

(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
5. August 2010 (05.08.2010)

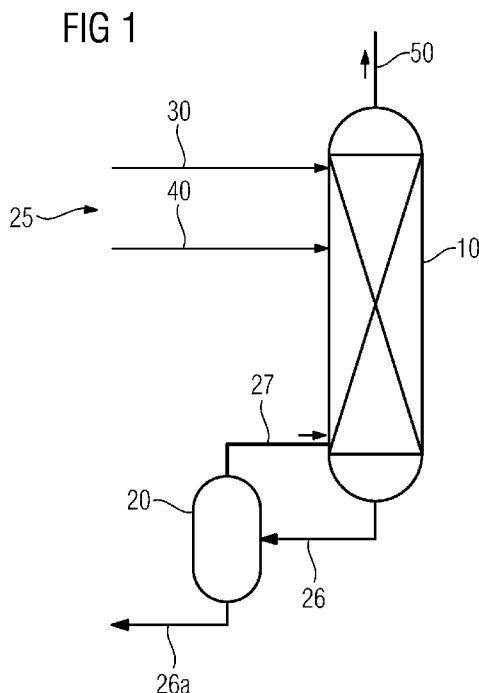
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/086039 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B01D 53/14 (2006.01) *B01D 53/62* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/064699
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. November 2009 (05.11.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2009 006 314.5
28. Januar 2009 (28.01.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RICHTER, Peter [DE/DE]; Am tiefen Graben 2, 65529 Waldems (DE). SCHNEIDER, Rüdiger [DE/DE]; Hessenring 40, 65817 Eppstein (DE). SCHRAMM, Henning [DE/DE]; Oppenheimer Landstraße 41, 60596 Frankfurt am Main (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, 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, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SEPARATING CARBON DIOXIDE FROM AN EXHAUST GAS OF A FOSSIL FIRED POWER PLANT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ABTRENNEN VON KOHLENDIOXID AUS EINEM ABGAS EINER FOSSILBEFEUERTEN KRAFTWERKSANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device for separating carbon dioxide from an exhaust gas of a fossil fired power plant. The power plant thereby comprises a combustion process in which a fossil fuel is burned, wherein an exhaust gas comprising carbon dioxide is generated. In a closed absorption process, the exhaust gas comprising carbon dioxide is brought into contact with an absorption medium, wherein carbon dioxide is absorbed by the absorption medium, and wherein a charged absorption medium and a cleaned exhaust gas are formed. In a subsequent desorption process (10), the charged absorption medium is regenerated, wherein a regenerated absorption medium (26) is formed, wherein the charged absorption medium (25) is fed into the desorption process (10) at least in a first partial flow (30) and a second partial flow (40). In an expansion process subsequent to the desorption process (10), regenerated absorption medium (26) is expanded, wherein vaporous absorption medium (27) is formed. The vaporous absorption medium (27) is subsequently returned to the desorption process (10).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas einer fossilbefeuerten Kraftwerksanlage. Die

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/086039 A1

**Veröffentlicht:**

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

Kraftwerksanlage umfasst dabei einen Verbrennungsprozess, in dem ein fossiler Brennstoff verbrannt wird, wobei ein kohlendioxidhaltiges Abgas erzeugt wird. In einem angeschlossenen Absorptionsprozess wird das kohlendioxidhaltige Abgas mit einem Absorptionsmedium in Kontakt gebracht, wobei Kohlendioxid von dem Absorptionsmedium aufgenommen wird, und wobei ein beladenes Absorptionsmedium und ein gereinigtes Abgas gebildet wird. In einem Folgenden Desorptionsprozess (10) wird das beladene Absorptionsmedium regeneriert, wobei ein regeneriertes Absorptionsmedium (26) gebildet wird, wobei das beladene Absorptionsmedium (25) dem Desorptionsprozess (10) wenigstens in einem ersten Teilstrom (30) und einen zweiten Teilstrom (40) zugeführt wird. In einem dem Desorptionsprozess (10) nachfolgenden Entspannungsprozess wird regeneriertes Absorptionsmedium (26) entspannt, wobei dampfförmiges Absorptionsmedium (27) gebildet wird. Das dampfförmige Absorptionsmedium (27) wird anschließend in den Desorptionsprozess (10) zurückgeführt.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas einer fossilbefeuerten Kraftwerksanlage

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer fossilbefeuerten Kraftwerksanlage und insbesondere ein Verfahren zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas einer fossilbefeuerten Kraftwerksanlage. Die Erfindung betrifft außerdem
10 eine fossilbefeuerte Kraftwerksanlage mit einer Abscheidevorrichtung zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas.

Bei fossilbefeuerten Kraftwerksanlagen zur Erzeugung elektrischer Energie entsteht durch die Verbrennung eines fossilen
15 Brennstoffes ein kohlendioxidhaltiges Abgas. Dieses Produkt wird in der Regel in die Atmosphäre entlassen. Das sich in der Atmosphäre ansammelnde Kohlendioxid behindert die Wärmeabstrahlung unserer Erde und führt dabei durch den so genannten Treibhauseffekt zu einer Erhöhung der Erdoberflächentemperatur. Um eine Reduzierung der Kohlendioxid-Emission bei
20 fossilbefeuerten Kraftwerksanlagen zu erreichen, kann Kohlendioxid aus dem Abgas abgetrennt werden.

Zur Abtrennung von Kohlendioxid aus einem Gasgemisch sind
25 allgemein verschiedene Methoden bekannt. Insbesondere zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas nach einem Verbrennungsprozess ist die Methode der Absorption-Desorption gebräuchlich.

30 In großtechnischem Maßstab wird das beschriebene Abtrennen von Kohlendioxid mit dem Absorptions-Desorptionsverfahren mit einem Waschmittel durchgeführt. In einem klassischen Absorptions-Desorptions-Prozess wird das Abgas in einer Absorptionskolonne mit einem selektiven Lösungsmittel als Waschmittel
35 in Kontakt gebracht. Dabei erfolgt die Aufnahme von Kohlendioxid durch einen chemischen oder physikalischen Prozess. Das gereinigte Abgas wird für eine weitere Verarbeitung oder Austragung aus der Absorptionskolonne ausgelassen. Das mit Koh-

lendioxid beladene Lösungsmittel wird zur Abtrennung des Kohlendioxids und Regenerierung des Lösungsmittels in eine Desorptionskolonne geleitet. Die Abtrennung in der Desorptionskolonne kann thermisch erfolgen. Dabei wird das beladene Lösungsmittel erwärmt, wobei ein Gas- Dampfgemisch aus gasförmigem Kohlendioxid und verdampften Lösungsmittel entsteht - der so genannte Brüdendampf. Das verdampfte Lösungsmittel wird anschließend vom Kohlendioxid separiert. Das Kohlendioxid kann nun in mehreren Stufen verdichtet und gekühlt werden. In flüssigem oder gefrorenem Zustand kann das Kohlendioxid dann einer Lagerung oder Verwertung zugeführt werden. Das regenerierte Lösungsmittel wird erneut zur Absorberkolonne geleitet, wo es wieder Kohlendioxid aus dem kohlendioxidhaltigen Abgas aufnehmen kann.

15

Das Hauptproblem bei den existierenden Verfahren zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas ist insbesondere der sehr hohe Energieaufwand, der in Form von Heizenergie für die Desorption benötigt wird. Im Stand der Technik sind dazu bislang keine brauchbaren Verbesserungen zu finden, die den Energieaufwand einer in einen Kraftwerksprozess integrierten Abscheideanlage zur Abtrennung von Kohlendioxid in ausreichendem Maße reduziert.

25

In der Chemischen Industrie sind zur Einsparung von Heizenergie im Desorptionsprozess eine Vielzahl erweiterte Verschaltungen bekannt. So ist in der EP0133208 ein Verfahren zur Unterstützung der Regeneration des Absorptionsmittels im Desorber gezeigt, das so genannte Lean-Solvent-Flash-Verfahren.

