

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
2. Februar 2017 (02.02.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/016821 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B01D 53/50 (2006.01) **F23J 15/04** (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/065828

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Juli 2016 (05.07.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
15179200.9 30. Juli 2015 (30.07.2015) EP

(71) Anmelder: **STEINMÜLLER BABCOCK
ENVIRONMENT GMBH** [DE/DE]; Fabrikstraße 1,
51643 Gummersbach (DE).

(72) Erfinder: **DIZBAY, Ali**; c/o Steinmüller Babcock
Environment GmbH, Gasreinigung Verfahrenstechnik,
Fabrikstraße 1, 51643 Gummersbach (DE).
DREUSCHER, Helmut; c/o Steinmüller Babcock
Environment GmbH, Gasreinigung Verfahrenstechnik,
Fabrikstraße 1, 51643 Gummersbach (DE). **HEIN, Hans-**

Dieter; c/o Steinmüller Babcock Environment GmbH,
Gasreinigung Verfahrenstechnik, Fabrikstraße 1, 51643
Gummersbach (DE). **GATHMANN, Nils**; c/o Steinmüller
Babcock Environment GmbH, Gasreinigung
Verfahrenstechnik, Fabrikstraße 1, 51643 Gummersbach
(DE).

(74) Anwalt: **CARSTENS, Dirk W.**; Wagner & Geyer,
Gewürzmühlstr. 5, 80538 München (DE).

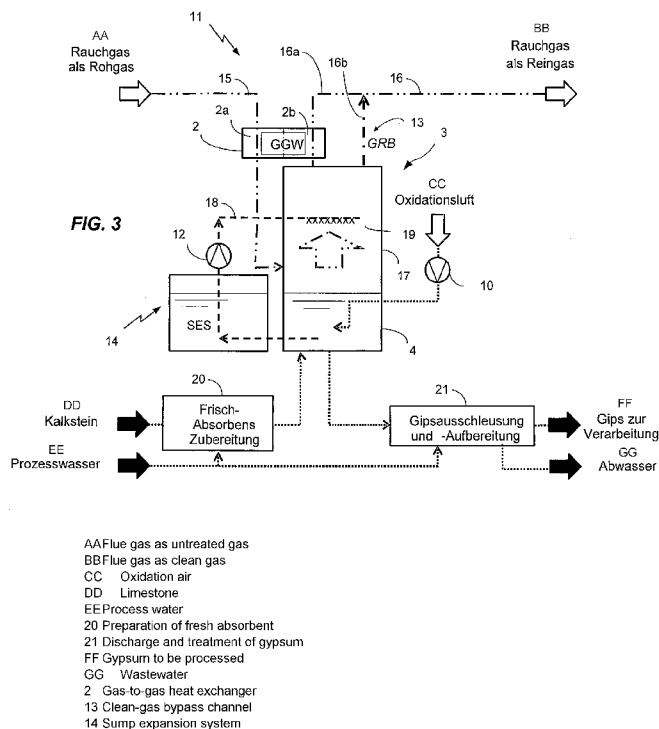
(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LIMESTONE/LIME HYDRATE FLUE-GAS CLEANING INSTALLATION HAVING A CLEAN-GAS BYPASS CHANNEL AND A SUMP EXPANSION SYSTEM

(54) Bezeichnung : KALKSTEIN/KALKHYDRAT-RAUCHGASREINIGUNGSANLAGE MIT REINGAS-BYPASSKANAL UND SUMPFERWEITERUNGSSYSTEM



(57) **Abstract:** The invention relates to a flue-gas desulfurization installation (REA), which has a scrubber having a distribution device for distributing an absorbent into the flue-gas flow flowing through the scrubber and a scrubber sump arranged on the bottom of the scrubber, wherein the following is provided for the use of limestone or lime hydrate as an absorbent: at least one clean-gas bypass channel is associated with a heat transfer device for transferring heat from the flue-gas flow flowing into the scrubber to the clean-gas flow exiting the scrubber and/or a sump expansion system for enlarging the sump volume is associated with the scrubber sump, wherein oxidation air can be supplied to the scrubber sump and/or the sump expansion system and scrubbing suspension from the scrubber sump and/or the sump expansion system can be supplied in the circulation of the distribution device.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einer
Rauchgasentschwefelungsanlage

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/016821 A1



GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(REA) mit einem Wäscher mit einer Verteileinrichtung zum Verteilen eines Absorptionsmittels in den durch den Wäscher strömenden Rauchgasstrom und einem am Boden des Wäschers angeordneten Wäschersumpf, wird für den Einsatz von Kalkstein oder Kalkhydrat als Absorptionsmittel einer Wärmeübertragungseinrichtung zur Übertragung von Wärme aus dem in den Wäscher einströmenden Rauchgasstrom auf den aus dem Wäscher austretenden Reingasstrom mindestens ein Reingas-Bypasskanal zugeordnet und/oder dem Wäschersumpf ein Sumpferweiterungssystem zur Vergrößerung des Sumpfvolumens zugeordnet, wobei dem Wäschersumpf und/oder dem Sumpferweiterungssystem Oxidationsluft zuführbar ist und Waschsuspension aus dem Wäschersumpf und/oder dem Sumpferweiterungssystem im Umlauf der Verteileinrichtung -zuführbar ist.

Kalkstein/Kalkhydrat-Rauchgasreinigungsanlage mit Reingas-Bypasskanal und Sumpferweiterungssystem

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Rauchgasentschwefelungsanlage mit mindestens einem Wäscher mit einer Verteileinrichtung zum Verteilen eines Absorptionsmittels in den durch den Wäscher strömenden Rauchgasstrom und einem am Boden des Wäschers angeordneten Wäschersumpf.

Verschiedene nasse Rauchgasentschwefelungsverfahren sind bekannt und unterscheiden sich unter anderem durch das Absorbens bzw. Absorptionsmittel und in ihrer apparativen Ausführung. Die apparative Ausführung der Rauchgasreinigungsanlagen ist für das jeweilige Verfahren optimiert im Hinblick auf Reingasqualität, Betriebskosten (Absorbens- und Energiebedarf) sowie Investitionskosten.

Es ist bekannt, bei Meerwasser-REAs 1 (kurz MW-REA) - wie in Figur 1 gezeigt – Meerwasser als Absorbens zu verwenden. Das Rauchgas tritt hierbei in einen für Meerwasser ausgelegten Wäscher 3 ein und kommt dort mit frischem Meerwasser in Kontakt. Durch den Kontakt mit dem Meerwasser wird das Rauchgas zum einen teilentschwefelt und zum anderen abgekühlt. Das Rauchgas kühlt sich annähernd auf die Temperatur des Meerwassers ab (typisch $<35^{\circ}\text{C}$). In der Regel ist die Meerwassertemperatur niedriger als die Taupunkt-Temperatur des Rauchgases. Daher kondensiert Wasserdampf aus dem Rauchgas aus. Das abgekühlte und gereinigte Rauchgas (jetzt Reingas) verlässt den Wäscher 3 als Reingas. Vorteilhafterweise wird das Rauchgas über einen Gas-Gas-Wärmeübertrager 2 geleitet. Dabei gibt das Rauchgas einen Teil seiner Wärme ab und wird dabei vor Eintritt in den Wäscher schon vorgekühlt. Das abgekühlte und gereinigte Reingas durchströmt dann beim Verlassen des Wäschers 3 den Gas-Gas-Wärmeübertrager 2. Dabei nimmt das Reingas die übertragene Wärme auf und wird dadurch aufgeheizt. Das aufgeheizte Reingas verlässt die Anlage 1 in Richtung Kamin (nicht dargestellt). Die Wiederaufheizung des Reingases ist vorteilhaft, damit eine ausreichende Ausbreitung des Rauchgases am Kaminaustritt gewährleistet ist.

Das dem Wäscher 3 zugeführte Meerwasser hat das Rauchgas entschwefelt. Das benutzte Meerwasser und das Kondensat aus dem Rauchgas sammeln sich in einem Wäschersumpf 4, der ein für das MW-REA-Verfahren typisches Volumen V_{MW} aufweist, und fließen von dort in eine Meerwasserbehandlungsanlage 5, in die über Kompressoren oder Gebläse 10 Oxidationsluft in das aufzubereitende Wasser gedüst wird. Eine Rezirkulation des Meerwassers zurück in den Wäscher 3 findet nicht statt.

Bei einer wie in Figur 2 gezeigten bekannten Kalkstein-REA 6 (kurz KS-REA) tritt das Rauchgas in der Regel ungekühlt in den für Kalksteinsuspension ausgelegten Wäscher 7 ein. Durch den Kontakt mit der Waschsuspension wird das Rauchgas zum einen teilentschwefelt und zum anderen abgekühlt. Das Rauchgas kühlt sich annähernd auf die Temperatur der Waschsuspension ab. Weil die Waschsuspension rezirkuliert wird, ergibt sich im System annähernd die adiabatische Sättigungstemperatur des Rauchgases (typischerweise 50 bis 65°C) und das Rauchgas wird mit Wasserdampf gesättigt. Das Reingas verlässt die Anlage wiederum in Richtung des nicht dargestellten Kamins. Eine Wiederaufheizung des Reingases ist in der Regel nicht notwendig.

Die dem Wäscher 7 zugeführte Waschsuspension hat das Rauchgas teilentschwefelt. Die Waschsuspension sammelt sich im Wäschersumpf 8, der ein für das Kalksteinverfahren typisches Volumen V_{KS} aufweist. Die Waschsuspension wird aus dem Wäschersumpf 8 über Rezirkulationspumpen 9 dem Wäscher 7 wieder zur Reinigung der Rauchgase zugeführt.

Im Wäschersumpf 8 werden die Sulfite in der Waschsuspension zu Sulfaten oxidiert. Dazu wird Luft über Kompressoren oder Gebläse 10 in den Wäschersumpf 8 eingebracht. Das Calciumsulfat fällt aus der übersättigten Lösung aus und bildet mit Wasser Gipskristalle. Während der Verweilzeit im Wäscher 7 wachsen die Gipskristalle und der in der Waschsuspension enthaltene Kalkstein löst sich. Über Rührwerke (nicht dargestellt) wird die Waschsuspension im Wäschersumpf umgewälzt, um die Feststoffe suspendiert zu halten.

Ist eine REA für den Betrieb mit Meerwasser ausgelegt worden, ist ein Wechsel von Meerwasser als Absorbens zu Kalksteinsuspension problematisch. Die Probleme ergeben sich im Wesentlichen aus zwei Faktoren. Erstens ist der Reingasvolumenstrom bei der Verwendung von zirkulierender Kalksteinsuspension wesentlich größer als bei der Verwendung von Meerwasser, da KS-REAs im Gegensatz zu MW-REAs im Umlauf und nicht im Durchlauf betrieben werden. Der größere Volumenstrom resultiert in erheblich vergrößerten Druckverlusten, die unter Umständen nicht mehr mit den bestehenden (Rauchgas-)Gebläsen, die auf den Meerwasserbetrieb ausgelegt sind, bewältigt werden können. Einen wesentlichen Beitrag an den Druckverlusten im Reingasweg leistet dabei der Gas-Gas-Wärmeübertrager 2 (im Folgenden „GGW“), der üblicherweise in MW-REAs eingesetzt wird. Zweitens erfordern KS-REAs eine gewisse Verweilzeit der Suspension im Wäschersumpf 8 für die Lösung des Kalksteins und für das Gipskristallwachstum. Dafür werden in KS-REAs die Wäscher 7 mit einem ausreichenden Sumpfvolumen V_{KS} ausgestattet. Das Sumpfvolumen in MW-REA-Wäschern ist deutlich kleiner und führt beim Betrieb mit Kalkstein zu unzureichendem Gipskristallwachstum und unzureichender Lösung des Kalksteins.

Es gibt auch REAs bei denen als Absorptionsmittel Kalkhydrat eingesetzt wird. Durch Zumischen von Wasser zum Kalkhydrat wird Kalkmilch erzeugt, welche dann als Waschsuspension verwendet wird. Die Kalkmilch bzw. das Kalkhydrat kann ebenso durch Mischung von Branntkalk mit Wasser erzeugt werden, wobei der Branntkalk zu Kalkhydrat reagiert. Bei einem Wechsel vom Betrieb einer MW-REA zu einer REA, bei der Kalkhydrat als Absorptionsmittel verwendet wird, ergeben sich ähnliche Probleme wie beim Wechsel zum Betrieb mit Kalkstein.

