



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 007 567 A1** 2009.09.17

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 007 567.4**

(22) Anmeldetag: **04.02.2009**

(43) Offenlegungstag: **17.09.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C07C 29/151** (2006.01)  
**C07C 31/04** (2006.01)

(66) Innere Priorität:  
**10 2008 013 370.1 10.03.2008**

(71) Anmelder:  
**Harzfeld, Edgar, Prof. Dr.-Ing., 18435 Stralsund, DE**

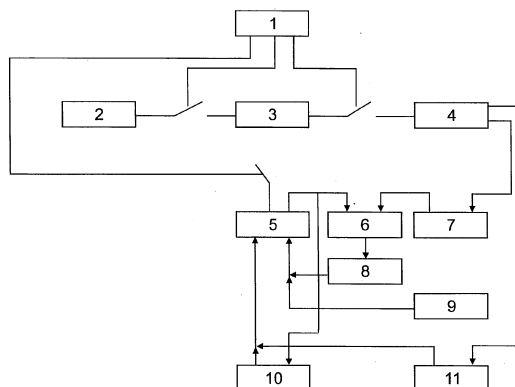
(74) Vertreter:  
**Schulz, M., Dipl.-Ing. (FH), Pat.-Anw., 87700 Memmingen**

(72) Erfinder:  
**gleich Anmelder**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von Methanol durch Verwertung von Kohlendioxid aus Abgasen fossil betriebener Energieerzeugungsanlagen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Methanol durch die Verwertung von Kohlendioxid aus dem Abgas fossil befeuerter Kraftwerke, Heizkraftwerke und anderer Emittenten, wie z.B. aus Zementwerken der Zementindustrie, aus chemischen Anlagen, Stahlwerken aus Anlagen der Industrie, aus Biogas- und/oder Biomasseanlagen oder dergleichen, wobei Kohlendioxid aus dem Abgas der fossil befeuerten Kraftwerke für eine Methanolsynthese mit regenerativ gewonnenem Wasserstoff vermischt und unter Verwendung von Katalysatoren in Methanol umgesetzt wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Methanol durch Verwertung von Kohlendioxid aus Abgasen, insbesondere fossil betriebener Energieerzeugungsanlagen.

**[0002]** Im Stand der Technik ist es bekannt, dass Rauchgaskohlendioxid aus fossil befeuerten Heizwerken, Heizkraftwerken, Kraftwerken, Zementanlagen, Anlagen der Chemie, der Hüttenindustrie und so weiter in die Atmosphäre emittiert wird und dadurch einen Klimaschaden erzeugt. Das emittierte Kohlendioxid stellt demnach einen Klimaschadstoff dar. Zur Reduzierung der Kohlendioxidemissionen werden Forschungen betrieben, um das Kohlendioxid aus dem Rauchgas von Heizwerken, Kraftwerken oder Heizkraftwerken zu absorbieren und im Untergrund, beispielsweise in Aquiferen, Salzstöcken, ausgebeuteten Erdöl- beziehungsweise Erdgaslagerstätten und so weiter zu speichern (Ankerttechnologien). Das Verfahren zur Gewinnung und Speicherung des Kohlendioxids im Untergrund wird auch als Carbon-Capture-Storage (CCS-Verfahren) bezeichnet.

**[0003]** Bei neueren Kraftwerksprozessen ist auch ein Verfahren als Oxyfuel-Prozess bekannt. Diese neuen Kraftwerksprozesse zeichnen sich dadurch aus, dass durch den Einsatz von Sauerstoff an Stelle von Luft die Gewinnung von fast reinem Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) des Rauchgas erreicht wird, dessen Verpressung im Untergrund enorm erleichtert ist. Ungünstig ist allerdings die Tatsache zu werten, dass derzeit kein geschlossenes Konzept zur Nutzung des gespeicherten Kohlendioxids existiert.

**[0004]** Im Stand der Technik ist es weiterhin bekannt, dass der Ausbau der Anlagen zur Gewinnung regenerativer Energien, und hier insbesondere der Windenergie, einen außerordentlichen Aufschwung erfahren hat und zu einem unumkehrbaren Faktor bei der Energieversorgung geworden ist. Mit dem sogenannten Repowering und dem Aufbau von sogenannten Off-Shore-Anlagen wird diese Entwicklung fortgesetzt und der Anteil der durch diese Anlagen erzeugten Energie an der gesamten erzeugten Energie weiter erhöht. Nachteilig dabei ist jedoch, dass die naturgegebene Angebotssituation (auch als Dargebotssituation bezeichnet) der Windenergieeinspeisung sehr schwierig zu prognostizieren ist. Dadurch treten aufgrund der witterungsbedingten Unwägbarkeiten entweder Energieerzeugungsspitzen oder aber auch Energieerzeugungstäler beispielsweise in Windflautezeiten auf. Dadurch ist es gegeben, dass die konventionell betriebenen Kraftwerke in Spitzenlast- bzw. Spitzenabnahmezeiten bei Windflaute mit Höchstleistung produzieren muss, während beispielsweise in Zeiten, in welchen ausreichend Wind zur Verfügung steht, die Energieabnahme nicht so günstig ist, diese konventionellen Kraftwerke heruntergefahren werden müssen. Der Nachteil dabei ist, dass mit Unterlast gefahrene konventionelle Kraftwerke einen höheren  $\text{CO}_2$ -Ausstoß und auch einen höheren CO-Ausstoß verursachen, als dies üblicherweise der Fall ist.

**[0005]** Im Stand der Technik ist es auch bekannt, mit Hilfe einer Elektrolyse Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufzuspalten. Das Problem ist allerdings, dass es äußerst umständlich bzw. schwierig ist, den dabei erzeugten Wasserstoff zu lagern und insbesondere an die Stellen zu transportieren, an denen er benötigt wird. Des Weiteren ist es nachteilig, dass der bei der Elektrolyse anfallende Sauerstoff nur bedingt einer Verwertung zugeführt wird. Im Stand der Technik ist es weiterhin bekannt, Methanol aus Kohlendioxid und Wasserstoff unter Verwendung von Katalysatoren in Methanol umzusetzen.

**[0006]** Ausgehend von dem zuvor beschriebenen Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von Methanol zur Verfügung zu stellen, das es ermöglicht, die Abgase fossil befeuerter Kraftwerke, Heizkraftwerke und anderer Emittenten in einer Methanolsynthese einzusetzen und unter Verwendung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff und Katalysatoren in Methanol umzusetzen. Aufgabe der Erfindung ist es auch, ein Verfahren zur Speicherung der insbesondere durch Solar- und Windenergie zur Verfügung gestellten erneuerbaren Energien zur Verfügung zu stellen, wobei gleichzeitig die Umwelt von umweltschädigenden Kohlendioxid aus den Abgasen fossil betriebener Heizkraftwerke beziehungsweise Heizwerke entlastet werden soll.

**[0007]** Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung von Methanol durch die Verwertung von Kohlendioxid aus dem Abgas fossil befeuerter Kraftwerke, Heizkraftwerke und anderer Emittenten, wie zum Beispiel aus Zementwerken der Zementindustrie, aus chemischen Anlagen, Stahlwerken, aus Anlagen der Industrie, aus Biogas- und/oder Biomasseanlagen oder dergleichen, wobei Kohlendioxid aus dem Abgas der fossil befeuerten Kraftwerke für eine Methanolsynthese mit Wasserstoff vermischt und unter Verwendung von Katalysatoren in Methanol umgesetzt wird. Der Vorteil dieses Verfahrens ist der, dass neben der Entlastung der Umwelt durch das klimaschädliche Kohlendioxid gleichzeitig ein Energiespeicher in Form von Methanol zur Verfügung gestellt wird, der es ermöglicht, beispielsweise in Starklast- bzw. Hochlastphasen und

bei nicht ausreichend zur Verfügung stehender Energie aus Windenergieerzeugungsanlagen oder Solarstromanlagen, dieses Methanol wieder in den Kraftwerksprozess einzusetzen. Die in Starkwindzeiten vorhandene Elektroenergie wird dabei allerdings gleichzeitig dazu verwendet, Wasserstoff durch eine Elektrolyse zu erzeugen und mittels des Kohlendioxids durch Vermischen und unter Verwendung von Katalysatoren in Methanol umzusetzen. Wasserstoff wird dabei durch elektrolytische Spaltung von Wasser mit Hilfe von Strom aus erneuerbaren Energiequellen, wie Wind, Solarstrahlung, Wasserkraft oder dergleichen, als regenerativer Wasserstoff gewonnen und ggf. gespeichert. Es wird damit ein geschlossener Prozess erhalten, der es ermöglicht, Schwachlast- beziehungsweise Starklast- bzw. Hochlastphasen derart abzupuffern, dass eine optimale Nutzung erneuerbarer Energien, wie der Windenergie gegeben ist und gleichzeitig CO<sub>2</sub>-Emissionen zum Schutz der Umwelt reduziert werden.

**[0008]** Die Erfindung betrifft demnach den Verfahrensweg zur Verwertung von Kohlendioxid aus dem Abgas fossil befeuerter Heizkraftwerke und anderer Kohlendioxid-Emittenten mit Hilfe von Wasserstoff, der durch die Elektrolyse von Wasser mit Hilfe von elektrischem Strom aus regenerativen Energiequellen gewonnen wurde, zur Herstellung von Methanol. Die Erfindung eröffnet aber durch die Möglichkeit, die „überschüssige“ Elektroenergie in Form von Methanol zu speichern. Der bei der Aufspaltung von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff sozusagen überschüssig zur Verfügung stehende Sauerstoff kann ebenfalls in dem Verbrennungsprozess der fossil befeuerten Kraftwerke wieder eingesetzt werden. Damit wird ein Ergebnis erreicht, wie es im Stand der Technik bisher noch nicht erreicht wurde, nämlich dass die Schadstoffe, nämlich das Kohlendioxid aus dem Abgas der Kraftwerke herausgezogen wird, gegebenenfalls gespeichert und dann in Zeiten von überschüssig vorhandener Elektroenergie mit Hilfe der Elektrolyse Wasserstoff erzeugt wird, der dann zu Methanol umgesetzt wird. Die Erfindung ermöglicht gleichzeitig den Einsatz des überschüssigen Sauerstoffs aus der Elektrolyse.

