



(10) **DE 10 2012 007 210 B4** 2016.05.19

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 007 210.4**

(22) Anmeldetag: **10.04.2012**

(43) Offenlegungstag: **23.08.2012**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.05.2016**

(51) Int Cl.: **F01K 3/02 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Maaß, Hans-Jürgen, Dr. Ing., 01328 Dresden, DE

(72) Erfinder:
Maaß, Hans-Jürgen, Dr.-Ing., 01328 Dresden, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	000002333914	A1
DE	25 41 910	A1
DE	28 01 189	A1
DE	10 2006 044 789	A1
US	6 192 687	B1
US	3 848 416	A

**Cube, Hans Ludwig von: Handbuch der
Energiespartechiken : Kompendium für Lehre
und Praxis. 3. Karlsruhe : Müller, 1983. 216. - ISBN
3-7880-7213-X**

**Dittmann Achim et. al.: Energiewirtschaft.
Stuttgart : Teubner, 1998. 184 - 190. - ISBN 3-519-
0631-1**

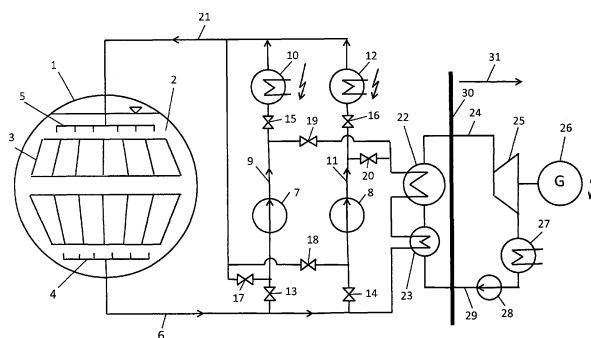
**Einsatz keramischer Werkstoffe
für Corestrukturen innovativer
Druckwasserreaktoren an der Fakultät für
Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen
Technischen Hochschule Aachen, 1998**

**KUGELER, Kurt; PHILIPPEN, Peter-W.:
Energietechnik : Technische, ökonomische
und ökologische Grundlagen. 2. Aufl.. Berlin :
Springer, 1993. 244. - ISBN 978-3-540-55871-2**

**SAUER, Erich: Energietransport, -speicherung
und -verteilung. 11. Gräefeling [u.a.] : Technischer
Verl. Resch [u.a], 1982 (Handbuchreihe Energie ;
Bd.11). 252. - ISBN 3_87806-056-5 oder 3-88585-
056-7**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur thermischen Speicherung von Elektroenergie**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur thermischen Speicherung von Elektroenergie, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Sicherheitsbehälter (1) eines Leichtwasserreaktors eines stillgelegten Kernkraftwerkes durch Elektroenergie aufgeheiztes Wärmeträgeröl (2) gelagert und bei Bedarf zur Erzeugung von Dampf abgekühlt und der dabei erzeugte Dampf außerhalb des Sicherheitsbehälters (1) mittels der Dampfturbine (25) und dem zugehörigen Generator (26) des stillgelegten Kernkraftwerkes in Elektroenergie umgewandelt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur thermischen Speicherung von Elektroenergie in dem Sicherheitsbehälter eines Leichtwasserreaktors.

[0002] Der Bedarf und die Erzeugung von Elektroenergie liegen zeitlich oft weit auseinander. So besteht in der Nacht häufig ein Überangebot und an bestimmten Tageszeiten ein Mangel an Elektroenergie. Ähnlich ist es bei dem Anfall von Elektroenergie aus Windkraftanlagen, bei denen an manchen windreichen Tagen ein Überangebot und an windstillen Tagen überhaupt keine Elektroenergie erzeugt wird. Gleiches gilt für die Erzeugung von Solarenergie, die ebenfalls tageszeitlich meistens nicht bedarfsgerecht erzeugt wird. Aus diesem Grund versucht man, die Energie zu speichern.

[0003] Bekannt ist die Energiespeicherung mit Hilfe von Pumpspeicherwerken, Druckluftspeichern, Dampfspeicheranlagen und Flüssig- und Feststoffspeichern. So wird in dem Buch von A. Dittmann, J. Zschernig, Energiewirtschaft, Verlag B. G. Teubner, Stuttgart 1998 auf der Seite 184 ein Dampf-Gefällespeicher beschrieben, bei dem in einem Behälter der Ladevorgang durch Eindüsen von Wasserdampf in siedende Flüssigkeit ermöglicht wird. Durch die Teilkondensation des Dampfes erhöht sich die innere Energie, so dass gleichzeitig eine Drucksteigerung auftritt. Beim Entladevorgang wird der Dampf mit Hilfe von Dampfturbinen in Elektroenergie umgewandelt.

