2. Kernreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die neutronenabsorbierenden Stoffe so über die Dicke d der Wandung des Reflektors dotiert sind, daß

$$e^{-\Sigma_a d} \leq 10^{-3}$$

ist, wobei Σ_a der gemittelte makroskopische Wirkungsquerschnitt ist.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Kernreaktor mit einem eine Schüttung von kugelförmigen Brennelementen enthaltenden, aus Graphit gebildeten Reflektor und mit durch die Reflektorwandung in die Schüttung einfahrbaren Absorberstäben. Durch das in den Absorberstäben enthaltene Absorbermaterial werden die beim Spaltprozeß im Kernreaktor freiwerdenden Neutronen absorbiert, mit der Folge, daß durch Einsatz der Absorberstäbe die Reaktivität des Reaktors gesenkt wird.

Kernreaktoren mit einer Schüttung aus kugelförmigen Brennelementen, wobei unter dem Begriff »Brennelement« auch solche Elemente verstanden werden, die ganz oder teilweise aus Brutstoffen bestehen, werden im allgemeinen durch in die Schüttung einfahrbare Absorberstäbe geregelt. Dabei wird die Reaktivität des Kernreaktors durch Veränderung der Eindringtiefe der Absorberstäbe verändert (US-PS 35 19 536). Durch das Einfahren der Absorberstäbe in die Schüttung wird auf die den Absorberstäben benachbarten Brennelemente ein Druck ausgeübt, der um so höher ist, je größer die Anzahl der Absorberstäbe ist und je tiefer die Absorberstäbe in die Schüttung eindringen. Der dabei maximal ausgeübte Druck kommt häufig der Grenze der mechanischen Belastbarkeit der Brennelemente sehr nahe.

Aus diesem Grunde war man bisher bemüht, die gewünschte Regel- oder die Abschaltwirkung mit einer möglichst geringen Eindringtiefe der Absorberstäbe zu erreichen.

Es ist bekannt, bei Kernreaktoren mit einer Schüttung aus Brennelementen eine zu große Eindringtiefe der Absorberstäbe dadurch zu vermeiden, daß die Absorberstäbe zur Regelung und Abschaltung des Reaktors gleichzeitig in den Reaktorkern eingefahren werden. Wie sich gezeigt hat, senkt sich jedoch der Neutronenfluß in den von den Absorberstäben nicht erreichten Bereichen der Schüttung nicht in gleichem Maße wie in den Bereichen, in die die Absorberstäbe eingefahren worden sind. Der Neutronenfluß weicht den Absorberstäben aus, so daß die Stäbe tiefer in die Schüttung eingefahren werden müssen, als es der Fall wäre, wenn sich der Neutronenfluß in den von den Absorberstäben nicht erreichten Bereichen der Schüttung in gleichem Maße senken ließe, wie in den von den Absorberstäben

erreichten Bereichen.

Wird ein Kernreaktor mit einem eine Schüttung von kugelförmigen Brennelementen enthaltenden, aus Graphit gebildeten Reflektor und mit einer durch die Reflektorwandungen in die Schüttung einfahrbaren, aus Absorberstäben gebildeten Anordnung in der Weise betrieben, daß die Brennelemente die Schüttung nur einmal passieren, wobei die Absorberstäbe von oben in die Schüttung eingefahren werden, so hat sich gezeigt, daß das bei Betrieb des Reaktors im oberen Bereich der Schüttung befindliche Maximum des Neutronenflusses in der Abschaltphase in den unteren Bereich der Schüttung abgedrängt wird. Zwar werden dadurch, daß infolge dieser Betriebsweise die im unteren Teil der Schüttung befindlichen Brennelemente einen höheren Anteil an Spaltprodukten aufweisen als die Brennelemente im oberen Teil, im unteren Teil der Schüttung mehr Neutronen absorbiert als im oberen Teil der Schüttung. Doch ist trotz dieses Effektes und trotz der Anordnung einer Vielzahl von Absorberstäben insbesondere die zur Abschaltung erforderliche Eindringtiefe der Absorberstäbe noch so groß, daß eine sehr hohe mechanische Beanspruchung der Brennelemente und auch der Absorberstäbe in Kauf genommen werden muß.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Kernreaktor mit einem eine Schüttung von kugelförmigen Brennelementen enthaltenden, aus Graphit gebildeten Reflektor zu schaffen, bei dem, ohne die Zahl der Absorberstäbe zu erhöhen oder eine andere Verteilung über den Außenumfang des Reflektors vorzunehmen, beim Einfahren der Absorberstäbe in die Schüttung auch in den Bereichen des Reaktors der Neutronenfluß abgesenkt wird, die von den Absorberstäben nicht erreicht werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Kernreaktor der eingangs bezeichneten Art dadurch gelöst, daß der Graphit der Reflektorwandung mit Ausnahme des Teils der Wandung, den die Absorberstäbe durchdringen und der die Absorberstäbe umgreift, mit neutronenabsorbierenden Stoffen dotiert ist.

Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, daß beim Betrieb des Reaktors der Neutronenfluß in dem Teil des Reflektors, in den die Absorberstäbe nicht hineintragen, vernachlässigbar wenig zum gesamten Neutronenfluß des Reaktors beiträgt, dagegen in der Abschaltphase und — wenn auch in geringerem Maße — in der Regelphase einen merkbaren Anteil des gesamten Neutronenflusses ausmacht.

