

⑤

Int. Cl. 2:

G 21 C 13/00

G 21 C 15/12

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DT 26 47 459 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 26 47 459

⑰

Aktenzeichen: P 26 47 459.9

⑳

Anmeldetag: 21. 10. 76

④③

Offenlegungstag: 26. 5. 77

③①

Unionspriorität:

③② ③③ ③①

25. 11. 75 USA 635025

⑤④

Bezeichnung: Kernumfassung für Kernreaktoren

⑦①

Anmelder: Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh, Pa. (V.St.A.)

⑦④

Vertreter: Holzer, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8900 Augsburg

⑦②

Erfinder: Machado, Octavio Jorge, Pensacola;
Berringer, Robert Thomas, Gulf Breeze; Fla. (V.St.A.)

DT 26 47 459 A 1

Patentansprüche

① Kernumfassung für Kernreaktoren, deren Reaktorkern von einem im Reaktorbehälter angeordneten Kerngefäß umschlossen ist und eine Vielzahl von Brennelementen enthält, welche ihrerseits jeweils eine Vielzahl von Brennstäben enthalten, die in bestimmten Axialabständen durch Haltegitter gehalten werden, wobei die Kernumfassung eine Vielzahl von nahe am Reaktorkernumfang angeordneten Umfassungsplatten aufweist, die mittels einer Anzahl von am Kerngefäß befestigten Formplatten gehalten werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Formplatten (59) jeweils in Höhe der genannten Haltegitter (40) der Brennelemente (30) angeordnet sind und die Umfassungsplatten (58) Öffnungen (136) aufweisen, die jeweils stromauf der Formplatten, jedoch nahe neben diesen angeordnet sind und den Raum zwischen den Umfassungsplatten und dem Kerngefäß (56) mit dem stromauf der jeweils benachbarten Haltegitterebene befindlichen Reaktorkernbereich verbinden, derart, daß in diesem Raum ein dem gerade stromauf der betreffenden Haltegitterebene im Reaktorkern (18) herrschenden Kühlmitteldruck gleicher Kühlmitteldruck erzeugt wird.

2. Kernumfassung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß die Formplatten (59) mit Durchtrittsöffnungen (134) versehen sind, so daß durch den Raum (130) zwischen dem Kerngefäß (56) und den Umfassungsplatten (130) eine bestimmte, zur Kühlmittelströmung durch den Reaktorkern (18) parallele Kühlmittelnebenströmung vorhanden ist.

PATENTANWALT
DIPL. ING. R. HOLZER
PHILIPPINE-WELSER-STRASSE 14
8900 AUGSBURG
TELEFON 516475
TELEX 533202 patol d

3

2647459

W.825

Augsburg, den 14. Oktober 1976

Westinghouse Electric Corporation, Westinghouse Building,
Gateway Center, Pittsburgh, Pennsylvania 15222, V.St.A.

Kernumfassung für Kernreaktoren

Die Erfindung betrifft eine Kernumfassung für Kernreaktoren, deren Reaktorkern von einem im Reaktorbehälter angeordneten Kerngefäß umschlossen ist und eine Vielzahl von Brennelementen enthält, welche ihrerseits jeweils eine Vielzahl von Brennstäben enthalten, die in bestimmten Axialabständen durch Haltegitter gehalten werden, wobei die Kernumfassung eine Vielzahl von nahe am Reaktorkernumfang angeordneten Umfassungsplatten aufweist, die mittels einer Anzahl von am Kerngefäß befestigten

Formplatten gehalten werden.

Ein typischer flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor weist einen den wärmeerzeugenden Reaktorkern beherbergenden Reaktorbehälter und eine Anzahl von Kühlschleifen auf, durch welche das Reaktorkühlmittel zirkuliert wird. In jeder Kühlschleife wird das im Reaktorkern erwärmte Kühlmittel in Wärmeaustausch mit zu verdampfendem Wasser gebracht, dessen Dampf einen Turbinen-Generator-Satz antreibt. Sodann wird das Kühlmittel in den Reaktorbehälter zurückgeleitet.

Innerhalb des Reaktorbehälters befindet sich die Reaktorinnenkonstruktion, zu deren Aufgaben die Halterung der Reaktorkernbauteile, beispielsweise der Brennelemente, die Führung der Reaktorkühlmittelströmung und die Halterung der Kernüberwachungsapparatur gehören. Der größte Teil der Tragkraft wird über die Wand des den Reaktorkern umschließenden massiven Kerngefäßes übertragen. Das Reaktorkühlmittel strömt nach seinem Eintritt in den Reaktorbehälter in einem zwischen dem Reaktorbehälter und dem Kerngefäß gebildeten Ringraum zunächst nach unten, ändert dort seine Strömungsrichtung um 180° und strömt dann nach oben durch den Reaktorkern hindurch, wonach es wieder aus dem Reaktorbehälter austritt. Zwischen dem Kerngefäß und dem Reaktorkern

befindet sich typischerweise eine aus einer Anordnung von Kernumfassungsplatten und Formplatten gebildete Kernumfassung, die vom Kerngefäß getragen wird. Diese Kernumfassung leitet die Kühlmittelströmung und beschränkt sie auf den Kernbereich und bildet auch einen die Kerngefäßwand vor übermäßiger Strahlenbelastung schützenden Ring. Die Umfassungsplatten sind am Kernumfang aneinandergestoßen, so daß sich zwischen den Umfassungsplatten infolge von unterschiedlichen Wärmedehnungen in den Bauteilen der Reaktorinnenkonstruktion Zwischenräume bilden können. Durch die Kernumfassung hindurchströmendes Kühlmittel kann deshalb in unerwünschter Weise durch diese Zwischenräume hindurchtreten und trifft dann auf Brennelemente auf, was zu schädlichen örtlichen Beanspruchungen dieser Brennelemente führen kann.

