



(10) **DE 10 2014 103 311 A1** 2015.01.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 103 311.6**

(22) Anmeldetag: **12.03.2014**

(43) Offenlegungstag: **15.01.2015**

(51) Int Cl.: **C07C 1/12 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

**10 2013 107 259.3 09.07.2013**

(71) Anmelder:

**Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH,  
47059 Duisburg, DE**

(74) Vertreter:

**Viering, Jentschura & Partner Patent- und  
Rechtsanwälte, 40476 Düsseldorf, DE**

(72) Erfinder:

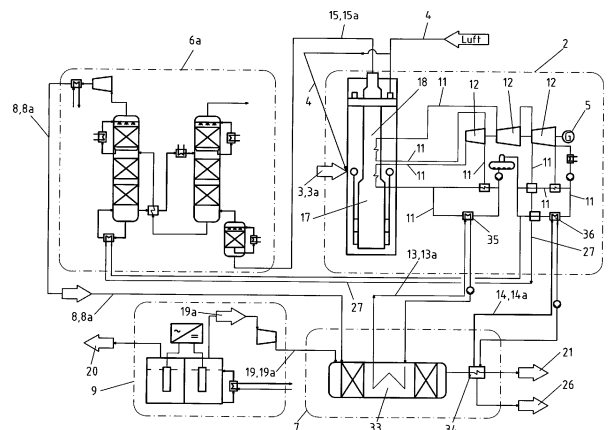
**Buddenberg, Torsten, 47447 Moers, DE; Bergins,  
Christian, Dr., 45711 Datteln, DE; Kakaras,  
Emmanouil, 47059 Duisburg, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Methanisierungsverfahren und Kraftwerk umfassend die CO<sub>2</sub>-Methanisierung aus Kraftwerksrauchgas**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Methanisierungsverfahren umfassend die Umwandlung von aus einem Kraftwerksrauchgas (15) eines mit einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff (3), insbesondere eines mit einem kohlenstoffhaltigen Gas, befeuerten Kraftwerks (2, 2a) mit angeschlossenen Wasser/Dampf-Kreislauf (11) stammendem, insbesondere abgezweigtem oder gewonnenem, CO<sub>2</sub>, insbesondere CO<sub>2</sub>-Gas (8), in einer Methanisierungsanlage (7) zu Methan (CH<sub>4</sub>), soll eine Lösung geschaffen werden, die es ermöglicht, ein Kraftwerk und eine Methanisierungsanlage energetisch günstig miteinander zu koppeln. Dies wird dadurch erreicht, dass die bei der CO<sub>2</sub>-Umwandlung zu Methan (CH<sub>4</sub>) in der Methanisierungsanlage (7) als Abwärme entstehende Wärmeenergie zumindest teilweise in mindestens einen Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom (13, 14, 37) ausgekoppelt und dieser zumindest teilweise mindestens einem der Brennkammer (17) eines Dampferzeugers (18) des Kraftwerks (2, 2a) brennerseitig zuströmendem Medium und/oder dem Wasser/Dampf-Kreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) und/oder einer der Methanisierungsanlage (7) verfahrenstechnisch vorgeschalteten CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), und/oder einer oder mehreren Prozessstufe(n) einer angeschlossenen Industrieanlage zugeführt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung richtet sich auf ein Methanisierungsverfahren umfassend die Umwandlung von aus einem Kraftwerksrauchgas eines mit einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff, insbesondere eines mit einem kohlenstoffhaltigen Gas, befeuerten Kraftwerks mit angeschlossenem Wasser/Dampf-Kreislauf stammendem, insbesondere abgezweigtem oder gewonnenem,  $\text{CO}_2$ , insbesondere  $\text{CO}_2$ -Gas, in einer Methanisierungsanlage zu Methan ( $\text{CH}_4$ ).

**[0002]** Weiterhin richtet sich die Erfindung auf die Verwendung eines solchen Methanisierungsverfahrens.

**[0003]** Schließlich richtet sich die Erfindung auch auf ein Kraftwerk oder eine Verbrennungsanlage mit angeschlossenem Wasser/Dampf-Kreislauf, das/die eine mit einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff, insbesondere mit einem kohlenstoffhaltigen Gas, befeuerte Brennkammer eines Dampferzeugers umfasst und insbesondere als integraler Bestandteil einer Industrieanlage, insbesondere eines Hüttenwerks oder eines Chemiewerks, ausgebildet ist, wobei die Rauchgasleitung der Brennkammer des Dampferzeugers des Kraftwerks oder der Verbrennungsanlage in einer Rauchgas, insbesondere Kraftwerksrauchgas, und/oder daraus gewonnenes  $\text{CO}_2$ , insbesondere  $\text{CO}_2$ -Gas, führenden Leitungsverbindung mit einer dieses zu Methan ( $\text{CH}_4$ ) umsetzenden Methanisierungsanlage oder einem Methanator steht.

**[0004]** Es ist bekannt, dass  $\text{CO}_2$  eines der Treibhausgase ist, die als eine der Ursachen für die Erwärmung des Erdklimas angesehen werden. Daher gibt es zahlreiche umweltpolitische und technologische Bestrebungen, den  $\text{CO}_2$  Ausstoß zu verringern. Eines dieser Konzepte befasst sich mit der Speicherung von  $\text{CO}_2$  durch die Umwandlung von  $\text{CO}_2$  in Methangas und ist beispielsweise in dem Artikel „New technologies for separation, fixation and conversion of carbon dioxide to mitigate global warming“ (Hitachi, Vol. 42 (1993), No. 6, Seiten 255–260) beschrieben. Hierbei wird das während der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehende  $\text{CO}_2$  aus dem Rauchgas abgeschieden und einer Methanisierung zugeführt, bei der künstliches Erdgas (Methan) entsteht. Die Methanisierung ist eine chemische Reaktion, bei der Kohlenstoffmonoxid ( $\text{CO}$ ) oder Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) in Methan ( $\text{CH}_4$ ) umgewandelt wird. Die Reaktion von Kohlenstoffdioxid zu Methan wird auch als Sabatier-Prozess bezeichnet und wurde 1902 von Paul Sabatier und J. B. Sendersens entdeckt. Bei dieser Reaktion reagiert Kohlenstoffmonoxid oder Kohlenstoffdioxid bei Temperaturen von 300–700°C mit Wasserstoff zu Methan und Wasser. Die Reaktion ist exotherm, muss jedoch durch einen Katalysator beschleunigt werden.

**[0005]** Zudem stellt sich im Zusammenhang mit der Erzeugung erneuerbarer Energie mittels Windkraft oder Solarenergie die Problematik, dass häufig mehr Strom ins Netz eingespeist wird, als aktuell abgerufen wird. Dies führt zu einer Menge sogenannten „Überschussstroms“, die verbraucht oder gespeichert werden muss, um die Netzstabilität zu gewährleisten. Auch unabhängig von der Einspeisung von aus einer regenerativen Energiequelle erzeugtem Strom in ein Netz, stellt sich die grundsätzliche Problematik, erzeugten Strom gegebenenfalls speichern zu können, um diese Energie zu einem beliebigen Zeitpunkt nutzen zu können.

**[0006]** In diesem Zusammenhang hat sich das sogenannte „Power to Gas“-Konzept als vorteilhaft erwiesen, bei welchem die Energie mittels Methanisierung chemisch umgewandelt und als Methan ( $\text{CH}_4$ ) gespeichert wird. Hierbei wird der für die Bildung des Methans notwendige Wasserstoff insbesondere mittels einer Elektrolyse erzeugt, die den benötigten Strom aus einer erneuerbaren Energiequelle, wie Windkraftträdern oder Solarzellen, erhält. Als  $\text{CO}_2$ - oder  $\text{CO}$ -Quelle bieten sich aufbereitete Rauchgasströme von Kraftwerken oder Industrieanlagen an, in welchen kohlenstoffhaltiger Brennstoff oder kohlenstoffhaltige Einsatzstoffe in eine  $\text{CO}_2$ - oder  $\text{CO}$ -haltige Gasatmosphäre überführt werden. Das „Power to Gas“-Konzept stellt eine sinnvolle Methode zur längerfristigen Energiespeicherung und Vermeidung von unmittelbaren  $\text{CO}_2$ -Abgaben in die Atmosphäre dar, da das bei der Methanisierung entstehende Produkt Methan ( $\text{CH}_4$ ) als künstlich erzeugtes Erdgas in bestehenden Infrastruktureinrichtungen (Pipelines, Erdgasspeicher) über Monate hinweg langfristig gespeichert werden kann. Die Wasserstoffherstellung kann per Elektrolyse erfolgen. Der Wasserstoff kann aber auch aus anderen, alternativen Quellen stammen. Das  $\text{CO}_2$  kann aus einer Abscheidung aus einem  $\text{CO}_2$ -reichen Strom, z. B. dem Rauchgasstrom eines Kraftwerks, stammen. Die derart gewonnenen Komponenten  $\text{H}_2$  und  $\text{CO}_2$  werden in einer Methanisierungsanlage oder einem Methanator per Synthese zu  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{CH}_4$  umgewandelt.

**[0007]** Bei großen Industrieanlagen, wie Hüttenwerken oder Chemiewerken, kommt zudem hinzu, dass die politischen und daraus resultierende gesetzliche Rahmenbedingungen es sinnvoll erscheinen lassen, im Rahmen der Produktionsprozesse entstehende Abgase und  $\text{CO}_2$ -haltige Abgasströme ggf. ebenfalls einer wirtschaftlich und energetisch günstigen Verwertung zuzuführen. So ist es bekannt, in Hüttenwerken Kuppelgaskraftwerke einzusetzen, die bei der Stahlproduktion in der Kokerei, den Hochöfen und/oder im Stahlwerk entstehende Prozessgase/Kuppelgase zur Stromerzeugung und Wärmegewinnung nutzen.

**[0008]** Ein gattungsgemäßes Verfahren ist aus dem Artikel „New technologies for separation, fixation and conversion of carbon dioxide to mitigate global warming“ (Hitachi, Vol. 42 (1993), No. 6, Seiten 255–260) bekannt.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zu schaffen, die es ermöglicht, ein Kraftwerk und eine Methanisierungsanlage energetisch günstig miteinander zu koppeln.

**[0010]** Ein weiterer Aspekt soll eine energetisch günstigere) Einbindung eines Kraftwerks, insbesondere eines Kuppelgaskraftwerks, das integraler und/oder integrierter Bestandteil einer Industrieanlage ist, in den oder in die in der Industrieanlage ablaufenden Produktionsprozess(e) und vorzugsweise eine Verbesserung des energetischen Gesamtwirkungsgrades der Industrieanlage ermöglicht. Der Erfindung liegt als weiterer Aspekt zudem zugrunde, die Methanisierung von  $\text{CO}_2$  energetisch und stofflich günstig in eine Industrieanlage, insbesondere ein Stahlwerk oder ein Chemiewerk, zu integrieren, welche/welches zumindest ein Kraftwerk, insbesondere ein Kuppelgaskraftwerk, aufweist.

**[0011]** Die vorstehende Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Methanisierungsverfahren gemäß Anspruch 1, eine Verwendung gemäß Anspruch 16 sowie ein Kraftwerk oder eine Verbrennungsanlage gemäß Anspruch 18.

**[0012]** Vorteilhafte und/oder zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

**[0013]** Bei einem Methanisierungsverfahren der eingangs näher bezeichneten Art wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die bei der  $\text{CO}_2$ -Umwandlung zu Methan ( $\text{CH}_4$ ) in der Methanisierungsanlage als Abwärme entstehende Wärmeenergie zumindest teilweise in mindestens einen Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom ausgekoppelt und dieser zumindest teilweise mindestens einem der Brennkammer eines Dampferzeugers des Kraftwerks brennerseitig zuströmenden Medium und/oder dem Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerks und/oder einer der Methanisierungsanlage verfahrenstechnisch vorgeschalteten  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, und/oder einer oder mehreren Prozessstufe(n) einer angeschlossenen Industrieanlage zugeführt wird.

**[0014]** Ebenso wird die vorstehende Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Verwendung eines Methanisierungsverfahrens nach einem der Ansprüche 1–15 zur Speicherung von mittels eines mit einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff befeuerten Kraftwerks erzeugter und/oder in einem öffentlichen

Netz vorhandener überschüssiger elektrischer Energie, insbesondere Strom und/oder Überschussstrom, in Form von in der Methanisierungsanlage erzeugtem Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Nutzung der in der Methanisierungsanlage entstehenden Wärmeenergie.

**[0015]** Bei einem Kraftwerk oder einer Verbrennungsanlage der eingangs näher bezeichneten Art wird diese Aufgabe schließlich erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Methanisierungsanlage oder der Methanator in mindestens einer die bei der Methanisierung des Rauchgases oder Kraftwerksrauchgases oder  $\text{CO}_2$ -Gases entstehende Abwärme zumindest teilweise auskoppelnden, wärmeenergieführenden Leitungsverbindung mit mindestens einem der Brennkammer des Dampferzeugers des Kraftwerks brennerseitig zuströmenden Medium und/oder dem Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerks und/oder einer der Methanisierungsanlage verfahrenstechnisch vorgeschalteten  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, und/oder einer oder mehreren produktionstechnischen oder verfahrenstechnischen Anlage(n) der Industrieanlage steht.