30

Die EP1759756-A1 zeigt das Lean-Solvent-Reheating-Verfahren bei dem der Desorptionsprozess seitlich unterstützt wird. Eine in der DE2817084-C2 offenbarte Verschaltung unterstützt des Absorptionsprozess durch Seitenkühlung. Ein weiteres Verfahren einer erweiterten Verschaltung offenbart die Patentschrift DE1167318 mit dem so genannten Split-Feed-Verfahren.

35

Bekannt Standardverfahren zu erweiterten Verschaltungen aus der Chemischen Industrie zur Abtrennung von Kohlendioxid aus

einem Abgas lassen sich jedoch nicht ohne Weiteres auf andere Anwendungen adaptieren. Gerade bei Integration des Kohlendioxid-Abtrennverfahrens in einen Kraftwerksprozess kann die erweiterte Verschaltung in der Gesamtbilanz im Wirkzusammenhang mit dem Kraftwerksprozess in ihrer Energieeinsparung
5 deutlich gemindert werden, oder sich sogar negativ auswirken.

Selbst eine mögliche Senkung des Eigenenergiebedarfs führt nicht zwangsläufig zu einer Steigerung des Gesamtwirkungsgrads. Auch von einem Wirkzusammenhang untereinander ist bei
10 Integration in den Kraftwerksprozess kein günstiger Gesamtwirkungsgrad zu erwarten. Der zusätzliche Aufwand wäre somit nicht wirtschaftlich zu rechtfertigen.

Genereller Nachteil an Abtrennverfahren für Kohlendioxid, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, bleibt daher insbesondere der hohe Energieaufwand. Gerade bei Integration des Abtrennverfahrens in eine fossilbefeuerte Kraftwerksanlage führt dies zu einer unerwünschten Verschlechterung des Gesamtwirkungsgrades der fossilbefeuerten Kraftwerksanlage.
20 Selbst bei Erweiterung des Standardverfahrens mit einer bekannten erweiterten Verschaltung aus der Chemischen Industrie kann der Eigenenergiebedarf des Abtrennverfahrens bislang nicht nennenswert gesenkt werden.

25

Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas einer fossilbefeuerten Kraftwerksanlage vorzuschlagen, das eine hohe Abscheideeffizienz, bei niedrigem Eigenenergiebedarf und zugleich
30 günstigem Gesamtanlagenwirkungsgrad des Kraftwerksprozesses ermöglicht.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine fossilbefeuerte Kraftwerksanlage mit einer Abscheidevorrichtung für Kohlendioxid vorzuschlagen, welche eine hohe Abscheideeffizienz bei niedrigem Eigenenergiebedarf und zugleich günstigem Gesamtwirkungsgrad der Kraftwerksanlage ermöglicht.
35

Die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst mit einem Verfahren zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas einer fossilbefeuereten Kraftwerksanlage, bei dem in einem Verbrennungsprozess ein fossiler Brennstoff ver-
5 brannt wird, wobei ein kohlendioxidhaltiges Abgas erzeugt wird, in einem nachfolgenden Absorptionsprozess das kohlendioxidhaltige Abgas mit einem Absorptionsmedium in Kontakt gebracht wird, wobei Kohlendioxid von dem Absorptionsmedium aufgenommen wird, wobei ein beladenes Absorptionsmedium und
10 ein gereinigtes Abgas gebildet wird, in einem anschließenden Desorptionsprozess das beladene Absorptionsmedium regeneriert wird, wobei ein regeneriertes Absorptionsmedium gebildet wird, wobei dem Desorptionsprozess das beladene Absorptionsmedium wenigstens in einem ersten Teilstrom und einen zweiten
15 Teilstrom zugeführt wird, und wobei in einem Entspannungsprozess regeneriertes Absorptionsmedium entspannt wird, wobei dampfförmiges Absorptionsmedium gebildet wird, und wobei das dampfförmige Absorptionsmedium in den Desorptionsprozess zurückgeführt wird.

20

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, aus der Chemischen Verfahrenstechnik bekannte Verfahren für die Lösung der Aufgabe heranzuziehen. Aus der Fülle der unterschiedlichen bewährten und ausgereiften Zusatzverschaltungen gilt es
25 Verfahren auszuwählen, die ihre positiven Eigenschaften auch im Wirkzusammenhang untereinander in mit dem Kraftwerksprozess nicht kompensieren oder gar überkompensieren. Kern der Erfindung ist es dabei, die Verfahren derart miteinander zu kombinieren, dass die positiven Auswirkungen der Verfahren
30 weitgehend aufeinander aufgerechnet werden können. Erzielt wird dies erfindungsgemäß durch eine gezielte Kombination des Split-Feed-Verfahrens mit dem Lean-Solvent-Flash-Verfahrens. Überraschenderweise gelangt man gerade bei Kombination dieser beiden Verfahren zu dem Befund, dass der Eigenenergie-
35 verbrauch der Abscheidevorrichtung maßgeblich gesenkt werden kann, und zudem der Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerksprozesses mit Kohlendioxid-Abscheideanlagen deutlich gesteigert

werden kann. Dadurch sind die Kosten für den Kohlendioxidabscheideprozess drastisch gesenkt.

5 Beim Lean-Solvent-Flash-Verfahren wird die Verdampfung im Sumpf der Desorptionskolonne durch einen Vakuum-Flashbehälter unterstützt. Dabei wird von dem Effekt Gebrauch gemacht, dass die Siedetemperatur des Lösungsmittels bei geringerem Druck absinkt. Die zur Erzeugung des Vakuums im Flashbehälter notwendige elektrische Energie ist im Vergleich zu der eingesparten thermischen Energie für die Verdampfung des Lösungsmittels so gering, dass die Gesamtbilanz positiv ausfällt.

10 Beim Split-Feed-Verfahren wird der Strom des beladenen Lösungsmittels von der Absorptionskolonne kommend geteilt, und teilweise kalt in den Kopf der Desorptionskolonne eingeleitet. Dadurch wird der sich im Kopf der Desorptionskolonne befindliche Brühdampf bereits weitgehend kondensiert. Dies entlastet den der Desorptionskolonne nachgeschalteten Kondensator, so dass dieser die Wärme nicht über Kühlwasser nach Außen abführen muss. Die Wärme kann stattdessen direkt zur Aufwärmung des beladenen Lösungsmittels verwendet werden.

25 Erfindungsgemäß werden diese Verfahren gezielt kombiniert, und in den Kraftwerksprozess integriert. Dazu wird dem Desorptionsprozess beladenes Absorptionsmedium in wenigstens zwei Teilströmen zugeführt. Für die Zuführung in wenigstens zwei Teilströmen ist keine zusätzliche Energie erforderlich. Der erste Teilstrom wird dabei dem Desorptionsprozess an einer Prozessstufe zugeführt, in der im Desorptionsprozess überwiegend Brühdampf vorliegt. Durch die Beaufschlagung des Brühdampfes mit beladenem Absorptionsmedium aus dem ersten Teilstrom, kondensiert der Brühdampf. Dadurch wird der dem Desorptionsprozess nachfolgende Kondensationsprozess entlastet, und elektrische Energie zur Führung von Kühlwasser des Kondensationsprozesses eingespart. Weiterhin wird das zugeführte beladene Absorptionsmedium durch die Kondensation erwärmt und steht dem Desorptionsprozess zur Verfügung. Durch

die eingesparte Vorwärmung wird im Desorptionsprozess Heizenergie in Form von Heizdampf eingespart.

Der zweite Teilstrom wird dem Desorptionsprozess an einer
5 Prozessstufe zugeführt, an der er dem Desorptionsprozess direkt zur Verfügung steht. Eine Zuführung von beladenem Absorptionsmedium in mehreren Teilströmen in mehreren Prozessstufen der Desorptionseinheit ist ebenso denkbar.

