



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 050 816.0**
(22) Anmeldetag: **08.10.2008**
(43) Offenlegungstag: **15.04.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.09.2013**

(51) Int Cl.: **B01D 53/62 (2006.01)**
B01D 53/96 (2006.01)
B01D 53/83 (2006.01)
B01J 20/04 (2006.01)
B01J 20/34 (2006.01)
F27D 17/00 (2013.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**ALSTOM Technology Ltd., Baden, CH; Technische
Universität Darmstadt, 64285, Darmstadt, DE**

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728, Esslingen, DE

(72) Erfinder:
Epple, Bernd, Prof. Dr.-Ing., 64395, Brensbach, DE

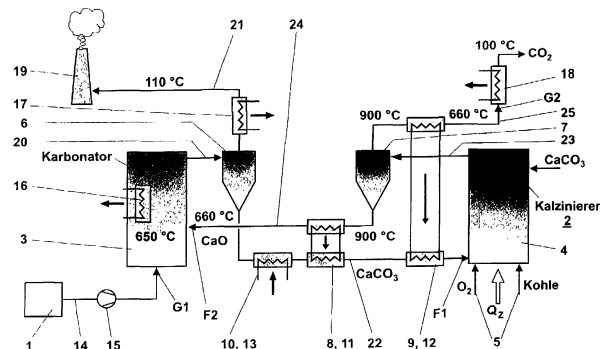
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US 2005 / 0 060 985 A1
WO 2006/ 113 673 A2
WO 2007/ 045 048 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anordnung zur Abscheidung von CO₂ aus Verbrennungsabgas**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Abscheidung von CO₂ aus Verbrennungsabgas, das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme von Luft als Oxidationsmittel in einer Brennkammer entsteht, wobei das Verfahren die Schritte umfasst: Einleitung des CO₂ enthaltenden und aus der Brennkammer ausgeleiteten Verbrennungsabgasstromes (G1) in den Karbonator eines wenigstens einen Karbonator und einen Kalzinierer aufweisenden Karbonat-Kreislauf-Systems, in dem ein Karbonat bildendes Sorbens im Kreislauf gefahren wird, wobei das Sorbens sich im Karbonator mit dem CO₂ des Verbrennungsabgasstromes (G1) zu einem Karbonat verbindet, das Karbonat als Karbonat-Feststoffmassenstrom (F1) dem Kalzinierer zugeführt wird und unter Wärmezufuhr (Q_Z) mittels einer Sauerstoff als Oxidans benutzenden Zufuehrung bei der karbonatspezifischen Kalzinierertemperatur (T_{Kalz}) gebrannt wird und dabei regeneriertes Sorbens und ein im wesentlichen CO₂ enthaltendes Gas gebildet wird, wobei das eine Wärmemenge enthaltende regenerierte Sorbens als Sorbens-Feststoffmassenstrom (F2) zur Karbonisierung von CO₂ dem Karbonator und das eine Wärmemenge enthaltende Gas als Gasmassenstrom (G2) einer weiteren Behandlung zugeführt wird, wobei die mittels Zufuehrung erfolgte Wärmezufuhr (Q_Z) zur Aufrechterhaltung der Kalzinierertemperatur (T_{Kalz}) zum Teil ersetzt wird, in dem Wärme aus einer oder mehreren Wärmequelle(n) entnommen und durch indirekten Wärmetausch oder durch Wärmeverschiebung dem Karbonat-Feststoffmassenstrom (F1) vor dessen Eintritt in den Kalzinierer oder innerhalb des Kalzinierers zugeführt wird

und wobei als Wärmequelle der erwärmte Sorbens-Feststoffmassenstrom (F2) herangezogen wird und die Entnahme eines Teils dessen enthaltender Wärme vor Eintritt des Sorbens-Feststoffmassenstrom (F2) in den Karbonator erfolgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anordnung zur Abscheidung von CO_2 aus Verbrennungsabgas. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf ein Verfahren und eine Anordnung zur Abscheidung von CO_2 aus Verbrennungsabgas, das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme von Luft als Oxidationsmittel in einer Brennkammer entsteht. Ein derartiges Verfahren ist aus der Druckschrift „Process Optimization in Postcombustion CO_2 -Capture by means of Repowering and Reversible Carbonation/Calcination Cycle“, von Luis M. Romeo et al., ENDESA, Spain, 8 Int. Conf. an Greenhouse Gas Control Technologies, Trondheim, June 2006, Norway bekannt geworden.