**[0016]** Erfindungsgemäß werden somit eine Methanisierungsanlage oder ein Methanator sowie ein Kraftwerk dadurch energetisch günstig miteinander gekoppelt, dass die aufgrund der exothermen Methanisierungsreaktion in der Methanisierungsanlage oder dem Methanator entstehende Wärme oder Abwärme als Wärmeenergie genutzt und in einen Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom ausgekoppelt einer oder mehreren Anlagen des Kraftwerkes mit abgeschlossenem Wasser/Dampf-Kreislauf zugeführt. Die Zuführung umfasst hierbei immer auch die Auskoppelung der Wärmeenergie. Insbesondere wird die ausgekoppelte Wärmeenergie zumindest teilweise einem der Brennkammer eines Dampferzeugers des Kraftwerkes brennerseitig zuströmenden Medium, beispielsweise dem Verbrennungssauerstoff oder der Luft, und/oder dem Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerks und/oder einer der Methanisierungsanlage oder dem Methanator verfahrenstechnisch vorgeschalteten  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung, insbesondere einer Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, zugeführt. In den Fällen, in denen das Kraftwerk an eine Industrieanlage angeschlossen oder integraler Bestandteil einer solchen Industrieanlage ist, kann der die ausgekoppelte Wärmeenergie transportierende Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom auf einer oder mehreren Prozessstufe (n) der angeschlossenen Industrieanlage zugeführt werden. Da in einem solchen Fall dann vorzugsweise die Stoff- und Energieströme des Kraftwerks in die Industrieanlage integriert sind, kann in dem Kraftwerk zumindest ein als Neben- oder Abfallprodukt in der Industrieanlage entstehender und energetisch verwertbarer Brennstoff unter Bildung von  $\text{CO}_2$ -enthaltenem Rauchgas verbrannt werden, wobei das Rauchgas

dann zumindest teilweise in Methan  $\text{CH}_4$  umgewandelt und die bei der exothermen Reaktion der Methanisierung entstehende Abwärme zumindest teilweise wieder dem Kraftwerk oder der Industrieanlage zugeführt wird. Hierdurch wird neben der Energiebilanz des Kraftwerkes auch die der Industrieanlage verbessert. Da die Stoff- und Energieströme des Kraftwerkes in die Industrieanlage integriert sind, können die bei der Abscheidung/Anreicherung von  $\text{CO}_2$  und der Methanisierung als Abwärme auftretenden Energieüberschüsse, die während der exothermen chemischen Reaktionen entstehen, direkt dem Kraftwerk und/oder der Industrieanlage wieder zugeführt werden und damit zu einer Verbesserung der energetischen Gesamtbilanz des Kraftwerkes und damit der Industrieanlage beitragen.

**[0017]** Die Erfindung zeichnet sich daher in Ausgestaltung dadurch aus, dass dem Kraftwerk, insbesondere der Brennkammer des Dampferzeugers, ein ein oder mehrere gasförmige Neben- oder Abfallprodukte einer Industrieanlage, insbesondere eines Chemiewerkes oder eines Hüttenwerkes, vorzugsweise in Form einer Gasmischung, enthaltendes Kuppelgas, insbesondere ein Hochofengichtgas und/oder Kokereigas enthaltendes Kuppelgas, als kohlenstoffhaltiger Stoffstrom und Brennstoff zugeführt wird. Zudem zeichnet sich die Erfindung daher in Ausgestaltung dadurch aus, dass das Kraftwerk als integraler Bestandteil der angeschlossenen Industrieanlage ausgebildet sowie in zumindest einen Teil der Stoff- und/oder Energieströme der Industrieanlage integriert ist und zumindest ein Teil mindestens eines bei einem Produktionsprozess in der Industrieanlage als Neben- oder Abfallprodukt anfallenden, insbesondere gasförmigen, kohlenstoffhaltigen Stoffes oder Stoffstromes der Brennkammer des Dampferzeugers des Kraftwerkes als kohlenstoffhaltiger Brennstoff zugeführt wird.

**[0018]** Hierbei ist es dann besonders zweckmäßig, wenn zumindest ein Teil des bei der Verbrennung des kohlenstoffhaltigen Brennstoffs, insbesondere des kohlenstoffhaltigen Stoffes oder Stoffstroms, in der Brennkammer des Dampferzeugers des Kraftwerkes entstehenden Kraftwerksrauchgases oder des in dem Kraftwerksrauchgas enthaltenen  $\text{CO}_2$ -Gases, vorzugsweise nach der  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung des Kraftwerksrauchgases, insbesondere in der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, der Methanisierungsanlage zugeführt wird, was die Erfindung ebenfalls vorsieht.

**[0019]** Da die zur Gewinnung eines  $\text{CO}_2$ -reichen Stoffstromes gegebenenfalls vorgesehene  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, üblicherweise eine Zufuhr von Wärmeenergie benötigt, ist es gemäß weiterer Ausgestaltung der Erfindung von Vorteil, dass zumindest ein Teil des zur  $\text{CO}_2$ -Ab-

scheidung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung benötigten Wärmebedarfs der  $\text{CO}_2$ -Abscheidung oder der  $\text{CO}_2$ -Abgasaufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, in Form eines von der Abwärme der Methanisierungsanlage gespeisten Stoff- und/oder Wärmeenergiestromes zugeführt wird.

**[0020]** Eine besonders zweckmäßige Ausführungsform einer  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung stellen Post Combustion Capture – Prozesse oder Post Combustion Carbon Capture – Prozesse dar. Die Erfindung zeichnet sich in zweckmäßiger Weiterbildung daher weiterhin dadurch aus, dass das  $\text{CO}_2$ , insbesondere  $\text{CO}_2$ -Gas, zumindest teilweise in der  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung oder der  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, mittels eines Post Combustion (Carbon) Capture Prozesses (PCC oder PCCC), insbesondere mittels einer  $\text{CO}_2$ -Gaswäsche mit einem Absorptionsmittel, aus dem Kraftwerksrauchgas gewonnen, insbesondere abgeschieden, wird.

**[0021]** Da es weiterhin bei derartigen PCC- oder PCCC-Prozessen möglich ist, dass auch hier Abwärme anfällt, sieht die Erfindung weiterhin vor, dass die in der der Methanisierungsanlage verfahrenstechnisch vorgeschalteten  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, als Abwärme entstehende Wärmeenergie zumindest teilweise in einen Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom ausgekoppelt und dieser zumindest teilweise mindestens einem der Brennkammer des Dampferzeugers des Kraftwerkes brennerseitig zuströmenden Medium und/oder dem Wasser/Dampfkreislauf des Kraftwerkes und/oder der verfahrenstechnisch nachgeschalteten Methanisierungsanlage und/oder einer oder mehreren Prozessstufe(n) der angeschlossene Industrieanlage zugeführt wird.

**[0022]** Um bei einem PCC- oder PCCC-Prozess die notwendige Energiezufuhr zu bewerkstelligen, ist gemäß Weiterbildung der Erfindung ferner vorgesehen, dass zumindest ein Teil des zur  $\text{CO}_2$ -Abscheidung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung benötigten Wärmebedarfs der  $\text{CO}_2$ -Abscheidung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, in Form von aus dem Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerkes abgezweigtem Anzapfdampf zugeführt wird.

**[0023]** Um das erzeugte Methan insbesondere auch zur Speicherung von elektrischer Energie besonders vorteilhaft und zweckmäßig nutzen zu können, zeichnet sich die Erfindung weiterhin dadurch aus, dass die Methanisierungsanlage und/oder die  $\text{CO}_2$ -Abgasbehandlung oder  $\text{CO}_2$ -Aufbereitung, insbesondere die Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, in Zeiten von Überschussstrom im öffentlichen Stromnetz zumindest teilweise oder zeitweise mit diesem betrie-

ben wird und/oder der Methanisierungsanlage und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, mittels eines an den Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerks angeschlossenen Generators erzeugter Strom zugeführt wird.

**[0024]** Da für die Methanisierung des CO<sub>2</sub> Wasserstoff benötigt wird, bietet es sich an, hierfür eine, insbesondere auch in eine in dieselbe Industrieanlage wie das Kraftwerk integrierte, Elektrolyse oder Elektrolyseanlage vorzusehen, die zudem mit Überschussstrom und/oder von dem Kraftwerk erzeugtem Strom betrieben wird. Die Erfindung sieht daher in Weiterbildung sowohl vor, dass der der Methanisierungsanlage zugeführte Wasserstoff zumindest teilweise oder zeitweise mittels einer, insbesondere in die Industrieanlage integrierten, Elektrolyse erzeugt wird, als auch, dass die Elektrolyse in Zeiten von Überschussstrom im öffentlichen Stromnetz zumindest teilweise oder zeitweise mit diesem betrieben wird und/oder der Elektrolyse mittels eines an den Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerks angeschlossenen Generators erzeugter Strom zugeführt wird.

**[0025]** Bei einem in eine Industrieanlage, beispielsweise ein Hüttenwerk oder ein Chemiewerk, integriertem Kraftwerk ist es aber auch möglich, dass der in der Methanisierungsanlage für die Methanisierung des CO<sub>2</sub> benötigte Wasserstoff im Bereich der Industrieanlage zumindest teilweise oder zeitweise aus einem oder mehreren Kuppelgas(en), insbesondere mittels Druckwechselabsorption (pressure swing absorption) oder Membrantrennung, gewonnen wird, was die Erfindung ebenfalls vorsieht.

**[0026]** Vorteilhafterweise ist es weiterhin, dass bei der Elektrolyse als Kuppelprodukt entstehender Sauerstoff als Stoff- und/oder Energiestrom einer oder mehreren Prozessstufe(n) der Industrieanlage und/oder dem Kraftwerk als Prozessgas, insbesondere der Brennkammer des Dampferzeugers als Oxidationsmittel, zugeführt wird, wodurch sich die Erfindung ebenfalls auszeichnet.

**[0027]** Da es je nach Kraftwerkstyp sinnvoll und zweckmäßig sein kann, zumindest einen Teil des Rauchgases in die Brennkammer des Dampferzeugers des Kraftwerkes zu rezirkulieren, ist gemäß weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass dem Kraftwerk, insbesondere der Brennkammer des Dampferzeugers, rezirkuliertes Kraftwerksrauchgas als Stoff- und/oder Energiestrom zugeführt wird.

**[0028]** Das mit dem erfindungsgemäßen Methanisierungsverfahren erzeugte Methan kann dann auf übliche Art und Weise verwendet werden, insbesondere kann erfindungsgemäß weiterhin vorgesehen sein, dass das in der Methanisierungsanlage entstehende Methan (CH<sub>4</sub>) ganz oder teilwei-

se als Stoff- und/oder Energiestrom einem Produktionsprozess, insbesondere einem Umwandlungsprozess, vorzugsweise der Industrieanlage, zugeführt wird und/oder in ein Erdgasnetz eingespeist und/oder in einem Behälter gespeichert wird.

**[0029]** Da sich das erfindungsgemäße Methanisierungsverfahren mit besonderem Vorteil als integraler Bestandteil einer Industrieanlage, insbesondere eines Hüttenwerkes oder eines Chemiewerkes, anwenden lässt, zeichnet sich die Ausgestaltung der Verwendung dadurch aus, dass diese die Verwendung des Methanisierungsverfahrens in einer Industrieanlage, insbesondere einem Hüttenwerk oder einem Chemiewerk, die/das das Kraftwerk, insbesondere ein Kuppelgaskraftwerk, umfasst, das eine angeschlossene CO<sub>2</sub>-abscheidende Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, insbesondere in Form einer CO<sub>2</sub>-Gaswäsche mittels eines Absorptionsmittels (PC(C)C = Post Combustion (Carbon) Capture), für das Kraftwerksrauchgas und eine(n) dieser nachgeschaltete(n), den in der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage abgeschiedenen CO<sub>2</sub>-Strom ganz oder teilweise verarbeitende(n) Methanisierungsanlage oder Methanator aufweist, wobei der Methanisierungsanlage oder dem Methanator aus einer Wasserstoffquelle stammender, insbesondere mittels einer Elektrolyse gewonnener, Wasserstoff zur, insbesondere katalytischen, Umsetzung des aus der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage zugeführten CO<sub>2</sub>, insbesondere CO<sub>2</sub>-Gas (**8**), unter Methan (CH<sub>4</sub>) erzeugenden Bedingungen zugeführt wird, wobei in dem Methan (CH<sub>4</sub>) der Methanisierungsanlage oder dem Methanator von einem Generator, der von einem im Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerks angeordneten Turbosatz oder Turbinensatz angetrieben wird, erzeugter und/oder als Überschussstrom aus dem öffentlichen Netz stammender und der Methanisierungsanlage und/oder der Rauchgasbehandlungsanlage und/oder der Elektrolyse zugeführter Strom gespeichert wird.