Im Folgenden werden REAs, die Kalkstein und Kalkhydrat verwenden, mit dem Begriff Calcium-REA bzw. CA-REA zusammengefasst.

Aufgabe der Erfindung ist es daher eine MW-REA so auszugestalten, dass ein Wechsel zum Betrieb als CA-REA ermöglicht wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass für den Einsatz von Kalkstein oder Kalkhydrat als Absorptionsmittel einer Wärmeübertragungseinrichtung

zur Übertragung von Wärme aus dem in den Wäscher einströmenden Rauchgasstrom auf den aus dem Wäscher austretenden Reingassstrom mindestens ein Reingas-Bypasskanal zugeordnet ist und/oder dem Wäschersumpf ein Sumpferweiterungssystem zur Vergrößerung des Sumpfvolumens zugeordnet ist, wobei dem Wäschersumpf und/oder dem Sumpferweiterungssystem Oxidationsluft zuführbar ist, und Waschsuspension aus dem Wäschersumpf und/oder dem Sumpferweiterungssystem im Umlauf der Verteileinrichtung zuführbar ist

Durch den Reingas-Bypasskanal wird vorteilhafterweise der erhöhte Druckverlust bei einer MW-REA im Betrieb als CA-REA verringert oder sogar kompensiert. Gleichzeitig besteht aber weiterhin die Möglichkeit die Wärmeübertragungseinrichtung zum Abkühlen des vom Kessel kommenden Rauchgases zu verwenden, um den Frischwasserbedarf bei Betrieb als CA-REA zu verringern. Vorteilhafterweise kann durch Einsatz des erfindungsgemäßen Sumpferweiterungssystems der für den Betrieb als MW-REA ausgelegte Wäscher beim Betrieb als CA-REA weiter verwendet werden, da das Sumpferweiterungssystem zusammen mit dem vorhandenen Wäschersumpf ein ausreichendes Volumen bzw. ausreichende Verweilzeit für die Lösung des ggf. verwendeten Kalksteins und für die Gipskristallbildung (bei Verwendung von Kalkstein als auch bei Verwendung von Kalkhydrat) vorsieht.

Vorteilhafterweise ist der Strömungswiderstand des vorgeschlagenen Reingas-Bypasskanals durch eine im Kanal befindliche, lokale Querschnittsverengung bestimmt, wobei die Querschnittsverengung im Betrieb invariabel (bevorzugterweise durch eine einsetzbare Blende) oder im Betrieb variabel (bevorzugterweise durch ein Ventil und/oder Klappen) ausgestaltet ist. Hierdurch kann die Teilmenge an Reingas, die an der Wärmeübertragungseinrichtung vorbei strömt, in Abhängigkeit von Messgrößen oder Betriebsbedingungen (wie zum Beispiele Verschmutzungen und Ablagerungen) beeinflusst werden.

Für das erfindungsgemäße Sumpferweiterungssystem wird vorteilhafterweise ein Sumpferweiterungstank mit einer Umwälzvorrichtung (zum Beispiel ein oder mehrere Rührwerke) vorgesehen, die eine Ablagerung der Gipskristalle im Erweiterungstank vermeiden. Dabei ist es insbesondere vorteilhaft, dass das Rührwerk bei einem

zylindrisch ausgebildeten Erweiterungstank zwischen der Einströmöffnung der Verbindungsleitung und der Ansaugöffnung eines Umwälzpumpensystems an der in Umfangsrichtung kürzeren Strecke angeordnet ist und das Rührwerk mit einer in Richtung der Einströmöffnung orientierten Förderrichtung angeordnet ist (und nicht radial zur Tankmitte hin). Hierdurch wird eine besonders gute Vermischung von einströmender Suspension mit Suspension im Erweiterungstank erreicht und eine Kurzschlussströmung vermieden.

Vorteilhafterweise weist die erfindungsgemäße Rauchgasentschwefelungsanlage zwei oder mehr Verbindungsleitungen zwischen Wäschersumpf und Erweiterungstank auf. Dadurch kann der Betrieb auch aufrechterhalten werden, wenn eine Leitung ausfällt. Wenn jede Verbindungsleitung eine eigene Spülwasserzuleitung aufweist, ermöglicht dies außerdem gegenüber einer einzelnen Verbindungsleitung mit großem Durchmesser eine kleiner dimensionierte Spülwasserversorgung.

In weiteren Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen beschrieben.

Die Erfindung soll nun anhand der beigefügten Figuren erläutert werden:

Fig. 1 zeigt eine schematische Übersicht einer bekannten MW-REA.

Fig. 2 zeigt eine schematische Übersicht einer bekannten KS-REA.

Fig. 3 zeigt eine schematische Übersicht der erfindungsgemäßen CA-REA gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in der Kalkstein als Absorptionsmittel verwendet wird.

Fig. 4 zeigt eine vereinfachte Darstellung der Ausführungsform der CA-REA der Fig. 3

Fig. 5 zeigt eine vereinfachte Darstellung des Reingas-Bypasskanals einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen CA-REA.

Fig. 6 zeigt eine vereinfachte Darstellung eines alternativen Reingas-Bypasskanals einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen CA-REA.

Fig. 7 -9 zeigen vereinfachte Darstellung verschiedener Ausführungsformen des Reingas-Bypasskanals der erfindungsgemäßen CA-REA.

Fig. 10 zeigt eine vereinfachte Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen CA-REA, bei der mehrere Reingas-Bypasskanäle verwendet werden.

Fig. 11 zeigt einen Wäscher einer MW-REA ohne Sumpferweiterungssystem.

Fig. 12 zeigt eine vereinfachte Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen CA-REA mit einem für eine MW-REA ausgelegten Wäscher und Sumpferweiterungssystem.

Fig. 13 zeigt eine detailliertere Darstellung der Ausführungsform der Figur 12.

Fig. 14 zeigt eine Kurzschlussströmung in einem Erweiterungstank.

Fig. 15 zeigt eine vorteilhafte Ausgestaltung eines Erweiterungstanks mit Rührwerk.

Fig. 16 – 20 zeigen vereinfachte Darstellungen weiterer Ausführungsformen der erfindungsgemäßen CA-REA mit einem für eine MW-REA ausgelegten Wäscher und Sumpferweiterungssystem.

Fig. 21 zeigt eine vereinfachte Darstellung einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen CA-REA mit mehreren für MW-REA ausgelegten Wäschern und einem gemeinsam genutzten Sumpferweiterungssystem.

Die erfindungsgemäße CA-REA ist so adaptiert, dass sie vorteilhafterweise mit Kalkstein oder Kalkhydrat als Absorptionsmittel betreibbar ist. Auch wenn in Figur 3 (und folgenden Figuren) die Erfindung im Zusammenhang mit einer Kalkstein REA bzw. KS-REA 11 erläutert wird, ist die erfindungsgemäße CA-REA ebenso mit Kalkhydrat betreibbar.

Die KS-REA 11 der Figur 3 weist - gegenüber einer MW-REA 1 wie sie in der Figur 1 gezeigt ist - zusätzliche funktionale Elemente auf, die eine Umwandlung der MW-REA 1 in eine mit Kalkstein betreibbare REA unter Wiederverwendung von existierenden für die MW-REA ausgelegten Anlagenelemente ermöglicht. Insbesondere wird durch die Wiederverwendung des für den MW-Betrieb ausgelegten Wäschers 3 und der Wärmeübertragungseinrichtung (im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Figur 3 ein Gas-Gas-Wärmeübertrager (GGW) 2) als auch weiterer für die MW-REA vorgesehenen Elemente, wie Pumpensystem oder Kompressoren für Oxidationsluft der Wechsel des Absorptionsmittels von Meerwasser auf Kalkstein bei geringen Zusatzinvestitionskosten ermöglicht.

Wie einleitend beschrieben, ergeben sich bei einer REA durch den Umlaufbetrieb mit Kalksteinsuspension höhere Reingastemperaturen als im Durchlaufbetrieb einer solchen REA mit Meerwasser. In beiden Fällen (d.h. Betrieb als MW-REA und Betrieb als KS-REA) ist das Reingas mit Wasserdampf gesättigt. Wegen der höheren Temperatur ist die Wasserdampfbeladung jedoch im Umlaufbetrieb bei der KS-REA wesentlich größer als im Durchlaufbetrieb mit dem relativ kühlen Meerwasser bei der MW-REA. Dadurch ergibt sich ein wesentlich größerer Reingasvolumenstrom im KS-REA Betrieb (ungefähr +25%). Wird nun eine REA (mit Elementen wie Wäscher 3, GGW 2 und Rauchgaskanäle), die für MW-Betrieb ausgelegt ist, mit Kalkstein oder Kalkmilch als Absorptionsmittel betrieben, ergeben sich durch den größeren Reingasvolumenstrom deutlich größere Druckverluste im Reingasströmungsweg. Den größten Anteil an den Druckverlusten im Reingasweg hat in der Regel der GGW. Entsprechend ist im GGW auch die Druckverlustzunahme absolut am größten. Die erhöhten Druckverluste bedeuten zum einen, einen höheren Leistungsbedarf bei der Rauchgasförderung und zum anderen, eine größere installierte Leistung für das Gebläse zur Rauchgasförderung (ID-Fan). Je nach Auslegung, ist es auch möglich, dass das bestehende Gebläse den erforderlichen Differenzdruck nicht darstellen kann und, dass im GGW 2 unzulässig große Strömungsgeschwindigkeiten auftreten.

Der Wäscher 3 der KS-REA 11 in der Figur 3 ist für Betrieb als MW-REA ausgelegt und weist somit nur ein sehr kleines Sumpfvolumen V_{MW} auf. Für den Betrieb der REA mit Kalksteinsuspension ist jedoch ein relativ großes Sumpfvolumen V_{KS} bzw. eine relativ große Verweilzeit τ_{KS} für die Lösung des Kalksteins und die Gipskristallbildung notwendig. Ohne zusätzliche bauliche Maßnahmen ergäbe sich bei Betrieb des für MW ausgelegten Wäschers 3 mit Kalkstein als Absorptionsmittel eine sehr geringe Verweilzeit für die Kalksteinsuspension. Wegen der kurzen Verweilzeit, könnten die Gipskristalle nicht ausreichend wachsen und es würde nur ungenügend Kalkstein nachgelöst, was zu Einbußen bei der Abscheideleistung der Anlage führt.

Die oben aufgezeigten Probleme beim Betrieb einer MW-REA als KS-REA werden durch Vorsehen eines Reingas-Bypass-Kanals 13 am GGW und eines Sumpferweiterungssystems 14 gelöst. Der Reingas-Bypass-Kanal 13 am GGW wird im Folgenden als „GRB“ und das Sumpferweiterungssystems 14 als „SES“

abgekürzt. Der GRB 13 und das SES 14 können bereits beim Bau der ursprünglichen MW-REA 1 mit geplant und/oder installiert werden oder sie können bei einer existierenden MW-REA 1 nachgerüstet werden.

Die erfindungsgemäße Ausführung der CA-REA besteht somit insbesondere aus den folgenden Komponenten

- GGW 2 (für MW als Absorptionsmittel ausgelegt)
- Wäscher 3 (für MW als Absorptionsmittel ausgelegt)
- GRB 13
- SES 14

Wie aus Figur 3 ersichtlich, strömt das zum Beispiel aus einem Kraftwerk oder einer Müllverbrennungsanlage (nicht dargestellt) stammende Rauchgas durch den GGW 2 und wird hierbei abgekühlt. Die Funktionsweise des GGW 2 ist dem Fachmann bekannt und wird hier daher nicht näher erläutert. Der GGW 2 ist schematisch als Rotationswärmeübertrager dargestellt, der rauchgasseitig 2a und reingasseitig 2b durchströmt wird und durch die Drehbewegung die Wärme vom Rauchgasstrom zum Reingassstrom 16 transportiert.

Die Bauform der Wärmeübertragungseinrichtung ist für die Erfindung unerheblich. Es könnte anstatt des erwähnten GGW 2 zum Beispiel ebenso ein bekanntes Wärmeverschiebesystem mit zwei separaten Wärmeübertragern und einem Wärmeübertragungsmedium verwendet werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines als Sprühturm ausgebildeten Absorbers erläutert. Anstelle von Sprühebenen und Sprühdüsen könnte aber ebenso eine beliebige Verteileinrichtung zur Oberflächenvergrößerung des Absorptionsmittels (wie zum Beispiel ein in einer Ebene des Absorptionsturms angeordnetes Lochblech oder ein entsprechend angeordneter Siebboden) eingesetzt werden.