[0002] Bei diesem bekannten Verfahren wird ein Großteil des im Verbrennungsabgas enthaltenen CO_2 mittels eines der Brennkammer in Strömungsrichtung des Verbrennungsabgases gesehen stromabwärts der Brennkammer („Postcombustion“) angeordneten Karbonat-Kreislauf-Systems („Carbonate Looping System“ oder „Reversible Carbonation/Calcination Cycle“) abgeschieden und einer weiteren Behandlung zugeführt. Zur Abscheidung des CO_2 wird das Sorbens CaO , d. h. alziunoxid bzw. Branntkalk, eingesetzt und innerhalb des Karbonat-Kreislauf-Systems im Kreislauf gefahren. Das CaO , das im Kalzinierer bei einer Temperatur von $900\text{--}950^\circ\text{C}$ produziert bzw. regeneriert wird, wird mit dieser Temperatur über eine den Kalzinierer mit dem Karbonator verbindenden Kanal dem Karbonator zugeführt. Im Karbonator, in den das CO_2 enthaltende Verbrennungsabgas aus der Brennkammer eingeleitet wird und der ein zirkulierendes Wirbelschichtbett aufweist, bindet das Sorbens CaO bei einer Temperatur von etwa 650°C einen Großteil des im Verbrennungsabgas enthaltenen CO_2 zu dem Kalziumkarbonat CaCO_3 . Das aus dem Karbonator austretende Feststoff-/Gasgemisch wird einem Abscheider zugeführt und darin die Feststoffe von dem Verbrennungsabgas abgeschieden. Das CO_2 reduzierte Verbrennungsabgas wird über eine gegebenenfalls vorhandene Behandlungseinrichtung der Atmosphäre und die im wesentlichen CaCO_3 , aber auch Asche, CaSO_4 und CaO aufweisenden Feststoffe über Kanäle dem Kalzinierer zugeführt. Im Kalzinierer wird CaCO_3 bei einer Kalziniertemperatur von $900\text{--}950^\circ\text{C}$ gebrannt bzw. kalziniert und dabei ein festes und ein gasförmiges Produkt erzeugt. Das feste Produkt weist im wesentlichen aus dem CaCO_3 regeneriertes CaO und das gasförmige Produkt weist im wesentlichen CO , und Wasser auf. Da das Kalzinieren als endotherme Reaktion abläuft, muss Wärme in den Kalzinierer eingebracht werden, um die erforderliche Kalzinier- bzw. Reaktionstemperatur bereit zu stellen. Dies erfolgt durch eine Zufeuerung im Kalzinierer, bei der Kohle mittels des Oxidierungsmittels bzw. Oxidans O_2

verfeuert und damit Wärme in den mit einem zirkulierenden Wirbelschichtbett ausgebildeten Kalzinierer eingebracht wird. Um das im Kalzinierer entstehende gasförmige Produkt nicht mit beispielsweise Stickstoff zu verdünnen und somit die Abscheidung des CO_2 zu erschweren, wird für die Zufeuerung als Oxidans obligatorischerweise O_2 anstelle von Luft verwendet. Das regenerierte CaO wird mit einer Produktwärme von etwa 900°C aus dem Kalzinierer dem Karbonator als Sorbens zugeführt. Mit derselben Produktwärme wird das im wesentlichen CO_2 enthaltende Gasprodukt aus dem Kalzinierer ausgeleitet und das CO_2 einer weiteren Behandlung zugeführt, in diesem Fall abgekühlt, komprimiert und zur Lagerung transportiert. Das varbeschriebene Verfahren läuft kontinuierlich ab.