**[0030]** In ebenso vorteilhafte Weise zeichnet sich das Kraftwerk zunächst dadurch aus, dass die Kraftwerksrauchgas und/oder daraus gewonnenes CO<sub>2</sub>-Gas führende Leitungsverbindung eine verfahrenstechnisch der Methanisierungsanlage oder dem Methanator vorgeschaltete CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, umfasst, die in Gasströmungsrichtung eingangsseitig in Rauchgas, insbesondere Kraftwerksrauchgas, zuführender Leitungsverbindung mit der Brennkammer des Dampferzeugers und ausgangsseitig in CO<sub>2</sub>-Gas abführender Leitungsverbindung mit der Methanisierungsanlage oder dem Methanator steht und die in einer die bei der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere bei der Kraftwerksrauchgasbehandlung, entstehende Abwärme auskoppelnden wärmeenergieführenden Leitungsverbindung mit mindestens ei-

nem der Brennkammer des Dampferzeugers brennerseitig zuströmenden Medium und/oder dem Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerks und/oder der verfahrenstechnisch nachgeschalteten Methanisierungsanlage und/oder einer oder mehreren produktionstechnischen oder verfahrenstechnischen Anlage(n) der Industrieanlage steht.

**[0031]** Hierbei ist es weiterhin von Vorteil, wenn die CO<sub>2</sub>-abscheidende CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, als CO<sub>2</sub>-Gaswäsche mittels eines Absorptionsmittels (PC(C)C = Post Combustion (Carbon) Capture) ausgebildet ist, was die Erfindung ebenfalls vorsieht.

**[0032]** Aus energietechnischen Gründen ist es weiterhin von Vorteil, wenn einer solchen Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage die benötigte Wärmeenergie aus dem Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerkes zugeführt wird. Die Erfindung sieht daher in Ausgestaltung weiterhin vor, dass die CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, in medienführender Leitungsverbindung mit dem Wasser/Dampf-Kreislauf steht, mittels welcher ihr Anzapfdampf zuführbar ist.

**[0033]** Als Wasserstoffquelle bietet sich für die Methanisierung eine Elektrolyse an. Die Erfindung zeichnet sich daher weiterhin dadurch aus, dass die Methanisierungsanlage oder der Methanator in medienführender Leitungsverbindung mit einer Wasserstoffquelle, insbesondere einer Elektrolyse, steht.

**[0034]** Für die Versorgung der Methanisierung und anderer Anlagenteile des Kraftwerkes mit elektrischer Energie bietet sich zweckmäßiger Weise der mit dem Kraftwerk erzeugbare elektrische Strom an. Die Erfindung sieht daher weiterhin vor, dass das Kraftwerk oder die Verbrennungsanlage einen an seinen/ihren Wasser/Dampf-Kreislauf angeschlossenen, insbesondere von einem in dem Wasser/Dampf-Kreislauf angeordneten Turbosatz angetriebenen, Generator umfasst, der in stromleitender Leitungsverbindung mit der Methanisierungsanlage oder dem Methanator und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung oder der CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, und/oder der Elektrolyse steht.

**[0035]** Hierbei ist es aber insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Speichermöglichkeit für aus regenerativer Energie erzeugtem elektrischen Strom von Vorteil, wenn die Methanisierungsanlage oder der Methanator und/oder die CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung oder die CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere die Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, und/oder die Elektrolyse in einer Überschussstrom zuführenden stromleitenden Leitungsverbindung mit ei-

nem angeschlossenen öffentlichen Stromnetz steht/ stehen. Sogenannter Überschussstrom steht im öffentlichen Stromnetz heutzutage häufig mittels durch regenerative Energien nutzenden Anlagen erzeugten Stroms zur Verfügung, da häufig die mittels regenerativer Stromerzeugung, beispielsweise durch Windkraftträder oder Solaranlagen, erzeugte Strommenge nicht mit der dem öffentlichen Stromnetz entnommenen Strommenge übereinstimmt, sondern größer ist.

**[0036]** Von besonderem Vorteil ist es bei dem erfindungsgemäßen Kraftwerk weiterhin, wenn dieses in eine Industrieanlage integriert ist, da die ansonsten in der Industrieanlage entstehenden Abfall- oder Nebenprodukte dann vorteilhaft Verwendung finden können. Die Erfindung zeichnet sich daher in Weiterbildung auch dadurch aus, dass das Kraftwerk oder die Verbrennungsanlage eine mit einer oder mehreren produktionstechnischen oder verfahrenstechnischen Anlage(n) einer Industrieanlage in medienführender Leitungsverbindung stehende und der Brennkammer des Dampferzeugers des Kraftwerks einen kohlenstoffhaltigen Brennstoff zuführende Leitung aufweist, mittels welcher der Brennkammer des Dampferzeugers ein kohlenstoffhaltiger, insbesondere gasförmiger, Stoff oder Stoffstrom, der ein oder mehrere, insbesondere gasförmige, Neben- oder Abfallprodukte der produktionstechnischen oder verfahrenstechnischen Anlagen der Industrieanlage, vorzugsweise in Form einer Gasmischung, umfasst, als kohlenstoffhaltiger Brennstoff, insbesondere in Form eines Kuppelgases, vorzugsweise eines Hochofengichtgas und/oder Kokereigas enthaltenden Kuppelgases, zuführbar ist.

**[0037]** In ganz besonderer Weise eignet sich das erfindungsgemäße Kraftwerk zur Ausgestaltung als Kuppelgaskraftwerk, so dass sich die Erfindung dadurch auszeichnet, dass das Kraftwerk ein in eine Industrieanlage, insbesondere ein Hüttenwerk oder ein Chemiewerk, integriertes Kuppelgaskraftwerk, insbesondere ein Hochofengichtgaskraftwerk oder ein Kokereigaskraftwerk, ist und die das Kraftwerksrauchgas oder daraus gewonnenes CO<sub>2</sub>-Gas führende Leitungsverbindung der Methanisierungsanlage und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage, zumindest einen Teil des bei der Verbrennung des kohlenstoffhaltigen Brennstoffs in der Brennkammer des Dampferzeugers entstehenden Kraftwerksrauchgases zuführt.

**[0038]** Schließlich zeichnet sich das Kraftwerk oder die Verbrennungsanlage auch noch dadurch aus, dass es/sie zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–15 und/oder zur Verwendung nach Anspruch 16 oder 17 ausgelegt ist.

**[0039]** Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Diese zeigt in

**[0040]** Fig. 1 in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Kraftwerk,

**[0041]** Fig. 2 in schematischer Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kraftwerks,

**[0042]** Fig. 3 in schematischer Darstellung ein in ein Hüttenwerk integriertes erfindungsgemäßes Kuppelgaskraftwerk,

**[0043]** Fig. 4 in schematischer Darstellung einen Vergleich zwischen einem Verfahren nach dem Stand der Technik und dem erfindungsgemäßen Verfahren,

**[0044]** Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Hüttenwerkes mit einem Kuppelgaskraftwerk ohne angeschlossene Methanisierungsanlage,

**[0045]** Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Hüttenwerkes mit einem Kuppelgaskraftwerk mit erfindungsgemäß angeschlossener Methanisierungsanlage,

**[0046]** Fig. 7 eine schematische Darstellung des Katalysators,

**[0047]** Fig. 8 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Wasser/Dampf-Kreislaufs eines erfindungsgemäßen Kuppelgaswerkes und in

**[0048]** Fig. 9 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Wasser/Dampf-Kreislaufs eines erfindungsgemäßen Kuppelgaswerkes.

**[0049]** Die Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung eine prozessintegrierte „Power to Gas“-Anwendung eines erfindungsgemäßen Methanisierungsverfahrens und eines erfindungsgemäßen Kraftwerks 2. Das Kraftwerk 2 umfasst einen Dampferzeuger 18 mit Brennkammer 17 und angeschlossenem Wasser/Dampf-Kreislauf 11, in den ein Turbosatz oder Turbinensatz 12 mit angeschlossenem Generator 5 angeordnet ist. Rauchgasseitig ist an das Kraftwerk 2 oder die Verbrennungsanlage eine CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung in Form einer Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage 6a angeschlossen. Die Brennkammer 17 und der Dampferzeuger 18 sind über eine Leitung 15a mit der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage 6a verbunden, wobei mittels der Rauchgasleitung 15a der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage 6a Rauchgas 15 zugeführt wird. Das Rauchgas 15 entsteht in der Brennkammer 17 des Dampferzeugers 18 durch Verbrennung eines kohlenstoffhaltigen Stoffstromes 3a als Brennstoff 3 unter Zuführung eines sauerstoffhaltigen Mediums 4 als Oxidationsmittel.

**[0050]** In der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage 6a, die als PCC(Post Combustion Capture)-Anlage ausgebildet ist, wird das Rauchgas zu einem CO<sub>2</sub>-Gas-Strom 8, der einen hohen CO<sub>2</sub>-Anteil aufweist, aufbereitet und in einer Leitungsverbindung 8a einer Methanisierungsanlage 7 zugeleitet. Bei der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage 6a handelt es sich um eine übliche CO<sub>2</sub>-Gaswäsche mit einem Absorptionsmittel, bei welchem mittels des Absorptionsmittels das CO<sub>2</sub> aus dem Rauchgas 15 entfernt und anschließend von dem CO<sub>2</sub> getrennt wird. Solche Verfahren sind im Stand der Technik üblich, so dass hierauf nicht näher eingegangen wird.

**[0051]** In der Methanisierungsanlage 7 wird in einem ebenfalls üblichen und aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren das im CO<sub>2</sub>-Strom 8 zugeführte Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) mit Hilfe von mit einer Elektrolyse 9 gewonnenem und zugeführtem Wasserstoff (H<sub>2</sub>) 19a zu Methan (CH<sub>4</sub>) umgesetzt, das als Stoff- und Energiestrom 21 aus der Methanisierungsanlage 7 abgeführt wird. Ebenso wird aus der Methanisierungsanlage 7 gebildetes Wasser als Stoff- und Energiestrom 26 abgeleitet.

**[0052]** Die bei der CO<sub>2</sub>-Umwandlung des CO<sub>2</sub>-Gases 8 zu Methan 21 in der Methanisierungsanlage 7 als Abwärme entstehende Wärmeenergie wird an einer oder mehreren Stellen 33, 34 zumindest teilweise in einen Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom 13, 14 ausgekoppelt. Die beiden Energieströme 13 und 14 werden dem Wasser/Dampf-Kreislauf 11 des Kraftwerkes 2 zugeführt und deren Wärmeenergieinhalt wird mittels geeigneter Vorrichtungen 35, 36 in den Wasser/Dampf-Kreislauf 11 eingekoppelt. Vorrichtungen hierfür stellen beispielsweise Wärmetauscher dar. Je nach Wärmeenergieinhalt der Stoff- und/oder Wärmeenergieströme 13, 14 erfolgt die Einkopplung in einen hochenergetischen oder niederenergetischen Bereich des Wasser/Dampf-Kreislaufs 11. Die aus der Methanisierungsanlage ausgekoppelten Stoff- und/oder Wärmeenergieströme 13 und 14 stehen hierzu über Leitungsverbindungen 13a und 14a mit dem Wasser/Dampf-Kreislauf 11 des Kraftwerkes 2 in fluidleitender Verbindung.

**[0053]** Die Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer prozessintegrierten „Power to Gas“-Anwendung, die gegenüber der Ausführungsform nach der Fig. 1 nochmals weiter schematisiert dargestellt ist, und sich im Wesentlichen durch die Zuführung von elektrischem Strom 5a, 5b, 5c und/oder von Überschussstrom 10a, 10b, 10c zur Elektrolyse 9, zur Methanisierungsanlage 7 und/oder zur Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage 6a sowie die Zuführung eines Stoff- und/oder Wärmeenergiestromes 37 von der Methanisierungsanlage 7 zur Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage 6a und einen aus der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage 6a ausgekoppelten Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom 38, der zur

Wärmerückintegration in das Kraftwerk **2** rückgeführt wird, von dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 1** unterscheidet.

**[0054]** Die **Fig. 2** zeigt ein Kraftwerk **2**, dessen Rauchgas **15** einer Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** zugeführt wird und dort zu einem CO<sub>2</sub>-Strom **8** aufbereitet wird, der der Methanisierungsanlage **7** zugeführt wird. In der Methanisierungsanlage **7** wird durch eine Elektrolyse **9** gewonnener Wasserstoff **19a** mit dem zuströmenden CO<sub>2</sub> **8** zu einem Stoff- und Energiestrom **21** aus Methan und einem Stoff- und Energiestrom **26** aus Wasser umgewandelt, welche die Methanisierungsanlage **7** verlassen. Von den die Methanisierungsanlage **7** verlassenden Stoff- und/oder Wärmeenergieströmen **13**, **14** und **37** wird zumindest ein Teil, hier der Wärmeenergiestrom **37**, der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** zugeführt. Dort wird die in dem Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom **37** enthaltene Wärmeenergie zur Durchführung des CO<sub>2</sub>-Abscheidungsprozesses in der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** ausgekoppelt. Die bei der CO<sub>2</sub>-Abscheidung entstehende Abwärme wird wiederum in einen Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom **38** ausgekoppelt, der dem Kraftwerk **2** zugeführt und dort beispielsweise in den Wasser/Dampf-Kreislauf **11** durch Rückintegration eingekoppelt wird.

