

DEUTSCHES PATENTAMT



## AUSLEGESCHRIFT 1 074 771

D 22042 VIIIc/21 g

ANMELDETAG: 4. JANUAR 1956

BEKANNTMACHUNG

DER ANMELDUNG

UND AUSGABE DER

AUSLEGESCHRIFT: 4. FEBRUAR 1960

1

Überkritischer Kernreaktor  
mit natürlichem Uran

Die Erfindung bezieht sich auf einen überkritischen Kernreaktor, der mit leichtem Wasser als Moderator und Kühlmittel und raumgitterförmig angeordneten kugelförmigen Brennstoffelementen aus natürlichem Uran arbeitet.

Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt arbeitet kein selbsterregter Reaktor, bei dem natürliches Uran als Brennstoffsubstanz und leichter Wasserstoff in irgendeiner seiner Verbindungsformen als wesentlicher Teil der Bremssubstanz verwendet wird. Unter den bisher bekanntgewordenen Versuchen ist der von dem schwedischen Physiker Persson in der Zeitschrift »Nucleonics«, Bd. 12, 1954, H. 10, S. 26 bis 29, veröffentlichte Reaktor dieser Art mit zylindrischen Uranstäben in natürlichem Wasser am weitesten vorgekommen. Der dort erzielte Vermehrungsfaktor der Neutronen  $k_{\infty}$  erreichte immerhin den Wert  $k_{\infty} = 0,97$ . Die Uranstäbe waren aus Gründen des Korrosionsschutzes mit Aluminiumhüllen überzogen. Schon bei deren Fortfall hätte unter Umständen die Möglichkeit bestanden, ein  $k_{\infty}$  größer als 1 zu erreichen. Tatsächlich aber läßt für heterogene Reaktoren mit natürlichem Uran als Brennstoff und mit leichtem Wasser als Moderator der  $k_{\infty}$ -Wert sich noch dadurch erhöhen, daß man an Stelle der geometrisch ungünstigen langen zylindrischen Uranmetallstäbe massive Kugeln, Würfel, kurze Zylinder oder auch andere sich geometrisch günstig erweisende Körper aus Uranmetall oder einer geeigneten Uranverbindung in das Wasser eintaucht. Als geeignete Uranverbindung kommen unter anderem keramische Stoffe oder beispielsweise Urankarbid, Uransilizid oder Verbindungen von beiden oder schließlich auch Verbindungen von Uran und einem dieser Stoffe oder auch jede geeignete Legierung in Frage. Theoretische Berechnungen ergeben beispielsweise für einen Uran-kugelradius von 4,5 cm und einem Volumenverhältnis Moderator zu Uran gleich 1,33 ein  $k_{\infty}$  ungefähr gleich 1,2.

Es muß deshalb im Prinzip möglich sein, einen selbsterregten Reaktor zu betreiben, bei dem beispielsweise Uranmetallkugeln vom Durchmesser in der Größenordnung Zentimeter in leichtes Wasser eintauchen, wobei die Kugeln in einer möglichst dichtgepackten Gitteranordnung angebracht sind.

Dementsprechend existiert auch schon ein druckschriftlicher Hinweis, einen mit leichtem Wasser als Moderator und Kühlmittel unter Verwendung raumgitterförmig angeordneter kugelförmiger Brennstoffelemente aus natürlichem Uran ausgestatteten Reaktor zu betreiben. Die praktischen Erfahrungen mit Natururan-Wasser-Anordnungen haben aber gezeigt, daß die Neutronenökonomie solcher Anordnungen sehr ungünstig ist.

Anmelder:

Dr. Kurt Diebner,  
Hamburg-Wandsbek, Hikeberg 14

Dr. Erich Bagge, Dr. Kurt Diebner,  
Hamburg-Wandsbek,  
und Dr. Friedwart Winterberg, Stuttgart-Frauenkopf,  
sind als Erfinder genannt worden

2

Die Neutronenökonomie wird bei dem eingangs genannten Kernreaktor dadurch verbessert, daß erfindungsgemäß die Brennstoffelemente in zylindrischen Halterungen aus Graphit, Beryllium oder einem organischen Kunststoff gefaßt sind. Diese Anordnung dient der möglichst idealen Realisierung einer dichtesten Kugelpackung. Der wesentliche Vorteil dieser Anordnung ist die Verwendung von Natururan und billigem Moderator. Gleichzeitig wird in dem schwach überkritischen Reaktor ein günstiges Konversionsverhältnis für die Erzeugung von Plutonium erzielt. Darin liegt eine wesentliche Bedeutung der Natururan-Wasser-Reaktoren.

