(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
22. Oktober 2009 (22.10.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/127440 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B01D 53/62 (2006.01) *C01B 31/20* (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01) *C10L 3/00* (2006.01)
B01D 53/96 (2006.01) *F23J 15/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/002974

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. April 2009 (16.04.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 020 752.7
18. April 2008 (18.04.2008) DE
10 2008 039 171.9
18. August 2008 (18.08.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **INSTITUT FÜR NACHHALTIGEN UMWELTSCHUTZ INU GBR** [DE/DE]; Prof. Dr. Detlev Möller, Volmerstr. 13, 12489 Berlin (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **GANTERT, Siegfried** [DE/DE]; Am gemeindepark 42, 12249 Berlin (DE). **MÖLLER, Detlev** [DE/DE]; Hackenbergstr. 15, 12489 Berlin (DE). **MÜLLER, Siegfried** [DE/DE]; Lankensteg 7, 15758 Zernsdorf (DE). **MOTHES, Sigmar** [DE/DE]; Moissistr. 16, 12489 Berlin (DE).

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER GBR**; Joachimstaler Strasse 12, 10719 Berlin (DE).

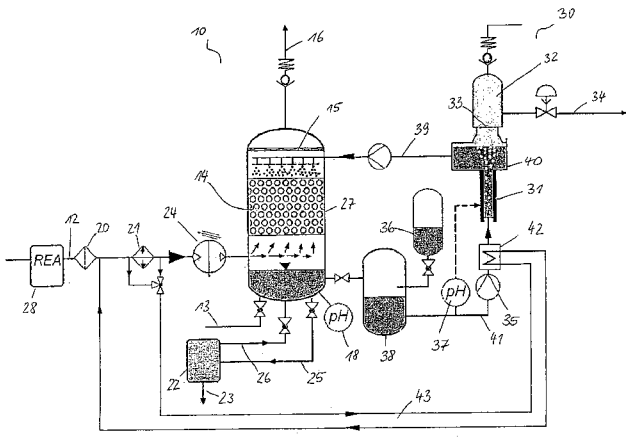
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SEPARATING CARBON DIOXIDE FROM STACK, SLUDGE, AND/OR EXHAUST GASES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ABSCHEIDUNG VON KOHLENDIOXID AUS RAUCH-, FAUL- UND/ODER ABGASEN

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for separating carbon dioxide (CO_2) from stack, sludge, and/or exhaust gases. The invention is based on the object of developing a method and a device for separating CO_2 from stack, sludge, and/or exhaust gases that can be carried out in a rapid, efficient, energy-saving, and environmentally friendly manner. Accordingly, the method according to the invention for separating carbon dioxide from stack, sludge, and/or exhaust gases by means of absorption and subsequent desorption from an absorption agent characterized in that the absorption agent enriched with CO_2 is subjected to an ultrasonic treatment at a temperature below 80°C, preferably between 40 and 79°C, following the absorption of CO_2. The device according to the invention for separating carbon dioxide from stack, sludge, and/or exhaust gases by means of an absorption and a subsequent desorption from an absorption agent comprises an absorber (10) for transferring the CO_2 of the waste, sludge, and/or exhaust gases into the absorption agent, and a desorber (30) for a subsequent desorption of the CO_2, wherein the desorber (30) has an ultrasonic source (31), which is disposed such that the emitted sound energy of the ultrasonic source (31) acts upon the absorption agent being enriched with CO2 such that CO2 is desorbed at a temperature below 80°C, preferably between 40 and 79°C.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/127440 A1

ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abtrennung von Kohlendioxid (CO_2) aus Rauch-, Faul- und/oder Abgasen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, mit dem die Abtrennung von CO_2 aus Rauch-, Faul- und/oder Abgasen schnell, effizient, energiesparend und umweltfreundlich durchführbar ist. Danach ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Abtrennung von Kohlendioxid aus Rauch-, Faul- und/oder Abgasen durch Absorption und nachfolgender Desorption aus einem Absorptionsmittel, dadurch gekennzeichnet, dass das mit CO_2 angereicherte Absorptionsmittel im Anschluss an die Absorption von CO_2 einer Ultraschallbehandlung bei einer Temperatur unterhalb von 80°C, vorzugsweise zwischen 40 und 79°C, unterzogen wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Abtrennung von Kohlendioxid auch Rauch-, Faul- und/oder Abgasen durch eine Absorption und eine nachfolgende Desorption aus einem Absorptionsmittel umfasst einen Absorber (10) für eine Überführung des CO_2 der Rauch-, Faul- und/oder Abgase in das Absorptionsmittel und einen Desorber (30) für eine nachfolgende Desorption des CO_2, wobei der Desorber (30) eine Ultraschallquelle (31) aufweist, die so angeordnet ist, dass abgegebene Schallenergie der Ultraschallquelle (31) derart auf das mit CO2 angereicherte Absorptionsmittel einwirkt, dass CO2 bei einer Temperatur unterhalb von 80°C, vorzugsweise zwischen 40 und 79°C, desorbiert wird.

Verfahren und Vorrichtung zur Abscheidung von Kohlendioxid aus Rauch-, Faul- und/oder Abgasen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abtrennung von Kohlendioxid (CO_2) aus Rauch-, Faul- und/oder Abgasen.

Die Anwendung erfolgt vorzugsweise an fossilgefeuerten Kraftwerken, aber auch bei allen bekannten Technologien, die CO_2 im Abgas in Konzentrationen zwischen 10% und 50% enthalten.

Die Forderungen nach einer Vermeidung von CO_2-Emissionen aus fossil gefeuerten Kraftwerken (KW) wird gegenwärtig immer lauter im Zusammenhang mit der nunmehr politisch akzeptierten Erkenntnis eines Klimawandels als Folge vom Menschen verursachter treibhauswirksamer Gase, unter denen dem Kohlendioxid die größte Bedeutung zukommt. Wegen der weltweit enormen Anzahl von bestehenden und geplanten bzw. im Bau be-

findlichen traditionellen Kraftwerken auf fossiler Brennstoffbasis ist es überaus sinnvoll, nach einem Verfahren zu suchen, das im Sinne einer End-of-Pipe Technology sowohl deren Restlaufzeiten als auch Kraftwerksneubauten rechtfertigt (Post-Combustion Technology).

Aufgrund der dargestellten Problematik werden seit längerer Zeit technische Lösungen zur Abtrennung von CO_2 (welches in Rauchgasen etwa zu 15% enthalten ist neben 79% Stickstoff, Restsauerstoff und Spurengasen) unter den schwierigen technologischen Bedingungen von Kraftwerken gesucht und vorgeschlagen (DE 10 2004 059 360 A1, DE 33 14 381 A1, DE 10 2005 050 385 A1). Rauchgase haben Temperaturen zwischen 50 und 60 °C sowie Rauchgasmengen bis mehrere Millionen m^3/h. Die Absorptionsfähigkeit von CO_2 ist jedoch sehr begrenzt; sie liegt beispielsweise um den Faktor 36,5 unterhalb der des Schwefeldioxids, welches in Rauchgaswäschen mittels wässriger alkalischer Lösungen mit einer Effektivität von mehr als 95% abgetrennt werden kann.

Deshalb haben sich neben Ad- und Absorptionsverfahren alternative Verfahren der Verbrennung bzw. Umwandlung der Kohle (o. a. fossiler Rohstoffe) unter gleichzeitiger Abscheidung des dabei anfallenden (hochkonzentrierten) CO_2 in der entsprechenden Prozessstufe etabliert. Dazu zählen die sog. Precombustion-Techniken (beispielsweise Kohlevergasung) und die Verbrennung in reinem Sauerstoff, um ein CO_2-reiches Abgas zu erhalten (beispielsweise Oxyfuel-Verfahren [EP 1 790 614 A1]). Die Anwendung dieser Techniken erfordert den vollständigen Neubau eines "CO_2-freien Kraftwerks". Es ist unwahrscheinlich, dass die Precombustion- und Oxyfuel-Verfahren im Rahmen der für

eine CO_2-Begrenzung zur Verfügung stehenden Zeit von 20 bis 40 Jahren vor dem Hintergrund der diskutierten Klimaänderung das CO_2-Problem lösen können.