**[0055]** Weiterhin wird bei der Ausführungsform nach der **Fig. 2** mit dem an den Wasser/Dampf-Kreislauf angeschlossenen Generator **5** Strom erzeugt. Dieser Strom wird als Betriebsstrom **5a** der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** und als Betriebsstrom **5b** der Methanisierungsanlage **7** zugeführt. Durch diese Stromzuführung lässt sich eine Wirkungsgradverbesserung des Kraftwerks von 0,5–5%-Punkten erreichen. Ein anderer Teil des mittels des Generators **5** erzeugten Stromes kann als Betriebsstrom **5c** der Elektrolyse zugeführt werden, welche aber vorzugsweise in Zeit von Überschussstrom **10a** im öffentlichen Netz mit diesem betrieben wird. Ebenso können die Methanisierungsanlage **7** mit Überschussstrom **10b** und die Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** mit Überschussstrom **10c** betrieben werden.

**[0056]** Die **Fig. 3** zeigt in einer schematischen Übersichtsdarstellung ein in eine durch ein Hüttenwerk **1** gebildete Industrieanlage integriertes Kraftwerk **2**, das als Kuppelgaskraftwerk **2a** ausgebildet ist. Der Brennkammer **17** des Dampferzeugers **18** wird aus einem Hochofen **16** abgeleitetes Hochofengichtgas **30** als kohlenstoffhaltiger Brennstoff **3** über eine Leitung **3b** zugeführt. Bei dem Kuppelgas **30** kann es sich um ein aus mehreren Produktgasen des Hüttenwerkes **1** zusammengesetztes Gasgemisch handeln. Von dem Dampferzeuger **18** gelangt das in der Brennkammer **17** entstandene Rauchgas **15** über eine Rauchgasleitung **15a** zu einer Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a**. Ein Teil des Kraftwerks-

rauchgases **15** wird über eine Rauchgasleitungsverbindung **15b** als rezirkuliertes Rauchgas **15c** in die Brennkammer **17** rückgeführt. In der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** wird das Rauchgas **15** vom CO<sub>2</sub> befreit. Der entstehende CO<sub>2</sub>-Gasstrom **8** wird über eine Leitungsverbindung **8a** der Methanisierungsanlage **7** oder dem Methanator **7a** zugeführt. Hier wird das CO<sub>2</sub>-Gas **8** in Methan **21** und Wasser **26** umgewandelt. Die hierbei entstehende Abwärme wird ausgekoppelt und als Stoff- und/oder Wärmeenergieströme **13**, **14** in den Wasser/Dampf-Kreislauf **11** des Kraftwerkes **2** durch dortige Auskopplung rückintegriert. Hierbei kann der Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom **37** aber auch der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** zugeführt werden. Eine in der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** eventuell entstehende Abwärme kann als Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom **38** ausgekoppelt und ebenfalls dem Wasser/Dampf-Kreislauf **11** zugeführt werden. Die Stoff- und/oder Wärmeenergieströme **13**, **14**, **37** und **38** sind in jeweils zugeordneten Leitungsverbindungen **13a**, **14a**, **37a** und **38a** geführt. Die für den Betrieb der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** benötigte Wärmeenergie kann dieser mittels aus dem Wasser/Dampf-Kreislauf **11** abgezapften Anzapfdampfes **27** über einer Leitungsverbindung **29** zugeführt werden.

**[0057]** Der in der Methanisierungsanlage **7** benötigte Wasserstoff **19a** kann mittels einer Elektrolyse **9** erzeugt und der Methanisierungsanlage **7** über eine wasserstoffführende Leitungsverbindung **19** zugeführt werden. Es ist aber auch möglich, aus dem Kuppelgas **30** gewonnenen Wasserstoff **19b** der Methanisierungsanlage **7** zuzuführen. Der in der Elektrolyse **9** oder Elektrolyseanlage entstehende Sauerstoff **20** kann der Brennkammer **17** als Prozessgas **20a** oder als sauerstoffhaltiges Medium **4**, insbesondere als reiner Sauerstoff **4a**, zugeführt werden. Der für die Elektrolyse **9** und/oder die Durchführung der Methanisierung in der Methanisierungsanlage **7** und/oder der für die CO<sub>2</sub>-Abscheidung in der CO<sub>2</sub>-Angasbehandlung **6**, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a**, jeweils benötigte Strom wird vorteilhafterweise und zweckmäßigerweise diesen Anlagen insbesondere als Überschussstrom **10a**, **10b**, **10c** zugeführt, wenn in dem angeschlossenen öffentlichen Netz ein Überangebot an elektrischem Strom, also ein Überschussstrom, besteht. Zur Sicherstellung des Betriebes dieser Anlagen ist es aber zudem möglich, den jeweils benötigten Betriebsstrom mittels des an den Wasser/Dampf-Kreislauf **11** des Kraftwerks **2** angeschlossenen Generators **5** zu erzeugen und als Betriebsstrom bzw. Strom **5a**, **5b**, **5c** der jeweiligen Anlage zuzuführen, wie dies in **Fig. 3** dargestellt ist.

**[0058]** Die **Fig. 4** und **Fig. 6** zeigen in schematischer Darstellung Ausführungsbeispiele der Erfindung, bei welchen eine Industrieanlage als Hüttenwerk **1**, sche-



matisch als gestrichelte Linie dargestellt, verwirklicht ist. Bestandteil des Hüttenwerks **1** ist ein Kuppelgaskraftwerk **2a** in Form eines Hochofengichtgaskraftwerks, in dem aus einem Hochofen **16** stammendes Hochofengichtgas **24** als Kuppelgas **30** unter Zuführung eines sauerstoffhaltigen Mediums **4** verbrannt wird. Hierbei kann auch aus dem Abgasraum der Brennkammer **17** eines Dampferzeugers **18** des Kraftwerks **2a** rückgeführtes Kraftwerksrauchgas **15c** oder ein CO<sub>2</sub>-angereicherter Gasstrom in das Kuppelgaskraftwerk **2a** eingeleitet und zusätzlich bei der Verbrennung des Kuppelgases **30** oder bei der Umwandlung von Gichtgasbestandteilen Verwendung finden.

**[0059]** Das während der Verbrennung des Kuppelgases **30** entstehende und aus dem Kuppelgaskraftwerk **2a** austretende Kraftwerksrauchgas **15** soll insbesondere einen Anteil von mindestens ca. 30 Gew.-% oder Vol.-% an CO<sub>2</sub> aufweisen, weshalb es von besonderem Vorteil ist, dem Kuppelgaskraftwerk **2a** zur Verbrennung des Kuppelgases **30** einen reinen Sauerstoffstrom **4a** oder einen hoch mit Sauerstoff angereicherten Gasstrom, der einen höheren Sauerstoffanteil als Luft aufweist, zuzuführen.

**[0060]** Wie in den **Fig. 3** sowie **Fig. 8** und **Fig. 9** dargestellt, ist an den Feuerraum oder die Brennkammer **17** des Kuppelgaskraftwerkes **2a**, in welche das Kuppelgas **30** und das sauerstoffhaltige Medium **4** zur Verbrennung eingeleitet werden, in üblicher Weise ein Dampferzeuger **18** mit einem Wasser/Dampf-Kreislauf **11** mit integriertem Turbinensatz **12** angeschlossen. Der Turbosatz **12** steht in üblicher Weise mit einem Generator **5** zur Stromerzeugung in Verbindung. Mit Hilfe des Kuppelgaskraftwerkes **2** mit angeschlossenem Generator **5** lässt sich Strom mit einem Wirkungsgrad  $\eta$  erzeugen. Dieser Wirkungsgrad  $\eta$  verändert, d. h. verbessert, sich um einen Betrag  $\Delta\eta$  von 0,5–5%-Punkten, wenn zumindest ein Teil der mit dem Generator **5** in Form von elektrischem Strom **5a**, **5b**, **5c** erzeugten Energie genutzt wird, um für eine CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** oder Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** und/oder eine Methanisierung **7** oder einen Methanator **7a** und/oder eine Elektrolyse **9**, die in den in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** dargestellten Prozessschemata dargestellt sind, elektrische Energie zu Verfügung zu stellen, wie dies mittels der in den **Fig. 2** und **Fig. 3** gezackt dargestellten Pfeile **5a**, **5b** und **5c** schematisch dargestellt ist.

**[0061]** Das aus dem Kuppelgaskraftwerk **2a** stammende, CO<sub>2</sub>-haltige Kraftwerksrauchgas **15** wird in einer nachgeschalteten CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** oder Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** mittels eines CO<sub>2</sub>-Abscheidungsprozesses oder eines Waschverfahrens von dem CO<sub>2</sub> befreit und zu einem fast reinen, hoch CO<sub>2</sub>-haltigen Gasstrom **8** aufbereitet. Bei der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** handelt es sich insbesondere um die Durchführung eines Post Com-

bustion (Carbon) Capture Prozesses (PCC- oder PCCC-Prozess). Vorzugsweise ist eine CO<sub>2</sub>-Gaswäsche oder ein CO<sub>2</sub>-Gaswäscher Bestandteil des PCC- oder PCCC-Prozesses und damit der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6**, mittels welcher/welchem das Kraftwerksrauchgas mit einem – insbesondere aminhaltigen – Absorptionsmittel, das vorzugsweise wieder regeneriert wird, aufbereitet wird. Die Amine reichern sich mit dem Kohlendioxid an und unter Zuführung von Wärme wird das CO<sub>2</sub> anschließend kontrolliert freigesetzt. Als Aminlösungen werden vorzugsweise Diethanolamin (DEA), Methyldiethanolamin (MDEA) und Monoethanolamina verwendet.

**[0062]** Ergebnis der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** ist ein hochreiner CO<sub>2</sub>-Gasstrom **8**, der der Methanisierungsanlage **7** zugeführt wird. Bei der Methanisierung wird das CO<sub>2</sub> mittels Wasserstoff (H<sub>2</sub>) in Methan (CH<sub>4</sub>) umgewandelt. Vorzugsweise geschieht dies katalytisch, wobei sich ein Rh-Mn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Katalysator, der in **Fig. 7** als „Hitachi-Catalyst“ bezeichnet ist, als vorteilhaft erwiesen hat. Dem Methanator **7a** oder der Methanisierungsanlage **7** wird zudem Wasserstoff (H<sub>2</sub>) zugeführt, wobei vorzugsweise aus einer Elektrolyse **9** stammender Wasserstoff **19a** verwendet wird. In der Methanisierungsanlage **7** oder dem Methanator **7a** wird Methan (CH<sub>4</sub>) per Synthese erzeugt, das dann auf übliche Art und Weise gespeichert werden kann. Zur Erzeugung des Wasserstoffes **19a** in der Elektrolyse **9** wird elektrischer Strom **10a**, vorzugsweise sogenannter „Überschussstrom“, der bei der Erzeugung von Strom aus regenerativen Energiequellen häufig als Netzüberkapazität entsteht, verwendet. Da dieser Strom nicht in üblicher Weise verbraucht werden kann, eröffnet somit die Methanisierung von CO<sub>2</sub> die Möglichkeit der Energiespeicherung. Es kann aber auch mittels des Generators **5** erzeugter Strom **5c** für die Durchführung der Elektrolyse **9** Verwendung finden. Dies insbesondere dann, wenn das Kraftwerk **2**, insbesondere Kuppelgaskraftwerk **2a**, ohne Stromabgabe in ein etwaig angeschlossenes öffentliches Stromnetz in einer Ruhephase in einem Minimallastbereich betrieben wird, wobei dennoch eine Stromproduktion erfolgt oder aus technischen Gründen erfolgen muss.

**[0063]** Auch die bei der Methanisierung und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung entstehende Wärme findet Verwendung. Die katalytische Methanisierung läuft bei einer Temperatur von ca. 300°C ab, weshalb die Abwärme der Methanisierung als ausgekoppelter Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom **13**, **14**, **37** als Energieeintrag in die CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** (Wärmestrom **37**) und/oder das Kuppelgaskraftwerk **2a** und/oder dessen Wasser/Dampf-Kreislauf **11** (Wärmeströme **13**, **14**) und/oder eine oder mehrere Prozessstufe(n) der Industrieanlage, hier des Hüttenwerks **1**, genutzt wird. Auch ist es möglich, die Abwärme der CO<sub>2</sub>-Abgasbewandlung **6**, die im Bereich zwischen 300°C und 120°C liegt, als Stoff- und/oder

Wärmeenergiestrom **38** auszukoppeln und im Kuppelgaskraftwerk **2a** und/oder dessen Wasser/Dampf-Kreislauf **11** und/oder einer oder mehrerer Prozessstufe(n) der Industrieanlage, hier des Hüttenwerks **1**, zu nutzen. Hierdurch kann der Gesamtwirkungsgrad des Kuppelgaskraftwerks **2a** und damit der Industrieanlage weiter verbessert werden, da das Kuppelgaskraftwerk **2a**, die CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** und die Methanisierung in die Stoff- und/oder Energieströme der Industrieanlage, hier des Hüttenwerks **1**, integriert sind. Ein als Neben- oder Abfallprodukt in der Industrieanlage anfallender kohlenstoffhaltiger Stoffstrom **3a**, hier Hochofengichtgas **30**, wird dem Kraftwerk **2**, hier dem Kuppelgaskraftwerk **2a**, als Brennstoff **3** zugeführt. Ein Teil des vom Generator **5** erzeugten Stromes wird als elektrische Energie **5a**, **5b** der dem Kraftwerk nachgeschalteten CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** und insbesondere der zugeordneten und nachgeschalteten Methanisierungsanlage **7** zugeführt. Das Kraftwerksrauchgas **15** des Kraftwerks **2**, **2a** wird ebenfalls der Methanisierungsanlage **7** als, ggf. vorher aufbereiteter, Stoffstrom zugeführt. Von der Methanisierungsanlage **7** wiederum wird Wärmeenergie in Form von Abwärme als Wärmeenergiestrom **13**, **14**, **37** einem oder mehreren der in der Industrieanlage ablaufenden Prozesse und/oder dem Kuppelgaskraftwerk **2a**, insbesondere mindestens einem diesem zugeführten Medium, insbesondere dem Verbrennungssauerstoff, und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** zugeführt. Ebenso wird Wärmeenergie in Form von Abwärme als von der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** oder Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage **6a** ausgehender Wärmeenergiestrom **38** der Industrieanlage und/oder dem Kraftwerk **2**, **2a** zugeführt.