[0004] Eine andere Art der Wärmespeicherung erfolgt gemäß der DE 2 801 189 A1, bei der während des Ladevorganges überhitzter Dampf seine Wärme in einem Behälter an Füllsteine abgibt, wobei er kondensiert. Beim Entladevorgang wird der Flüssigkeitsspiegel in der Füllsteinpackung angehoben. Dadurch kommt die Flüssigkeit mit den überhitzten Füllsteinen in Berührung und verdampft. Der entstehende Dampf wird mit Hilfe von Dampfturbinen in Elektroenergie umgewandelt. Für eine Speicherung größerer Energiemengen sind diese Verfahren nicht geeignet, da die Behälter eine entsprechende Größe aufweisen und auf Grund des hohen Druckes so stark dimensioniert sein müssen, dass eine technische Ausführung sehr schwierig ist.

[0005] Um diesem Problem Abhilfe zu schaffen, wird gemäß der DE 2 541 910 A1 ein Langzeitspeicher, insbesondere für Kernkraftwerke, vorgeschlagen, bei dem das Speichermedium im wesentlichen aus Wasser besteht, welches in großen Behältern eingeschlossen ist, wobei die von dem Speicherbehälter auf die Behälterwandung ausgeübten Druckkräfte von der Umgebung des Speicherbehälters aufgenommen werden. Die Umgebung des Speicherbe-

hälters besteht aus Gestein bzw. der Speicherbehälter ist als eine Kaverne in einem Salzstock ausgebildet. Daher ist der Speicherbehälter Bestandteil eines Bergwerkes. Nachteilig bei diesem Vorschlag ist, dass der Standort eines Kraftwerkes nur in sehr seltenen Fällen mit dem Standort eines Bergwerkes übereinstimmt.

[0006] Weiterhin wird in dem Buch von Dr. – Ing. Erich Sauer, Prof. Dr. – Ing. Roland Zeise, Energietransport, -speicherung und -verteilung, Handbuchreihe Energie, Band 11, Technischer Verlag Resch – Verlag TÜV Rheinland, 1983, auf der Seite 252 vorgeschlagen, ein Kernkraftwerk (Druckwasserreaktor) mit einer Dampfspeicheranlage auszustatten. Diese Dampfspeicheranlage ist völlig separat neben dem Druckwasserreaktor angeordnet. Sie arbeitet nach dem Prinzip der Gefällespeicherung. Um eine Leistung von 400 MW über einen Zeitraum von zwei Stunden zu erzeugen, kommen 64 Hauptspeicher mit einem Speichervolumen (Wasserfüllung) von je 580 m³ bei 20 bar/212°C und 8 Überhitzungsspeicher mit je 180 m³ bei 48 bar/260°C zur Anwendung. Zur Realisierung dieser Variante ist ein sehr großer technischer Aufwand erforderlich.

[0007] Eine weitere Art der Energiespeicherung ist aus der DE 10 2006 044 789 A1 bekannt. Dort wird eine Dampfspeichervorrichtung beschrieben, bei der durch das Speichermedium Wärme durch Kondensation von dampfförmigem Arbeitsmedium aufgenommen und durch Verdampfung von flüssigem Arbeitsmedium abgegeben wird. Diese Dampfspeicherung umfasst eine Mehrzahl von parallel angeordneten und zylindrisch ausgebildeten Druckbehältern, in denen sich sowohl dampfförmiges als auch flüssiges Arbeitsmedium speichern lässt. Die Druckbehälter stehen einerseits über eine Regeleinrichtung fluidwirksam mit einem Reservoir für das flüssige Arbeitsmedium und andererseits mit einer Sammeleinrichtung für das dampfförmige Arbeitsmedium in Verbindung. Die Druckbehälter sind von einem Speichermedium so umgeben, dass ein thermischer Kontakt besteht. Als Speichermedien werden Latentwärmespeichermaterialien und insbesondere Phasenwechselmaterialien wie technische Salze genannt. Bei einer Änderung des Aggregatzustandes des Speichermediums bleibt seine Temperatur annähernd konstant, so dass eine isotherme Dampfaufnahme und Dampfabgabe möglich ist. Diese Schrift enthält den Hinweis, dass die Dampfspeichervorrichtung u. a. als Sicherheitspeichervorrichtung bei Ausfall eines Kühlkreislaufes eines Kernkraftwerkes eingesetzt werden kann, um die Reaktorsicherheit zu erhöhen. Für eine Speicherung von größeren Energiemengen ist diese Dampfspeichervorrichtung auf Grund des Einsatzes der Latentspeichermaterialien nicht geeignet.