[0003] Die WO 2006/113673 beschreibt ein Verfahren zur Abscheidung von CO_2 auf Basis des technischen Kalkprozesses nach dem Stand der Technik. Ein Wärmeaustauschsystem kann zur Steigerung Effizienz des Verbrennungssystems vorgesehen sein. Ein Gasstrom kann seine Wärme in einer Wärmeabsorptionszone abgeben, die für die Reaktion zur Herstellung von CaO verwendet werden kann.

[0004] US 2005/0060985 A1 betrifft ebenfalls ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zum Abscheiden von CO_2 auf Basis der Karbonisierung. Es wird vorgeschlagen, dabei entstehende Wärme in elektrische Energie umzuwandeln. Die elektrische Energie wird dem technischen Kalkprozess entzogen, so dass zu dessen Aufrechterhaltung wieder Energie, z. B. in Form von Brennstoff, zugeführt werden muss.

[0005] In WO 2007/045048 A1 ist ebenfalls der technische Kalkprozess beschrieben. Im Kalzinierer wird das Karbonat durch Aufheizen der Kalzinierewände erwärmt. Im Abgasstrom können Wärmetauscher zur Rekuperation von Wärme vorhanden sein.

[0006] Als nachteilig an dem bekannten Verfahren bzw. der bekannten Anordnung zeigt sich, dass dieses Verfahren bzw. diese Anordnung mit einem Wirkungsgradverlust von ca. 3 Prozentpunkten behaftet ist. Dieser Wirkungsgradverlust ist im wesentlichen auf den Kalzinierer zurückzuführen, der mit einer Zufeuerung ausgebildet und damit befeuert ist, bei welcher technisch reiner Sauerstoff als Oxidans bzw. Oxidationsmittel zur Verfeuerung des Brennstoffes bzw. der Kohle eingesetzt wird. Da bei ist die Herstellung von Sauerstoff für den Einsatz als Oxidans im Kalzinierer mit einem hohen energetischen Aufwand verbunden, welcher zu dem Verlust von ca. 3 Wirkungsgradprozentpunkten der Gesamtanlage führt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es nun, ein Verfahren zur Abscheidung von CO_2 aus Verbrennungsabgas, das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme

von Luft als Oxidationsmittel in einer Brennkammer entsteht, zu schaffen, das die vorgenannten Nachteile vermeidet, Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Abscheidung von CO₂ aus Verbrennungsabgas, das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme von Luft als Oxidationsmittel in einer Brennkammer entsteht, zu schaffen, bei dem der Zufeuerungsbedarf und damit der Sauerstoffbedarf für den Kalzinierer reduziert wird oder ganz entfallen kann. Es ist des weiteren eine Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung zur Abscheidung von CO₂ aus Verbrennungsabgas, das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme von Luft als Oxidationsmittel in einer Brennkammer entsteht, vorzuschlagen.

[0008] Die vorstehend genannte Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 und hinsichtlich der Anordnung durch die Merkmale des Patentanspruches 11 gelöst.

[0009] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0010] Durch die erfindungsgemäße Lösung wird ein Verfahren und eine Anordnung zur Abscheidung von CO₂ aus Verbrennungsabgas, das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme von Luft als Oxidationsmittel in einer Brennkammer entsteht, geschaffen, das bzw. die die nachfolgenden Vorteile aufweist:

- Wesentliche Reduzierung bis hin zur völligen Eliminierung des Zufeuerungsbedarfs und somit des Sauerstoffbedarfs für den Betrieb des Kalzinierers,
- Durch die Reduzierung bzw. Eliminierung des Sauerstoffbedarfs wird der hohe energetische Aufwand für die Sauerstoffherstellung reduziert bzw. eliminiert und der infolge der Sauerstoffherstellung auftretende Wirkungsgradverlust der Gesamtanlage wesentlich reduziert.

[0011] Die Erfindung sieht vor, dass als Fremdwärmequelle der erwärmte und Sorbens enthaltende – Feststoffmassenstrom (F2) herangezogen wird und die Entnahme eines Teils dessen enthaltender Wärme vor Eintritt des Feststoffmassenstrom (F2) in den Karbonator erfolgt. Dadurch sinkt die Zufeuerungsrate im Kalzinierer und damit der Bedarf an technischem Sauerstoff. Damit reduziert sich der energetische Aufwand zur Sauerstoffherstellung und somit der Wirkungsgradverlust.