Daher haben Postcombustion-Verfahren, die an bestehende oder neu zu bauende Kraftwerke angekoppelt werden (im Allgemeinen nach der Rauchgas-Entschwefelungsanlage REA, die wiederum hinter der $DeNO_x$- und Filteranlage angeordnet ist) einen unschätzbaren Vorteil und stellen den einzigen, auch ökonomisch vernünftigen Weg einer möglichen CO_2-Reduzierung bzw. -Begrenzung in der Übergangsperiode zu alternativen Energiequellen, beispielsweise der Photovoltaik, dar.

Den bisher bekannten Postcombustion-Verfahren haften jedoch gravierende Mängel an: Eine großtechnische und wirtschaftliche Anwendbarkeit vorausgesetzt, erfordern sie einen hohen Anteil an der energetischen KW-Effizienz (bis zu 15 %) und/oder setzen aggressive umweltfeindliche Chemikalien ein (beispielsweise die Aminwäsche mit Monoethanolamin, MEA) (Reichle, D., Houghton, J., Kane, B., Ekmann, J. (1999), A Review of Carbon Sequestration Science and Technology Opportunities by the U.S. Department of Energy).

Das grundsätzliche Problem der Postcombustion-CO_2-Abtrennung besteht darin, dass eine effektive CO_2-Absorption aus thermodynamischen Gründen zu einem Absorbat führt, das nur unter hohem energetischen Aufwand wieder zu hochkonzentriertem CO_2 zerlegt werden muss. Auch alle bislang bekannten Precombustion-Verfahren erfordern einen hohen energetischen Anteil, der unter anderem der Erzeugung der Hilfsstoffe (Sauerstoff, Wasserdampf u. a.) dient.

Es ist somit eine wissenschaftlich-technische Herausforderung, zum einen die zur CO_2-Abtrennung notwendige Energie in der Gesamtbilanz zu senken und zum anderen ein großtechnisch anwendbares Verfahren zu entwickeln, das an bestehende KW anschließt und eine CO_2-Reduzierung ermöglicht. Ein CO_2-Waschverfahren, selbst wenn es energetisch ungünstiger liegt als eine der Precombustion-Techniken, behält den unschätzbaren Vorteil der Kopplung mit bereits existierenden Kraftwerks-Typen.

Viele der bisher bekannten Verfahren konnten aus Gründen der geringen Effizienz, der Verwendung Umwelt belastender chemischer Substanzen oder der zu hohen Investitions- oder Betriebskosten nicht über den Versuchsbetrieb hinaus in die Praxis überführt werden oder befinden sich gegenwärtig im Stadium der Errichtung von Prototypen für Kraftwerke relativ kleiner Kapazität.

Bisherige Verfahren zur CO_2-Abscheidung können in mehrere Gruppen unterteilt werden. Einerseits sind Verfahren beschrieben, die CO_2 selektiv mittels physikalischer oder chemischer Ab- bzw. Adsorption aus dem Rauchgasstrom entfernen. Die Regeneration des Ab-/Adsorbers erfolgt in der Regel durch Druck- bzw. Temperaturänderungen in einem separaten Reaktionsbehälter. Ein weiteres Verfahren, die Membrantrennung, nutzt die unterschiedlichen Permeabilitäten der Gase. Schließlich sind Verfahren bekannt geworden, bei denen das anfallende CO_2 über eine Mineralisation gleich zu einem Produkt weiter verarbeitet wird. Weiterhin sind kryogene Verfahren wie etwa die Niedertemperaturdestillation zu erwähnen, die für eine effektive Betriebsweise Gasströme mit einem hohen CO_2-Gehalt (etwa 95 %) benötigen und im Zusammenhang

mit Precombustion-Verfahren oder zur Aufbereitung der Gase in Biogasanlagen diskutiert werden bzw. sich in der Erprobungsphase befinden.

Verfahren zur Abtrennung von sauren Gasen sind in großer Anzahl bekannt. Bei hohem Anteil an CO_2 im Gastrom erfolgt die Absorption meist über physikalische Absorption durch Lösemittel wie Selexol (Dimethylether des Polyethylenglykols) oder Rectisol (kaltes Methanol).

Stand der Technik bei niedrigen Partialgasdrücken an CO_2 ist der Einsatz von wässrigen Alkanolaminlösungen wie etwa Monoethanolamin (MEA), Diethanolamin (DEA), Methyldiethanolamin (MDEA), Diglykolamin und Waschlösungen aus Kombinationen verschiedener Amine. Ebenso kommt aber auch heiße Kaliumcarbonatlösung zur Anwendung (Benfield-Prozess).

Beim Einsatz der Aminwäsche ist die Entfernung von Verunreinigungen aus dem Abgasstrom eine notwendige Voraussetzung. In der Absorptionskolonne wird das CO_2-Gas schließlich als Carbamat chemisch an die Waschlösung gebunden. In der nachgeschalteten Regenerationskolonne wird Wärme eingetragen, dabei wird das CO_2-Gas freigesetzt und die Waschflüssigkeit dem Kreislauf wieder zugeführt. Da chemisch aggressive Verbindungen zum Einsatz kommen, werden hohe Ansprüche an die Materialien gestellt. Zur Abtrennung von CO_2 muss Energie in Form von Wasserdampf bereitgestellt werden, die den Wirkungsgrad des Kraftwerks um etwa 12 % herabsetzt.

Für die Druckwasserwäsche sind umfangreiche Daten vorhanden, aus denen ein hoher Entwicklungsstand der Technologie abgeleitet werden kann (DE PS 12 02 256;

W. Tentscher [2007], Anforderungen und Aufbereitung von Biogas zur Einspeisung in Erdgasnetze, aus: gwf Das Gas- und Wasserfach, Gas-Erdgas Jg. 148, Nr.9). Die Druckwasserwäsche wird hauptsächlich bei Biogasanlagen zur Reinigung von Methangas eingesetzt. In der Absorberkolonne werden H_2S und CO_2 unter Druck und niedrigen Lösemitteltemperaturen von Methan getrennt. Das Waschwasser wird über eine stufenweise Druckentspannung regeneriert, wobei das desorbierte methanreiche Gas in der ersten Stufe der Absorberkolonne wieder zugeführt wird. Das Waschwasser wird in der zweiten Stufe völlig entspannt, anschließend gekühlt und abschließend in der Absorberkolonne erneut versprüht. Die Nachteile (etwa gegenüber einem Membranverfahren) liegen in dem hohen Wasser- und Stromverbrauch.

Die genannten Absorptionsverfahren erfordern insbesondere in Verbindung mit den zum Einsatz kommenden Desorptionstechniken einen hohen Energieverbrauch, d. h. hohe Betriebskosten, sowie einen großen Platzbedarf und aufwendige Anlagentechnik, d. h. hohe Investitionskosten.

Bekannt ist weiterhin ein akustisches Verfahren zur Reinigung von Abluft aus Produktionsanlagen (DE 36 03 170 A1), Verbrennungsanlagen und Verbrennungskraftmaschinen. Das Verfahren beschränkt sich auf die Beseitigung von Staub bzw. Aerosolen, oxidierbaren Schadgasen wie CO, NO_x und SO_2 sowie auf die Entfernung bzw. Rückführung unverbrannter Brennstoffe in der Gasphase und stellt insofern keine technische Lösung zur Abscheidung des Treibhausgases CO_2 aus Rauchgasen dar.

JP 07 100 333 A zeigt eine Desorption von Kohlendioxid aus Abgasen mit einem Absorptionsturm und einem Desorptionsturm, wobei die Waschflüssigkeit zur Freigabe des Kohlendioxids in einem separaten Verdampfer auf 80 bis 86 °C erwärmt und mit Ultraschall beaufschlagt wird. Die Anwendung einer Ultraschallbehandlung findet hier außerhalb des Desorptionsturmes mit einer an CO_2 bereits abgereicherten Absorptionsflüssigkeit statt, erfordert einen dementsprechend zusätzlichen apparativen Aufwand und der Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerkes wird durch den zusätzlichen Wärmebedarf für den Verdampfer herabgesetzt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass alle bisher bekannten Verfahren wenigstens einen der nachfolgend aufgelisteten Nachteile, zumeist aber mehrere in Kombination aufweisen:

- geringe Effizienz und/oder Langsamkeit des Prozesses und daher Eignung nur für Kleinanlagen,
- Umweltbelastung meist durch Verwendung toxischer Substanzen und
- hohe Investitions- und/oder Betriebskosten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, mit dem die Abtrennung von CO_2 aus Rauch-, Faul und/oder Abgasen schnell, effizient, energiesparend und umweltverträglich durchgeführt wird.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 24 gelöst.

