


 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G21C 19/307, 7/22	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/07192 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. Februar 2000 (10.02.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/02237 (22) Internationales Anmeldedatum: 20. Juli 1999 (20.07.99) (30) Prioritätsdaten: 198 33 739.6 27. Juli 1998 (27.07.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LINDNER, Georg [DE/DE]; Stauffenbergstrasse 6, D-91058 Erlangen (DE). MEIN- TKER, Manfred [DE/DE]; Röthstrasse 13, D-91096 Möhrendorf (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE- SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SEPARATING A NEUTRON ABSORBER FROM A COOLING MEDIUM

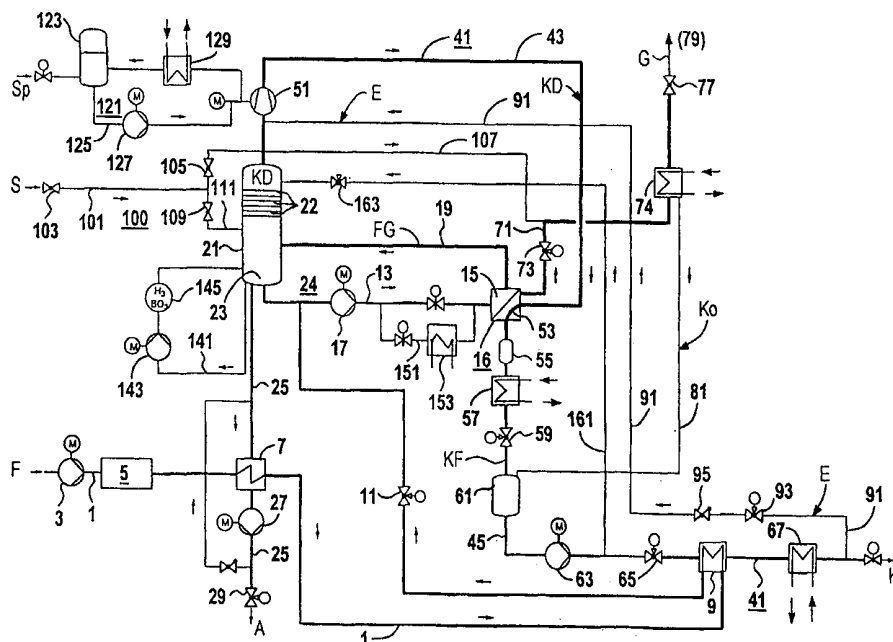
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ABTRENNEN EINES NEUTRONENABSORBIERENDEN
ABSORBERS VON EINEM KÜHLMITTEL

(57) Abstract

The invention concerns a method and a device for separating a neutron absorber (A) from a cooling medium (K) in a nuclear facility. According to the inventive method, the cooling medium (K) is evaporated by heating, the evacuated cooling medium vapor (KD) is compressed in a compressor (51) by raising the temperature and utilized for evaporating other cooling media. Preferably, a fraction of the compressed cooling medium vapor (KD) is fed to a condenser (74). Preferably, a cleaning gas device (100) and a blocking fluid device (121) are available.

(57) Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abtrennen eines Neutronenabsorbers (A) von einem Kühlmittel (K) einer kerntechnischen Anlage beschrieben. Bei dem Verfahren wird das Kühlmittel (K) durch Erwärmen verdampft, abgeführter Kühlmitteldampf (KD) in einem Kompressor (51) unter Temperaturerhöhung verdichtet und zum Verdampfen weiteren Kühlmittels verwendet. Bevorzugt wird ein Anteil des verdichteten Kühlmitteldampfs (KD) einem Kondensator (74) zugeführt. Bevorzugt sind eine Spülgaseinrichtung (100) und eine Sperrfluideinrichtung (121) vorhanden.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Abtrennen eines neutronenabsorbierenden Absorbers von einem Kühlmittel

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abtrennen eines neutronenabsorbierenden Absorbers von einem Kühlmittel einer kerntechnischen Anlage, wobei das Kühlmittel durch Erwärmen verdampft wird und entstehender Kühlmitteldampf und zurückbleibender Absorber getrennt abgeführt werden. Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Vorrichtung zum Abtrennen eines neutronenabsorbierenden Absorbers von einem Kühlmittel einer kerntechnischen Anlage.

15 In kerntechnischen Anlagen werden Kühlmittel, z.B. Kühlwasser, verwendet, in denen ein Neutronenabsorber, z.B. Borsäure, gelöst ist. Beispielsweise wird für die Kühlung eines Druckwasserreaktors ein Fluid verwendet, das Kühlwasser enthält, in dem Borsäure gelöst ist (sogenanntes Borwasser). Aus
20 Gründen der Regelung der Kühlmittelmasse und/oder der Zusammensetzung des Fluids wird dem Kühlkreislauf des Druckwasserreaktors Fluid entnommen und in Kühlwasser (Deionat) und konzentrierte Borsäurelösung getrennt. Diese beiden letztgenannten Produkte werden dann wiederverwendet, indem sie erneut
25 und in der gewünschten Dosierung in den Reaktorkühlkreislauf eingespeist werden.

Zum Trennen des Neutronenabsorbers von Kühlmittel ist es bekannt, das zu trennende Kühlmittel nahezu vollständig zu verdampfen. Der entstehende Dampf wird üblicherweise in einer
30 Bodenkolonne von mit übergegangener Borsäure gereinigt und in einem Kondensator niedergeschlagen, wodurch das gewünschte Produkt Kühlwasser (Deionat), bzw. allgemein „Kühlmittel“, entsteht. Aufgrund ihrer geringen Dampflichkeit verbleibt
35 die im eingespeisten Kühlmittel gelöste Borsäure im Sumpf des Verdampferapparats und konzentriert sich dort auf.

