



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 027 388 A1** 2008.12.18

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 027 388.8**

(22) Anmeldetag: **11.06.2007**

(43) Offenlegungstag: **18.12.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B01D 53/22** (2006.01)

**B01D 53/48** (2006.01)

**B01D 53/62** (2006.01)

**C01B 31/20** (2006.01)

**B01D 61/36** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich, DE**

(72) Erfinder:

**Nazarko, Jewgeni, 52353 Düren, DE; Riensche, Ernst, Dr., 52428 Jülich, DE; Blum, Ludger, Prof. Dr., 52428 Jülich, DE; Menzer, Reinhard, 52152 Simmerath, DE; Meulenberg, Wilhelm Albert, Dr., Vijlen, NL; Bram, Martin, Dr., 52428 Jülich, DE**

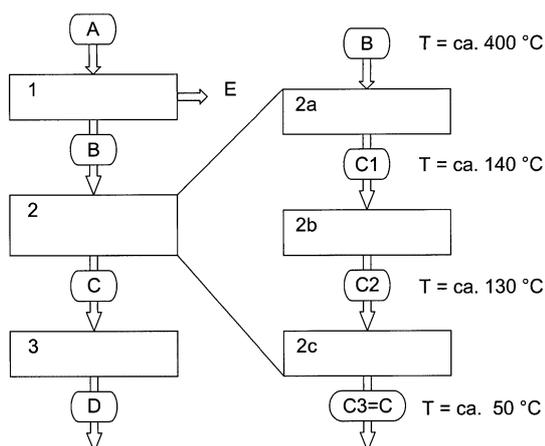
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Abgasen von Feuerungsanlagen**

(57) Zusammenfassung: Das Verfahren zur Abtrennung von Kohlendioxid aus einem Rauchgas mit Hilfe einer Membran (Membranmodul) ist dadurch gekennzeichnet, dass das Rauchgas vor Eintritt in die Membrantrennstufe Temperaturen oberhalb der Taulinie des Wasserdampfes aufweist. Dadurch wird ein Auskondensieren von möglicherweise mitgeführtem Wasserdampf aus dem Rauchgas vermieden und so ein Blockieren der Membranporen regelmäßig verhindert. Die hohen Temperaturen lassen sich dabei auf unterschiedliche Art und Weise realisieren.

Durch einen vorgeschalteten Wärmeüberträger oder einen Brenner lässt sich die Temperatur des Rauchgases leicht auf die notwendigen Temperaturen erhöhen. Ein dem Membranmodul vorgeschalteter Verdichter, der vorteilhaft auch noch den CO<sub>2</sub>-Partialdruck erhöht, bewirkt gleichzeitig auch die erforderliche Temperaturerhöhung.

Als weitere Alternative der Erfindung ist vorgesehen, dass die CO<sub>2</sub>-Abtrennung noch vor der Rauchgasentschwefelung durchgeführt wird. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass das Rauchgas in dieser Prozessstufe selbst noch Temperaturen oberhalb von Taulinie des Wasserdampfes aufweist, also nicht separat aufgeheizt werden muss, und zudem in der Regel an dieser Stelle der Reinigung nur wenig Wasserdampf mitführt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Verfahren zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Abgasen von Feuerungsanlagen, insbesondere aus Rauchgasen von Energieumwandlungsanlagen, mit Hilfe von Membranen. Ferner betrifft die Erfindung die für die Durchführung dieser Verfahren geeigneten Vorrichtungen.

## Stand der Technik

**[0002]** Eine der bedeutendsten Quellen für die Zunahme der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre ist die Verbrennung fossiler Energieträger in Feuerungsanlagen mit dem Ziel der Energieerzeugung. Daher soll versucht werden, CO<sub>2</sub> aus der Verbrennung fossiler Energieträger abzutrennen und danach einzulagern, um es nicht in die Atmosphäre freizusetzen. Grund für diese Bemühungen sind der Treibhauseffekt und die daraus resultierende globale Erwärmung.

**[0003]** Aus einer Vielzahl von denkbaren Verfahren wird derzeit an drei prinzipiellen Konzepten der Abscheidung von Kohlendioxid gearbeitet, die sich in der Positionierung der Abtrennung im Bezug auf den Energieumwandlungsprozess unterscheiden. Dies sind die CO<sub>2</sub>-Abtrennung nach der Energieumwandlung, die CO<sub>2</sub>-Abtrennung vor der Energieumwandlung und die Erzeugung eines CO<sub>2</sub>-reichen Rauchgases durch die Energieumwandlung in einer angereicherten Sauerstoffatmosphäre.

**[0004]** Das Konzept der CO<sub>2</sub>-Abtrennung nach der Energieumwandlung weist dabei als End-of-pipe Problemlösung die Vorteile auf, dass die CO<sub>2</sub>-Abtrennung selbst nur einen geringen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Energieumwandlungsanlage aufweist [10], und die Möglichkeit, bestehende Anlagen nachzurüsten.

**[0005]** Aufgrund der höheren CO<sub>2</sub>-Konzentration im Rauchgas und komplexeren nachgeschalteten Rauchgasreinigung wird der Stand der Technik am Beispiel eines Steinkohledampfkraftwerkes beschrieben.