**[0009]** Um Starklast- und Schwachlastphasen weiter abzupuffern ist es selbstverständlich möglich, Kohlendioxid, Sauerstoff und Wasserstoff in entsprechenden Speicheranlagen vorzuhalten. Das mit der Methanolsynthese erzeugte Methanol kann ebenfalls in Speicheranlagen bevorratet gehalten werden, um es dann in entsprechenden Hochlastphasen, bei nicht ausreichend zur Verfügung stehender Elektroenergie aus erneuerbaren Energiequellen wieder dem Verbrennungsprozess zuzuführen. Das Methanol kann selbstverständlich auch ohne weiteres in entsprechende Behälter abgefüllt werden, um es an andere Orte zu transportieren. Hierzu ist nicht eine so komplizierte und insbesondere kein hohes Gefahrenpotential beinhaltende Transporttechnologie notwendig, wie beispielsweise bei dem Transport von Wasserstoff. Wasserstoff ist bekanntermaßen hochentzündlich und insbesondere hochexplosiv und es ist erforderlich, diesen Wasserstoff mit höchsten Sicherheitsbestimmungen nicht nur zu erzeugen und abzufüllen, sondern insbesondere auch zu transportieren. Dies ist bisher nur mit höheren Aufwendungen als bei Methanol möglich, so dass es derzeit kein tragbares Konzept gibt, diesen Wasserstoff entsprechend zu transportieren.

**[0010]** Das Verfahren zur Herstellung von Methanol beziehungsweise zur Speicherung von regenerativer Energie löst dieses Problem, indem es an einem einzigen Standort möglich ist, überschüssige Elektroenergie zu verwerten, indem Wasserstoff erzeugt wird und zum anderen gleichzeitig vorhandene Kohlendioxidemissionen verwendet werden, um Methanol zu erzeugen. Dieses Methanol dient dann gleichzeitig wieder als Energiespeicher, ist leicht zu transportieren und kann insbesondere, je nach Bedarf, wieder eingesetzt werden. Durch das Verfahren wird damit ein Handelsprodukt, was in hohem Maße benötigt wird, zur Verfügung gestellt, was auch mit relativ wenig Aufwand an andere Einsatzorte zu transportieren ist.

**[0011]** Ein Problem im Stand der Technik ist es derzeit, dass die Verwendung von Elektroenergie aus Windenergieanlagen es erfordert, dass zur Gewährleistung der Netzsicherheit Einrichtungen zu installieren sind, mit deren Hilfe die Leistung der Windenergieanlagen in Schwachlast- und Starkwindperioden im Rahmen eines Netzsicherheits-Managements erforderlichenfalls gedrosselt werden kann. Es ist weiterhin nachteilig, dass die „Windenergieernte“ durch Schwachlast im Netz bei Starkwind, vor allem an Sonn- und Feiertagen, sowie nachts, trotz des Vorrangs bei der Einspeisung, insofern beeinträchtigt wird, als dem konventionellen Kraftwerkspark eine geringe Restlast verbleiben muss, die zum gehäuften An- und Abfahren und zu Teillastbetrieb mit erhöhten spezifischen Verbrauchswerten und zur Erhöhung von CO<sub>2</sub>-Emissionen führt.

**[0012]** Bei dem geplanten Aufkommen an Elektroenergie aus sogenannten Off-Shore-Windenergieanlagen wird im Vergleich zum heutigen Stand durch die hohe Einspeiseleistung von Off-Shore-Windenergieanlagen-Clustern eine neue Qualität bei den Anforderungen zur Auslastung der Netze erreicht, die zu erheblichen Effektivitätsverlusten bei der Nutzung regenerativer Energien führt und insbesondere die Gefahr besteht, dass die Netze „überspeist“ werden, wodurch die Drosselung der Einspeisungsleistung erforderlich ist. Dies wird durch das jetzt zur Verfügung gestellte Verfahren beseitigt, indem jetzt in Spitzenzeiten, in welchen ein hohes

Maß „überschüssiger“ Elektroenergie zur Verfügung steht, aus den Off-Shore-Anlagen am Ort des Entstehens, nämlich in der Nähe des traditionellen, fossil befeuerten Kraftwerkes eine Elektrolyseanlage zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff installiert wird und die überschüssige Energie diesbezüglich eingesetzt wird. Der Wasserstoff wird dann entweder vor Ort gespeichert, was nicht so ein hohes Gefahrenpotential birgt als dessen Transport, oder aber gleich einer Methanolsynthese zugeführt, indem das Kohlendioxid aus dem fossil befeuerten Kraftwerk oder aber aus einem Speicher gezogen wird, dies mit dem Wasserstoff gemischt und unter Verwendung von Katalysatoren zu Methanol umgewandelt wird.

**[0013]** Das erfindungsgemäß erzeugte Methanol stellt demnach sowohl ein Verkaufsprodukt als auch gleichzeitig einen Elektroenergiespeicher dar, nämlich den Elektroenergiespeicher für die regenerativ gewonnene Elektroenergie. Dieser Energiespeicher kann dann im Bedarfsfall im fossil befeuerten Kraftwerk dem Verbrennungsprozess wieder zugeführt werden, wenn beispielsweise nicht ausreichend regenerative Elektroenergie zur Verfügung steht. Im Weiteren ist zu erwarten, dass aufgrund der hohen Einspeisung von Strom aus regenerativen Energiequellen in allen Netzebenen das ganze Jahr über zu jeder Zeit in einer angenommenen Regelzone, beispielsweise Deutschland, durch den Ausgleich in den vorhandenen Regelzonen immer regenerativ generierter Strom mit einer Leistung von schätzungsweise ca. 500 MW vorhanden ist. Dieser Strom kann ebenfalls zur Erzeugung von Wasserstoff eingesetzt werden, um diesen dann wieder mit Kohlendioxid zu Methanol zu verarbeiten. Der Vorteil der gesamten Verfahrensweise ist auch der, dass der überschüssige Sauerstoff ebenfalls vor Ort, ohne hohe Transportaufwendungen, einsetzbar ist.

**[0014]** Eine Weiterbildung des vorher umrissenen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass das Kohlendioxid aus dem Abgas der fossil befeuerten Kraftwerke absorbiert beziehungsweise adsorbiert wird.

**[0015]** Das Verfahren ist, wie vorher bereits umrissen, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass Elektroenergie, bevorzugt aus umweltfreundlichen Energieerzeugungsanlagen, insbesondere aus Energieerzeugungsanlagen für erneuerbare Energie zur Herstellung des für die Methanolsynthese benötigten Wasserstoffs verwendet wird.

**[0016]** Dies wird gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens, wie vorher beschrieben, dadurch erreicht, dass die bei der Elektrolyse benötigte Elektroenergie aus dem Überschussaufkommen von Wind- und/oder Solarenergieerzeugungsanlagen, insbesondere in Schwachlastphasen von Elektroenergienetzen zur Verfügung gestellt und verwendet wird. Das Verfahren ist demnach durchführbar, wenn zuviel Wind- und/oder Solarenergie zur Verfügung steht oder aber in Zeiten, in denen wenig Elektroenergie abgenommen wird (Schwachlastphasen). Damit ist natürlich ein universeller Einsatz mit Hilfe von entsprechenden Steuermechanismen problemlos jetzt möglich.

**[0017]** Das Verfahren zur Erzeugung von Methanol zeichnet sich auch dadurch aus, dass mit Hilfe der Elektrolyse Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten, diese anschließend gegebenenfalls gespeichert und dem Energieerzeugungsprozess zumindest teilweise in Form des Sauerstoffs wieder zugeführt werden. Der Wasserstoff wird zur Methanolherstellung genutzt, so dass ein geschlossener Prozess mit absolut geringen Umweltauswirkungen entsteht.

**[0018]** Das Verfahren zur Erzeugung von Methanol ist auch dadurch gekennzeichnet, dass für die Elektrolyse bevorzugt mit Hilfe von Wind- und/oder Solarenergieanlagen gewonnene, insbesondere bevorzugt überschüssige Elektroenergie aus Starkwind- und/oder Schwachlastperioden zur Herstellung von Windwasserstoff verwendet wird, der mit dem aus dem Verbrennungsprozess fossiler Energieträger aus Kraft- oder Heizkraftwerken, sowie aus Anlagen der Zement-, Chemie-, Hüttenindustrie beziehungsweise in Biogasanlagen gewonnenen Kohlendioxid gemischt wird und zu Methanol, unter Verwendung von Katalysatoren, umgesetzt wird. Die Verfahren zur Herstellung von Methanol aus Kohlendioxid, unter Verwendung von Wasserstoff, sind dabei im Stand der Technik hinlänglich bekannt und können hier allerdings vor Ort, nämlich an der Elektroenergieerzeugungsanlage oder aber in der Nähe eines entsprechenden Speichers für CO<sub>2</sub> installiert werden, so dass es nunmehr möglich ist, die bisher die Umwelt belastenden Abgase zu verringern und das Kohlendioxid sinnvoll einzusetzen.

**[0019]** Eine Weiterbildung der Erfindung ist dadurch angegeben, dass das Kohlendioxid aus dem Abgas der Kraft- oder Heizkraftwerke sowie aus den Anlagen der Zement-, Chemie-, Hüttenindustrie beziehungsweise in Biogasanlagen der Methanolsynthese direkt zugeführt wird. Das heißt, das Kohlendioxid wird direkt aus dem Abgas adsorbiert oder absorbiert und dann der Methanolsynthese direkt zugeführt. Dort wird es mit dem zur Verfügung stehenden Wasserstoff gemischt und unter Verwendung der Katalysatoren zu Methanol umgesetzt.