Das gekühlte Rauchgas strömt in den unteren Bereich eines Absorptionsturms 17 des Wäschers 3 ein und steigt in ihm auf. Auch wenn im Folgenden der Wäscher als

Gegenstromwäscher beschrieben wird könnte ebenso ein Gleichstrom oder ein Gleich-/Gegenstromwäscher verwendet werden. In einer im oberen Bereich des Wäschers 3 befindliche Sprühebene 18 sind Düsen 19 angeordnet, die die Kalkstein-Suspension als Waschsuspension auf das aufsteigende Rauchgas düsen. Auch wenn nur eine Sprühebene 18 dargestellt ist können mehrere Sprühebene vorgesehen werden, damit die Zuleitungen zu den Ebenen und Düsen kleinere Durchmesser haben und damit den Rauchgasweg möglichst wenig versperren. Die im Rauchgas befindlichen Schwefelverbindungen reagieren mit der Waschsuspension. Das gereinigte Rauchgas strömt dann als Reingasstrom 16 aus dem Wäscher 3 und bildet mindestens zwei Teilströme 16a und 16b, wobei ein Teilstrom 16a durch den GGW 2 strömt und hierbei Wärme - vom Rauchgasstrom 15 aufnimmt, und Teilstrom 16b über den erfindungsgemäßen GRB 13 am GGW 2 vorbeigeleitet wird. Die Funktionsweise des GRB 13 wird unter Bezugnahme auf Figuren 5-10 näher dargestellt. Die Teilströme 16a, 16b werden dann wieder zum Reingasstrom 16 zusammengeführt und zum Kamin (nicht dargestellt) geleitet.

Die Waschsuspension rieselt im Absorptionsturm 17 nach unten in den Wäschersumpf 4. Im Wäschersumpf 4 wird - wie bereits einleitend zur bekannten KS-REA 6 beschrieben - das Umsetzungsprodukt (Calciumsufit) des im Rauchgas enthaltenen Schwefeldioxides durch Zugabe von Sauerstoff (Luft) zu Calciumsulfat (Gips) aufoxidiert. Hierzu wird über Kompressoren oder Gebläse 10 Oxidationsluft in die im Wäschersumpf aufgefangene Suspension gepumpt. Der Wäschersumpf 4 steht im Suspensionsaustausch mit dem erfindungsgemäßen SES 14, der weiter unten unter Bezugnahme auf Figuren 12-21 noch detaillierter dargestellt wird. Über ein Pumpensystem 12 (bestehend aus einer oder mehreren Pumpen) wird die Suspension wie in Figur 3 gezeigt auf das Niveau der Sprühebene 18 gepumpt und wiederum über die Düsen auf das zu reinigende Rauchgas gesprüht. Die Kalksteinsuspension zirkuliert somit im bevorzugten Ausführungsbeispiel von der Sprühebene 18 durch den Absorptionsturm 17, Wäschersumpf 4, SES 14 und über das Pumpensystem 12 zurück zur Sprühebene 18.

Die Zubereitung von Frischabsorbens im Block 20 unter Vermischung von Kalkstein und Prozesswasser, sowie die Zuführung des Absorbens in den Wäscher 3 und die

Gips-Ausschleusung und -Aufbereitung im Block 21 sind dem Fachmann bekannt und werden hier nicht näher beschrieben.

Figur 4 zeigt in stark vereinfachter Form die erfindungsgemäße CA-REA wiederum als KS-REA11, und zwar mit GGW 2, mit dem für Meerwasser als Absorptionsmittel ausgelegten Wäscher 3 mit Sumpfvolumen V_{MW} , mit dem GRB 13 am GGW 2 und mit dem Sumpferweiterungssystem 14. Während das bevorzugte Ausführungsbeispiel die Kalkstein-REA 11 mit GRB 13 und SES 14 zeigt, ist es gemäß weiteren Ausführungsbeispielen auch möglich die erfindungsgemäße CA-REA auch nur mit GRB 13 oder nur mit SES 14 auszustatten. Sollte zum Beispiel die ursprüngliche MW-REA ohne GGW 2 angelegt sein oder ergeben sich aufgrund der Auslegung der ursprünglichen MW-REA im KS-Betrieb Druckverluste, die anderweitig kompensierbar sind, so könnte die erfindungsgemäße CA-REA lediglich mit dem SES 14 ausgestattet werden (ein ggf. vorhandener GGW 2 könnte dabei ausser Betrieb gesetzt werden).

Vorteilhafterweise lässt sich die erfindungsgemäße CA-REA wiederum auch leicht in eine MW-REA umwandeln. Durch Beibehalten der grundlegenden Strukturen der MW-REA (d.h. Beibehalten des für Meerwasser-Absorber optimierten bzw. ausgelegten GGWs und Wäschers) ist ein erneuter Wechsel des Absorptionsmittels Kalkstein bzw. Kalkhydrat auf Meerwasser möglich. Gegebenenfalls müsste hierzu lediglich der GRB 13 verschlossen werden und die ursprünglichen Meerwasserbereitstellungsanlagen bzw. Meerwasseraufbereitungslage (siehe Figur 1) reaktiviert werden.

Unter Bezugnahme auf Figuren 5-10 wird nun die erfindungsgemäße CA-REA als KS-REA 11 mit GRB 13 beschrieben, wobei die Figuren schematisch lediglich die hier relevanten Details zeigen (und zusätzliche Elemente wie Pumpe(n), Sprühebene(n), Rührwerke etc. zur vereinfachten Darstellung nicht gezeigt sind). Bei den Ausführungsformen der Figuren 5-10 kann erfindungsgemäß zusätzlich das SES 14 vorgesehen werden. Die erhöhten Druckverluste im Betrieb mit Kalkstein können verringert oder sogar kompensiert werden, in dem nur ein Teil 16a des Reingasstroms 16 durch die Reingasseite 2b des GGW 2 geführt und der verbleibende Teil 16b am GGW vorbeigeführt wird. Dies geschieht durch die

Verwendung des in Figur 5 dargestellten GRB 13. Der GRB 13 verbindet strömungstechnisch den Reingas-Strömungsraum vor dem GGW 2 mit dem Reingas-Strömungsraum hinter dem GGW 2. Dadurch wird erreicht, dass ein Teil 16b des Reingasstroms nicht durch den GGW 2 strömt, sondern über den GRB 13 am GGW vorbeigeführt wird. Gemäß dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel wird das Reingas dabei dem Reingaskanal vor dem GGW entnommen. Gemäß einem in Figur 6 dargestellten alternativen Ausführungsbeispiel kann das Reingas aber auch aus dem oberen Teil des Wäschers 3 (Absorbers) entnommen werden.

Wie groß die Teilmenge an Reingas ist, die über den Teilstrom 16b durch den GRB 13 strömt, wird durch den Strömungswiderstand des GRB 13 bestimmt. Vorzugsweise wird die Teilmenge (bzw. der Strömungswiderstand) so gewählt, dass der Druckverlust über die Reingasseite 2b des GGW 2 beim Betrieb als Kalkstein-REA geringer ist als im Betrieb als MW-REA. Dadurch können die erhöhten Druckverluste in anderen Anlagenteilen (Wäscher, Reingaskanal), die beim Betrieb als Kalkstein-REA auftreten, (teilweise) kompensiert werden. Die Teilmenge an Reingas kann aber z.B. auch so gewählt werden, dass der Druckverlust über die Reingasseite 2b des GGW bei beiden Verfahrensvarianten gleich ist.

Der Strömungsquerschnitt des GRB 13 wird so gewählt, dass sich die für Rauchgaskanäle üblichen Gasgeschwindigkeiten ergeben. Bevorzugterweise wird der GGW 2 reingasseitig 2b weiterhin durchströmt. Prinzipiell muss der GGW 2 aber nicht beim KS-REA Betrieb mitlaufen (bzw. rotieren). Das Mitlaufen bietet jedoch den Vorteil, dass hierdurch der Wasserbedarf (insbesondere der Bedarf an Prozesswasser) der erfindungsgemäßen CA-REA verringert wird. Das liegt daran, dass das ungereinigte Rauchgas am Wäschereintritt kälter wird, dadurch weniger Wasser aus dem Wäscher 3 verdampft wird und entsprechend weniger frisches Wasser zugespeist werden muss.

Wie oben erwähnt, ist eine starke Abkühlung des ungereinigten Gases erwünscht. Daher sollte der Strom durch den GGW hoch sein. Andererseits ergibt ein hoher Strom durch den GGW 2 einen hohen Druckverlust, und die Senkung des Druckverlusts ist Ziel des GRBs 13. Die gewählte Stromaufteilung ist letztendlich eine

Frage des wirtschaftlichen Optimums bzgl. Wasserverbrauch einerseits und Energiebedarf für Druckerhöhung andererseits (zum Beispiel durch Energiebedarf eines dem Wäscher vorgeschalteten Gebläses). Die technischen Grenzen z.B. max. mögliche Druckerhöhung des Gebläses und anlagenspezifische Vorgaben z.B. Mindest-Reingastemperatur im Kamin müssen natürlich ebenso beachtet werden. Der Fachmann wird daher die Teilstromaufteilung spezifisch für eine Anlage unter Bezugsgrößen wie Kosten für Wasserbereitstellung, Energiekosten, etc. vornehmen.

Technisch ergibt sich die Aufteilung der Ströme 16a, 16b durch die Strömungswiderstände im GGW 2 und im GRB 13. Der GRB 13 bzw. sein Strömungswiderstand kann so ausgelegt werden, dass sich die gewünschte Strömungsverteilung ergibt.

Der erforderliche Strömungswiderstand des GRB 13 wird maßgeblich durch eine lokale Querschnittverengung im GRB erreicht. Hierzu können gemäß einem in Figur 7 dargestellten Ausführungsbeispiels eine oder mehrere Blenden 22 eingesetzt werden, die lokale invariable Querschnittsverengungen bilden. Ändert sich der Strömungswiderstand über den GGW (z.B. durch Verschmutzung) kann es erforderlich sein, den Strömungswiderstand des GRB anzupassen. Dazu können die eingesetzten Blenden 22 bei Anlagenstillstand getauscht werden.

Um eine Anpassung des Strömungswiderstands im Betrieb zu erlauben, werden gemäß weiterer Ausführungsformen manuell zu bedienenden Ventile 23 bzw. Klappen im Strömungsweg (siehe Figur 8) eingesetzt. Diese bilden im GRB 13 eine lokale variable Querschnittsverengung.

Gemäß weiteren Ausführungsformen wird eine Automatisierung mit variablem Strömungswiderstand als Stellgröße verwendet. Je nach Anwendung kommen verschiedenen Messgrößen in Betracht wie zum Beispiel Temperatur im Reingaskanal, Druckverlust über GGW (ΔP , siehe Figur 9) oder GRB, Volumen- oder Massenstrommessung im GRB. Hierzu wird - wie in Figur 9 skizziert - einen Regelkreis mit Ventilsteuerung 24 und damit einen GRB 13 mit variabler Querschnittsverengung und Regelung vorzusehen.

Vorzugsweise können statt einem Kanal für den GRB, mehrere Teilkanäle 13a, 13b eingesetzt werden (siehe Figur 10).

Unter Bezugnahme auf Figuren 12-21 wird nun die erfindungsgemäße CA-REA als KS-REA 11 mit dem Sumpferweiterungssystem 14 (SES) beschrieben, wobei die Figuren wiederum schematisch nur die relevanten Details zeigen und zusätzliche Elemente (wie GGW 2 und/oder GRB 13, Absorbenszubereitung, etc.) aus Gründen einer vereinfachten Darstellung nicht gezeigt sind.

Ein Wäscher einer wie in Figur 1 gezeigten MW-REA verfügt nicht über ein ausreichendes Sumpfvolumen für den Betrieb als KS-REA. Das geringe Sumpfvolumen V_{MW} führt zu unzureichenden Verweilzeiten der Waschsuspension im Kalksteinbetrieb. Bei der KS-REA 11 wird das restliche, geforderte Sumpfvolumen $V_{KS}-V_{MW}$ außerhalb des Wäschers in dem SES 14 bereitgestellt. Das Volumen des SES ist nach den üblichen Auslegungsmethoden so bemessen, dass sich in der REA eine ausreichende Gesamtverweilzeit ergibt. Die erforderliche Gesamtverweilzeit ergibt sich demnach aus einer Vorverweilzeit im Wäschersumpf 4 und einer Nachverweilzeit außerhalb des Wäschersumpfs.