**[0006]** In den dem Stand der Technik entsprechenden Steinkohlekraftwerken verlässt das Rauchgas nach der Entstickung/Entstaubung und Entschwefelung das Kraftwerk. Dadurch gelangt das CO<sub>2</sub>, welches abhängig von dem jeweiligen Kraftwerk, Brennstoff und/oder Feuerungsbedingungen einen Anteil von max. 15 Vol.-% ausmacht, in die Atmosphäre. Zur Abtrennung des CO<sub>2</sub> ist vorgesehen, nach der ggf. angepassten Entschwefelung, welche vom SO<sub>2</sub>-Gehalte des Rauchgases abhängen kann [1, 3, 8] Rauchgas durch einen Waschturm zu leiten. Dort wird das CO<sub>2</sub> z. B. durch fein verteilte aminbasierte

Waschlösung absorbiert. In einem zweiten Schritt kann die Waschlösung in einen Abscheider (Stripper) durch Erhitzung regeneriert werden, so dass das CO<sub>2</sub> wieder in konzentrierter Form frei wird, welches dann eingelagert werden kann. Die CO<sub>2</sub>-arme Waschlösung kann dann erneut zur Absorption verwendet werden [2].

**[0007]** Nachteilig wäre hierbei jedoch

- die Reduzierung des Nettowirkungsgrades des Kraftwerkes durch die Anzapfung des Niederdruckdampfes für die Regeneration der Waschlösung und durch den Betrieb der elektrischen Einrichtungen der Waschanlage [1, 6, 7, 8];
- der Verbrauch der Waschlösung aufgrund von irreversiblen Reaktionen der Komponenten der Waschlösung mit den Bestandteilen des Rauchgases sowie der Degradation und der Verdunstung der Waschlösung [1, 3, 5, 8];
- die Freisetzung der ggf. veränderten Komponenten der Waschlösung in die Atmosphäre und die aufwendige Beseitigung von zusätzlichen besonders überwachungsbedürftigen Abfällen aus der Aufarbeitung der Waschlösung sowie der Zerstellungs- bzw. Reaktionsprodukten [1, 6].

**[0008]** Ferner sind zur Abtrennung von CO<sub>2</sub> aus Rauchgasen diverse Gastrennverfahren, z. B. mit Membranen mit einem Porendurchmesser von weniger als 1 µm bekannt [4]. Bei diesem Verfahren wird davon ausgegangen, dass die CO<sub>2</sub>-Abtrennung nach der Rauchgasreinigung durchgeführt wird, analog zur vorgenannten CO<sub>2</sub>-Abtrennung mittels chemischer Adsorption (**Fig. 1**).

**[0009]** Dabei ist die Rauchgasentschwefelung ein wichtiger Bestandteil der Rauchgasreinigung. Das derzeit dominierende Rauchgasentschwefelungsverfahren bei den mit festen Brennstoffen befeuerten Großfeuerungsanlagen ist die Entschwefelung durch Kalkwaschverfahren mit Kalkstein (CaCO<sub>3</sub>) unter gleichzeitiger Erzeugung von Gips (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) [9]. Infolge des nassen Waschverfahrens ist das Rauchgas am Austritt aus der Rauchgasentschwefelungsanlage mit einer Temperatur von ca. 40–70°C mit Wasserdampf nahezu gesättigt. Das Temperaturniveau hängt dabei von den Kraftwerksparametern ab. Für die weitere Betrachtung wird die Temperatur des Rauchgases nach der Entschwefelung als mit 50°C angenommen. Bei der Anordnung der Rauchgas-Entcarbonisierung mittels einer Membran nach der nassen Rauchgasentschwefelung werden die Poren der Membran je nach Membranwerkstoff aufgrund der Unterschreitung der Taulinie des Wasserdampfes durch auskondensierendes Wasser nachteilig blockiert.

## Aufgabe und Lösung

**[0010]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren

zur Verfügung zu stellen, welches auf einfache und kostengünstige Art und Weise eine Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Abgasen von Feuerungsanlagen ermöglicht. Ferner ist es die Aufgabe der Erfindung eine geeignete Vorrichtung zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens bereit zu stellen.

**[0011]** Die Aufgaben der Erfindung werden gelöst durch ein Verfahren gemäß Hauptanspruch sowie durch eine Vorrichtung mit der Gesamtheit der Merkmale des Nebenanspruchs. Vorteilhafte Ausführungsformen sind den jeweils darauf rückbezogenen Unteransprüchen zu entnehmen.

#### Gegenstand der Erfindung

**[0012]** Die Erfindung betrifft verschiedene Verfahren zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Abgasen von Feuerungsanlagen, insbesondere aus Rauchgasen von Energieumwandlungsanlagen, mit Hilfe von Membranen. Ferner betrifft die Erfindung die für die Durchführung dieser Verfahren geeigneten Vorrichtungen.