In Abb. 1 ist als Beispiel eine solche Anordnung schematisch dargestellt, sie enthält die Brennstoffelemente 10, die Graphitringe 20 und die Bremssubstanz bzw. das Kühlmittel 30. Die Graphitringe 20 sind dabei in solcher Weise durchlöchert, daß sie der Bremssubstanz bzw. Kühlmittel eine Zirkulation ermöglichen, so daß die Brennstoffkugeln umspült werden können. Es werden immer mehrere Kugeln zusammen mit den aus Graphit bestehenden Abstandsstücken zu Säulen zusammengefaßt, deren Fuß von einer in der Abb. 1 mit der Nummer 5 bezeichneten Aluminiumhalterung gebildet wird. Die Halterung 5 selbst (Abb. 2) trägt ein Gewinde, welches so eingerichtet ist, daß der Radius dieses Gewindes größer ist als der Kugelradius. Auf diese Weise ist es möglich, über die Säule von oben einen Metallzylinder 6 zu schieben, der in das Gewinde des Aluminiumfußes eingeschraubt werden kann und es erlaubt, die ganze Säule einschließlich Halterung herauszunehmen und zu transportieren, ohne daß der säulenartige Aufbau geändert werden muß. Diese Anordnung gestattet es auch, nach längerem Betrieb des Reaktors,

schadhaft gewordene oder verbrauchte einzelne Säulen aus diesem zu entfernen, ohne ihn auseinanderzunehmen. Zweckmäßigerweise werden dabei die Aluminiumhalterungen in ein geeignet gestaltetes Aluminiumgrundgerüst eingesenkt, wie dies schon heute bei Reaktortypen, etwa beim »swimmingpool«, erfolgt.

Um die geometrischen Verhältnisse zur Erreichung eines großen  $k_{\infty}$  im obigen Beispiel besonders günstig zu gestalten, ist noch vorgesehen, die einzelnen Uran-Graphit-Säulen nicht nur in einem quadratischen oder sonstigen, sondern auch in einem Dreiecksgitter anzuordnen (Abb. 3 und 4), was mit dazu beiträgt, unnötiges Bremsmaterialvolumen zwischen den Kugeln einzusparen. Außerdem kann man die verschiedenen Uran-Graphit-Säulen in ihrer Höhe so gegeneinander versetzen, daß die Urankugeln gegenseitig auf Lücke stehen. Auch dieses trägt mit zur Erhöhung des neutronenökonomischen Wirkungsgrades des Reaktors bei. Als optimale Anordnung dieses Beispiels dürfte ein in den Abb. 3 und 4 bezeichneter Aufbau zu betrachten sein, bei dem in der vorgesehenen Dreieckanordnung drei Sätze 1, 2 und 3 von Säulen zusammenfassend angeordnet sind. Dabei finden sich die Kugeln der mit 1 bezeichneten Stäbe in einer gewissen Höhe vor, die Kugeln der mit 2 bezeichneten Stäbe hingegen in einer davon verschiedenen Höhe. Das gleiche gilt für die Kugeln der mit 3 bezeichneten Stäbe, die ebenfalls in ihrer Höhe gegen die Kugeln der Stäbe 1 versetzt sind, so daß die Anordnung dem Gitter einer dichtesten Kugelpackung möglichst nahe kommt.