10 Das nun den Desorptionsprozess verlassende regenerierte Absorptionsmedium wird nun einem Entspannungsprozess zugeführt, in dem es entspannt wird. Für die Erzeugung von Unterdruck wird elektrische Energie aufgewandt. Durch die Entspannung verdampft ein Teil des Absorptionsmediums. Der Entspannungs-
15 prozess trennt somit flüssiges Absorptionsmedium von dampfförmigem Absorptionsmedium. Das dampfförmige Absorptionsmedium wird nun zurück in den Desorptionsprozess geführt. Dadurch unterstützt das zurückgeführte dampfförmige Absorptionsmedium den Desorptionsprozess und führt somit zu einer Einsparung
20 von Heizenergie in Form von Heizdampf. Der eingesparte Heizdampf kann somit im Kraftwerksprozess zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet werden.

Die Kombination des Split-Feed-Verfahrens mit dem Lean Solvent
25 Flash-Verfahren beeinflusst sich überraschenderweise nur sehr minimal. So kann ohne erhebliche Abzüge der Beitrag zum Eigenenergieverbrauch des Abtrennungsverfahrens der einzelnen Verfahren nahezu addiert werden. Dabei wird die Abscheideeffizienz gesteigert. Besonders überraschend ist dabei, dass
30 sich durch die erfindungsgemäße Kombination der beiden Verfahren auch der Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerksprozesses im gleichen Maße erhöht.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Kohlendioxid-
35 Abtrennungsverfahrens wird der erste Teilstrom auf eine Temperatur T_1 eingestellt, und der zweite Teilstrom auf eine Temperatur T_2 eingestellt. Dabei ist die Temperatur T_1 niedriger als die Temperatur T_2 . Die Temperatur T_1 entspricht da-

bei in etwa der Temperatur des den Absorptionsprozess verlas-
senden beladenen Absorptionsmediums. In Abhängigkeit von Be-
triebsbedingungen des Desorptionsprozesses kann auch die Ein-
stellung der Temperatur T_1 auf eine andere Temperatur erfor-
5 derlich sein. Die Einstellung der Temperaturen kann durch ei-
nen Regelprozess erfolgen. In Abhängigkeit von der im Desorp-
tionsprozess erforderlichen Betriebsbedingungen wird die Tem-
peratur T_1 und die Temperatur T_2 geregelt.

10 Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Kohlendioxid-
abtrennungsverfahrens wird in dem Entspannungsprozess
regeneriertes Absorptionsmedium abgeschieden, und in einem
Wärmetauscherprozess dem regenerierten Absorptionsmedium Wär-
me entzogen, und an das beladene Absorptionsmedium im zweiten
15 Teilstrom zugeführt. Dies ermöglicht die Nutzung der noch im
regenerierten Absorptionsmedium verbliebenen Wärme, um das
beladene Absorptionsmedium im zweiten Teilstrom zu erwärmen.
Mit einer Regelung des Wärmetauscherprozesses kann somit
gleichzeitig die Einstellung der Temperatur T_2 vorgenommen
20 werden.

Zweckmäßigerweise wird der Entspannungsprozess bei einem
Druck P_1 , und der Desorptionsprozess bei einem Druck P_2
durchgeführt, wobei der Druck P_1 niedriger eingestellt wird,
25 als der Druck P_2 . Durch den geringeren Druck P_1 im Entspan-
nungsprozess wird die Verdampfung des Absorptionsmediums er-
zielt. Der Druck P_2 kann dabei über Atmosphärendruck liegen,
und folglich der Druck P_1 bei einem Druck zwischen Atmosphä-
rendruck und dem Druck P_2 . In einer besonderen Weiterbildung
30 des Kohlendioxid-Abtrennungsverfahrens wird dabei der Druck
 P_2 in etwa auf Atmosphärendruck eingestellt. Dies geschieht
praktisch dadurch, indem der Desorptionsprozess bei Atmosphä-
rendruck durchgeführt wird. Folglich wird der Druck P_1 auf
einen Druck unterhalb des Atmosphärendrucks eingestellt.

35

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des Kohlendioxid-
Abtrennungsverfahrens wird das dampfförmige Absorptionsmedium
vor der Rückführung in den Desorptionsprozess verdichtet. Da-

bei wird der Druck P_1 auf den Druck P_2 angehoben. Ziel der Verdichtung ist die Rückführung des dampfförmigen Absorptionsmediums in den Desorptionsprozess. Die Rückführung erfolgt dabei vorzugsweise im Bereich des Sumpfes.

5

Zweckmäßigerweise wird das beladene Absorptionsmedium dem Absorptionsprozess in einem Gesamtstrom entnommen, wobei der Gesamtstrom in wenigstens den ersten Teilstrom und den zweiten Teilstrom aufgeteilt wird. Die Aufteilung in mehrere
10 Teilströme ist ebenso möglich. Die Aufteilung in den ersten Teilstrom und in den zweiten Teilstrom wird vorzugsweise durch einen Regelprozess gesteuert. Die Regelung erfolgt dabei in Abhängigkeit von im Desorptionsprozess erforderlichen Betriebsbedingungen. Unter einer Teilung ist auch eine Ab-
15 zweigung oder Teilentnahme zu verstehen. Prinzipiell ist auch die Entnahme von beladenem Absorptionsmedium aus dem Absorptionsprozess in mehreren Teilströmen denkbar.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des Kohlendioxid-
20 Abtrennungsverfahrens wird im Desorptionsprozess durch die Regenerierung das beladenen Absorptionsmediums ein Gas-Dampfgemisch aus gasförmigen Kohlendioxid und dampfförmigen Absorptionsmedium gebildet, wobei in einem Kondensationsprozess aus dem Gas- Dampfgemisch Kondensat herauskondensiert
25 wird. Der Kondensationsprozess ist dabei dem Desorptionsprozess nachgeschaltet. Bei dem Gas-Dampfgemisch handelt es sich weitgehend um Brügendampf. Die Zusammensetzung des Kondensats ist abhängig von dem verwendeten Absorptionsmedium. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird weitgehend reines Wasser
30 auskondensiert. Durch das Split-Feed-Verfahren wird der Kondensationsprozess nennenswert entlastet, so dass einerseits weniger Kühlwasser für die Kondensation bereit gestellt werden muss, und andererseits auch weniger Kondensat anfällt.

35 Vorzugsweise wird eine Lösung aus H_2O und Aminderivaten als Absorptionsmedium verwendet. Gegenüber auf Ammoniak basierenden Absorptionsmedien birgt der Umgang mit einer Lösung aus

H₂O und Aminderivaten weniger Risiken und negative Umwelteinflüsse.

Das Verfahren wird vorzugsweise bei einem fossilbefeuelten
5 Dampfkraftwerk oder bei einer kombinierten Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerksanlage angewandt.

Die auf eine Vorrichtung gerichtete Aufgabe wird gelöst durch
eine fossilbefeuelte Kraftwerksanlage mit einer einer
10 Verbrennungsvorrichtung nachgeschalteten und von einem kohlendioxidhaltigen Abgas durchströmbaren Abscheidevorrichtung für Kohlendioxid, wobei die Abscheidevorrichtung eine Absorptionseinheit zur Aufnahme von Kohlendioxid aus dem kohlendioxidhaltigen Abgas und eine Desorptionseinheit zur Abgabe des
15 aufgenommenen Kohlendioxids aufweist, wobei die Absorptionseinheit mit der Desorptionseinheit zur Durchleitung eines beladenen Absorptionsmediums über eine Verbindungsleitung verbunden ist, wobei die Verbindungsleitung eine erste Teilleitung und eine zweite Teilleitung aufweist, und die erste
20 Teilleitung und die zweite Teilleitung an verschiedenen Anschlussstellen an die Desorptionseinheit angeschlossen sind, und die Desorptionseinheit mit einem Druckbehälter verbunden ist, wobei ein in dem Druckbehälter gebildeter Dampf in die Desorptionseinheit über eine Dampfleitung rückführbar ist.