**[0013]** Im Folgenden wird unter Feuerungsanlage jede Anlage verstanden, in der ein gasförmiger, flüssiger und/oder fester Brennstoff unabhängig von dessen Ursprung zur Nutzung der erzeugten Wärme oxidiert wird inklusive partielle Oxidation, einschließlich Verbrennungsanlagen zur Behandlung von Abfällen und Mitverbrennungsanlagen sowie Anlagen der elektrochemischen Oxidation (z. B. Brennstoffzelle). Dazu zählen beispielsweise Gasbrenner, die mit Erdgas, Flüssiggas, Stadtgas oder Deponiegas betrieben werden, Ölbrenner, die z. B. mit Erdöl, Heizöl, oder auch Alkoholen betrieben werden, und auch Rostfeuerungen für stückige Brennstoffe, wie beispielsweise gasreiche Steinkohle oder Holzhackschnitzel, Wirbelschichtfeuerungen oder Staubfeuerungen. Diese Definition erstreckt sich auf alle dazugehörigen Vorrichtungen und Systeme einer Feuerungsanlage. Solche Anlagen umfassen sowohl ortsfeste, als auch ortveränderliche technische Einrichtungen.

**[0014]** Rauchgas nennt man das Trägergas mit den festen, flüssigen und/oder gasförmigen Luftverunreinigungen. Zu Luftverunreinigungen werden Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft gezählt, insbesondere durch Rauch, Asche, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe.

**[0015]** Die Idee der Erfindung basiert darauf, die Umgebungsparameter des Rauchgases für die Abtrennung des CO<sub>2</sub> (Entcarbonisierungsverfahren) mit Hilfe einer Membran zu optimieren, so dass ein nachteiliges Blockieren der Membranporen durch auskondensiertes Wasser vermieden werden kann. Dazu bieten sich insbesondere drei verschiedene Alternativen an.

**[0016]** In einer ersten Ausgestaltung wird der Prozessschritt der CO<sub>2</sub>-Abtrennung (Rauchgas-Entcarbonisierung) vorteilhaft in eine bestehende Rauchgasreinigung, z. B. eines Steinkohledampfkraftwerkes derart integriert, dass er vor der Rauchgasentschwefelung, aber vorteilhaft nach der Entstaubung stattfindet. Dies hat den Vorteil, dass Rauchgas nach der Entstaubung eine Temperatur von ca. 120–150°C aufweist, so dass sich der darin enthaltene Wasserdampf im Zustand über der Taulinie befindet. Damit ist die Gefahr des Auskondensierens von Wasser nicht gegeben, zumal das entstaubte Rauchgas selbst weniger Wasserdampf enthält, als das nach der Entschwefelung. Die Pauschalisierung des Wasserdampfgehaltes des Rauchgases nach der Entstaubung ist nur eingeschränkt möglich, da der Wassergehalt durch den Wassergehalt des eingesetzten Brennstoffes sowie der bisherigen Verfahrensführung beeinflusst wird. Durch die nasse Entschwefelung des Rauchgases mittels des Kalksteinwaschverfahrens werden dem Rauchgasstrom z. B. ca. 15 kg Wasser pro kg reduziertes SO<sub>2</sub> zugeführt [9], so dass die Wasserdampfkonzentration z. B. 10 Vol.-% betragen kann.

**[0017]** Eine zweite Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, die Rauchgas-Entcarbonisierung, ähnlich wie beim Stand der Technik, nach der kompletten Rauchgasreinigung anzuordnen. Im Unterschied dazu wird jedoch zur Verhinderung der Kondensation des Wassers das Rauchgas zunächst derart aufgeheizt, dass die Taulinie des Wasserdampfes deutlich unterschritten wird. Das Aufheizen kann vorteilhaft über eine externe Wärmeeinleitung oder einen Wärmetauscher realisiert werden.

**[0018]** Diese Vorgehensweise kann als eigenständige Alternative realisiert werden oder aber, auch in dem Fall, wenn die vorgenannte Alternative nicht mehr möglich ist. Das kann zum Beispiel dann erforderlich sein, wenn der Membranwerkstoff bei der Positionierung des Membranmoduls zwischen der Rauchgas-Entstaubung und der Rauchgas-Entschwefelung durch die im entstickten und entstaubten Rauchgas enthaltenen Rest-Stäube und gasförmige Verunreinigungen irreparabel beschädigt wird.

**[0019]** Diese zweite Alternative ist besonders einfach zu verwirklichen, da lediglich ein Warmüberträger bzw. Wärmeaustauscher in die Leitung zwischen den bekannten Prozessschritten Rauchgasentschwefelung und Rauchgas-Entcarbonisierung angeordnet werden muss, die Anordnung der Prozessschritte insgesamt aber unverändert bleiben kann.