Das gewünschte Produkt Neutronenabsorber (konzentrierte Borsäurelösung), nachfolgend als „Absorber“ bezeichnet, wird aus der Apparatur gewonnen, indem entweder kontinuierlich mit Hilfe einer Konzentrations- und füllstandsgesteuerten Regelung Borsäurelösung mit der gewünschten Konzentration abgezogen wird und entsprechend Kühlmittel ergänzt wird (kontinuierliches Verfahren) oder der Prozeß beim Erreichen der gewünschten Konzentration unterbrochen und der Verdampfersumpf entleert wird (diskontinuierliches Verfahren).

Bei diesen bislang eingesetzten Verfahren wird die für die Verdampfung erforderliche Prozeßwärme mit Hilfsdampf zugeführt, der z.B. aus einem im Kraftwerk vorhandenen Hilfsdampfversorgungsnetz entnommen wird.

Diese Vorgehensweise weist mehrere Nachteile auf. Zum ersten verursacht die notwendige Hilfsdampfversorgung durch entsprechende Leitungen, Armaturen und eine Hilfskesselanlage erhebliche Investitionskosten. Zum zweiten muß eine in etwa der Prozeßwärme gleich große Wärmemenge aus der Verdampferanlage mit Hilfe von Kühlwasser abgeführt werden. Leitungen und Armaturen für die Kühlwasserversorgung verursachen ebenfalls erhebliche Investitionskosten. Zum dritten geht die aus dem Hilfsdampfversorgungsnetz entnommene Wärmeleistung zu Lasten der im Druckwasserreaktor produzierten elektrischen Energie. In erster Näherung ist die infolge der bislang üblichen Vorgehensweise nicht produzierte elektrische Energie unter Berücksichtigung eines wärmetechnischen Wirkungsgrads (von etwa 34%) äquivalent der aus dem Hilfsdampfversorgungsnetz entnommenen Wärmemenge. Die erforderliche Wärmeleistung ergibt sich näherungsweise aus dem Produkt von gewünschtem Deionat-Mengenstrom und der Differenz der spezifischen Enthalpie des Dampfs im Verdampfer und des zugeführten borierten Kühlmittels. Dadurch können sich bei einem Druckwasserreaktor mit etwa 1500 MW elektrischer Leistung leicht Verluste infolge der Verdampfung von mehr als 5 MW_{Wärme} ergeben, z.B. von 7 MW_{Wärme} entsprechend 2,4 MW_{elektrisch}.

Aus dem Buch Dubbel „Taschenbuch für den Maschinenbau“, 18. Auflage, 1995, Springer Verlag, Seite N14ff, ist es bekannt, zur Energieeinsparung beim Verdampfen und Kristallisieren die sogenannte Brüdenverdichtung anzuwenden. Dabei wird der aus
5 einem Verdampfer austretende Dampf in einem Verdichter verdichtet. Die dadurch im Dampf entstehende Temperaturerhöhung ermöglicht die Verwendung der im Dampf enthaltenen Wärme zum weiteren Aufheizen der im Verdampfer befindlichen Flüssigkeit.

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit Hilfe derer ein Neutronenabsorber von einem Kühlmittel einer kerntechnischen Anlage im Vergleich zur bislang üblichen Vorgehensweise kostengünstiger
15 und unter Einsparung von Energie abgetrennt werden kann.

Die Aufgabe wird bezogen auf das Verfahren gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß abgeführter Kühlmitteldampf in einem Kompressor unter Temperaturerhöhung verdichtet und zum Ver-
20 dampfen weiteren Kühlmittels verwendet wird.

Der abgeführte Kühlmitteldampf wird also durch Verdichten in einen Zustand gebracht, in dem die in ihm enthaltene Wärme nutzbar ist, indem der Kühlmitteldampf bei der erhöhten Tem-
25 peratur zum Verdampfen weiteren Kühlmittels verwendet wird.

Bei der Lösung der genannten Aufgabe geht die Erfindung von der Erkenntnis aus, daß das als Brüdenkompression bekannte Verfahren wider Erwarten auch im Bereich der Kerntechnik ein-
30 setzbar ist, obwohl die dort verwendeten Kühlmittel in der Regel radioaktiv verunreinigt sind und zudem häufig nicht kondensierbare Gase enthalten, die - insbesondere beim Kondensieren eines inertisierend wirkenden Dampfs - ein Explosionsrisiko darstellen.

35 Der abgeführte Kühlmitteldampf wird bevorzugt auf einen 1,5 bis 2-fachen Druck verdichtet.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Anteil des verdichteten Kühlmitteldampfs einem Kondensator zugeführt. Dadurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, einen Durchsatz einer nach dem Verfahren betriebenen Anlage einzustellen. Der Anteil kann hierzu aus einem Verdampfer abgezogen werden.

Bevorzugt beträgt der Anteil 1% bis 5%.

10 Ferner wird bevorzugt ein in dem Anteil mitgeführtes, nicht kondensierbares Gas im Kondensator abgetrennt und einem Abgassystem zugeführt.