[0012] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird als zusätzliche Fremdwärmequelle der am Kalzinierer austretende, erwärmte und CO₂ – enthaltende Gasmassenstrom (G2) herangezogen und die Entnahme eines Teils dessen enthaltender Wärme

vor einer weiteren wärmeseitigen Behandlung erfolgt. Durch diese Maßnahme sinkt die Zufeuerungsrate im Kalzinierer und damit der Bedarf an technischem Sauerstoff. Damit reduziert sich der energetische Aufwand zur Sauerstoffherstellung und somit der Wirkungsgradverlust.

[0013] In vorteilhafter Ausbildung der Erfindung wird als zusätzliche Fremdwärmequelle eine externe Wärmequelle herangezogen, die eine höhere Temperatur als die im Karbonator herrschende Betriebstemperatur aufweist und die Entnahme zumindest eines Teils der enthaltenden Wärme dieser externen Wärmequelle erfolgt. Wie bereits eben beschrieben sinkt dadurch ebenfalls die Zufeuerungsrate im Kalzinierer und damit der Bedarf an technischem Sauerstoff. Damit reduziert sich der energetische Aufwand zur Sauerstoffherstellung und somit der Wirkungsgradverlust.

[0014] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass als Sorbens natürliche oder synthetische Materialien verwendet werden. Natürliche Sorbentien sind günstig zu erwerben und lassen sich problemlos entsorgen bzw. weiterverwenden. Synthetische Materialien können höhere mechanische und chemische Stabilität aufweisen. Somit sinkt die erforderliche umlaufende Menge und die Menge frischer Sorbentien.

[0015] Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung sieht vor, dass als Sorbensmittel CaO verwendet wird. CaO in Form von Kalkstein ist günstig zu erwerben und problemlos zu entsorgen bzw. weiterzuverwenden.

[0016] Eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung sieht vor, dass der Wärmetausch regenerativ oder rekuperativ erfolgt. Durch diese Maßnahme wird es ermöglicht, übliche und bewährte Wärmetauscher für den benötigten Wärmetausch einzusetzen.

[0017] In vorteilhafter Ausbildung der Erfindung erfolgt die Wärmeverschiebung mittels eines Wärmeträgers, der günstige thermodynamische Eigenschaften aufweist. Durch diese Maßnahme ist ein geringerer umzuwälzender Massenstrom erforderlich, wodurch die Pumpleistung niedrig gehalten werden kann. Ebenso sind die Baugrößen für Wärmetauscher, Leitungsquerschnitte etc. geringer.

[0018] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass als Wärmeträger Helium oder Natrium verwendet wird. Diese Wärmeträger weisen günstige thermodynamische Eigenschaften mit den oben angeführten Vorteilen auf.

[0019] In zweckmäßiger Ausbildung der Erfindung werden für die Zufeuerung im Kalzinierer fossile Brennstoffe oder Biomasse oder Abfälle oder eine Mi-

schung der vorgenannten Stoffe benutzt. Durch diese Maßnahme können die Brennstoff- und damit Betriebskosten niedrig gehalten werden.

[0020] Nachstehend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der Zeichnungen und der Beschreibung näher erläutert.

[0021] Es zeigt:

[0022] **Fig. 1** schematisch dargestellt eine Anordnung zur Abscheidung von CO_2 aus Verbrennungsabgas bzw. ein Karbonat-Kreislauf-System (Carbonate Looping System) stromabwärts einer Brennkammer (Postcombustion).

[0023] **Fig. 1** zeigt schematisch eine Anordnung zur Abscheidung von CO_2 aus Verbrennungsabgas bzw. ein Karbonat-Kreislauf-System **2** (Carbonate Looping System).