**[0020]** Das Verfahren, wie vorher beschrieben, lässt sich allerdings auch so durchführen, dass das Kohlendioxid aus Speichern beziehungsweise Speichieranlagen der Methanolsynthese sozusagen indirekt zugeführt wird. Auch diese Ausgestaltung ist von der Erfindung umfasst.

**[0021]** Wie bereits weiter vorn recht ausführlich beschrieben, ist eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch gekennzeichnet, dass das erzeugte Methanol bevorzugt in einem Methanollager zwischengespeichert wird, bevor es beispielsweise dem Feuerungsprozess wieder zugeführt oder aber abgefüllt wird.

**[0022]** Demnach ist eine Ausführungsform des Verfahrens auch dadurch gekennzeichnet, dass das erzeugte Methanol im Transportbehälter und/oder Transport- beziehungsweise Verkaufsgebilde abgefüllt wird. Mit diesen Transport- beziehungsweise Verkaufsgebilden lässt sich das Methanol an jeden gewünschten Ort transportieren.

**[0023]** Eine Variante der Erfindung ist allerdings auch dadurch gekennzeichnet, dass das erzeugte Methanol in wenigstens einer Pipeline zu wenigstens einem Heizkraftwerk transportiert wird.

**[0024]** Ein weiterer Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass eine technologische Einheit der Kohlendioxid-Verwertung und Wasserstoff-Methanolspeicherung (CV WMS) vorgesehen ist und die technologische Einheit der Kohlendioxid-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speicherung bestehend aus

- Elektrolyse von Wasser mit H<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> Gewinnung
- CO<sub>2</sub>-Ad- beziehungsweise Absorption mit CO<sub>2</sub>-Gewinnung und
- Methanolsynthese mit Methanol-Speicherung

vorrangig als umsetzbare Einheit, vorzugsweise containisiert am Standort einer Kohlendioxid-Quelle eingesetzt beziehungsweise installiert wird. Durch eine umsetzbare technologische Einheit der Kohlendioxid-Verwertung ist es jetzt möglich, am Standort der CO<sub>2</sub>-Quelle, egal ob es sich dabei um ein konventionelles Kraftwerk handelt oder um einen CO<sub>2</sub>-Speicher, dort Methanol zu erzeugen. Das Methanol kann dann entweder ebenfalls in einen Methanol-Speicher oder aber über eine Abfüllanlage abgefüllt und dann wegtransportiert werden.

**[0025]** Eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass regenerativ gewonnene Elektroenergie, die bei der gegenwärtig erreichten hohen Durchdringung in einer Regelzone verfügbar ist, vorrangig im 20 kV-Netz von Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerken, Biogasanlagen und anderen Kohlendioxid-Emittenten zum Schutze des Netzes dem internen Verbraucher, nämlich der Kohlendioxid-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speichereinheit zugeführt und als Maßnahme im Rahmen des Netzsicherungs-Managements zur Netzstabilisierung eingesetzt beziehungsweise verwendet wird. Dadurch wird eine Entlastung der Netze insbesondere dann erreicht, wenn bestimmte Energiespitzen zur Verfügung stehen.

**[0026]** Ein weiteres Verfahren, wie zuvor beschrieben, zeichnet sich dadurch aus, dass bei einer wärmegeführten Betriebsweise des Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerkes eine Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen durch die Kohlendioxid-Verwertung zu Methanol mit selbst erzeugtem Strom erfolgt, der an sich als negative Regelleistung vorgehalten wird, wobei der im Kraftwerk hergestellte Strom ebenfalls zur Kohlendioxid-Verwertung eingesetzt werden kann, um eine durch die vorrangige Einspeisung von erneuerbaren Energien bedingte Teillastfahrweise mit deutlich schlechteren spezifischen Verbrauchswerten und erhöhten Kohlendioxid-Emissionsraten beziehungsweise die Gefahr von Häufungen bei An- und Abfahrten des beziehungsweise der Kraftwerke(s) zu überwinden. Demnach gelingt es durch das erfindungsgemäße Verfahren nicht nur die umweltschädlichen Emissionen der traditionellen mit fossilen Brennstoffen arbeitenden Kraftwerke zu reduzieren, sondern gleichzeitig auch die Netze von entsprechenden Energiespitzen zu befreien. Des Weiteren können die mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerke zumindest in einem Bereich gefahren werden, bei dem eine Effizienz weiterhin gegeben ist und gleichzeitig ein geringer Schadstoffausstoß.

**[0027]** Ein weiteres Verfahren nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Kohlendioxid-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speichereinheit im heiz- und kraftwerks- beziehungsweise industrienahen Bereich beziehungsweise nahe einer Biogasanlage, die insbesondere mit Abfallwasserstoff betrieben wird, befindet, um Synergieeffekte hinsichtlich der Ver- und Entsorgung von Betriebs- und Hilfsmitteln sowie hinsichtlich des Austausches von Wärme- und Kälteenergie optimal zu nutzen.

**[0028]** Von Vorteil ist es auch, wenn das Verfahren, wie vorher beschrieben, sich dadurch auszeichnet, dass

das Kohlendioxid für den Wasserstoff als Transporteur fungiert und damit die CO<sub>2</sub>-Power-Carrier-Technologie (CPCT) begründet, die das Verfahren zur Verwertung von Kohlendioxid mit Hilfe von Wasserstoff vorzugsweise aus erneuerbaren Energien zu Methanol zum Inhalt hat und die im Ergebnis dieses Verfahrens CO<sub>2</sub>-Emissions-Zertifikate freisetzt. Das Freisetzen von sogenannten Kohlendioxid-Emissions-Zertifikaten ist ein großer Vorteil, nicht nur derart, dass mit diesen Zertifikaten gehandelt wird. Vielmehr ist es durch das erfindungsgemäße Verfahren jetzt gegeben, dass der Anteil von Kohlendioxid, mit dem die Umwelt belastet wird, tatsächlich und nicht nur ideell reduziert wird. Gleichzeitig kann man allerdings den ökonomischen Effekt der CO<sub>2</sub>-Emissions-Zertifikate nutzen, um die eigene Effizienz weiter zu erhöhen.

**[0029]** Eine Ausgestaltung des Verfahrens, wie vorher beschrieben, zeichnet sich dadurch aus, dass das hergestellte Methanol in den Feuerungsprozess von Kraftwerken zur Stromerzeugung zurückgeführt wird, um Windflauten auszugleichen und das dabei freiwerdende Kohlendioxid erneut zur Synthese von Methanol einzusetzen. Demnach ist ein Kreislauf geschaffen, mit dem es gelingt, die Kohlendioxid-Belastung durch ein konventionelles, mit fossilen Heizmaterialien betriebenes Kraftwerk nahezu vollständig zu reduzieren.

**[0030]** Eine Weiterbildung der zuvor beschriebenen Verfahren zeichnet sich, wie bereits weiter vorn erwähnt, dadurch aus, dass Windelektroenergie aus Starkwind- und Schwachlast-Perioden, die insbesondere an den Wochenenden und an Feiertagen sowie nachts auftreten, dazu verwendet wird, die Verfahren, wie vorher beschrieben, durchzuführen. Dabei wird diese Wind-Elektroenergie insbesondere für die Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff eingesetzt. Auch damit wird die gesamte Effizienz der Anlage erhöht. Durch die Möglichkeit der Speicherung des zur Verfügung stehenden Kohlendioxids und Wasserstoffs in Form von Methanol ist auch eine effizientere Fahrweise des gesamten Energieerzeugungskomplexes jetzt möglich.

**[0031]** Eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die Verfahrensschritte Elektrolyse, Kohlendioxid- beziehungsweise -absorption und Methanolsynthese derart gestaltet werden, dass durch die Entkopplung eine weitgehend reduzierte Fahrweise des/der Kraftwerke(s) regel- und maschinentechnisch gewährleistet wird.

**[0032]** Die Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Erzeugung von Elektroenergie zur Verfügung, wobei insbesondere das aus einem der Verfahren zur Herstellung von Methanol, wie vorher beschrieben, gewonnene Methanol als Wärmeerzeugungsträger zumindest als Zusatzwärmeerzeugungsträger zu fossilen Wärmeerzeugungsträgern dem Verbrennungsprozess von konventionellen, mit fossilen Heizkraftstoffen betriebenen Kraftwerken, insbesondere in Starklastphasen beziehungsweise bei nicht ausreichend zur Verfügung stehender Elektroenergie aus Schwachwindphasen eingesetzt wird. Durch dieses Verfahren wird deutlich, dass das in dem vorher beschriebenen Verfahren zur Erzeugung von Methanol jetzt vorhandene Methanol tatsächlich zur Abpufferung von Spitzen des Energiebedarfs eingesetzt werden kann. Insbesondere kann das Methanol auch dann eingesetzt werden, wenn nicht ausreichend Elektroenergie aus Windkraftwerken beziehungsweise Solarenergieerzeugungsanlagen zur Verfügung steht.

**[0033]** Ein Verfahren, wie vorher beschrieben, zeichnet sich entsprechend einer Weiterbildung auch dadurch aus, dass eine Steuerung vorgesehen ist, mittels derer die Erzeugung der Elektroenergie bedarfsgerecht gesteuert wird, wobei insbesondere bei nicht ausreichendem Aufkommen aus Wind-, Wasser- und/oder Solarenergieerzeugungsanlagen die fossilen Energieerzeugungsanlagen mit Methanol aus dem Methanolspeicher für die Erzeugung von Elektroenergie unterstützt werden.

**[0034]** Nachfolgend wird die Erfindung nochmals kurz schwerpunktmäßig zusammengefasst und erläutert: Die Erfindung betrifft den Verfahrensweg zur Verwertung von Kohlendioxid aus dem Abgas fossil befeuerter Heizkraftwerke und anderer CO<sub>2</sub>-Emittenten wie der Zement-, Chemie-, Stahl- usw. Industrie und auch aus Biogasanlagen mit Hilfe von Wasserstoff, der durch Elektrolyse von Wasser mit Hilfe von elektrischem Strom aus regenerativen Energiequellen gewonnen wurde, zur Herstellung von Methanol.

