



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: G 21 C 15/00  
B 01 F 3/12



# Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

11

636 218

21 Gesuchsnummer: 7567/78

22 Anmeldungsdatum: 12.07.1978

30 Priorität(en): 08.09.1977 DE 2740437

24 Patent erteilt: 13.05.1983

45 Patentschrift  
veröffentlicht: 13.05.1983

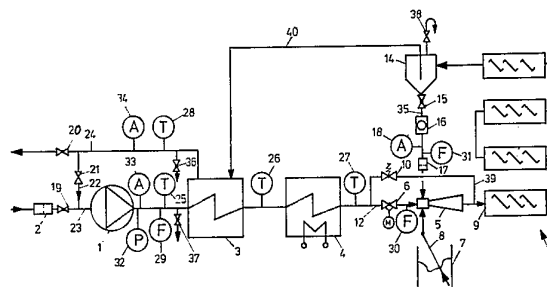
73 Inhaber:  
Brown Boveri Reaktor GmbH,  
Mannheim-Käfertal (DE)

72 Erfinder:  
Max Stiefel, Mannheim 31 (DE)

74 Vertreter:  
Jean Hunziker, Zürich

## 54 Verfahren und Einrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von Salzlösungen, insbesondere zur Anwendung in Kernreaktoranlagen.

57 Insbesondere bei der Inbetriebnahme von Kernkraftwerken werden grosse Mengen einer aus Salz und Wasser bestehenden Lösung benötigt. Um eine Auskristallisation der Salze schon vor dem Einsatz der Lösung zu verhindern, ist es erforderlich die Lösung möglichst nahe an ihrem Einsatzort herzustellen. Zur schnellen und wirtschaftlichen Herstellung einer solchen Lösung wird von der Pumpe (1) gefördert Wasser in dem Rekuperativwärmetauscher (3) vorgewärmt und in dem Durchlauferhitzer (4) auf die gewünschte Temperatur gebracht. Die Wasserzufuhrleitung (23) teilt sich hinter dem Durchlauferhitzer (4) in eine Hauptstromleitung (39) und in eine Nebenstromleitung (12). Mit Hilfe einer in der Nebenstromleitung (12) eingebauten Strahlpumpe (5) wird das Salz aus einem Behälter (7) angesaugt und mit dem hinter der Strahlpumpe (5) wieder zusammengeführten Wasserstrom durch eine Mischerkolonne (11) geführt. Ungelöste Salze und Verunreinigungen werden in einem Hydrozyklon (14) abgeschieden. Durch die Leitung (40) wird die noch warme Lösung durch den Rekuperativwärmetauscher (3) geleitet und gibt einen Teil seiner Wärme an das in der Wasserzufuhrleitung (23) strömende kalte Wasser ab. Durch die Abführleitung (24) gelangt die Lösung schliesslich zur Verwendung in die Anlage.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung einer Lösung, insbesondere zur Anwendung bei der Inbetriebnahme von wassergekühlten Kernreaktoranlagen, wobei die Lösung aus Salz und Wasser besteht, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) das Wasser wird vor der Salzzugabe erwärmt
- b) der erwärmte Wasserstrom wird in einen Haupt- und einen Nebenstrom aufgeteilt
- c) in den Nebenstrom wird die für die gesamte erwärmte Wassermenge vorgesehene Salzmenge beigegeben
- d) der salzlose Hauptstrom und der Nebenstrom werden zusammengeführt und durch eine Mischerkolonne geleitet
- e) ungelöste Salze und Verunreinigungen werden abgeschieden
- f) die warme Lösung wird im Gegenstrom zum kalten Wasser geführt.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das Wasser mittels eines Rekuperativwärmetauschers (3) vorgewärmt und mittels eines Durchlauferhitzers (4) auf die Endtemperatur gebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die ungelösten Salze dem Nebenstrom wieder zugeführt werden.

4. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Pumpe (1), ein Rekuperativwärmetauscher (3) und ein Durchlauferhitzer (4) in Reihe geschaltet sind, dass die Hauptstromleitung (39) ein Bypass der Nebenstromleitung (12) ist, dass die Ausscheidung von ungelösten Salzen und Verunreinigungen mit Hilfe eines Hydrozyklons (14) erfolgt.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der Nebenstromleitung (12) eine Strahlpumpe (5) eingebaut ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Salzzufuhrleitung (8) und eine vom Hydrozyklon (14) wegführende Leitung (35) mit der Strahlpumpe (5) verbunden sind.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass in die wegführende Leitung (35) ein Absperrventil (15) und ein Sieb (17) eingebaut sind.

8. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in die Hauptstromleitung (39) ein Druckhalteventil (10) und in die Nebenstromleitung (12) ein Regelventil (6) eingebaut sind.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung einer Lösung, insbesondere zur Anwendung bei der Inbetriebnahme von wassergekühlten Kernreaktoranlagen, wobei die Lösung aus Salz und Wasser besteht.

Bei der Inbetriebnahme einer wassergekühlten Kernreaktoranlage wird eine grosse Menge Salzlösung, und zwar hauptsächlich Borsäurelösung benötigt. Seither werden die Salzlösungen innerhalb des Kernkraftwerkes in beheizten Rührwerkskesseln chargenweise hergestellt oder als fertige Lösungen in Tankwagen angefahren. Die Herstellung in Rührwerkskesseln macht die Bereitstellung von mehreren, möglichst grossen Rührwerkskesseln erforderlich, um noch einigermaßen zeitsparend arbeiten zu können. Werden die fertigen Lösungen in Tankwagen angefahren, so besteht die Gefahr, dass die Lösung bei Ankunft im Kernkraftwerk eine andere Temperatur aufweist als am Herstellungsort. Das Salz kristallisiert dann aus und setzt sich am Boden des Tankwagens ab, so dass die Lösung nicht die gewünschte Konzentration aufweist. Die aufgezeigten Methoden sind zeitraubend und teuer.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur schnell-

len und wirtschaftlichen Herstellung von Salzlösungen insbesondere innerhalb eines Kernkraftwerkes zu finden.

Gelöst wird die Aufgabe durch folgende Merkmale:

- a) Das Wasser wird vor der Salzzugabe erwärmt,
- b) der erwärmte Wasserstrom wird in einen Haupt- und einen Nebenstrom aufgeteilt,
- c) in den Nebenstrom wird die für die gesamte, erwärmte Wassermenge vorgesehene Salzmenge beigegeben,
- d) der salzlose Hauptstrom und der Nebenstrom werden zusammengeführt und durch eine Mischerkolonne geleitet
- e) ungelöste Salze und Verunreinigungen werden abgeschieden
- f) die warme Lösung wird im Gegenstrom zum kalten Wasser geführt.

Vorzugsweise wird das Wasser mittels eines Rekuperativwärmetauschers vorgewärmt und mittels eines Durchlauferhitzers auf die Endtemperatur gebracht.

Die ungelösten Salze werden vorteilhaft dem Nebenstrom wieder zugeführt.

Die Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Pumpe, ein Rekuperativwärmetauscher und ein Durchlauferhitzer in Reihe geschaltet sind, dass die Hauptstromleitung ein Bypass der Nebenstromleitung ist, dass die Ausscheidung von ungelösten Salzen und Verunreinigungen mit Hilfe eines Hydrozyklons erfolgt.

In die Nebenstromleitung ist vorteilhaft eine Strahlpumpe eingebaut. Diese Strahlpumpe kann mit der Salzzufuhrleitung und mit der vom Hydrozyklon wegführenden Leitung verbunden sein.

In die vom Hydrozyklon wegführende Leitung ist zweckmässig ein Absperrventil und ein Sieb eingebaut.

Ein Druckhalteventil kann in die Hauptstromleitung und ein Regelventil in die Nebenstromleitung eingebaut sein.

Anhand der schematischen Darstellung und eines Ausführungsbeispiels wird das erfindungsgemässe Verfahren mit Einrichtung beschrieben.

Mit einer Pumpe 1 wird aus einem nicht dargestellten Becken oder einer Prozessleitung Wasser über das Sieb 2 angesaugt, strömt durch die Wasserzufuhrleitung 23, wird in dem Rekuperativwärmetauscher 3 vorgewärmt und mit dem Durchlauferhitzer 4 auf die gewünschte Temperatur gebracht. Die in die Nebenstromleitung 12 eingebaute Strahlpumpe 5, deren Durchfluss über das Regelventil 6 eingestellt wird, saugt das zu lösende Salz aus dem Behälter 7 über die Salzzufuhrleitung 8 an und speist es vor dem statischen Mischer 9 der Mischerkolonne 11 in den durch das Druckhalteventil 10 gedrosselten Hauptstrom wieder an. Die Mischerkolonne 11 besteht aus mehreren Mixern 9, die jeweils von unten nach oben durchströmt werden.

Der Durchmesser, der in den statischen Mixern nach der Mischstrecke nachgeschalteten Verweilstrecke (nicht detailliert dargestellt) wird so gewählt, dass bei minimalem Durchsatz der Anlage die Strömungsgeschwindigkeit der Sinkgeschwindigkeit des grössten Kornes entspricht. Die Durchmesser der einzelnen Verweilstrecken können also in der Reihenfolge der Durchströmung grösser gewählt werden, um ein optimales Verhältnis zwischen Verweilzeit und Apparategrösse zu erreichen. Nach dem Verlassen der Mischerkolonne strömt die Lösung durch einen Hydrozyklon 14. Hier werden eventuell nicht gelöste Salze bzw. unlösliche Verunreinigungen abgeschieden. Die noch nicht gelösten Salze werden durch die Leitung 35 über Ventil 15, Durchflussschauglas 16 und Sieb 17 wieder der Strahlpumpe 5 zugeführt. Ab einer bestimmten Trübung wird über das Trübungsmessgerät 18 und das Regelventil 6 der Durchfluss durch die Strahlpumpe 5 gedrosselt und damit die Salzzufuhr verringert. Dadurch wird gewährleistet, dass das Salz vollständig gelöst wird. Im Rekuperativwärmetauscher 3 wird die über die Leitung 40 zugeführte Lösung auf wenige K über der Eintrittstemperatur der Ausgangslösung abgekühlt. Die Messung 34

(Alternativ: Trübung, Dichte, Leitfähigkeit o.ä.) bietet die Gewähr, dass keine Übersättigung bei der Abkühlung im Rekuperativwärmetauscher erfolgen kann.

Zum Aufheizen beim Anfahren der Anlage werden die Ventile 19 und 20 geschlossen und 21 geöffnet. Während des Durchlaufbetriebes ist das Ventil 21 der Verbindungsleitung 22 geschlossen und die Ventile 19 und 20 der Wasserzufuhrleitung 23 und der Abfuhrleitung 24 sind geöffnet. Die Ventile 36 und 37 dienen der Probenahme. Über die automatische Entlüftung 38 wird eine Gasansammlung im Hydrozyklon 14 verhindert. Die Temperaturmessung 25 verhindert ein weiteres Aufheizen über dem Durchlauferhitzer 4, falls die zulässige Beckentemperatur erreicht wird.

Die Temperaturmessungen 26 und 27 dienen der Regelung des Durchlauferhitzers 4 und die Temperaturmessung 28 kontrolliert die zulässigen Austrittstemperaturen. Mehrere Durchflusssmessstellen 29, 30 und 31 dienen der Funktionskontrolle bzw. Einstellung der Durchflussmengen.

Die Druckmessung 32 ist zur Funktionskontrolle der Pumpe erforderlich. Über die Differenz aus der Analysenmessung 33 und 34 kann die Dosierung von Hand oder automatisch geregelt werden.

Aus Transport- und Aufstellungsgründen kann die ganze Einrichtung fahrbar bzw. bei grosser Leistungseinheit auch in Modulen ausgeführt werden.

Diese Moduleinheiten wie z.B. Pumpe und Strahler, Wärmetauscher, Durchlauferhitzer und statischer Mischer und Zyklon können für andere Inbetriebnahmeaufgaben wie beispielsweise Anlagenreinigung mit anderen Einheiten wie z.B. Filter, Hydrazin-Zuspeisung oder Wasserstoffperoxid-Zudosierung zur Aufarbeitung von hydrazinhaltigen Lösungen kombiniert werden, um dadurch Investitionskosten zu sparen.

Aufgrund der hohen Aufheizung von z.B. 80 °C kann eine schnelle Lösung von beispielsweise 6% Borsäure erreicht werden.

Durch den Einsatz des Hydrozyklons werden Verstopfungen durch Verunreinigungen der Anlage und Sedimentation im jeweiligen Lagerbecken bzw. Behälter vermieden.

Mit der rekuperativen Rückkühlung wird Energie gespart und unzulässige Beckenerwärmung vermieden. Die Analysenmessung 34 am Auslauf gewährleistet, dass keine übersättigten Lösungen zubereitet werden, die anschliessend im Becken sedimentieren.

Für die Herstellung der Lösungen brauchen nur die Salze transportiert und gelagert werden.

Die Herstellung der Lösung erfolgt kontinuierlich aus dem Becken in das Becken oder noch schneller aus einem Becken in ein zweites Becken bzw. aus der Prozessleitung in einen Behälter oder Becken.