Manche bekannte Konstruktionen basieren auf einer abwärts gerichteten Strömung in dem von der Kernumfassung gebildeten Ringraum, wobei das Kühlmittel im oberen Bereich dieses Ringraumes eintritt, durch Öffnungen in den Formplatten nach unten strömt und schließlich nach einer 180°-Drehung durch den Reaktorkern hindurchtritt. Diese Konstruktionen haben den Vorteil, daß eine den Reaktorkern umgehende Kühlmittelnebenströmung nicht vorhanden ist,

welche den thermischen Wirkungsgrad des Reaktors herabsetzen würde. Jedoch kann eine gewisse Leckströmung infolge des großen Druckgefälles zwischen dem Kernumfassungsbereich und dem Reaktorkern durch die Zwischenräume zwischen benachbarten Umfassungsplatten hindurch in den Reaktorkern hineinlecken und in unerwünschter Weise in Form einer Querströmung auf die Brennelemente auftreffen. Eine solche Querströmung kann eine unzulässige Schwingung der Brennelemente verursachen.

Bei neueren Konstruktionen ist deshalb im Kernumfassungsringraum eine aufwärtsgerichtete Strömung vorgesehen, so daß zusätzlich zu dem durch den Reaktorkern nach oben hindurchtretenden Hauptkühlmittelstrom eine verhältnismäßig kleine Nebenströmung parallel dazu durch den Kernumfassungsringraum strömt. Dadurch wird das Druckgefälle herabgesetzt und die Neigung des Kühlmittels zum Hindurchlecken zwischen den Umfassungsplatten verringert. Diese Konstruktion wirft jedoch Probleme hinsichtlich der durch den Kernumfassungsringraum strömenden Kühlmittelmenge auf. Es ist wünschenswert, diese Strömung klein zu halten, da diese den Reaktorkern umgekehrte Nebenströmung zu einem geringeren thermischen Wirkungsgrad des Reaktors führt. Ist der Kernumfassungsringraum infolge eines großen Durchtrittsquerschnitts der

in den Formplatten gebildeten Öffnungen verhältnismäßig stark offen, so kann sich eine unzulässig große Nebenströmung ergeben, die größer als 1 % oder 2 % der Gesamtströmung sein kann. Die Beschränkung der Nebenströmungsmenge auf ein Maß im Bereich von 0,5 % der Gesamtströmung im normalen Reaktorbetrieb, das gerade noch eine ausreichende Kühlung der Umfassungsplatten, der Formplatten und des Kerngefäßes gewährleistet, führt jedoch bei als Konstruktionsbasis angenommenen Unfallbedingungen zu Schwierigkeiten. In dem unwahrscheinlichen Falle des Bruches der Hauptkühlmitteleitung in einer der Kühlschleifen ergibt sich ein rascher Druckabfall im Reaktorkühlsystem, der als "Blow-down" bezeichnet wird. Unter solchen Umständen fällt der Druck des Kühlmittels in Teilen des Reaktorbehälters, einschließlich des im Kernumfassungsringraum befindlichen Kühlmittels, ab und geht durch Entspannungsverdampfung in Dampf über. Bei einem wirksamen Strömungsquerschnitt im Kernumfassungsringraum, der zur Erhöhung des Reaktorwirkungsgrades beschränkt worden ist, findet der Druckabfall im Reaktorkern schneller als in diesem Ringraum statt und das durch Entspannung verdampfende Kühlmittel könnte dann im Ringraum übermäßig große Drücke aufbauen. Dieser Überdruckaufbau kann zur Beschädigung der Kernumfassung und auch der benachbarten Brennelemente und möglicherweise zur Zerstörung

der Brennstäbe führen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kernumfassung der eingangs dargelegten Art so zu gestalten, daß die eben genannten Schwierigkeiten überwunden werden und trotzdem die Vorteile einer nach oben gerichteten Strömung im Kernumfassungsringraum zur Geltung kommen, daß weiter die durch eine Kleinhaltung der den Reaktorkern umgehenden Nebenströmung erzielbaren wirkungsgradmäßigen Vorteile erhalten bleiben und trotzdem die bei angenommenen Unfallbedingungen auftretenden Überdruckprobleme beseitigt werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine solche Kernumfassung gemäß der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß die Formplatten jeweils in Höhe der genannten Haltegitter der Brennelemente angeordnet sind und die Umfassungsplatten Öffnungen aufweisen, die stromauf, jedoch nahe neben den Formplatten angeordnet sind und den Raum zwischen den Umfassungsplatten und dem Kerngefäß mit dem stromauf der jeweils benachbarten Haltegitterebene befindlichen Reaktorkernbereich verbinden, derart, daß in diesem Raum ein dem gerade stromauf der betreffenden Haltegitterebene im Reaktorkern herrschenden Kühlmitteldruck gleicher Kühlmitteldruck erzeugt wird.

Vorzugsweise wird eine Kühlmittelnebenströmung durch den Kernumfassungsringraum parallel zu der nach oben gerichteten Kerndurchströmung mit Hilfe von Öffnungen in den Formplatten aufrechterhalten, um die Umfassungsplatten, die Formplatten und das Kerngefäß ausreichend zu kühlen, wobei diese Nebenströmung den thermischen Wirkungsgrad des Reaktors nicht wesentlich beeinträchtigt. Die Größe und die Lage der Durchtrittsöffnungen in den Umfassungsplatten sind so gewählt, daß über den Umfassungsplatten möglichst kleine Druckdifferenzen auftreten und folglich Querströmungen durch diese Öffnungen klein gehalten werden. Möglicherweise auftretende Querströmungen aus dem Kernumfassungsringraum sollen vorzugsweise an oder nahe einer Haltegitterebene auftreten, da an einer solchen Stelle kaum eine Schwingung der Brennstäbe hervorgerufen werden kann.

Außerdem wird ein bei angenommenen Unfallbedingungen auftretender Druckaufbau durch den Austritt von Kühlmittel durch die Öffnungen der Umfassungsplatten abgeschwächt, wodurch die Festigkeit der Kernumfassungskonstruktion erhalten bleibt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend mit Bezug auf die anliegenden Zeichnungen näher beschrieben,

in welchen zeigen:

- Fig. 1 eine schematische isometrische Darstellung des Primärkühlsystems eines Kernreaktors,
- Fig. 2 einen Schnitt durch einen Reaktorbehälter und die Reaktorinnenkonstruktion, die eine Kernumfassung nach der Erfindung enthält,
- Fig. 3 einen Schnitt in der Ebene III-III in Fig. 2,
- Fig. 4 eine isometrische Darstellung eines Brennelements,
- Fig. 5 eine auseinandergezogene Ansicht der ein Viertel des Reaktorkerns umschließenden Umfassungsplatten nach der Erfindung, und
- Fig. 6 ein Diagramm, welches den Druck (Ordinate) im Reaktorkern und im Kernumfassungsringraum in kp/cm^2 über der

M

2647459

Höhe (Abszisse) über der unteren
Kerntragplatte zeigt.