In Figur 11 ist schematisch zunächst ein Wäscher (ohne SES) gezeigt mit einem Sumpfvolumen $V_{ges} = V_{MW}$ und einer entsprechenden Verweilzeit τ_{ges} . Figur 12 zeigt die erfindungsgemäße CA-REA mit dem SES 14, das neben einem Erweiterungstank 25 auch Verbindungsleitungen 26, 27 für die Suspensionszirkulation von dem Wäschersumpf 4 zum Umwälzpumpensystem 12 aufweist. Das Volumen V_1 in Figur 12 entspricht dabei dem Sumpfvolumen V_{MW} eines für MW ausgelegten Wäschers wie in Figur 11 gezeigt. Das zusätzliche Volumen V_2 des Erweiterungstanks wird dabei so gewählt, dass $V_1 + V_2$ einem für KS-REA üblichem Sumpfvolumen $V_{ges} = V_{KS}$ entspricht und damit auch eine Verweilzeit $\tau_{ges} = \tau_1 + \tau_2$ erreicht wird, die ausreichend ist für die nötige Lösung des Kalksteins und die Gipskristallbildung. Das benötigte Gesamtvolumen V_{KS} der KS-REA hängt unter anderem von der abgeschiedenen SO_2 -Fracht ab. Bei üblichen Beispielbedingungen bezüglich der SO_2 -Fracht wird von einem Verhältnis des SES-Volumens V_2 zum Wäschervolumen V_1 von ca. 1,5-3 ausgegangen. Beim Betrieb der erfindungsgemäßen CA-REA mit Kalkhydrat entfällt zwar die nötige Verweildauer für eine Lösung von Kalkstein, eine erhöhte Verweilzeit für die Gipskristallbildung ist

jedoch erforderlich. Das Volumenverhältnis beträgt bei der erfindungsgemäßen CA-REA für den Betrieb mit Kalkhydrat ca. 0,6 – 1,7. Wegen der sehr unterschiedlichen MW-REA Bauformen und resultierenden Wäschersumpfvolumina V_{MW} , können sich auch Volumenverhältnisse ergeben, die sich von den genannten erheblich unterscheiden.

In der bevorzugten Ausführungsform besteht die erfindungsgemäße CA-REA mit SES 14 insbesondere aus den folgenden in Figur 13 dargestellten Komponenten:

- Wäscher 3 (z.B. Sprühabsorber) mit Wäschersumpf
- Umwälzvorrichtung 28 (z.B. Rührwerke) am Wäschersumpf 4
- Oxidationssystem 29 (z.B. Oxidationsluftlanzen) im Wäschersumpf 4
- Verbindungsleitung 26 zwischen Wäschersumpf 4 und Sumpferweiterungstank 25
- Sumpferweiterungstank 25
- Umwälzvorrichtung 30 (z.B. Rührwerke) im Sumpferweiterungstank 25
- Oxidationssystem 31 (z.B. Oxidationsluftlanzen) im Sumpferweiterungstank 25
- Fördereinrichtung (z.B. Umwälzpumpensystem 12)
- Verbindungsleitung 27 zwischen Sumpferweiterungstank 25 und Fördereinrichtung

Die Waschsuspension sammelt sich nach dem Waschvorgang im Wäschersumpf 4. Die Waschsuspension wird im Sumpf 4 mit Hilfe der Rührwerke 28 umgewälzt, damit sich die Feststoffe in der Suspension nicht absetzen. Über die Oxidationsluftlanzen 29 wird der Waschsuspension Luft zugeführt, um Sulfite zu oxidieren. Über eine Verbindungsleitung 26 strömt die Waschsuspension in den Sumpferweiterungstank 25. Die Waschsuspension wird im Sumpferweiterungstank 25 mit Hilfe der Rührwerke 30 umgewälzt, damit sich die Feststoffe in der Suspension nicht absetzen. Über die Oxidationsluftlanzen 31 wird der Waschsuspension Luft zugeführt, um die verbleibenden Sulfite zu oxidieren. Aus dem Sumpferweiterungstank 25 wird die Waschsuspension über eine oder mehrere Verbindungsleitungen 27 und das Umwälzpumpensystem 12 der einen oder mehreren Sprühebenen 18 zugeführt. Frisches Absorbens kann an einer beliebigen Stelle zu dosiert werden (Wäschersumpf 4, Verbindungsleitungen 26, 27,

Sumpferweiterungstank 25, Saug- & Druckleitung der Umwälzpumpen). Das gleiche gilt für den Abzug der Gipssuspension aus dem System. Bevorzugt wird die Gipssuspension jedoch aus dem Wäschersumpf 4 abgezogen und die Kalksteinsuspension dem Sumpferweiterungstank 25 zugeführt.

Für die Ausbildung einer gleichmäßigen Verweilzeitverteilung im gesamten Sumpf wird an der Wand des Sumpferweiterungstanks 25 zwischen die Einströmöffnung der Verbindungsleitung 26 und den Ansaugöffnungen der Verbindungsleitungen 27 des Sprühebenen-Pumpensystems 12 an der in Umfangsrichtung kürzeren Strecke (mindestens) ein Rührwerk 30 platziert. Das Rührwerk 30 wird so ausgerichtet, dass die Förderrichtung des Rührwerks 30 nicht-radial zur Tankmitte (siehe Figur 14), sondern in Richtung der Einströmöffnung (siehe Figur 15) orientiert ist. Dadurch wird vermieden, dass die Gipssuspension aus der Verbindungsleitung 26 in einer Art Kurzschlussströmung wieder den Sprühebenen 18 zugeführt wird, ohne sich vorher ausreichend mit der Suspension im Sumpferweiterungstank 25 gemischt zu haben. Um eine Kurzschlussströmung zu vermeiden, ist es außerdem vorteilhaft, wenn der Winkel zwischen der Hauptströmungsrichtung der einströmenden Suspension und der Verbindungslinie zwischen den Öffnungen der Leitungen 26 und 27 im Tank 25 möglichst groß ist (z.B. durch eine entsprechende Orientierung der Verbindungsleitung 26).

Je nach Randbedingungen, kann es ausreichend sein, Oxidationsluft nur im Wäschersumpf 4 der Suspension zuzuführen. In diesen Fällen kann die Anlage gemäß einer alternativen Ausführungsform ohne Oxidationssystem im SES 14 ausgeführt werden (siehe Figur 16).

Weiterhin kann gemäß anderer Ausführungsformen die Anlage 11 auch mit mehreren Umwälzpumpensystemen 12a, 12b ausgestattet sein, wobei es bei bestimmten Randbedingungen vorteilhaft ist, nicht alle Umwälzpumpensysteme 12b saugseitig mit dem Sumpferweiterungstank, sondern ein Pumpensystem 12a saugseitig mit dem Wäschersumpf 4 zu verbinden. Ein solches System mit separaten Verbindungsleitungen zu respektiven Sprühebenen 18a und 18b ist in der Ausführungsform der Figur 17 gezeigt.

Prinzipiell besteht die Gefahr, dass sich Feststoffe in der Verbindungsleitung 26 anlagern und die Leitung verschließen können. Es bietet sich daher an, mehrere kleinere Verbindungsleitungen 26a, 26b (wie in Figur 19 dargestellt) statt einer großen Verbindungsleitung zu installieren. Das hat außerdem für die Auslegung eines Spülsystems Vorteile, denn für die Spülung der Verbindungsleitung 26 wird ein gewisser Spülwasserstrom benötigt, um eine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit beim Spülvorgang zu erreichen. Zur Realisierung dieses Spülwasserstroms muss eine entsprechende Spülwasserversorgung vorhanden sein (Vorratsbehälter, Pumpen, ...). Eine solche Spülwasserversorgung kann über eine Spülwasserzuleitung 32 an die Verbindungsleitung 26 zwischen Wäschersumpf 4 und Erweiterungstank 25 gekoppelt sein (wie es in Figur 18 gezeigt ist). Bei großen Umwälzmengen und damit großem Querschnitt der Verbindungsleitung 26 wird die Spülwassermenge und die Spülwasserversorgung relativ groß. Es bietet sich auch daher an, mehrere kleinere Verbindungsleitungen 26a, 26b (wie in Figur 19 dargestellt) statt einer großen Verbindungsleitung zu installieren und diese über separate Spülwasserzuleitungen 32a, 32b nacheinander zu spülen. Dadurch kann die Spülwasserversorgung entsprechend kleiner dimensioniert werden. Was hier anhand der Verbindungsleitung 26 erläutert wurde, gilt in gleicher Weise für die Verbindungsleitung 27.

Wie in Figur 20 dargestellt, kann an Stelle von einer Spülung auch eine Entleerung der verbindenden Rohrleitungen (26 und/oder 27) über Entleerungseinrichtungen (33a, 33b) erfolgen. Die Entleerung erfolgt üblicherweise möglichst zügig mit einem relativ großen Volumenstrom in eine Grube. Die Grube ist üblicherweise für das gesamte Entleerungsvolumen ausgelegt. Über eine Fördereinrichtung wird die Grube mit einem relativ kleinen Volumenstrom entleert. Auch bei einer Anlage mit Entleerungseinrichtung(en) ist es vorteilhaft wenn statt einer großen, mehrere kleine Verbindungsleitungen (z.B. 26a, 26b) eingesetzt werden. Die Entleerungen der Leitungen können dann nacheinander erfolgen und die Grube kann dadurch entsprechend kleiner dimensioniert werden. Spülung und Entleerung können auch kombiniert eingesetzt werden (nicht dargestellt).

Der Füllstand im Sumpferweiterungstank 25 kann nicht höher sein als im Wäschersumpf 4. Wenn die Böden beider Behälter auf einer Höhe stehen können

sich dadurch unwirtschaftlich große Durchmesser für den Sumpferweiterungstank 25 ergeben. Durch den Einsatz mehrerer Sumpferweiterungstanks 25 kann dieses Problem gelöst werden.

Bei Anlagen mit zwei und mehr Wäschern 3a, 3b kann gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung auch ein gemeinsames Sumpferweiterungssystem 14 für mehrere Wäscher verwendet werden wie es in Figur 21 dargestellt ist.

Auch wenn in der vorliegenden Anmeldung auf eine CA-REA abgestellt wurde, ist es grundsätzlich denkbar als Absorptionsmittel auch Ammoniak zu verwenden. Bei einer solchen Ammoniak-REA wird statt Kalksteinsuspension dem System Ammoniak (NH_3) oder Ammoniakwasser (typischerweise 25%-Gew. NH_3 + 75%-Gew. H_2O) zugeführt. Im Sumpf bildet sich Ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), welches (wenn die Löslichkeitsgrenze überschritten wird) in Form von Kristallen ausfällt (analog zum Gips). Die Suspension wird aus dem Sumpf abgezogen und weiterbehandelt. Alternativ kann die Sumpfflüssigkeit knapp unter der Löslichkeitsgrenze gehalten werden. Dann findet keine Kristallisation im Sumpf statt. Stattdessen wird die Flüssigkeit abgezogen, weiterbehandelt und zurückgespeist. In einer externen Weiterbehandlungsanlage findet dann die (teilweise) Kristallisation und Ausschleusung des Ammoniumsulfats statt.