[0008] Aus der US 6 192 687 B1 ist ein Wärmespeicher bekannt, der bei dem Ausfall einer Strom-

quelle als Ersatzstromquelle dient. In diesem Wärmespeicher wird ein Material, z. B. Öl oder ein Feststoff, elektrisch oder mit Gas erwärmt und im erwärmten Zustand aufbewahrt. Bei Bedarf an Elektroenergie wird Wasser in den Wärmespeicher geleitet und verdampft. Der Dampf wird in eine Dampfturbine geführt, die mit einem Generator verbunden ist, in dem der benötigte elektrische Strom erzeugt wird. Die US 6 192 687 B1 enthält keinen Hinweis auf die thermische Speicherung von Elektroenergie in dem Sicherheitsbehälter eines Leichtwasserreaktors bei der Stilllegung eines Kernkraftwerkes.

[0009] Weiterhin ist aus der US 3 848 416 A eine Kombination eines Kernkraftwerkes mit einem Wärmespeichersystem bekannt, das dazu dient, die von dem Kernkraftwerk in Zeiten eines niedrigen Strombedarfes erzeugte Wärme zu speichern und in Zeiten eines erhöhten Strombedarfes wieder abzugeben. Dabei wird eine Fluoridsalzschnmelze als Wärmespeicher genutzt, dessen Wärme durch Zirkulation von flüssigem Blei abgeführt wird. Diese Wärme wird zur Erzeugung von Dampf verwendet, welcher in eine Dampfturbine geführt wird. Die Dampfturbine ist mit einem Generator verbunden, der elektrischen Strom erzeugt. Dieses System der thermischen Speicherung von Elektroenergie ist durch das Arbeiten mit einer Salzschnmelze und der Kreislaufführung des flüssigen Bleies sehr kompliziert und aufwendig. Außerdem ist es bei der Stilllegung des Kernkraftwerkes nicht anwendbar.

[0010] In der Dissertation von Norbert Henkel, Einsatz keramischer Werkstoffe für Corestrukturen innovativer Druckwasserreaktoren an der Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, 1998, ist der Druckwasserreaktor als der am weitesten verbreitete Reaktortyp genannt. Es wird ein 1300 MW-Druckwasserreaktor der Konvoi-Baureihe der Siemens KWU beschrieben, bei dem die Entwicklung eines neuen Brennelementes untersucht wird.

[0011] Ein Kernkraftwerk besteht bekanntermaßen aus einem Reaktorschutzgebäude, in dem der Kernreaktor einschließlich der dazugehörigen Nebenanlagen untergebracht ist, einem Dampferzeuger und einer meist mehrstufigen Dampfturbine, die mit einem Generator zur Erzeugung von Elektroenergie gekoppelt ist. Der Kernreaktor besteht aus einem druckdichten Reaktordruckbehälter, in dem sich die Brennelemente, die Steuerstäbe und die Steuerstabantriebe befinden. Der Reaktordruckbehälter steht unter einem Druck von ca. 160 bar bei einer Wassertemperatur von etwa 320°C. Er wird durch einen Primär-Wasserkreislauf, der zu einem Dampferzeuger führt, gekühlt. Hier wird die Wärme, sofern es sich um einen Druckwasserreaktor handelt, an einen Sekundär-Wasserkreislauf abgegeben, wo das Wasser wegen des niedrigeren Druckes von etwa 60

bar bei 280°C siedet. Dieser Wasser-Dampf-Kreislauf führt zu einer Dampfturbine, die mit einem Generator zur Erzeugung von Elektroenergie gekoppelt ist. Die Dampfturbine arbeitet in der Regel im Nassdampfbetrieb.

[0012] Der Reaktordruckbehälter mit verschiedenen Reaktornebenanlagen und sicherheitstechnischen Einrichtungen und der Dampferzeuger befinden sich in dem Sicherheitsbehälter. Eine Betonhülle schützt den Sicherheitsbehälter gegen Einwirkungen von außen. Der Sicherheitsbehälter dient im Fall einer аварie dem Auffangen des kontaminierten Wassers.

[0013] Die Dampfturbine und der Generator befinden sich außerhalb des Sicherheitsbehälters. Sie stehen aber mit dem Leichtwasserreaktor in unmittelbarer Wirkverbindung.

[0014] Nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima in Japan wurde von der deutschen Regierung beschlossen, die Kernkraftwerke in Deutschland nach und nach außer Betrieb zu nehmen. Die Betreiber der Kernkraftwerke stehen nun vor dem Problem, diese Kraftwerke abzurüsten.

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die stillgelegten Kernkraftwerke so umzurüsten, dass mit vertretbarem technischen Aufwand in den Zeiten, in denen Elektroenergie ausreichend vorhanden ist, Wärmeenergie gespeichert und danach im Bedarfsfall als Elektroenergie wieder abgegeben werden kann.

[0016] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Verfahrens nach Anspruch 1, sowie nach den Merkmalen der Vorrichtung nach Anspruch 5 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen dieser Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen. Das Abkühlen des Wärmeträgeröles kann dabei innerhalb oder außerhalb des Sicherheitsbehälters erfolgen. Der bei dem Abkühlen des Wärmeträgeröles erzeugte Dampf wird dann mittels der Dampfturbine und dem zugehörigen Generator des stillgelegten Kernkraftwerkes in Elektroenergie umgewandelt. Die Dampfturbine und der mit ihr gekoppelte Generator zur Stromerzeugung befinden sich außerhalb des Sicherheitsbehälters.