Fig. 1 zeigt ein typisches Primärkühlsystem eines flüssigkeitsgekühlten Kernreaktors, dessen Hauptkomponenten der Reaktorbehälter 10, Dampferzeuger 12, Kühlmittelumwälzpumpen 14 und diese Komponenten in der dargestellten Weise miteinander verbindende Hauptkühlmittleitungen 16 sind. Das Primärkühlsystem weist typischerweise eine Mehrzahl von mit dem Reaktorbehälter verbundenen Kühlschleifen auf, die jeweils eine Umwälzpumpe 14 und einen Dampferzeuger 12 enthalten. Die Ausgangsleistung ist typischerweise bei Anlagen größer, die mehrere, beispielsweise 3 oder 4 Kühlschleifen aufweisen. Das dargestellte System umfaßt 2 Kühlschleifen. In jeder Kühlschleife strömt das Kühlmittel aus dem Reaktorbehälter 10 zum Dampferzeuger 12, von dort zur Umwälzpumpe 14 und schließlich in den Reaktorbehälter 10 zurück.

Im Reaktorbehälter 10 befindet sich die innere Reaktor-
konstruktion und der Reaktorkern 18. Das Kühlmittel nimmt
beim Durchströmen des Reaktorkerns 18 Wärme auf und überträgt
diese Wärme im Dampferzeuger 12 auf in einem Sekundärsystem
enthaltene Wasser, welches dadurch verdampft wird und einen
Turbinen-Generator-Satz antreibt. Das Primärkühlsystem arbeitet

typischerweise unter Drücken von etwa 160 kp/cm^2 . Es gibt jedoch auch unter geringeren Drücken arbeitende Reaktoren.

In Fig. 2 sind die Reaktorinnenkonstruktion und der Reaktorkern 18 im Reaktorbehälter 10 dargestellt. Der Reaktorkern 18 weist typischerweise eine Vielzahl von länglichen Brennelementen 30 auf, die parallel nebeneinander so angeordnet sind, daß der Reaktorkern etwa die Form eines senkrechten Kreiszylinders hat, wie am besten in Fig. 3 sichtbar ist. Ein typisches Brennelement 30 ist in Fig. 4 gezeigt und weist ein oberes Mundstück 32, ein unteres Mundstück 34 und eine Vielzahl von länglichen, etwa zylindrischen Brennstäben 36 auf, die zwischen den Mundstücken 32 und 34 verlaufen und jeweils eine Vielzahl von gestapelten Brennstofftabletten 38 aus angereichertem Urandioxid oder anderen Kernbrennstoff enthalten. Die Brennstäbe 36 werden entlang des Brennelements 30 durch eine Anzahl von Haltegittern 40 seitlich abgestützt, die jeweils eierkistenartig ausgebildet sind und eine axiale Dehnung der Brennstäbe gestatten. Die Haltegitter 40 sind typischerweise jeweils aus einer Vielzahl von Schleifen 44 zusammengesetzt, von denen die äußersten die Berührungsflächen für eine Berührung zwischen benachbarten Brennelementen bieten. Die Haltegitter 40 sind deshalb bei allen Brennelementen 30 des Reaktorkerns 18 jeweils auf gleicher Höhe angeordnet. Bei den in Fig. 2 gezeigten Brennelementen 30 sind in acht Höhenpositionen längs der Brennelementenlänge Haltegitter 40

angeordnet. Jedoch ist die Erfindung bei jeder beliebigen Anzahl von Haltegittern 40 anwendbar. Bei dem in Fig. 4 dargestellten Brennelement ist außerdem eine Steuerstabanordnung 42 gezeigt, welche in einigen ausgewählten Brennelementen des Reaktorkerns 18 zur Steuerung des Spaltvorgangs herausnehmbar eingetaucht ist.

Zum Zwecke der Beschreibung können die Komponenten der Reaktorinnenkonstruktion in das untere Kerntraggerüst 50 und das obere Kerntraggerüst 52 unterteilt werden. Zu den Aufgaben der Reaktorinnenkonstruktion gehört die Halterung, das Ausrichten und die Führung der Reaktorkernkomponenten, weiter die Führung der Kühlmittelströmung in die Reaktorkernkomponenten hinein und aus diesen heraus, und die Halterung und Führung der Kerninstrumentierung, die Anzeigen der Reaktorkernzustände liefert. Das obere Kerntraggerüst 52 haltet den Reaktorkern 18 an seiner Oberseite oder bildet eine Kernniederhaltung und dient zur Führung von Komponenten wie beispielsweise den Steuerstabanordnungen 42.

Der Hauptbestandteil und der tragende Teil der Reaktorinnenkonstruktion ist das untere Kerntraggerüst 50. Es umfaßt ein Kerngefäß 56, Kernumfassungsplatten 58, Formplatten 59, eine untere Kerntragplatte 60 und Tragstützen 62,

Neutronenabschirmplatten 64 und eine untere Tragplatte 66. Der üblichste Konstruktionswerkstoff für das untere Kerntraggerüst ist rostfreier Stahl. Das untere Kerntraggerüst ist an einem oberen Flansch 68 des Kerngefäßes 56 aufgehängt, der auf einem an einem Flansch 72 des Reaktorbehälters 10 gebildeten Auflager 70 aufliegt. Der Behälterflansch 72 trägt auch den Behälterdeckel 74, der mit dem Reaktorbehälter 10 verschraubt ist. Der untere Teil des unteren Kerntraggerüsts 50 wird durch eine an der Behälterwand befestigte radiale Stützkonstruktion 76 in seiner seitlichen Bewegungsmöglichkeit beschränkt. Die Neutronenabschirmplatten 64 sind am Außenumfang des Kerngefäßes 56 befestigt und schützen den Reaktorbehälter 10 im Kernbereich gegen Neutronen. Zwischen den Neutronenabschirmplatten 64 und dem Kerngefäß 56 ist ein Ringraum 78 gebildet, durch welchen Kühlmittel über die Kerngefäßaußenfläche strömen kann.

