



(10) **DE 10 2012 007 136 A1** 2013.10.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 007 136.1**

(22) Anmeldetag: **10.04.2012**

(43) Offenlegungstag: **10.10.2013**

(51) Int Cl.: **C07C 1/12 (2012.01)**

C07C 9/04 (2012.01)

C10L 3/08 (2012.01)

C25B 1/04 (2012.01)

(71) Anmelder:
Dietrich, Karl Werner, Dr., 51519, Odenthal, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen / Ein chemisches Speicherkraftwerk**

(57) Zusammenfassung: Die von der Natur gesteuerten, zwangsweise anfallenden Überschüsse an Wind- und Solarstrom, verbunden mit ebenso zahlreich auftretenden Versorgungslöchern werden zum größten Problem auf dem Weg zur Energiewende. Dabei zeigt sich die Natur gegenüber der Elektrotechnik als unbezähmbar.

Die Lösung kann ein chemisches Speicherkraftwerk sein, das sequentiell nach den drei folgenden chemischen Reaktionen arbeitet:

1. Verbrennung von Methan $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

2. Elektrolyse des Wassers $4\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2 + 2\text{O}_2$

3. Rekonstruktion von Methan $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Die Speicherung überschüssiger Energie und die Deckung von Versorgungslöchern findet dabei in zwei aufeinanderfolgenden Betriebsphasen statt:

In der ersten Betriebsphase (Gleichung 1.) wird aus dem Gasnetz Erdgas entnommen und im Gaskraftwerk verstromt. Die in das Stromnetz eingeleitete Energie deckt Versorgungslöcher und Bedarfsspitzen, das gebildete Kohlendioxid (CO_2) wird gespeichert.

In der zweiten Betriebsphase wird das Kohlendioxid gemäß Gleichung 3 mit dem in Gleichung 2 durch Wasserelektrolyse gewonnenen Wasserstoff zu Methan (Erdgas) hydriert. Die Energie für die Wasserelektrolyse liefert dann überschüssiger Wind- und Solarstrom. Das gebildete Me-

than entspricht in Menge und Qualität dem in der ersten Betriebsphase entnommenen Erdgas und wird in das Gasnetz zurückgeleitet.

Das in Gleichung 1. und 3. gebildete Wasser ist als Kondensat salzfrei und kann deshalb ebenfalls gespeichert und mit Vorteil bei der Wasserelektrolyse in Gleichung 2 als Speisewasser eingesetzt werden. Die Beschaffung von hochreinem (destilliertem) Wasser in der hier erforderlichen Größenordnung ist bei der Wasserelektrolyse ein bedeutender Kostenfaktor.

Das erfindungsgemäße Verfahren stellt einen geschlossenen chemischen Kreislauf dar, bei dem kein Erdgas verbraucht und kein Kohlendioxid freigesetzt wird. In der Bilanz liefern Wind und Sonne die Energie, die das Gaskraftwerk an das Stromnetz im Bedarfsfalle wieder abgibt. Neben den ökologischen Vorteilen steht der wirtschaftliche Nutzen eines chemischen Speicherkraftwerkes im Vordergrund. Nahezu wertlose überschüssige Energie wird gesammelt und zeitversetzt für Versorgungslücken und Bedarfsspitzen mit entsprechendem Mehrwert abgegeben. Ein Großkraftwerk, wie z. B. ein Kernkraftwerk, dem man ein solches Speicherkraftwerk an die Seite stellt, kann dann selbst in Zeiten fluktuierender erneuerbarer Energien im optimalen Wirkungsbereich stetig durchlaufen.

Beschreibung

[0001] Die von der Natur gesteuerten, zwangsweise anfallenden Überschüsse an Wind- und Solarstrom werden zum größten Problem auf dem Weg zur Energiewende. Jetzt schon zeichnet sich ab, dass mit elektrotechnischen Mitteln eine Lösung nicht gefunden werden kann.. Als Ausweg rückt mehr und mehr die Herstellung von Wasserstoff durch Wasserelektrolyse aus überschüssiger Elektrizität in den Vordergrund und dies trotz zur Zeit noch mangelnder Wirtschaftlichkeit der Wasserelektrolyse.

[0002] Der Wasserstoff kann dann in Erdgas eingeleitet und in Mischung mit Erdgas in Verkehr gebracht werden. Und hier ergibt sich dann das nächste Problem: Wasserstoff und Erdgas unterscheiden sich nämlich grundlegend in ihren physikalischen und brandtechnischen Eigenschaften. Erdgas besitzt im Volumenvergleich die achtfache Dichte, den dreifachen Brennwert und verbraucht bei der Verbrennung viermal mehr Sauerstoff.