**[0035]** Der Verfahrensweg dient gleichzeitig zur Speicherung Erneuerbarer Energien in Form von Methanol.

**[0036]** Die Erfindung besteht nun ebenfalls darin, dass insbesondere im 20 kV-Netz Lasten geschaffen werden, um das mit Hilfe von Windenergieanlagen oder anderen regenerativen Energiequellen gewonnene Elektroenergieaufkommen insbesondere von Offshore-Windenergieanlagen-Clustern bei Starkwind, das auf Grund bereits bestehender hoher Kapazitätsbelastungen der Netze aller Ebenen oder einzelner Übertragungsnetze bei Schwachlast durch das Netzsicherheitsmanagement zur Netzstabilisierung abgeboten werden müsste, in Wasserstoff umzuwandeln und mit Kohlendioxid zur Synthese von Methanol bzw. Kohlenwasserstoffen umzusetzen.

**[0037]** Erfindungsgemäß werden Lasten durch CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speichereinheiten (CV WMS) gebildet, die durch die Elektrolyse ([Fig. 3](#)) zur Herstellung von Wasserstoff und Sauerstoff zur Abnahme von Elektroenergie aus dem Netz und damit zur Netzentlastung führen. Zu dieser technologischen Einheit gehören weiterhin die CO<sub>2</sub>-Ad- bzw. Absorptionsanlage zur CO<sub>2</sub>-Bereitstellung sowie die Methanolanlage zur Herstellung von Methanol. ([Fig. 1–Fig. 3](#)).

**[0038]** Der Verfahrensweg beinhaltet insbesondere die Möglichkeit, sog. „überschüssige“ Windelektroenergie aus Starkwind- und Schwachlastperioden durch wirksame Kommunikationswege zwischen dem Netzsicherheitsmanagement und der Last im 20 kV-Netz unmittelbar für die Methanolsynthese zu nutzen.

**[0039]** Bei der CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speichereinheit (CV WMS) wird auf an sich bekannte und langjährig erprobte Verfahren zurückgegriffen, die auf neuartige und verbesserte Art und Weise kombiniert und containerisiert installiert werden kann.

**[0040]** In dem Umfang, in dem nach dem gefundenen Verfahrensweg Methanol hergestellt wird, wird eine äquivalente Menge fossiler Energieträger und damit die adäquate CO<sub>2</sub>-Emission sowie CO<sub>2</sub>-Emissions-Zertifikate eingespart.

**[0041]** Die erfinderische Lösung besteht nun vorrangig darin, durch Verknüpfung der sich auf dem Energiesektor abzeichnenden Entwicklungen einen Verfahrensweg gefunden zu haben, um klimaschädliches CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Energieerzeugung durch Verwertung zu dem Industrieprodukt Methanol zu reduzieren, eine Möglichkeit aufzuzeigen, um im Untergrund gespeicherte CO<sub>2</sub>-Mengen langfristig abzubauen, regenerativ gewonnene Elektroenergie über Wasserstoff zu speichern, so genannte überschüssige Elektroenergie insbesondere aus Repowering von WEA und Offshore-Windenergieanlagen-Clustern effektiv zu nutzen und Maßnahmen zur Sicherung der Netzverträglichkeit hoher Windstromspeiseleistungen durch Netzentlastung mit Hilfe beeinflussbarer Lasten in Form der Methanolproduktion zu schaffen.

**[0042]** Mit CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speichereinheiten (CV WMS) werden elektrische Lasten und generell Möglichkeiten geschaffen, auch Abfall-Wasserstoff insbesondere aus chemischen Prozessen in ein gängiges Industrieprodukt wie Methanol umzusetzen und stoffwirtschaftlich oder energetisch zu nutzen.

**[0043]** Das CO<sub>2</sub> wird zum Wasserstoff-Energietransporteur und bildet damit die Basis für die CO<sub>2</sub>-PowerCarrier-Technologie (CPCT).

**[0044]** Unter Anwendung der CO<sub>2</sub>-PowerCarrier-Technologie (CPCT) können Kraft- oder Heizkraftwerke in Starkwindperioden, die durch einen hohen spezifischen Wärmeenergiebedarf bei gleichzeitig geringer Leistungsabnahme gekennzeichnet sind, in den Standby-Betrieb oder auch Warmhaltebetrieb übergehen, der dann durch das Verfeuern von selbst hergestelltem Methanol nahezu emissionsfrei erfolgt.

**[0045]** Einer der Grundgedanken der erfinderischen Lösung besteht darin, durch entsprechende verfahrenstechnische Verknüpfungen der Produktionsströme die naturgegebenen Unregelmäßigkeiten beim Aufkommen von Wind- bzw. Solarstrom durch Verstromung von Methanol, d. h. Rückführung des Endproduktes Methanol in den Feuerungsbereich des Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerks und Beginn eines neuen Zyklus der Methanolproduktion mit Zwischenspeicherung von Kohlendioxid, weitgehend zu nivellieren.

**[0046]** Ein weiterer Vorteil bei der Nutzung des vorgeschlagenen Verfahrensweges wird darin gesehen, das betriebswirtschaftliche Ergebnis eines Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerks durch den Verkauf nicht genutzter CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate zu verbessern.

**[0047]** Mit dem vorgeschlagenen Verfahrensweg ist bei einer wärmegeführten Betriebsweise des Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerks eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch CO<sub>2</sub>-Verwertung zu Methanol mit selbst erzeugtem Strom, der an sich als negative Regelreserve für hohe Windenergieeinspeisungen vorgehalten wird, möglich.

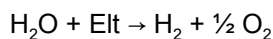
**[0048]** Selbst erzeugter Strom kann ebenfalls in einer CV WMS-Einheit eingesetzt werden, um Teillastfahrweisen des Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerks zu verlassen, bei denen infolge einer Unterlastfahrweise deutlich schlechtere CO<sub>2</sub>-Emissionsraten resultieren. Es kann ebenfalls die Gefahr gehäufter Abfahr- und Startvorgänge reduziert werden.

**[0049]** Mit dem vorgeschlagenen Verfahrensweg wird vor allem die Möglichkeit geschaffen, regenerative Energien wie Windstrom in ein Handelsprodukt umzuwandeln, dessen Anwendungsinfrastruktur seit Jahren erprobt ist und das einen wichtigen Synthesebaustein der C1-Chemie darstellt, der weitgehend in die Carbochemie integriert werden kann.

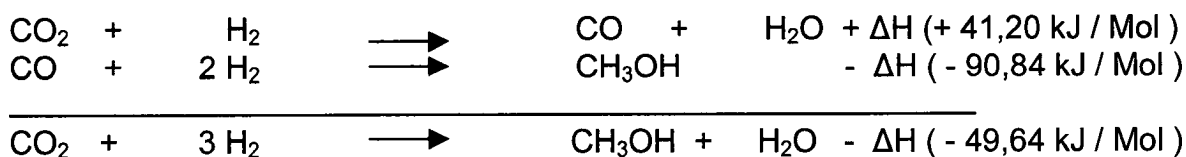
**[0050]** Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrensweges wird darin gesehen, dass der bei der Elektrolyse mit Hilfe regenerativ gewonnener Elektroenergie erzeugte Sauerstoff komplett in modernen Kraftwerkstechnologien wie dem Oxyfuel-Prozess zur Verstromung von Kohle eingesetzt werden kann.

Reaktionsgleichungen des vorgeschlagenen Verfahrensweges:

Elektrolyse:



Methanolsynthese:



**[0051]** Die Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Netzentlastung großer Elektroenergienetze zur Verfügung, welches sich dadurch auszeichnet, dass Windelektroenergie, die in Starkwind- und Schwachlast-Perioden zu einem instabilen Netzsicherheitszustand in allen verfügbaren elektrischen Netzebenen führen kann und abgeboten werden müsste über die Elektrolyse in das Verfahren der Kohlendioxid-Power-Carrier-Technologie zur Verwertung von Kohlendioxid zur Speicherung von erneuerbaren Energien in Form von Methanol als beeinflussbare Last eingeführt wird.

**[0052]** Die Erfindung betrifft auch eine Energieerzeugungsanlage, die gekennzeichnet ist durch wenigstens ein mit fossilen Wärmeenergieerzeugungsträger feuerbares Heizkraftwerk, wenigstens eine Dispatcher- beziehungsweise Verteilerstation, wenigstens ein mit Wind- und/oder Wasserkraft betriebenes Kraftwerk und/oder ein Solarkraftwerk, wenigstens eine Elektrolyseanlage zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, wenigstens je eine Speicherstation für Kohlendioxid, Sauerstoff und Wasserstoff sowie wenigstens eine Methanolerzeugungsanlage zur Durchführung einer Methanolsynthese, wenigstens einen Methanolspeicher sowie eine Verknüpfung beziehungsweise Vernetzung der einzelnen Anlagenbestandteile und eine Steuerung, die die Anlagenbestandteile zur Energieerzeugung in Abhängigkeit vom Strombedarf zur Optimierung der Auslastung zu steuern vermag. Durch diese Energieerzeugungsanlage gelingt es, die Verfahren, wie vorher beschrieben, optimal durchzuführen. Damit wird eine Energieerzeugungsanlage, die insbesondere auch aus einer Verknüpfung von unterschiedlichen Energieerzeugungsträgern, wie z. B. Heizkraftwerken, Wasserkraftwerken, Solarkraftwerken oder Windkraftwerken besteht, zu optimieren und insbesondere die derzeit noch auftretenden Energiespitzen bei Starkwindphasen und geringem Energiebedarf beziehungsweise bei Schwachwindphasen und hohem Energiebedarf optimal auszugleichen. Es gelingt, die aus umweltfreundlichen, regenerativen Energieerzeugungsanlagen erhaltene Elektroenergie in Form von Wasserstoff und Methanol zwischenspeichern und insbesondere auch den überschüssigen Sauerstoff einer optimalen Verwertung in der Energieerzeugungsanlage wieder zuzuführen.