Dadurch wird das nicht kondensierbare Gas aus einer nach dem
15 Verfahren arbeitenden Anlage abgeleitet. Das nicht kondensierbare Gas kann z.B. Wasserstoff, Stickstoff oder ein radioaktives Edelgas sein. Würden radioaktive Edelgase in hoher Konzentration im kondensierten Kühlmitteldampf verbleiben, so wäre das Produkt „Kühlmittel“ in unzulässiger Weise verunreinigt. Würde das nicht kondensierbare Gas nicht mit dem Dampf/
20 /Gasstrom aus der Anlage abgezogen, so würde es sich dort ansammeln und die Wärmeübertragung vom verdichteten Kühlmitteldampf an das zu verdampfende weitere Kühlmittel wesentlich behindern. Durch das Abtrennen nicht kondensierbarer Gase im
25 Kondensator und das Zuführen zu einem Abgassystem wird die Konzentration nicht kondensierbarer Gase im Produkt „Kühlmittel“ in vorteilhafter Weise gering gehalten.

Beispielsweise wird das im Kondensator kondensierte Kühlmittel dem Kühlmitteldampf beigemischt, der durch Wärmeentzug
30 beim Verdampfen des weiteren Kühlmittels kondensiert ist. Es wird also einem Kondensat beigemischt, das durch Wärmeentzug beim Verdampfen des weiteren Kühlmittels aus dem verdichteten Kühlmitteldampf entstanden ist. Dadurch steht das im Kondensator kondensierte Kühlmittel ebenfalls als Produkt
35 „Kühlmittel“ zur Verfügung.

Bevorzugt wird dem Kondensator ein nicht kondensierbares Inertgas, insbesondere Stickstoff, zugeführt. Ein derart betriebener Kondensator arbeitet besonders sicher, da aus dem Kondensator ein sicher nicht explosionsfähiges Gasgemisch austritt.

Nach einer anderen bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens wird eine zum Verdampfen vorgesehene Verdampferanlage nach Beendigung des Verfahrens mit einem nicht kondensierbaren Inertgas, insbesondere Stickstoff, gespült. Die Verdampferanlage wird beispielsweise nach Beendigung des Verdampfungsprozesses mit dem nicht kondensierbaren Inertgas gespült, da andernfalls nach Beendigung des Verdampfungsprozesses in der Verdampferanlage eine Atmosphäre aus nicht kondensierbaren Gasen, die im Betrieb mit dem zu verdampfenden Kühlmittel eingetragen werden, z.B. Wasserstoff, Stickstoff und/oder radioaktive Edelgase, zurückbleiben könnte.

Bei einer anderen Weiterentwicklung des Verfahrens wird ein zur Wellenabdichtung des Kompressors vorhandenes Dichtungselement mit einem Sperrfluid, insbesondere mit Wasser, beaufschlagt. Dadurch wird der Vorteil erreicht, daß keine radioaktiven Verunreinigungen aus dem Kompressor in die Umgebung entweichen können und/oder keine Verschmutzungen in die Dampfseite des Kompressors eindringen können.

Nach einer anderen bevorzugten Weiterentwicklung des Verfahrens wird ein Teil des abgeführten Kühlmitteldampfs, der durch Wärmeentzug beim Verdampfen des weiteren Kühlmittels kondensiert ist, als Einspritzfluid saugseitig oder druckseitig dem Kompressor zugeführt. In einer bevorzugten Ausführung wird dabei die Einspritzmenge so eingestellt, daß der Kühlmitteldampf den für die Verwendung als Heizdampf besonders vorteilhaften Sättigungszustand erreicht. Falls kein Fremdmedium, sondern ausschließlich ein Teil des abgeführten Kühlmitteldampfs saugseitig dem Kompressor zugeführt wird, wird in vorteilhafter Weise bewirkt, daß die Menge und die Quali-

tät des in der Anlage verwendeten, mit einem Neutronenabsorber versehenen Kühlmittels durch das Einspritzwasser nicht verändert wird.

- 5 Nach einer weiteren vorteilhaften Weiterentwicklung wird dem abgeführten Kühlmitteldampf, der durch Wärmeentzug beim Verdampfen des weiteren Kühlmittels kondensiert ist, und/oder dem abgeführten Absorber Wärme entzogen und dem zu verdampfenden Kühlmittel zugeführt.

10

Die auf eine Vorrichtung bezogene Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch eine Vorrichtung mit folgenden Merkmalen:

- 15 a) eine Verdampfereinrichtung, der das Kühlmittel zuführbar ist,
b) ein Kompressor, dem in der Verdampfereinrichtung verdampf-
tes Kühlmittel saugseitig zuführbar ist,
c) eine Wärmeübertragungseinrichtung der Verdampfereinrich-
20 tung, wobei die Wärmeübertragungseinrichtung mit der
Druckseite des Kompressors in Verbindung steht,
d) eine Kühlmittelkondensatleitung, über die in der Wärme-
übertragungseinrichtung kondensiertes Kühlmittel abführbar
ist, und
25 e) eine Absorberleitung, über die in der Verdampfereinrich-
tung zurückbleibender Absorber abführbar ist.

Die Vorrichtung ist besonders zur Durchführung des Verfahrens
nach der Erfindung geeignet. Die im Zusammenhang mit dem Ver-
30 fahren genannten Vorteile gelten für die Vorrichtung analog.

Die Vorrichtung ist bevorzugt durch einen Kondensator weiter-
gebildet, dem ein Teil des im Kompressor verdichteten Kühl-
mitteldampfs zuführbar ist. Mit Hilfe des Kondensators lassen
35 sich in vorteilhafter Weise nicht kondensierbare Gase aus der
Verdampfereinrichtung und aus mit Dampf beaufschlagten Lei-
tungen ableiten.