[0003] Ein fluktuierender Wind- oder Solarstrom ergibt dann nach der Elektrolyse auch einen fluktuierenden Wasserstoffstrom und nach Einleiten in Erdgas zwangsläufig ein fluktuierendes Gasgemisch. Die Speicherung, der Transport und die Verwendung solcher Wasserstoff-/Erdgasgemische werden in den Offenlegungsschriften DE 10 2010 020 762 A1 (Transport und Verstetigung erneuerbarer Energien) und DE 10 2010 031 777 A1 (Wasserstoffspeicherung in Erdgaslagerstätten) beschrieben. Obgleich hier ein gangbarer Weg für die Verstetigung erneuerbarer Energien gezeigt wird, gibt es für derartige fluktuierende Gasgemische vorerst noch erhebliche Marktbarrieren.

[0004] Ein anderer Weg, den Wasserstoff in Verkehr zu bringen ist die chemische Umsetzung mit Kohlendioxid zu Methan. Methan ist der Hauptbestandteil von Erdgas und kann so ohne Probleme in das Erdgasnetz eingespeist werden. Zahlreiche Projekte befassen sich mit diesem Thema. Das dabei verwendete Kohlendioxid stammt entweder aus der Rauchgasabtrennung bei Kohlekraftwerken oder aus der Kohlendioxidabtrennung an Biogasanlagen. Die Kohlendioxidabtrennung als Biogas stellt keine ausreichende Rohstoffbasis dar und die Rauchgasabtrennung, verbunden mit anschließender Speicherung des Kohlendioxid (CCS), hat wegen mangelnder Akzeptanz in der Bevölkerung eine ungewisse Zukunft.

[0005] Ein weiteres Problem, das die erneuerbaren Energien mit sich bringen, ist das Auftreten von Energielücken. Deshalb müssen weiterhin mit fossilen Brennstoffen betriebene Kraftwerke, vorzugsweise Gaskraftwerke, zur Stabilisierung der Stromnetze eingesetzt werden.

[0006] Integriert man nun ein solches Gaskraftwerk, das zur Netzstabilisierung eingesetzt werden kann, in die Herstellung von Methan aus Kohlendioxid und Wasserstoff aus überschüssiger elektrischer Energie, so löst man nicht nur das Problem der Kohlendioxid-Beschaffung, sondern auch noch das Problem der Speisewasserversorgung der Wasserelektrolyse. Sowohl Kohlendioxid als auch Wasser lassen sich aus den Brandgasen des Gaskraftwerkes gewinnen. Kohlendioxid reagiert vor Ort weiter. Methan wird aus seinen Brandgasen rekonstruiert. Wie die Reaktionsfolge 1 bis 3 auf Seite 6 zeigt, besteht ein geschlossener chemischer Kreislauf, bei dem nichts verloren geht und nichts hinzugefügt wird.

[0007] Zur Gewinnung dieser "Rohstoffe" kondensiert man zunächst aus den Brandgasen das aus der Verbrennung von Methan stammende Wasser. Dabei entstehen aus einem Mol Methan zwei Mol Wasser (S. 6, Reaktion 1), welche später bei der Elektrolyse in 2 Mol Wasserstoff und ein Mol Sauerstoff zerlegt werden (S. 6, Rk. 2). Mit der Wasserkondensation lässt sich auch der Wirkungsgrad von Gaskraftwerken, der bekanntermaßen hoch ist, weiter erhöhen. Bei weiterem Abkühlen der Verbrennungsgase kann dann das Kohlendioxid, z. B. durch Verflüssigung abgetrennt werden.

[0008] Das Kondenswasser aus den Verbrennungsgasen eines Gaskraftwerkes ist deshalb für die Elektrolyse besonders geeignet, weil es von Natur aus salzfrei ist und für die Wasserelektrolyse reines (destilliertes) Wasser benötigt wird. Nur eine leicht saure Einstellung (pH = 4.5), verursacht durch Kohlensäure und Spuren schwefliger Säure, stört (Schwefelgehalt in Erdgas ist kleiner als 10 mg/kg). Die Kohlensäure wird ausgetrieben und Spuren von Mineralsäuren können z. B. mit Anionenaustauschern entfernt werden