Innerhalb des Kerngefäßes 56 sind Formplatten 59 an diesem befestigt, welche die vertikalen Umfassungsplatten 58 tragen, welche den Außenumfang des Reaktorkerns 18 umschließen. Die Umfassungsplatten 58 werden von den Formplatten 59 in ihrer Lage gehalten und sind so aneinandergestoßen, daß sie, wie die Draufsicht in Fig. 3 zeigt, eine geschlossene Kernumfassung bilden. Die Formplatten 59

und die Umfassungsplatten 58 bilden außerdem einen Kühlmittelnebenströmungspfad durch einen Ringraum 130 zwischen dem Kerngefäß und den Umfassungsplatten, um das Kerngefäß, die Umfassungsplatten und die Formplatten zu kühlen. Der Ausdruck Ringraum bezieht sich hier auf einen abgegrenzten Bereich, der nicht notwendigerweise einen kreisrunden Querschnitt zu besitzen braucht. Die untere Kerntragplatte 60 wird ebenfalls vom Kerngefäß 56 getragen und trägt und orientiert ihrerseits die Brennelemente 30. Die untere Kerntragplatte 60 ist mit Durchbrüchen für den Durchtritt von Kühlmittel versehen und weist Mittel, beispielsweise Zapfen, zur genauen Ausrichtung der Brennelemente 30 auf.

Im Betrieb tritt das Reaktorkühlmittel durch eine Anzahl von Kühlmittelinlaßstutzen 20 in den Reaktorbehälter 10 ein, strömt sodann entlang des Außenumfangs des Kerngefäßes 56 und über die Neutronenabschirmplatten 64 nach unten, wo es unter der unteren Tragplatte 66 in einer unteren Kühlmittelkammer 22 seine Strömungsrichtung um 180° ändert und durch Öffnungen in der unteren Tragplatte 66 und der unteren Kerntragplatte 60 nach oben durch die Brennelemente 30 und um diese herum weiterströmt, wobei es Wärme vom Reaktorkern aufnimmt und diesen dadurch kühlt.

Sodann tritt das Kühlmittel durch Öffnungen in der oberen Kerntagplatte 92 hindurch, ändert seine Strömungsrichtung um 90° und tritt durch eine Anzahl von Kühlmittel- auslaßstutzen 24 wieder aus dem Reaktorbehälter 10 aus und gibt die aufgenommene Wärme in den Dampferzeugern 12 wieder ab.

Eine verhältnismäßig kleine Kühlmittelnebenströmung im Größenbereich von etwa einem halben Prozent der durch den Reaktorkern 18 hindurchströmenden Strömungsmenge tritt unterhalb des unteren Endes der Umfassungsplatten 58 in den Ringraum 130 ein. Sodann strömt diese Nebenströmung durch in den Formplatten 59 gebildete Durchtrittsöffnungen 134 etwa nach oben. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Formplatten 59 jeweils in den gleichen Höhenpositionen wie die Haltegitter 40 der Brennelemente 30 angeordnet. Dadurch werden die Bereiche hohen Strömungswiderstandes in den nach oben gerichteten Kühlmittelströmungen im Ringraum 130 und im Reaktorkern 18 jeweils in den gleichen Höhenpositionen parallel nebeneinander angeordnet. Die Haltegitter 40 der Brennelemente bieten einen höheren Strömungswiderstand als die übrigen Bereiche der Brennelementenlänge, und die Formplatten 59 stellen einen größeren Strömungswiderstand als der übrige Ringraum 130 dar.

In den Umfassungsplatten 48 sind Durchtrittsöffnungen 136 vorzugsweise unmittelbar unterhalb der gewählten Formplattenhöhenpositionen, also jeweils im Bereich hohen Strömungswiderstandes bzw. hohen Druckgefälles angeordnet. Eine bevorzugte Anordnung ist in Fig. 5 gezeigt. Die dort auseinandergezogen dargestellten Umfassungsplatten 58a bis 58g umschließen ein Viertel des Reaktorkerns 18, wie aus Fig. 3 entnehmbar ist. Die einzelnen Umfassungsplatten sind aneinandergestoßen und werden von den Formplatten 59 in ihrer Lage gehalten. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Umfassungsplatten eine Höhe von etwa 400 cm und Breiten im Bereich von 20 cm bis 150 cm auf. Die aus rostfreiem Stahl bestehenden Platten sind etwa 2,2 cm dick. Die Durchtrittsöffnungen 136 weisen jeweils einen Durchmesser von 5 cm auf. Die in Fig. 5 eingezeichneten kleinen Kreuzchen zeigen jeweils die Lage von Befestigungselementen in Höhe der Formplatten 59. Wie in Fig. 5 dargestellt, sind die Durchtrittsöffnungen 136 nur unterhalb der mittleren fünf Formplatten vorgesehen, deren Höhenpositionen mit 3 bis 6 bezeichnet sind.

Der Zweck der Bemessung und Positionierung der Durchtrittsöffnungen 136 ist die Kleinhaltung der Druckdifferenzen und folglich von Querströmungen durch diese Durchtrittsöffnungen hindurch. Das mit der Anordnung nach Fig. 5 erzielte

Ergebnis ist in Fig. 6 dargestellt. Es ist an dieser Stelle zu bemerken, daß, da die Kühlmittelnebenströmung durch den Ringraum 130 hindurch verhältnismäßig klein ist, der vertikale Druckgradient durch einen gegebenen Reaktorkern 18 unabhängig von der Gestalt der im Ringraum 130 vorhandenen Strömungswiderstände fest ist. Mit anderen Worten, der Druckabfall durch den Reaktorkern ist im wesentlichen eine Konstante und die Querströmung durch die Umfassungsplatten 58 hindurch kann durch die erfindungsgemäße Anordnung minimal gehalten werden.