Danach ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Abtrennung von Kohlendioxid aus Rauch-, Faul und/oder Abgasen durch eine Absorption und eine nachfolgende Desorption aus einem Absorptionsmittel dadurch gekennzeichnet, dass das mit CO_2 angereicherte Absorptionsmittel im Anschluss an die Absorption von Kohlendioxid, vorzugsweise in einer Durchflussdesorption, einer Ultraschallbehandlung bei einer Temperatur unterhalb von 80 °C, vorzugsweise zwischen 40 und 79 °C, unterzogen wird.

Des Weiteren umfasst eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Abtrennung von Kohlendioxid aus Rauch-, Faul- und/oder Abgasen durch eine Absorption und eine nachfolgende Desorption aus einem Absorptionsmittel einen Absorber für eine Überführung des Kohlendioxids der Rauch- und Abgase in das Absorptionsmittel und einen Desorber für eine nachfolgende Desorption des Kohlendioxids, wobei der Desorber eine Ultraschallquelle aufweist, die so angeordnet ist, dass abgegebene Schallenergie der Ultraschallquelle derart auf das mit CO_2 angereicherte Absorptionsmittel einwirkt, dass CO_2 bei einer Temperatur unterhalb von 80 °C, vorzugsweise zwischen 40 und 79 °C, desorbiert wird.

Das Verfahren hat gegenüber bisher beschriebenen Verfahren folgende Vorteile:

1. Gegenüber vergleichbaren Absorptionsverfahren wie Aminwäschen, Druckwasserverfahren oder Druckwechselverfahren ermöglicht die Ultraschallanwendung eine einfache Ein-Schritt-Desorption des Gases CO_2 aus den Absorptionsmitteln. Dies ist von erheblichem Vorteil, da so eine kontinuierliche Abtrennung des Gases mit einem verfahrenstechnisch zu rechtfertigen-

den Aufwand betrieben werden kann. Ebenso wird die mit dem üblichen Verfahren (Stripper-Verfahren) verbundene starke Erwärmung des Absorptionsmittels überflüssig, die als Verursacher einer Wirkungsgradreduzierung mit verantwortlich zu machen ist.

2. Ein weiterer Vorteil betrifft die Regulierbarkeit des Verfahrens. Der Einsatz einer Ultraschallquelle kann entsprechend der Behandlung des Absorptionsmittels mit CO_2 reguliert werden, etwa durch eine pH-Messung. So zeigt ein vergleichsweise niedriger pH-Wert (nach Entfernung von SO_2) einen hohen Anteil an absorbiertem CO_2 in der Waschlösung an, so dass eine aktive Betriebsphase durchgeführt werden kann. Bei einem stark alkalischen pH-Wert kann eine Beschallung wegen einer zu geringen Beladung mit CO_2 dagegen sofort durch das Abschalten der Ultraschallquelle unterbleiben.

3. Konzeptionell ist das Ultraschallverfahren für eine CO_2-Gasabscheidung aus wässrigen Aminlösungen vorgesehen, durch die CO_2 mittels Chemisorption absorbiert wird. Darüber kann CO_2 auch über schwächere Bindungen absorbiert werden, wenn zum Beispiel Alkohole oder ionische Flüssigkeiten zum Einsatz kommen. Dies erlaubt eine Ultraschall-Desorption bei moderaten Temperaturen unter geringem Einsatz von zusätzlicher Wärmeenergie, was gleichzeitig eine energiesparsame und Material schonende Betriebsweise ermöglicht.

4. Durch die Austreibung des CO_2-Gases im Bereich der Ultraschallquelle kühlt sich das Lösungs-

mittel ab (negative Lösungsenthalpie); eine zirkulierende Waschlösung (Absorptionsmittel) verfügt somit über eine dynamisch erhöhte CO_2-Kapazität beim Eintritt in die Absorberkolonne.

5. Das mit CO_2 angereicherte Absorptionsmittel strömt durch eine geeignete Geometrie, vorzugsweise eine Röhre, und wird dabei durch außen angebrachte Ultraschallquellen einer Behandlung mit Ultraschall unterzogen. Dadurch wird auftretenden Bjerknes-Kräften entgegengewirkt und eine höhere Effizienz des Einsatzes von Ultraschall erreicht. Der weitgehende Verzicht auf eine Verdampfung des CO_2 beladenen Absorpionsmittels ermöglicht eine energiesparende Fahrweise des erfindungsgemäßen Prozesses. Durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass die durch Ultraschall entstehenden Kavitäten zusätzliche Oberflächen erzeugen, die das CO_2 in die sich bildende Blasen, die aufsteigend gerichtet sind, leicht eindringen und vorteilhaft entgasen lassen. Durch den Einsatz von Ultraschall kann die thermische Energie in Form von Prozess- oder Abwärme für den Desorptionsvorgang auf einem niedrigen Temperaturniveau bereitgestellt werden. Aufgrund von weitgehend unterhalb des Siedepunktes des Absorptionsmittels liegenden Desorptionstemperaturen findet bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine vergleichsweise geringere Degradation des Absorptionsmittels statt, wodurch auch das Korrosionspotential auf einem niedrigen Niveau gehalten wird.

Zur Steigerung der Effizienz dieses Verfahrens können die Absorptionsmittel mit zusätzlichen chemischen

Substanzen versetzt werden, die das Absorptions-, ggf. Desorptionsvermögen erhöhen. In die nähere Auswahl kommen gelöste oder solubilisierte Mikro- und/oder Nanopartikel zur gezielten Bildung von Blasenkeimen. Dabei ist besonders der Einsatz von multi-wall oder single walled Carbon Nano Tubes (SWCNT) vorgesehen.

Vorteilhaft ist weiterhin die Zugabe von oberflächenaktiven Substanzen, da dadurch die Kavitationsschwelle und das Anwachsen der Blasen beeinflusst werden kann. Der benötigte Schallwechseldruck in der Unterdruckphase hängt in direkter Weise mit der Oberflächenspannung der wachsenden Blase zusammen. Zusätzlich werden in Anwesenheit von Tensiden Mikroblasen in der Lösung stabilisiert, die als Blasenkeime wirksam werden können. Für das Verfahren kommen vor allem Zusätze in Form von Tensiden in Betracht, die eine Blasenbildung und Durchführung der Desorption erleitern. Als weitere Auswahlkriterien werden die Stabilität des Tensids gegenüber Ultraschall, die Toxizität und biologische Abbaubarkeit berücksichtigt. Unter Beachtung diese Kriterien kommen insbesondere nichtionische Tenside wie etwa Alkylpolyglykoside (APG) in Betracht, zur weiteren Auswahl können grundsätzlich aber auch amphotere oder kationische Tenside herangezogen werden.

Da es in Verbindung mit dem Einsatz von Tensiden in der Nähe der Ultraschallquelle zu Schaumbildung und damit zu schädlichen Auswirkungen für die Ultraschallquelle kommen kann, ist der Zusatz von Antischaummitteln geboten. Als chemische Antischaummittel eignen sich Silikonöle oder Polyalkohole, die vor der Anschubphase des Prozesses dem Absorptionsmedium zugegeben werden.

Für reines Wasser ergeben sich gemäß der Laplace-Gleichung in der Zugphase Drücke in der Größenordnung von 1000 MPa, der experimentell gemessene Wert beträgt dagegen nur etwa 100 MPa (Sutilow, V. A. [1984] Physik des Ultraschalls: Grundlagen, Springer-Verlag, Wien, New York; Kuttruff, H. [1988], Physik und Technik des Ultraschalls, S. Hirzel Verlag Stuttgart), da sich die spontan gebildeten Hohlräume sofort mit Wasserdampf füllen. Flüssigkeiten mit gelösten Gasen bauen einen der Lösung gemäßen Partialdruck in der Blase auf und begünstigen damit die spontane Blasenbildung.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Eine Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Absorption und die Desorption mehrstufig durchgeführt werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung wird die Ultraschallbehandlung mit einer Frequenz von 20 bis 100 kHz, bevorzugt von 20 bis 50 kHz und besonders bevorzugt von 20 bis 45 KHz durchgeführt. Die Wahl der Frequenz für die Ultraschallbehandlung beeinflusst das Kavitationsverhalten des Absorptionsmittels und das Wachstum entstehender CO_2-Gasblasen wie auch den energetischen Verlauf des Desorptionsvorgangs. Vorteilhaft hat sich hier ein Frequenzbereich von 20 kHz bis 100 kHz gezeigt.