Bezugszeichenliste

- | | |
|--------------|---|
| 1 | Meerwasser-REA |
| 2 | Gas-Gas-Wärmeübertrager |
| 2a, 2b | Rauchgasseite und Reingasseite |
| 3, 3a, 3b | Wäscher (ausgelegt für Meerwasserabsorbens) |
| 4 | Wäschersumpf (kleines Volumen) |
| 5 | Meerwasserbehandlungsanlage |
| 6 | Kalkstein-REA |
| 7 | Wäscher (ausgelegt für Kalksteinsuspension) |
| 8 | Wäschersumpf (großes Volumen) |
| 9 | Rezirkulationspumpe |
| 10 | Kompressoren / Gebläse |
| 11 | adaptierte KS-REA |
| 12, 12a, 12b | Pumpensystem |
| 13, 13a, 13b | Reingas-Bypasskanal bzw. -Teilkanäle |
| 14 | Sumpferweiterungssystem |
| 15 | Rauchgasstrom |
| 16 | Reingasstrom |
| 16a, 16b | Teilströme des Reingasstroms |
| 17 | Absorptionsturm |
| 18, 18a, 18b | Verteileinrichtung (Sprühebene) |
| 19 | Düsen |
| 20 | Frischabsorbenszubereitung |
| 21 | Gips-Ausschleusung und –Aufbereitung |
| 22 | Blende |
| 23 | Ventil bzw. Klappe |
| 24 | Regelkreis mit Ventilsteuerung |
| 25 | Erweiterungstank |
| 26, 26a, 26b | Verbindungsleitung zum Wäschersumpf |
| 27, 27a, 27b | Verbindungsleitung zum Pumpensystem |
| 28 | Umwälzvorrichtung (Rührwerk/Rührwerke) |
| 29, 31 | Oxidationssystem (Oxidationsluftlanze) |
| 30 | Umwälzvorrichtung (Rührwerk/Rührwerke) im SES |
| 32, 32a, 32b | Spülwasserzuleitung |

33a, 33b Entleerungseinrichtung

Patentansprüche

1. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) mit mindestens einem Wäscher (3) mit einer Verteileinrichtung (18) zum Verteilen eines Absorptionsmittels in den durch den Wäscher strömenden Rauchgasstrom (15) und einem am Boden des Wäschers angeordneten Wäschersumpf (4), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass für den Einsatz von Kalkstein oder Kalkhydrat als Absorptionsmittel

einer Wärmeübertragungseinrichtung zur Übertragung von Wärme aus dem in den Wäscher einströmenden Rauchgasstrom (15) auf den aus dem Wäscher austretenden Reingasstrom (16) mindestens ein Reingas-Bypasskanal (13) zugeordnet ist und/oder

dem Wäschersumpf ein Sumpferweiterungssystem (14) zur Vergrößerung des Sumpfvolumens zugeordnet ist,

wobei dem Wäschersumpf (4) und/oder dem Sumpferweiterungssystem (14) Oxidationsluft zuführbar ist, und

Waschsuspension aus dem Wäschersumpf (4) und/oder dem Sumpferweiterungssystem (14) im Umlauf der Verteileinrichtung (18) zuführbar ist.

2. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Strömungswiderstand des Reingas-Bypasskanals (13) durch mindestens eine im Kanal befindliche, lokale Querschnittsverengung bestimmt ist.

3. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass mindestens eine Querschnittsverengung im Betrieb invariabel ist und bevorzugterweise durch eine einsetzbare Blende (22) realisiert ist.

4. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass mindestens eine Querschnittsverengung im Betrieb variabel ist und bevorzugterweise durch ein Ventil (23) und/oder Klappen realisiert ist.

5. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass mindestens eine variable Querschnittsverengung basierend auf einer oder mehreren Stellgrößen im Betrieb angepasst wird, wobei

bevorzugterweise mindestens eine der folgenden Stellgrößen verwendet wird:
Temperatur im Reingaskanal, Druckverlust über die Wärmeübertragungseinrichtung (2) oder über den Reingas-Bypasskanal, Volumen- oder Massenstrommessung im Reingas-Bypasskanal.

6. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Wäscher (3) eine Umwälzvorrichtung (28), ein Oxidationssystem (29) aufweist und mit einem Umwälzpumpensystem (12) zum Pumpen der Suspension zur Verteileinrichtung (18) in einem Absorptionsturm (17) des Wäschers gekoppelt ist, und das Sumpferweiterungssystem (14) mindestens einen Sumpferweiterungstank (25) mit einer weiteren Umwälzvorrichtung (30) aufweist, der über eine oder mehrere Verbindungsleitungen (26, 27) mit dem Wäschersumpf (4) im Suspensionsaustausch steht.

7. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zwei oder mehr Verbindungsleitungen (26a, 26b, 27) zwischen Wäschersumpf (4) und Erweiterungstank (25) und/oder zwischen Erweiterungstank (25) und Pumpensystem (12) vorgesehen sind.

8. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass jede Verbindungsleitung eine eigene Spülwasserzuleitung (32a, 32b) und/oder Entleereinrichtung (33a, 33b) aufweist.

9. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach Anspruch 6, 7, oder 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die weitere Umwälzvorrichtung (30) mindestens ein zwischen der Einströmöffnung der Verbindungsleitung (26) und der Ansaugöffnungen der Verbindungsleitungen (27) zum Umwälzpumpensystem (12) angeordnetes Rührwerk ist.

10. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Erweiterungstank (25) einen kreisförmigen Grundriss hat, und das Rührwerk mit einer in Richtung der Einströmöffnung orientierten Förderrichtung angeordnet ist.

11. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach einem der Ansprüche 6 - 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Wäscher (3) ein separates Umwälzpumpensystem (12a) aufweist.
12. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach einem der Ansprüche 6 - 11, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Rauchgasentschwefelungsanlage zwei Wäscher (3a, 3b) aufweist und beide Wäscher im Suspensionsaustausch mit dem Sumpferweiterungssystem (14) stehen.
13. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Verteileinrichtung (18) in Form von mindestens einer Sprühebene mit Sprühdüsen (19) ausgeführt ist.
14. Rauchgasentschwefelungsanlage (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Wärmeübertragungseinrichtung (2) ein Gas-Gas-Wärmeübertrager ist.

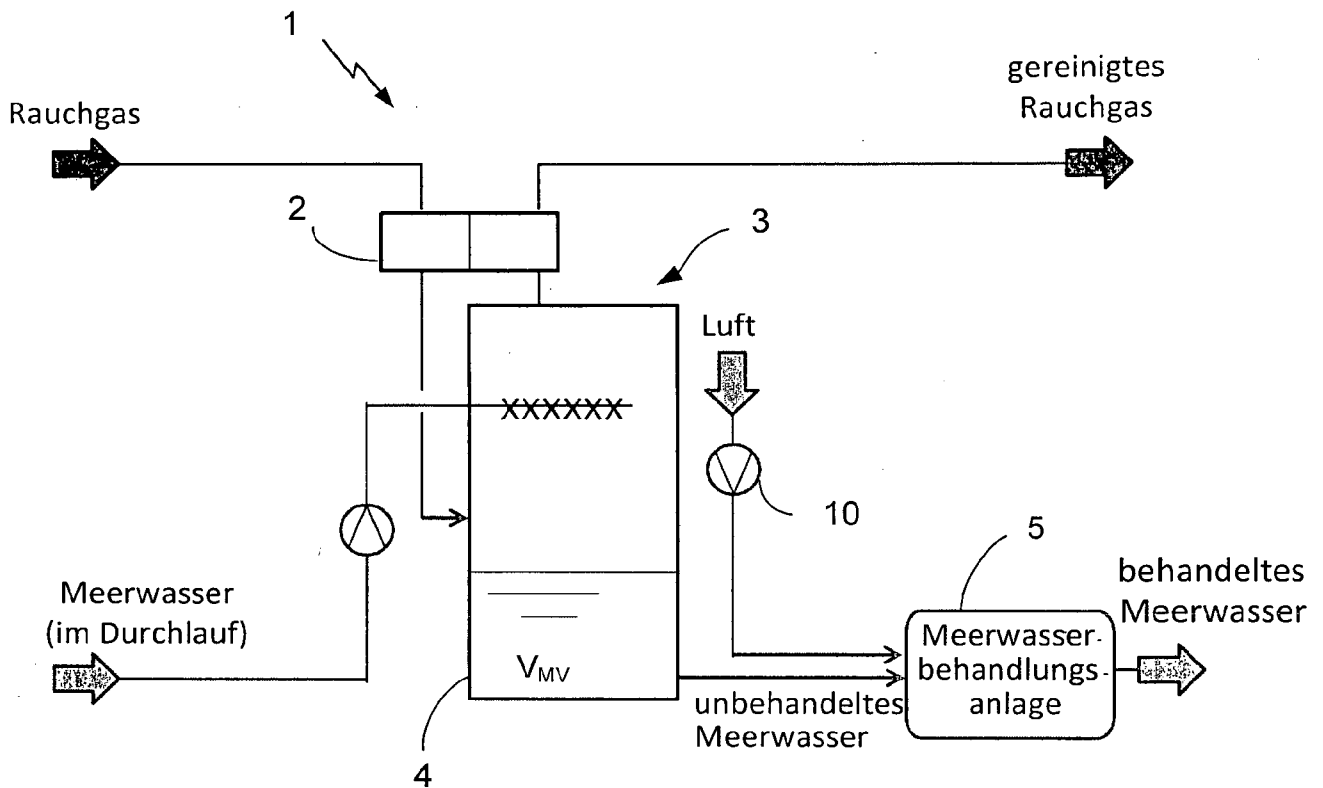


FIG. 1

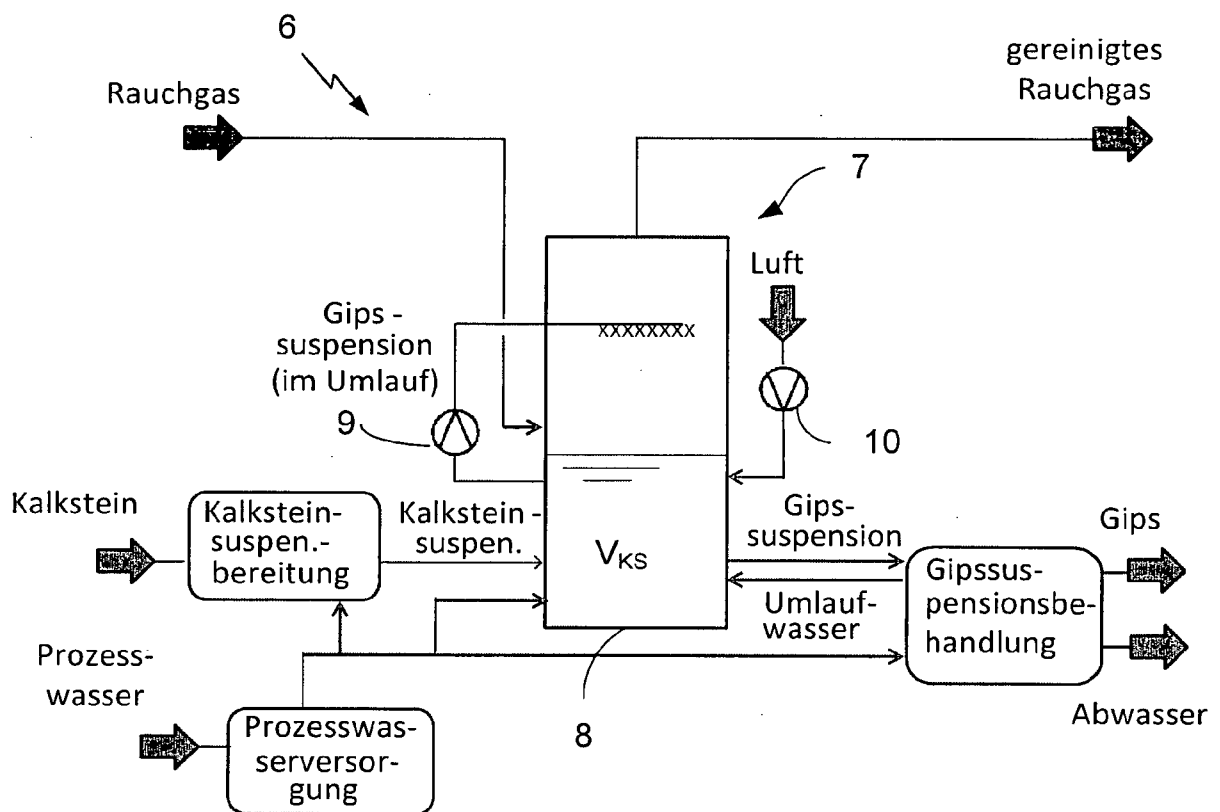
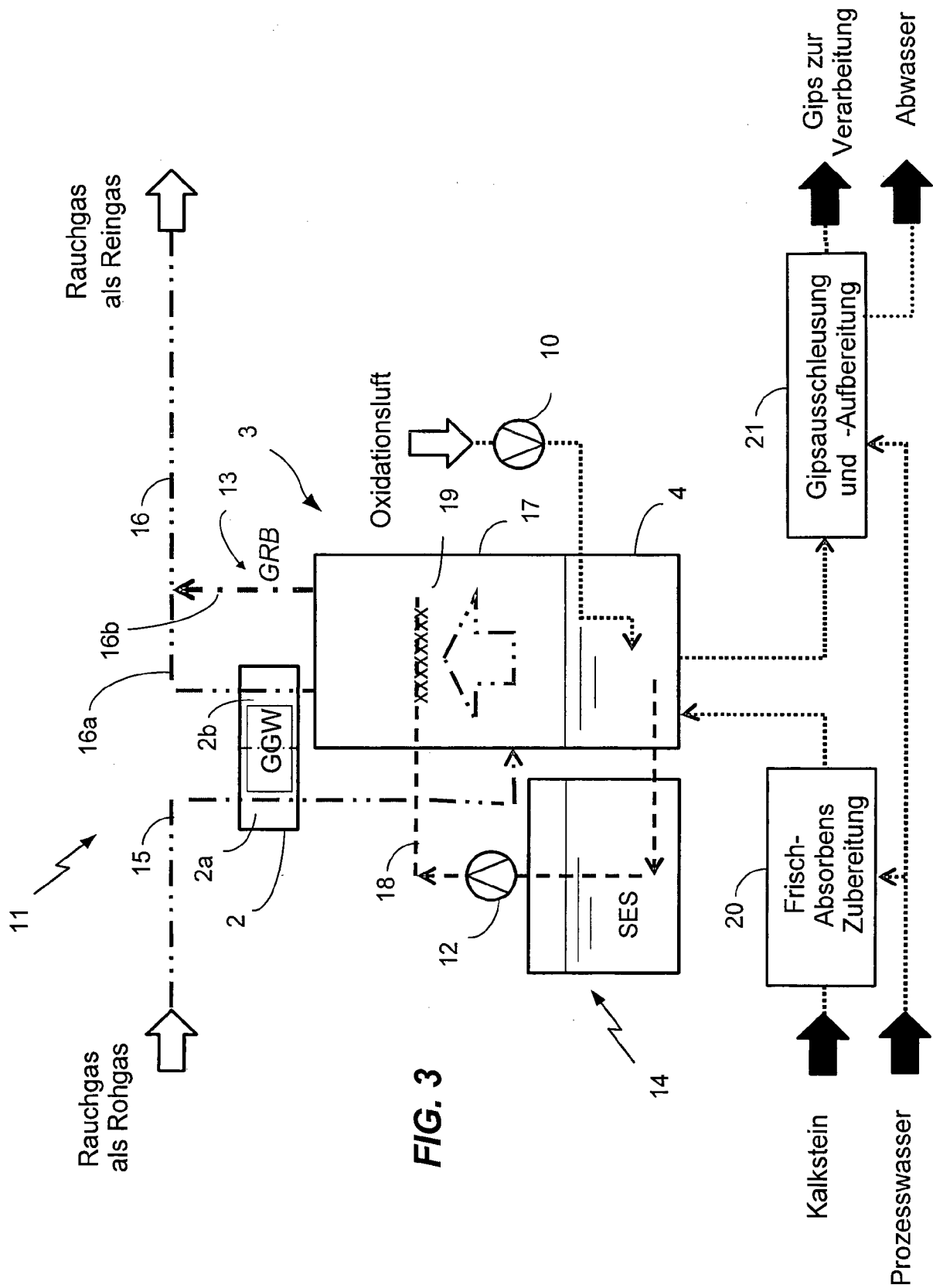