In Fig. 6 stellt die Kurve "A" den analytisch bestimmten Druck im Ringraum 130 für den beispielsweise dargestellten Reaktor dar. Die Nummern 1 bis 8 bezeichnen die Höhenpositionen der Formplatten 59 und der Haltegitter 40. Wie dargestellt, tritt bei jeder Höhenposition eine stufige Druckänderung auf. Die Kurve "B" stellt den Druck im Kernbereich dar. Mit Ausnahme des schraffierten Bereiches zwischen den Höhenpositionen 1 und 2 ist der Druck im Reaktorkern 18 stets größer als der Druck im Ringraum 130. Durch Anordnung der Durchtrittsöffnungen 136 in den Umfassungsplatten unterhalb der Höhenpositionen 3, 4, 5 und 6 strömt eine auftretende Querströmung aus dem Reaktorkern 18 in den Ringraum 130, wodurch die Möglichkeit einer Beschädigung von Brennstäben 36 herabgesetzt ist, wie sie infolge des Auftreffens einer durch

Zwischenräume zwischen benachbarten Umfassungsplatten in den Reaktorkern 18 hinein gerichteten Querströmung auf Brennstäbe auftreten könnten. Durchtrittsöffnungen 136 können auch an weiteren oder anderen Höhenpositionen unterhalb bestimmter Formplatten angeordnet werden, obwohl die Bereiche, in welchen die Zustände der Kühlmittelströmung und des Druckabfalls weniger gewiß sind, an den Grenzen, etwa im Bereich der einlaßseitigen Höhenposition 1 und der auslaßseitigen Höhenposition 8 liegen. Analytische Untersuchungen haben gezeigt, daß die Anwendung der Erfindung auch die maximale Druckdifferenz zwischen dem Reaktorkern 18 und dem Ringraum 130 bei angenommenen Unfallbedingungen um etwa den Faktor 4 herabsetzt.

Es leuchtet also ein, daß die Anordnung der Formplatten in gleichen Höhenpositionen wie die Haltegitter der Brennelemente und die Anordnung von Durchtrittsöffnungen in den Umfassungsplatten unterhalb bestimmter Formplattenhöhenpositionen zu einer Herabsetzung von auf die Brennelemente auftreffenden Querströmungen sowie zu einer Verhinderung eines Überdruchaufbaus im Ringraum bei schwereren Unfallzuständen führt. Außerdem gestattet die Erfindung die ausreichende Kühlung des Kerngefäßes, der Umfassungsplatten und der Formplatten.

Es ist klar, daß im Rahmen der Erfindung zahlreiche Abwandlungen möglich sind. Beispielsweise sind Größe und Anzahl der Durchtrittsöffnungen in den Umfassungsplatten veränderlich, solange diese Durchtrittsöffnungen alle etwa in der gleichen Höhenposition zwischen zwei Formplatten angeordnet sind. Es können auch in oberen und unteren Höhenpositionen Durchtrittsöffnungen hinzugefügt werden und/oder Durchtrittsöffnungen aus den mittleren Höhenpositionen weggelassen werden. Das Grundprinzip besteht darin, die Formplatten, die Formplattendurchtrittsöffnungen und die Durchtrittsöffnungen der Umfassungsplatten so zu bemessen und anzuordnen, daß im normalen Betrieb und bei angenommenen Unfallbedingungen nur minimale Druckdifferenzen auftreten. Außerdem sind die Abstände der Formplatten bzw. der Haltegitter veränderlich, vorzugsweise jedoch mit der Einschränkung, daß zwischen benachbarten Höhenpositionen der Durchtrittsöffnungen in den Umfassungsplatten jeweils nur ein Haltegitter liegt. In gleicher Weise ist es zu bevorzugen, daß nur in einer Höhenposition Durchtrittsöffnungen in den Umfassungsplatten zwischen zwei benachbarten Haltegitterebenen liegt.