Eine Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbehandlung mit einer Eintrittsintensität von 0,05 bis 100 W/cm², bevorzugt 0,1 bis 100

W/cm² Eintrittsfläche oder 0,05 bis 100 W/l, bevorzugt 2 bis 100 W/l durchgeführt wird.

In einer Weiterbildung des Verfahrens werden die Absorption bei erhöhtem Druck und die Desorption bei vermindertem Druck durchgeführt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung wird die Ultraschallbehandlung bei erhöhter Temperatur durchgeführt.

Eine erfindungsgemäße Ausgestaltung sieht vor, dass die Ultraschallbehandlung bei konstanter Frequenz und Eintrittsintensität durchgeführt wird.

In einer Weiterbildung wird die Ultraschallbehandlung bei variierender Frequenz und Eintrittsintensität durchgeführt.

Eine Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbehandlung in einem Beschallungszeitraum von höchstens 10 Minuten pro m^3 Absorptionsmittel durchgeführt wird.

Ein bevorzugte Ausführung sieht vor, dass die Ultraschallbehandlung bei Drücken unter 1 bar zur Anwendung kommt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung werden als Absorptionsmittel Wasser oder wässrige Gemische mit verschiedenen Alkoholen, vorzugsweise Methanol und Ethanol, verwendet.

Eine Ausgestaltung sieht vor, dass als Absorptionsmittel ionische Flüssigkeiten verwendet werden.

In einer vorteilhaften Ausführung werden wässrige Lösungen von Kaliumcarbonat (Pottasche) oder einem Gemisch aus Kaliumcarbonat und Piperazin als Absorptionsmittel verwendet.

Eine vorteilhafte Weiterbildung ist dadurch gekennzeichnet, dass als Absorptionsmittel wässrige Lösungen von Ammoniak und/oder organische Amine verwendet werden.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass als Absorptionsmittel wässrige Lösungen von Diglykolamin, Ethanolaminen oder Gemische von primären oder sekundären mit tertiären Ethanolaminen verwendet werden. Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass bei Anwendung von Monoethanolamin (MEA) die Temperatur bei der ultraschallinitiierten Desorption zwischen 75 und 85 °C, bevorzugt 75 und 79 °C gehalten wird.

In einer Weiterbildung werden dem Absorptionsmittel Tenside zugesetzt.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden dem Absorptionsmittel nichtionische, kationische, anionische oder amphotere Tenside zugesetzt.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass dem Absorptionsmittel Mikro- oder Nanopartikel, insbesondere Carbon Nano Tubes, zugesetzt werden.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der pH-Wert des Absorptionsmittels während der Ultraschallbehandlung auf einen Wert von 2 bis 6,5 eingestellt.

Eine Weiterbildung ist dadurch gekennzeichnet, dass zur Oxidation des Schwefeldioxids oxidierende Substanzen, insbesondere Wasserstoffperoxid, zugesetzt werden, damit im Falle eines Ansteigens der SO_2-Konzentration durch Zusatz von Oxidationsmittel und anschließender Ausfällung von Gips einer Übersäuerung entgegengewirkt wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden dem Absorptionsmittel Antischaummittel zugesetzt, wobei als Antischaummittel Silikonöle oder Polyalkohole zugesetzt werden können.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und Zeichnungen näher beschrieben.

Es zeigen

Fig. 1 ein Prinzipschema einer einstufigen Anlage zur CO_2-Abscheidung und

Fig. 2 ein Prinzipschema einer dreistufigen Anlage,

Fig. 3 ein Fließbild einer CO_2-Ultraschalldesorption bei Temperaturen zwischen 40°C und 79°C,

Fig. 4 ein Fließbild einer Parallelanordnung zur CO_2-Ultraschalldesorption bei Temperaturen zwischen 50°C und 79°C,

Fig. 5 ein Fließbild einer einstufigen CO_2-Ultraschalldesorption mit Nutzung eines Abkühl-Effektes und

Fig. 6 ein Diagramm zur zeitabhängigen Desorption von CO_2 mit Ultraschall.

Ein Prinzipschema einer einstufigen Anlage zur CO_2-Abscheidung aus Rauchgasen ist in Fig. 1 dargestellt. Die Anlage weist einen Absorber 10 auf, der mit einem Desorber 30 kombiniert ist. Der Absorber 10 umfasst eine Absorptionskolonne 27 mit einer Füllkörperschüttung 14 für eine Verteilung eines Absorptionsmittels, das über eine Absorptionsmittelrückführung 39 im oberen Teil der Absorptionskolonne 27 über die Füllkörperschüttung 14 verteilt wird.

Über eine Rauchgaszuleitung 12 wird CO_2-haltiges Rauchgas über einen Filter 20 und eine Kühlung 21, gegebenenfalls über eine Druckverstärkung 24 in die Absorptionskolonne 27 unterhalb der Füllkörperschüttung 14 eingeführt. Das über die Rauchgasleitung 12 eingeführte CO_2-haltige Rauchgas ist bereits über eine Rauchgasentschwefelungsanlage (REA) 28 weitestgehend von SO_2 befreit worden. Das in die Absorptionskolonne 27 über die Rauchgaszuleitung 12, einen Filter 20 und eine Kühlung 21 eingeführte Rauschgas wird mit dem Absorptionsmittel im Gegenstrom geführt. Ein Tropfenabscheider 15 verhindert ein Austreten von Absorptionsmitteltröpfchen durch eine Reingasableitung 16 im oberen Bereich der Absorptionskolonne 27.

Das mit CO_2 beladene Absorptionsmittel sammelt sich im unteren Teil der Absorptionskolonne 27 und wird von dort in einen Auffangbehälter 38 überführt. Ein Nachfüllen von Absorptionsmittel erfolgt über eine Absorptionsmittelzugabe 13. Eventuell weiteres vorhandenes SO_2 wird in einer SO_2-Oxidationsanlage 22 in Gips überführt, der über eine Gipsabtrennung 23 abge-

führt wird. Die SO_2-Oxidationsanlage 22 steht mit der Absorptionskolonne 27 über einen Absorptionsmittelablauf 25 und einen Absorptionsmittelzulauf 26 in Verbindung. Eine Mess- und Steuereinheit 18 überprüft und reguliert den pH-Wert des Absorptionsmittels.

Eine Chemikaliendosierung 36, die mit dem Auffangbehälter 38 in Verbindung steht, ermöglicht die Zugabe weiterer Mittel zur pH-Wert-Regulierung und zur verbesserten Desorption des Kohlendioxids aus dem Absorptionsmittel. Vom Auffangbehälter 38 wird das Absorptionsmittel über eine Pumpe 35 in die Desorptionskolonne 40 überführt. Eine Mess- und Steuereinheit 37 überprüft und regelt sowohl den pH-Wert als auch die Zuführung von Ultraschall über eine Ultraschallquelle 31. Die Ultraschallquelle 31 ist derart an oder in der Desorptionskolonne 40 angeordnet, dass ein möglichst großer Teil des mit CO_2 beladenen Absorptionsmittels mit Ultraschallenergie behandelt werden kann. Das vom CO_2 befreite Absorptionsmittel wird dann über die Absorptionsmittelrückführung 39 in die Absorptionskolonne 27 zurückgeführt. Ein Tropfenabscheider 33 hält mögliche Absorptionsmitteltropfen zurück.

Das austretende Kohlendioxid wird in einem CO_2-Auffanggefäß gesammelt und einer CO_2-Sequestrierung zugeführt.

Das Absorptionsmittel wird im Kreislauf geführt, und eine dadurch mögliche SO_2-Anreicherung wird vorteilhafterweise gegebenenfalls einer Oxidation über die SO_2-Oxidationsanlage 22 zugeführt, um eine weitere Verwendung des Absorptionsmittels zu gewährleisten.