[0017] Zweckmäßigerweise beträgt der Siedepunkt des Wärmeträgeröles mindestens 330°C. Ebenso ist es zweckmäßig, das Wärmeträgeröl während des Aufheizvorganges auf eine Temperatur von mindestens 350°C zu erhitzen, wobei der Dampfdruck den Wert von 3,0 bar nicht überschreitet. Es ist fernerhin zweckmäßig, das Aufheizen und das Abkühlen des Wärmeträgeröles außerhalb des Sicherheitsbehälters vorzunehmen.

[0018] Im Sicherheitsbehälter eines Leichtwasserreaktors eines stillgelegten Kernkraftwerkes befindet

sich Wärmeträgeröl, das durch überschüssige Elektroenergie aufgeheizt und bei Bedarf an Elektroenergie abgekühlt wird. Der Sicherheitsbehälter ist beim Aufheizen des Wärmeträgeröles über Rohrleitungen mit Pumpen und elektrischen Heizeinrichtungen so verbunden, dass eine Kreislauffahrweise des Wärmeträgeröles ermöglicht wird. Der Sicherheitsbehälter ist bei dem Abkühlen des Wärmeträgeröles ebenfalls über Rohrleitungen mit den Pumpen und einem Dampferzeuger ebenfalls so verbunden, dass eine Kreislauffahrweise des Wärmeträgeröles ermöglicht wird. Der Dampferzeuger steht mit der Dampfturbine und dem zugehörigen Generator des stillgelegten Kernkraftwerkes in unmittelbarer Wirkverbindung.

[0019] Es ist zweckmäßig, dass die Pumpen, die elektrischen Heizeinrichtungen und der Dampferzeuger außerhalb des Sicherheitsbehälters angeordnet sind. In dem Sicherheitsbehälter sind strömunglenkende Einbauten mit radialen Strombrechern angebracht, die einerseits eine Rotation des Behälterinhaltes verhindern und andererseits die Ausbildung einer Pfropfenströmung ermöglichen. Bei einer Weiterentwicklung der Vorrichtung ist dem Dampferzeuger in der Strömungsrichtung des Wärmeträgeröles gesehen ein Speisewasservorwärmer nachgeordnet. Dieser dient der Vorwärmung des Kondensates, das danach in einem vorgewärmten Zustand in den Dampferzeuger strömt. Um einen Wärmeverlust des sich in dem Sicherheitsbehälter befindenden erhitzten Wärmeträgeröles zu vermeiden, ist der Sicherheitsbehälter an seiner Außenwandung mit einer Wärmeisolationsschicht versehen.

[0020] Als Wärmeträgeröl kann Mineralöl, synthetisches Öl oder Silikonöl verwendet werden. Aber auch Salzschnmelzen kommen für eine Verwendung als Wärmeträgeröl in Betracht. Hierbei können insbesondere die Salze Kaliumnitrat, Kaliumnitrit, Natriumnitrat, Natriumnitrit oder Kalziumnitrat benutzt werden.

[0021] Zumeist ist ein Kernreaktor als Leichtwasserreaktor ausgebildet. Unter einem Leichtwasserreaktor wird im Sinne der Erfindung ein Druckwasserreaktor oder ein Siedewasserreaktor verstanden.

[0022] Der Kern der Erfindung besteht somit darin, den Sicherheitsbehälter eines Kernkraftwerkes zu entkernen und als thermischen Speicher für Elektroenergie zu verwenden. Die anderen Teile des Kernkraftwerkes, nämlich die Dampfturbine und der Generator können weiter genutzt werden. Auf diese Weise braucht bei einer Stilllegung nicht das gesamte Kernkraftwerk abgetragen zu werden, sondern nach einer Umrüstung kann der Sicherheitsbehälter als thermischer Speicher für Elektroenergie weiter genutzt werden.

[0023] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

[0024] Es zeigen:

[0025] Fig. 1 ein Schema, gemäß dem das Wärmeträgeröl aufgeheizt wird, und

[0026] Fig. 2 ein Schema, gemäß dem mit dem aufgeheizten Wärmeträgeröl Dampf erzeugt wird.

[0027] Da in Deutschland mehrere Kernkraftwerke von der Siemens KWU errichtet wurden, wird hier ein 1300 MW Druckwasserreaktor der Konvoi-Baureihe der Siemens KWU zu Grunde gelegt.