01
Leerseite

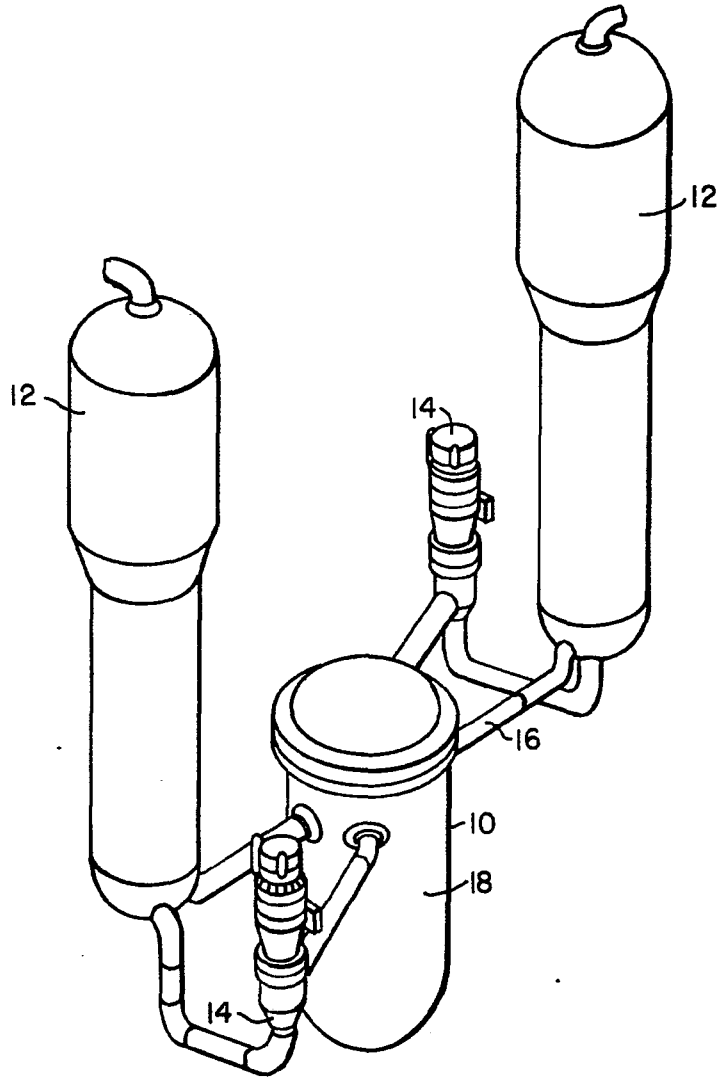


FIG. 1

G21C 13-00 AT:21.10.1976 OT:26.05.1977

709821/0607

Westinghouse Electric Corporation, Pittsburgh