[0009] Der Bedarf an salzfreiem (destilliertem) Wasser für die Wasserelektrolyse ist beträchtlich. Aus einem Megawatt elektrischer Energie werden je nach Wirkungsgrad 200 bis 250 Kubikmeter Wasserstoffgas erzeugt. Dabei werden 160 bis 200 Liter salzfreies (destilliertes) Wasser verbraucht. Unter der Annahme, dass ein 100 MW/h Gaskraftwerk mit einer Elektrolyseanlage zur Aufnahme der gleichen Menge an überschüssiger elektrischer Energie zu koppeln ist, errechnet sich ein Bedarf von 16000 bis 20000 Liter destilliertem Wasser je Stunde für die Elektrolyse. Die Beschaffung einer solchen Menge an hochgereinigtem Speisewasser für die Elektrolyse ist ein beträchtlicher Kosten- und Energiefaktor. Die mangelnde Wirtschaftlichkeit der Wasserelektrolyse wird zum großen Teil durch die Notwendigkeit verursacht, große Mengen an hoch gereinigtem Wasser zur Verfügung zu stellen.

[0010] Bezüglich der chemischen Zusammenhänge sind Verbrennung von Erdgas (Methan), Elektrolyse des erhaltenen Kondenswasser und Hydrierung des bei der Verbrennung erhaltenen Kohlendioxid nicht im Einklang mit der Hydrierung des Kohlendioxid. Das Molverhältnis von Wasser (und damit Wasserstoff nach der Elektrolyse) zu Kohlendioxid ist nämlich 2:1 (S. 4, Reaktion 1) und das Molverhältnis von Wasserstoff zu Kohlendioxid bei der Methanerzeugung muss 4:1 betragen (S. 4, Reaktion 2 und 3). So kann also nur die Hälfte des Kohlendioxid aus den Brandgasen mit dem gleichfalls aus den Brandgasen gewonnenen Wasser hydriert werden.

[0011] Die andere Hälfte des für die vollständige Hydrierung des verfügbaren Kohlendioxid erforderlichen salzfreien Wassers lässt sich bei der Trocknung von rekonstruiertem Methan gewinnen. Es entstehen nämlich je Mol hydriertem Kohlendioxid 2 Mol Wasser (S. 4, Reaktion 3). Bei der Trocknung des Methan wird das Wasser gleichfalls als (salzfreies) Kondensat gewonnen.

[0012] Damit können alle Rohstoffe für die quantitative Rekonstruktion von Methan aus seinen Brandgasen gewonnen werden. Sie werden sogar, wie das Beispiel des in beiden Fällen salzfreien Kondenswassers zeigt, noch in einer vorteilhaften Form angeboten. Kern des Verfahrens ist jedoch die Rekonstruktion von Methan aus dem aus den Rauchgasen abgetrennten Kohlendioxid, das anschließend weiterverarbeitet wird und daher nicht mehr in die Atmosphäre gelangt.

[0013] Kondensat wie aus dem Gaskraftwerk lässt aber sich nach dem gleichen Prinzip auch aus Gasheizungsanlagen (Brennwertheizung) erhalten. Heizungsanlagen mit mehr als 60 KW Leistung dürfen das Kondenswasser, das wie bereits erwähnt leicht sauer ist, nur nach chemischer Neutralisation in die Kanalisation leiten. Es dürfte sich daher lohnen, das Kondensat aus Heizanlagen zu sammeln und für das erfindungsgemäße Verfahren bereitzustellen.

[0014] Mit dem zusätzlichen salzfreien Kondenswasser können zur weiteren Verbesserung der Ökobilanz überproportionale Mengen an Wasserstoff, der nach der Elektrolyse (3.) abgezweigt wird, dem in das Erdgasnetz eingeleiteten Methan beigemischt werden. Bis zu 5% Wasserstoff (geplant sind zukünftig 10%) dürfen laut geltender Norm zusammen mit dem Methan in das Erdgasnetz eingeleitet werden.

[0015] Allgemein kann man nach dieser Technologie über längere Zeit den Wasserstoffanteil in dem in das Erdgasnetz eingeleiteten Wasserstoff/Erdgas-Gemisch langsam erhöhen. Dabei sollten die Schwankungen im Wasserstoffgehalt im gesamten Gasnetz zu keinem Zeitpunkt um mehr als +/-5% ab-

weichen.. Möglich ist auch, regional mit schwankenden Gasgemischen vorzugehen.