**[0064]** In der Fig. 4 ist im oberen Teil A die bisher nach dem Stand der Technik übliche Verfahrensweise in Bezug auf ein Hüttenwerk **1** und eine Gasgewinnung dargestellt. Danach werden Eisenerz und Kohle zu Stahl unter Ausstoß von CO<sub>2</sub> verhüttet und wird Erdgas in Förderfeldern gefördert sowie mit einem Pipelinesystem zum Endverbraucher transportiert. Wie im unteren Teil B der Fig. 4 dargestellt, wird gemäß der vorliegenden Erfindung das in einem Hüttenwerk **1** entstehende CO<sub>2</sub> in einem als Kuppelgaskraftwerk **2a** ausgebildeten Kraftwerk **2** des Hüttenwerks **1** entstehende CO<sub>2</sub> in künstliches Erdgas in Form von Methan (CH<sub>4</sub>) umgewandelt, das an Verbraucher weitertransportiert wird. Das entstehende Methangas kann dann von anderen Verbrauchern energetisch sinnvoll genutzt und auch zu Methanol weiterverarbeitet werden.

**[0065]** Die Fig. 5 zeigt im linken Teilbild die sich bei einem in ein Hüttenwerk **1** integrierten Kuppelgaskraftwerk **2a** einstellenden Stoff- und Energieströme. Hierbei handelt es sich um die Einbringung von Kohle **22**, insbesondere in Form von Koks, Eisenerz und weiteren Stoffen zur Stahlherstellung. Die

im Verlauf der Stahlherstellung in dem Hüttenwerk **1** aus den Kohlenstoffträgern entstehenden Produktgase, z. B. Kokereigas **23**, Hochofengichtgas **24**, Stahlwerksabgas **25** und Sinteranlagenabgas **28** werden als Gasgemisch zu einem Kuppelgas **30** zusammengefasst und dem Kuppelgaskraftwerk **2a** zugeleitet. Der durch die Verbrennung der Kuppelgase **30** in dem Kuppelgaskraftwerk **2a** bei der Verbrennung in der Brennkammer **17** eines Dampferzeugers **18** mit angeschlossenen Wasser/Dampf-Kreislauf **11** mit integriertem Turbosatz **12** und Generator **5** erzeugte Strom **31** und die entstehende Wärme **32** werden dem Hüttenwerk **1** wieder zugeführt, so dass hierdurch ein Wirkungsgrad  $\eta$  des Kuppelgaskraftwerkes **2a** von ungefähr 42% erreichbar ist. Wird in ein solches Hüttenwerk **1** erfindungsgemäß ein Kraftwerk **2**, insbesondere ein Kuppelgaskraftwerk **2a**, mit angeschlossener CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** und angeschlossener Methanisierungsanlage **7** oder angeschlossener Methanator **7a** integriert, wie dies in der Fig. 6 dargestellt ist, so lässt sich der Wirkungsgrad  $\eta$  bei ansonsten gleichem Kraftwerk **2** oder gleicher Verbrennungsanlage auf 60% erhöhen.

**[0066]** Die Fig. 8 und Fig. 9 zeigen verschiedene erfindungsgemäße Einbindungsmöglichkeiten eines als Kuppelgaskraftwerk **2a** ausgebildeten Kraftwerks **2** mit angeschlossenen Wasser/Dampf-Kreislauf **11** und integriertem Turbinensatz **12** in ein Hüttenwerk **1**, wobei es sich bei dem Kuppelgaskraftwerk **2a** um ein Hochofengichtgas **24** verbrennendes Kuppelgaskraftwerk **2a** handelt. Die Fig. 8 zeigt eine erste erfindungsgemäße Einbindungsmöglichkeit eines als Kuppelgaskraftwerkes **2a** mit angeschlossenen Wasser/Dampf-Kreislauf **11** und integriertem Turbinensatz **12** ausgebildeten Kraftwerks **2** in ein Hüttenwerk **1**, wobei es sich um ein Hochofengichtgas **24** verbrennendes Kuppelgaskraftwerk **2a** handelt. In der Fig. 9 ist eine weitere Einbindungsmöglichkeiten dargestellt, die sich hinsichtlich der Wärmeauskoppelung aus dem Wasser/Dampf-Kreislauf **11** gegenüber der nach Fig. 8 unterscheidet.

**[0067]** Auch wenn sich einige Ausführungsbeispiele auf ein Kuppelgaskraftwerk **2a** beziehen, so ist die Erfindung doch ganz allgemein auf mit einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff **3** befeuerte Kraftwerke **2** und den sich dabei jeweils bildenden Rauchgasstrom **15** anwendbar. Unter einem Kraftwerk **2** wird folglich jede Art eines kohlenstoffbefeuchten, insbesondere fossil befeuerten, Kraftwerks, insbesondere Großkraftwerks, d. h. ein steinkohlebefeuetes oder braunkohlebefeuetes oder gasbefeuetes Kraftwerk, verstanden. Auch biomasse- und biogasbefeuerte Kraftwerke sind unter dem Begriff Kraftwerk zu subsumieren, wobei es sich bei letzteren nicht nur um Großkraftwerke, sondern auch um Kleinkraftwerke oder Kleinanlagen, also Verbrennungsanlagen, handeln kann. Ein „Kraftwerksrauchgas“ oder Rauchgas ist dann das Gas oder der Gasstrom, das/der bei

einem der vorgenannten Kraftwerke das Abgas der Brennkammer bzw. des Dampferzeugers bildet. Insofern kann anstelle des in den **Fig. 3** und **Fig. 6** dargestellten Kuppelgaskraftwerkes **2a** jeder der vorstehend genannten Kraftwerkstypen das Kraftwerk **2** ausbilden, das einerseits mittels des Rauchgasstromes **15** über die CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** und den dort gebildeten CO<sub>2</sub>-reichen Abgasstrom **8** sowie andererseits mittels zumindest eines Teiles oder einem der Wärmeenergieströme **13** und/oder **14** und/oder **37** und/oder **38** erfolgenden Abwärmerückintegration mit der Methanisierungsanlage **7** oder dem Methanator **7a** und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung **6** in der weiter vorstehend beschriebenen Wirkverbindung steht.

**[0068]** Die aus der Methanisierung, insbesondere der Methanisierungsanlage **7**, stammende Abwärme, insbesondere die Stoff- und/oder Wärmeenergieströme **13**, **14**, **37** und **38**, können dem Wasser/Dampf-Kreislauf **11** des Kraftwerkes **2**, **2a** zumindest teilweise zur Leistungssteigerung zugeführt werden.

**[0069]** Ebenso kann der bei der Elektrolyse **9** als Kuppelprodukt entstehende Sauerstoff **20** zumindest teilweise zur Leistungssteigerung des Kraftwerkes **2**, **2a**, insbesondere des Kraftwerkprozesses oder einer angeschlossenen Prozessanlage, insbesondere ein Hochofen **16** oder ein Reaktor, verwendet werden. Hierdurch wird nicht nur der bei der Elektrolyse entstehende Wasserstoff für die Methanisierung genutzt, sondern auch der Sauerstoff, so dass der energetische Gesamtwirkungsgrad weiter erhöht wird.

## ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- „New technologies for separation, fixation and conversion of carbon dioxide to mitigate global warming” (Hitachi, Vol. 42 (1993), No. 6, Seiten 255–260) [0004]
- „New technologies for separation, fixation and conversion of carbon dioxide to mitigate global warming” (Hitachi, Vol. 42 (1993), No. 6, Seiten 255–260) [0008]

## Patentansprüche

1. Methanisierungsverfahren umfassend die Umwandlung von aus einem Kraftwerksrauchgas (15) eines mit einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff (3), insbesondere eines mit einem kohlenstoffhaltigen Gas, befeuerten Kraftwerks (2, 2a) mit angeschlossenem Wasser/Dampf-Kreislauf (11) stammendem, insbesondere abgezweigtem oder gewonnenem, CO<sub>2</sub>, insbesondere CO<sub>2</sub>-Gas (8), in einer Methanisierungsanlage (7) zu Methan (21), **dadurch gekennzeichnet**, dass die bei der CO<sub>2</sub>-Umwandlung zu Methan (21) in der Methanisierungsanlage (7) als Abwärme entstehende Wärmeenergie zumindest teilweise in mindestens einen Stoff- und/oder Wärmeenergiestrom (13, 14, 37) ausgekoppelt (33, 34) und dieser zumindest teilweise mindestens einem der Brennkammer (17) eines Dampferzeugers (18) des Kraftwerks (2, 2a) brennerseitig zuströmenden Medium und/oder dem Wasser/Dampf-Kreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) und/oder einer der Methanisierungsanlage (7) verfahrenstechnisch vorgeschalteten CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), und/oder einer oder mehreren Prozessstufe(n) einer angeschlossenen Industrieanlage zugeführt wird.

2. Methanisierungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Kraftwerk (2, 2a), insbesondere der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18), ein ein oder mehrere gasförmige Neben- oder Abfallprodukte einer Industrieanlage, insbesondere eines Chemiewerkes oder eines Hüttenwerkes (19, vorzugsweise in Form einer Gas Mischung, enthaltendes Kuppelgas (30), insbesondere ein Hochofengichtgas (24) und/oder Kokereigas enthaltendes Kuppelgas (30), als kohlenstoffhaltiger Stoffstrom (3a) und Brennstoff (3) zugeführt wird.

3. Methanisierungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kraftwerk (2, 2a) als integraler Bestandteil der angeschlossenen Industrieanlage ausgebildet sowie in zumindest einen Teil der Stoff- und/oder Energieströme der Industrieanlage integriert ist und zumindest ein Teil mindestens eines bei einem Produktionsprozess in der Industrieanlage als Neben- oder Abfallprodukt anfallenden, insbesondere gasförmigen, kohlenstoffhaltigen Stoffes oder Stoffstromes (3a) der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) des Kraftwerks (2, 2a) als kohlenstoffhaltiger Brennstoff (3) zugeführt wird.

4. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil des bei der Verbrennung des kohlenstoffhaltigen Brennstoffs (3), insbesondere des kohlenstoffhaltigen Stoffes oder Stoffstroms (3a), in der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) des Kraftwerkes (2, 2a) entstehenden Kraft-

werksrauchgases (15) oder des in dem Kraftwerksrauchgas (15) enthaltenen CO<sub>2</sub>-Gases (8), vorzugsweise nach der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung des Kraftwerksrauchgases (15), insbesondere in der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), der Methanisierungsanlage (7) zugeführt wird.

5. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil des zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung benötigten Wärmebedarfs der CO<sub>2</sub>-Abscheidung (6) oder der CO<sub>2</sub>-Abgasaufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), in Form eines von der Abwärme der Methanisierungsanlage (7) gespeisten Stoff- und/oder Wärmeenergiestromes (37) zugeführt wird.

6. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das CO<sub>2</sub>, insbesondere CO<sub>2</sub>-Gas (8), zumindest teilweise in der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder der CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), mittels eines Post Combustion (Carbon) Capture Prozesses (PCC- oder PCCC-Prozess), insbesondere mittels einer CO<sub>2</sub>-Gaswäsche mit einem Absorptionsmittel, aus dem Kraftwerksrauchgas (15) gewonnen, insbesondere abgeschieden, wird.

7. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in der der Methanisierungsanlage (7) verfahrenstechnisch vorgeschalteten CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), als Abwärme entstehende Wärmeenergie zumindest teilweise in einen Stoff- und/oder Energiestrom (38) ausgekoppelt und dieser zumindest teilweise mindestens einem der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) des Kraftwerks (2, 2a) brennerseitig zuströmenden Medium und/oder dem Wasser/Dampfkreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) und/oder der verfahrenstechnisch nachgeschalteten Methanisierungsanlage (7) und/oder einer oder mehreren Prozessstufe(n) der angeschlossene Industrieanlage zugeführt wird.

8. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil des zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung benötigten Wärmebedarfs der CO<sub>2</sub>-Abscheidung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), in Form von aus dem Wasser/Dampf-Kreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) abgezweigtem Anzapfdampf (27) zugeführt wird.

9. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**

**net**, dass die Methanisierungsanlage (7) und/oder die CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere die Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), in Zeiten von Überschussstrom (10b, 10c) im öffentlichen Stromnetz zumindest teilweise oder zeitweise mit diesem betrieben wird und/oder der Methanisierungsanlage (7) und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), mittels eines an den Wasser/Dampf-Kreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) angeschlossenen Generators (5) erzeugter Strom (5a, 5b) zugeführt wird.

10. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der der Methanisierungsanlage (7) zugeführte Wasserstoff (19a) zumindest teilweise oder zeitweise mittels einer, insbesondere in die Industrieanlage integrierten, Elektrolyse (9) erzeugt wird.

11. Methanisierungsverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektrolyse (9) in Zeiten von Überschussstrom (10a) im öffentlichen Stromnetz zumindest teilweise oder zeitweise mit diesem betrieben wird und/oder der Elektrolyse (9) mittels eines an den Wasser/Dampf-Kreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) angeschlossenen Generators (5) erzeugter Strom (5c) zugeführt wird.

12. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der in der Methanisierungsanlage (7) für die Methanisierung des CO<sub>2</sub> benötigte Wasserstoff (19b) im Bereich der Industrieanlage zumindest teilweise oder zeitweise aus einem oder mehreren Kuppelgas(en) (30), insbesondere mittels Druckwechselabsorption (pressure swing absorption) oder Membrantrennung, gewonnen wird.

13. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Elektrolyse (9) als Kuppelprodukt entstehender Sauerstoff (20) als Stoff- und/oder Energiestrom einer oder mehreren Prozessstufe(n) der Industrieanlage und/oder dem Kraftwerk (2, 2a) als Prozessgas (20a), insbesondere der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) als Oxidationsmittel, zugeführt wird.

14. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Kraftwerk (2, 2a), insbesondere der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18), rezirkuliertes Kraftwerksrauchgas (15c) als Stoff- und/oder Energiestrom zugeführt wird.

15. Methanisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das in der Methanisierungsanlage (7) entstehende Methan (CH<sub>4</sub>) ganz oder teilweise als

Stoff- und/oder Energiestrom (21) einem Produktionsprozess, insbesondere einem Umwandlungsprozess, der Industrieanlage zugeführt wird und/oder in ein Erdgasnetz eingespeist und/oder in einem Behälter gespeichert wird.

16. Verwendung eines Methanisierungsverfahrens nach einem der Ansprüche 1–15 zur Speicherung von mittels eines mit einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff (3) befeuerten Kraftwerks (2, 2a) erzeugter und/oder in einem öffentlichen Netz vorhandener überschüssiger elektrischer Energie, insbesondere Strom (5a, 5b, 5c) und/oder Überschussstrom (10a, 10b, 10c), in Form von in der Methanisierungsanlage (7) erzeugtem Methan (CH<sub>4</sub>) und Nutzung der in der Methanisierungsanlage (7) entstehenden Wärmeenergie.

17. Verwendung nach Anspruch 16, in einer Industrieanlage, insbesondere einem Hüttenwerk (1) oder einem Chemiewerk, die/das das Kraftwerk (2), insbesondere ein Kuppelgaskraftwerk (2a), umfasst, das eine angeschlossene CO<sub>2</sub>-abscheidende Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), insbesondere in Form einer CO<sub>2</sub>-Gaswäsche mittels eines Absorptionsmittels (PC(C)C = Post Combustion (Carbon) Capture), für das Kraftwerksrauchgas (15) und eine(n) dieser nachgeschaltete(n), den in der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a) abgeschiedenen CO<sub>2</sub>-Strom (8) ganz oder teilweise verarbeitende(n) Methanisierungsanlage (7) oder Methanator (7a) aufweist, wobei der Methanisierungsanlage (7) oder dem Methanator (7a) aus einer Wasserstoffquelle stammender, insbesondere mittels einer Elektrolyse (9) gewonnener, Wasserstoff (19a) zur, insbesondere katalytischen, Umsetzung des aus der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a) zugeführten CO<sub>2</sub>, insbesondere CO<sub>2</sub>-Gas (8), unter Methan (CH<sub>4</sub>) erzeugenden Bedingungen zugeführt wird, wobei in dem Methan (CH<sub>4</sub>) der Methanisierungsanlage (7) oder dem Methanator (7a) von einem Generator (5), der von einem im Wasser/Dampf-Kreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) angeordneten Turbosatz oder Turbinensatz (12) angetrieben wird, erzeugt und/oder als Überschussstrom (10a, 10b, 10c) aus dem öffentlichen Netz stammender und der Methanisierungsanlage (7) und/oder der Rauchgasbehandlungsanlage (6a) und/oder der Elektrolyse (9) zugeführter Strom (5a, 5b, 5c) gespeichert wird.

18. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage mit angeschlossenen Wasser/Dampf-Kreislauf (11), das/die eine mit einem kohlenstoffhaltigen Brennstoff (3), insbesondere mit einem kohlenstoffhaltigen Gas, befeuerte Brennkammer (17) eines Dampferzeugers (18) umfasst und insbesondere als integraler Bestandteil einer Industrieanlage, insbesondere eines Hüttenwerks (1) oder eines Chemiewerks, ausgebildet ist, wobei die Rauchgasleitung (15a) der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) des Kraftwerks (2, 2a) oder der Verbrennungsanlage in einer

Rauchgas, insbesondere Kraftwerksrauchgas (15), und/oder daraus gewonnenes CO<sub>2</sub>, insbesondere CO<sub>2</sub>-Gas (8), führenden Leitungsverbindung (15a, 8a) mit einer dieses zu Methan (CH<sub>4</sub>) umsetzenden Methanisierungsanlage (7) oder einem Methanator (7a) steht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Methanisierungsanlage (7) oder der Methanator (7a) in mindestens einer die bei der Methanisierung des Rauchgases oder Kraftwerksrauchgases (15) oder CO<sub>2</sub>-Gases (8) entstehende Abwärme zumindest teilweise auskoppelnden, wärmeenergieführenden Leitungsverbindung (13a, 14a, 37a) mit mindestens einem der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) des Kraftwerks (2, 2a) brennerseitig zuströmenden Medium und/oder dem Wasser/Dampf-Kreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) und/oder einer der Methanisierungsanlage (7) verfahrenstechnisch vorgeschalteten CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), und/oder einer oder mehreren produktionstechnischen oder verfahrenstechnischen Anlage(n) der Industrieanlage steht.

19. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftwerksrauchgas (15) oder daraus gewonnenes CO<sub>2</sub>-Gas (8) führende Leitungsverbindung (15a, 8a) eine verfahrenstechnisch der Methanisierungsanlage (7) oder dem Methanator (7a) vorgeschaltete CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), umfasst, die in Gasströmungsrichtung eingangsseitig in Rauchgas, insbesondere Kraftwerksrauchgas (15), zuführender Leitungsverbindung (15a) mit der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) und ausgangsseitig in CO<sub>2</sub>-Gas (8) abführender Leitungsverbindung (8a) mit der Methanisierungsanlage (7) oder dem Methanator (7a) steht und die in einer die bei der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere bei der Kraftwerksrauchgasbehandlung (6a), entstehende Abwärme auskoppelnden wärmeenergieführenden Leitungsverbindung (38a) mit mindestens einem der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) brennerseitig zuströmenden Medium und/oder dem Wasser/Dampf-Kreislauf (11) des Kraftwerks (2, 2a) und/oder der verfahrenstechnisch nachgeschalteten Methanisierungsanlage (7) und/oder einer oder mehreren produktionstechnischen oder verfahrenstechnischen Anlage(n) der Industrieanlage steht.

20. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach Anspruch 18 oder 19 **dadurch gekennzeichnet**, dass die CO<sub>2</sub> abscheidende CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlungsanlage (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), als CO<sub>2</sub>-Gaswäsche mittels eines Absorptionsmittels (PC(C)C = Post Combustion (Carbon) Capture) ausgebildet ist.

21. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 18–20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), in medienführender Leitungsverbindung (29) mit dem Wasser/Dampf-Kreislauf (11) steht, mittels welcher ihr Anzapfdampf (27) zuführbar ist.

22. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 18–21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Methanisierungsanlage (7) oder der Methanator (7a) in medienführender Leitungsverbindung (19) mit einer Wasserstoffquelle, insbesondere einer Elektrolyse (9), steht.

23. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 18–22, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kraftwerk (2, 2a) oder die Verbrennungsanlage einen an seinen/ihren Wasser/Dampf-Kreislauf (11) angeschlossenen, insbesondere von einem in dem Wasser/Dampf-Kreislauf (11) angeordneten Turbosatz (12) angetriebenen, Generator (5) umfasst, der in stromleitender Leitungsverbindung (5a, 5b, 5c) mit der Methanisierungsanlage (7) oder dem Methanator (7a) und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder der CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere der Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), und/oder der Elektrolyse (9) steht.

24. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 18–23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Methanisierungsanlage (7) oder der Methanator (7a) und/oder die CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder die CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere die Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), und/oder die Elektrolyse (9) in einer Überschussstrom zuführenden stromleitenden Leitungsverbindung (10a, 10b) mit einem angeschlossenen öffentlichen Stromnetz steht/stehen.

25. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 18–24, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kraftwerk (2, 2a) oder die Verbrennungsanlage eine mit einer oder mehreren produktionstechnischen oder verfahrenstechnischen Anlage(n) einer Industrieanlage in medienführender Leitungsverbindung stehende und der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) des Kraftwerks (2, 2a) einen kohlenstoffhaltigen Brennstoff (3) zuführende Leitung (3b) aufweist, mittels welcher der Brennkammer () des Dampferzeugers (18) ein kohlenstoffhaltiger, insbesondere gasförmiger, Stoff oder Stoffstrom (3a), der ein oder mehrere, insbesondere gasförmige, Neben- oder Abfallprodukte der produktionstechnischen oder verfahrenstechnischen Anlagen der Industrieanlage, vorzugsweise in Form einer Gasmischung, umfasst, als kohlenstoffhaltiger Brennstoff (3), insbesondere in Form eines Kuppelgases (30), vorzugsweise eines Hochofengichtgas (24) und/oder

Kokereigas enthaltenden Kuppelgases (30), zuführbar ist.

26. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 18–25, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kraftwerk (2, 2a) ein in eine Industrieanlage, insbesondere ein Hüttenwerk (1) oder ein Chemiewerk, integriertes Kuppelgaskraftwerk (2a), insbesondere ein Hochofengichtgaskraftwerk oder ein Kokereigaskraftwerk, ist und die das Kraftwerksrauchgas (15) oder daraus gewonnenes CO<sub>2</sub>-Gas (8) führende Leitungsverbindung (15a, 8a) der Methanisierungsanlage (7) und/oder der CO<sub>2</sub>-Abgasbehandlung (6) oder CO<sub>2</sub>-Aufbereitung, insbesondere Kraftwerksrauchgasbehandlungsanlage (6a), zumindest einen Teil des bei der Verbrennung des kohlenstoffhaltigen Brennstoffs (3) in der Brennkammer (17) des Dampferzeugers (18) entstehenden Kraftwerksrauchgases (15) zuführt.