[0028] In einem Reaktorschutzgebäude, welches in der Zeichnung nicht dargestellt ist, ist der Sicherheitsbehälter **1** eines solchen Druckwasserreaktors untergebracht. Nach der Stilllegung des Kernkraftwerkes wurden aus dem Sicherheitsbehälter **1** der Reaktordruckbehälter einschließlich der Brennelemente, die Reaktornebenanlagen, die sicherheitstechnischen Einrichtungen und der Dampferzeuger entfernt. Der Sicherheitsbehälter **1** wurde vollständig entkernt und gereinigt. Er ist kugelförmig ausgebildet und besteht aus Stahl mit einer Wandstärke von 38 mm. Der Durchmesser des Sicherheitsbehälters **1** beträgt 56 m. Er ist für einen störfallbedingten Überdruck von 5,3 bar ausgelegt. Das Gesamtvolumen des Sicherheitsbehälters **1** beträgt 92.000 m³, der Sicherheitsbehälter **1** ist mit 85.000 m³ Wärmeträgeröl **2** gefüllt.

[0029] Als Wärmeträgeröl **2** wird gemäß diesem Beispiel synthetisches Öl genutzt.

[0030] Der Sicherheitsbehälter **1** ist außen mit einer Wärmeisolationsschicht versehen. Die äußere Wärmeisolationsschicht ist so dimensioniert, dass auch nach einem längeren Zeitraum das stark erhitzte Wärmeträgeröl **2** fast nicht abkühlt. Er ist zu etwa 90% mit dem Wärmeträgeröl **2** gefüllt. In der oberen und der unteren Halbkugel sind jeweils strömunglenkende Einbauten **3** in Form eines Multidiffusors mit radialen Strombrechern angeordnet, die dem gleichmäßigen vertikalen Durchströmen des Sicherheitsbehälters **1** dienen. Im unteren Teil des Sicherheitsbehälters **1** ist der untere Ringverteiler **4** angeordnet, durch den das Wärmeträgeröl **2** zugeführt oder entnommen wird. Ebenso ist im oberen Teil des Sicherheitsbehälters **1** der obere Ringverteiler **5** vorgesehen, durch den gleichfalls das Wärmeträgeröl **2** zugeführt oder entnommen wird.

[0031] Wenn Elektroenergie im Überschuss vorliegt, wird das Wärmeträgeröl **2** aufgeheizt. Dies erfolgt über einen Außenkreislauf. Hierzu wird – wie aus der Zeichnung gemäß Fig. 1 ersichtlich – das Wärmeträ-

geröl **2** dem Sicherheitsbehälter **1** durch den unteren Ringverteiler **4** entnommen und über die erste Pumpenleitung **6** zu der ersten Pumpe **7** und der zweiten Pumpe **8** geführt. Die erste Pumpe **7** fördert das Wärmeträgeröl **2** über die zweite Pumpenleitung **9** zu der ersten elektrischen Heizeinrichtung **10**, in dem es erhitzt wird. Gleichzeitig fördert die zweite Pumpe **8** das Wärmeträgeröl **2** über die dritte Pumpenleitung **11** zu der zweiten elektrischen Heizeinrichtung **12**, in dem es gleichfalls erhitzt wird. Dabei sind das erste Ventil **13**, das zweite Ventil **14**, das dritte Ventil **15** und vierte Ventil **16** geöffnet, dagegen sind das fünfte Ventil **17**, das sechste Ventil **18**, das siebente Ventil **19** und das achte Ventil **20** geschlossen. Die beiden elektrischen Heizeinrichtungen **10**, **12** bestehen jeweils aus elektrischen Heizregistern.

[0032] In der Zeichnung ist aus Gründen der Übersichtlichkeit ein Außenkreislauf mit nur zwei Pumpen und zwei elektrischen Heizeinrichtungen dargestellt. In der Praxis sind jedoch mehr Pumpen und Heizeinrichtungen erforderlich. In den beiden elektrischen Heizeinrichtungen **10**, **12**, die jeweils über eine elektrische Heizleistung von 100 MW verfügen, wird das Wärmeträgeröl **2** von einer Temperatur von 280°C auf 350°C erhitzt und über die Heißölleitung **21** wieder in den Sicherheitsbehälter **1** zurückgeführt. Das Aufheizen auf diese Temperatur in einem Durchlauf ist die Voraussetzung dafür, dass die Temperaturschichtung in dem Speicherbehälter **1** erhalten bleibt. Das heiße Wärmeträgeröl **2** wird mit Hilfe des oberen Ringverteilers **5** in dem oberen Bereich des Speicherbehälters **1** mit niedriger Austrittsgeschwindigkeit verteilt. Die strömungslenkenden Einbauten **3** bewirken, dass der Zustrom gleichmäßig über den in Strömungsrichtung größer werdenden Querschnitt verteilt wird. Die radialen Strombrecher verhindern die Ausbildung einer Rotation des Behälterinhaltes. Dadurch entsteht eine nahezu ideale Pfropfenströmung von oben nach unten, es wird die angestrebte Temperaturschichtung des Wärmeträgeröles **2** gewährleistet. Der Volumenstrom des Wärmeträgeröles **2** beträgt 2.500 m³/h pro Pumpe **7** bzw. **8**. Der Aufheizvorgang ist beendet, wenn im Speicherbehälter **1** die Temperatur des unten abgesaugten Wärmeträgeröles einen vorgegebenen Maximalwert erreicht hat. Die Aufheizzeit dauert 6,8 Stunden, wenn die Heizleistung beim Speichern 500 MW beträgt, die speicherbare Wärmemenge beträgt 3,4 GWh.