[0016] In der Kombination der Verfahren

1. Wasserelektrolyse
2. Hydrierung von Kohlendioxid
3. Gaskraftwerk
4. Anschluss an das Hochspannungsnetz mit Transformatoren
5. Anschluss an das Gasnetz

findet in Teil 3 die Verbrennung von Methan und in den Teilen 1 und 2 die Rekonstruktion des Methan in zwei unterschiedlichen und aufeinanderfolgenden Betriebsphasen statt:

In der ersten Betriebsphase wird aus dem Gasnetz Erdgas entnommen, das Erdgas wird im Gaskraftwerk verstromt und die elektrische Energie wird im Transformator hochgespannt und in das Hochspannungsnetz eingeleitet. Aus den Rauchgasen wird zuerst das Kondenswasser abgetrennt, neutralisiert und gespeichert dann wird das Kohlendioxid abgetrennt, gegebenenfalls gereinigt und ebenfalls gespeichert. In dieser Betriebsphase ruht die Rekonstruktion von Methan und die Wasserelektrolyse.

In der zweiten Betriebsphase wird bevorzugt aus dem Hochspannungsnetz (überschüssige) elektrische Energie entnommen, im Transformator in niedrigere Spannung umgeformt, dann gleichgerichtet und in das Elektrolysegerät eingeleitet das mit dem gereinigten Kondensat aus der ersten Betriebsphase sowie mit dem Kondensat aus der Trocknung des rekonstruierten Methan gespeist wird. Dabei entsteht der Wasserstoff der zur Hydrierung des gleichfalls während der ersten Betriebsphase gewonnenen und gespeicherten Kohlendioxids zu Methan verwendet wird. Das so gewonnene Methan wird in das Erdgasnetz eingeleitet.

[0017] Die erste Betriebsweise dient der Netzstabilisierung, die zweite der Verwendung der überschüssigen Energie im Stromnetz. Beide Betriebsphasen folgen einander und in fortlaufendem Wechsel bewirken Sie die Verstetigung der fluktuierenden erneuerbaren Energie, welche damit grundlastfähig wird.

[0018] Die Vorteile der Koppelung eines Gaskraftwerkes mit der Anlage zur Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen mit erneuerbaren Energien werden sichtbar: Die Brandgase werden vor Ort wieder zu Methan zusammengesetzt. Ein Transport von Kohlendioxid ist nicht erforderlich. Anschlüsse für Gas und Elektrizität sowie große Teile der elektrotechnischen Anlagen, insbesondere die Transformatoren, können in beiden Betriebsphasen in unterschiedliche Richtungen genutzt werden. Das Speisewasser für die Elektrolyse wird zur Hälfte im Kraftwerk und zur Hälfte im Rekonstruktionsverfahren gewonnen und kann zur Elektrolyse vereint werden. Die Gesamtanlage ist ein Speicherkraftwerk

[0019] In der chemischen Bilanz tauschen Sauerstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff nach einem festem Rhythmus ihre Plätze, wobei Methan vom Kraftwerk aufgenommen, verbrannt und nach seiner Rekonstruktion aus den Brandgasen wieder an das Gasnetz abgegeben wird. In der Energiebilanz nimmt die Methanrekonstruktion, bzw. die Wasserelektrolyse, die Sonnen- und Windenergie auf und gibt sie im Gaskraftwerk wieder ab. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt überschüssige Wind- und Sonnenenergie im Netz zur Deckung der Lücken sowie von Bedarfsspitzen bei der Stromversorgung.

[0020] In einem Sättigungszustand wird mit erneuerbarer Energie das Methan immer wieder verbrannt und rekonstruiert. Verbraucht wird fossiles Erdgas im Netz dann nur noch zu Heizzwecken und nicht mehr zur Energieerzeugung. Um den fossilen Anteil im Erdgasnetz zu reduzieren kann ein Überschuss von Wasserstoff produziert, nach der Elektrolyse abgezweigt und zusammen mit dem rekonstruierten Methan in das Gasnetz eingespeist werden. Wie oben erwähnt kann nach geltender Norm bis zu 5% Wasserstoff dem Erdgas (Methan) beigemischt werden (10% sind für die Zukunft geplant).

[0021] Der Wasserstoffanteil im Gasnetz kann so langsam zu Lasten von Methan/Erdgas erhöht werden. Damit nimmt dann der Kohlenstoffgehalt im System ab. In Abwesenheit von Kohlenstoff bilden am Ende dann Kraftwerk und Elektrolyse ein Gespann, das weiterhin die Aufgabe von Nutzung der Überschüsse und Stabilisierung des Stromnetzes übernimmt. Wind- und Sonnenenergie werden dann Elektrizität und Heizenergie liefern.