27. Kraftwerk (2, 2a) oder Verbrennungsanlage nach einem der Ansprüche 18–26, **dadurch gekennzeichnet**, dass es/sie zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–15 und/oder zur Verwendung nach Anspruch 16 oder 17 ausgelegt ist.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

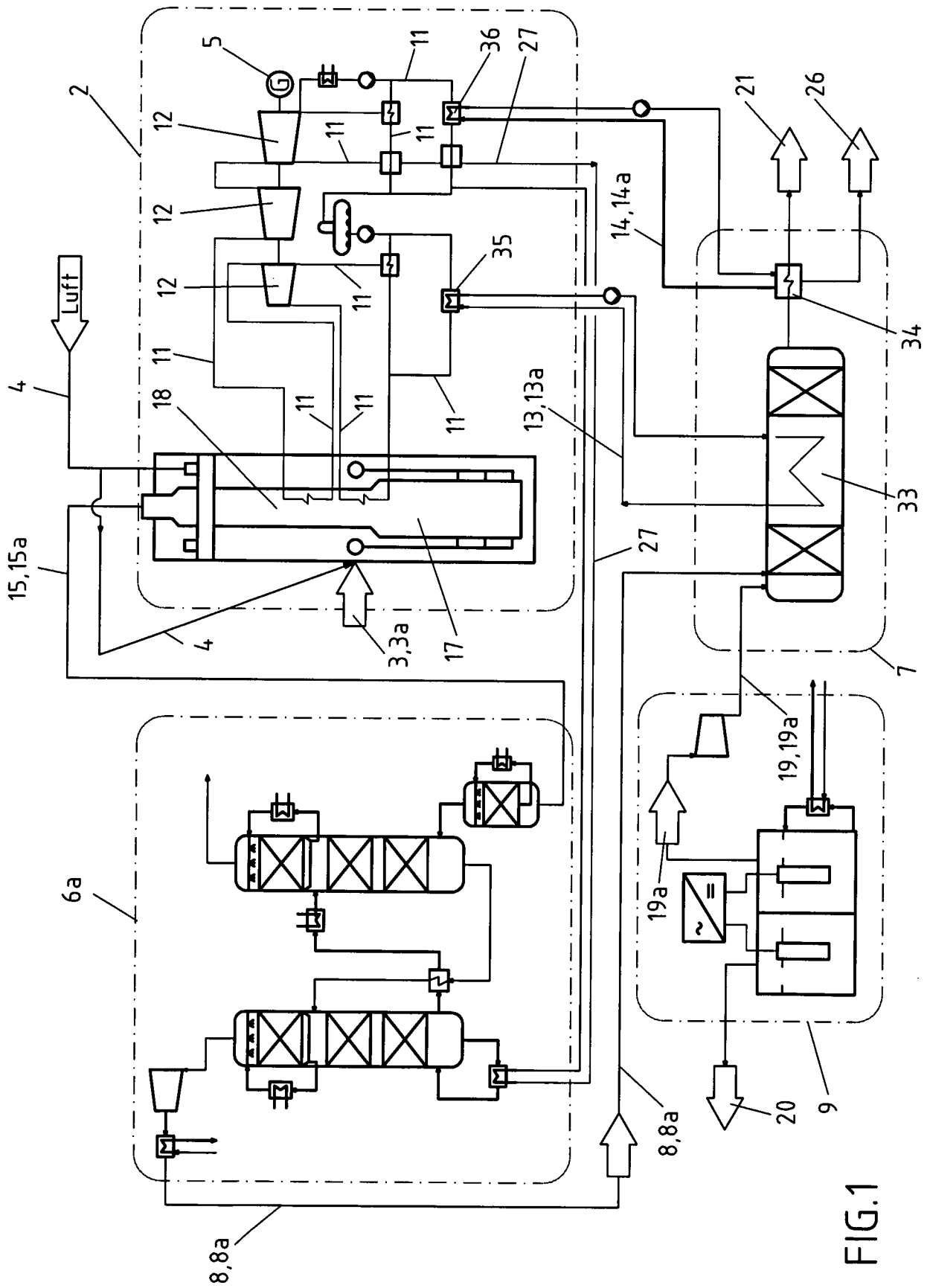


FIG. 1