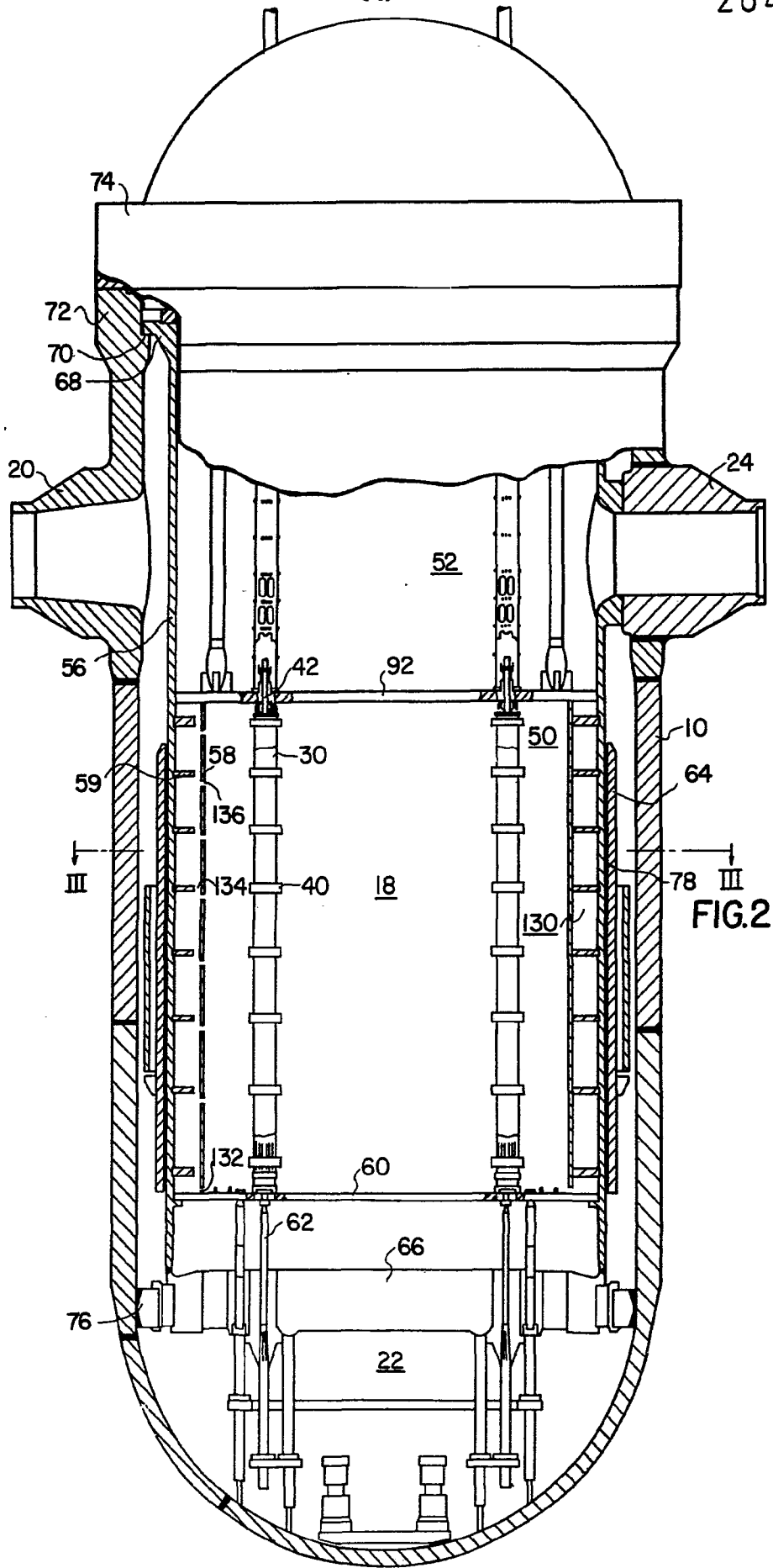


FIG. 2

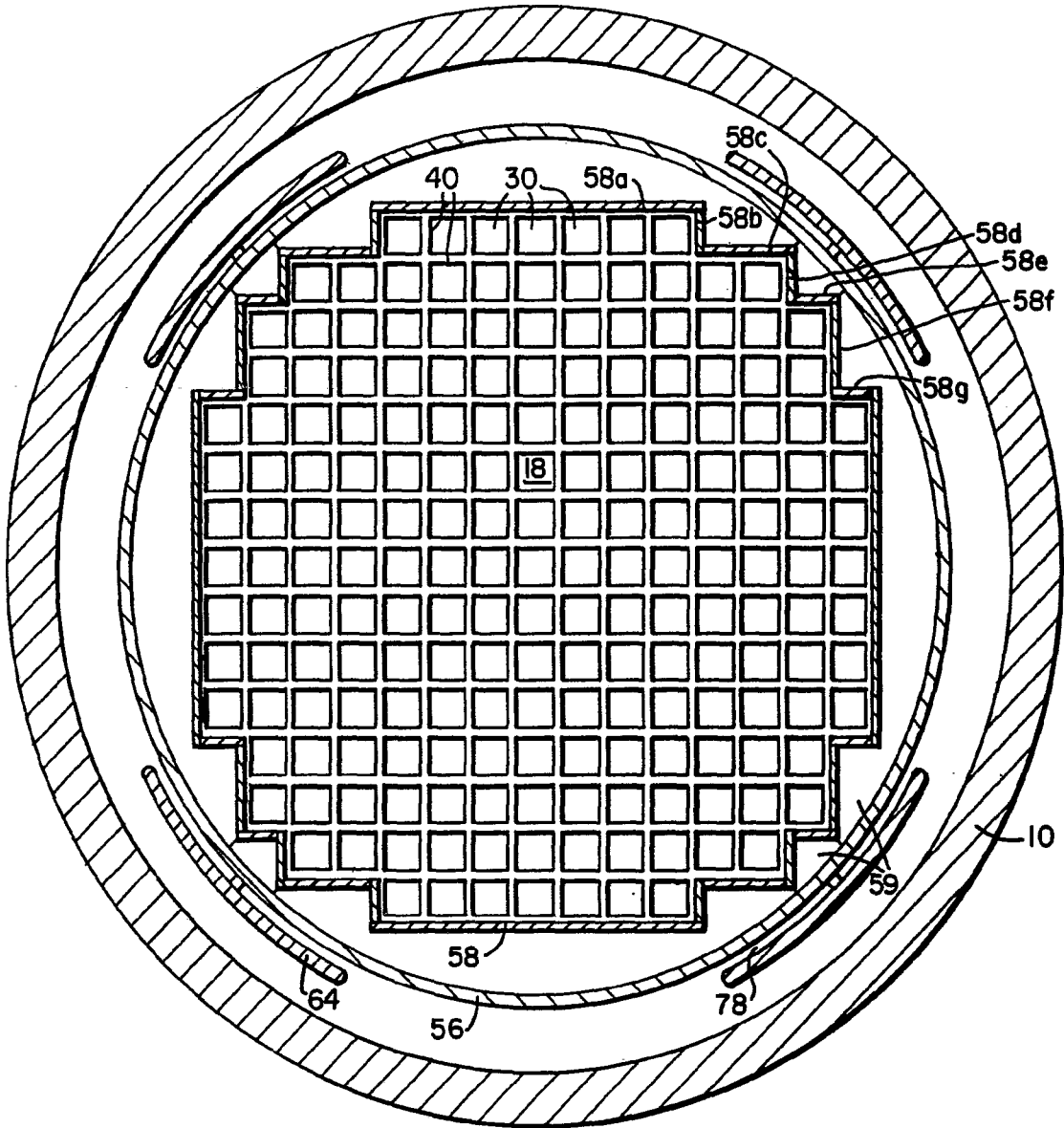
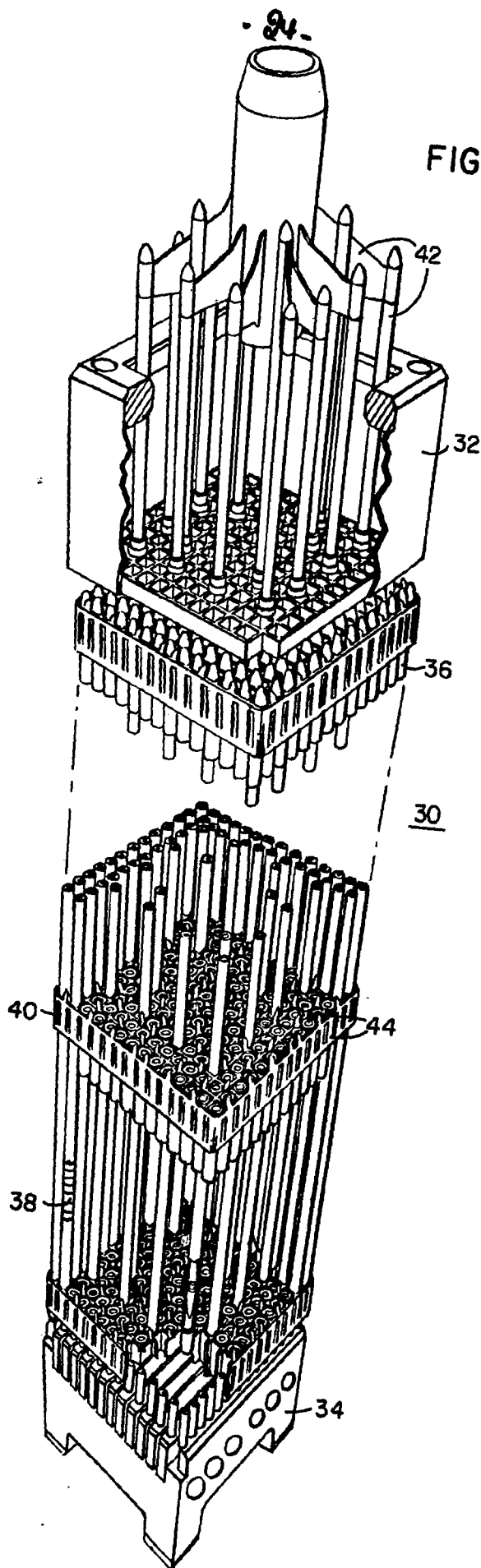


