

51

Int. Cl. 3:

**G 21 C 7/08**

G 21 C 9/02

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



**DE 28 31 028 C 3**

11

# Patentschrift **28 31 028**

21

Aktenzeichen: P 28 31 028.3-33

22

Anmeldetag: 14. 7. 78

43

Offenlegungstag: 15. 3. 79

44

Bekanntmachungstag: 7. 2. 80

45

Ausgabetag: 13. 11. 80

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

31

Unionspriorität:

22 33 31

30. 8. 77 V.St.v.Amerika 825163

54

Bezeichnung: Vorrichtung zum Betätigen der Notabschaltung eines Kernreaktors

73

Patentiert für: Combustion Engineering, Inc., Windsor, Conn. (V.St.A.)

74

Vertreter: Sparing, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4000 Düsseldorf

72

Erfinder: Noyes, Richard Croissant, New Britain; Zaman, Shakir Uz, Windsor; Stuteville, Douglas Wilburn, Granby; Conn. (V.St.A.)

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

GB 8 72 092

**DE 28 31 028 C 3**

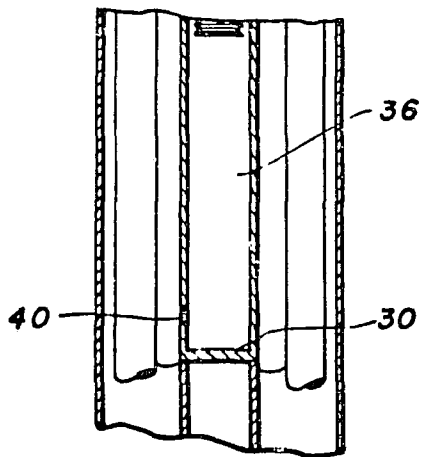
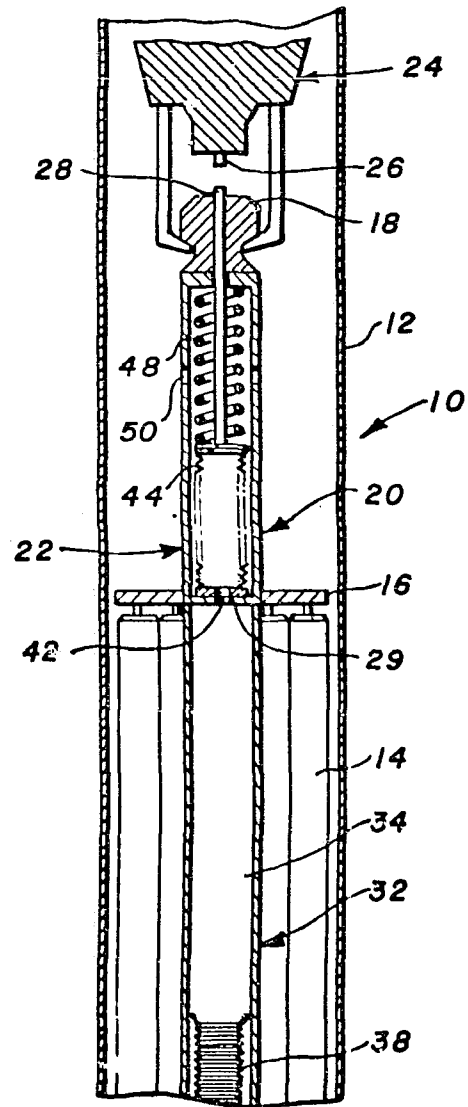