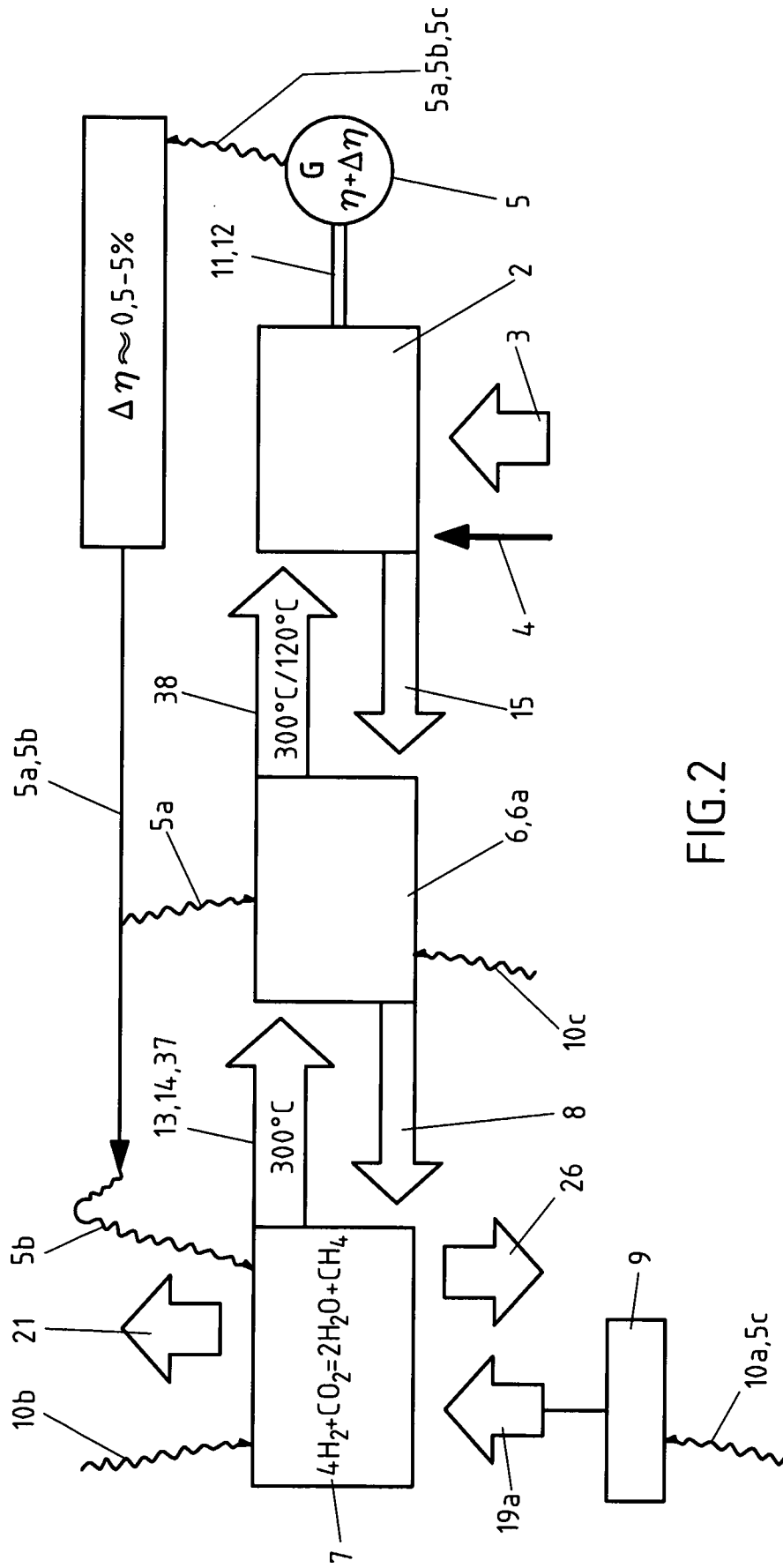


FIG.2

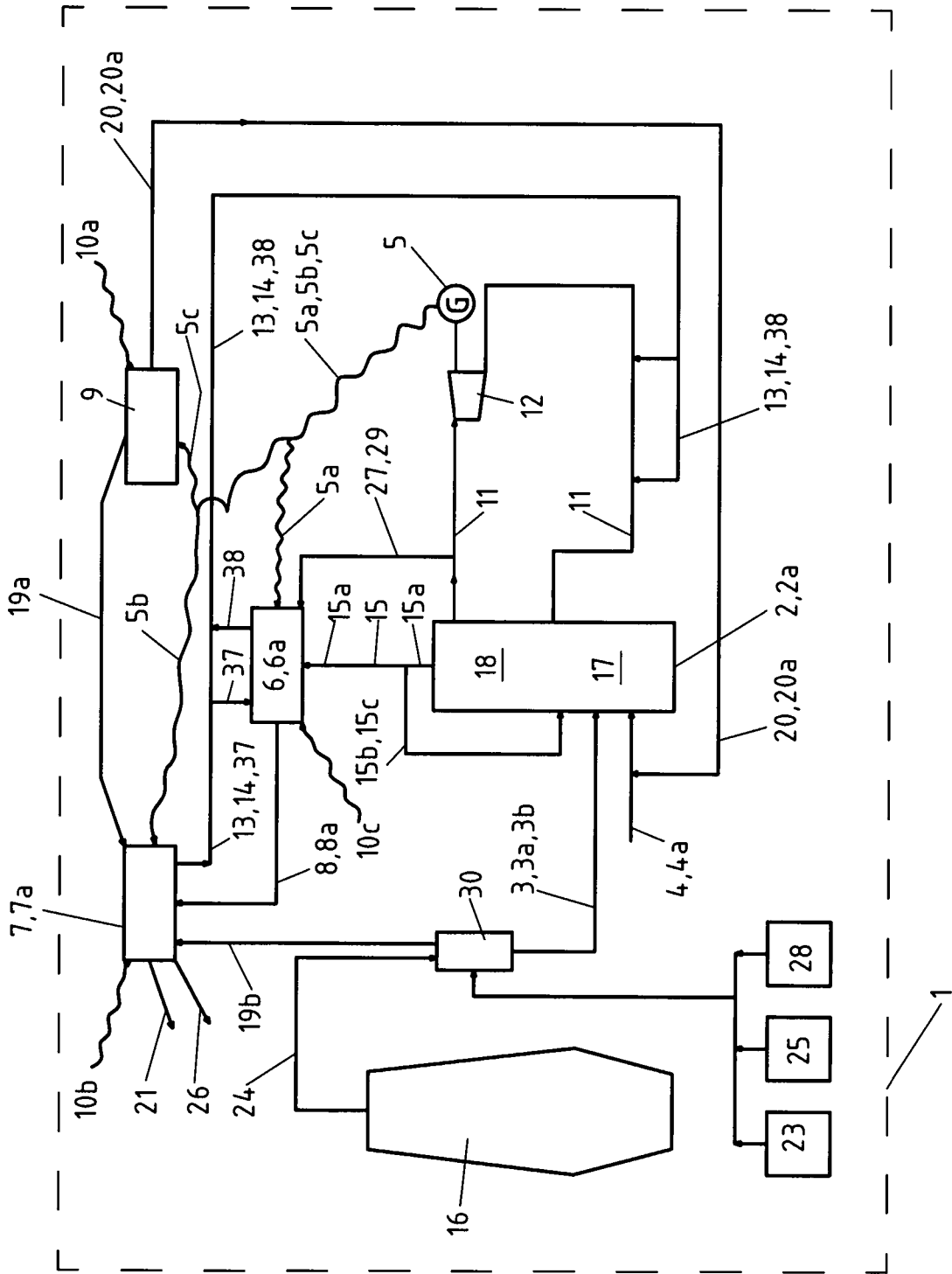


FIG.3

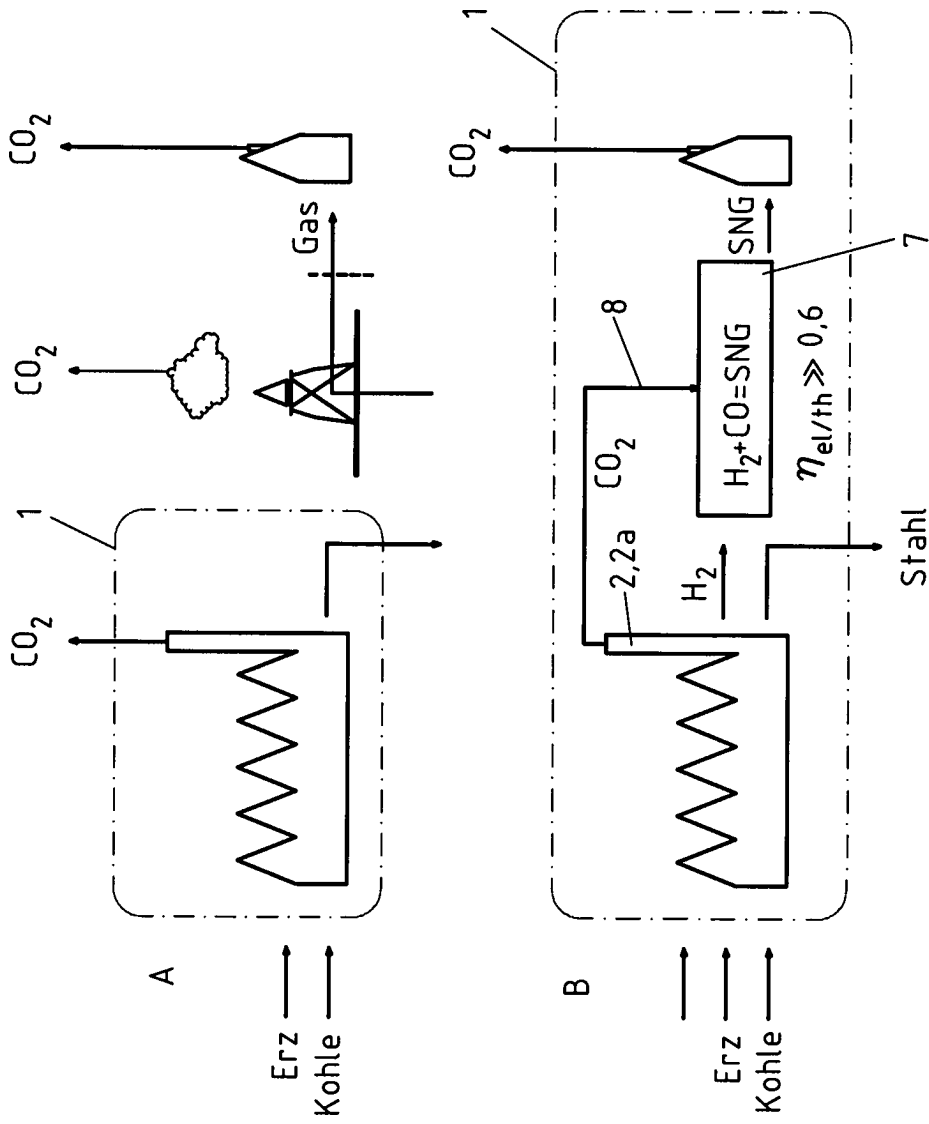


FIG.4

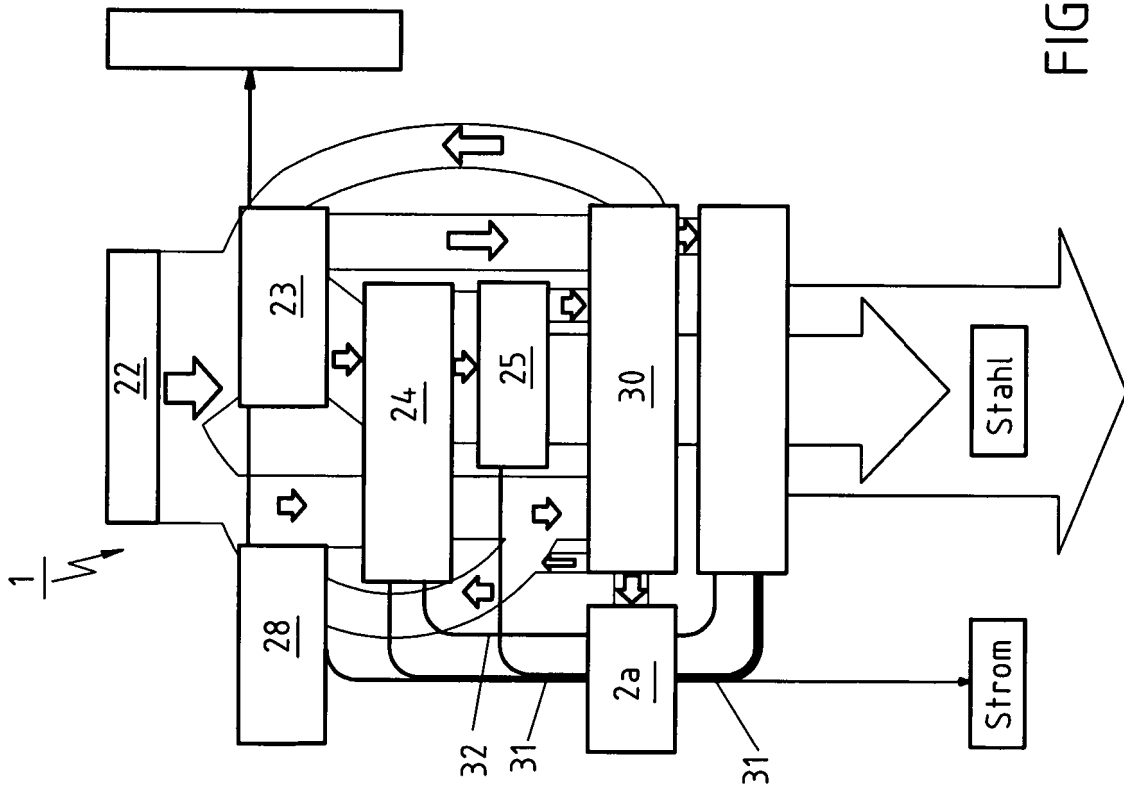
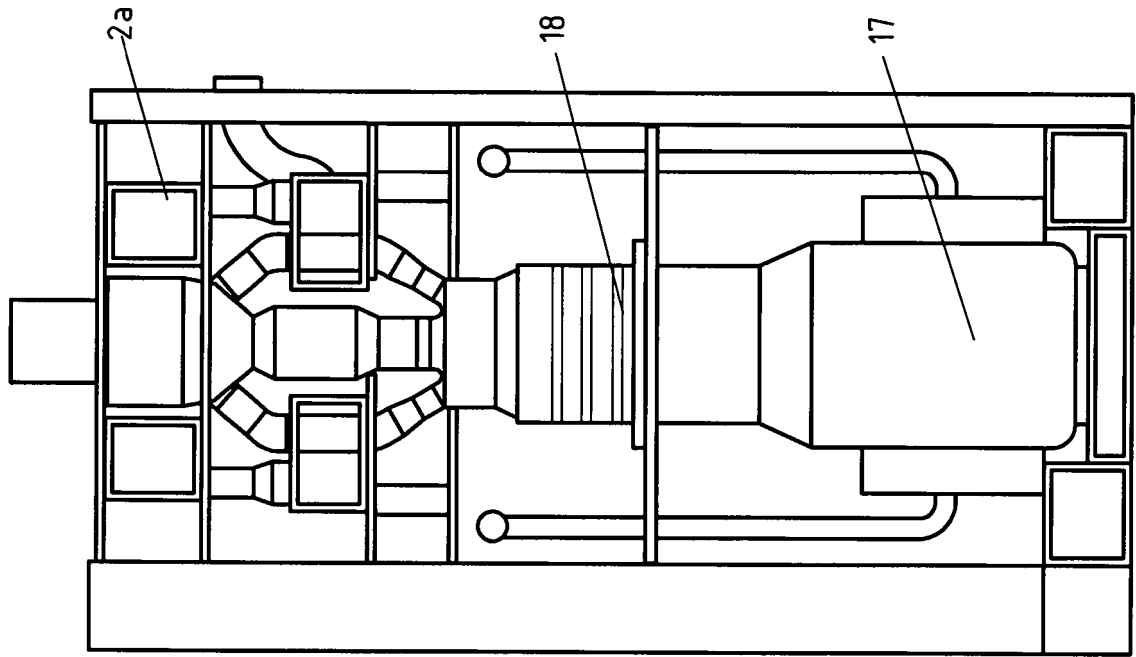


FIG.5



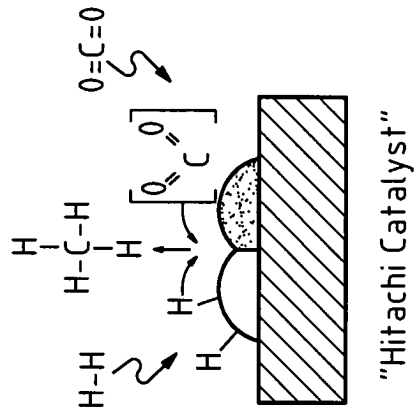
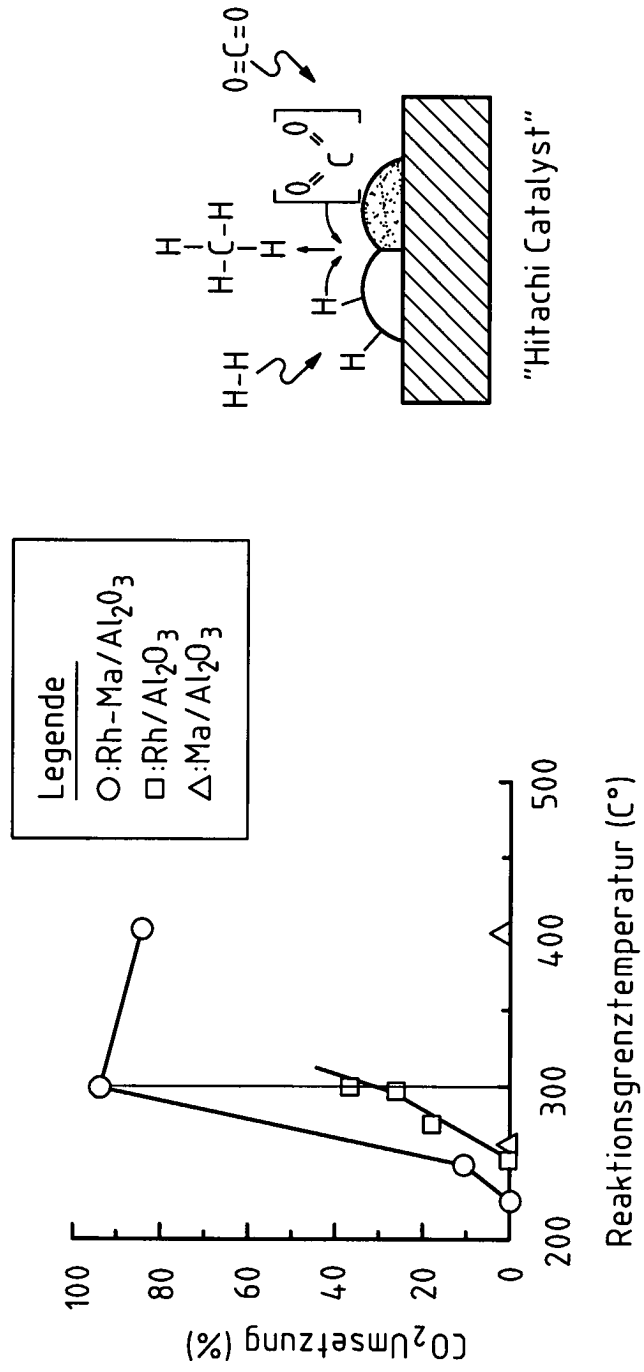


FIG.7





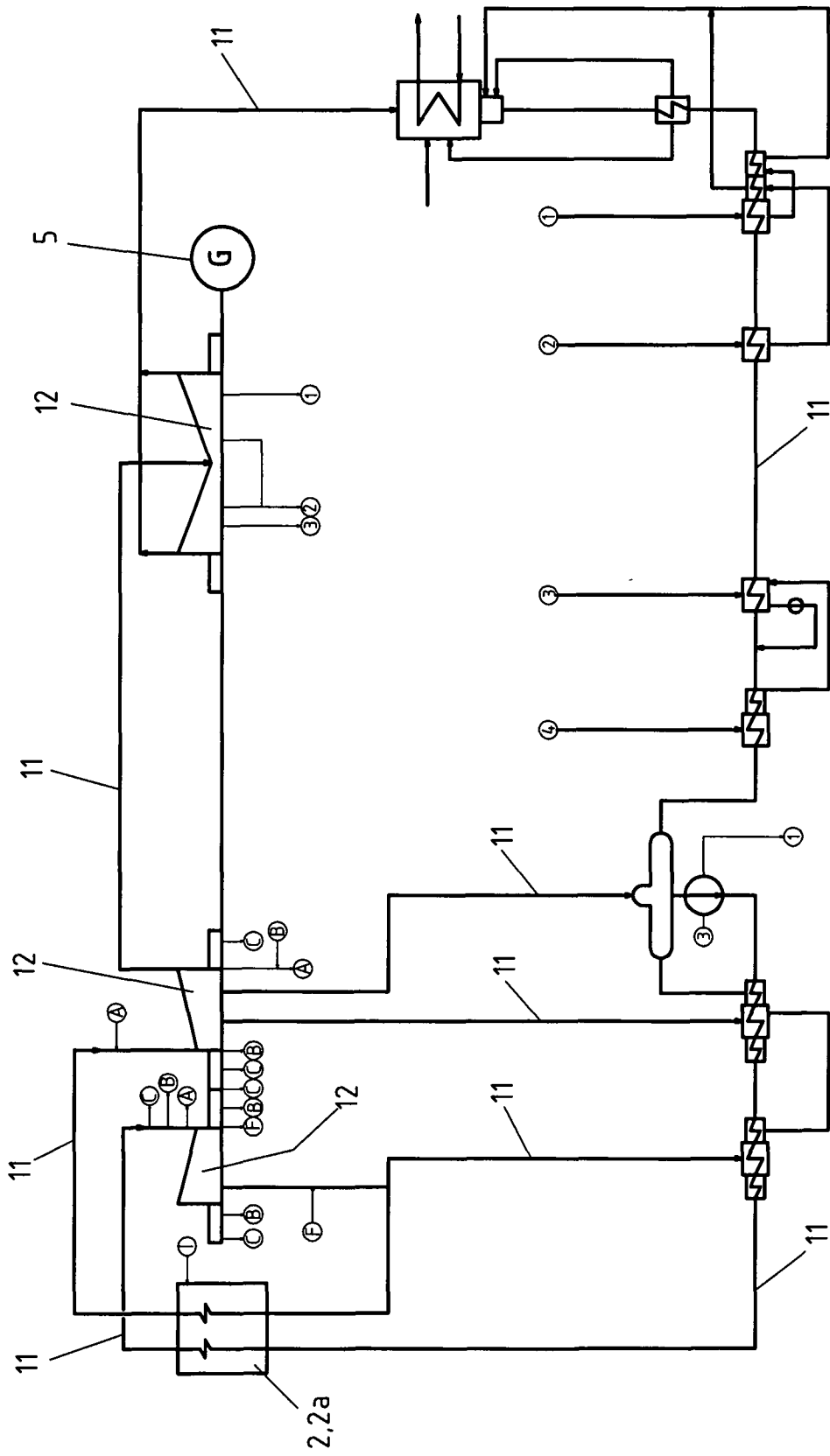


FIG. 9