[0022] Dabei kann die Zugabe von Wasserstoff auch früher in höheren Dosierungen erfolgen. Dies kann dann von Vorteil sein, wenn man erneuerbare Energien über größere Entfernungen nicht als Elektrizität, sondern als Gas transportieren möchte, zum Beispiel wenn keine Hochspannungsleitungen, wohl aber Gaspipelines zur Verfügung stehen. In einem solchen Fall würde man dann teilweise örtlich verfügbares Brauchwasser konventionell zum Speisewasser für die Elektrolyse aufbereiten.

[0023] Steigt der Wasserstoffanteil bei der Verbrennung im Kraftwerk, steigt auch der Anteil an Wasserdampf in den Rauchgasen. Hierdurch steigt auch der Wirkungsgrad des Kondensationsanteiles. Dieser ergibt sich aus der relativen Differenz zwischen Heizwert und Brennwert des jeweiligen Brenngases. Bei Erdgas ist dies etwa 10%, bei Wasserstoff nahezu 20%.

[0024] Werden aus fluktuierenden erneuerbaren Energien größere Mengen an Wasserstoff erzeugt und sollen diese als fluktuierender Wasserstoffstrom in das Erdgas eingeleitet werden, so erhält man eine

fluktuierende Gasmischung mit stark schwankendem Brennwert. Bei solchen fluktuierenden Erdgas/Wasserstoffgemisch muss an der Verbrauchsstelle der Wasserstoffanteil bestimmt werden und die Dosierung des Gasgemisches in den Brenner auf den gefundenen Wasserstoffanteil abgestimmt werden.

[0025] Der bei der Wasserelektrolyse entstehende Sauerstoff kann bei der Verbrennung des Methan anstelle von Luft zugeführt werden. Bei Fehlen des Luftstickstoffes enthalten die Verbrennungsgase nur Wasserdampf und Kohlendioxid. Dann kann nach Kondensation des Wassers das Kohlendioxid direkt erfindungsgemäß eingesetzt werden, was den Gesamtprozess vereinfacht. Die dadurch erhöhte Verbrennungstemperatur kann durch Zusatz von Wasser erniedrigt werden, wobei sowohl das Wasser als auch seine Verdampfungsenergie bei seiner anschließenden Kondensation zurückgewonnen werden. In Abwesenheit von Luftstickstoff können sich bei der Verbrennung auch keine Stickoxide bilden, welche weit aus klimaschädlicher sind als Kohlendioxid.

[0026] Wie der Vergleich von Reaktion 1. und 2. zeigt, wird bei der Elektrolyse genau die Sauerstoffmenge frei, die zur Verbrennung von Methan benötigt wird. Es ist der Koppelung von Gaskraftwerk und Wasserelektrolyse zuzurechnen, dass der in der Elektrolyse neben Wasserstoff gebildete Sauerstoff mit zahlreichen technischen und ökologischen Vorteilen im Gaskraftwerk anstelle der Verbrennungsluft eingesetzt werden kann.

[0027] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren durchlaufen in drei Verfahrensstufen, der Verbrennung von Methan (1.), der Elektrolyse des Wassers (2.) sowie der Rekonstruktion des Methan. (3.) die chemischen Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff in stetem Wechsel die Reaktionen:

1. Verbrennung von Methan $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
2. Elektrolyse des Wassers $4\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2 + 2\text{O}_2$
3. Rekonstruktion des Methan $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

[0028] Es handelt sich hier um ein geschlossenes chemisches System. Bei der Energieerzeugung wird kein Erdgas zugefügt und kein Kohlendioxid freigesetzt. Die drei genannten chemischen Elemente bilden in drei Reaktionen einen Kreislauf, bei dem Wind und Sonne die Energie liefern, die das Gaskraftwerk erzeugt.