Der Kondensator steht bevorzugt über eine Kondensatleitung mit der Kühlmittelkondensatleitung in Verbindung. Dadurch ist im Kondensator kondensiertes Kühlmittel der Kühlmittelkondensatleitung zuführbar, die das Produkt „Kühlmittel“ führt.

5

Der Kondensator steht weiterhin bevorzugt mit einem Abgassystem in Verbindung. Dadurch können in vorteilhafter Weise die im Kondensator abgeschiedenen nicht kondensierbaren Gase einer sicheren Verwertung zugeführt werden.

10

Nach einer bevorzugten Weiterbildung weist die Vorrichtung eine Spülgasleitung auf, mit der der Verdampfeinrichtung und/oder dem Kondensator ein nicht kondensierbares Inertgas, insbesondere Stickstoff, zuführbar ist.

15

Über die Spülgasleitung kann in vorteilhafter Weise denjenigen Vorrichtungsbestandteilen, in denen infolge nicht kondensierbaren Wasserstoffs mit einem Explosionsrisiko zu rechnen ist, durch Zufuhr des nicht kondensierbaren Inertgases ein nicht explosionsfähiges Gasgemisch erzeugt werden.

20

Nach einer anderen Weiterbildung umfaßt die Vorrichtung eine Sperrfluideinrichtung, mit der ein Dichtelement des Kompressors mit einem Sperrfluid beaufschlagbar ist. Dadurch ist der Kompressor besonders gut abgedichtet, was für den sicherheitstechnisch überaus sensiblen Bereich der Kerntechnik besonders vorteilhaft ist.

25

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung ist ein Teil des in der Wärmeübertragungseinrichtung kondensierten Kühlmitteldampfs über eine Einspritzleitung saugseitig oder druckseitig dem Kompressor zuführbar.

30

Dieser Teil beträgt bevorzugt 8% bis 12%.

35

Bevorzugt ist ein erster Wärmetauscher vorhanden, mit dem über die Absorberleitung abgeführten Absorber Wärme entzieh-

bar und der Verdampfereinrichtung zufließendem Kühlmittel zuführbar ist.

5 Es kann auch ein zweiter Wärmetauscher vorhanden sein, mit dem dem über die Kühlmittelkondensatleitung abgeführten Kühlmittel Wärme entziehbar und der Verdampfereinrichtung zufließendem Kühlmittel zuführbar ist.

10 Auf diese Weise wird vorhandene Restwärme für den Verdampfungsprozeß nutzbar gemacht.

Ohne den/die Wärmetauscher wäre eine weitere Zufuhr von Fremdenergie erforderlich.

15 Ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung nach der Erfindung, die auch zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung geeignet ist, ist in der Zeichnung beschrieben.

20 Die Zeichnung zeigt in schematischer Weise einen Prinzipschaltplan einer Vorrichtung nach der Erfindung mit einer nach dem Prinzip der Brüdenkompression arbeitenden Verdampferanlage. Die Vorrichtung ist Bestandteil einer kerntechnischen Anlage oder eines Kernkraftwerks.

25 Im einzelnen zeigt die Zeichnung eine Fluidleitung 1, der Fluid F, nämlich boriertes Kühlmittel aus dem Kernkraftwerk, zuführbar ist. Das Fluid F wird über eine Verdampferspeisepumpe 3 aus einem nicht dargestellten Vorlagebehälter gefördert. Das Fluid F wird über die Fluidleitung 1 zu einer Reinigungsanlage 5 geführt. Um das Fluid weitgehend auf die Verdampfungstemperatur vorzuwärmen, wird es über zwei Rekuperativ-Wärmetauscher 7, 9 geführt. Dabei wird den Produktströmen der Vorrichtung, nämlich einem Absorber A enthaltenden Produktstrom und einem Kühlmittel K enthaltenden Produktstrom,
35 Wärme entzogen.

In der Fluidleitung 1 ist ein Zulaufregelventil 11 angeordnet, über das der zulaufende Fluidstrom einstellbar ist. Das Zulaufregelventil 11 dient auch als Stellglied für eine Füllstandsregelung der Bodenkolonie 21.

5

Die Fluidleitung 1 mündet in eine erste Verbindungsleitung 13, über die das Fluid F zu einem Dampfraum 15 eines Verdampfers 16, angetrieben von einer Verdampferumwälzpumpe 17, gelangt. Über eine Dampfleitung 19 ist der Dampf-
raum 15 mit einer Bodenkolonie 21 verbunden. Die Bodenkolonie 21 weist mehrere übereinander angeordnete Abscheideböden 22 auf. Vom Sumpf 23 der Bodenkolonie 21 geht die erste Verbindungsleitung 13 aus.

10

15 Das aus dem Verdampfer 16 und der Bodenkolonie 21 sowie der ersten Verbindungsleitung 13 und der Dampfleitung 19 gebildete Kreislaufsystem bildet eine insgesamt als solche bezeichnete Verdampfereinrichtung 24.

20

Der über die erste Verbindungsleitung 13 und die Dampfleitung 19 umgewälzte Umwälzstrom beträgt das etwa 150-fache der gewünschten Verdampfungs-
menge (Verdampfungsstrom). Dadurch wird erreicht, daß bei der Zufuhr der für die Verdampfung erforderlichen Wärme im Verdampfer 16 nur der Sättigungszustand
des flüssigen Fluids F erreicht wird, und daß die eigentliche Verdampfung der gewünschten Menge erst - durch einen Druckverlust verursacht - am Eintritt in die Bodenkolonie 21 erfolgt.