[0033] Bei Bedarf an elektrischem Strom wird die in dem Sicherheitsbehälter **1** gespeicherte Wärmeenergie in Elektroenergie umgewandelt. Hierzu wird – wie aus **Fig. 2** ersichtlich – das heiße Wärmeträgeröl **2** dem Sicherheitsbehälter **1** über den oberen Ringverteiler **5** entnommen und über die Heißölleitung **21** mit Hilfe der beiden Pumpen **7** und **8** über die zweite Pumpenleitung **9** und die dritte Pumpenleitung **11** dem Dampferzeuger **22** zugeführt. Dabei werden das fünfte Ventil **17**, das sechste Ventil **18**, das siebente

Ventil **19** und das achte Ventil **20** geöffnet, wogegen das erste Ventil **13**, das zweite Ventil **14**, das dritte Ventil **15** und das vierte Ventil **16** geschlossen bleiben. Es werden die gleichen Pumpen **7** und **8** benutzt wie bei dem Aufheizvorgang. Um jedoch einen Volumenstrom von 12.500 m³/h zu erreichen, der für eine Wärmeleistung von 500 MW erforderlich ist, müssen zur Bereitstellung der benötigten Wärmeleistung für das Verdampfen in Abhängigkeit von der benötigten Dampfmenge mehrere Pumpen parallel arbeiten.

[0034] Der Dampferzeuger **22** wird im Gegenstrom betrieben. Das heiße Wärmeträgeröl **2** tritt mit einer Temperatur von 350°C oben in den Dampferzeuger **22** ein und verlässt diesen unten wieder mit einer Temperatur unterhalb von 280°C. Anschließend wird es in den Speisewasservorwärmer **23** geführt, wo es zur Vorwärmung des Kondensates dient. Danach strömt das Wärmeträgeröl **2** über die erste Pumpenleitung **6** und den unteren Ringverteiler **4** wieder in den Sicherheitsbehälter **1** zurück. In diesem fließt es als Pfropfenströmung von unten nach oben, so dass oben immer Wärmeträgeröl **2** mit hoher Temperatur entnommen werden kann. Die gespeicherte Wärme ist erschöpft, wenn die Entnahmetemperatur einen vorgegebenen Minimalwert erreicht hat.

[0035] Der Dampferzeuger **22** weist eine Verdampfungsleistung von 500 MW auf. Der in diesem erzeugte Dampf wird mit einer Temperatur von 280°C und bei einem Druck von 65 bar über die Dampfleitung **24** in die Dampfturbine **25** geführt. Diese ist direkt mit dem Generator **26** gekoppelt, der elektrischen Strom erzeugt.

[0036] Die Dampfturbine **25** verlässt ein Niederdruckdampf, der in dem Kondensator **27** kondensiert wird. Das dabei entstehende Kondensat wird mit Hilfe der Sekundärwasserpumpe **28** über die Kondensatleitung **29** zu dem Speisewasservorwärmer **23** geführt. Dort wird das Kondensat vorgewärmt und anschließend in den Dampferzeuger **22** geleitet, in dem es wieder verdampft wird. Der Dampferzeuger **22** hat eine Verdampfungsleistung von 500 MW, die mit der gespeicherten Wärme erzeugbare Dampfmenge beträgt 7.200 t. Der erzeugte Dampf wird im Kreislauf geführt und zum Antrieb der Dampfturbine **25** genutzt.

[0037] Der in den beiden Figuren gezeichnete dicke Strich **30** trennt die erfindungsgemäßen Anlagenteile von denen eines herkömmlichen Kernkraftwerkes. Die in der Richtung des Pfeiles **31** gezeichneten Anlagenteile gehören zu einem herkömmlichen Kernkraftwerk und können als solche weiter genutzt werden. Sie brauchen somit bei einer Stilllegung des Kernkraftwerkes nicht demontiert zu werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Speicherung von Elektroenergie, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Sicherheitsbehälter (1) eines Leichtwasserreaktors eines stillgelegten Kernkraftwerkes durch Elektroenergie aufgeheiztes Wärmeträgeröl (2) gelagert und bei Bedarf zur Erzeugung von Dampf abgekühlt und der dabei erzeugte Dampf außerhalb des Sicherheitsbehälters (1) mittels der Dampfturbine (25) und dem zugehörigen Generator (26) des stillgelegten Kernkraftwerkes in Elektroenergie umgewandelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Siedepunkt des Wärmeträgeröles (2) mindestens 330°C beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wärmeträgeröl (2) während des Aufheizvorganges auf eine Temperatur von mindestens 350°C erhitzt wird und der Dampfdruck den Wert von 3,0 bar dabei nicht überschreitet.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Aufheizen und Abkühlen des Wärmeträgeröles (2) außerhalb des Sicherheitsbehälters (1) erfolgt.

5. Vorrichtung zur thermischen Speicherung von Elektroenergie, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Sicherheitsbehälter (1) eines Leichtwasserreaktors eines stillgelegten Kernkraftwerkes sich ein Wärmeträgeröl (2) befindet, der Sicherheitsbehälter (1) zum Aufheizen des Wärmeträgeröles (2) über Rohrleitungen mit Pumpen (7), (8) und elektrischen Heizeinrichtungen (10), (12) und bei dem Abkühlen des Wärmeträgeröles (2) mit den Pumpen (7), (8) und einem Dampferzeuger (22) verbunden ist, wobei der Dampferzeuger (22) mit der Dampfturbine (25) und dem zugehörigen Generator (26) des stillgelegten Kernkraftwerkes in Verbindung steht.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pumpen (7), (8), die elektrischen Heizeinrichtungen (10), (12) und der Dampferzeuger (22) außerhalb des Sicherheitsbehälters (1) angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Sicherheitsbehälter (1) strömungslenkende Einbauten (3) mit radialen Strombrechern angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Dampferzeuger (22) ein Speisewasservorwärmer (23) in Strömungsrichtung des Wärmeträgeröles (2) gesehen nachgeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sicherheitsbehälter (1) an seiner Außenwandung mit einer Wärmeisolationsschicht versehen ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