FIG. 1

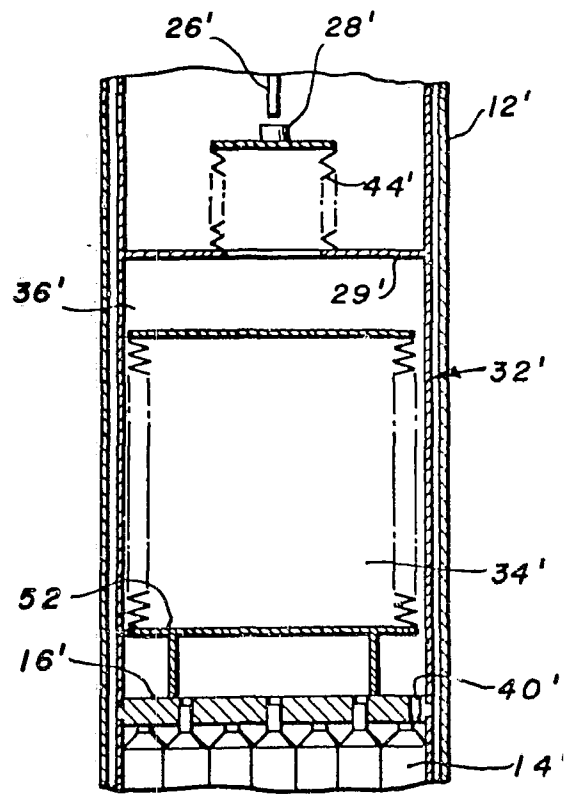


FIG. 2

## Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Betätigen einer Notabschaltung eines Kernreaktors bei schnellem Kühlmitteldruckabfall mit einer Meßkammer, die bei einer Differenz zwischen dem Kammerinnen- und -außen-  
5 druck auslenkbare Wandteile aufweist, deren Auslenkung den Einwurf von neutronenabsorbierendem Material in den Reaktorkern auslöst, wobei die Kammer außen mit dem Reaktorkühlmitteldruck  
10 beaufschlagt ist und der Kammerinnenraum über eine durchflußbegrenzende Öffnung mit dem Raum außerhalb der Kammer in Verbindung steht, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem flüssigkeitsgekühlten Reaktor innerhalb der Kammer  
15 (32, 32') ein gegen die Kühlflüssigkeit abgegrenzter, expandierbarer gasgefüllter Speicher (34, 34') vorgesehen ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die auslenkbaren Wandteile (44) einen  
20 Teil der Abgrenzung des gasgefüllten Speichers (34) bilden.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der expandierbare gasgefüllte Speicher (34, 34') von mindestens einem  
25 Faltenbalg (38, 44, 44') begrenzt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Abgrenzung, die den gasgefüllten Speicher (34) von dem mit der Kühlflüssigkeit gefüllten Innenraum der Meßkammer trennt, als Faltenbalg ausgebildet ist, der nachgiebiger als die auslenkbaren Wandteile der Meßkammer ist.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Betätigen der Notabschaltung eines Kernreaktors nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine derartige Vorrichtung ist aus der GB-PS 8 72 092 bekannt.

Bei Leistungskernreaktoren strömt ein Kühlmittel durch den Reaktorkern, um die dort erzeugte Wärme abzuführen. Wenn der Kühlmitteldurchsatz relativ zum Leistungspegel zu niedrig wird, tritt ein Gefahrenfall ein, weil der Kern so heiß werden kann, daß der Brennstoff selbst beschädigt werden kann.

Das Anlagensicherheitssystem ist mit einer Einrichtung versehen, um einen zu niedrigen Kühlmitteldurchsatz festzustellen, und um aus Sicherheitsgründen  
50 neutronenabsorbierende Stäbe in den Reaktorkern einzuwerfen, um so die Leistungserzeugung im Kern zu beenden. Insbesondere bei Reaktoren, die ausgelegt sind, mit einem schnellen Neutronenenergiespektrum zu arbeiten (schnelle Reaktoren), und bei denen eine hohe Leistungsdichte vorliegt, ist es wesentlich, daß das Neutronenabsorptionsmaterial bei einem Schnellabfall des Kühlmitteldurchsatzes außerordentlich schnell eingeführt wird. Es ist bei einem solchen Reaktortyp  
wünschenswert, das Einwerfen des Absorbermaterials in den Reaktorkern nicht aufgrund der Messung des Kühlmitteldurchsatzes mit einer entsprechenden Einrichtung, sondern automatisch im Ansprechen auf einen schnellen Abfall des Kühlmitteldruckes vorzunehmen. Es ist jedoch wichtig, daß hierbei keine Notabschaltung  
bei normalen, von dem Leistungspegel abhängigen Schwankungen des Kühlmitteldruckes auftritt.

Der normale Kühlmitteldurchsatz bei einem flüssig-

metallgekühlten Reaktor ist etwa proportional dem Leistungspegel und der normale Kühlmitteldruck darf sich an jeder Stelle des Reaktors mit dem Durchsatz ändern. Ein schneller Ausfall der Kühlmittelumwälzung  
5 führt zu einem sofortigen Abfall des Kühlmitteldruckes im gesamten Reaktor. Die erste Ableitung des Druckes nach der Zeit mit einem Ausfall der Strömung ist bekannt aus Berechnungen oder Messungen, doch wurde dieses Wissen bisher nicht verwendet, um eine selbsttätige Notabschaltung bei einem flüssiggekühlten Reaktor zu schaffen.

Dagegen sind solche Vorrichtungen bei gasgekühlten Reaktoren bekannt, bei denen der Kühlmitteldruck selbst anstelle des Durchsatzes der wichtigste Sicherheitsparameter ist. Eine bekannte Vorrichtung, die auf die erste Ableitung des Druckes nach der Zeit in einem gasgekühlten Reaktor anspricht, ist in der GB-PS 8 72 092 beschrieben. Diese Vorrichtung umfaßt eine Kombination aus einer Meßkammer und einem mit Gas gefüllten Faltenbalg, wobei die Kammer über eine kleine Öffnung in Verbindung mit dem Kühlgas steht, das außerhalb der Kammer strömt. Eine schnelle Abnahme des Kühlmitteldruckes führt dazu, daß der Faltenbalg expandiert, weil der Druck sich innerhalb der Kammer nicht schnell genug über die Öffnung ausgleichen kann. Die Faltenbalgexpansion betätigt eine Auslöseinrichtung, um Absorbermaterial in den Reaktorkern einzuwerfen. Wenn eine solche Vorrichtung in einem flüssiggekühlten Reaktor eingesetzt würde, so ergäbe das Vorhandensein von Flüssigkeit sowohl innerhalb als auch außerhalb der Kammer allenfalls eine sehr kleine Faltenbalgbewegung selbst bei einem sehr hohen Druckabfall. Bei Flüssigkühlung würde nämlich die Inkompressibilität des Kühlmittels die Wirksamkeit der Vorrichtung verhindern. Dies trifft ganz besonders zu bei flüssigmetallgekühlten Reaktoren, wo die maximale Druckänderung selbst bei totalem Durchsatzausfall nur etwa 0,15 bar/sec beträgt.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, mittels der in einem flüssiggekühlten Kernreaktor die Notabschaltung automatisch auslösbar ist.

Diese Aufgabe wird entsprechend dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst, während die  
55 Unteransprüche bevorzugte Ausgestaltungen betreffen.

Ausführungsformen der Vorrichtung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in Seitenansicht, teilweise geschnitten, eine erste Ausführungsform der Vorrichtung, und

Fig. 2 zeigt maßstäblich gegenüber Fig. 1 vergrößert eine alternative Ausführungsform.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 10 für einen flüssigmetallgekühlten Kernreaktor (nicht dargestellt), bestehend aus einem Leitungsrohr 12, in dem eine Mehrzahl von Absorberstangen 14 angeordnet ist, die neutronenabsorbierendes Gift, wie  $B_4C$ , enthalten. Die Absorberstangen 14 sind in starrem Abstand voneinander gehalten und an ihren oberen Enden an einer Verbindungsplatte 16 festgelegt, an der andererseits eine Zentralsäule 20 befestigt ist. Die Absorberstangen 14, die Verbindungsplatte 16 und die Zentralsäule 20 bilden gemeinsam ein Absorberbündel 22, das gleitbeweglich innerhalb des Leitungsrohres 12 angeordnet ist und sich im oberen Abschnitt des Reaktors befindet  
60 derart, daß die Absorberstangen 14 normalerweise aus den leistungserzeugenden Bereich oder Kern des Reaktors herausgezogen sind. Das Absorberbündel 22

wird oberhalb des Kerns durch eine Auslöseeinrichtung 24 gehalten, die wahlweise einen Kopf 18 hält oder losläßt, der sich am oberen Ende der Zentralsäule 20 befindet. Die Auslöseeinrichtung 24 löst eine Notabschaltung durch eine Aufwärtsverschiebung eines Schaftes 26 durch eine Schubstange 28 aus.

Die Zentralsäule 20 ist hohl und weist Trennwände 29, 30 auf, welche eine Meßkammer 32 begrenzen, die ihrerseits durch auslenkbare Wandteile, etwa einen Faltenbalg 38, unterteilt ist in einen expandierbaren gasgefüllten Speicher 34 und einen Kammerinnenraum 36. Der Speicher 34 enthält eine festgelegte Gasmasse, vorzugsweise ein inertes Gas, wie Argon. Die Kammerwandung weist im Bereich des Kammerinnenraums 36 eine durchflußbegrenzende Öffnung 40 auf. Die Trennwand 29, welche eine der Kammerwandungen im Bereich des Speichers 34 bildet, weist eine Öffnung 42 auf, die in einen auslenkbaren Wandteil, etwa einen Faltenbalg 44, mündet, an dem die Schubstange 28 befestigt ist.

Während des normalen Reaktorbetriebes strömt metallisches flüssiges Kühlmittel, wie Natrium, nach oben durch das Leitungsrohr 12 mit einem Druck proportional dem Kühlmitteldruck im Reaktorkern. Der Kühlmitteldruck ändert sich während des Normalbetriebes mit dem Leistungspegel. Während das Kühlmittel durch das Leitungsrohr 12 außerhalb der Zentralsäule 20 strömt, bleibt der Druck innerhalb des Kammerinnenraums 36 im Gleichgewicht mit dem Kühlmitteldruck außerhalb der Kammer 32 infolge Zu- und Abströmung durch die Öffnung 40. Der Gasdruck im Speicher 34 wird ebenfalls im Gleichgewicht mit dem Druck im Kammerinnenraum 36 infolge Wirkung des kompensierenden Faltenbalges 38 gehalten. Eine Feder 48 spannt den Faltenbalg 44 derart vor, daß die Bewegung des Faltenbalges 38 anstatt die des Faltenbalges 44 das Druckgleichgewicht zwischen der Meßkammer 32 und dem Kühlmittel außerhalb hiervon aufrecht erhält. Diese Vorspannung kann auch durch eine entsprechende Steife des Faltenbalges 44 selbst erreicht werden.

Im Falle eines auf eine Störung zurückzuführenden Verlustes der Kühlmittelpumpleistung wird der Druck außerhalb der Kammer 32 mit viel größerer Geschwindigkeit abfallen als während der normalen Leistungspegeländerungen. Etwas Kühlmittel aus dem Kammerinnenraum 36 fließt durch die Öffnung 40 ab, jedoch nicht schnell genug, um den Druck innerhalb des Speichers 34 in entsprechendem Maße zu verringern. Der Faltenbalg 38 expandiert mit dem Druckabfall in dem Kammerinnenraum 36, doch auch der Faltenbalg 44 expandiert und verschiebt dabei die Schubstange 28 insoweit, daß die Auslöseeinrichtung 24 betätigt wird.

Die Expansion des Faltenbalges 44 beruht auf dem Druck des Gases im Speicher, der direkt auf die Innenseite des Faltenbalges 44 einwirkt. Wegen der

Druckverbindung über Öffnungen 50 in der Zentralsäule 20 ist der Druck auf die Außenseite des Faltenbalges 44 derjenige, den das Kühlmittel außerhalb der Zentralsäule 20 aufweist. Wegen der erheblich verringerten Durchflußrate in dem Leitungsrohr 12 liegt eine größere Druckdifferenz zwischen dem Speicher 34 und dem kombinierten Druck des Kühlmittels und der Feder 48 vor, als zwischen dem Speicher 34 und dem Kammerinnenraum 36. Bei einem vorgegebenen Wert der Abnahme des Drucks pro Zeiteinheit wird deshalb die Betätigungsdruckschwelle zwischen dem Faltenbalg 44 und dem Kühlmittel außerhalb der Kammer 32 überschritten.

In Fig. 2 sind die funktionsgleichen Bauelemente mit den gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 markiert, jedoch mit einem Indexstrich versehen. Gemäß Fig. 2 wirkt der Druck in dem Speicher 34' indirekt auf den Faltenbalg 44'. Die Meßkammer 32' befindet sich oberhalb der Absorberstangen 14' und wird begrenzt durch die Trennwand 29' und die Verbindungsplatte 16'. Die durchflußbegrenzende Öffnung 40' in der Verbindungsplatte 16 erlaubt es dem Kühlmittel, den Kammerinnenraum 36' zu füllen, dessen Begrenzung identisch mit der Innenbegrenzung der Kammer 32' ist. Ein Postament 52, das an der Verbindungsplatte 16' befestigt ist, trägt den Speicher 34', der die Form eines Faltenbalges besitzt. Der Faltenbalg 44' ist an den oberen Abschnitt des Kammerinnenraumes 36' angeschlossen und steht in Durchflußverbindung mit diesem. Die Außenseite des Faltenbalges 44' steht in Kontakt mit dem Kühlmittel, das durch das Leitungsrohr 12' strömt.

Die normalen Veränderungen des Kühlmitteldruckes werden aufgefangen durch Zu- und Abfluß durch die Öffnung 40' und die kompensierende Expansion bzw. Kontraktion des Volumens des Speichers 34'. Der Faltenbalg 44' bewegt sich erst dann, wenn die Druckdifferenz zwischen der Innenseite und Außenseite des Faltenbalges 44' eine Schwelle überschreitet, bestimmt durch die Federkonstante des Faltenbalges 44' relativ zu der des Faltenbalges, der den Speicher 34' umschließt. Bei einem sehr schnellen Druckabfall kann das Kühlmittel durch die Öffnung 40' nicht schnell genug abströmen, um ein Druckgleichgewicht in dem Kammerinnenraum 36' zu schaffen. Obwohl der Druck in dem Kammerinnenraum 36' tendenziell zusammen mit dem Kühlmitteldruck außerhalb der Kammer 32' abfällt, übt das Gas im Speicher 34' einen hinreichenden Druck auf das Kühlmittel in dem Kammerinnenraum 36' im Bereich des Faltenbalges 44' aus, um eine hinreichende Druckdifferenz zwischen Innen- und Außenseite des Faltenbalges 44' aufrechtzuerhalten, welche Druckdifferenz die Verschiebung der Schubstange 28' bewirkt. Auf diese Weise wird der Schaft 26' weit genug betätigt, um die (nicht dargestellte) Auslöseeinrichtung zu betätigen.