[0029] Zusammenhänge zwischen Massen, Leistung und Effizienz: Ein Gaskraftwerk mit einer Leistung von 100000 KW/h verbraucht bei einem Wirkungsgrad von 60% ca. 16000 cbm Erdgas. In den Rauchgasen entsteht daraus das gleiche Volumen Kohlendioxid (vgl. Reaktion 1.). Bei einem Molekulargewicht von 44 g/mol sind dies 33 to Kohlendioxid in

der Stunde. Nimmt man nun an, dass eine (erste) Betriebsphase zur Netzstabilisierung 24 Stunden dauert, so haben sich etwa 800 to Kohlendioxid angesammelt, die als Kohlendioxid zu speichern sind. Bei einer Dichte von 1,85 für flüssiges Kohlendioxid wäre dies ein Volumen von 430 cbm. In der zweiten Betriebsphase bedarf es dann der vierfachen Menge (Volumenbezogen) an Wasserstoff ($16600 \times 4 = 66400$ cbm H₂/Stunde, vgl. Reaktion 2), der aus überschüssiger elektrischer Energie gewonnen werden soll, um aus dem Kohlendioxid das Methan zu rekonstruieren (vgl. Reaktion 3). Bei einem Wirkungsgrad der Wasserelektrolyse von 80% sind dies etwa 4,2 KW/cbm Wasserstoff. D. h. es werden in der Stunde 278000 KW/h überschüssige elektrische Energie genutzt und damit die in der ersten Betriebsphase je Stunde verbrauchten 16600 cbm Methan rekonstruiert. Ist der Kohlendioxidspeicher aufgebraucht, sind etwa 400000 cbm Methan rekonstruiert, wofür etwa 6.5 Millionen KW überschüssige Energie genutzt wurden. Dem stehen 2.4 Millionen KW gegenüber, welche vom Kraftwerk in der ersten Betriebsphase an das Stromnetz abgegeben worden sind. Daraus einen Wirkungsgrad der Anlage von 36% zu errechnen, wäre falsch, da hier das gesamte verbrannte Methan rekonstruiert wurde. Über mehrere Betriebsphasen gemittelt ergibt sich ein Wirkungsgrad des Gesamtprozesses von knapp 50%, wobei prozessbedingte Aufwendungen nicht berücksichtigt sind. Festzustellen ist, dass das in der ersten Betriebsphase eingesetzte Erdgas/Methan vollständig wiedergewonnen und in das Gasnetz zurückgeleitet wird und sich deshalb bei diesem Ansatz der Gesamtwirkungsgrad der Anlage auf die verbrauchte überschüssige elektrische Energie bezieht und nicht auf das im Kraftwerk verbrauchte Erdgas..

[0030] Die Wasserelektrolyse verbraucht dabei ca. 12500000 Liter salzfreies Wasser, die als Kondensat zur Hälfte aus den Rauchgasen und zur Hälfte bei der Methanrekonstruktion gewonnen werden.

[0031] Das Kohlendioxid kann auch sublimiert werden und als gekühlter Feststoff gespeichert werden. Eine andere Möglichkeit ist, das Kohlendioxid zusammen mit dem Wasser aus den Rauchgasen abzutrennen und in Wasser gelöst zu speichern. Die Trennung von Kohlendioxid und Wasser erfolgt dann in der zweiten Betriebsphase, parallel zur Elektrolyse und zur Rekonstruktion von Methan. In Mischung mit Wasser kann der Partialdruck von Kohlendioxid während der Speicherung gesenkt werden. Um diesen weiter zu senken kann auch das Wasser, welches bei der Trocknung des rekonstruierten Methan gewonnen wird, zugesetzt werden. Damit stehen je Mol Kohlendioxid 4 Mol Wasser als "Lösemittel" zur Verfügung. Die Trennung von Kohlendioxid und Wasser erfolgt dann über Expansion.

[0032] Eine Gesamtanlage zur erfindungsgemäßen Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen, welche die emissionsfreie intermittierende Herstellung von elektrischer Energie einschließt, umfasst die folgenden Vorrichtungen:

1. Anschluss an das Hochspannungsnetz, welcher wahlweise für die Einleitung oder für die Entnahme elektrischer Energie geschaltet werden kann.
2. Transformatoren, welche sowohl Hochspannen von Strom aus dem Kraftwerk und Einleiten in das Hochspannungsnetz, als auch Entnahme von Strom auf der Niederspannungsseite aus dem Hochspannungsnetz mit einer Stromstärke für die Elektrolyse, erlauben.
3. Gaskraftwerk, bei welchem Kohlensäure und gegebenenfalls auch Wasser getrennt oder gemeinsam aus den Rauchgase abgetrennt werden kann
4. Lagertanks für Kohlendioxid (flüssig, fest oder gelöst in Wasser) sowie gegebenenfalls für Sauerstoff und bei Kondensatabtrennung Lagertank für Kondenswasser/Speisewasser.
5. Ohne Kondensatabtrennung: Gerät zur Wasseraufbereitung (Umkehrosiose oder Ionenaustauscher)
6. Elektrolysegerät
7. Chemische Anlage zur Hydrierung von Kohlendioxid (z. B. nach "Sabatier")
8. Trocknung des rekonstruierten Methan und Sammlung des Kondenswassers.
9. Anschluss an das Gasnetz, wobei sowohl Erdgas aus dem Netz zu entnehmen ist als auch rekonstruiertes Methan mit entsprechender Druckanpassung in das Netz einzuspeisen ist