**[0020]** In einer weiteren Ausgestaltung, die der zweiten ähnelt, wird vorgeschlagen, anstelle einer Temperaturerhöhung eine Druckerhöhung vorzusehen. Das bedeutet auch hier wird die Rauchgas-Entcarbonisierung nach der nassen Rauchgasent-

schwefelung angeordnet. Allerdings sorgt ein zwischen geschalteter Verdichter dafür, dass das feuchte Rauchgas zunächst verdichtet wird, wobei sich zwangsläufig auch die Temperatur erhöht. Ein weiterer positiver Nebeneffekt dieser Alternative ist, dass sich der CO<sub>2</sub>-Partialdruck im gereinigten Rauchgas vorteilhaft erhöht, was sich besonders vorteilhaft auf die sich anschließende CO<sub>2</sub>-Abtrennung auswirkt. Die Verdichtung erfolgt mindestens auf solchen Druck, dass der Taupunkt des dadurch aufgewärmten Wasserdampfes überschritten ist.

**[0021]** Unabhängig von der speziellen Ausgestaltung der Erfindung ist es in jedem Fall vorteilhaft, wenn das Membranmodul zur Abtrennung des CO<sub>2</sub> nicht nur einstufig, sondern mehrstufig ausgeführt wird. Durch die Anordnung einer Mehrzahl an möglicherweise auch unterschiedlichen Membrantrennstufen kann einerseits ein möglichst hoher Abtrenngrad und andererseits eine möglichst hohe Reinheit der abgetrennten Komponente, in diesem Fall CO<sub>2</sub>, bei einem möglichst geringen Energieaufwand, d. h. einem möglichst hohen Netto-Wirkungsgrad ermöglicht werden.

#### Spezieller Beschreibungsteil

**[0022]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, ohne dass dadurch der Schutzbereich eingeschränkt wird. Der zuständige Fachmann kann diese oder weitere analoge Abwandlungen als zur Erfindung zugehörig erkennen.

**[0023]** In den Figuren bedeuten die Ovale die Medien:

- A Brennstoff
- B Roh-Rauchgas
- C gereinigtes Rauchgas, wobei unterschieden wird zwischen:
  - C1 entsticktes Rauchgas,
  - C2 entsticktes und entstaubtes Rauchgas, und
  - C3 entsticktes, entstaubtes und entschwefeltes Rauchgas,
  - C4 entsticktes, entstaubtes und entkarbonisiertes Rauchgas,
- D Rein-Rauchgas = entsticktes, entstaubtes, entschwefeltes und entkarbonisiertes Rauchgas,
- E Elektrizität

**[0024]** Die Rechtecke stehen für die einzelnen Prozessschritte:

- 1 Elektrizitätserzeugung
- 2 Rauchgasreinigung, umfassend derzeit
  - 2a Entstickung,
  - 2b Entstaubung und
  - 2c Entschwefelung
- 3 CO<sub>2</sub>-Abtrennung (Entkarbonisierung) durch Membranmodul
- 4 Wärmeübertrag

#### 5 Druckerhöhung

**[0025]** Die [Fig. 1](#) zeigt das Schema eines Energieumwandlungsprozesses, hier einer Energieerzeugung mit der CO<sub>2</sub>-Abtrennung (Entkarbonisierung) nach der Rauchgasreinigung gemäß dem Stand der Technik (linke Seite). Die Rauchgasreinigung einer mit einem festen Brennstoff befeuerten und dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Großfeuerungsanlage umfasst dabei die Entstickung, die Entstaubung und die Entschwefelung in dieser Reihenfolge (rechte Seite). Die rechte Seite der [Fig. 1](#), die den Prozessschritt der Rauchgasreinigung detaillierter darstellt, gibt dabei zudem einen Überblick über das typische Temperaturprofil des Rauchgases zwischen den Prozessen der Rauchgasreinigung.

**[0026]** In [Fig. 2](#) ist das Schema eines Energieumwandlungsprozesses mit einer integrierten Rauchgas-Entcarbonisierung nach der Rauchgas-Entstaubung dargestellt, welches einer ersten Ausgestaltung der Erfindung entspricht. Dieses Beispiel könnte z. B. für ein Steinkohlekraftwerk geeignet sein. Durch die Positionierung des Membranmoduls der CO<sub>2</sub>-Abtrennung (Entkarbonisierung) zwischen Rauchgas-Entstaubung und Rauchgas-Entschwefelung, wo das nahezu drucklose Rauchgas typischerweise eine Temperatur von z. B. ca. 130°C aufweist, ist das Problem der Wasserkondensation in den Poren der Membran regelmäßig nicht mehr gegeben.

**[0027]** Eine zweite Ausgestaltung der Erfindung ist in [Fig. 3](#) zu sehen. Hier ist die Rauchgas-Entcarbonisierung ähnlich wie beim Stand der Technik, nach der kompletten Rauchgasreinigung angeordnet, jedoch mit dem Unterschied, dass zur Verhinderung der Kondensation des Wassers aus dem z. B. bei 50°C nahezu gesättigten Rauchgases dieses zunächst aufgeheizt wird, so dass die Taulinie des Wasserdampfes deutlich überschritten wird. Das Aufheizen kann vorteilhaft über eine Wärmeeinleitung oder einen Wärmetauscher realisiert werden. In diesem Beispiel wird nahezu druckloses Rauchgas auf Temperaturen oberhalb von 110°C aufgeheizt.