[0024] Das Karbonat-Kreislauf-System **2**, das in Strömungsrichtung des Verbrennungsabgases stromabwärts einer Brennkammer **1** (Postcombustion) angeordnet ist, umfasst einen Karbonator **3** mit Abscheider **6** sowie einen Wärmetauscher **18**, einen Kalzinierer **4** mit Zusatzfeuerung **5** und Abscheider **7**, ein Wärmeverschiebesystem **8** oder einen Wärmetauscher **11**, ein Wärmeverschiebesystem **9** oder einen Wärmetauscher **12** sowie ein Wärmeverschiebesystem **10** oder einen Wärmetauscher **13**, das bzw. der mit einer nicht dargestellten externen Wärmequelle kommuniziert. Ferner sind Wärmetauscher-Einrichtungen **17**, **18** stromabwärts der Abscheider **6**, **7** zur Kühlung der Gase vorgesehen.

[0025] Das aus der Brennkammer **1** austretende und CO_2 enthaltende Verbrennungsabgas G_1 , das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme von Luft als Oxidationsmittel in der Brennkammer **1** entsteht, wird dem Karbonator **3** des Karbonat-Kreislauf-Systems **2** über einen Kanal **14** und ein Gebläse **15** zugeführt. Zur Abscheidung eines Großteils des im Verbrennungsabgas G_1 enthaltenden CO_2 wird das Sorbens CaO , d. h. Kalziumoxid bzw. Branntkalk, eingesetzt und innerhalb des Karbonat-Kreislauf-Systems **2** im Kreislauf gefahren. Das CaO , das im Kalzinierer **4** bei einer Temperatur T_{Kalz} von $900\text{--}950^\circ\text{C}$ produziert bzw. regeneriert wird, wird mit dieser Temperatur mittels Kanäle **23**, **24** aus dem Kalzinierer **4** dem Karbonator **3** zugeführt.

[0026] Im Karbonator **3**, der ein zirkulierendes Wirbelschichtbett aufweist, bindet das Sorbens CaO bei einer Temperatur $T_{\text{Karbonator}}$ von etwa 650°C einen Großteil des im Verbrennungsabgas G_1 enthaltenden CO_2 zu Kalziumkarbonat CaCO_3 . Das aus dem Karbonator **3** austretende Feststoff-/Gasgemisch wird über einen Kanal **20** einem Abscheider **6**

zugeführt und darin die Feststoffe von dem Verbrennungsabgas abgeschieden. Das CO_2 reduzierte Verbrennungsabgas wird über einen Kanal **21** und einem Kamin **19** oder ähnlichem der Atmosphäre zugeführt, wobei dem CO_2 reduzierten Verbrennungsabgas vor dem Austritt in die Atmosphäre noch Wärme mittels eines Wärmetauschers **17** entzogen werden kann. Die im wesentlichen Karbonat CaCO_3 , aber auch Asche, CaSO_4 und CaO , aufweisenden Feststoffe werden als Karbonat-Feststoffmassenstrom F_1 über einen Kanal **22** dem Kalzinierer **4** zugeführt.