**[0053]** Eine solche Energieerzeugungsanlage ist gemäß einer Ausführungsform dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Anlagenbestandteile an einem einzigen Standort, also territorial gebündelt, vorgesehen sind. Dies hat den Vorteil, dass geringe Transportwege zu überwinden sind.

**[0054]** Die Erfindung umfasst allerdings auch, dass die einzelnen Anlagenbestandteile an unterschiedlichen Standorten vorgesehen, jedoch mittels entsprechender Verbindungen, wie z. B. Kabel, Leitungen oder dergleichen miteinander verknüpft sind. Diese Variante bietet den Vorteil, dass man nicht unbedingt eine neue Energieerzeugungsanlage, die alle Bestandteile beziehungsweise Komponenten enthält, an einem einzigen Standort neu errichten muss. Vielmehr bietet es sich an, beispielsweise bestimmte Komponenten, wie wind- beziehungsweise wasserkraftbetriebene Elektroenergieerzeugungsanlagen an einem anderen Standort zu installieren, wo günstigere geologische und meteorologische Verhältnisse herrschen und die dort erzeugte Energie dann einem anderen Standort zuzuführen, an dem beispielsweise die Elektrolyseanlage zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff und die Methanolerzeugungsanlage stationiert sind. Eine solche Anlage



kann beispielsweise auch in der Nähe vorhandener Untergrundspeicher, die sich für eine CO<sub>2</sub>-Speicherung eignen, installiert werden.

**[0055]** Eine Weiterbildung der zuvor beschriebenen Energieerzeugungsanlage ist dadurch gekennzeichnet, dass eine technologische Einheit der Kohlendioxidverwertung und Wasserstoff-Methanol-Speicherung vorgesehen ist und diese technologische Einheit aus

- Elektrolyse von Wasser mit Wasserstoff- und Sauerstoffgewinnungen
- Kohlendioxid-Adsorptions- beziehungsweise Absorption mit Kohlendioxidgewinnung und
- Methanolsynthese mit Methanolspeicherung

besteht. Diese technologische Einheit kann dann an dem geeignetsten Standort installiert werden oder sie ist gemäß einer entsprechenden Weiterbildung der Erfindung als umsetzbare Einheit ausgebildet.

**[0056]** Dabei zeichnet sich eine Weiterbildung der Erfindung dadurch aus, dass alle Anlagenteile in einer einzigen umsetzbaren Einheit vorgesehen sind. Es ist allerdings auch von Vorteil, wenn die technologische Einheit der Kohlendioxidverwertung und Wasserstoff-Methanol-Speicherung in unterschiedlichen Modulen vorgesehen sind, wobei die einzelnen Anlagenmodule durch Schnittstellen miteinander verbindbar sind.

**[0057]** Die Energieerzeugungsanlage, wie vorher beschrieben, zeichnet sich nach einer Weiterbildung auch dadurch aus, dass die technologische Einheit beziehungsweise die einzelnen Anlagenmodule in einem Container angeordnet beziehungsweise vorgesehen sind.

**[0058]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen weiter beschrieben.

**[0059]** Es zeigen:

**[0060]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung der Kohlendioxid-Power-Carrier-Technologie als Bestandteil des erfindungsgemäßen Verfahrens

**[0061]** [Fig. 2](#) die verfahrenstechnischen Bestandteile der Kohlendioxid-Power-Carrier-Technologie und deren Zusammenwirken

**[0062]** [Fig. 3](#) Fließschema zum vorgeschlagenen Verfahrensweg zur Herstellung von Methanol, zur Speicherung von Elektroenergie und insbesondere eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Elektroenergieerzeugungsanlage;

**[0063]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung der Kohlendioxid-Power-Carrier-Technologie als Bestandteil des erfindungsgemäßen Verfahrens. Wie aus der schematischen Darstellung ersichtlich, wird Kohle, Erd- oder Biogas als fossiler Energieträger als Ausgangsprodukt eingesetzt. Dies ist schematisch in dem Rechteck mit dem Bezugszeichen **12** bezeichnet. Diese fossilen Energieträger werden in einem Kraft- und/oder Heizwerk, welches mit dem Bezugszeichen **13** bezeichnet ist, in Strom **21** umgewandelt. Dieser Strom **21** wird in das Nieder-, Mittel- oder Hochspannungsnetz **14** eingespeist. In das Nieder-, Mittel- oder Hochspannungsnetz **14** wird auch Strom aus Wind- und/oder Photovoltaikanlagen oder auch aus Wasserkraftwerken eingespeist, die schematisch mit dem Bezugszeichen **18** als umweltfreundliche Energieerzeugungsanlagen bezeichnet sind. Mit **17** wird Wind-, Wasserkraft und/oder die Solarstrahlung schematisch bezeichnet. Der Strom aus dem Nieder-, Mittel- oder Hochspannungsnetz **14** wird, wie aus dem Pfeil ersichtlich, in der CO<sub>2</sub>-Power-Carrier-Anlage **15** verarbeitet. Dazu wird einerseits Rauchgas aus dem Kraft- und/oder Heizwerk **13** der CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speichereinheit (CV-WMS) zugeführt. Des Weiteren ist es selbstverständlich notwendig, hier Wasserstoff zu erzeugen. Da die Methanolerzeugung ein endogener Prozess ist, entsteht Wärme **W**. Diese Wärme und die Abwärme aus dem Kraft- und/oder Heizwerk **13** wird einem nicht näher bezeichneten Wärmeverbraucher **16** zugeführt. Des Weiteren wird auch die Abwärme aus der CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speichereinheit (CV-WMS) **15** dem Wärmeverbraucher **16** zugeführt. Gleiches gilt für die Wärme, die aus Energie aus dem mit **18** bezeichneten Bereich erzeugt wird. Damit wird eine optimale Ausnutzung der fossilen Energieträger zum einen und zum anderen eine optimale Ausnutzung der Wind- und/oder Solarstrahlung beziehungsweise der Wasserkraft erreicht. Über geeignete Steuerungen lässt sich die gesamte Anlage so steuern, dass erfindungsgemäß bevorzugt Elektroenergie aus Wind- und/oder Photovoltaikanlagen beziehungsweise aus Wasserkraftwerken der CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speichereinheit (CV-WMS) zugeführt wird, insbesondere um den nötigen Wasserstoff durch Elektrolyse zu erhalten. Die [Fig. 1](#) beschreibt demnach die zentrale Stellung der CO<sub>2</sub>-Power-Carrier-Technologie (CPCT) und die CV-WMS-Einheit mit den Stoff- und Energieströmen sowie deren Integration in die Elektrizitätsebenen, das Kraft- und/oder

Heizwerk beziehungsweise die Biogasanlage, die erneuerbaren Energiequellen und die Wärmeverbraucher. Dies ist insgesamt ein geschlossener Kreislauf, der eine optimale Auslastung der eingesetzten fossilen Energieträger und gleichzeitig auch der durch die erneuerbaren Energiequellen zur Verfügung gestellten Elektroenergie dar.

**[0064]** In [Fig. 2](#) sind die verfahrenstechnischen Bestandteile der CO<sub>2</sub>-Power-Carrier-Technologie und deren Zusammenwirkung dargestellt. Mit dem Bezugszeichen **20** ist schematisch eine Windenergieanlage (WEA) dargestellt, welches Strom **21** entweder in das Nieder-, Mittel- oder Hochspannungsnetz **19** einspeist oder aber der Elektrolyse **22** zuführt. Aus der Elektrolyse **22** wird Wasserstoff in einem Wasserstoffspeicher **27** zugeführt. Des Weiteren wird Sauerstoff einem Sauerstoffspeicher **23** aus der Elektrolyse zugeführt. Der Wasserstoff aus dem Wasserstoffspeicher **27** gelangt in einen Synthesegasverdichter **26** und von dort in die Methanolsynthese **28**. Das erzeugte Methanol gelangt in einen Methanolspeicher **30** und kann von dort entweder abgefüllt oder dem Kraft- und/oder Heizwerk **25** wieder zugeführt werden. Die Einspeisung mit fossilen Energieträgern, wie Kohle, Erz- oder Biogas trägt das Bezugszeichen **24**. Aus dem Kraft- und/oder Heizwerk **25** gelangt CO<sub>2</sub> in den CO<sub>2</sub>-Speicher **29**, welches, wie hier noch nicht dargestellt, erfindungsgemäß dann der Methanolsynthese zumindest teilweise zugeführt wird. Teilweise wird das CO<sub>2</sub> allerdings auch wieder dem Kraft- und/oder Heizwerk **25** zugeführt. Dies ist wesentlicher Bestandteil der Oxyfuel-Technologie. Mit dem Bezugszeichen **23** ist noch ein Sauerstoffspeicher dargestellt, der den in der Elektrolyse erzeugten Sauerstoff zu speichern vermag und der ihn dann dem Kraft- und/oder Heizwerk **25** wieder zuführt, um bei der Verbrennung der fossilen Energieträger eine optimale Leistung zum einen zu gewährleisten und zum anderen ein sehr reines CO<sub>2</sub> zu erhalten, welches gut speicherbar ist. Mit dem Bezugszeichen **21** ist wieder der erzeugte Strom bezeichnet. Der Pfeil mit dem Bezugszeichen W bezeichnet die abgeführte Wärme. Die [Abb. 2](#) stellt hier allerdings nicht den gesamten erfindungsgemäßen Komplex dar, sondern nur ein Detail, nämlich den immanenten Bestandteil der CO<sub>2</sub>-Power-Carrier-Technologie am erfindungsgemäßen Verfahren.