25

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, die Split-Feed-Verschaltung mit dem Lean-Solvent-Flash miteinander in die Abscheidevorrichtung zu integrieren. Dazu weist die Verbindungsleitung eine erste und eine zweite Teilleitung auf.
30 Weitere Teilleitungen sind möglich. Die erste Teilleitung ist dabei an der Desorptionseinheit an einer anderen Anschlussstelle angeschlossen, als die zweite Teilleitung. Bei einer vertikal aufgestellten Desorptionskolonne sind die Anschlussstellen horizontal voneinander beabstandet. Die horizontale
35 Anordnung der Anschlussstelle kann konstruktionsbedingt variieren. Die Teilleitungen sind für die Durchleitung eines beladenen Absorptionsmediums ausgelegt.

Der Desorptionseinheit nachgeschaltet ist ein Druckbehälter, der über eine geeignete Leitung zur Durchleitung eines regenerierten Absorptionsmediums mit der Desorptionseinheit verbunden ist. Bei dem Druckbehälter handelt es sich um einen so genannten Flash-Behälter, in dem ein Medium verdampft werden
5 kann. Der Druckbehälter ist zudem über eine Rückführleitung für Dampf mit der Desorptionseinheit verbunden.

Die Split-Feed-Verschaltung ist mit dem Lean-Solvent-Flash auf überraschende Weise kombinierbar. Durch den Betrieb der
10 fossilbefeuerter Kraftwerksanlage ist nur ein sehr geringer Einfluss der Beiden Verschaltungen auf einander festzustellen. So kann ohne erhebliche Abzüge der Beitrag zur Verringerung des Eigenenergieverbrauchs des Abtrennungsverfahrens sowie der Beitrag zum Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerksprozesses der einzelnen Verfahren addiert werden, und das zudem bei
15 steigender Abscheideeffizienz.

In einer zweckmäßigen Weiterbildung der fossilbefeuerter Kraftwerksanlage ist die Verbindungsleitung an einer Anschlussstelle an die Absorptionseinheit angeschlossen. Ein im
20 Betrieb aus der Absorptionseinheit auszuleitendes Absorptionsmedium wird somit durch die Verbindungsleitung an nur einer Stelle abgeführt. Denkbar sind auch mehrere Anschlussstellen, an denen auszuleitendes Absorptionsmedium abgeführt
25 wird. Die mehreren Anschlussstellen können dabei bei einer vertikal aufgestellten Absorptionskolonne vertikal oder horizontal voneinander beabstandet sein.

Vorzugsweise ist in dem Druckbehälter ein Vakuum einstellbar. Dazu ist der Druckbehälter entsprechend ausgelegt, und umfasst Vakuumpumpe und Druckventile.
30

In einer besonderen Weiterbildung der fossilbefeuerter Kraftwerksanlage ist ein Wärmetauscher vorgesehen, der primärseitig in die zweite Teilleitung geschaltet ist, und sekundär zuleitend mit dem Druckbehälter und sekundär ableitend mit der Absorptionseinheit verbunden ist. Dadurch lässt sich im
35

Betrieb der fossilbefeuerten Kraftwerksanlage Wärme von einem regenerierten Absorptionsmedium im Druckbehälter auf ein beladenes Absorptionsmedium in der zweiten Teilleitung übertragen. Das regenerierte Absorptionsmedium wird somit für einen
5 erneuten Einsatz in der Absorptionseinheit gekühlt und das beladene Absorptionsmedium für die Regenerierung in der Desorptionseinheit erwärmt.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der fossilbefeuerten
10 Kraftwerksanlage ist in die Dampfleitung ein Verdichter geschaltet. Bei dem Verdichter handelt es sich um eine Vorrichtung, durch die ein Dampf aus dem Druckbehälter in die Desorptionseinheit überführbar ist. Der Verdichter ist vorzugsweise eine Vakuumpumpe mit Rückströmventil. Das Rückströmventil
15 verhindert das Rückströmen von Medium aus der Desorptionseinheit in den Druckbehälter.

In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist ein Regelventil vorgesehen, dass mit der Verbindungsleitung mit der Absorptionseinheit verbunden ist, und dass mit
20 der ersten Teilleitung und mit der zweiten Teilleitung mit der Desorptionseinheit verbunden ist, so dass im Betrieb ein durch die Verbindungsleitung durchströmendes Absorptionsmedium in einem Verhältnis V auf die erste Teilleitung und die
25 zweite Teilleitung aufteilbar ist. Die Regelung erfolgt dabei in Abhängigkeit von in der Desorptionseinheit erforderlichen Betriebsbedingungen.

Vorzugsweise ist die fossilbefeuerte Kraftwerksanlage als
30 Dampfkraftwerk, umfassend einen befeuerten Kessel und eine Dampfturbine, oder als Gas- und Dampfturbinenanlage, umfassend eine Gasturbine und einen der Gasturbine abgasseitig nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger, der in den Wasser-Dampf-Kreislauf einer Dampfturbine geschaltet ist, ausgestal-
35 tet.

Folgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

5 FIG 1 Ein Ausführungsbeispiel eines Kohlendioxid-
Abtrennungsverfahrens einer fossilbefeuerten Kraftwerksanla-
ge.

10 FIG 2 Ein Ausführungsbeispiel einer Dampfkraftwerks-
anlage mit Kohlendioxid-Abscheidevorrichtung.

15 FIG 3 Ein Ausführungsbeispiel einer Gas- und Dampf-
turbinenkraftwerksanlage mit einer Kohlendioxid-
Abscheidevorrichtung.

Das in Figur 1 dargestellte Kohlendioxid-Abtrennungsverfahren zeigt im Wesentlichen einen Desorptionsprozess 10 und einen Entspannungsprozess 20.

20 Beladenes Absorptionsmedium 25 wird dem Desorptionsprozess über einen ersten Teilstrom 30 und einem zweiten Teilstrom 40 zugeführt. Die Zuführung erfolgt an verschiedenen Prozessstufen des Desorptionsprozesses 10. Im Desorptionsprozess 10 wird das beladene Absorptionsmedium 25 regeneriert. Dabei
25 wird ein Gas-Dampfgemisch 50 aus Kohlendioxid und dampfförmigem Absorptionsmedium gebildet. Den Desorptionsprozess 10 verlassen das Gas-Dampfgemisch 50 und ein regeneriertes Absorptionsmedium 26.

30 Das regenerierte Absorptionsmedium 26 wird anschließend dem Entspannungsprozess 20 zugeführt. Im Entspannungsprozess 20 wird bei einem Druck, der niedriger ist als der Druck im Desorptionsprozess, dampfförmiges Absorptionsmedium 27 von dem regenerierten Absorptionsmedium 26a abgeschieden. Das regene-
35 rierte Absorptionsmedium 26a wird aus dem Entspannungsprozess 20 ausgeleitet und in den Absorptionskreislauf zurückgeführt. Das dampfförmige Absorptionsmedium 27 wird in den Desorptionsprozess zurück geführt.

Die in Figur 2 dargestellte Dampfkraftwerksanlage mit integrierter Abscheidevorrichtung für Kohlendioxid umfasst im Wesentlichen einen fossilbefeueren Dampferzeuger 60, eine dem fossilbefeueren Dampferzeuger 60 nachgeschaltete Abscheidevorrichtung für Kohlendioxid 70.

Der fossilbefeuerte Dampferzeuger 60 ist zur Ableitung des Abgases über einer Abgasleitung 80 mit der Abscheidevorrichtung 70 verbunden. Zudem ist er in einen Wasser-Dampfkreislauf 90 geschaltet. Über den Wasser-Dampfkreislauf 90 ist der befeuerte Kessel 60 mit einer Dampfturbine 100 verbunden, durch welche einen Generator 110 antreibbar ist.

Die Abscheidevorrichtung 70 besteht aus einer Absorptionseinheit 120, einer Desorptionseinheit 130, einem Druckbehälter 140, einem Verdichter 150, einem Wärmetauscher 160, einem Kondensator 170, einer Heizvorrichtung 180 und einem Wärmetauscher 190.