[0027] Im Kalzinierer **4** wird CaCO_3 bei einer Kalzinier- bzw. Reaktionstemperatur T_{Kalz} von $900\text{--}950^\circ\text{C}$ gebrannt bzw. kalziniert und dabei ein festes und ein gasförmiges Produkt erzeugt. Das feste Produkt weist im wesentlichen aus dem CaCO_3 regeneriertes CaO bzw. Sorbens und das gasförmige Produkt weist im wesentlichen CO_2 und Wasser auf. Da das Kalzinieren als endotherme Reaktion abläuft, muss Wärme in den Kalzinierer **4** eingebracht werden, um die erforderliche Kalzinier- bzw. Reaktionstemperatur T_{Kalz} bereit zu stellen. Dies erfolgt durch eine Zufuehrung **5** im Kalzinierer **4**, bei der Kohle mittels des Oxidierungsmittels bzw. Oxidans O_2 verfeuert und damit Wärme Q_Z in den mit einem zirkulierenden Wirbelschichtbett ausgebildeten Kalzinierer **4** eingebracht wird. Um das im Kalzinierer **4** entstehende gasförmige Produkt nicht mit beispielsweise Stickstoff zu verdünnen und somit die Abscheidung des CO_2 zu erschweren, wird für die Zufuehrung als Oxidans obligatorischerweise O_2 anstelle von Luft verwendet. Das regenerierte Sorbens CaO als festes Produkt sowie das im wesentlichen CO_2 enthaltende Gasprodukt wird mit einer Produktwärme von etwa 900°C aus dem Kalzinierer **4** ausgeleitet und über einen Kanal **23** einem Abscheider **7** zugeführt und darin das Sorbens bzw. das feste Produkt von dem Gas abgeschieden. Ausgehend von dem Abscheider **7** wird das etwa 900°C heiße Sorbens als Feststoffmassenstrom F_2 über einen Kanal **24** dem Karbonator **3** zugeführt. Das etwa 900°C heiße und im wesentlichen CO_2 enthaltende Gasprodukt wird als Gasmassenstrom G_2 aus dem Abscheider **7** ausgeleitet und über einen Kanal **25** einer weiteren Behandlung zugeführt, wobei das CO_2 beispielsweise abgekühlt, komprimiert und zur Lagerung transportiert werden kann. Zur Abkühlung kann beispielsweise ein Wärmetauscher **18** eingesetzt werden. Das vorbeschriebene Verfahren läuft kontinuierlich ab.

[0028] Erfindungsgemäß wird die mittels der Zufuehrung **5** erfolgte Wärmezufuhr Q_Z zur Aufrechterhaltung der Kalzinier- bzw. Reaktionstemperatur T_{Kalz} innerhalb des Kalzinierers **4** zum Teil ersetzt, in dem Wärme aus einer oder mehreren Wärmequelle(n) entnommen und durch indirekten Wärmetausch mittels Wärmetauscher **11**, **12**, **13** oder durch Wärmeverschiebung mittels Wärmeverschiebesystem **8**, **9**, **10** dem Karbonat enthaltenden Karbonat-Feststoffmassenstrom F_1 vor dessen Eintritt in den Kalzinierer **4** oder innerhalb des

Kalzinierers **4** zugeführt wird. **Fig. 1** zeigt die Entnahme von Wärme aus drei Wärmequellen und mittels Wärmeverschiebesysteme **8, 9, 10** auf, wobei erfindungsgemäß zumindest ein Teil der Wärme aus dem Sorbens enthaltenden und durch Kanal **24** geleiteten Sorbens-Feststoffmassenstrom F2 entnommen wird und beispielsweise zusätzlich ein weiterer Teil der Wärme aus dem CO₂ enthaltenden und durch Kanal **25** geleiteten Gasmassenstrom G2 und ein weiterer Teil der Wärme aus einer nicht dargestellten externen Wärmequelle entnommen wird. Die externe Wärmequelle weist dabei eine höhere Temperatur als die im Karbonator **3** herrschende Betriebstemperatur $T_{\text{Karbonator}}$ auf. Anstelle der beispielhaft angeführten drei Wärmequellen können auch nur zwei oder eine der aufgezeigten Wärmequellen herangezogen werden, um die mittels der Zufeuerung **5** erfolgte Wärmezufuhr QZ zur Aufrechterhaltung der Kalzinierertemperatur T_{Kalz} innerhalb des Kalzinierers **4** zum Teil zu ersetzen. Ferner können anstelle der Wärmeverschiebesysteme **8, 9, 10** Wärmetauscher **11, 12, 13** oder an einer Wärmequelle ein Wärmeverschiebesystem und an einer anderen Wärmequelle ein Wärmetauscher eingesetzt werden. Als externe Wärmequelle kann beispielsweise heißes Verbrennungsabgas aus der Brennkammer **1** oder ein heißes Medium einer nicht dargestellten externen Anlage herangezogen werden.