FIG. 2



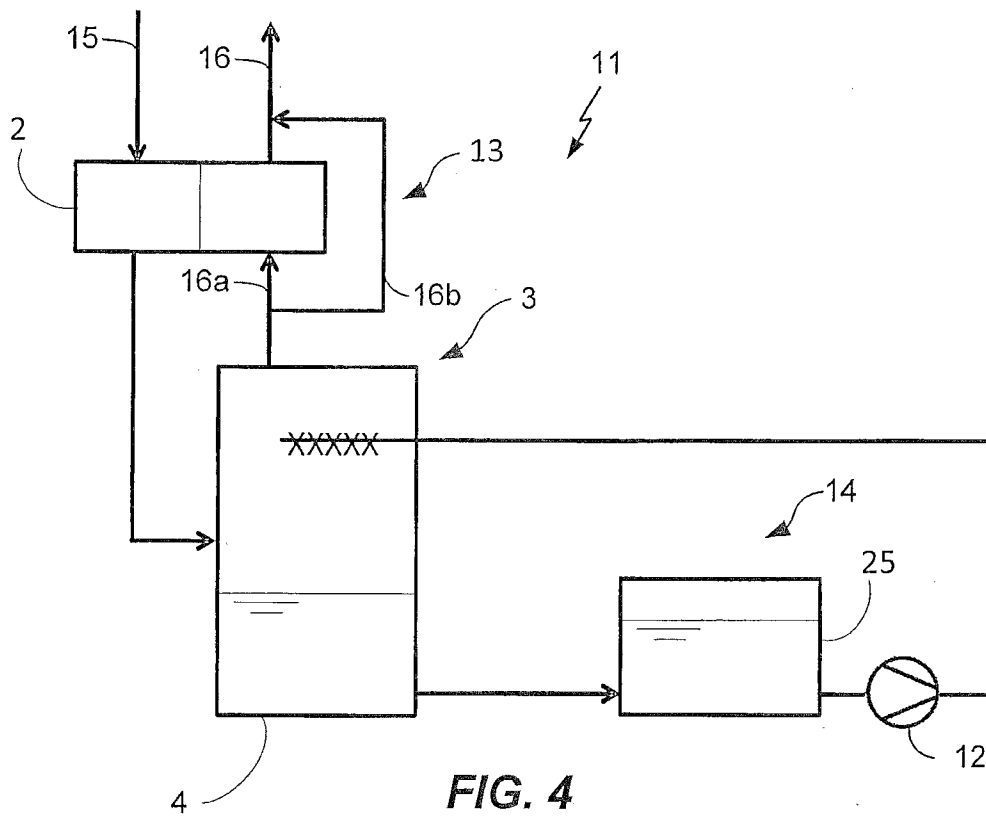


FIG. 4

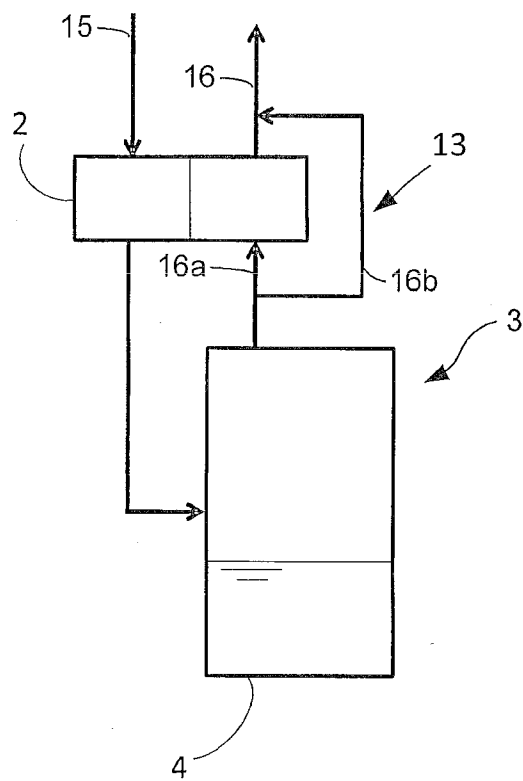


FIG. 5

4/9

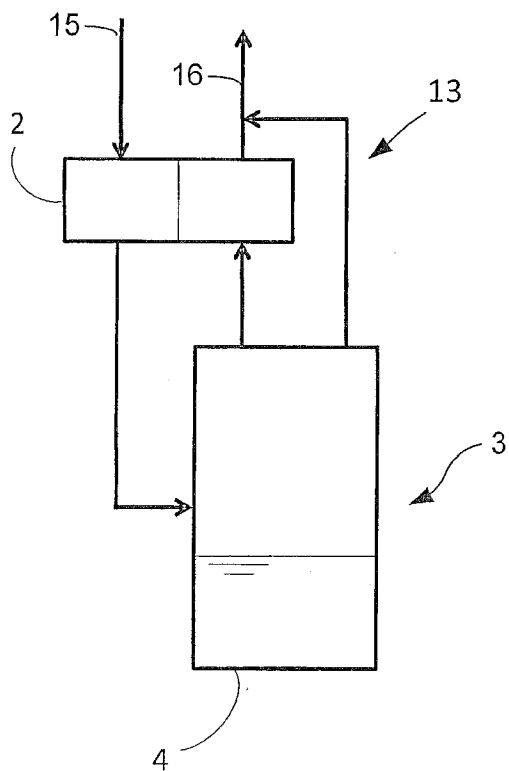


FIG. 6

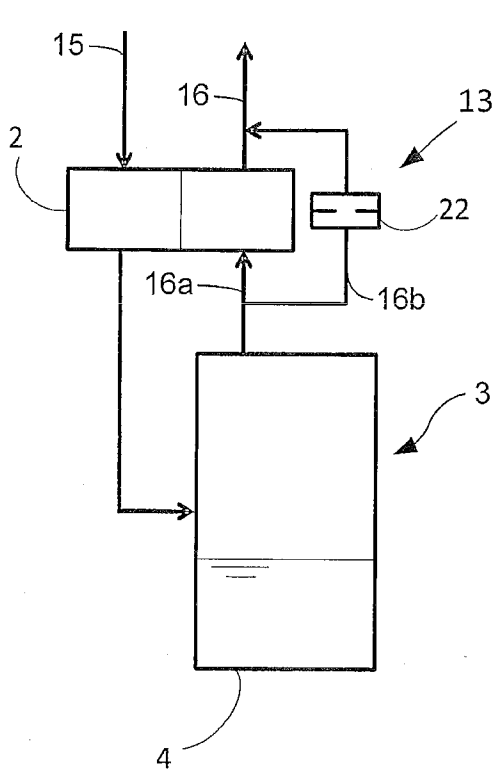


FIG. 7

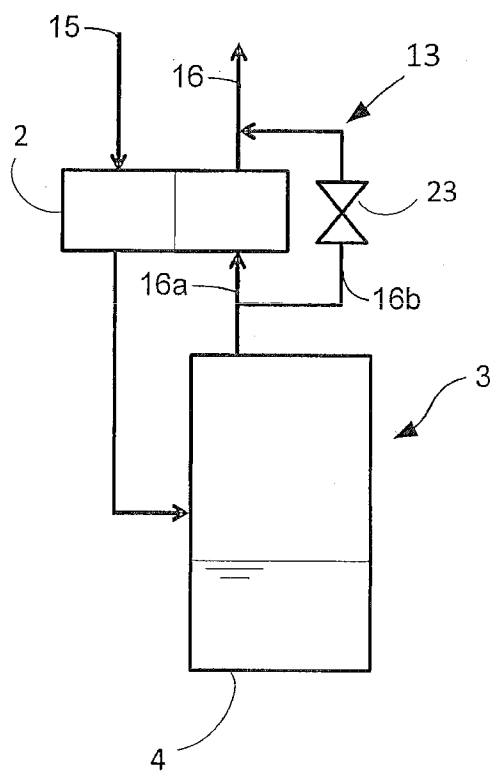


FIG. 8

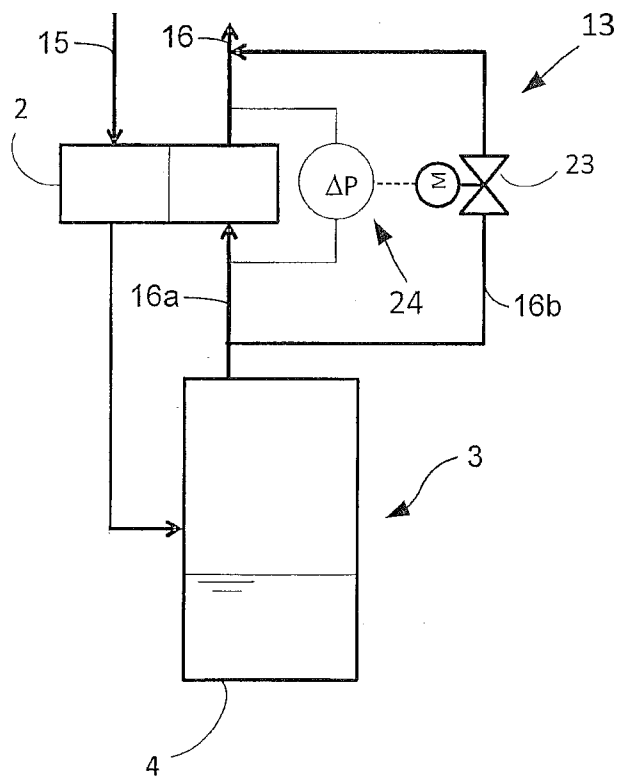


FIG. 9

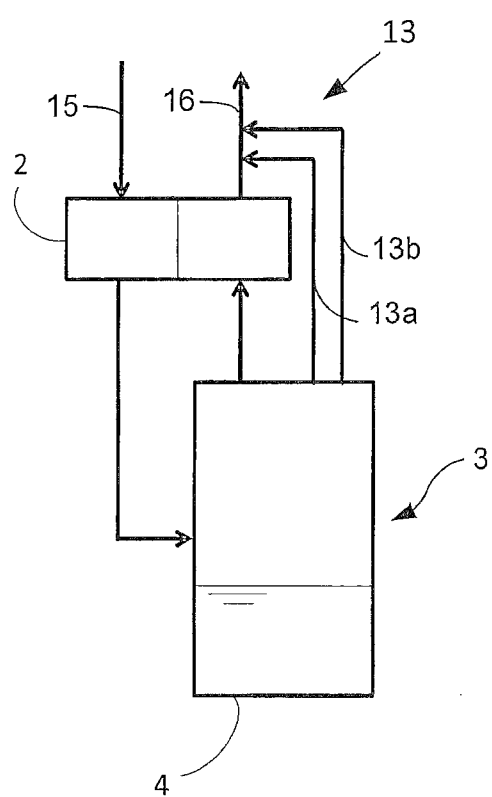


FIG. 10

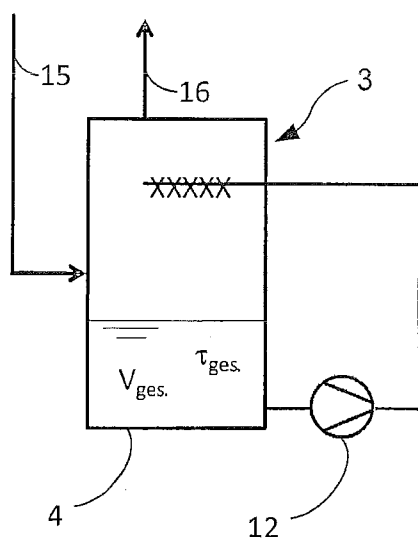


FIG. 11

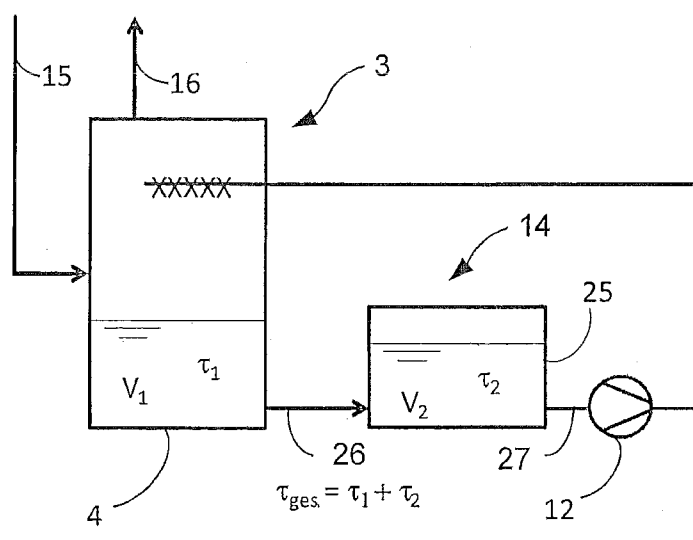


FIG. 12

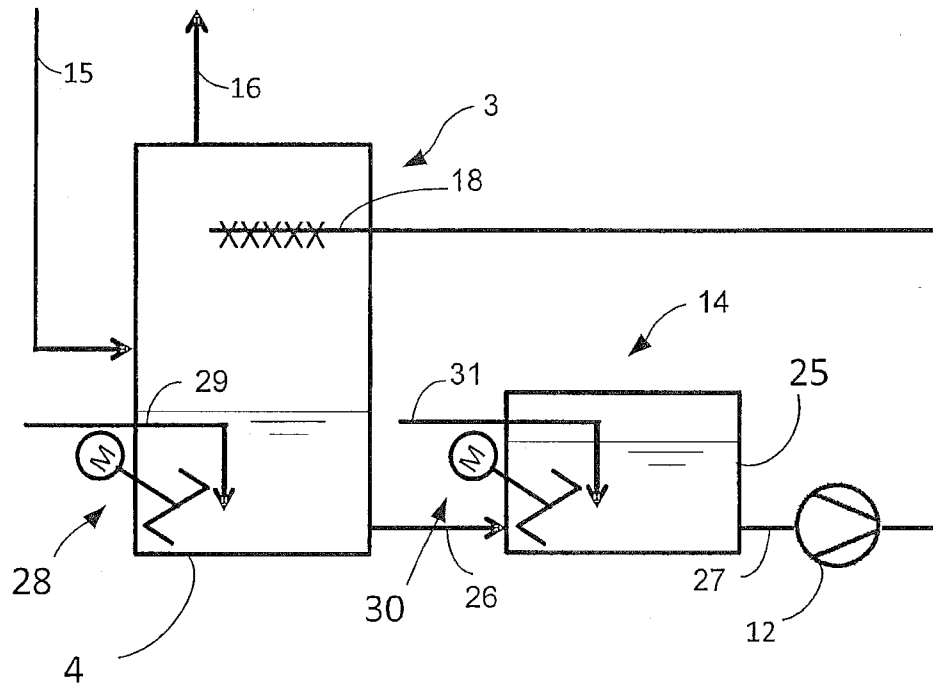


FIG. 13

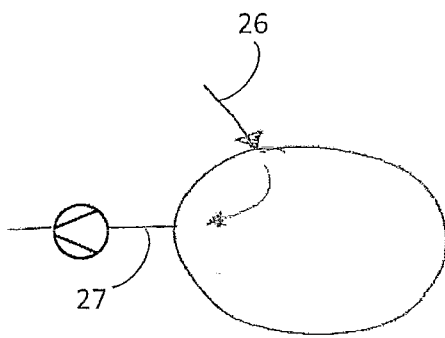


FIG. 14

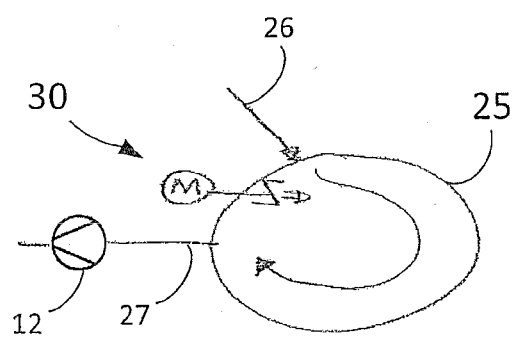


FIG. 15

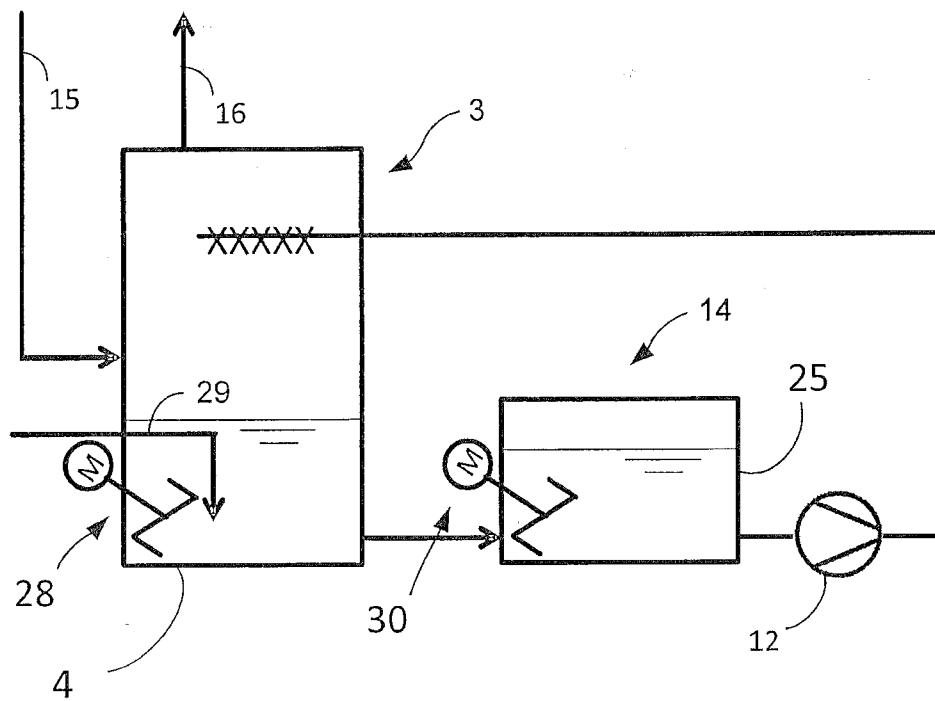


FIG. 16

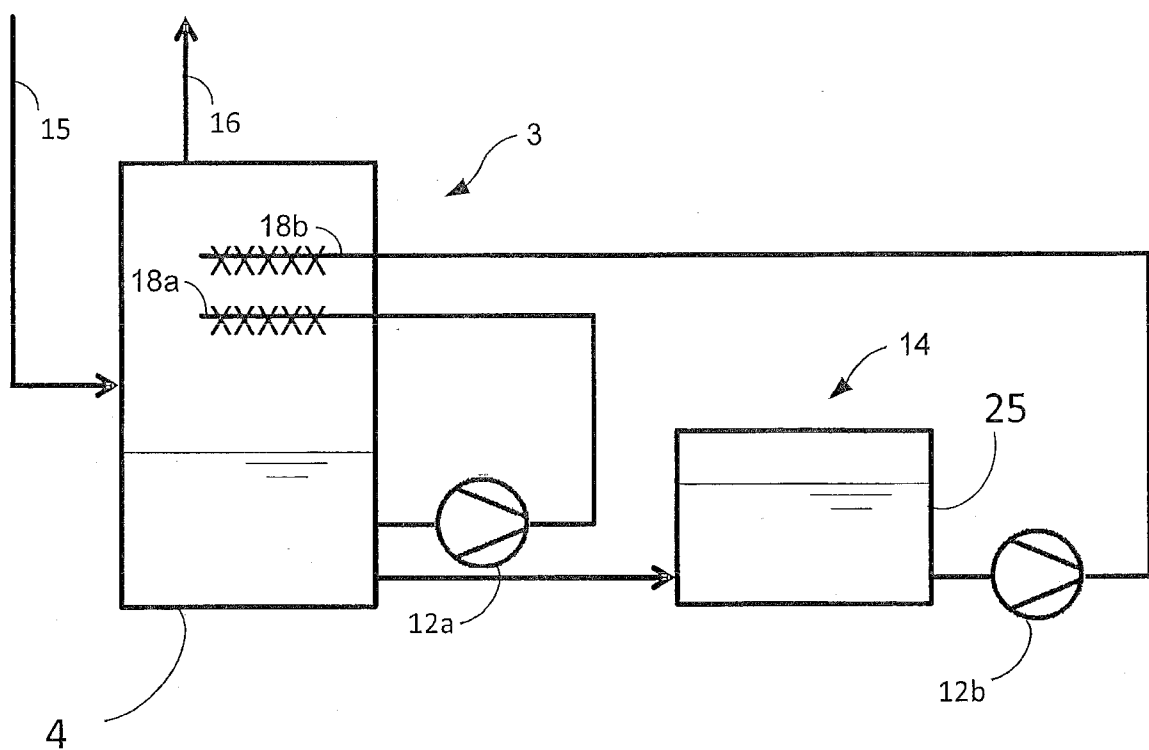


FIG. 17

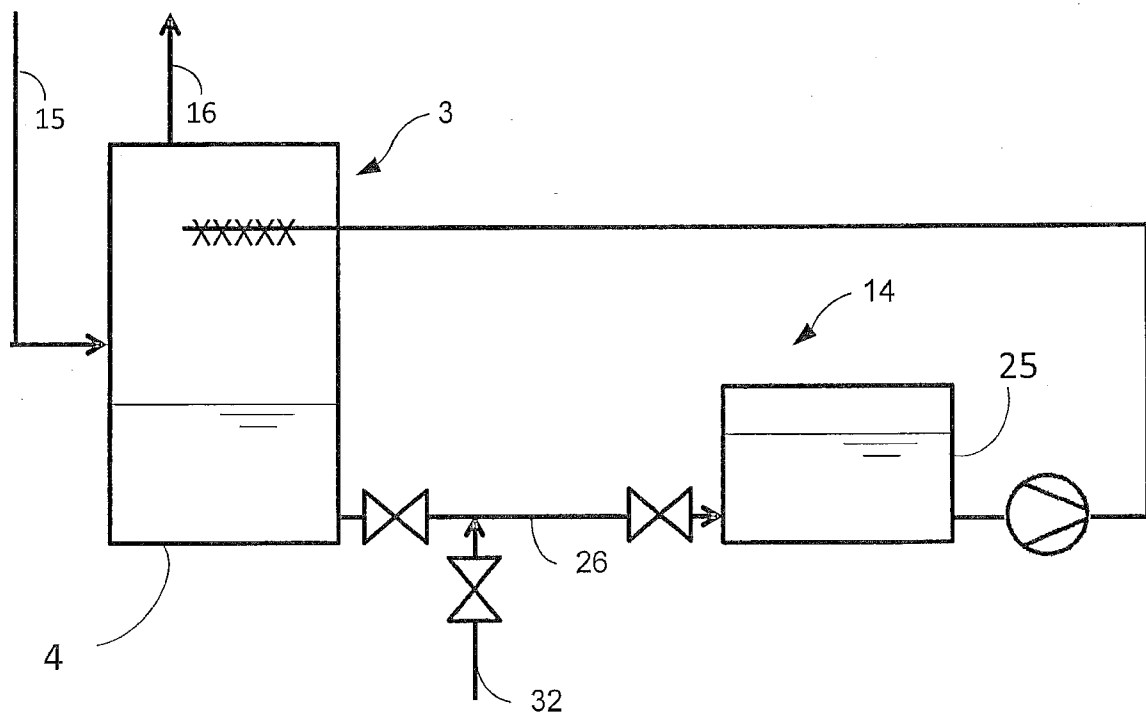


FIG. 18

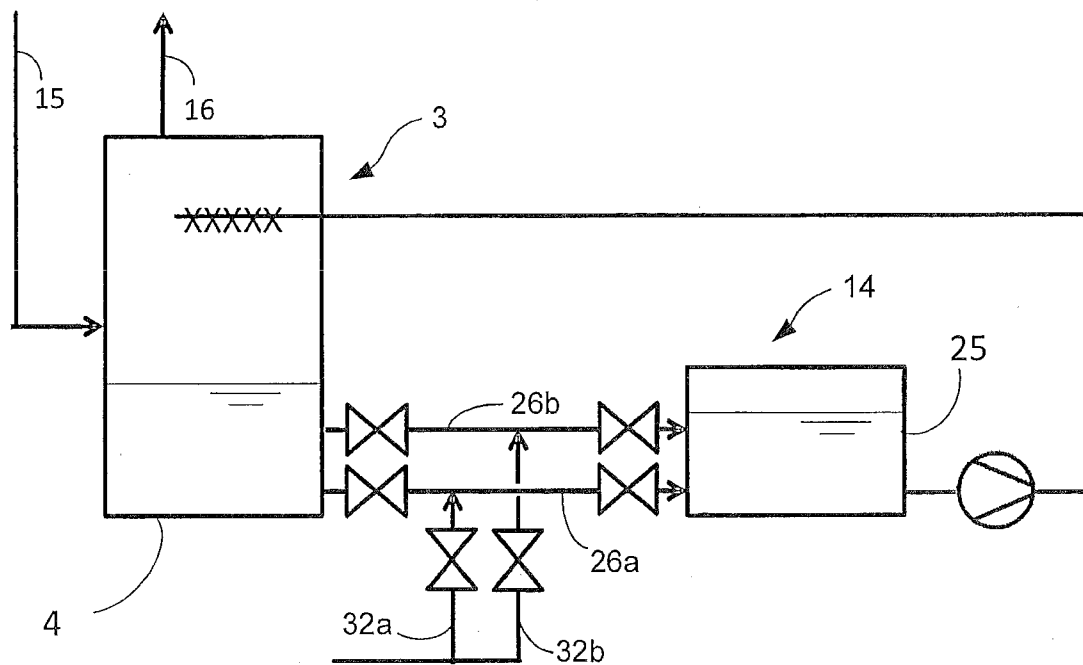


FIG. 19

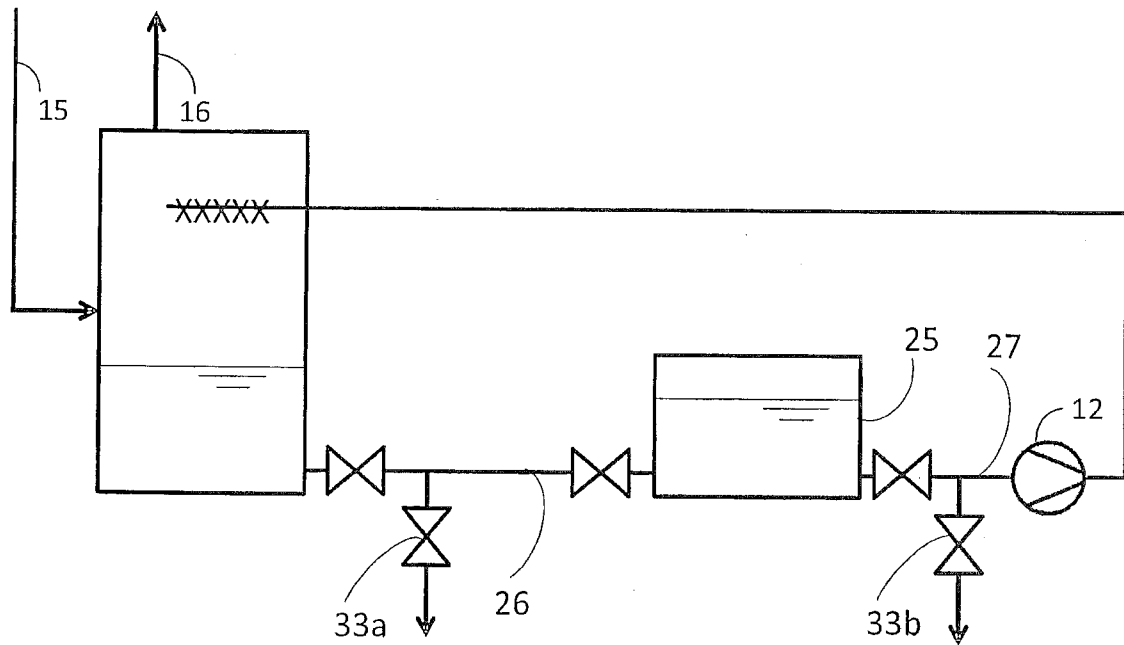


FIG. 20

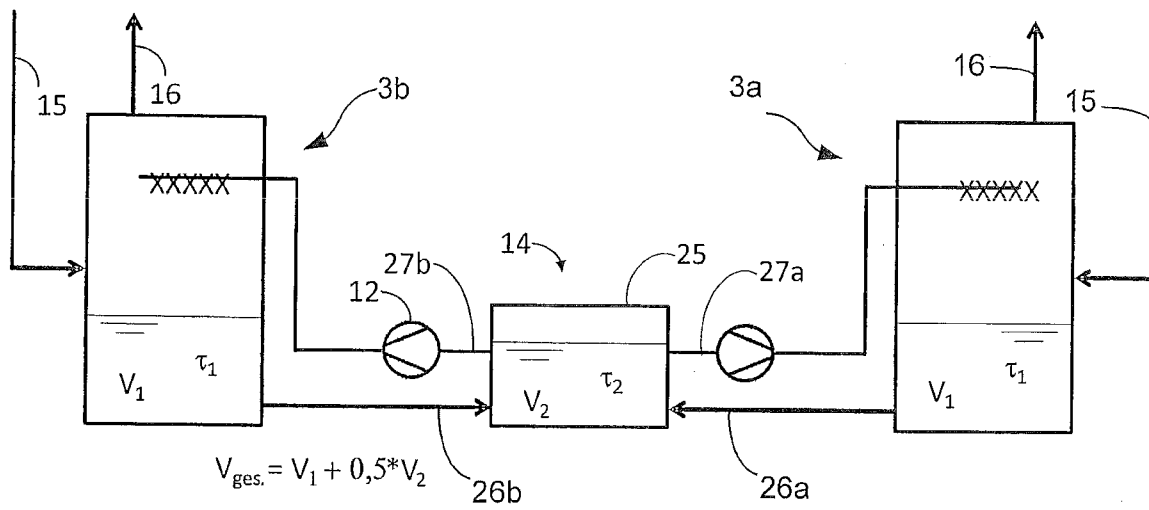


FIG. 21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/065828

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B01D53/50 B01D53/78 F23J15/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B01D F23J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2013/115107 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 8 August 2013 (2013-08-08) paragraphs [0060], [0072]; figure 2 -----	1,6-9, 11-14 2-5,10