Die Absorptionseinheit 120 ist in die Abgasleitung 80 geschaltet. In die Abgasleitung 80 können weitere Vorrichtungen geschaltet sein, z.B. Entschwefelungsanlagen oder Gebläse. Zur Leitung eines beladenen Absorptionsmediums ist an die Absorptionseinheit 120 eine Absorptionsmittelleitung 200 angeschlossen. Diese zweigt an einer Aufzweigung 205 in eine erste Teilleitung 201 und eine zweite Teilleitung 202 auf. Mit der Desorptionseinheit 130 verbunden ist die erste Teilleitung 201 an der ersten Anschlussstelle 210 und die zweite Teilleitung 202 an der zweiten Anschlussstelle 211. In die zweite Teilleitung 202 ist primärseitig der Wärmetauscher 160 geschaltet.

Der Desorptionseinheit 130 nachgeschaltet ist ein Kondensator 170, der über eine Kondensatleitung 220 mit der Desorptionseinheit 130 verbunden ist.

Über eine Absorptionsmittelleitung 230 ist die Desorptionseinheit mit der Absorptionseinheit 120 und mit der Heizvorrichtung 180 verbunden. In die Absorptionsmittelleitung 230 ist der Druckbehälter 140 geschaltet. Dieser ist für Unterdruck ausgelegt und mit der Desorptionseinheit 130 über eine Dampfleitung 231 verbunden. In die Dampfleitung 231 ist der Verdichter 150 geschaltet. Nicht dargestellt sind hier weitere Vorrichtungen zur Erzeugung und Regelung des Unterdrucks im Druckbehälter 150. Über die Absorptionsmittelleitung 230 ist die Desorptionseinheit 140 darüber hinaus mit der Heizvorrichtung 180 verbunden.

Die Absorptionsmittelleitung 230 ist sekundärseitig mit dem Wärmetauscher 160 verschaltet, so dass Wärme aus einem in der Absorptionsmittelleitung 230 geführten Absorptionsmedium entnommen, und auf ein in der zweiten Teilleitung 202 geführten Absorptionsmedium übertragbar ist.

Zusätzlich können weitere Vorrichtungen in die Absorptionsmittelleitung 230 geschaltet sein. So z.B. ein Wärmetauscher oder eine Absorptionsmittelpumpe. Die Heizvorrichtung 180 entspricht einem Wärmetauscher und ist in den Wasser-Dampf-Kreislauf 90 geschaltet. Der Wasser-Dampf-Kreislauf 90 kann weitere Vorrichtungen, wie z.B. Kühler oder Pumpen aufweisen.

In Figur 3 ist eine Gas- und Dampfturbinenkraftwerksanlage mit integrierter Kohlendioxid-Abscheidevorrichtung dargestellt. Die Gas- und Dampfturbinenkraftwerksanlage umfasst im Wesentlichen eine Gasturbine 101, die über eine Welle einen Prozessverdichter 102 und einen Generator 111 antreibt, einen der Gasturbine 101 abgasseitig nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger 112, der durch die Gasturbine 101 befeuert ist und für die Dampferzeugung bereitgestellt ist, eine Dampfturbine 100, die über eine Welle mit einem Generator 110 verbunden ist und die mit einer Dampfleitung mit dem Abhitzedampferzeuger 112 verbunden ist. Der Abhitzedampferzeuger 112 ist abgasleitend mit der Abscheidevorrichtung 70 verbunden. Die nachgeschaltete Abscheidevorrichtung 70 ist im Wesentli-

chen analog ausgestaltet wie in Figur 2 der Dampfkraftwerksanlage 55.

Die erfindungsgemäßen Vorteile sollen dabei am Beispiel eines mit Bitumen-Kohle befeuerten Kraftwerksprozesses mit 800MW
5 verdeutlicht werden. Bei derartigen fossilen Verbrennungsprozessen entsteht ein Abgas mit ca. 10 bis 15 Volumenprozent Kohlendioxid. Bei einer zu erzielenden Abscheiderate von 90 % des in dem Abgas enthaltenen Kohlendioxids, wird zur Abscheidung
10 einer Tonne CO₂ ein thermischer Energiebedarf von 3,5 GJ/t_{CO2} mit der Standardverschaltung des Kohlendioxid-Abtrennprozesses benötigt. Die Standardverschaltung eines Absorptions-Desorptionsprozesses steht für die folgende Berechnung als Referenz.

15

Durch den Einsatz des Split-Feed-Verfahrens kann der thermische Energiebedarf zur Abscheidung einer Tonne CO₂ auf 3,1 GJ/t_{CO2} gesenkt werden. Gegenüber der Referenz können dadurch die Einbußen der elektrischen Gesamtleistung um 7,5% reduziert werden. Diese Maßnahme senkt die relativen CO₂-
20 Vermeidungskosten des Abscheideprozesses um 9,9%

Die einzelne Integration des Lean-Solvent-Flash-Verfahrens ermöglicht die Absenkung des Energiebedarfs zur Abscheidung
25 einer Tonne CO₂ auf 2,3 GJ/t_{CO2}. Die Einbußen der elektrischen Gesamtleistung lassen sich dadurch um 9,2% reduzieren, so dass sich die relativen CO₂-Vermeidungskosten des Abscheideprozesses um 8,2% reduzieren.

30 Durch die Erfindung sind nun die Vorteile der beiden Verfahren nahezu addierbar. So wirkt sich die Kombination der beiden Verfahren nicht negativ auf den Eigenenergiebedarf aus, so dass zur Abscheidung einer Tonne CO₂ in diesem Betriebsbeispiel 2,3 GJ/t_{CO2} benötigt werden. Die Einbußen der elektrischen Gesamtleistung lassen sich um 15% reduzieren und die
35 relativen CO₂-Vermeidungskosten des Abscheideprozesses sogar um 16,9% senken.

Somit kann durch die Erfindung ein Kraftwerksprozess mit integriertem Abscheideprozess für Kohlendioxid bereitgestellt werden, bei dem durch gezielte Kombination des Split-Feed-Verfahrens mit dem Lean-Solvent-Flash-Verfahren eine deutliche Steigerung der produzierten Strommenge des Kraftwerks erzielt werden kann. Dies ist möglich, da der Eigenenergiebedarf des Abscheideprozesses der Kombination überraschenderweise wesentlich geringer ist als der der Einzelverschaltungen. Durch den gleichzeitig geringen Investitionsbedarf können die Kosten für die Kohlendioxidabscheidung drastisch gesenkt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abtrennen von Kohlendioxid aus einem Abgas einer fossilbefeuerten Kraftwerksanlage, bei dem

- 5 a) in einem Verbrennungsprozess ein fossiler Brennstoff verbrannt wird, wobei ein kohlendioxidhaltiges Abgas erzeugt wird,
- b) in einem Absorptionsprozess das kohlendioxidhaltige Abgas mit einem Absorptionsmedium in Kontakt gebracht
10 wird, wobei Kohlendioxid von dem Absorptionsmedium aufgenommen wird, wobei ein beladenes Absorptionsmedium (25) und ein gereinigtes Abgas gebildet wird,
- c) in einem Desorptionsprozess (10) das beladene Absorptionsmedium (25) regeneriert wird, wobei ein regeneriertes
15 Absorptionsmedium (26) gebildet wird,
- d) wobei dem Desorptionsprozess (10) das beladene Absorptionsmedium (25) wenigstens in einem ersten Teilstrom (30) und einen zweiten Teilstrom (40) zugeführt wird, und
- e) in einem Entspannungsprozess (20) regeneriertes Absorptionsmedium (26) entspannt wird, wobei dampfförmiges Absorptionsmedium (27) gebildet wird, und wobei das dampfförmige Absorptionsmedium (27) in den Desorptionsprozess (10) zurückgeführt wird.

25 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der erste Teilstrom (30) auf eine Temperatur T_1 eingestellt wird, und der zweite Teilstrom (40) auf eine Temperatur T_2 eingestellt wird, wobei die Temperatur T_1 niedriger ist als die Temperatur T_2 .