25

30 Der Umwälzstrom kann auch das 100-fache bis 200-fache des Verdampfungsstroms betragen.

Im unteren Teil der Bodenkolonie 21 erfolgt durch Schwerkraft und durch Trägheitskräfte die Trennung in einen Teilstrom aus
Kühlmitteldampf KD und die verbliebene Flüssigkeitsmenge. Während die verbliebene Flüssigkeitsmenge im genannten Umwälzkreislauf der Verdampferanlage 24 weiter umgewälzt wird,

35

steigt der Kühlmitteldampf KD über die Abscheideböden 22 zum Kopf der Bodenkolonnen 21 auf, wobei er auf jedem Boden 22 durch entgegenströmende Flüssigkeit weiter von mitgerissenen Absorberanteilen (Borsäureanteilen) gereinigt wird. Am Kopf der Bodenkolonnen 21 tritt der vollständig gereinigte Kühlmitteldampf KD mit einer Temperatur, die dem Siedezustand der Flüssigkeit auf dem obersten Boden der Bodenkolonnen 21 entspricht, aus.

Der gewünschte Produktstrom „Absorber A“ (konzentrierte Borsäurelösung) wird über eine Absorberleitung 25 aus dem Sumpf 23 der Bodenkolonnen 21 mit Hilfe einer Absorberförderpumpe 27 abgezogen. Dieser über ein Absorberablaufregelventil 29 einstellbare Produktstrom wird in einen dafür vorgesehenen, nicht explizit dargestellten Vorratsbehälter gefördert. Die im Siedezustand befindliche Borsäurelösung wird vorher noch über einen ersten der Rekuperativ-Wärmetauscher 7 geleitet, wo sie - wie oben beschrieben - einen Teil ihrer Wärme zum Vorwärmen des der Verdampferanlage 24 zulaufenden, zu verdampfenden Fluids F abgibt. Aus dem Vorratsbehälter kann der Absorber einer neuen Verwendung zugeführt werden, z.B. zum Boreieren des Kühlmittels der kerntechnischen Anlage.

Der vollständig gereinigte Kühlmitteldampf KD wird über eine am Kopf der Bodenkolonnen 21 angesetzte Kühlmittelleitung 41, die zur besseren Verständlichkeit mit ihrem ersten Teil als Kühlmitteldampfleitung 43 und mit ihrem zweiten Teil - in Strömungsrichtung nach dem Verdampfer 16 - als Kühlmittelkondensatleitung 45 bezeichnet wird, von einem Kompressor 51 angesaugt und auf den etwa 1,8-fachen Druck verdichtet. Dadurch erwärmt sich der Kühlmitteldampf KD. Um einerseits eine Überhitzung des Kompressors 51 zu vermeiden, und andererseits einen für die nachfolgend beschriebene Verwendung als Heizdampf besonders vorteilhaften Sättigungszustand des Kühlmitteldampfes KD herzustellen, wird vor dem Saugstutzen des Kompressors 51 Wasser in den angesaugten Dampfstrom eingespritzt (über die weiter unten beschriebene Einspritzleitung 91), das

während des Verdichtungsvorgangs verdampft. Je nach Bauart des Kompressors kann das Einspritzen auch auf der Druckseite erfolgen. Z.B. ist nämlich ein Turbokompressor nicht empfindlich auf Temperatur, sondern auf Tropfen in Förderstrom.

5

Der Dampf, der sich nunmehr auf einer gegenüber der Saugseite (ca. 100 °C) deutlich höheren Temperatur von etwa 117 °C befindet, wird über die Kühlmitteldampfleitung 43 einer Wärmeübertragungseinrichtung oder Wärmeübertragungsfläche 53 des Verdampfers 16 zugeführt. Die Wärmeübertragungseinrichtung 53 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit schematisiert nur durch einen einzigen Bogen einer Heizleitung wiedergegeben und besteht tatsächlich aus einer Mehrzahl von Heizwicklungen oder Heizrohren (Rohrbündel).

15

In der Wärmeübertragungseinrichtung 53 kondensiert der Kühlmitteldampf KD und gibt dabei die in ihm enthaltene Verdampfungsenthalpie zur Erwärmung des im Dampfraum 15 des Verdampfers 16 strömenden Verdampferumwälzstroms ab.

20

Das sich heizseitig im Verdampfer 16, d.h. in der Wärmeübertragungseinrichtung 53, bildende Kondensat, nachfolgend als flüssiges Kühlmittel KF bezeichnet, stellt den zweiten gewünschten Produktstrom „Kühlmittel K“ (Deionat) dar. Es wird über die Kühlmittelkondensatleitung 45 zunächst einem Kondensatsammler 55 zugeführt und mit Hilfe eines füllstandsgesteuerten Kondensatablaufregelventils 59 in einen Kondensatsammelbehälter 61 abgelassen, in dem ein (z.B. über das angeschlossene, weiter unten beschriebene Abgassystem 79 einer Kraftwerksanlage aufgeprägter) niedriger Druck herrscht. Damit bei der Kondensatableitung keine Nachverdampfung auftritt, ist vor dem Kondensatablaufregelventil 59 ein Kondensatkühler 57 angeordnet, in dem die Kondensattemperatur knapp unter die zum Druck im Kondensatsammelbehälter 61 gehörige Sättigungstemperatur abgesenkt wird.

35

Mit einer Verdampferkondensatpumpe 63 wird das erzeugte Kühlmittel KF, geregelt von einem Kühlmittelregelventil 65, in einen nicht explizit dargestellten Vorratsbehälter gefördert. Das flüssige Kühlmittel KF wird beim Strömen durch die Kühlmittelkondensatleitung 45 zudem über den zweiten Rekuperativ-Wärmetauscher 9 geleitet, wobei es einen Teil seiner Wärme zum Vorwärmen des der Verdampferanlage 24 zulaufenden Fluids F abgibt. Das flüssige Kühlmittel KF wird gegebenenfalls in einem nachgeschalteten Nachkühler 67 auf die für die nachfolgende Wiederverwendung notwendige Temperatur, z.B. in etwa 50 °C, abgekühlt.

Dampfseitig zweigt von dem Verdampfer 16 eine Abführleitung 71 ab, mit der ein über ein Dampfeinstellventil 73 einstellbarer, geringer Anteil überschüssigen Kühlmitteldampfs KD einem Kondensator 74 zuleitbar ist. Dies ermöglicht zum einen die Einstellung der Leistung der Verdampferanlage 24. Zum anderen werden mit diesem abgeleiteten Dampfstrom nicht kondensierbare Gase G, die im zulaufenden Fluid F gelöst sind und beim Verdampfungsprozeß freigesetzt werden, aus der Vorrichtung nach der Erfindung, d.h. insbesondere aus der Verdampfereinrichtung 24, abgeleitet. Die nicht kondensierbaren Gase G bestehen im wesentlichen aus Wasserstoff (Explosionsgefahr), Stickstoff und radioaktiven Edelgasen. Sie werden über ein erstes Ventil 77 einem nicht näher dargestellten Abgassystem 79 des Kernkraftwerks zugeleitet.

Das im Kondensator 74 anfallende Kondensat Ko wird unter Ausnutzung eines geodätischen Gefälles über eine Kondensatleitung 81 in den Kondensatsammelbehälter 61 geführt und stellt einen Teil des in der Vorrichtung nach der Erfindung erzeugten Produkts „Kühlmittel K“ (Deionat) dar.

Endseitig wird von der Kühlmittelkondensatleitung 45 über eine Einspritzleitung 91 ein Teil des erzeugten und abgekühlten Kühlmittels KF entnommen und auf der Saugseite des Kom-

pressors 51 in den Kühlmitteldampfstrom KD als Einspritzfluid E eingespritzt. Dadurch wird einerseits eine Überhitzung des Kompressors 51 vermieden, und andererseits der für die Verwendung als Heizdampf besonders vorteilhafte Sättigungszustand des Kühlmitteldampfes KD hergestellt. Da kein Fremdmedium, sondern ausschließlich ein Teilstrom des erzeugten Kühlmittels KF verwendet wird, wird erreicht, daß die Menge und die Qualität des in der Anlage verwendeten borierten Kühlmittels durch das Einspritzwasser E nicht verändert wird. Qualität bedeutet dabei einen geringen Gehalt an gelösten Verunreinigungen, die im Kühlkreislauf eines Kernreaktors nicht zulässig sind. Eine Vergrößerung der Kühlmittelmenge durch eine Nutzung von Fremdmedium würde eine unerwünschte Abgabe von radioaktiv kontaminiertem Kühlmittel an die Umgebung erforderlich machen.

Mit einem in der Einspritzleitung 91 angeordneten Einspritz-einstellventil wird eine Teilmenge von 8% bis 12% des produzierten Kühlmittelstroms abgezweigt.

Das Einspritzfluid E wird ferner über ein zweites Ventil 95 geleitet, das dazu dient, im Falle einer Änderung der Druckverhältnisse in der Vorrichtung, z.B. bei Ausfall der Verdampferkondensatpumpe 63, ein unerwünschtes Rückströmen zu verhindern.

Die in der Zeichnung beispielhaft dargestellte Vorrichtung nach der Erfindung umfaßt weiterhin eine Spülgaseinrichtung 100, mit einer Spülgasleitung 101 und einem Spülgasventil 103. Über die Spülgasleitung 101 ist ein nicht kondensierbares, inertisierendes Gas, z.B. Stickstoff, sowohl der Verdampfereinrichtung 24 als auch dem Kondensator 74 zuführbar. Hierzu zweigt von der Spülgasleitung 101 eine ein drittes Ventil 105 aufweisende erste Spülgaszweigleitung 107 sowie eine ein viertes Ventil 109 aufweisende zweite Spülgaszweigleitung 111 ab.

Im Bereich der Kühlmitteldampfleitung 43, die von der Bodenkolonnen 21 bis zum Verdampfer 16 reicht, sowie im Bereich der Abführleitung 71 zwischen dem Verdampfer 16 und dem Kondensator 74 ist während des Betriebs der Vorrichtung ausreichend inertisierender Dampf vorhanden, um eine Explosion des Wasserstoffs auszuschließen. Vor Eintritt in den Kondensator 74 wird über die erste Spülgaszweigleitung 107 Spülgas S zugemischt, so daß in der angedeuteten Strömungsrichtung hinter dem Kondensator 74 ebenfalls ein nicht explosionsfähiges Gasgemisch sichergestellt ist.

Nach Beendigung des Betriebs der erfindungsgemäßen Vorrichtung kondensiert der verbliebene Dampf, und es bleibt eine aus den nicht kondensierbaren Gasen gebildete Atmosphäre zurück. Über das vierte Ventil 109 wird dann das Spülgas S über die zweite Spülgaszweigleitung 111 der Bodenkolonnen 21 und/oder einem anderen Teil der Verdampfereinrichtung 24 zugeführt, so daß der gesamte während des Betriebs mit Dampf beaufschlagte Raum durch das Spülgas S über die Kühlmitteldampfleitung 43 und die Abführleitung 41 hin zum Abgassystem 79 frei gespült wird. Das dritte Ventil 105 ist dann geschlossen.

Die in der Zeichnung dargestellte Vorrichtung weist ferner eine Sperrfluideinrichtung 121 auf. Sie umfaßt einen Sperrfluidbehälter 123, dem ein Sperrfluid Sp, z.B. Wasser (Deionat), zuführbar ist. Über eine Sperrfluidleitung 125 wird aus dem Sperrfluidbehälter 123 mit Hilfe einer Sperrfluidpumpe 127 Sperrfluid Sp angesaugt, und dem Kompressor 51 zugeführt. Im Kompressor 51 werden die nicht explizit dargestellten doppelt wirkenden Gleitringdichtungen, z.B. einer Wellendichtung, mit Deionat als Sperrfluid Sp versorgt. Dadurch wird erreicht, daß keine Radioaktivität aus dem Kompressor 51 in die Umgebung entweichen kann und keine Verschmutzungen, z.B. Öl aus der Lagerung der Kompressorwellen, in die Kühlmitteldampfleitung 43 eindringen können.

Bei einer alternativen Ausführung mit einem Turbokompressor (andere Dichtungstechnik) wird Gas (Stickstoff/Druckluft) als Sperrmedium verwendet. Dieses Sperrgas muß nicht gekühlt werden und kann gegebenenfalls direkt einem entsprechenden Versorgungsnetz entnommen werden.

Das im Kompressor 51 einmal benutzte Sperrfluid Sp wird über eine Rückführleitung dem Sperrfluidbehälter 123 zugeführt. In der Rückführleitung ist optional ein Sperrfluidkühler 129 vorgesehen, um eine gegebenenfalls eintretende Temperaturerhöhung im Sperrfluid Sp zu kompensieren. Das Sperrfluid Sp wird also größtenteils im Kreis geführt.

Vom Sumpf 23 der Bodenkolonne 21 zweigt eine Zweigleitung 141 ab, mit der - angetrieben von einer Absorbermeßpumpe 143 - ein geringer Teil des Absorbers A einer Absorbermeßeinrichtung 145 zuführbar ist. Nach Passieren der Absorbermeßeinrichtung 145 gelangt dieser Teil wieder in die Bodenkolonne 21. Die Absorbermeßeinrichtung 145 dient als Istwertgeber für eine Konzentrationsregelung für den Umwälzstrom in der Verdampfereinrichtung 24. Als Stellglied dient dabei das Absorberablaufregelventil 29.

Bei gleichzeitiger Anwendung der weiter oben genannten Füllstandsregelung für die Bodenkolonne 21 als auch der im letzten Absatz beschriebenen Konzentrationsregelung wird in vorteilhafter Weise bewirkt, daß

- a) die Füllung des Umwälzkreislaufts der Verdampfereinrichtung 24 unabhängig von den entnommenen Produktströmen A, K immer konstant bleibt und
- b) die Absorberkonzentration des Mediums im Umwälzkreislauf der Verdampfereinrichtung 24 und damit im Entnahmestrom unabhängig von der Menge und der Konzentration des Zulaufs an Fluid F immer konstant bleibt, z.B. bei ca. 4% Borsäure.

An der ersten Verbindungsleitung 13 der Verdampfereinrichtung 24 ist eine Bypassleitung 151 angebracht, die über einen elektrischen Vorwärmer 153 geführt ist. Damit, als auch mit Hilfe der Verdampferumwälzpumpe 17, kann die Vorrichtung aus dem kalten Zustand angewärmt werden, bis ausreichend Dampf zum Betrieb des Kompressors 51 zur Verfügung steht und ein stationärer Leistungsbetrieb der Vorrichtung begonnen werden kann. Während des stationären Leistungsbetriebs ist der elektrische Vorwärmer 153 abgeschaltet und die Bypassleitung 151 mit Hilfe des eingezeichneten Ventils geschlossen.

Von der Kühlmittelkondensatleitung 45, insbesondere druckseitig an der Verdampferkondensatpumpe 63, zweigt eine Rücklaufleitung 161 ab, die ein Rücklaufstellventil 163 aufweist und in der Bodenkolonne 21, insbesondere in deren Kopf, mündet. Damit wird ein Anteil des erzeugten Kühlmittels KF, der mit dem Rücklaufstellventil 163 bevorzugt auf etwa 20% eingestellt wird, der Bodenkolonne 21 zugeführt. Vom Kopf der Bodenkolonne 21 läuft dieser Anteil im Gegenstrom zu dem aufsteigenden Kühlmitteldampf KD über die Böden 22 in den Sumpf 23 der Bodenkolonne 21 zurück. Dieser Rücklauf im Gegenstrom bewirkt die gewünschte Reinheit des über die Kühlmittelleitung 41 austretenden Kühlmitteldampfs KD.

Mit Hilfe des Kondensatablaufregelventils 59 wird eine Druckabstufung in der Kondensatsammlung ermöglicht, durch die die Rückführung des im Kondensator 74 anfallenden Kondensats Ko in den Produktstrom der Kühlmittelkondensatleitung 45 störungsfrei ermöglicht wird.

Der Füllstand des Kondensatsammelbehälters 61 wird über das Kühlmittelregelventil 65 als Stellglied geregelt. Diese Regelung bewirkt einen konstanten Füllstand im Kondensatsammelbehälter 61, der dadurch stets zulaufendes Kondensat KF, Ko aufnehmen kann und ausreichend Medium für die Saugseite der Verdampferkondensatpumpe 63 bereithält.