[0029] Durch die erfindungsgemäße Zufuhr von Wärme aus dem durch den Kanal **24** geleiteten Sorbens-Feststoffmassenstrom F2 und optional aus einer oder mehreren zusätzlichen Wärmequelle(n) zur Aufrechterhaltung der Kalzinierertemperatur T_{Kalz} innerhalb des Kalzinierers **4** und der damit zum Teil ersetzten Wärmezufuhr QZ mittels der Zufeuerung **5** kann ein Großteil der Sauerstoff- bzw. O₂-Bedarf (als technisches Gas) für das Verfeuern der Kohle in der Zufeuerung **5** eingespart werden. Dadurch wird der energetische Aufwand für die Sauerstoffherstellung und der damit auftretende Wirkungsgradverlust der Anlage wesentlich reduziert.

[0030] Neben dem beispielhaft als Sorbens angeführten CaO können ferner natürliche oder synthetische Materialien verwendet werden, die beim Karbonisieren im Karbonator **3** ein Karbonat bilden. Diese können beispielsweise Dolomite, Kalksteine oder vorbehandelte natürliche Sorbentien sein.

[0031] Die für den Wärmetausch vorgesehenen Wärmetauscher **11, 12, 13** können in ihrer Funktion regenerativ oder rekuperativ ausgebildet sein. Des Weiteren besitzen die für den Wärmetausch vorgesehenen Wärmeverschiebesysteme **8, 9, 10** einen Wärmeträger, der günstige thermodynamische Eigenschaften wie beispielsweise eine hohe Wärmekapazität c_p aufweist. Vorzugsweise wird als Wärmeträger Helium oder Natrium verwendet.

Bezugszeichenliste

1	Brennkammer
2	Karbonat-Kreislauf-System (Carbonate Looping System)
3	Karbonator
4	Kalzinierer
5	Zufeuerung
6	Abscheider (für Feststoffe)
7	Abscheider (für Feststoffe)
8	Wärmeverschiebesystem
9	Wärmeverschiebesystem
10	Wärmeverschiebesystem
11	Wärmetauscher
12	Wärmetauscher
13	Wärmetauscher
14	Kanal
15	Gebälse
16	Wärmetauscher
17	Wärmetauscher
18	Wärmetauscher
19	Kamin
20	Kanal
21	Kanal
22	Kanal
23	Kanal
24	Kanal
25	Kanal

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abscheidung von CO₂ aus Verbrennungsabgas, das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme von Luft als Oxidationsmittel in einer Brennkammer entsteht, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Einleitung des CO₂ enthaltenden und aus der Brennkammer ausgeleiteten Verbrennungsabgasstromes (G1) in den Karbonator eines wenigstens einen Karbonator und einen Kalzinierer aufweisenden Karbonat-Kreislauf-Systems, in dem ein Karbonat bildendes Sorbens im Kreislauf gefahren wird, wobei das Sorbens sich im Karbonator mit dem CO₂ des Verbrennungsabgasstromes (G1) zu einem Karbonat verbindet, das Karbonat als Karbonat-Feststoffmassenstrom (F1) dem Kalzinierer zugeführt wird und unter Wärmezufuhr (Q_Z) mittels einer Sauerstoff als Oxidans benutzenden Zufeuerung bei der karbonatspezifischen Kalzinierertemperatur (T_{Kalz}) gebrannt wird und dabei regeneriertes Sorbens und ein im wesentlichen CO₂ enthaltendes Gas gebildet wird, wobei das eine Wärmemenge enthaltende regenerierte Sorbens als Sorbens-Feststoffmassenstrom (F2) zur Karbonisierung von CO₂ dem Karbonator und das eine Wärmemenge enthaltende Gas als Gasmassenstrom (G2) einer weiteren Behandlung zugeführt wird, wobei die mittels Zufeuerung erfolgte Wärmezufuhr (Q_Z) zur Aufrechterhaltung der Kalzinierertemperatur