**[0065]** In der [Fig. 3](#) ist ein Fließschema zum vorgeschlagenen Verfahrensweg nach der Erfindung zur Herstellung von Methanol, zur Speicherung von Elektroenergie und insbesondere eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Elektroenergieerzeugungsanlage dargestellt. In der Netzleitstelle **1** der entsprechenden Regelzone erfolgt die Kontrolle und Regelung der Lastflüsse zur Einhaltung der Stabilität der Netze **3** und insbesondere zur Integration des Aufkommens aus erneuerbaren Energiequellen, wie Windenergieanlagen **2**. Die Elektrolyse **4** bezieht ihren Strombedarf vorrangig zur Netzentlastung aus dem Netz, in das jedoch auch Strom aus dem Kraftwerk **5** und anderen Quellen eingespeist wird. Die Elektrolyse **4** produziert sowohl Wasserstoff, der in einem Wasserstoffspeicher **7** eingespeist wird, als auch Sauerstoff, der in einem Sauerstoffspeicher **11** zwischengelagert wird. Aus dem Heizwerk oder Heizkraftwerk **5**, das mit fossilen Energieträgern beziehungsweise Biogas aus dem Erd- beziehungsweise Biogas oder Kohlespeicher **9** versorgt wird, werden CO<sub>2</sub>-haltige Rauchgase initiiert, aus denen das Kohlendioxid in einer Ad- beziehungsweise Absorptionsanlage gewonnen und in einem CO<sub>2</sub>-Speicher **10** zwischengelagert wird. Wasserstoff und CO<sub>2</sub> werden vermischt und über einen Verdichter in das Kreislaufgas der Methanolanlage **6** mit dem erforderlichen Betriebsdruck eingespeist. Das hergestellte Methanol wird dem Methanoltanklager **8** zugeführt. Wie ersichtlich, ist damit die erfindungsgemäße Erzeugung von Methanol zum einen dargestellt. Zum anderen ist jedoch auch ersichtlich, dass hier eine optimale Verwertung der aus erneuerbaren Energiequellen zur Verfügung gestellten Elektroenergie erfolgt. Des Weiteren wird deutlich, dass es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren jetzt gelingt, in Phasen, in denen überschüssig Elektroenergie erzeugt wird und gleichzeitig die Abnahme sehr gering ist, diese Elektroenergie sinnvoll in Form von Methanol zu speichern. In dem Fall, wenn beispielsweise nicht ausreichende Wind- oder Wasserenergie oder Solarenergie zur Verfügung steht und gleichzeitig der Bedarf an Elektroenergie steigt, kann dann dieses Methanol wieder sinnvoll eingesetzt werden, indem es dann dem Heiz- oder Heizkraftwerk **5** wieder zugeführt wird. Insgesamt wird damit selbstverständlich auch eine bedeutende Reduzierung der Umweltbelastung durch schädliches CO<sub>2</sub> erreicht, weil dieses fast vollständig im Kreislauf gebunden wird und sinnvoll der Methanolerzeugung zugeführt werden kann.

Ausführungsbeispiel:

**[0066]** Für die Realisierung des vorgeschlagenen Verfahrensweges zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Verwertung des Kohlendioxid mit Hilfe von Wasserstoff, der durch Elektrolyse von Wasser mit regenerativ gewonnener Elektroenergie, vorzugsweise Strom aus Windkraftanlagen, zu Methanol umgesetzt wird und in den [Abb. 1–Fig. 3](#) dargestellt ist, bietet sich beispielhaft Lubmin bei Greifswald in Mecklenburg-Vorpommern als Modell-Standort an.

**[0067]** Für diesen Standort spricht ebenfalls die Nähe der Zentren für das Netzsicherheitsmanagement und die relativ hohe Dichte an Wärmebedarf und CO<sub>2</sub>-Aufkommen in der Region entlang der Ostsee-Küste.

**[0068]** Negativ ist das Fehlen großer elektrischer Lasten in dem dünn besiedelten und industriell relativ wenig erschlossenen Gebiet zu beurteilen. Weitere Beispiele sind denkbar.

**[0069]** An diesem Standort ist sowohl die Anlandung der fossilen Energieträger Steinkohle als auch Erdgas und deren Verstromung geplant.

**[0070]** Vorgesehen ist die Errichtung leistungsstarker Kraftwerksanlagen auf Basis dieser fossilen Energieträger, die unterschiedlich für die Einspeisung in den Grundlastbereich bzw. in den Mittel- und Spitzenlastbereich ausgelegt werden sollen.

**[0071]** Am gleichen Standort ist ebenfalls die Einschleifung der Elektroenergie aus leistungsstarken Off-shore-Windparks um Rügen mit Gesamtleistungen von > 2.000 MW vorgesehen.

**[0072]** Aus dieser Situation heraus sind in Starkwind- und Schwachlastperioden große Lastflüsse in Nord-Süd-Richtung und durchaus Überspeisungen der vorhandenen Netze zu erwarten.

**[0073]** Aus geologischer Sicht ist der Standort Lubmin durch die Nähe ausgebeuteter, fachmännisch versiegelter Erdgas- bzw. Erdöl-Lagerstätten ausgezeichnet, die für die unterirdische Speicherung von CO<sub>2</sub> durchaus geeignet erscheinen.

**[0074]** Beispielsweise könnte sich zwischen Mesekenhagen und Lüssow ein Speicher erstrecken, wobei eine CO<sub>2</sub>-Pipeline zwischen Lubmin und Mesekenhagen eine Option darstellen könnte.

**[0075]** Im Sinne des vorgeschlagenen neuartigen Verfahrensweges wäre ein Kraftwerk mit moderner Oxyfuel-Technologie, die wahrscheinlich eine Luftzerlegungsanlage und CO<sub>2</sub>-Gewinnungsanlage beinhaltet, lediglich mit einer Elektrolyse und einer Methanolreaktor- und Rektifiziereinheit zu ergänzen und im Nebenschluss über eine Pipeline mit dem unterirdischen CO<sub>2</sub>-Speicher zu verbinden, um Methanol aus Erneuerbaren Energien herzustellen.

**[0076]** Beispielhaft sind ebenfalls Stadtwerke geeignet, um eine Kohlendioxid-Verwertung mit dem Vorteil einer Netzentlastung in der Regelzone Mecklenburg-Vorpommern (Vattenfall Europe Transmission) zu verknüpfen.

**[0077]** Als Kohlendioxid-Quelle kommen ebenfalls Biogasanlagen in Frage, bei denen die Herstellung von Biogas mit Erdgasqualität erfolgt, wozu verfahrenstechnisch eine Abtrennung des Kohlendioxids vorgenommen wird.

**[0078]** Die in den Figuren und im Ausführungsbeispiel angegebenen Maße stellen bevorzugte Varianten dar. Die Erfindung ist jedoch auf diese Maße nicht eingeschränkt. Vielmehr sind in der Beschreibung und den Patentansprüchen Merkmale angegeben, die für die Erfindung einen breiteren Schutz beanspruchen.

**[0079]** Die Erfindung wurde zuvor anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben. Die jetzt und mit der Anmeldung später eingereichten Ansprüche sind Versuche zur Formulierung ohne Präjudiz für die Erzielung eines weitergehenden Schutzes.

**[0080]** Die in den abhängigen Ansprüchen angeführten Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin. Jedoch sind diese nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

**[0081]** Merkmale, die bislang nur in der Beschreibung offenbart wurden, können im Laufe des Verfahrens als von erfindungswesentlicher Bedeutung, zum Beispiel zur Abgrenzung vom Stand der Technik beansprucht werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Methanol durch die Verwertung von Kohlendioxid aus dem Abgas fossil befeuerter Kraftwerke, Heizkraftwerke und anderer Emittenten, wie z. B. aus Zementwerken der Zementindustrie, aus chemischen Anlagen, Stahlwerken aus Anlagen der Industrie, aus Biogas- und/oder Biomasseanlagen oder dergleichen, wobei Kohlendioxid aus dem Abgas der fossil befeuerten Kraftwerke für eine Methanol-

synthese mit Wasserstoff vermischt und unter Verwendung von Katalysatoren in Methanol umgesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kohlendioxid aus dem Abgas der fossil befeuerten Kraftwerke absorbiert bzw. adsorbiert wird.

3. Verfahren nach einem oder beiden der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Elektroenergie, bevorzugt aus umweltfreundlichen Energieerzeugungsanlagen, insbesondere aus Energieerzeugungsanlagen für erneuerbare Energie zur Herstellung des für die Methanolsynthese benötigten Wasserstoffs verwendet wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die bei der Elektrolyse benötigte Elektroenergie aus dem Überschussaufkommen von Wind- und/oder Solarenergieerzeugungsanlagen, insbesondere in Schwachlastphasen von Elektroenergienetzen zur Verfügung gestellt und verwendet wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe der Elektrolyse Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten, diese anschließend ggf. gespeichert und dem Energieerzeugungsprozess zumindest teilweise in Form des Sauerstoffs wieder zugeführt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der mit der Elektrolyse erzeugte Wasserstoff in der Methanolsynthese zur Verwertung des Kohlendioxids verwendet wird.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Elektrolyse bevorzugt mit Hilfe von Wind- und/oder Solarenergieanlagen gewonnene, insbesondere bevorzugt überschüssige Elektroenergie aus Starkwind- und/oder Schwachlastperioden zur Herstellung von Windwasserstoff verwendet wird, der mit dem aus dem Verbrennungsprozess fossiler Energieträger aus Kraft- oder Heizkraftwerken sowie aus Anlagen der Zement-, Chemie-, Hüttenindustrie bzw. in Biogasanlagen gewonnenen Kohlendioxid gemischt und zu Methanol unter Verwendung von Katalysatoren umgesetzt wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kohlendioxid aus dem Abgas der Kraft- oder Heizkraftwerke sowie aus Anlagen der Zement-, Chemie-, Hüttenindustrie bzw. aus Biogasanlagen der Methanolsynthese direkt zugeführt wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kohlendioxid aus Speichern bzw. Speicheranlagen der Methanolsynthese – indirekt – zugeführt wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erzeugte Methanol bevorzugt in einem Methanol-Lager zwischengespeichert wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erzeugte Methanol in Transportbehälter und/oder Transport- bzw. Verkaufsgebäude abgefüllt wird.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erzeugte Methanol in wenigstens einer Pipeline zu wenigstens einem Heizkraftwerk transportiert wird.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine technologische Einheit der CO<sub>2</sub>-Verwertung und Wasserstoff-Methanol-Speicherung (CV WMS) vorgesehen ist und die technologische Einheit der CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speicherung (CV WMS) bestehend aus