Die eigentliche Schwierigkeit beim Betrieb eines solchen Reaktors ist, daß das Wasser mit dem Brennstoff in Berührung kommt und so zu Korrosionserscheinungen Anlaß gibt, die den Reaktorbetrieb stören. Außerdem aber wird ein Teil der Spaltprodukte, die bei der Verbrennung des Urans entstehen, direkt ins Wasser gelangen. Während die erste der beiden genannten Schwierigkeiten von erheblicher Bedeutung ist, da sich durch die Korrosionserscheinungen unter Umständen die geometrische Struktur des Reaktors verändert und damit den Betrieb gefährdet, braucht die zweite, nämlich die Verseuchung der Bremssubstanz mit Spaltprodukten, nicht als erheblich betrachtet zu werden, wenn man diese in einem geschlossenen Kreislauf umpumpt und die von ihr ausgehende Strahlung durch geeignete Abschirmvorrichtungen von anderen Objekten fernhält. Weiterhin besteht im Prinzip die Möglichkeit, die Spaltprodukte zumindest zum Teil z. B. auf chemischem Wege oder durch geeignete Filteranordnungen im Kreislauf der Bremssubstanz zu entziehen. Schließlich ist es im Prinzip möglich, die Brennstoffelemente mit dünnen Aluminiumfolien oder Folien aus anderen geeigneten Substanzen zu überziehen, die die Spaltprodukte am Übertritt in die Bremsflüssigkeit hindern.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Überkritischer Kernreaktor, der mit leichtem Wasser als Moderator und Kühlmittel und raum-

gitterförmig angeordneten kugelförmigen Brennstoffelementen aus natürlichem Uran arbeitet, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffelemente in zylindrischen Halterungen aus Graphit, Beryllium oder einem organischen Kunststoff gefaßt sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffelemente ein kubisch raumzentriertes Gitter bilden.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffelemente zusammen mit den Halterungen säulenartig angeordnet sind, wobei am Fuße einer jeden solchen Säule eine Halterungsvorrichtung mit Gewinde oder Bajonettverschluß angebracht ist, um den Transport der Säulen mit darübergeschobenen Kreiszylindern oder polygonalen Zylindern zu ermöglichen, wobei die Säulen in jeder beliebigen Raumrichtung angeordnet sein können.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Säulen geometrisch in der Form eines Dreiecksgitters angeordnet sind.

5. Anordnung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Säulen in zwei oder drei verschiedene Sätze aufgeteilt sind, bei denen die Höhenlagen der verschiedenen Urankörper so eingerichtet sind, daß ihre Packung der dichtesten Kugelpackung möglichst nahe kommt.

6. Anordnung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffelemente mit Folien aus nicht oder nur schwach absorbierenden Substanzen überzogen sind, um sie vor Korrosion zu schützen bzw. um den Austritt der Spaltprodukte aus den Brennstoffelementen in das Moderator- bzw. Kühlwasser zu verhindern.

7. Anordnung nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Moderator- bzw. Kühlwasser in einem geschlossenen Kreislauf umgepumpt wird, wobei zwischendurch die Spaltprodukte teilweise oder ganz diesem Kreislauf entzogen werden.

8. Anordnung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Brennstoffelemente Oxyde oder Karbide von natürlichem Uran Verwendung finden.

In Betracht gezogene Druckschriften:

- Britische Patentschrift Nr. 697 601;  
 USA.-Patentschrift Nr. 2 708 656;  
 Stephenson, »Introduction to Nuclear Engineering«, 1954, S. 69, 70;  
 Buchreihe »Selected Reference Material on Atomic Energy«, Bd. »Reactor Handbook, Materials«, 1955, S. 383 und 407.  
 »Naturforschung und Medizin in Deutschland«, Bd. 14, Teil II, 1953, S. 150, 151 und 158 bis 160;  
 Sonderdruck: A/Conf. 8/P/742, ausgegeben im August 1955 auf der »Genfer Konferenz«, Veröffentlichungsreihe »Chemical Engineering Progress Symposium Series«, Bd. 50, 1904, Nr. 12, S. 113 bis 119 und 201 bis 207.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

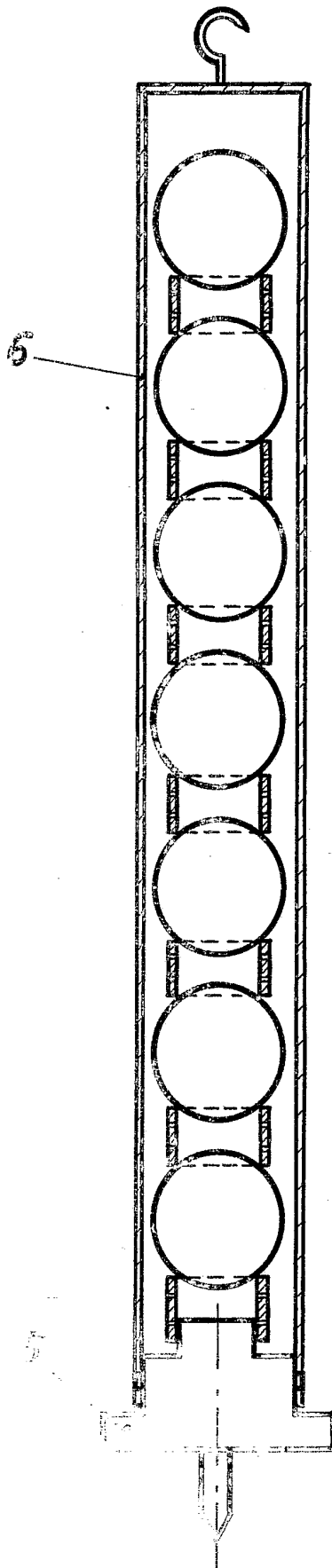


Abb. 2

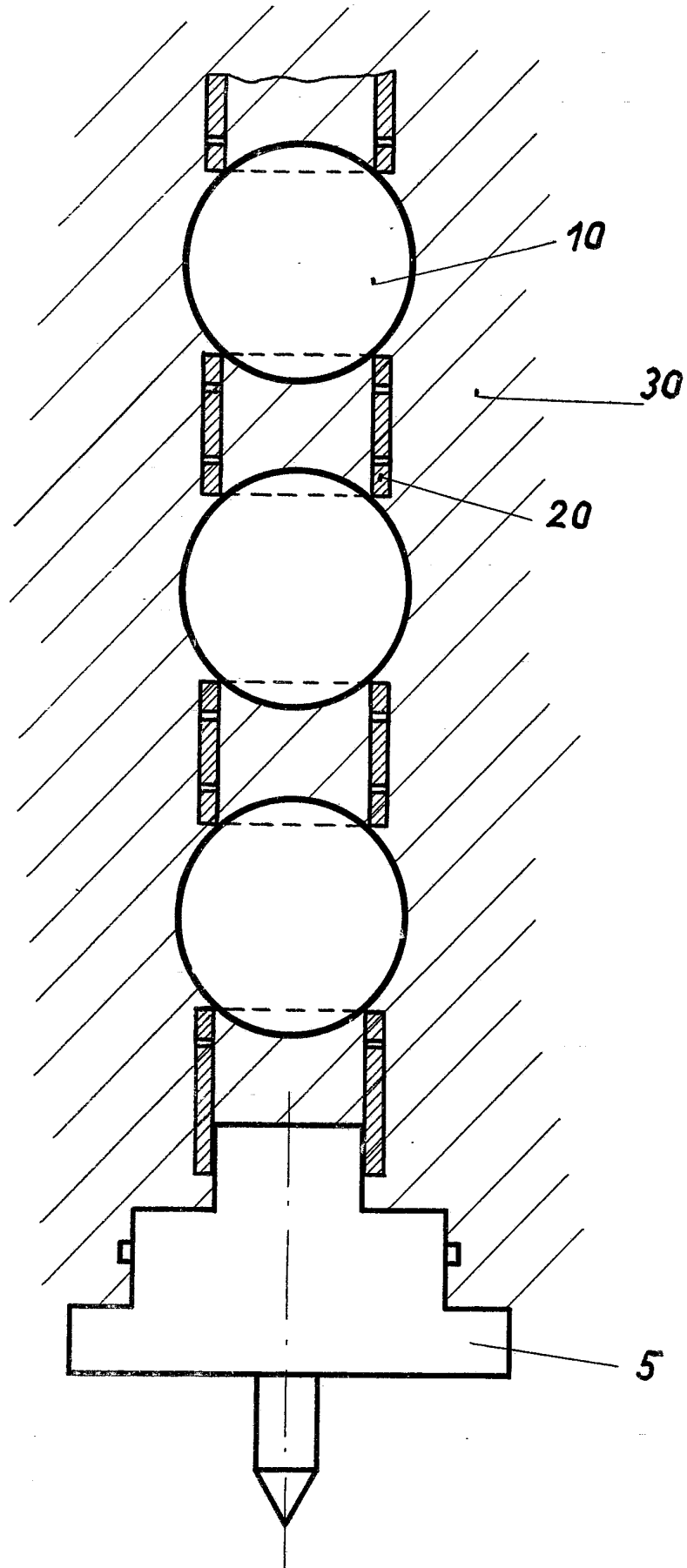