**[0028]** Diese Alternative bietet sich entweder eigenständig an oder dann, wenn die vorgenannte Alternative nicht mehr möglich ist. Dies kann zum Beispiel dann der Fall sein, wenn der Membranwerkstoff bei der Positionierung des Membranmoduls zwischen der Rauchgas-Entstaubung und der Rauchgas-Entschwefelung durch die im entstickten und entstaubten Rauchgas enthaltenen Rest-Stäube und gasförmige Verunreinigungen irreparabel beschädigt wird.

**[0029]** Um das Blockieren der Membran durch den sich kondensierenden Wasserdampf zu verhindern, wird das zu reinigende CO<sub>2</sub>-haltige Rauchgas durch die Wiederaufheizung auf ein höheres Temperaturniveau gebracht, so dass die Taulinie des Wasser-

dampfes überschritten wird. Hierfür stehen verschiedene Systeme zur Verfügung, z. B. Wärmeeinleitung durch Fremdenergie oder Wärmeaustausch mit dem ungereinigten Rauchgas.

**[0030]** In einer dritten Ausgestaltung der Erfindung, wird die Rauchgas-Entkarbonisierung ebenfalls der Rauchgasreinigung nachgeschaltet. Anstelle eines Wärmeeintrags, bzw. eines Wärmetauschers wird hierbei nun eine Druckerhöhung zwischengeschaltet. Die Druckerhöhung des aus der Rauchgasreinigung austretenden Rauchgases wird über einen Verdichter realisiert. Die Verdichtung erfolgt mindestens auf solchen Druck, dass der Taupunkt des dadurch aufgewärmten Wasserdampfes überschritten ist.

**[0031]** Ein weiterer positiver Nebeneffekt dieser Alternative ist, dass sich der CO<sub>2</sub>-Partialdruck im gereinigten Rauchgas im vorliegenden Fall vorteilhaft erhöht, was sich besonders vorteilhaft auf die sich anschließende CO<sub>2</sub>-Abtrennung auswirkt.

In dieser Anmeldung zitierte Literatur:

- [1] CHAPEL, D. G., MARIZ, C. L. & ERNEST, J. (1999) Recovery of CO<sub>2</sub> from Flue Gases: Commercial Trends, Canadian Society of Chemical Engineers Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- [2] KOHL, A. L. & NIELSEN, R. B. (1997) Gas Purification, Houston, Gulf Publishing Company.
- [3] KOSS, U. (2005) Kraftwerklinien und Abscheideoptionen – Eine Diskussion der grundlegenden Strategien zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung in CCS-Kraftwerken, IN KUCKSHINRICHS, W., MARKEWITZ, P. & HAKE, J.-F. (Eds.) CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung: Eine Zukunftsoption für die deutsche Klimaschutzstrategie?, Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH, Systemforschung und Technologische Entwicklung.
- [4] MEULENBERG, W. A., VAN DER DANK, G. J. W., RIENSCH, E. & BLUM, L. (2005) CO<sub>2</sub>-Abscheidung mit keramischen Membranen und konkurrierenden Verfahren, IN KUCKSHINRICHS, W., MARKEWITZ, P. & HAKE, J.-F. (Eds.) CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung: Eine Zukunftsoption für die deutsche Klimaschutzstrategie?, Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH, Systemforschung und Technologische Entwicklung.
- [5] NAZARKO, J., KUCKSHINRICHS, W., SCHREIBER, A. & ZAPP, P. (2006) Umweltauswirkungen von CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung als Komponente einer ganzheitlichen Technikbewertung, IN TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ – INSTITUT FÜR ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT UND ENERGIEINNOVATION (Ed.) 9. Symposium Energieinnovation "Dritte Energiepreiskrise – Anforderungen an die Energieinnovation", Graz, Österreich, TU Graz.
- [6] NAZARKO, J., SCHREIBER, A., KUCKSHINRICHS, W. & ZAPP, P. (2007) Environmental Analysis of the Coal-based Power Production with Amine-based Carbon Capture, IN RISO NATIONAL LA-

BORATORY (Ed.) Risø International Energy Conference 2007 "Energy solutions for sustainable development", Risø, Denmark, Risø National Laboratory.

[7] OHLE, A., MOLLEKOPF, N., BURCHHARDT, U. & SNELL, A. (2004) Vergleich verschiedener Verfahren zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Rauch- und Synthesegasen. XXXVI. Kraftwerkstechnisches Kolloquium – Entwicklungspotentiale für Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen, Dresden, Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, Lehrstuhl für Kraftwerkstechnik.

[8] RAO, A. B., RUBIN, E. S. & BERKENPAS, M. B. (2004) An integrated modeling framework für carbon management technologies. Volume 1 – Technical Dokumentation: Amine-Based CO<sub>2</sub> Capture and Storage Systems for Fossil Fuel Power Plant Pittsburgh, Carnegie Mellon University, Center für Energy and Environmental Studies/Department of Engineering and Public Policy.