30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem in dem Entspannungsprozess (20) regeneriertes Absorptionsmedium (26) abgeschieden wird, und in einem Wärmetauscherprozess dem regenerierten Absorptionsmedium (26) Wärme entzogen wird, und an das beladene Absorptionsmedium (25) im zweiten Teilstrom (40)
35 zugeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Entspannungsprozess (20) bei einem Druck P_1 durchgeführt

wird, und bei dem der Desorptionsprozess (10) bei einem Druck P_2 durchgeführt wird, wobei der Druck P_1 niedriger eingestellt wird, als der Druck P_2 .

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der Druck P_2 in etwa dem Atmosphärendruck entspricht.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem dampfförmiges Absorptionsmedium (27) vor der Rückführung in den
10 Desorptionsprozess (10) verdichtet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das beladene Absorptionsmedium (25) dem Absorptionsprozess in einem Gesamtstrom entnommen wird, wobei der Gesamtstrom in den
15 ersten Teilstrom (30) und den zweiten Teilstrom (40) aufgeteilt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem im Desorptionsprozess (10) durch die Regenerierung das beladene
20 Absorptionsmediums (25) ein Gas- Dampfgemisch (50) aus gasförmigen Kohlendioxid und dampfförmigen Absorptionsmedium gebildet wird, wobei in einem Kondensationsprozess aus dem Gas-Dampfgemisch Kondensat herauskondensiert wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem eine Lösung aus H_2O und Aminderivaten als Absorptionsmedium verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Anwendung bei einem fossilbefeuerten
30 Dampfkraftwerksanlage (55).
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch eine Anwendung bei einer kombinierten Gas- und
35 Dampfturbinen-Kraftwerksanlage (56).
12. Fossilbefeuerte Kraftwerksanlage mit einer einer Verbrennungsvorrichtung nachgeschalteten und von einem koh-

- lendioxidhaltigen Abgas durchströmbaren Abscheidevorrichtung (70) für Kohlendioxid, wobei die Abscheidevorrichtung (70) eine Absorptionseinheit (120) zur Aufnahme von Kohlendioxid aus dem kohlendioxidhaltigen Abgas und eine Desorptionseinheit (130) zur Abgabe des aufgenommenen Kohlendioxids aufweist, wobei die Absorptionseinheit (120) mit der Desorptionseinheit (130) zur Durchleitung eines beladenen Absorptionsmediums über eine Verbindungsleitung (200) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass
- 10 die Verbindungsleitung (200) eine erste Teilleitung (201) und eine zweite Teilleitung (202) aufweist, wobei die erste Teilleitung (201) und die zweite Teilleitung (202) an verschiedenen Anschlussstellen (210, 211) an die Desorptionseinheit (130) angeschlossen sind, und dass die Desorptionseinheit
- 15 (130) mit einem Druckbehälter (140) verbunden ist, wobei ein in dem Druckbehälter (140) gebildeter Dampf in die Desorptionseinheit (130) über eine Dampfleitung (231) rückführbar ist.
- 20 13. Fossilbefeuerte Kraftwerksanlage nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsleitung (200) an einer Anschlussstelle an die Absorptionseinheit (120) angeschlossen ist.
- 25 14. Fossilbefeuerte Kraftwerksanlage nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Druckbehälter (140) ein Vakuum einstellbar ist.
- 30 15. Fossilbefeuerte Kraftwerksanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmetauscher (160) vorgesehen ist, der primärseitig in die zweite Teilleitung (202) geschaltet ist, und sekundär zuleitend mit dem Druckbehälter (140) und sekundär ableitend mit der Absorptionseinheit (120) verbunden ist.
- 35 16. Fossilbefeuerte Kraftwerksanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass in die Dampfleitung (231) ein Verdichter geschaltet ist.

17. Fossilbefeuerte Kraftwerksanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein Regelventil vorgesehen ist, dass zuleitend über die Verbindungsleitung (200) mit der Absorptionseinheit (120) verbunden ist, und das ableitend über die ersten Teilleitung (201) und über die zweiten Teilleitung (202) mit der Desorptionseinheit (130) verbunden ist, so dass im Betrieb ein durch die Verbindungsleitung (200) durchströmendes Absorptionsmedium in einem Verhältnis V auf die erste Teilleitung (201) und die zweite Teilleitung (202) aufteilbar ist.

18. Fossilbefeuerte Kraftwerksanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 16, gekennzeichnet durch eine Ausgestaltung als Dampfkraftwerksanlage (55), umfassend einen fossilbefeierten Dampferzeuger (60) und eine Dampfturbine (100).

19. Fossilbefeuerte Kraftwerksanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 16, gekennzeichnet durch eine Ausgestaltung als Gas- und Dampfturbinenkraftwerksanlage (56), umfassend eine Gasturbine (101) und einen der Gasturbine (101) abgasseitig nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger (112), der in den Wasser-Dampf-Kreislauf (90) einer Dampfturbine (100) geschaltet ist.