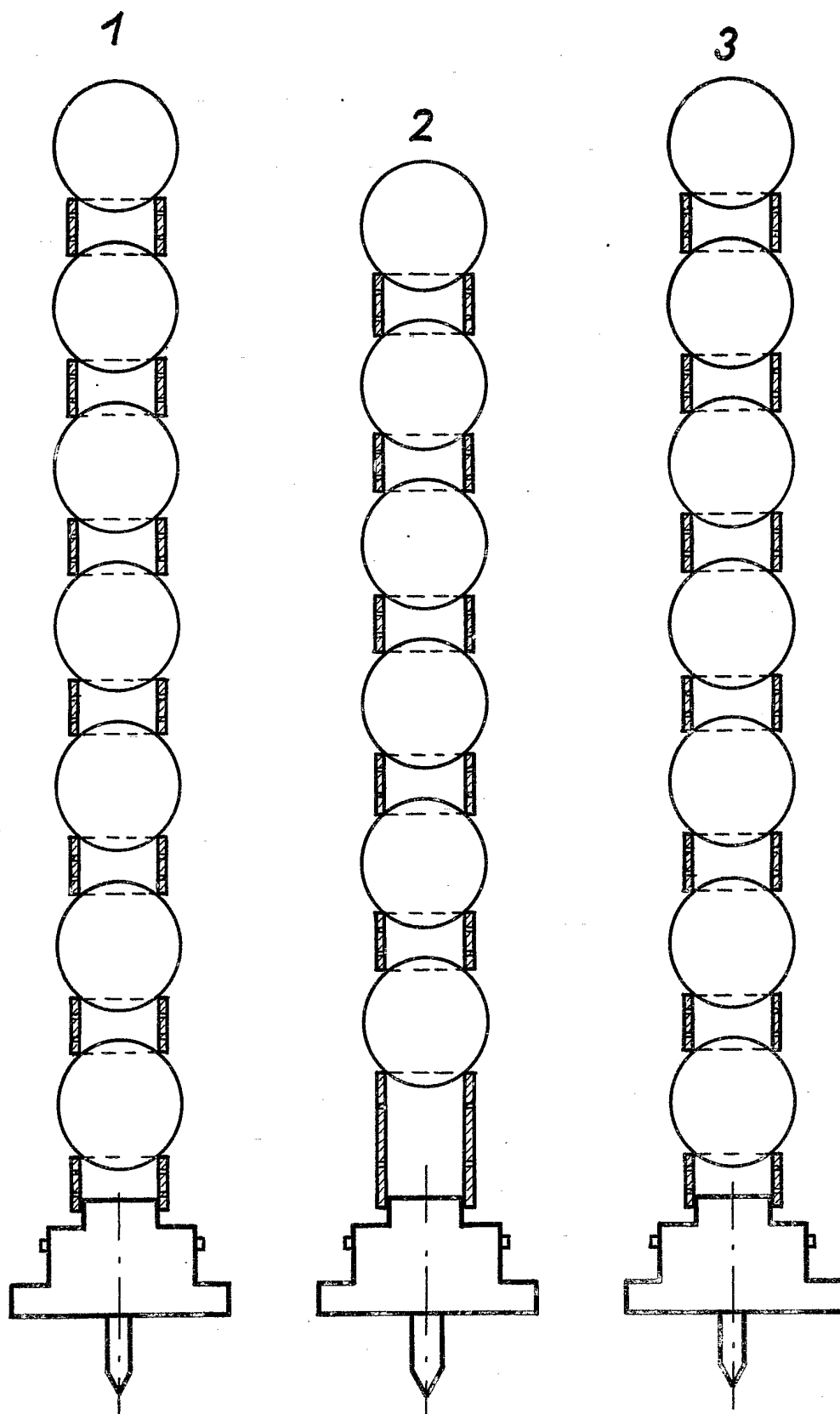


Abb. 1

# Abb. 3



# Abb. 4