[9] RÖDER, A., BAUER, C. & R., D. (2004) Kohle, IN DONES, R. (Ed.) Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz, Dübendorf, Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

[10] SMEISER, S. C., STOCK, R. M., MCCLEARY, G. J., BOORAS, G. S. & STUART, R. J. (1991) Engineering and Economic Evaluation of CO<sub>2</sub> Removal from Fossil-Fuel-Fired Power Plants.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Abtrennung von Kohlendioxid aus einem Rauchgas mit Hilfe einer Membran **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rauchgas vor Eintritt in die Membran Temperaturen oberhalb von Taupunkt des Wasserdampfes aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Prozessschritt der Entkarbonisierung nach dem Prozessschritt einer Entstickung oder Entstaubung des Rauchgases erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem dem Prozessschritt der Entkarbonisierung der Prozessschritt einer Entschwefelung nachgeschaltet ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Rauchgas vor Eintritt in die Membran Temperaturen oberhalb von 110°C aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Rauchgas vor Eintritt in die Membran in einem separaten Prozessschritt aufgeheizt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das separate Aufheizen mit Hilfe eines Wärmetauschers oder eines Brenners erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Rauchgas vor Eintritt in die Membran in einem separaten Prozessschritt verdichtet wird

8. Vorrichtung zur Abtrennung von Kohlendioxid aus einem Rauchgas, umfassend ein Mittel zum Entschwefeln eines Rauchgases sowie ein Membranmodul mit einer Membran zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung, dadurch gekennzeichnet, dass das Membranmodul nach dem Mittel zum Entschwefeln eines Rauchgases angeordnet ist, und zwischen dem Mittel zum Entschwefeln und dem Membranmodul ein Mittel zum Aufheizen des Rauchgases auf Temperaturen oberhalb der Taulinie des Wasserdampfes vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, mit einem Wärmetauscher als Mittel zum Aufheizen des Rauchgases.

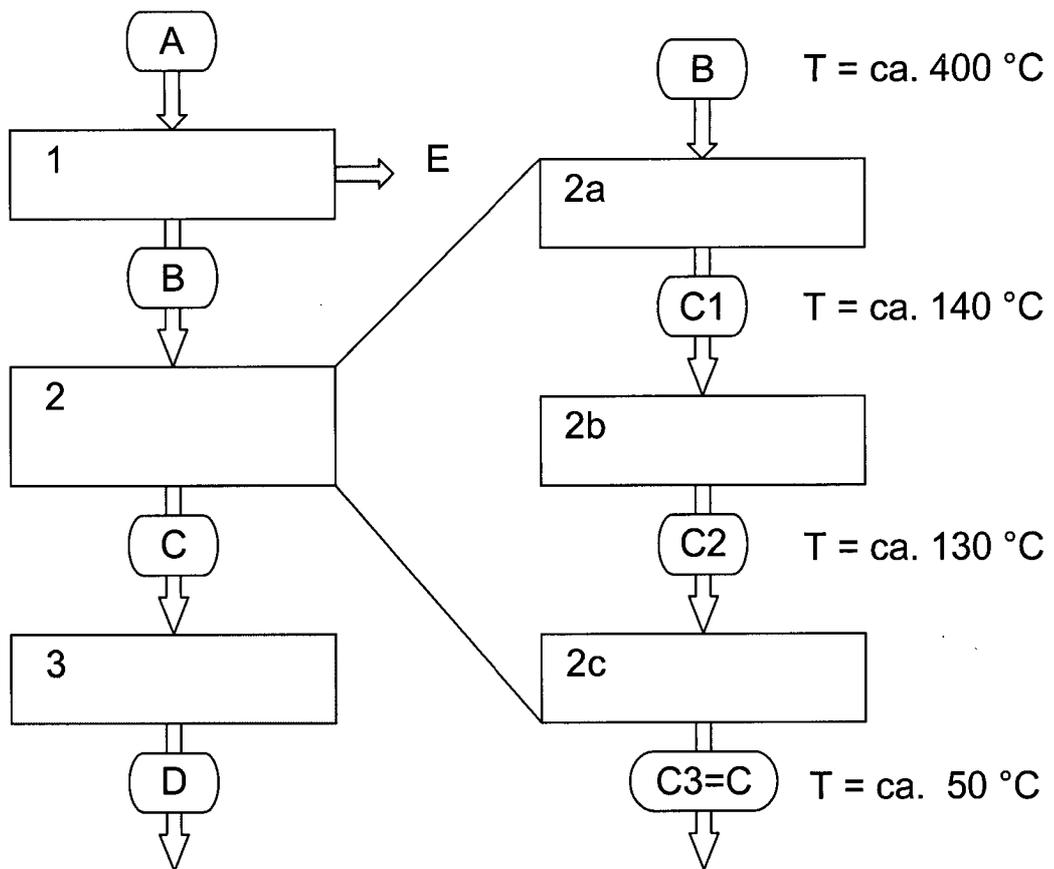
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, mit einem Brenner als Mittel zum Aufheizen des Rauchgases.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8, mit einem Verdichter als Mittel zum Aufheizen des Rauchgases.

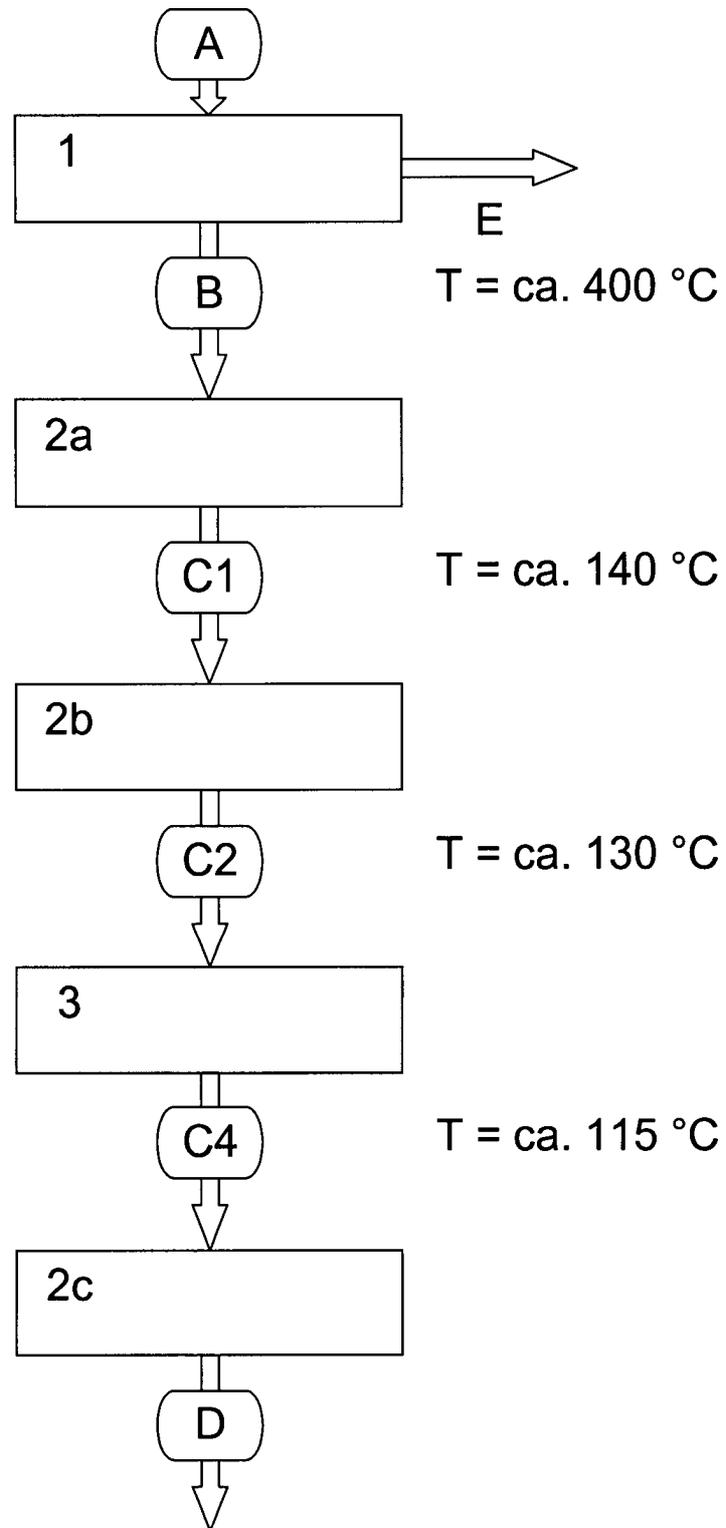
12. Vorrichtung zur Abtrennung von Kohlendioxid aus einem Rauchgas, umfassend ein Mittel zum Entstauben und/oder Entsticken eines Rauchgases, ein Mittel zum Entschwefeln eines Rauchgases sowie ein Membranmodul mit einer Membran zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung, dadurch gekennzeichnet, dass das Membranmodul zwischen dem bzw. den Mitteln zum Entstauben und/oder Entsticken eines Rauchgases und dem Mittel zum Entschwefeln eines Rauchgases angeordnet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

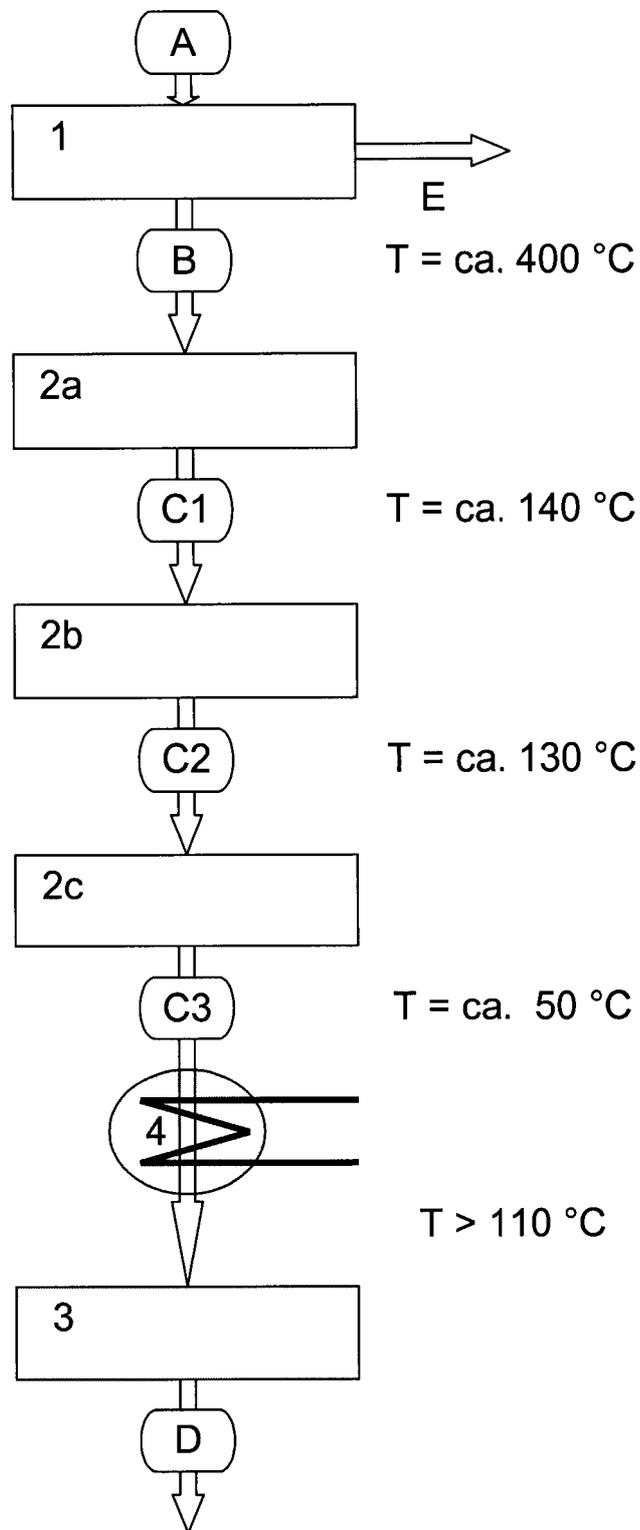
Anhängende Zeichnungen



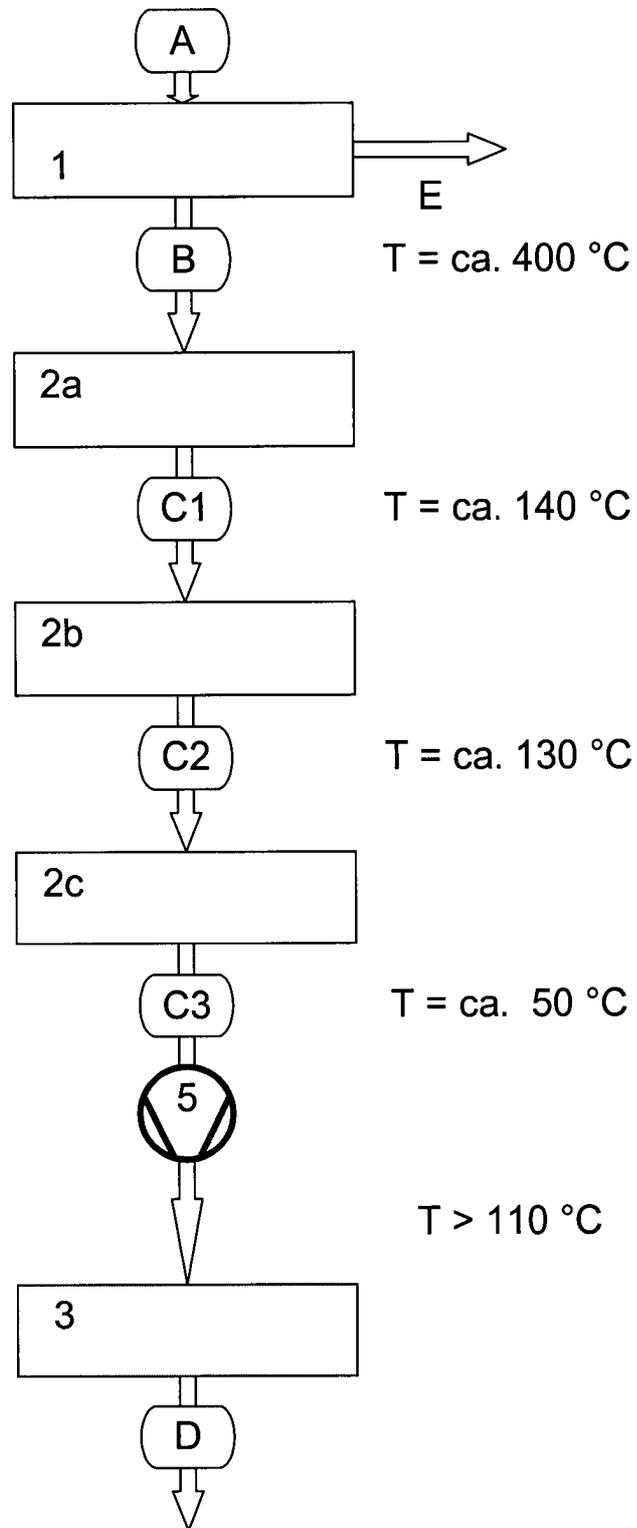
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4