[0033] Gegenstand der Vorliegenden Erfindung ist daher auch eine Anlage, welche die Anlagenteile 1 bis 9 und bei Abtrennung der Kondenswasser die Anlagenteile 1 bis 4 sowie 6 bis 9 umfasst

[0034] Die beschriebene Gesamtanlage ist auch ein hervorragendes Speicherkraftwerk, mit dem Vorteil, dass hier, wenn der Speicher erschöpft ist (d. h. wenn der Kohlendioxidspeicher voll ist) das Gaskraftwerk weiterlaufen kann. Es läuft dann zwar mit Kohlendioxid-Emission, die Stromversorgung ist aber so auch in Extremfällen sichergestellt. Dies ist bei Wasserspeicher-Kraftwerken nicht gegeben. Ist dort der obere Speicher leer oder der untere aufgefüllt, endet die Stromversorgung. Erfindungsgemäß ist das Kohlendioxidlager der Kurzzeitspeicher und das Erdgasnetz der Langzeitspeicher.

[0035] Überschüssige elektrische Energie fällt auch bei allen unflexiblen Kraftwerktypen an, wenn das Stromnetz wegen Überversorgung, z. B. mit Wind- und Solarstrom von Kraftwerk keine weitere Leistung aufnehmen kann. Dies wird in Zukunft verstärkt der

Fall sein, weil erneuerbare Energien im Stromnetz bekanntlich Vorrang haben.

werk mit enormer Kapazität und mit noch vorhandenem qualifiziertem Personal.

[0036] Solche Kraftwerktypen sind Kohlekraftwerke, insbesondere die leistungsstarken Braunkohlekraftwerke und Atomkraftwerke. Diesen Kraftwerkstypen, insbesondere Atomkraftwerken, kann das erfindungsgemäße chemische Speicherkraftwerk an die Seite gestellt werden, wobei dann einerseits die überschüssige Energie des Kraftwerks in Methan überführt und in das Gasnetz abgegeben wird und andererseits die zusätzliche Leistung des Gaskraftwerkes auftretende Versorgungslücken oder Bedarfsspitzen deckt. Wird dann, wie es die Politik plant, in Zukunft das Atomkraftwerk abgestellt, kann dieses Speicherkraftwerk erfindungsgemäß zur Verstärkung der dann (hoffentlich) vorhandenen erneuerbaren Energien eingesetzt werden. Viele elektrotechnischen Einrichtungen des ursprünglichen Kraftwerkes können von den hinzukommenden Anlageteilen mitbenutzt werden. In Ländern mit entsprechender Erdgas-Infrastruktur befindet sich meist eine Erdgasleitung, die an das Kraftwerk angeschlossen werden kann, in der Nähe.

[0037] Die erfindungsgemäße Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen kann daher mit Vorteil auch in zu Gaskraftwerken umgerüsteten, abgeschalteten Atomkraftwerken durchgeführt werden. Die Umrüstung betrifft vor Allem den Energieteil. Dort werden z. B. ca. 2/3 der Dampfturbinen durch Gasturbinen ersetzt. Die restlichen Dampfturbinen bleiben in Betrieb und so erhält man ein Gas- und Dampf-Kraftwerk, in welchem die erste Betriebsphase durchzuführen ist. Alle sonstigen elektrotechnischen Einrichtungen und Anschlüsse, insbesondere die Anschlüsse an das Hochspannungsnetz, können wieder in Betrieb genommen werden.

[0038] Zusätzlich bedarf es dann noch der Wasserelektrolyse und der Hydrierung von Methan. Wichtig ist, dass die Transformatoren vom Kraftwerk zum Hochspannungsnetz so geschaltet werden, dass sie in beide Richtungen den Strom mit der erforderlichen Kapazität umformen können und so das Kraftwerk Strom in das Netz einleiten und im Wechsel dazu die Anlage zur Rekonstruktion von Methan, insbesondere die Elektrolyse, überschüssigen Strom aus dem Netz entnehmen kann. Entsprechend der Kapazität der Gesamtanlage kann in großem Umfang einerseits Energie für Versorgungslücken und andererseits rekonstruiertes Methan aus Energieüberschüssen produziert werden.