FIG 1

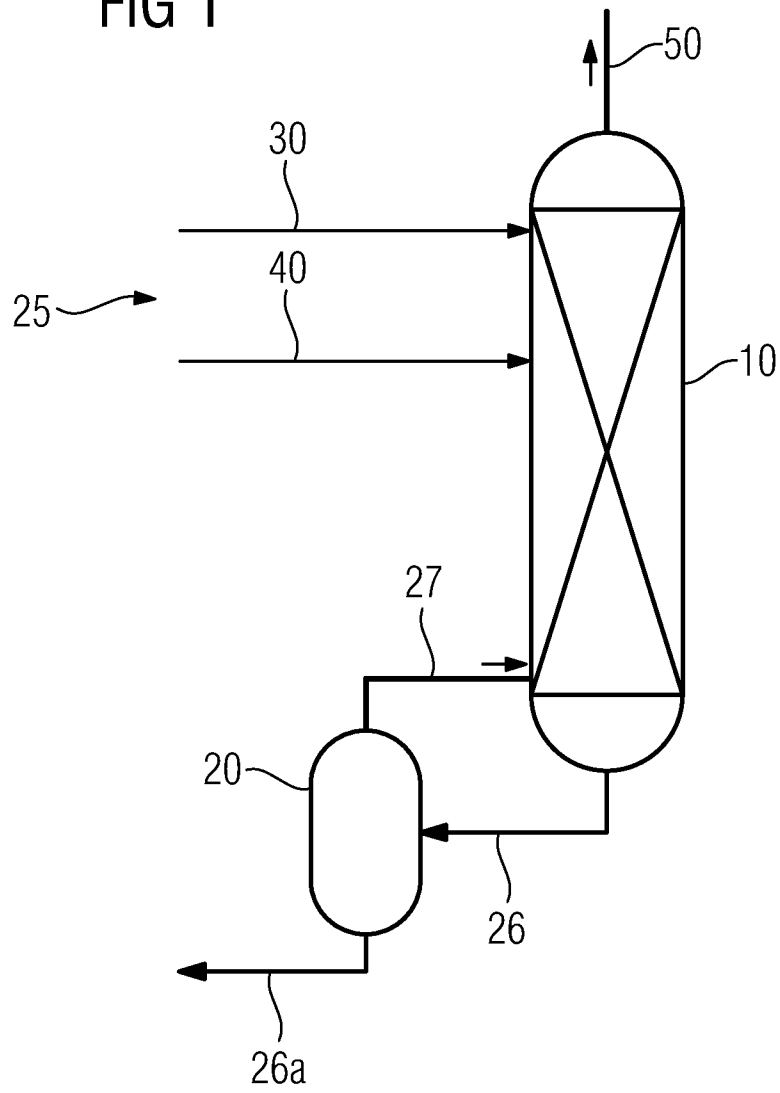
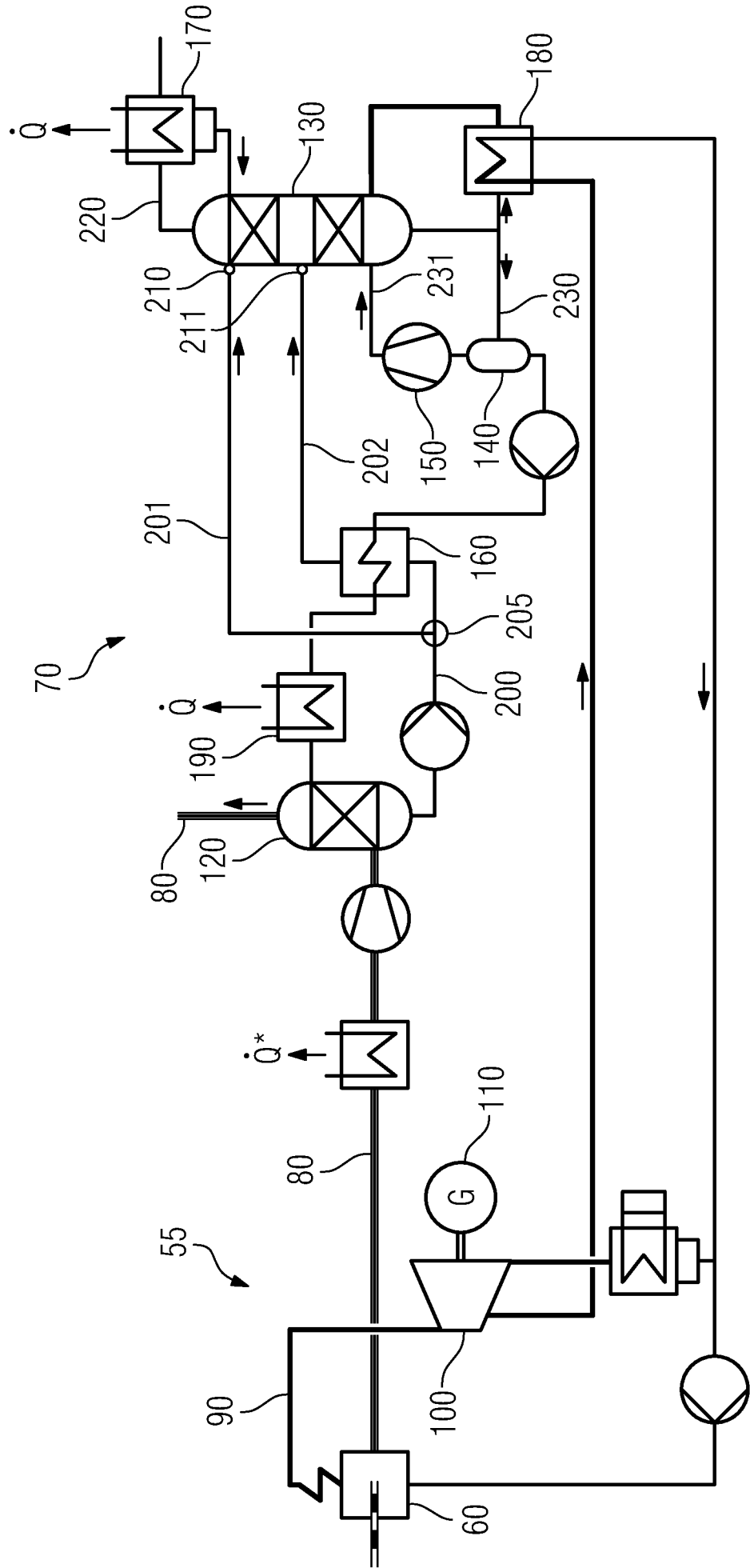


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/064699

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B01D53/14 B01D53/62

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 736 231 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]; KANSAI ELECTRIC POWER CO [JP]) 27 December 2006 (2006-12-27) paragraph [0001] - paragraph [0003]; figures 2,3,4, 5,7,14,16,20,21	1-19
X	GB 899 611 A (THE GAS COUNCIL) 27 June 1962 (1962-06-27)	1-19
Y	page 1, line 77 - page 2, line 94; figure 1	2,5,15
X	US 4 073 863 A (GIAMMARCO GIUSEPPE ET AL) 14 February 1978 (1978-02-14) column 1, line 1 - column 2, line 44; figures 1,3	1,7-12, 18-19
	----- -/--	

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 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

3 February 2010

Date of mailing of the international search report

10/02/2010

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

de Biasio, Arnaldo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/064699

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 962 404 A (GIAMMARCO GIUSEPPE ET AL) 8 June 1976 (1976-06-08)	1,7-12, 17-19
Y	column 1, line 1 - column 1, line 20; figures 2-6	17
X	GB 1 484 050 A (HECKE F VAN) 24 August 1977 (1977-08-24)	1,6-14, 16,18-19
Y	page 1, line 9 - page 1, line 52; figures 1-4	1,6-14, 16,18-19
X	US 3 563 695 A (BENSON HOMER E) 16 February 1971 (1971-02-16)	1,3, 8-10, 18-19
Y	column 1, line 42 - column 1, line 67; figures 1-7,10 column 5, line 27 - column 5, line 50 column 8, line 11 - column 8, line 20	1,3, 8-10, 18-19
X	EP 0 012 986 A1 (LINDE AG [DE]) 9 July 1980 (1980-07-09)	1,4,6, 8-14,16, 18-19
Y	page 18, line 25 - page 19, line 5; figures 1,2	1,4,6, 8-14,16, 18-19
Y	US 3 823 222 A (H.E. BENSON) 9 July 1974 (1974-07-09) column 8, line 16 - column 8, line 71; figures 1,3	1,4-6, 12,14,16
Y	US 4 160 810 A (H.E. BENSON) 10 July 1979 (1979-07-10) column 7, line 25 - column 7, line 43; figures 1,2	1,4-6, 12,14,16
A	US 2006/032377 A1 (REDDY SATISH [US] ET AL) 16 February 2006 (2006-02-16) paragraph [0002] - paragraph [0008]; figures 1-4	1-19
A	EP 1 688 173 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]; KANSAI ELECTRIC POWER CO [JP]) 9 August 2006 (2006-08-09) figures 1-4	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/064699

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1736231	A1	27-12-2006	AU 2005230300 A1	20-10-2005
			AU 2008203827 A1	04-09-2008
			CA 2559744 A1	20-10-2005
			JP 2005254212 A	22-09-2005
			WO 2005097299 A1	20-10-2005
			US 2007283813 A1	13-12-2007
GB 899611	A	27-06-1962	NONE	
US 4073863	A	14-02-1978	AU 8699275 A	24-11-1977
			BE 836122 A4	28-05-1976
			CA 1068473 A1	24-12-1979
			DE 2553400 A1	16-06-1976
			ES 442977 A2	01-07-1977
			FR 2292511 A2	25-06-1976
			GB 1532659 A	15-11-1978
			IN 145648 A1	25-11-1978
			JP 51077580 A	05-07-1976
			NL 7513878 A	01-06-1976
			SU 940633 A3	30-06-1982
			ZA 7507108 A	27-10-1976
US 3962404	A	08-06-1976	BE 811138 A1	29-05-1974
			CA 1026933 A1	28-02-1978
			DD 110179 A5	12-12-1974
			DE 2407405 A1	19-09-1974
			FR 2218131 A1	13-09-1974
			GB 1467027 A	16-03-1977
			IN 142418 A1	02-07-1977
			JP 50040472 A	14-04-1975
			NL 7402037 A	20-08-1974
GB 1484050	A	24-08-1977	AT 369421 B	27-12-1982
			AU 503541 B2	06-09-1979
			BE 836929 A1	22-06-1976
			BR 7508536 A	24-08-1976
			CA 1068638 A1	24-12-1979
			DE 2557531 A1	08-07-1976
			DK 588975 A	25-06-1976
			ES 443792 A1	16-04-1977
			FR 2295781 A1	23-07-1976
			IE 41981 B1	07-05-1980
			IN 144785 A1	08-07-1978
			IT 1051858 B	20-05-1981
			NZ 179638 A	18-12-1978
			PH 12514 A	20-04-1979
GB 1484050	A		ZA 7507939 A	24-11-1976
US 3563695	A	16-02-1971	NONE	
EP 0012986	A1	09-07-1980	BR 7908432 A	22-07-1980
			DE 2856078 A1	10-07-1980
			IN 153448 A1	14-07-1984
			JP 1003133 B	19-01-1989
			JP 1524275 C	12-10-1989
			JP 55111821 A	28-08-1980
			US 4324567 A	13-04-1982