Die pH-Regulierungen über die Mess- und Steuereinheiten 18 und 37 lassen vorteilhafterweise die Möglichkeit offen, sowohl die Absorption als auch die Desorption zu optimieren. Ein vor dem Eintritt des mit CO_2 beladenen Absorptionsmittels in die Desorptionskolonne 40 vor der Ultraschallquelle 31 angeordneter Wärmetauscher 42 ermöglicht den Absorptionsmittelstrom wahlweise zu kühlen oder zu erwärmen. Ein Leitungssystem 43 verbindet die Rauchgaszuleitung 12, die Kühlung 21 und den Wärmetauscher 42, so dass eine regulierbare Zuleitung von kühlem oder warmem Rauchgasstrom in den Wärmetauscher 42 zur Einstellung einer optimalen Temperatur des Absorptionsmittels erreicht wird.

In Fig. 2 ist beispielhaft eine dreistufige in Reihe geschaltete Anlage zur CO_2-Abscheidung aus Rauchgasen dargestellt. Der Absorber 10 umfasst hier drei Absorptionskolonnen 27, die mit dem Desorber 30 kombiniert sind, der eine Desorptionskolonne 40 aufweist.

Die Stufigkeit der Anlage ergibt sich aus dem gewünschten Gesamtabscheidungsgrad und dem theoretischen Abscheidungsgrad der einzelnen Absorptionskolonnen 27 bzw. der Desorptionskolonne 40.

Das mit CO_2 beladene Absorptionsmittel aus den Absorptionskolonnen 27 wird im Auffangbehälter 38 gesammelt und dort gegebenenfalls über die Chemikaliendosierung 36 modifiziert und über die Absorptionsmittelweiterleitung 41 in die Desorptionskolonne 40 überführt. Die Rückführung des weitestgehend CO_2-freien Absorptionsmittels aus der Desorptionskolonne 40 erfolgt über die Absorptionsmittelrückführungen 39.

Beispiel:
Zur Darstellung der vorteilhaften Energiebilanz wird folgender Laborversuch durchgeführt: 400 ml wässrige Lösung (6 g/l), ohne Zusätze zur Verbesserung der Gasblasenbildung oder CO_2-Aufnahmekapazität, wird einer Ultraschallbehandlung von 40 W bei 42 kHz exponiert. Dies entspricht einer flächenbezogenen Leistung von 0,33 W/cm² bei 120 cm² Beschallungsfläche und einer volumenbezogenen Durchschnittsleistung von 0,1 W/cm³. Nach einer Beschallungsdauer von einer Minute ist die Entgasung bis zu ca. 90 % abgeschlossen. Daraus ergibt sich für einen Liter Lösung ein Energiebedarf von 1,43 kcal/l. Im Vergleich dazu ist die Erwärmung von einem Liter Lösung von 40 °C auf 100 °C bei einer Aminwäsche mit einem Energieaufwand von ca. 60 kcal verbunden (Strippprozess). Legt man eine 10-fache Kapazität der Aminlösungen bezüglich der Aufnahme von CO_2 zu Grunde, so beträgt bei der Aminwäsche der Energieaufwand ca. 60 kcal (100 %), während beim Ultraschallverfahren ein Betrag von nur 14,3 kcal (24 %) zu konstatieren ist.

Fig. 3 zeigt ein Fließbild einer CO_2-Ultraschalldesorption bei Temperaturen zwischen 40°C und 79°C. Dargestellt ist ein einstufiger Ultraschalldesorber 2 zur Abscheidung von CO_2.

Die Anlage weist eine Absorptionskolonne 3 auf, die mit einem Ultraschalldesorptionsrohr 2 kombiniert ist. Die Absorptionskolonne 3 umfasst eine Füllkörperschüttung für eine Verteilung des Absorptionsmittels, das in einen oberen Teil der Absorptionskolonne 3 eingeleitet wird.

Über eine Rauchgaszuführung 1 wird das auf etwa 40°C bis 60°C abgekühlte und weitestgehend von SO_2 befrei-

te Rauchgas in den unteren Teil der Absorptionskolonne 3 eingeleitet und treibt im Gegenstrom zu dem von oben fließenden Arbsorptionsmittel.

Am Boden der Absorptionskolonne 3 sammelt sich das reich mit CO_2 beladene Absorptionsmittel und wird von dort über eine Leitung mit CO_2 reicher Lösung 8 durch einen Wärmetauscher 4 mittels einer Pumpe 7 in das Ultraschalldesorptionsrohr 2 gefördert, innerhalb dem das mit CO_2 beladene Absorptionsmittel beim Passieren einer Ultraschallquelle von CO_2 entgast wird.

Eine mit Prozess- oder Abwärme gespeiste Heizung 5 stellt die für die CO_2-Abtrennung erforderliche Desorptionsenergie bereit.

Ein Entspannungsgefäß 13´ dient zur Beruhigung des Absorptionsmittels und zur Abtrennung des CO_2-Gasstroms. Mit Hilfe einer weiteren Pumpe 7´ gelangt das Absorptionsmittel zu einer Kühlung 6, mit der das Absorptionsmittel auf etwa 40°C abgekühlt wird, bevor es erneut der Absorptionskolonne 3 zugeführt wird. Degradiertes Absorptionsmittel wird über die Aminzufuhr 14, die auch als Absorptionsmittel Make-up bezeichnet wird, durch unverbrauchte Aminlösung ersetzt. Das Absorptionsmittel ist ein aus primären und tertiären oder sekundären und tertiären Ethanolaminen zusammengesetztes, wässriges, 25 bis 45%iges Gemisch aus Monoethanolamin (MEA) und Methyldiethanolamin (MDEA), wobei das Verhältnis MEA zu MDEA in der Regel kleiner als 1 gewählt wird.

Das von CO_2 gereinigte Reingas 10´ wird aus der Absorptionskolonne 3 über einen Kamin in die Atmosphäre entlassen.

Das aus dem Absorptionsmittel ausgebrachte und sich in dem Entspannungsgefäß 13 sammelnde CO_2-Gas wird in einer Kühlung 6 weitestgehend von mitgeführter Feuchtigkeit befreit. Über einen Kondensor 11´ wird durch den CO_2-Gasstrom mitgerissenes Absorptionsmittel zunächst in das Entspannungsgefäß 13´ und dann über eine Leitung mit CO_2 armer Lösung 9 über eine Kühlung 6´ in die Absorptionskolonne zurückgeleitet.

Der von Feuchtigkeit befreite CO_2-Gasstrom kann jetzt einer weiteren CO_2-Sequestrierung 12´ zugeführt werden.

Fig. 4 zeigt ein Fließbild einer Parallelanordnung zur CO_2-Ultraschalldesorption bei Temperaturen zwischen 40°C und 79°C. Dargestellt ist ein Ultraschalldesorber mit beispielhaft fünf parallel geschalteten Ultraschalldesorptionsrohren.

Die Beschreibung der Anlage erfolgt entsprechend den Bezugszeichen in Fig. 1.

In Fig. 5 ist ein Fließbild einer einstufigen CO_2-Ultraschall-desorption mit Nutzung eines Abkühl-Effektes dargestellt.

Durch eine infolge der starken Entgasung während der Ultraschallbehandlung stattfindende Abkühlung des Absorptionsmittels, bei der sich an einem Ultraschalldesorptionsrohr 2´ ein Temperaturgradient ausbildet und eine weitere Abkühlung im Entspannungsgefäß 13 erfolgt, kann der Bedarf für die Energie zur Kühlung des Absorptionsmittels insbesondere bei einem großen Überschuss von Prozess- und Abwärme nach der Ultraschallbehandlung in der Kühlung 6´ zusätzlich gesenkt werden.

In Fig. 6 ist ein Diagramm zur zeitabhängigen Desorption von CO_2 mit Ultraschall dargestellt. Das Diagramm dokumentiert das Ergebnis von folgendem Versuch:

Von einer 30%igen wässrigen Absorptionslösung mit einer Mischung aus Monoethanolamin und Methyldiethanolamin werden 3,15 Liter über 25 Minuten einer Ultraschallquelle bei einer Beschallungsfrequenz von 40 kHz ausgesetzt. Die Primärleistung der Sonotrode beträgt 150 Watt. Der Versuch wird mit Ultraschallimpulsen einer Dauer von 0,5 Sekunden und Stoppzeiten einer Dauer von 4,5 Sekunden durchgeführt, was über den gesamten Zeitraum einer effektiven Ultraschall-Leistung von 15 Watt entspricht. Die Desorptionstemperatur liegt zwischen 48°C bis 64°C lag.

Das Diagramm zeigt, dass innerhalb eines Zeitraumes von 10 Minuten etwa 30 Liter CO_2 entgast sind.

Bezugszeichenliste

1	Rauchgaszuführung
2, 2´	Ultraschalldesorptionsrohr
3	Absorptionskolonne
4	Wärmetauscher
5	Heizung
6, 6´	Kühlung
7, 7´	Pumpen
8	Leitung mit CO_2 reicher Lösung
9	Leitung mit CO_2 armer Lösung
10´	Reingas
11´	Kondensor
12´	CO_2 Sequestrierung
13´	Entspannungsgefäß
14´	Aminzufuhr
10	Absorber
11	
12	Rauchgaszuleitung
13	Absorptionsmittelzugabe
14	Füllkörperschüttung
15	Tropfenabscheider
16	Reingasableitung
17	CO_2-Rückführungsleitung
18	Mess- und Steuereinheit
19	Teilreingas-Weiterleitung
20	Filter
21	Kühlung
22	SO_2-Oxidationsanlage
23	Gipsabtrennung
24	Druckverstärkung
25	Absorptionsmittelablauf
26	Absorptionsmittelzulauf
27	Absorptionskolonne
28	Rauchgasentschwefelung
30	Desorber

31 Ultraschallquelle
32 CO_2-Auffanggefäß
33 Tropfenabscheider
34 CO_2-Sequestrierung
35 Pumpe
36 Chemikaliendosierung
37 Mess- und Steuereinheit
38 Auffangbehälter
39 Absorptionsmittelrückführung

40 Desorptionskolonne
41 Absorptionsmittelweiterleitung
42 Wärmetauscher
43 Leitungssystem

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abtrennung von Kohlendioxid aus Rauch-, Faul- und/oder Abgasen durch Absorption und nachfolgender Desorption aus einem Absorptionsmittel, dadurch gekennzeichnet, dass das mit CO_2 angereicherte Absorptionsmittel im Anschluss an die Absorption von Kohlendioxid einer Ultraschallbehandlung bei einer Temperatur unterhalb von 80 °C, vorzugsweise zwischen 40 und 79 °C, unterzogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Absorption und/oder die Desorption mehrstufig durchgeführt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbehandlung bei einer Frequenz von 20 bis 100 kHz, bevorzugt von 20 bis 50 kHz und besonders bevorzugt von 20 bis 45 kHz durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbehandlung mit einer Eintrittsintensität von 0,05 bis 100 W/cm², bevorzugt 0,1 bis 100 W/cm² Eintrittsfläche oder 0,05 bis 100 W/l, bevorzugt 2 bis 100 W/l durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Absorption bei erhöhtem Druck und die Desorption bei vermindertem Druck durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbe-

handlung bei erhöhter Temperatur durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbehandlung bei konstanter Frequenz und Eintrittsintensität durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbehandlung bei variierender Frequenz und Eintrittsintensität durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbehandlung in einem Beschallungszeitraum von höchstens 10 Minuten pro m^3 Absorptionsmittel durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallbehandlung bei Drücken unter 1 bar zur Anwendung kommt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Absorptionsmittel Wasser oder wässrige Gemische mit verschiedenen Alkoholen, vorzugsweise Methanol und Ethanol, verwendet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Absorptionsmittel ionische Flüssigkeiten verwendet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass wässrige Lösungen von

Kaliumcarbonat (Pottasche) oder einem Gemisch aus Kaliumcarbonat und Piperazin als Absorptionsmittel verwendet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Absorptionsmittel wässrige Lösungen von Ammoniak und/oder organische Amine verwendet werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass als Absorptionsmittel wässrige Lösungen von Diglykolamin, Ethanolaminen oder wässrige Gemische von primären oder sekundären mit tertiären Ethanolaminen verwendet werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Anwendung von Monoethanolamin (MEA) die Temperatur der ultraschallinitiierten Desorption zwischen 75 und 85 °C, bevorzugt zwischen 75 und 79 °C gehalten wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, das dem Absorptionsmittel oberflächenaktive Substanzen zugesetzt werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass dem Absorptionsmittel nichtionische, kationische anionische oder amphotere Tenside zugesetzt werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass dem Absorptionsmittel Mikro- oder Nanopartikel, insbesondere Carbon Nano Tubes zugesetzt werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der pH-Wert des Absorptionsmittels während der Ultraschallbehandlung auf einen Wert von 2 bis 6,5 eingestellt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zur Oxidation von Schwefeldioxid oxidierende Substanzen, insbesondere Wasserstoffperoxid, zugesetzt werden.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass dem Absorptionsmittel Antischaummittel zugesetzt werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass als Antischaummittel Silikonöle oder Polyalkohole zugesetzt werden.

24. Vorrichtung zur Abtrennung von Kohlendioxid aus Rauch-, Faul- und/oder Abgasen durch Absorption und nachfolgender Desorption aus einem Absorptionsmittel, umfassend einen Absorber (10) für eine Überführung des Kohlendioxids der Rauch- und Abgase in das Absorptionsmittel und einen Desorber (30) für eine nachfolgende Desorption des Kohlendioxids, wobei der Desorber (30) eine Ultraschallquelle (31) aufweist, die so angeordnet ist, dass abgegebene Schallenergie der Ultraschallquelle (31) derart auf das mit CO_2 angereicherte Absorptionsmittel einwirkt, dass CO_2 bei einer Temperatur unterhalb von 80 °C, vorzugsweise zwischen 40 und 79 °C, desorbiert wird.

Fig. 1

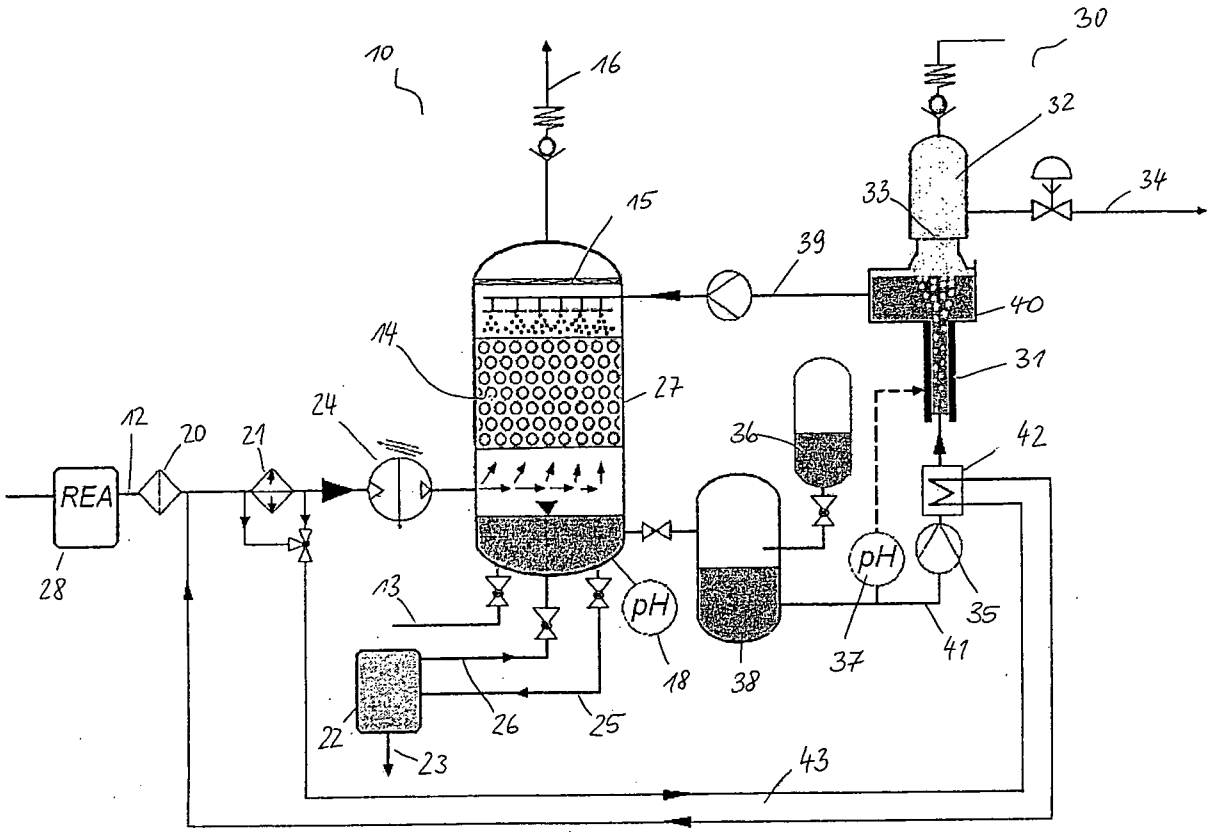

10
16
30
32
33
34
15
39
40
14
27
31
24
12
20
21
36
42
REA
28
pH
13
18
38
37
41
35
22
26
25
23
43

Fig. 2

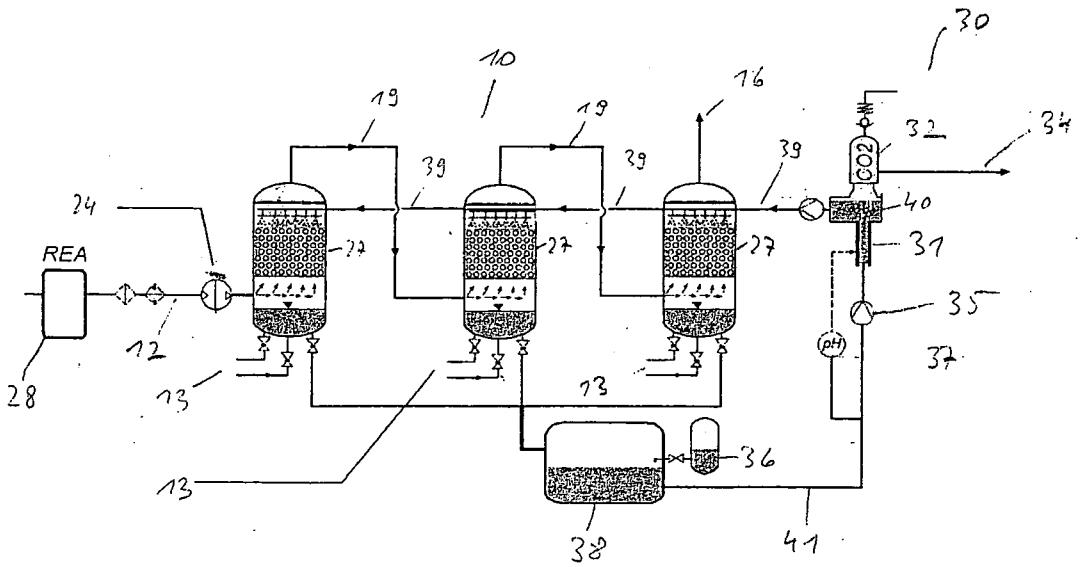

30
10
19
19
16
39
39
39
32
34
CO2
24
27
27
27
40
REA
31
12
35
pH
37
28
13
13
13
36
38
41

Fig. 3

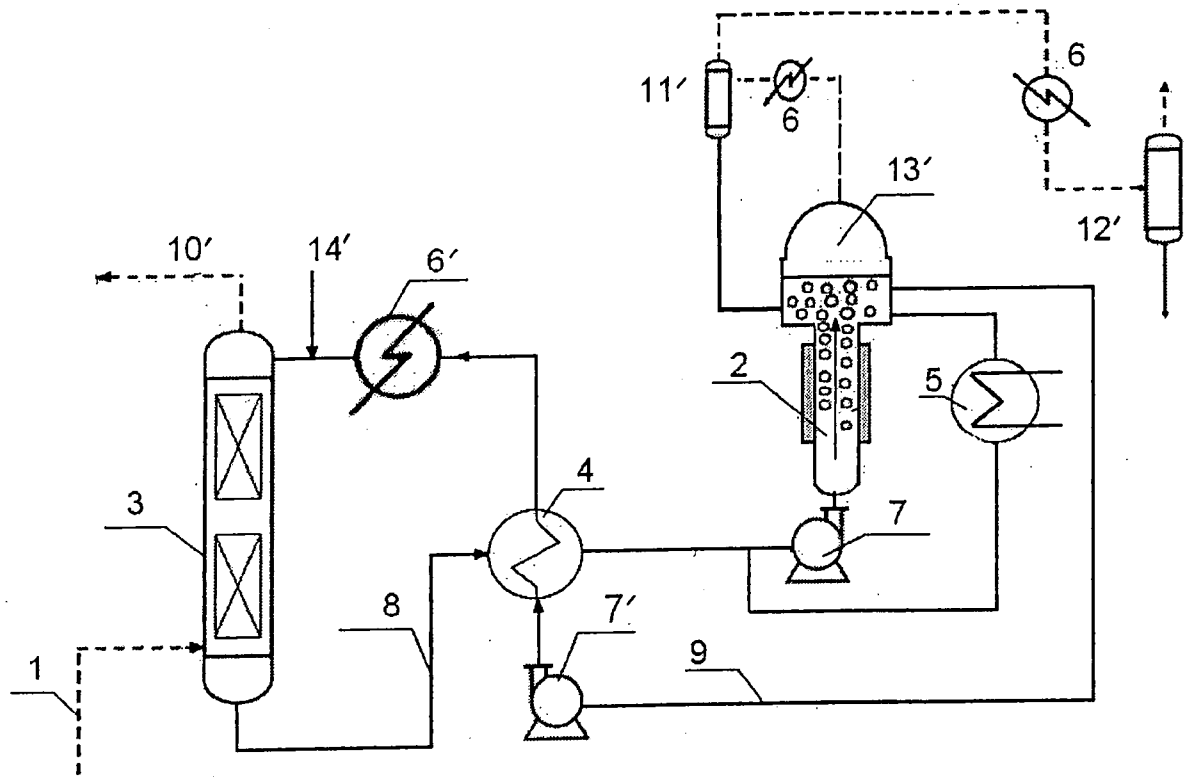


Fig. 4

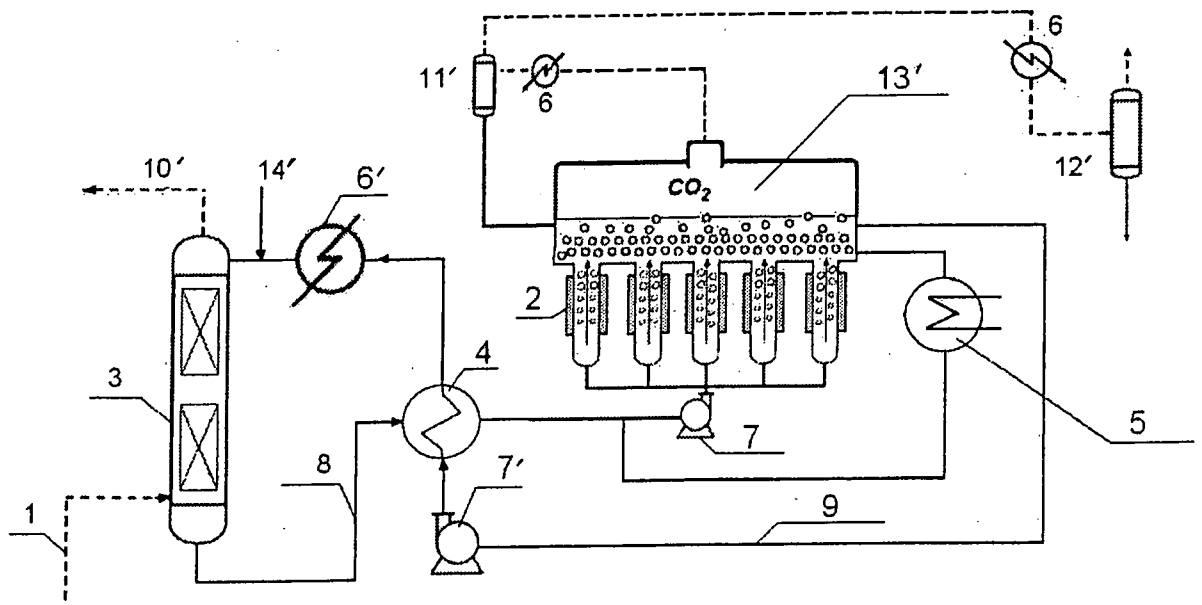


Fig. 5

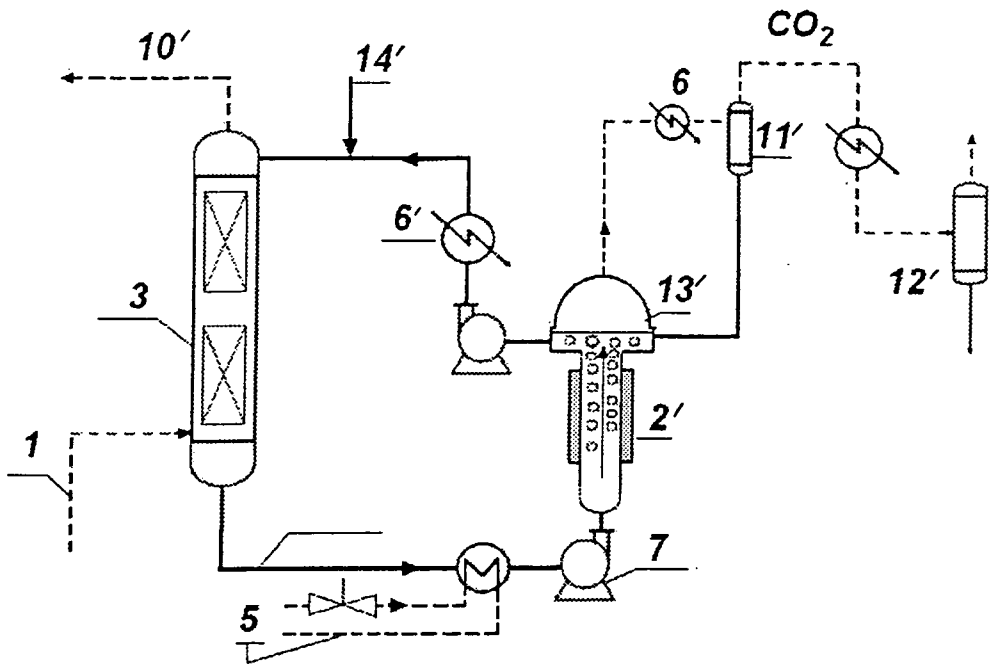
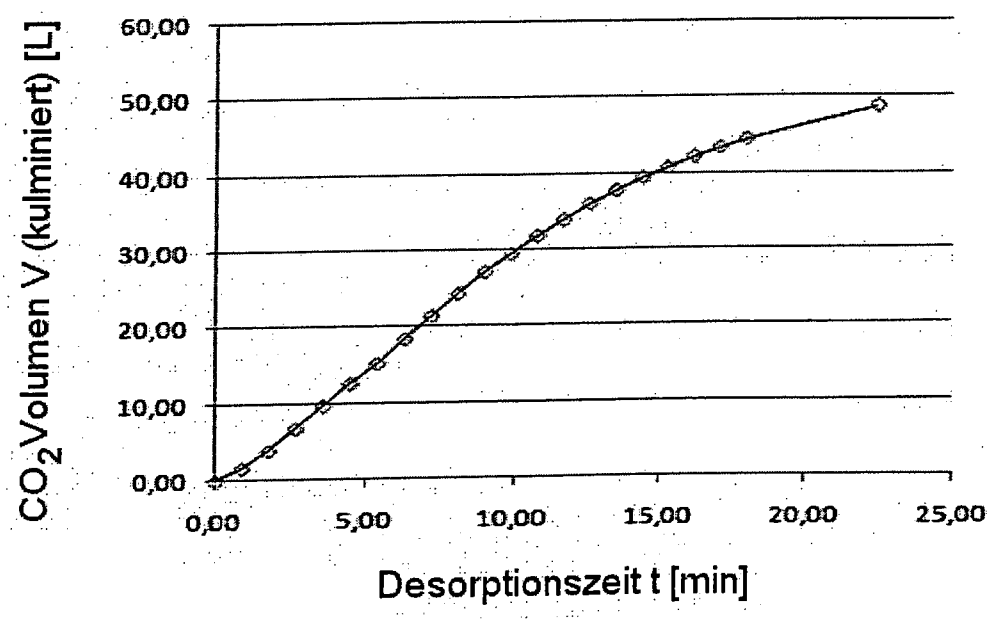

10′
14′
CO_2
6
11′
6′
12′
3
13′
2′
1
7
5

Fig. 6


CO_2Volumen V (kulminiert) [L]
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
0,00
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
Desorptionszeit t [min]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/002974

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B01D53/62 B01D53/78 B01D53/96 C01B31/20 C10L3/00
F23J15/04

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 C01B C10L 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 practical, 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	JP 07 100333 A (KANSAI ELECTRIC POWER CO; MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 18 April 1995 (1995-04-18) cited in the application paragraphs [0004] - [0007]; claims 1,2; figures 1,2; example 1 & DATABASE WPI Week 199524 Thomson Scientific, London, GB; AN 1995-182193 & JP 07 100333 A (KANSAI DENRYOKU KK) 18 April 1995 (1995-04-18) abstract	1-24
X	WO 2007/071633 A (SHELL INT RESEARCH [NL]; GEERLINGS JACOBUS JOHANNES COR [NL]; VAN MOSS) 28 June 2007 (2007-06-28) page 6, line 18 - line 26; claim 1 page 4, line 1 - line 4	1,24

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 document 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	Date of mailing of the international search report
16 Juli 2009	03/08/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Burkhardt, Thorsten

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/002974

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	XUE J ET AL: "Study on Desorbing Sulfur Dioxide from Citrate Solution by Ultrasonification" CHINESE JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING, CHEMICAL INDUSTRY PRESS, BEIJING, CN, vol. 15, no. 4, 1 August 2007 (2007-08-01), pages 486-491, XP022856665 ISSN: 1004-9541 [retrieved on 2007-08-01] paragraphs [0001], [03.2], [0004]; figures 7-9	1-24
A	N. GONDREXON, V. RENAUDIN, P. BOLDO, Y. GONTHIER, A. BERNIS, C. PETRIER: "Degassing effect and gas-liquid transfer in a high frequency sonochemical reactor" CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL, vol. 66, 1997, pages 21-26, XP002537264 paragraphs [02.1], [3.13.2], [0004]; figure 7	1-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/002974

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 7100333 A	18-04-1995	JP 2871421 B2	17-03-1999
WO 2007071633 A	28-06-2007	CN 101331084 A	24-12-2008
		EP 1966092 A1	10-09-2008
		US 2009010827 A1	08-01-2009

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/002974

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B01D53/62 B01D53/78 B01D53/96 C01B31/20 C10L3/00
F23J15/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B01D C01B C10L 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	JP 07 100333 A (KANSAI ELECTRIC POWER CO; MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 18. April 1995 (1995-04-18) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0004] - [0007]; Ansprüche 1,2; Abbildungen 1,2; Beispiel 1 & DATABASE WPI Week 199524 Thomson Scientific, London, GB; AN 1995-182193 & JP 07 100333 A (KANSAI DENRYOKU KK) 18. April 1995 (1995-04-18) Zusammenfassung	1-24
X	WO 2007/071633 A (SHELL INT RESEARCH [NL]; GEERLINGS JACOBUS JOHANNES COR [NL]; VAN MOSS) 28. Juni 2007 (2007-06-28) Seite 6, Zeile 18 - Zeile 26; Anspruch 1 Seite 4, Zeile 1 - Zeile 4	1,24

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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" älteres Dokument, 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 anderen 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
16. Juli 2009	03/08/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Burkhardt, Thorsten

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/002974

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	XUE J ET AL: "Study on Desorbing Sulfur Dioxide from Citrate Solution by Ultrasonification" CHINESE JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING, CHEMICAL INDUSTRY PRESS, BEIJING, CN, Bd. 15, Nr. 4, 1. August 2007 (2007-08-01), Seiten 486-491, XP022856665 ISSN: 1004-9541 [gefunden am 2007-08-01] Absätze [0001], [03.2], [0004]; Abbildungen 7-9	1-24
A	N. GONDREXON, V. RENAUDIN, P. BOLDO, Y. GONTHIER, A. BERNIS, C. PETRIER: "Degassing effect and gas-liquid transfer in a high frequency sonochemical reactor" CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL, Bd. 66, 1997, Seiten 21-26, XP002537264 Absätze [02.1], [3.13.2], [0004]; Abbildung 7	1-24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/002974

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 7100333 A	18-04-1995	JP 2871421 B2	17-03-1999
WO 2007071633 A	28-06-2007	CN 101331084 A	24-12-2008
		EP 1966092 A1	10-09-2008
		US 2009010827 A1	08-01-2009