X A	WO 2009/052775 A1 (BABCOCK NOELL GMBH [DE]; WELP HELMUT [DE]; SCHMIDT THOMAS [DE]) 30 April 2009 (2009-04-30) figure 1 page 2, line 19 - line 23 page 9 -----	1,6-13 2-5,14
X A	EP 0 945 164 A1 (NIPPON KOKAN KK [JP]) 29 September 1999 (1999-09-29) figure 1 -----	1,13 2-12,14
X A	DE 31 36 155 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 1 April 1982 (1982-04-01) figure 1 -----	1,13 2-12,14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 September 2016

Date of mailing of the international search report

05/10/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pöhlmann, Robert

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/065828

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2013115107	A1	08-08-2013	CN 204073811 U	07-01-2015
			JP 2013154329 A	15-08-2013
			TW 201338847 A	01-10-2013
			WO 2013115107 A1	08-08-2013

WO 2009052775	A1	30-04-2009	CN 101939080 A	05-01-2011
			DE 102007050904 A1	07-05-2009
			EP 2207611 A1	21-07-2010
			ES 2530674 T3	04-03-2015
			RU 2010120568 A	27-11-2011
			US 2010221162 A1	02-09-2010
			WO 2009052775 A1	30-04-2009

EP 0945164	A1	29-09-1999	DE 69716942 D1	12-12-2002
			EP 0945164 A1	29-09-1999
			WO 9917863 A1	15-04-1999

DE 3136155	A1	01-04-1982	DE 3136155 A1	01-04-1982
			JP S5750526 A	25-03-1982

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B01D53/50 B01D53/78 F23J15/04 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B01D F23J		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2013/115107 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 8. August 2013 (2013-08-08)	1,6-9, 11-14