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2009/064699
--

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3823222	A	09-07-1974	BE 755823 A1 DE 2043190 A1 FR 2061200 A5 GB 1279166 A NL 7013317 A	08-03-1971 11-03-1971 18-06-1971 28-06-1972 11-03-1971
US 4160810	A	10-07-1979	BE 49 T1 CA 1106153 A1 DE 2952855 A1 EP 0004043 A1 FR 2446125 A1 GB 2041348 A IN 150688 A1 IT 1148284 B JP 1367456 C JP 54155172 A JP 61035890 B MX 150006 A NL 7915016 A NL 190981 B	28-03-1980 04-08-1981 31-07-1980 19-09-1979 08-08-1980 10-09-1980 20-11-1982 26-11-1986 26-02-1987 06-12-1979 15-08-1986 28-02-1984 29-04-1980 01-07-1994
US 2006032377	A1	16-02-2006	NONE	
EP 1688173	A2	09-08-2006	CA 2535331 A1 JP 2006213580 A US 2006248890 A1	07-08-2006 17-08-2006 09-11-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/064699

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B01D53/14 B01D53/62

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B01D

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 1 736 231 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]; KANSAI ELECTRIC POWER CO [JP]) 27. Dezember 2006 (2006-12-27) Absatz [0001] - Absatz [0003]; Abbildungen 2,3,4, 5,7,14,16,20,21	1-19
X	GB 899 611 A (THE GAS COUNCIL) 27. Juni 1962 (1962-06-27)	1-19
Y	Seite 1, Zeile 77 - Seite 2, Zeile 94; Abbildung 1	2,5,15
X	US 4 073 863 A (GIAMMARCO GIUSEPPE ET AL) 14. Februar 1978 (1978-02-14) Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 2, Zeile 44; Abbildungen 1,3	1,7-12, 18-19
	----- -/--	

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" 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 3. Februar 2010	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 10/02/2010
---	---

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 de Biasio, Arnaldo
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/064699

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 962 404 A (GIAMMARCO GIUSEPPE ET AL) 8. Juni 1976 (1976-06-08)	1,7-12, 17-19
Y	Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 1, Zeile 20; Abbildungen 2-6	17
X	GB 1 484 050 A (HECKE F VAN) 24. August 1977 (1977-08-24)	1,6-14, 16,18-19
Y	Seite 1, Zeile 9 - Seite 1, Zeile 52; Abbildungen 1-4	1,6-14, 16,18-19
X	US 3 563 695 A (BENSON HOMER E) 16. Februar 1971 (1971-02-16)	1,3, 8-10, 18-19
Y	Spalte 1, Zeile 42 - Spalte 1, Zeile 67; Abbildungen 1-7,10 Spalte 5, Zeile 27 - Spalte 5, Zeile 50 Spalte 8, Zeile 11 - Spalte 8, Zeile 20	1,3, 8-10, 18-19
X	EP 0 012 986 A1 (LINDE AG [DE]) 9. Juli 1980 (1980-07-09)	1,4,6, 8-14,16, 18-19
Y	Seite 18, Zeile 25 - Seite 19, Zeile 5; Abbildungen 1,2	1,4,6, 8-14,16, 18-19
Y	US 3 823 222 A (H.E. BENSON) 9. Juli 1974 (1974-07-09) Spalte 8, Zeile 16 - Spalte 8, Zeile 71; Abbildungen 1,3	1,4-6, 12,14,16
Y	US 4 160 810 A (H.E. BENSON) 10. Juli 1979 (1979-07-10) Spalte 7, Zeile 25 - Spalte 7, Zeile 43; Abbildungen 1,2	1,4-6, 12,14,16
A	US 2006/032377 A1 (REDDY SATISH [US] ET AL) 16. Februar 2006 (2006-02-16) Absatz [0002] - Absatz [0008]; Abbildungen 1-4	1-19
A	EP 1 688 173 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]; KANSAI ELECTRIC POWER CO [JP]) 9. August 2006 (2006-08-09) Abbildungen 1-4	1-19

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/064699

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1736231	A1	27-12-2006	AU 2005230300	A1 20-10-2005
			AU 2008203827	A1 04-09-2008
			CA 2559744	A1 20-10-2005
			JP 2005254212	A 22-09-2005
			WO 2005097299	A1 20-10-2005
			US 2007283813	A1 13-12-2007
GB 899611	A	27-06-1962	KEINE	
US 4073863	A	14-02-1978	AU 8699275	A 24-11-1977
			BE 836122	A4 28-05-1976
			CA 1068473	A1 24-12-1979
			DE 2553400	A1 16-06-1976
			ES 442977	A2 01-07-1977
			FR 2292511	A2 25-06-1976
			GB 1532659	A 15-11-1978
			IN 145648	A1 25-11-1978
			JP 51077580	A 05-07-1976
			NL 7513878	A 01-06-1976
			SU 940633	A3 30-06-1982
			ZA 7507108	A 27-10-1976
US 3962404	A	08-06-1976	BE 811138	A1 29-05-1974
			CA 1026933	A1 28-02-1978
			DD 110179	A5 12-12-1974
			DE 2407405	A1 19-09-1974
			FR 2218131	A1 13-09-1974
			GB 1467027	A 16-03-1977
			IN 142418	A1 02-07-1977
			JP 50040472	A 14-04-1975
			NL 7402037	A 20-08-1974
GB 1484050	A	24-08-1977	AT 369421	B 27-12-1982
			AU 503541	B2 06-09-1979
			BE 836929	A1 22-06-1976
			BR 7508536	A 24-08-1976
			CA 1068638	A1 24-12-1979
			DE 2557531	A1 08-07-1976
			DK 588975	A 25-06-1976
			ES 443792	A1 16-04-1977
			FR 2295781	A1 23-07-1976
			IE 41981	B1 07-05-1980
			IN 144785	A1 08-07-1978
			IT 1051858	B 20-05-1981
			NZ 179638	A 18-12-1978
PH 12514	A 20-04-1979			
GB 1484050	A		ZA 7507939	A 24-11-1976
US 3563695	A	16-02-1971	KEINE	
EP 0012986	A1	09-07-1980	BR 7908432	A 22-07-1980
			DE 2856078	A1 10-07-1980
			IN 153448	A1 14-07-1984
			JP 1003133	B 19-01-1989
			JP 1524275	C 12-10-1989
			JP 55111821	A 28-08-1980
			US 4324567	A 13-04-1982

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/064699

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 3823222	A	09-07-1974	BE	755823 A1	08-03-1971
			DE	2043190 A1	11-03-1971
			FR	2061200 A5	18-06-1971
			GB	1279166 A	28-06-1972
			NL	7013317 A	11-03-1971
US 4160810	A	10-07-1979	BE	49 T1	28-03-1980
			CA	1106153 A1	04-08-1981
			DE	2952855 A1	31-07-1980
			EP	0004043 A1	19-09-1979
			FR	2446125 A1	08-08-1980
			GB	2041348 A	10-09-1980
			IN	150688 A1	20-11-1982
			IT	1148284 B	26-11-1986
			JP	1367456 C	26-02-1987
			JP	54155172 A	06-12-1979
			JP	61035890 B	15-08-1986
			MX	150006 A	28-02-1984
			NL	7915016 A	29-04-1980
			NL	190981 B	01-07-1994
US 2006032377	A1	16-02-2006	KEINE		
EP 1688173	A2	09-08-2006	CA	2535331 A1	07-08-2006
			JP	2006213580 A	17-08-2006
			US	2006248890 A1	09-11-2006