- Elektrolyse von Wasser mit H<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Gewinnung,
- CO<sub>2</sub>-Ad- bzw. Absorption mit CO<sub>2</sub>-Gewinnung und
- Methanolsynthese mit MeOH-Speicherung

vorrangig als umsetzbare Einheit, vorzugsweise containerisiert am Standort einer CO<sub>2</sub>-Quelle eingesetzt bzw. installiert wird.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass regenerativ gewonnene Elektroenergie, die bei der gegenwärtig erreichten hohen Durchdringung in einer Regelzone verfügbar ist, vorrangig im 20 kV-Netz von Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerken, Biogasanlagen und anderen CO<sub>2</sub>-Emittenten zum Schutze des Netzes dem internen Verbraucher, der CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Was-

serstoff-Methanol-Speichereinheit, zugeführt und als Maßnahme im Rahmen des Netzsicherheitsmanagements (NSM) zur Netzstabilisierung eingesetzt bzw. verwendet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer wärmegeführten Betriebsweise des Heiz-, Kraft- oder Heizkraftwerks eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch CO<sub>2</sub>-Verwertung zu Methanol mit selbst erzeugtem Strom erfolgt, der an sich als negative Regelleistung vorgehalten wird, wobei der im Kraftwerk hergestellte Strom ebenfalls zur CO<sub>2</sub>-Verwertung eingesetzt werden kann, um eine durch die vorrangige Einspeisung von erneuerbaren Energien bedingte Teillastfahrweise mit deutlich schlechteren spezifischen Verbrauchswerten und erhöhten CO<sub>2</sub>-Emissionsraten bzw. die Gefahr von Häufungen bei An- und Abfahrten des/der Kraftwerke(s) zu überwinden.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speicher- Einheit im Heiz- und Kraftwerks- bzw. industriennahen Bereich bzw. nahe einer Biogasanlage insbesondere mit Abfallwasserstoff betrieben wird, um Synergieeffekte hinsichtlich der Ver- und Entsorgung von Betriebs- und Hilfsmitteln sowie hinsichtlich des Austausches von Wärme- und Kälteenergie optimal zu nutzen.

17. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kohlendioxid für den Wasserstoff als Transporteur fungiert und damit die CO<sub>2</sub>-PowerCarrier-Technologie (CPCT) begründet, die das Verfahren zur Verwertung von Kohlendioxid mit Hilfe von Wasserstoff vorzugsweise aus erneuerbaren Energien zu Benzinen über Methanol zum Inhalt hat und CO<sub>2</sub> Emissions-Zertifikate freisetzt.

18. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das hergestellte Methanol in den Feuerungsprozess von Kraftwerken zur Stromerzeugung zurückgeführt wird, um Windflauten auszugleichen und das dabei frei werdende Kohlendioxid erneut zur Synthese von Methanol einzusetzen.

19. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Windelektroenergie aus Starkwind- und Schwachlastperioden, die an Wochenenden, Feiertagen sowie nachts an Werktagen zur Verfügung steht, bevorzugt für die Durchführung des Verfahrens genutzt wird.

20. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrensschritte Elektrolyse, Kohlendioxid- bzw. -absorption und Methanolsynthese derart gestaltet werden, dass durch Entkopplung eine weitgehend reduzierte Fahrweise des/der Kraftwerke(s) regel- und maschinentechnisch gewährleistet werden kann.

21. Verfahren zur Erzeugung von Elektroenergie, wobei insbesondere das aus einem der Verfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen gewonnene Methanol als Wärmeerzeugungsträger zumindest als Zusatzwärmeerzeugungsträger zu fossilen Wärmeerzeugungsträgern dem Verbrennungsprozess von Heizkraftwerken insbesondere in Starklastphasen bzw. bei nicht ausreichend zur Verfügung stehender Elektroenergie aus Schwachwindphasen eingesetzt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerung vorgesehen ist, mittels derer die Erzeugung der Elektroenergie bedarfsgerecht gesteuert wird, wobei insbesondere bei nicht ausreichendem Aufkommen aus Wind-, Wasser- und/oder Solarenergieerzeugungsanlagen die fossilen Energieerzeugungsanlagen mit Methanol aus dem Methanol-Speicher für die Erzeugung von Elektroenergie unterstützt werden.

23. Verfahren zur Netzentlastung, dadurch gekennzeichnet, dass Windelektroenergie, die in Starkwind und Schwachlastperioden zu einem instabilen Netzsicherheitszustand in allen verfügbaren elektrischen Netzebenen führen kann und abgeboten werden müsste, über die Elektrolyse in das Verfahren der CO<sub>2</sub>-PowerCarrier-Technologie (CPCT) zur Verwertung von Kohlendioxid zur Speicherung von erneuerbaren Energien in Form von Methanol als beeinflussbare Last eingeführt wird.

24. Energieerzeugungsanlage, gekennzeichnet durch wenigstens ein mit fossilen Wärmeerzeugungsträgern befeuerbares Heizkraftwerk, wenigstens eine Dispatcher- bzw. Verteilerstation, wenigstens ein mit Wind- und/oder Wasserkraft betriebenes Kraftwerk und/oder ein Solarkraftwerk, wenigstens eine Elektrolyseanlage zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, wenigstens je eine Speicherstation für Kohlendioxid, Sauerstoff und Wasserstoff sowie wenigstens eine Methanolerzeugungsanlage zur Durchführung einer Methanolsynthese, wenigstens einem Methanol-Speicher sowie eine Verknüpfung bzw. Vernetzung der einzelnen

Anlagenbestandteile und eine Steuerung, die die Anlagenbestandteile zur Energieerzeugung in Abhängigkeit vom Strombedarf zur Optimierung der Auslastung zu steuern vermag.

25. Energieerzeugungsanlage nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Anlagenbestandteile an einem einzigen Standort vorgesehen sind.

26. Energieerzeugungsanlage nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Anlagenbestandteile an unterschiedlichen Standorten vorgesehen, jedoch mittels entsprechender Verbindungen, wie z. B. Kabel, Leitungen oder dergleichen miteinander verknüpft sind.

27. Energieerzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine technologische Einheit der CO<sub>2</sub>-Verwertung und Wasserstoff-Methanol-Speicherung (CV WMS) vorgesehen ist und die technologische Einheit der CO<sub>2</sub>-Verwertungs- und Wasserstoff-Methanol-Speicherung (CV WMS) aus

- Elektrolyse von Wasser mit H<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Gewinnung,
  - CO<sub>2</sub>-Ad- bzw. Absorption mit CO<sub>2</sub>-Gewinnung und
  - Methanolsynthese mit MeOH-Speicherung
- besteht.

28. Energieerzeugungsanlage nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die technologische Einheit der CO<sub>2</sub>-Verwertung und Wasserstoff-Methanol-Speicherung (CV WMS) als umsetzbare Einheit ausgebildet ist, wobei alle Anlagenteile in der umsetzbaren Einheit angeordnet sind.

29. Energieerzeugungsanlage nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die technologische Einheit der CO<sub>2</sub>-Verwertung und Wasserstoff-Methanol-Speicherung (CV WMS) in unterschiedlichen Modulen vorgesehen sind, wobei die einzelnen Anlagenmodule durch Schnittstellen miteinander verbindbar sind.

30. Energieerzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die technologische Einheit der CO<sub>2</sub>-Verwertung und Wasserstoff-Methanol-Speicherung (CV WMS) bzw. die einzelnen Anlagenmodule in einem Container angeordnet bzw. vorgesehen ist/sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

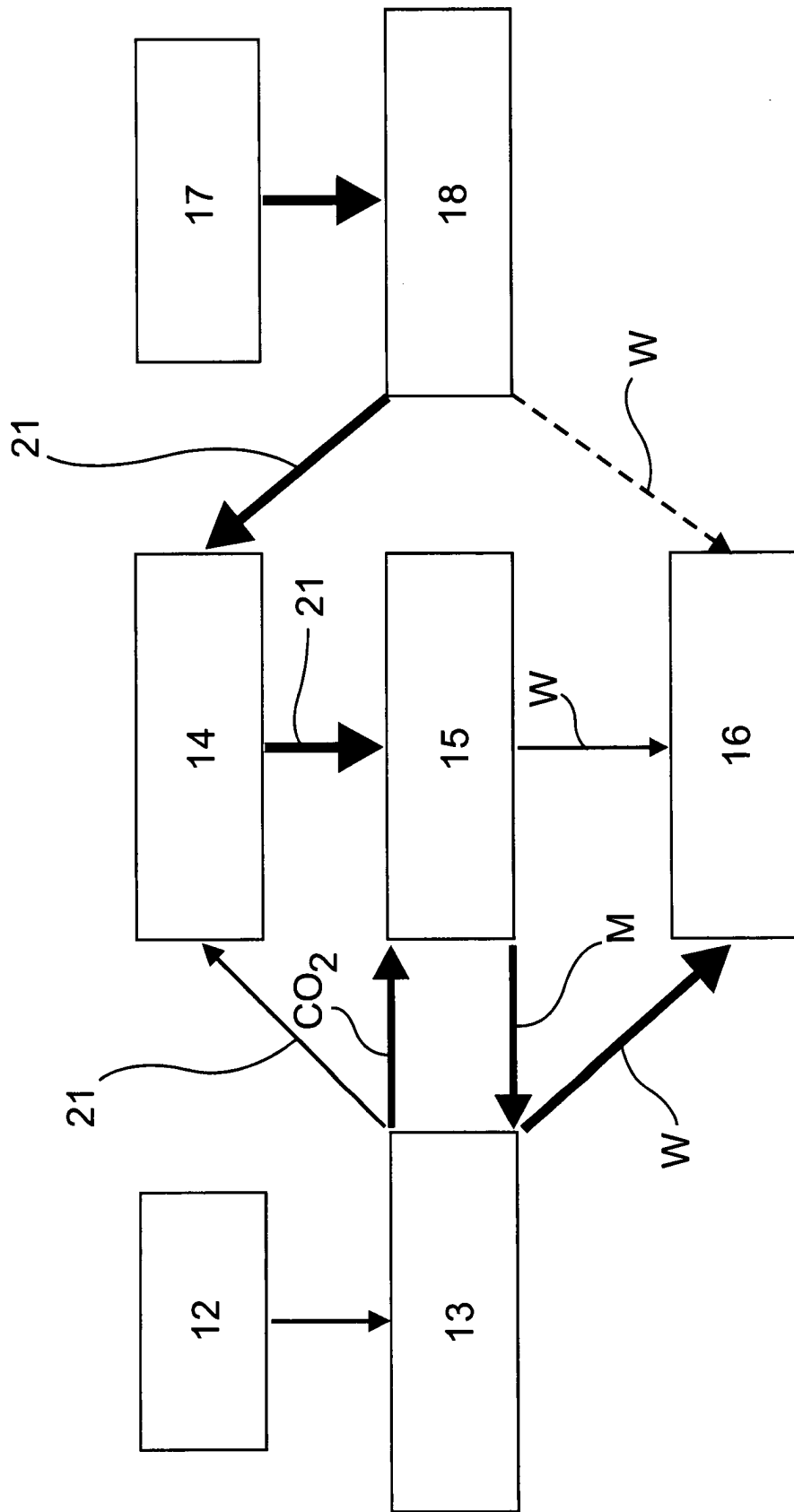


Fig. 1

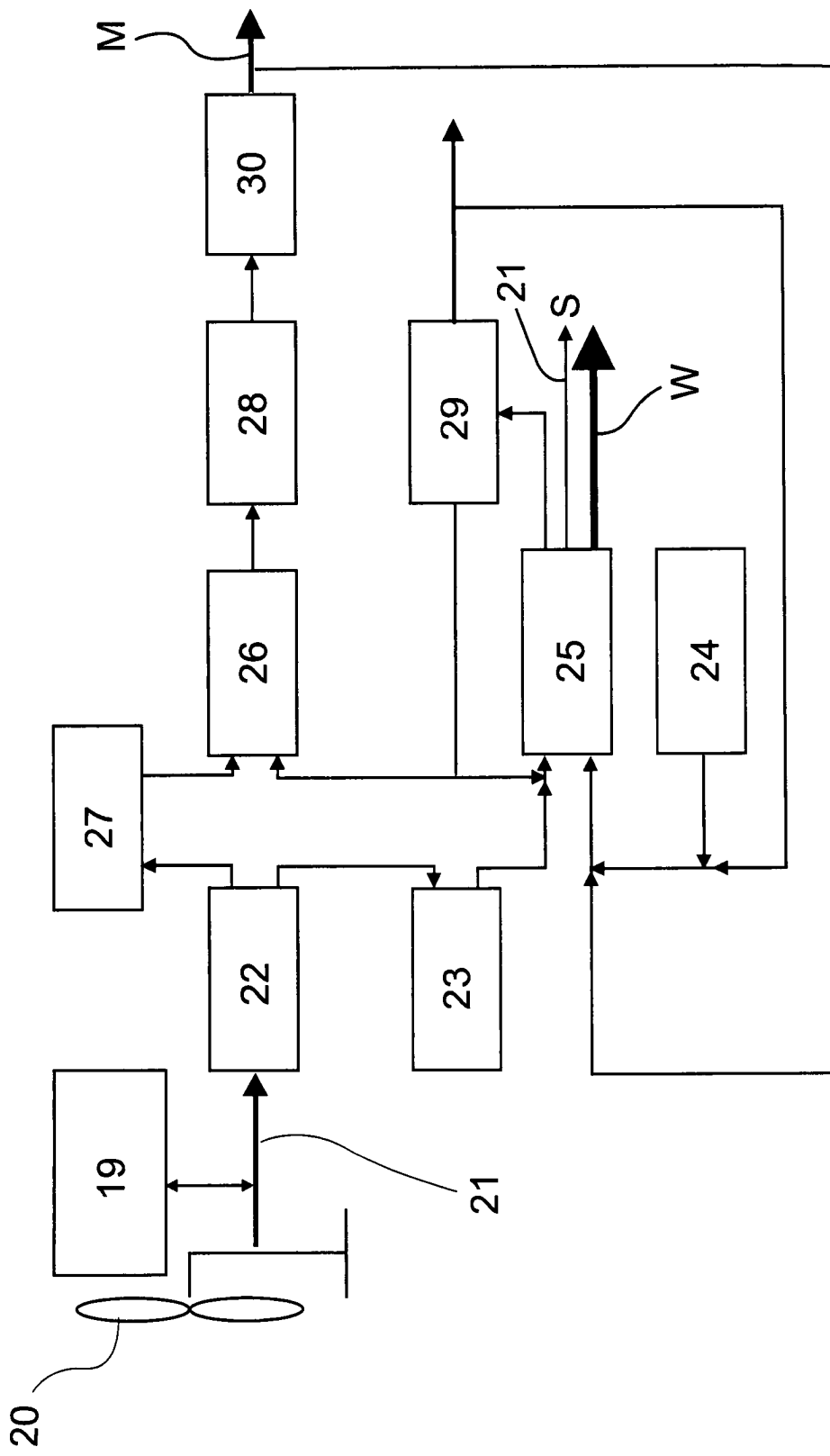


Fig. 2



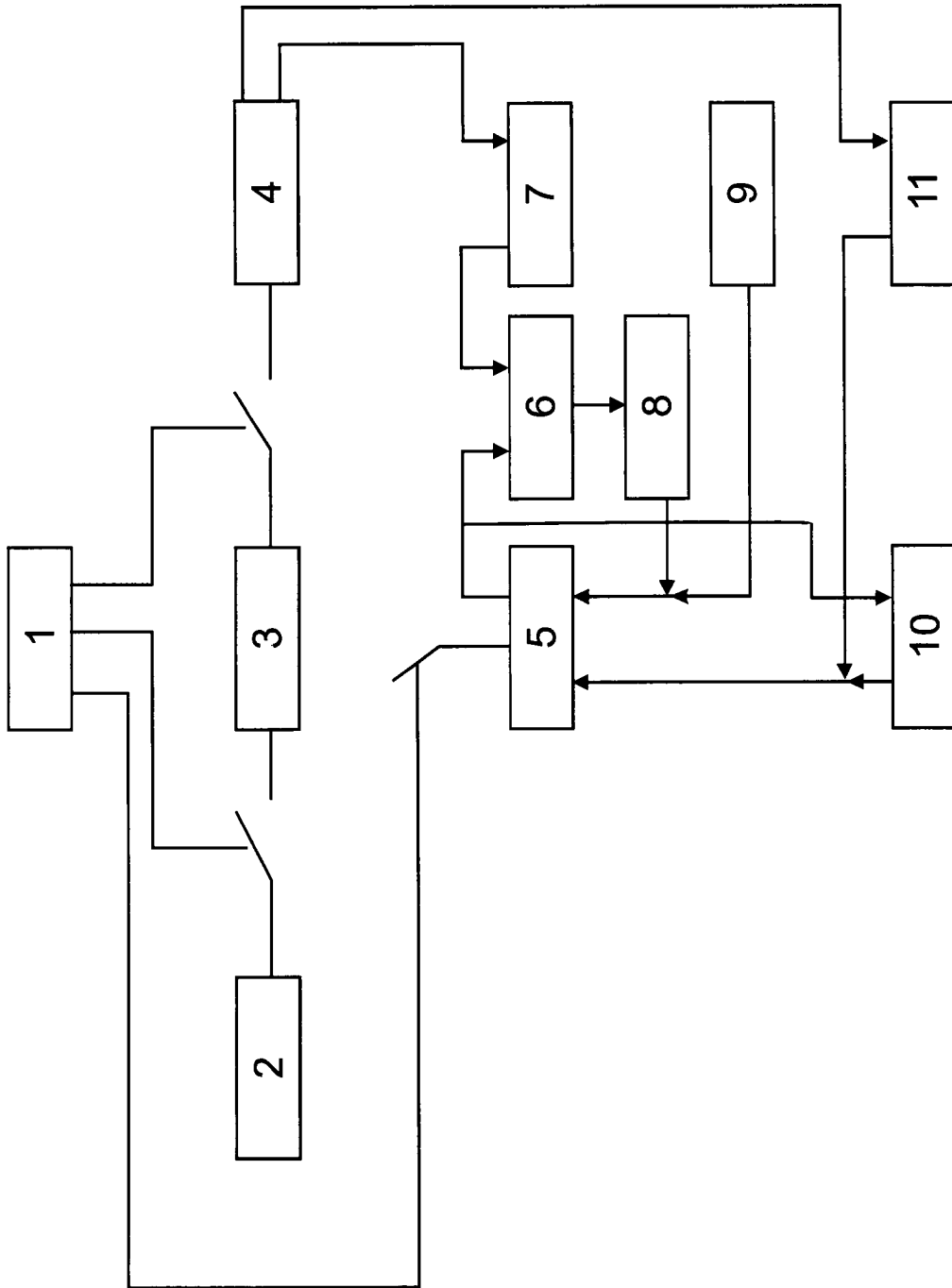


Fig. 3