A	Absätze [0060], [0072]; Abbildung 2	2-5,10
X	WO 2009/052775 A1 (BABCOCK NOELL GMBH [DE]; WELP HELMUT [DE]; SCHMIDT THOMAS [DE]) 30. April 2009 (2009-04-30)	1,6-13
A	Abbildung 1 Seite 2, Zeile 19 - Zeile 23 Seite 9	2-5,14
X	EP 0 945 164 A1 (NIPPON KOKAN KK [JP]) 29. September 1999 (1999-09-29)	1,13
A	Abbildung 1	2-12,14
X	DE 31 36 155 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 1. April 1982 (1982-04-01)	1,13
A	Abbildung 1	2-12,14
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. September 2016		05/10/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Pöhlmann, Robert

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/065828

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2013115107	A1	08-08-2013	CN	204073811 U	07-01-2015
			JP	2013154329 A	15-08-2013
			TW	201338847 A	01-10-2013
			WO	2013115107 A1	08-08-2013

WO 2009052775	A1	30-04-2009	CN	101939080 A	05-01-2011
			DE	102007050904 A1	07-05-2009
			EP	2207611 A1	21-07-2010
			ES	2530674 T3	04-03-2015
			RU	2010120568 A	27-11-2011
			US	2010221162 A1	02-09-2010
WO	2009052775 A1	30-04-2009			

EP 0945164	A1	29-09-1999	DE	69716942 D1	12-12-2002
			EP	0945164 A1	29-09-1999
			WO	9917863 A1	15-04-1999

DE 3136155	A1	01-04-1982	DE	3136155 A1	01-04-1982
			JP	S5750526 A	25-03-1982