(T_{Kalz}) zum Teil ersetzt wird, in dem Wärme aus einer oder mehreren Wärmequelle(n) entnommen und durch indirekten Wärmetausch oder durch Wärmeverschiebung dem Karbonat-Feststoffmassenstrom (F1) vor dessen Eintritt in den Kalzinierer oder innerhalb des Kalzinierers zugeführt wird und wobei als Wärmequelle der erwärmte Sorbens-Feststoffmassenstrom (F2) herangezogen wird und die Entnahme eines Teils dessen enthaltender Wärme vor Eintritt des Sorbens-Feststoffmassenstrom (F2) in den Karbonator erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als zusätzliche Wärmequelle der am Abscheider stromabwärts des Kalzinierers austretende und erwärmte Gasmassenstrom (G2) herangezogen wird und die Entnahme eines Teils dessen enthaltender Wärme vor einer weiteren wärmeseitigen Behandlung erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als zusätzliche Wärmequelle eine externe Wärmequelle herangezogen wird, die eine höhere Temperatur als die im Karbonator herrschende Betriebstemperatur ($T_{\text{Karbonator}}$) aufweist und die Entnahme zumindest eines Teils der enthaltenden Wärme dieser externen Wärmequelle erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Sorbens natürliche oder synthetische Materialien verwendet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Sorbensmittel CaO verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetausch regenerativ oder rekuperativ erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeverschiebung mittels eines günstige thermodynamische Eigenschaften aufweisenden Wärmeträgers erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Wärmeträger Helium oder Natrium verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Zufeuerung im Kalzinierer fossile Brennstoffe oder Biomasse oder Abfälle oder eine Mischung der vorgenannten Stoffe benutzt werden.

10. Anordnung zur Abscheidung von CO_2 aus Verbrennungsabgas, das durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen oder Abfällen unter Zuhilfenahme von Luft als Oxidationsmittel in einer Brennkammer (1) entsteht, umfassend

ein in Strömungsrichtung des Verbrennungsabgases (G1) gesehen stromabwärts der Brennkammer (1) angeordnetes und wenigstens einen Karbonator (3) und einen Kalzinierer (4) aufweisendes Karbonat-Kreislauf-System (2), in dem ein Karbonat bildendes Sorbens im Kreislauf gefahren wird, wobei das Sorbens sich im Karbonator (3) mit dem CO_2 des Verbrennungsabgasstromes (G1) zu einem Karbonat verbindet, das Karbonat als Karbonat-Feststoffmassenstrom (F1) dem Kalzinierer (4) zugeführt wird und unter Wärmezufuhr (Q_z) mittels einer Sauerstoff als Oxidans benutzenden Zufeuerung (5) bei der karbonatspezifischen Kalziniertemperatur (T_{Kalz}) gebrannt wird und dabei regeneriertes Sorbens und ein im wesentlichen CO_2 enthaltendes Gas gebildet wird, wobei das eine Wärmemenge enthaltende regenerierte Sorbens als Sorbens-Feststoffmassenstrom (F2) zur Karbonisierung von CO_2 dem Karbonator (3) und das eine Wärmemenge enthaltende Gas als Gasmassenstrom (G2) einer weiteren Behandlung zugeführt wird,

wenigstens ein Wärmeverschiebesystem (8, 9, 10) oder einen für indirekten Wärmetausch ausgebildeten Wärmetauscher (11, 12, 13), das bzw. der dazu eingerichtet ist Wärme zumindest aus dem im Kanal (24) geführten Sorbens-Feststoffmassenstrom (F2) zu entnehmen und diese Wärme in den Karbonat-Feststoffmassenstrom (F1) vor dessen Eintritt in den Kalzinierer (4) oder innerhalb des Kalzinierers (4) zuzuführen, wobei die Zuführung dieser Wärme die mittels einer Zufeuerung (5) erfolgte Wärmezufuhr (Q_z) zur Aufrechterhaltung der Kalziniertemperatur (T_{Kalz}) zum Teil ersetzt.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmeverschiebesystem (8, 9, 10) oder der für indirekten Wärmetausch ausgebildete Wärmetauscher (11, 12, 13) dazu eingerichtet ist, Wärme aus dem im Kanal (25) geführten Gasmassenstrom (G2) zu entnehmen.

12. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Wärmequelle eine externe Wärmequelle nutzbar ist.

13. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (11, 12, 13) als Regenerativ- oder Rekuperativ-Wärmetauscher ausgebildet ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