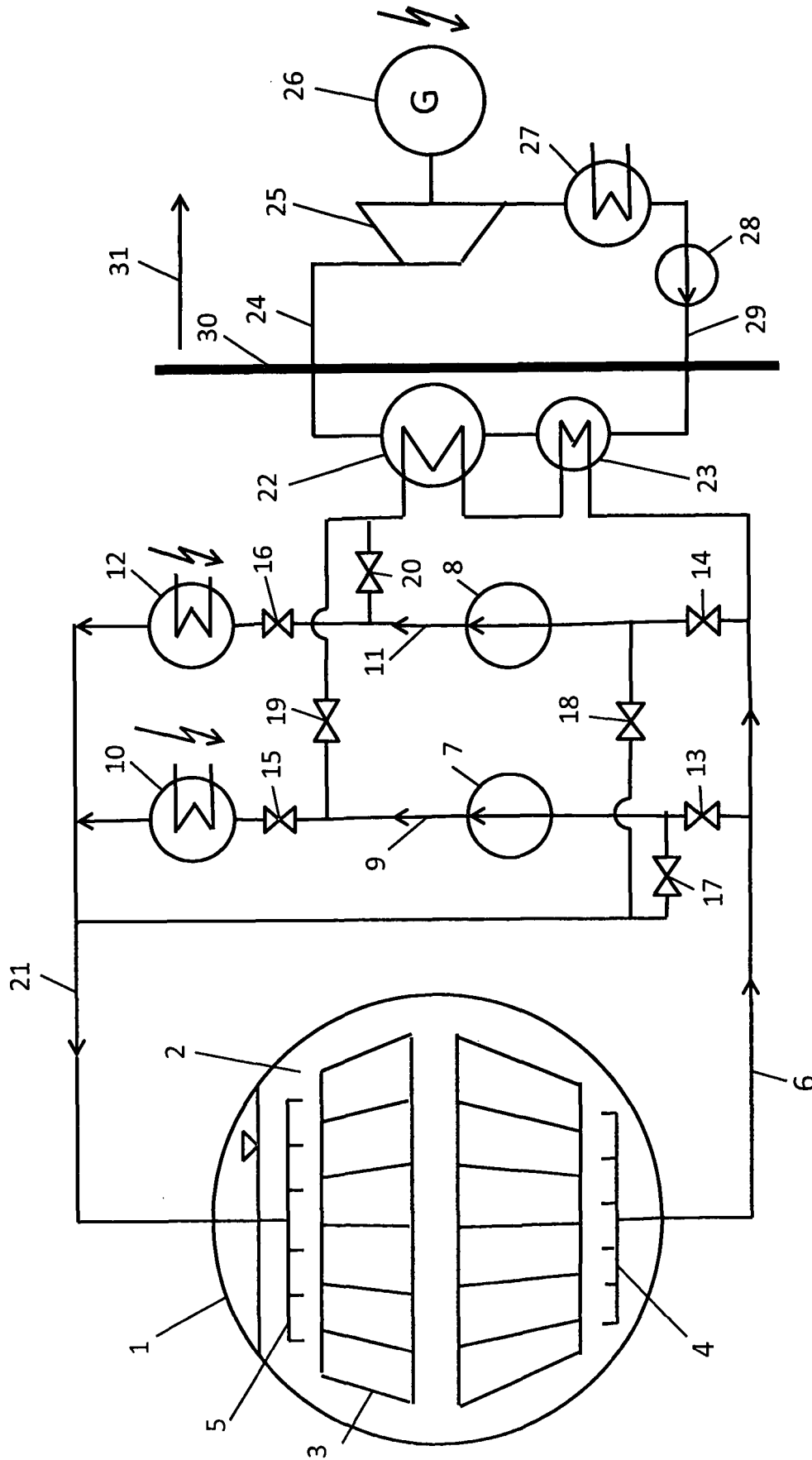


Fig. 1

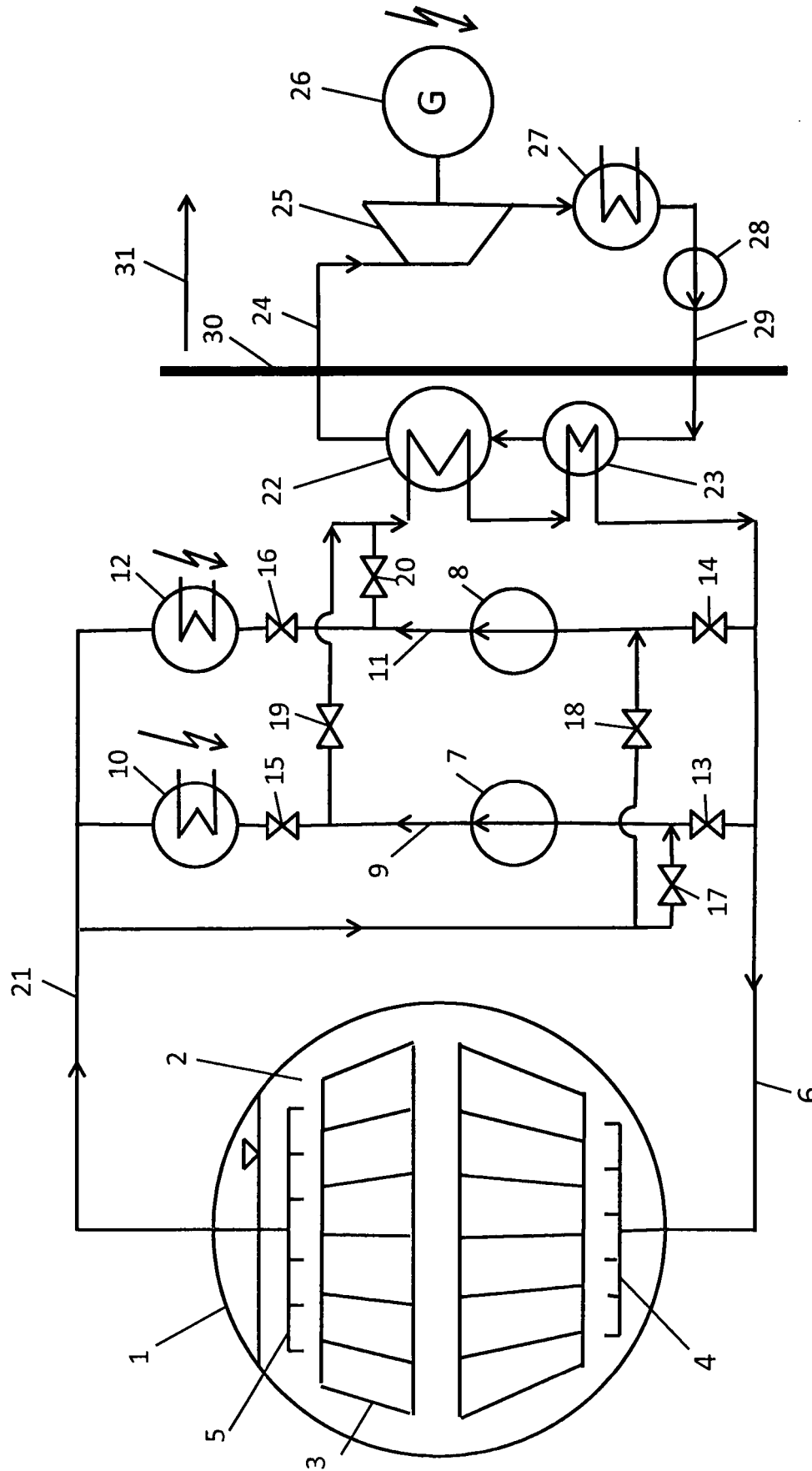


Fig. 2