[0039] Vor Allem aber produziert das Kraftwerk auch mit abgeschaltetem Atommeiler weiterhin emissionsfrei elektrische Energie. Langwierige Genehmigungsverfahren sind nicht zu erwarten. Mit einem Minimum an Investition entsteht ein chemisches Speicherkraft-

ZITATE ENTHALTEN 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 Patentliteratur

- DE 102010020762 A1 [\[0003\]](#)
- DE 102010031777 A1 [\[0003\]](#)

Patentansprüche

1. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Gaskraftwerk das mit einer Wasserelektrolyse und mit einer Hydrierung von Kohlendioxid verbunden ist in einer ersten Betriebsphase bei laufender Erdgas/Methan-Entnahme aus dem Gasnetz und dessen Verbrennung elektrische Energie erzeugt und an das Stromnetz abgegeben wird und aus den Rauchgasen Kohlendioxid abgetrennt, gesammelt und gespeichert wird und dass in einer zweiten Betriebsphase elektrische Energie aus dem Stromnetz von der Wasserelektrolyse aufgenommen wird und der bei der Wasserelektrolyse gebildete Wasserstoff das in der ersten Betriebsphase gesammelte Kohlendioxid hydriert und so das Methan rekonstruiert und das Methan in das Gasnetz eingeleitet wird.

2. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das in der zweiten Betriebsphase bei der Reaktion von Wasserstoff mit Kohlendioxid neben Methan gebildete Wasser abgetrennt und als Speisewasser für die Wasserelektrolyse verwendet wird.

3. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass der in der ersten Betriebsphase bei der Verbrennung von Methan neben Kohlendioxid gebildete Wasserdampf kondensiert wird und in der zweiten Betriebsphase als Speisewasser für die Wasserelektrolyse aufbereitet und verwendet wird.

4. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass Kondenswasser aus Brennwert-Heizungsanlagen für die Wasserelektrolyse gesammelt, aufbereitet und verwendet wird.

5. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der in der zweiten Betriebsphase bei der Wasserelektrolyse anfallende Sauerstoff gesammelt wird und in der nachfolgenden ersten Betriebsphase der Sauerstoff anstelle von Luft zur Verbrennung von Methan zugesetzt wird.

6. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Wasserelektrolyse ein Überschuss an Wasserstoff erzeugt wird und dieser Überschuss in Mengen von bis zu 10 Vol % dem rekonstruierten Methan vor dem Einleiten in das Gasnetz beigemischt wird.

7. Elektrochemische Reproduktion von Methan aus seinen Rauchgasen nach einem der Ansprüche 1

bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Überschuss an Wasserstoff in dem in das Gasnetz eingeleitetem Methan langsam ansteigt und dabei im betroffenen Gasnetz der Wasserstoffgehalt innerhalb der Grenzen von $\pm 5\%$ bleibt.

8. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Transformatoren des Kraftwerkes die elektrische Energie in beide Richtungen umspannen und in der ersten Betriebsphase die elektrische Energie vom Kraftwerk in das Hochspannungsnetz abgeben und in der zweiten Betriebsphase die elektrische Energie aus dem Hochspannungsnetz aufnehmen und mit niedriger Spannung an Gleichrichter und dann an die Elektrolyse abgeben.

9. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Rauchgasen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Prinzip eines Speicherkraftwerkes die erste Betriebsphase zur Stabilisierung des Stromnetzes sowie zur Deckung von Bedarfsspitzen genutzt wird und dabei Kohlendioxid sowie gegebenenfalls Kondenswasser gesammelt und gespeichert wird und in der zweiten Betriebsphase überschüssige elektrische Energie aus dem Stromnetz entnommen wird und damit zusammen mit den in der ersten Betriebsphase gesammelten und gespeicherten Kohlendioxid sowie gegebenenfalls mit dem in der ersten und zweiten Betriebsphase gesammelten Kondenswasser Methan rekonstruiert wird..

10. Elektrochemische Rekonstruktion von Methan aus seinen Brandgasen nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem abgeschalteten Atomkraftwerk, welches zu einem Gaskraftwerk umgerüstet wird, die erste Betriebsphase durchgeführt wird und in der zweiten Betriebsphase die elektrische Energie für die Wasserelektrolyse über vorhandene Anschlüsse zum Hochspannungsnetz und über vorhandene Transformatoren aufgenommen wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen