

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
11 **DE 3033374 A1**

51 Int. Cl. 3:  
**G21 C 17/02**

21 Aktenzeichen: P 30 33 374.5-33  
22 Anmeldetag: 4. 9. 80  
43 Offenlegungstag: 18. 3. 82



71 Anmelder:  
Kraftwerk Union AG, 4330 Mülheim, DE

72 Erfinder:  
Kiehne, Helmut, Dipl.-Ing., 8520 Erlangen, DE; Schneider,  
Egon, Ing.(grad.), 8521 Großenseebach, DE

DE 3033374 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 **Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor**

DE 3033374 A1

Patentansprüche

1. Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor, insbesondere Druckwasserreaktor, mit einem Reaktordruckbehälter, der  
5 einen Reaktorkern einschließt und ein Kühlmittel enthält, das mindestens in einem größeren Teil des Reaktordruckbehälters flüssig ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß im oberen Teil des Reaktordruckbehälters (3) ein weitgehend vertikal verlaufendes Rohr  
10 (15) vorgesehen ist, das oben und unten offen ist und mindestens ein Meßgerät (20) zur Bestimmung eines Flüssigkeitsspiegels in seinem Inneren (36) aufweist.
2. Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor nach Anspruch 1,  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß dem unteren Rohrende (18) eine quer zur Längsrichtung des Rohres (15) verlaufende Barriere (19) zugeordnet ist.
3. Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor nach Anspruch 2,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Barriere (19) eine das Rohrende (18) überdeckende Haube (24) ist.
4. Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor nach Anspruch 2,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Barriere (19) eine Abwinklung des Rohres ist.
5. Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
30 n e t, daß die Öffnung des oberen Rohrendes von einer oder mehreren seitlichen Bohrungen (17) in der Rohrwand gebildet wird.
6. Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
35 n e t, daß das obere Rohrende gegenüber dem Deckelraum (38) abgedeckt ist.

- 2 -

VPA 80 P 93 51 DE

7. Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t, daß das Meßgerät (20) gegen Strömungen des Kühlmittels gekapselt ist.

5

8. Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t, daß ein Meßgerät (20) nur an der Stelle eines bestimmten, insbesondere für die Wärmeabfuhr mindestens  
10 erforderlichen Flüssigkeitsstandes vorgesehen ist.

5 Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor

Die Erfindung betrifft einen flüssigkeitsgekühlten Kernreaktor, insbesondere Druckwasserreaktor, mit einem Reaktordruckbehälter, der einen Reaktorkern einschließt und ein Kühlmittel enthält, das mindestens in einem größeren Teil des Reaktordruckbehälters flüssig ist.

Der Flüssigkeitsstand ist für die gesicherte Wärmeabfuhr notwendig. Deshalb ist seine Erfassung besonders dann wichtig, wenn ein Störfall vorliegt, insbesondere ein Kühlmittelverlust infolge eines Lecks. In diesem Fall kann sich der Aggregatzustand der Kühlflüssigkeit durch schnelle Druck- und Temperaturänderungen ändern. In Druckwasserreaktoren, für die die Erfindung besondere Bedeutung hat, kann zum Beispiel durch eine Drucksenkung, die von einem Leck im Primärkühlkreis verursacht wird, ein Verdampfen des Kühlmittels eintreten, das mit einem "Aufschäumen" des Primärkühlwassers im Reaktordruckbehälter einhergehen kann. Dadurch wird die Feststellung der Kühlflüssigkeitsmenge im Reaktordruckbehälter so schwierig, daß die normalen Meßeinrichtungen versagen.

Im Prinzip ist es zwar möglich, den sogenannten "kollabierten Flüssigkeitsspiegel", d.h. den Flüssigkeitsspiegel, den die Kühlflüssigkeit unter Voraussetzung bilden würde, daß der Aggregatzustand einheitlich "flüssig" wäre, durch eine Bestimmung des hydrostatischen Druckes zu messen. Die dafür erforderlichen Meßleitungen beeinträchtigen jedoch die Sicherheit des Reaktordruckbehälters, da sie durch dessen Wandung ins Freie geführt werden müßten, und zwar praktisch waagrecht, weil die Messung sonst

durch Verdampfen in den Meßleitungen verfälscht werden könnte.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, den vorgenann-  
5 ten "kollabierten Flüssigkeitsspiegel" mit vertretbarem Aufwand und ohne Durchdringung des Reaktordruckbehälters unterhalb der Hauptkühlmittelstutzen zu ermitteln.

Zur Lösung der genannten Aufgabe ist im oberen Teil des  
10 Reaktordruckbehälters ein weitgehend vertikal verlaufendes Rohr vorgesehen, das oben und unten offen ist und mindestens ein Meßgerät zur Bestimmung eines Flüssigkeitsspiegels in seinem Inneren aufweist.

15 Mit dem Rohr gelingt es, in dem im Störfall im oberen Teil des Reaktordruckbehälters vorliegenden Kühlmittel mit unterschiedlichem Aggregatzustand eine Kühlmittelsäule abzuschließen, von der die aufsteigende Dampfströmung  
20 ferngehalten wird. Deshalb entfällt dort das durch die Strömung sonst verursachte Aufschäumen. Es bildet sich ein definierter Flüssigkeitsspiegel, der mit der erforderlichen Genauigkeit dem zu ermittelnden "kollabierten Flüssigkeitsspiegel" entspricht. Dieser Flüssigkeitsspiegel im Inneren des Rohres kann mit dem Meßgerät bestimmt werden,  
25 wobei die Ausbildung des Meßgerätes im Prinzip gleichgültig ist.

Das Meßgerät muß lediglich den Anforderungen genügen, die sich aus dem Reaktorbetrieb ergeben. Es muß also  
30 temperatur- und druckbeständig sein, sowie korrosionsfest. Außerdem sollte es möglichst kleine Abmessungen haben, damit es im Inneren des Rohres untergebracht werden kann, das seinerseits ein zusätzliches Bauteil ist und deswegen möglichst raumsparend auszuführen  
35 ist.

Zur Vermeidung einer den Flüssigkeitsspiegel verfäls-

- 1-5 -

VPA 80 P 93 51 DE

schenden Strömung im Rohr kann dem unteren Rohrende eine quer zur Längsrichtung des Rohres verlaufende Barriere zugeordnet sein, um den Eintritt des aus dem Kern aufsteigenden Dampfes zu verhindern. Insbesondere kann  
5 die Barriere eine das Rohrende überdeckende Haube sein. Es kann sich aber auch um eine Abwinklung des Rohres handeln, vorzugsweise in der Form, daß das untere Rohrende U-förmig ausgebildet ist. Die Eintrittsöffnung weist dann nach oben, so daß aufströmender Dampf nicht  
10 unmittelbar in das Rohr eindringen kann.

Die Ausbildung des oberen Rohrendes kann ebenfalls dazu dienen, eine Strömung durch das Rohr zu verhindern. Insbesondere muß das Rohr gegenüber einem Deckelraum abgedichtet sein, damit der Wasserstand nicht durch Strömungen von oder zu diesem Deckelraum verfälscht wird. Es sollen lediglich Druckänderungen unmittelbar auf das Kühlmittel im Rohr übertragen werden. Hierzu kann die  
15 Öffnung des oberen Rohres auch von einer oder mehreren kleinen seitlichen Bohrungen in der Rohrwand gebildet werden, während der eigentliche Rohrquerschnitt oben abgeschlossen ist.  
20

Wie schon gesagt, kann der Flüssigkeitsspiegel mit unterschiedlichen Meßgeräten ermittelt werden. Die Meßgeräte können zum Beispiel auf die Dichte des Kühlmittels oder auf andere chemische oder physikalische Eigenschaften bezug nehmen. Bekannt sind zum Beispiel Widerstandsthermometer, die bei einer Vergleichsmessung  
30 die Wärmeableitung feststellen, die vom Aggregatzustand des Kühlmittels abhängt. Für die bei solchen Meßgeräten vorhandenen Meßfühler sind in Weiterbildung der Erfindung Barrieren gegen Strömungen des Kühlmittels vorgesehen, weil sonst die Anzeige des Flüssigkeitsspiegels  
35 durch die Kühlmittelströmung verfälscht werden würde. So sollen Öffnungen in einem Sondenrohr im Bereich des

- 4-6-

VPA 80 P 93 51 DE

Meßfühlers nur so groß sein, daß die Flüssigkeit ausreichend Zutritt hat und ein Druckausgleich möglich ist. Dies gilt auch für Trennwände, die Meßfühler in dem Sondenrohr oben und/oder unten abdichten sollen.

5

Eine besonders günstige Ausführungsform der Erfindung besitzt ein Meßgerät an einer Stelle, die dem für die Sicherheit mindestens erforderlichen "kollabierten Flüssigkeitsspiegel" entspricht. Damit kann ein Signal gegeben werden, wenn dieser Wert erreicht ist. Zum Beispiel kann dann eine zusätzliche Einspeisung von Notkühlmittel veranlaßt werden, während bei höherliegenden Flüssigkeitsspiegeln noch keine zusätzlichen Hilfsmaßnahmen erforderlich sind.

15

Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird anhand der beiliegenden Zeichnung ein Ausführungsbeispiel beschrieben, das in Fig. 1 einen Druckwasserreaktor mit seinem Reaktordruckbehälter und in Fig. 2 Einzelheiten des mit der Erfindung vorgesehenen Rohres zeigt.

Der Druckwasserreaktor besitzt einen Kern 1, der aus einzelnen Brennelementen 2 in bekannter Weise zusammengesetzt ist. Der Kern 1 wird von einem Reaktordruckbehälter 3 umschlossen. Innerhalb des Druckbehälters ist ein Kernbehälter 4 vorgesehen, der zusammen mit dem Druckbehälter 3 einen Ringraum 6 bildet. Der Ringraum 6 steht mit Stützen 7 für die kalten Stränge eines nicht weiter dargestellten Primärkühlkreises und mit der Kernunterseite in Verbindung. An der Kernoberseite sind Stützen 8 für den Anschluß der heißen Stränge mit dem sogenannten oberen Plenum 9 im Inneren des Reaktordruckbehälters 3 verbunden. Deshalb kann das über die Stützen 7 zugeführte Primärkühlwasser den Kern 1 von unten nach oben durchströmen und als erhitztes Primärkühlwasser über die Stützen 8 verlassen.

Das obere Plenum 9 ist durch eine Deckplatte 37 von dem Deckelraum 38 in einem Deckel 10 getrennt, der mit Schrauben 11 befestigt ist. In dem Deckel 11 sind Stützen 12 vorgesehen, an denen nicht weiter dargestellte Steuerstabantriebe zum Betätigen von Steuerstäben 13 sitzen. Die Steuerstäbe 13 dienen in bekannter Weise zur Leistungsregelung.

Im Normalfall ist der Reaktordruckbehälter 3 ebenso wie der gesamte in der Zeichnung nicht dargestellte Primärkühlkreis mit Wasser als Kühlmittel gefüllt, das unter einem Druck von zum Beispiel 160 bar bei einer Temperatur von 280 bis 320°C steht. Im Störfall kann jedoch bei einem Leck im Primärkühlkreis ein Kühlmittelverlust eintreten. Dadurch verringert sich die Kühlmittelmenge im Reaktordruckbehälter 3. Darüber hinaus kommt es zu einem Verdampfen des Kühlmittels, sowie zu einem Aufschäumen, wenn aus dem Reaktorkern 1 aufströmender Dampf die Flüssigkeit durch eine intensive Strömung aufwirbelt. Dennoch ist es wichtig, daß die Kühlmittelmenge im Reaktordruckbehälter 3 überwacht wird, damit stets mindestens so viel Kühlmittel im Reaktordruckbehälter 3 vorhanden ist, daß die Wärmeabfuhr der Brennelemente 2 sichergestellt ist.

Bei der Erfindung ist im oberen Plenum 9 ein vertikal verlaufendes Rohr 15, zum Beispiel mit einem Durchmesser von ca. 70 mm vorgesehen, das annähernd von der oberen Gitterplatte 16 des Kerngerüsts bis an die Deckplatte 37 reicht. Das Rohr 15 steht an seinem oberen Ende über Bohrungen 17 mit dem oberen Plenum 9 in Verbindung. Das untere Ende 18 ist völlig offen, jedoch ist dort eine Barriere 19 vorgesehen, die eine direkte Strömung in das Rohr verhindert.

Bei 20 ist ein Meßgerät für den Flüssigkeitsspiegel an-

gedeutet, dessen Meßleitung 21 in Form eines später beschriebenen Schutz- oder Sondenrohres durch eine Durchführung 22 im Deckel 10 nach außen geführt ist. Die Meßleitung 21 führt, wie durch den Pfeil 23 angedeutet sein soll, zu einer Warte, in der der Betrieb des Druckwasserreaktors überwacht und gesteuert wird, sowie zu einer Schutzeinrichtung, die Notkühlmaßnahmen veranlassen kann.

In Fig. 2 ist zu sehen, daß das Rohr 15 an seinem unteren Ende 18 mit einer gewölbten Haube 24 überdeckt ist, so daß die Strömungsbarriere 19 gebildet wird. Der Spalt 25 zwischen der Haube 24 und dem Rohrende 18 sollte jedenfalls wesentlich kleiner als der Rohrdurchmesser sein.

Die Fig. 2 zeigt ferner, daß das Meßgerät 20 zwei Widerstandsthermometer 27 und 28 umfaßt, die in einem Sondenrohr 29 angeordnet sind. Das eine Widerstandsthermometer 28 enthält eine Heizeinrichtung 30, mit der eine bestimmte Wärmemenge zugeführt wird, zum Beispiel in Form elektrischer Energie über Zuleitungsdrähte 31. Die Abfuhr dieser Wärme bestimmt die Temperaturdifferenz zwischen den Widerstandsthermometern 28 und 29, die mit den Meßdrähten 32 und 33 nach außen gemeldet wird. Da für die Wärmeabfuhr die Dichte des Kühlmittels eine entscheidende Rolle spielt, kann man auf diese Weise feststellen, ob ein absinkender Flüssigkeitsspiegel die Höhe des Meßgerätes 20 erreicht hat oder nicht.

Wie die Fig. 2 zeigt, ist das Meßgerät 20 bei der Erfindung gegen unerwünschte Strömungen des Kühlmittels dadurch geschützt, daß die Widerstandsthermometer 27 und 28 mit der Heizeinrichtung 30 nur über kleine Bohrungen 35 mit dem Inneren 36 des Rohres 15 verbunden sind. Außerdem werden durch eine Barriere 39 Strömungen im Inneren 40 des Sondenrohres 29 unterbunden.

Beim Ausführungsbeispiel ist nur ein Meßgerät 20 zur Feststellung des Mindestflüssigkeitsspiegels vorgesehen. Es sitzt an der Stelle, die den für die sichere Wärmeabfuhr gewünschten Flüssigkeitsspiegels entspricht.

- 5 Deshalb kann zum Beispiel beim Ansprechen des Meßgerätes 20 die Einspeisung von Notkühlmittel veranlaßt werden.

- 10 Die Erfindung kann aber auch so verwirklicht werden, daß mehrere Meßgeräte über die Höhe des Rohres 15 verteilt sind. Außerdem können die Meßgeräte aus Sicherheitsgründen redundant angeordnet sein.

- 15 Die Erfindung kommt für alle Kühlflüssigkeiten in Frage, bei denen der Aggregatzustand in Störfällen sich ändern kann, aber ein bestimmter Flüssigkeitsspiegel für eine ausreichende Wärmeabfuhr notwendig ist. Dies gilt allgemein für Behälter, in denen Flüssigkeiten durch aufsteigende Dämpfe oder Gase aufschäumen können und dennoch durch ein in dem Behälter angeordnetes Meßgerät 20 der "kollabierte Flüssigkeitsspiegel" festgestellt werden soll.

8 Patentansprüche

2 Figuren

Zusammenfassung5 Flüssigkeitsgekühlter Kernreaktor

In flüssigkeitsgekühlten Kernreaktoren kann es in Störfällen zu einem Aufschäumen des Kühlmittels kommen, das übliche Messungen des Flüssigkeitsstandes unbrauchbar macht. Andererseits muß sichergestellt sein, daß der Flüssigkeitsspiegel für die Wärmeabfuhr ausreicht. Mit einem vertikalen Rohr (15), das oben und unten offen ist und mindestens ein Meßgerät (20) zur Bestimmung eines Flüssigkeitsspiegels in seinem Inneren aufweist, wird erfindungsgemäß der sogenannte kollabierte Flüssigkeitsspiegel unmittelbar gemessen. Die Erfindung kommt insbesondere für Druckwasserreaktoren in Frage.

FIG 1

Nummer: 3033374  
 Int. Cl.<sup>3</sup>: G21C 17/02  
 Anmeldetag: 4. September 1980  
 Offenlegungstag: 18. März 1982

3033374

- 11 -

1/1

80 P 93 51 DE

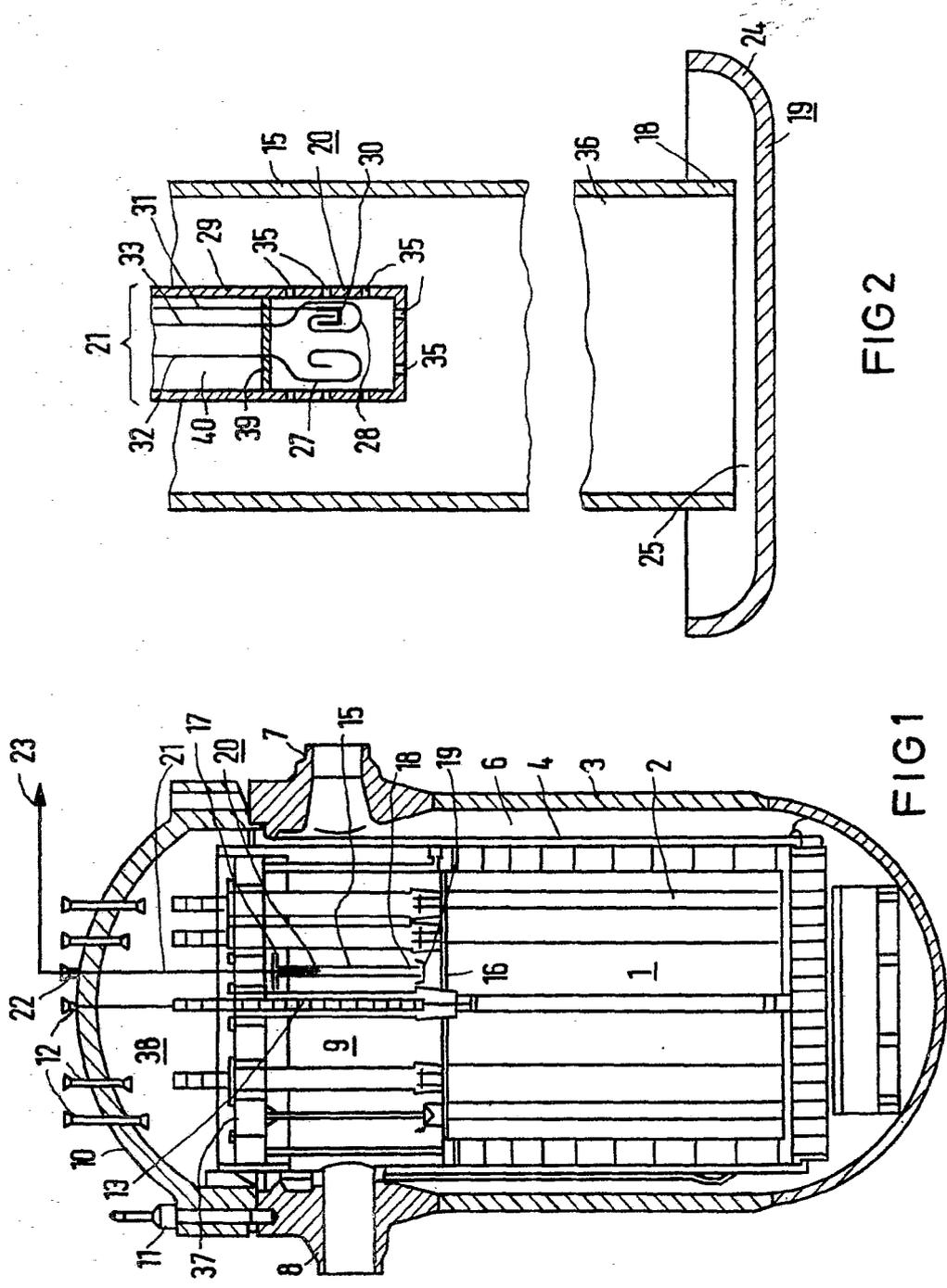


FIG 2

FIG 1