Mit der dargestellten Vorrichtung nach der Erfindung wird eine deutliche Kostenreduzierung gegenüber dem bislang angewendeten Verdampfungsverfahren erreicht. Diese Kostenreduktion ergibt sich bereits allein bei Betrachtung der Investitionskosten. Es ist nämlich im Gegensatz zu den bekannten Verfahren z.B. keine Hilfsdampfversorgung zu installieren. Bei den Betriebskosten ergibt sich eine zusätzliche Minderung dadurch, daß für ein Kernkraftwerk der 1300 MW-Leistungs-
klasse der Energiebedarf für die Verdampfung von ca. 6 MW bei
10 Beheizung mit Hilfsdampf auf ca. 0,8 MW elektrischem Leistungsbedarf bei Beheizung mit Brüdenkompression zurückgeht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abtrennen eines neutronenabsorbierenden Absorbers (A) von einem Kühlmittel (K) einer kerntechnischen Anlage,
5 wobei das Kühlmittel (K) durch Erwärmen verdampft wird und entstehender Kühlmitteldampf (KD) und zurückbleibender Absorber (A) getrennt abgeführt werden,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß abgeführter Kühlmitteldampf (KD) in einem Kompressor (51) unter Temperaturerhöhung verdichtet und zum Verdampfen weiteren Kühlmittels verwendet wird.

2. Verfahren 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 ein Anteil des verdichteten Kühlmitteldampfs (KD) einem Kondensator (74) zugeführt wird.

3. Verfahren 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 in dem Anteil mitgeführtes, nicht kondensierbares Gas (G) im Kondensator (74) abgetrennt und einem Abgassystem (79) zugeführt wird.

25 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß im Kondensator (74) kondensiertes Kühlmittel (Ko) dem Kühlmitteldampf (KF) beigemischt wird, der durch Wärmeentzug beim Verdampfen des weiteren Kühlmittels kondensiert ist.

30 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß dem Kondensator (74) ein nichtkondensierbares Inertgas (S) , insbesondere Stickstoff, zugeführt wird.

6. Verfahren 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 n e t, daß eine zum
Verdampfen vorgesehene Verdampfereinrichtung (24) nach Been-
digung des Verdampfens mit einem nichtkondensierbaren Inert-
5 gas (S), insbesondere Stickstoff, gespült wird.
7. Verfahren 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 ein zur Wel-
lenabdichtung des Kompressors (51) vorhandenes Dichtungsele-
10 ment mit einem Sperrfluid (Sp), insbesondere mit Wasser, be-
aufschlägt wird.
8. Verfahren 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 Teil
15 des abgeführten Kühlmitteldampfs (KF), der durch Wärmeentzug
beim Verdampfen des weiteren Kühlmittels kondensiert ist, als
Einspritzfluid (E) saugseitig oder druckseitig dem Kompressor
(51) zugeführt wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß dem abge-
führten Kühlmitteldampf (KF), der durch Wärmeentzug beim Ver-
dampfen des weiteren Kühlmittels kondensiert ist, und/oder
dem abgeführten Absorber (A) Wärme entzogen und dem zu ver-
25 dampfenden Kühlmittel zugeführt wird.
10. Vorrichtung zum Abtrennen eines neutronenabsorbierenden
Absorbers (A) von einem Kühlmittel (K) einer kerntechnischen
Anlage, mit
- 30 a) einer Verdampfereinrichtung (24), der das Kühlmittel (K)
zuführbar ist,
b) einem Kompressor (51), dem in der Verdampfereinrichtung
(24) verdampftes Kühlmittel (KD) saugseitig zuführbar ist,
c) einer Wärmeübertragungseinrichtung (53) der Verdampferein-
35 richtung (24), wobei die Wärmeübertragungseinrichtung (53)
mit der Druckseite des Kompressors (51) in Verbindung
steht,

d) einer Kühlmittelkondensatleitung (45), über die in der Wärmeübertragungseinrichtung (53) kondensiertes Kühlmittel (KF) abführbar ist, und

5 e) einer Absorberleitung (25), über die in der Verdampfereinrichtung (24) zurückbleibender Absorber (A) abführbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h einen Kondensator (74), dem ein Teil des im Kompressor (51) verdichteten Kühlmitteldampfs (KD) zuführbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Kondensator (74) über eine Kondensatleitung (81) mit der Kühlmittelkondensatleitung (45) in Verbindung steht.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Kondensator (74) mit einem Abgassystem (79) in Verbindung steht.

20 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h eine Spülgasleitung (101), mit der der Verdampfereinrichtung (24) und/ oder dem Kondensator (74) ein nichtkondensierbares Inertgas (S), insbesondere Stickstoff, zuführbar ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h eine Sperrfluideinrichtung (121), mit der ein Dichtelement des Kompressors (51)
30 mit einem Sperrfluid (Sp) beaufschlagbar ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß ein Teil des in der Wärmeübertragungseinrichtung (53) kondensierten Kühlmitteldampfs (KF) über eine Einspritzleitung (91) saugseitig
35 oder druckseitig dem Kompressor (51) zuführbar ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h einen ersten Wärme-
tauscher (7), mit dem dem über die Absorberleitung (25) abge-
führten Absorber (A) Wärme entziehbar und der Verdampferein-
5 richtung (24) zufließendem Kühlmittel (K) zuführbar ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 17,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h einen zweiten Wärme-
tauscher (9), mit dem dem über die Kühlmittelkondensatlei-
10 tung (45) abgeführten Kühlmittel (KF) Wärme entziehbar und
der Verdampfereinrichtung (24) zufließendem Kühlmittel (K)
zuführbar ist.