FIG. 3

FIG. 4



709821/0607

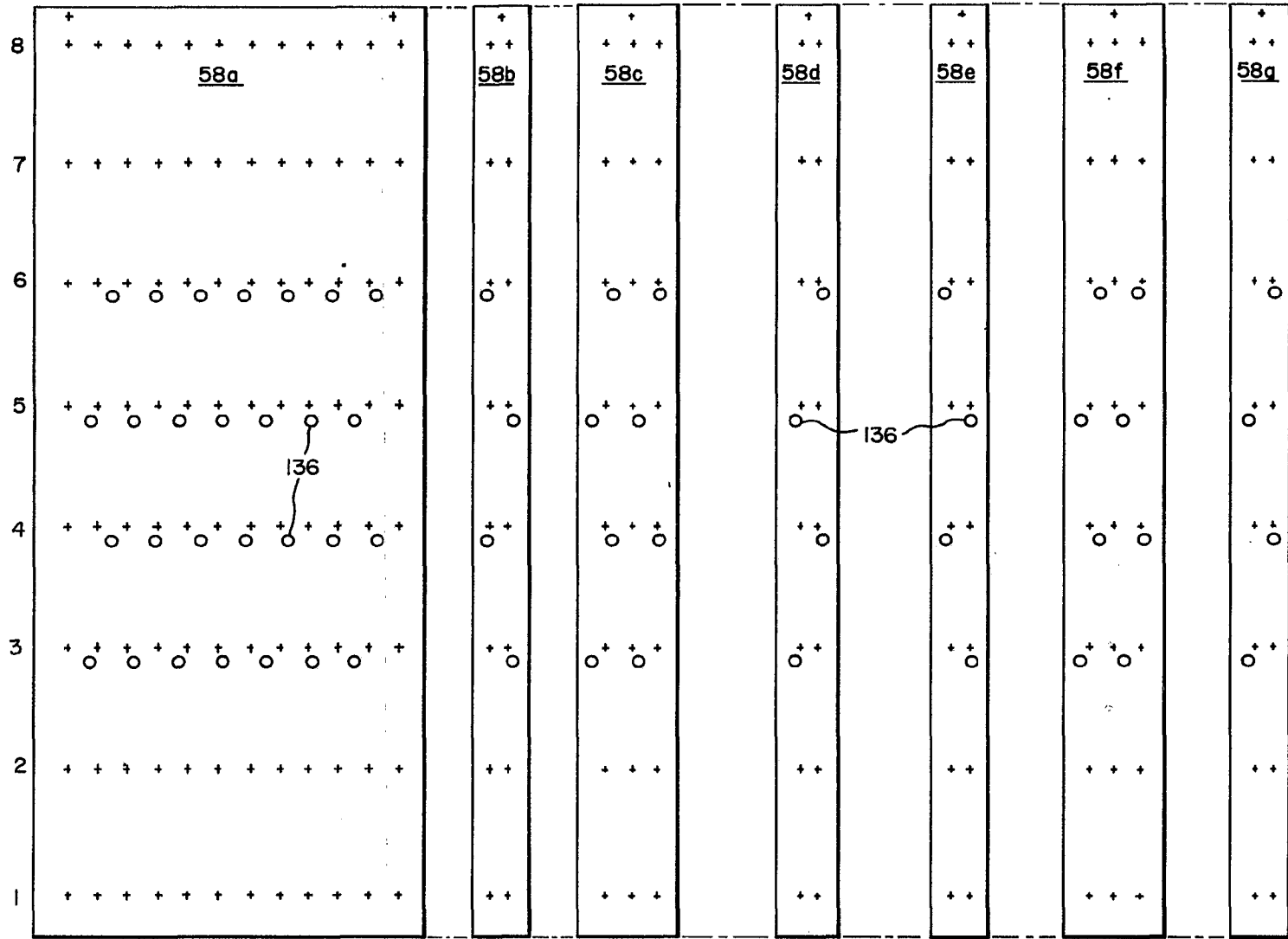


FIG5

95.

2647459

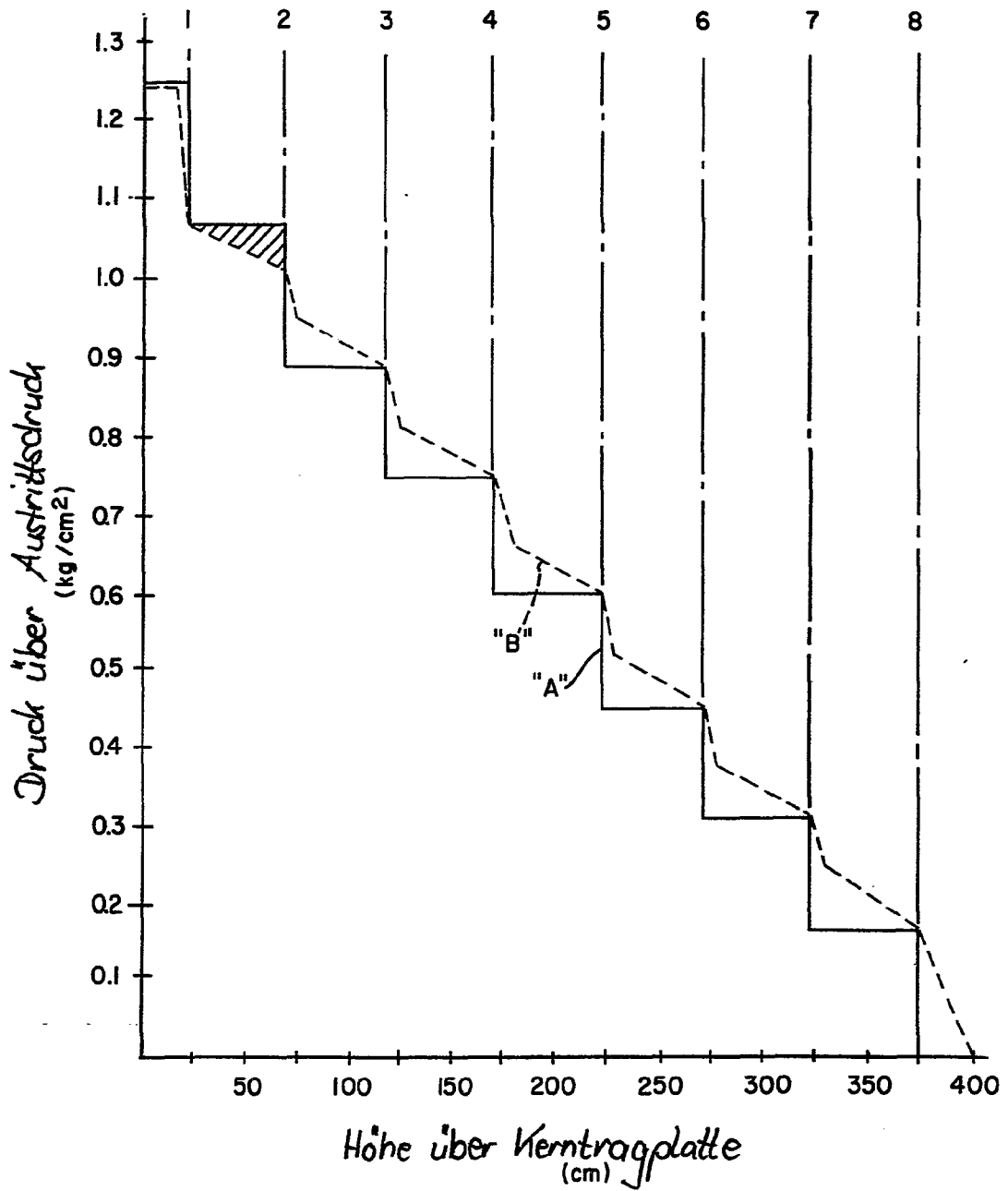


FIG. 6