Während in solche Teile des Reflektors eingebrachte, neutronenabsorbierende Stoffe beim Betrieb des Reaktors die Reaktivität des Reaktors praktisch nicht herabsetzen, ist in der Abschaltphase die durch die neutronenabsorbierenden Stoffe bewirkte Reaktivitätsverminderung erheblich. Diese Maßnahme hat somit zur Folge, daß die zur Regelung und Abschaltung erforderliche Eindringtiefe verringert wird.

Sind also die Absorberstäbe von oben in die von dem aus Decken-, Seiten- und Bodenreflektor gebildeten Reflektor umschlossene Schüttung einfahrbar, dann wird der Graphit des Bodenreflektors oder der Graphit des Bodenreflektors sowie des unteren Teils des Seitenreflektors mit neutronenabsorbierenden Stoffen dotiert. Dabei ist das Einbetten von Neutronengiften in aus Graphit bestehende Elemente aus der Fertigung von Absorberstäben an sich bekannt (vgl. J. D. Nodden, »Gadolinium burnable poison for high temperature reactors«, Nuclear Engineering International, 1973,

4

Seite 641 ff.)

Für den Einbau der Neutronengifte ist es zweckmäßig, daß die neutronenabsorbierenden Stoffe so über die Dicke d der Wandung des Reflektors dotiert sind, daß

$$e^{-\Sigma_a \cdot d} \leq 10^{-3}$$

ist, wobei Σ_a der gemittelte makroskopische Wirkungsquerschnitt für Neutronenabsorption ist. Es ist somit nicht erforderlich, daß die neutronenabsorbierenden Stoffe homogen über den Graphit des Reflektors verteilt sind.

Ein großer Vorzug des Kernreaktors gemäß der Erfindung besteht darin, daß es bei gleicher Zahl der Absorberstäbe wie bei den bisher bekannten Kernreaktoren gleicher Auslegung möglich ist, die zur Regelung und Abschaltung vorgesehene Eindringtiefe der Absorberstäbe wesentlich geringer zu halten, so daß kleinere und raumsparendere Antriebsaggregate für die Absorberstäbe verwendbar sind als bisher.

In der Zeichnung ist die Reaktivitätsverminderung in Abhängigkeit von der Eindringtiefe der Absorberstäbe für zwei Kernreaktoren gleicher Leistung und gleicher geometrischer Abmessungen bei gleicher Betriebsweise wiedergegeben, wobei der eine der beiden Kernreaktoren die Merkmale gemäß der Erfindung aufweist. Beide Kernreaktoren weisen jeweils eine Gesamtleistung von 500 MW_{th} auf. Die Höhe beider Kerne beträgt angenähert 600 cm, der Radius nahezu 240 cm. Die Anzahl der in den jeweiligen Kern einschiebbaren angeordneten Absorberstäbe beträgt bei beiden Reaktoren 31.

Die als Graphitkugeln ausgebildeten Brennelemente weisen beschichtete, in Graphit eingebettete Teilchen aus UO₂ auf, wobei die Graphitkugeln einen äußeren Radius von 3 cm aufweisen. Der Schwermetallgehalt je Kugel beträgt 10.739 gr/Kugel. Die Schüttdichte der Brennelemente im Kern beträgt 0,61. Als Kühlgas wird Helium mit einem Druck von 40 Atm verwendet.

Die Dicke des oberen Reflektors beträgt 40 cm, die Dicke des unteren Reflektors 150 cm, die Dicke des

Mantelreflektors 190 cm. Die Graphitdichte dieser Teile liegt bei 1.60 gr/cm³.

In der Zeichnung ist die Reaktivitätsänderung Δk auf der Ordinate des in der Zeichnung wiedergegebenen Diagramms in % angegeben. Auf der Abszisse ist die in cm angegebene Eindringtiefe der Absorberstäbe aufgetragen. Die durchgezogene Linie gibt die Abhängigkeit der Reaktivitätsverminderung von der Eindringtiefe der Absorberstäbe bei einem zum bisherigen Stand der Technik gehörenden Kernreaktor wieder. Die unterbrochene Linie zeigt demgegenüber die Abhängigkeit der Reaktivitätsverminderung von der Eindringtiefe der Absorberstäbe bei einem Kernreaktor mit den Merkmalen gemäß der Erfindung, bei dem also der Reflektorgraphit mit Ausnahme des Teils, den die Absorberstäbe durchdringen und der die Absorberstäbe umgreift, mit Neutronengiften dotiert wird. Die Dotierung erfolgt dabei mit Bor, und zwar in der Weise, daß die Bedingung

$$e^{-\Sigma_a \cdot d} \leq 10^{-3}$$

erfüllt ist. Wie sich aus dem Vergleich des Verlaufs der beiden in der Zeichnung wiedergegebenen Kurven ergibt, weicht die Verminderung der Reaktivität infolge des Eindringens der Absorberstäbe bei dem zum bekannten Stand der Technik gehörenden Kernreaktor zunächst nicht oder nur geringfügig von der durch das Eindringen der Absorberstäbe bei einem Kernreaktor gemäß der Erfindung ab. Doch wird die Abweichung bereits bei einer Eindringtiefe von 200 cm beachtlich, um sodann erheblich anzusteigen. So beträgt — wie sich aus der Zeichnung ergibt — die Verminderung der Reaktivität Δk bei einem Kernreaktor mit den Merkmalen gemäß der Erfindung bereits 14%, obwohl die Eindringtiefe der Absorberstäbe nur 290 cm beträgt, während bei dem zum bekannten Stand der Technik gehörenden Kernreaktor gleicher Leistung und gleicher Auslegung diese Verminderung erst bei einer Eindringtiefe von 390 cm erzielt wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen