

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

29. Juni 2017 (29.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2017/108252 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02C 1/00 (2006.01) F02C 3/30 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/077049

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. November 2016 (09.11.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 226 305.3
21. Dezember 2015 (21.12.2015) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: HEIN, Olaf; Am Alten Bahnhof 32, 45481
Mülheim an der Ruhr (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

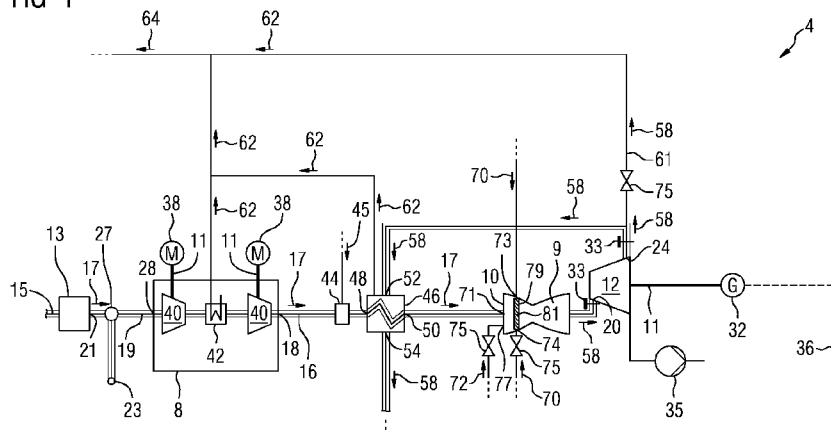
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: GAS TURBINE INSTALLATION AND METHOD FOR OPERATING A GAS TURBINE INSTALLATION

(54) Bezeichnung : GASTURBINENANLAGE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER GASTURBINENANLAGE

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a gas turbine installation (4) which comprises a gas turbine (12), a compressor station (8), a filter unit (13) with an inlet (15) for a first working medium (17) and a feed line (19), by means of which feed line (19) an outlet (21) of the filter unit (13) is connected to an inlet (28) of the compressor station (8). To provide a gas turbine installation 4 which can be retrofitted with little outlay and at low cost, the feed line (19) has an inlet (23) for a second working medium (25) and a switching device (27), by means of which it is possible to set via which of the two inlets (15, 23) a working medium (17, 25) can be introduced into the compressor station (8).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage (4), welche eine Gasturbine (12), eine Verdichterstation (8), eine Filtereinheit (13) mit einem Einlass (15) für ein

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



erstes Arbeitsmedium (17) und eine Zuführungsleitung (19) umfasst, durch welche Zuführungsleitung (19) ein Ausgang (21) der Filtereinheit (13) mit einem Eingang (28) der Verdichterstation (8) verbunden ist. Um eine Gasturbinenanlage 4 bereitzustellen, welches mit geringem Aufwand und mit geringen Kosten nachrüstbar ist, weist die Zuführungsleitung (19) einen Einlass (23) für ein zweites Arbeitsmedium (25) sowie eine Umschalteneinrichtung (27) auf, mittels welcher einstellbar ist, über welchen der beiden Einlässe (15, 23) ein Arbeitsmedium (17, 25) in die Verdichterstation (8) einführbar ist.

Beschreibung

Gasturbinenanlage und Verfahren zum Betreiben einer Gasturbinenanlage

5

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage, welche eine Gasturbine, eine Verdichterstation, eine Filtereinheit mit einem Einlass für ein erstes Arbeitsmedium und eine Zuführungsleitung umfasst, durch welche Zuführungsleitung ein Ausgang der Filtereinheit mit einem Eingang der Verdichtereinheit verbunden ist.

Gasturbinenanlagen, welche mit kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffen betrieben werden, sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt. In der Regel wird in einer Gasturbinenanlage Luft als Arbeitsmedium und als Oxidationsmittel genutzt. Die Luft wird dabei in einem Verdichter verdichtet, in eine Brennkammer geführt und dort gemeinsam mit dem Brennstoff verbrannt. Bei der Verbrennung entsteht ein kohlendioxidhaltiges Abgas mit Temperaturen bis ca. 1500°C. Ein Teil der thermischen Energie des Abgases kann dann mithilfe einer Gasturbine (und gegebenenfalls mithilfe einer nachgeschalteten optionalen Dampfturbine) in elektrische Energie umgewandelt werden. Ferner kann ein Teil der thermischen Energie direkt genutzt werden, beispielsweise als Fernwärme. Typischerweise wird das Abgas nach Durchlaufen der Gasturbine (oder gegebenenfalls nach Durchlaufen der optionalen Dampfturbine) in die Atmosphäre entlassen.

Auch bekannt ist das sogenannte Oxyfuel-Verfahren, bei welchem anstatt Luft reiner Sauerstoff als Oxidationsmittel genutzt wird. Beim Oxyfuel-Verfahren wird der Brennstoff gemeinsam mit dem Sauerstoff verbrannt und bei der Verbrennung entsteht wiederum ein kohlendioxidhaltiges Abgas, aus welchem das Kohlendioxid abgetrennt wird. Ein Teil des abgetrennten Kohlendioxids wird über eine Rückführungsleitung zurück in den Verdichter geführt und als Arbeitsmedium in der Gasturbinenanlage genutzt. Ein anderer Teil des abgetrennten Kohlen-

dioxids kann beispielsweise in einer unterirdischen Lagerstätte gespeichert werden („carbon capture and storage“) oder chemisch aufbereitet werden. Ein Ziel des Oxyfuel-Verfahrens ist es Kohlendioxid-Emissionen in die Atmosphäre zu reduzieren und Strom somit umweltfreundlich zu erzeugen.

Jedoch ist eine für das Oxyfuel-Verfahren eingerichtete Gasturbinenanlage (im Folgenden kurz: Oxyfuel-Anlage) in den Anschaffungs- bzw. Herstellungskosten sowie in den Betriebskosten wesentlich teurer als eine konventionelle Gasturbinenanlage, insbesondere weil eine Abtrennungseinheit zum Abtrennen von Kohlendioxid benötigt wird und Energie für die Abtrennung des Kohlendioxids aus dem Abgas sowie Energie für eine Sauerstoffherzeugung verbraucht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gasturbinenanlage bereitzustellen, welche kostengünstig ausbaubar ist, insbesondere zu einer Oxyfuel-Anlage.

Die Aufgabe wird durch eine Gasturbinenanlage der eingangs genannten Art gelöst, bei welcher erfindungsgemäß die Zuführungsleitung einen Einlass für ein zweites Arbeitsmedium sowie eine Umschalteinrichtung aufweist, mittels welcher einstellbar ist, über welchen der beiden Einlässe ein Arbeitsmedium in die Verdichterstation einführbar ist.

Beispielsweise kann der Einlass für das erste Arbeitsmedium ein Einlass für Luft sein. Weiter kann der Einlass für das zweite Arbeitsmedium beispielsweise ein Einlass für Kohlendioxid sein.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass es in Zeiten günstiger Kohlendioxid-Zertifikate ökonomisch sinnvoller ist, eine konventionelle Gasturbinenanlage anzuschaffen und zu betreiben, da wie erwähnt bei einer konventionellen Gasturbinenanlage keine Kosten für eine Abtrennungseinheit sowie keine Energiekosten für die Abtrennung von Kohlendioxid und für die Sauerstoffherstellung anfallen.

Weiter beruht die Erfindung auf der Überlegung, dass in Folge des Klimawandels zu erwarten ist, dass die Richtlinien zur Emission von Kohlendioxid verschärft werden. Damit sind steigende Preise für Kohlendioxid-Zertifikate zu erwarten. Bei steigenden Preisen für Kohlendioxid-Zertifikate kann es ökonomisch sinnvoller sein, eine Oxyfuel-Anlage zu betreiben. Jedoch ist der Umbau einer konventionellen Gasturbinenanlage zu einer Oxyfuel-Anlage aufwändig und teuer.

Ferner liegt der Erfindung die Erkenntnis zugrunde, dass es technisch ungünstig ist, eine Rückführungsleitung an den Eingang der Filtereinheit der Gasturbinenanlage anzuschließen, da Filterelemente der Filtereinheit einen Druckverlust des Arbeitsmediums in der Filtereinheit bewirken, der sich ungünstig auf den Wirkungsgrad der Anlage auswirkt. Daher ist es bei einer Oxyfuel-Anlage für einen besseren Wirkungsgrad der Anlage sinnvoll, das Abgas bzw. einen Bestandteil des Abgases an der Filtereinheit vorbei in die Verdichterstation zu führen.

Dadurch, dass bei der Erfindung ein zweiter Einlass, nämlich der Einlass für das zweite Arbeitsmedium, vorgesehen ist, ist die Gasturbinenanlage kostengünstig umrüstbar bzw. kostengünstig zu einer Oxyfuel-Anlage ausbaubar. Sobald die Preise für Kohlendioxid-Zertifikate steigen, kann die Anlage mit geringem Aufwand und geringen Kosten nachgerüstet bzw. ausgebaut werden. Beispielsweise können eine Abtrennungseinheit und/oder eine Rückführungsleitung nachgerüstet werden. Insbesondere kann die Rückführungsleitung an dem Einlass für das zweite Arbeitsmedium angeschlossen werden.

Mittels der Umschalteinrichtung ist vorzugsweise einstellbar, über welchen der beiden Einlasse ein Arbeitsmedium in die Verdichterstation eingeführt wird bzw. der Verdichterstation zugeführt wird. Vorteilshafterweise ist die Umschalteinrichtung derart ausgestaltet, dass entweder das erste Arbeitsmedium (über den Einlass für das erste Arbeitsmedium) oder das

zweite Arbeitsmedium (über den Einlass für das zweite Arbeitsmedium) der Verdichterstation zugeführt werden kann.

Vorzugsweise kann die Umschalteinrichtung mindestens zwei
5 Stellungen einnehmen. In der ersten Stellung ist vorzugsweise der Einlass für das erste Arbeitsmedium zugeschaltet. Das heißt, wenn sich die Umschalteinrichtung in der ersten Stellung befindet, kann das erste Arbeitsmedium über den Einlass für das erste Arbeitsmedium in die Verdichterstation geführt
10 werden. In der zweiten Stellung ist vorzugsweise der Einlass für das zweite Arbeitsmedium zugeschaltet. Das heißt, wenn sich die Umschalteinrichtung in der zweiten Stellung befindet, kann das zweite Arbeitsmedium über den Einlass für das zweite Arbeitsmedium in die Verdichterstation geführt werden.

15 Das Gasturbinenkraftwerk kann in einer ausgebauten Stufe wahlweise mit dem ersten Arbeitsmedium oder mit dem zweiten Arbeitsmedium betrieben werden. Das heißt, die Umschalteinrichtung kann es außerdem ermöglichen, im Fall, dass die Gasturbinenanlage als Oxyfuel-Anlage ausgebaut ist, aufwands-
20 günstig vom Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium in den Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium umzuschalten, beispielsweise wenn kein Oxidationsmittel zur Verfügung steht. Steht der Gasturbinenanlage, welche als Oxyfuel-Anlage ausgebaut
25 ist, das Oxidationsmittel wieder zur Verfügung, kann aufwandsgünstig vom Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium wieder in den Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium umgeschaltet werden.

30 In der Verdichterstation kann das der Verdichterstation zugeführte Arbeitsmedium verdichtet werden. Insbesondere kann in der Verdichterstation wahlweise, d. h. je nach Einstellung der Umschalteinrichtung, das erste Arbeitsmedium oder das zweite Arbeitsmedium verdichtet werden. Das in der
35 Verdichterstation verdichtete Arbeitsmedium kann im Folgenden als „verdichtetes Arbeitsmedium“ bezeichnet werden.

Die Umschalteinrichtung kann ein Ventil oder mehrere separate Ventile umfassen. Die mehreren Ventile können in unterschiedlichen Abschnitten der Zuführungsleitung angeordnet sein. Die Ventile können die oben genannten Stellungen der Umschalteinrichtung einnehmen. Außerdem kann die Umschalteinrichtung ein Wegeventil, insbesondere ein 3/2-Wegeventil, umfassen.

Beispielsweise kann die Gasturbine einstufig oder mehrstufig ausgeführt sein. Als Gasturbine kann eine Gasturbine im engeren Sinne verstanden, welche auch Expander, Entspanner oder Entspannungsturbine genannt wird.

Die Verdichterstation und die Gasturbine des Gasturbinenkraftwerks bilden zweckmäßigerweise zumindest insoweit eine anlagentechnische Einheit, nämlich die Gasturbinenanlage, als dass die Gasturbine mit dem in der Verdichterstation verdichteten Arbeitsmedium betrieben wird (strömungstechnische Verbindung).

Vorzugsweise umfasst die Gasturbinenanlage eine mit der Verdichterstation verbundene Antriebseinheit, insbesondere zum Antreiben der Verdichterstation. Die Antriebseinheit kann beispielsweise ein Motor, insbesondere ein elektrischer Motor, oder eine Turbine, z. B. eine Dampfturbine, sein. Weiter kann die Antriebseinheit eine weitere, insbesondere kleiner dimensionierte, Gasturbine sein, insbesondere um eine Schwarzstartfähigkeit der Gasturbinenanlage sicherzustellen. Vorzugsweise ist die Antriebseinheit drehzahlvariabel. Durch eine Einstellung der Drehzahl der Antriebseinheit kann vorzugsweise die Drehzahl der Verdichterstation eingestellt werden. Weiter kann die Verdichtung des Arbeitsmediums und/oder der Druck des verdichteten Arbeitsmediums durch eine Einstellung der Drehzahl des Motors abhängig vom zu verdichtenden Arbeitsmedium eingestellt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Drehzahl des Motors bzw. die Drehzahl der Verdichterstation an das zu verdichtende Arbeitsmedium angepasst werden kann.

Weiter ist es bevorzugt, wenn die Verdichterstation und die Gasturbine jeweils eine eigene Welle aufweisen. Das heißt, die Verdichterstation und die Gasturbine können mechanisch voneinander entkoppelt sein. Hierbei sei unter entkoppelt zu verstehen, dass die Verdichterstation völlig unabhängig von der Gasturbine angetrieben werden kann. Insbesondere gewährleistet die Entkopplung der Verdichterstation von der Gasturbine, dass die Verdichterstation unabhängig von einer Drehzahl der Gasturbine gefahren werden kann. Auf diese Weise können stromnetzseitige Einflüsse, wie Erzeugungsdefizite im Stromnetz, welche eine Drehzahlabsenkung der Gasturbine bewirken können, nicht auf die von der Gasturbine entkoppelte Verdichterstation durchschlagen.

Die Verdichterstation kann mindestens eine Verdichtereinheit aufweisen. Es ist bevorzugt, wenn die Verdichterstation mehrere, beispielsweise zwei oder drei, Verdichtereinheiten aufweist. Die Verdichtereinheit / zumindest eine der Verdichtereinheiten kann ihrerseits mehrstufig ausgeführt sein. Die Verdichtereinheit / zumindest eine der Verdichtereinheiten kann beispielsweise ein Radialverdichter oder ein Axialverdichter sein. Die Verdichtereinheiten können eine gemeinsame Welle oder jeweils eine eigene Welle aufweisen. Insbesondere kann für jede der Verdichtereinheiten eine eigene Abtriebseinheit vorgesehen sein.

Weiterhin kann die Verdichterstation zumindest einen Zwischenkühler aufweisen. Vorzugsweise sind die mehreren Verdichtereinheiten strömungstechnisch in Reihe geschaltet und zwischen jeweils zwei Verdichtereinheiten kann jeweils ein Zwischenkühler angeordnet sein.

Zweckmäßigerweise umfasst die Gasturbinenanlage einen Brenner. Der Brenner kann strömungstechnisch nach der Verdichterstation angeordnet sein. Es ist sinnvoll, wenn der Brenner einen Arbeitsmediumzugang aufweist. Weiter kann dem Brenner das von der Verdichterstation verdichtete Arbeitsmedium zugeführt werden, insbesondere über den

Arbeitsmediumeneingang. Vorzugsweise ist der Brenner wahlweise mit dem ersten Arbeitsmedium oder mit dem zweiten Arbeitsmedium betreibbar. Auf diese Weise kann die Nachrüstbarkeit der Gasturbinenanlage gewährleistet werden. Aufgrund der Möglichkeit, den Brenner mit dem ersten oder dem zweiten Arbeitsmedium betreiben zu können, kann der Brenner als Hybridbrenner bezeichnet werden.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn der Brenner ein mehrstufiger Brenner ist. Weiter ist es zweckmäßig, wenn der Brenner einen ersten Brennstoffeingang aufweist. Außerdem ist es bevorzugt, wenn der Brenner einen, insbesondere zuschaltbaren, zweiten Brennstoffeingang aufweist. Als zuschaltbar kann ein Eingang verstanden werden, welcher beispielsweise durch ein Ventil abtrennbar und/oder zuschaltbar ist. Der zweite Brennstoffeingang kann separat steuerbar sein. Vorzugsweise ist der zweite Brennstoffeingang als Booster-Eingang ausgestaltet, d. h. der zweite Brennstoffeingang ermöglicht zweckmäßigerweise eine schnelle Leistungssteigerung der Gasturbinenanlage. Insbesondere kann der zweite Brennstoffeingang eine Steigerung der Wärmeleistung, z. B. auf 150% der Wärmeleistung bei Volllastbetrieb, ermöglichen.

Es ist vorteilhaft, wenn der Brenner mindestens einen, insbesondere zuschaltbaren, Oxidationsmitteleingang aufweist. Über den Oxidationsmitteleingang kann eine Zufuhr eines Oxidationsmittels, insbesondere von Sauerstoff, in den Brenner zuschaltbar sein bzw. zugeschaltet werden, insbesondere für einen Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium. Der Oxidationsmitteleingang kann die Umschaltmöglichkeit zwischen dem ersten Arbeitsmedium und dem zweiten Arbeitsmedium gewährleisten.

Alternativ oder zusätzlich kann die Zuführungsleitung einen, insbesondere zuschaltbaren, Oxidationsmitteleingang aufweisen. Über den Oxidationsmitteleingang an der Zuführungsleitung kann die Zufuhr des Oxidationsmittels in die Verdichterstation zuschaltbar sein bzw. zugeschaltet werden, insbesondere für einen Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium.

Der Brenner kann ein Diffusionsbrenner sein. Zweckmäßigerweise ist der Brenner ein Vormischbrenner. Vorteilhafterweise ist der Brenner dazu eingerichtet, sowohl im Diffusionsbetrieb als auch im Vormischbetrieb zu arbeiten. Es ist bevorzugt, wenn der Brenner eine Dralleinheit mit verstellbaren Schaufeln umfasst. Die Schaufeln der Dralleinheit können je nach zugeführtem Arbeitsmedium einstellbar sein. Auch die Einstellbarkeit der Schaufeln kann für einen Betrieb der Gasturbine mit wahlweise dem ersten Arbeitsmedium oder dem zweiten Arbeitsmedium vorteilhaft sein. Bei einem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium können die Schaufeln eine erste Stellung einnehmen. Weiter können bei einem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium die Schaufeln eine zweite Stellung einnehmen. Eine Stellung der Schaufeln kann beispielsweise durch einen bestimmten Neigungswinkel charakterisiert sein.

Vorzugsweise ist die Dralleinheit dazu eingerichtet, (bei einem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium) das erste Arbeitsmedium mit dem Brennstoff zu vermischen. Weiter kann die Dralleinheit dazu eingerichtet sein, (bei einem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium) das zweite Arbeitsmedium mit dem Brennstoff zu vermischen und/oder das zweite Arbeitsmedium mit dem Oxidationsmittel zu vermischen.

Vorzugsweise wird unter Verwendung des Brenners der Brennstoff verbrannt, d. h. der Brennstoff wird oxidiert. Die Menge an Brennstoff, die dem Brenner zweckmäßigerweise zugeführt wird, kann eingestellt werden. Weiterhin kann die Oxidationsmittelzufuhr zugeschaltet werden, wobei insbesondere die Menge an Oxidationsmittel, die dem Brenner zweckmäßigerweise zugeführt wird, eingestellt werden kann. Mittels der Umschalt-einrichtung kann vorzugsweise eingestellt werden, ob dem Brenner das erste oder das zweite Arbeitsmedium zugeführt wird. Ferner kann die Menge an verdichteten Arbeitsmedium, die dem Brenner zweckmäßigerweise zugeführt wird, eingestellt werden. Auf diese Weise kann die Leistung der Gasturbinenan-

lage geregelt werden und ein flexibler Lastbetrieb des Gasturbinenkraftwerks wird möglich.

Bei der Verbrennung kann ein Abgas mit hoher Temperatur,
5 z. B. 1500°C, entstehen. Sinnvollerweise ist die Gasturbine der Gasturbinenanlage strömungstechnisch nach der Verdichterstation, insbesondere nach dem Brenner, angeordnet. Zweckmäßigerweise wird das (heiße) Abgas in die Gasturbine geführt. In der Gasturbine kann das Abgas einen Teil seiner
10 Energie durch Entspannung als Bewegungsenergie an die Gasturbine abgeben. Auf diese Weise kann das Abgas die Gasturbine antreiben.

Weiter ist es zweckmäßig, wenn die Gasturbinenanlage einen
15 Generator aufweist. Vorzugsweise ist der Generator mit der Gasturbine (mechanisch) verbunden, beispielsweise über eine Welle und/oder über eine Kupplung. Zweckmäßigerweise wandelt der Generator die in der Gasturbine erzeugte mechanische Energie in elektrische Energie um, welche dann als elektrischer Strom in das Stromnetz eingespeist werden kann. Zweck-
20 mäßigerweise wird das Abgas in der Gasturbine entspannt, insbesondere zur Energieumwandlung. Vorzugsweise hat das entspannte Abgas eine Temperatur von 500 - 600°C.

25 Die Gasturbinenanlage kann eine Pumpe zum Evakuieren der Gasturbine aufweisen. Es ist zweckmäßig, wenn die Pumpe an die Gasturbine angeschlossen ist. Die Gasturbine ist vorzugsweise über Absperrorgane, z. B. Absperrschieber oder Absperrklappen, von der restlichen Gasturbinenanlage strömungstechnisch
30 abtrennbar. Beispielsweise ist jeweils ein Absperrorgan an einem Eingang der Gasturbine und an einem Ausgang der Gasturbine angeordnet. Zweckmäßigerweise werden die Absperrorgane zum Evakuieren der Pumpe geschlossen. Zweckmäßigerweise wird die Gasturbine evakuiert, wenn sich die Gasturbinenanlage im
35 Phasenschieberbetrieb befindet, d. h. wenn die Verdichterstation und der Brenner nicht in Betrieb sind. Weiter kann die Gasturbine evakuiert werden, wenn sich die Gasturbinenanlage im Leerlauf befindet und/oder wenn die Gastur-

bine als Motor betrieben wird. Zweckmäßigerweise wird die Gasturbine evakuiert, wenn die Gasturbinenanlage zur Netzstabilisierung genutzt wird. Das Evakuieren der Gasturbine hat den Vorteil, dass eine Kupplung zwischen der Gasturbine und dem Generator nicht mehr benötigt wird, weil die evakuierte Gasturbine lastarm mitgeschleppt werden kann.

Die Gasturbinenanlage kann einen Rekuperator, insbesondere zum Wärmeaustausch zwischen zumindest einem Teil des in der Verdichterstation verdichteten ersten Abgasbestandteils und zumindest einem Teil des Abgases aus der Gasturbine, aufweisen. Vorzugsweise umfasst der Rekuperator, auch Wärmeübertrager oder Wärmetauscher genannt, einen Kalteingang. Weiter ist es bevorzugt, wenn der Rekuperator einen Kaltausgang umfasst. Außerdem kann der Rekuperator einen Warmeingang aufweisen. Ferner ist es bevorzugt, wenn der Rekuperator einen Warmausgang aufweist.

Als Kalteingang kann ein Eingang des Rekuperators aufgefasst werden, durch welchen vorzugsweise ein erstes, wärmeaufnehmendes Medium in den Rekuperator eintritt. Als Kaltausgang kann ein Ausgang des Rekuperators aufgefasst werden, durch welchen das erste Medium vorzugsweise nach einer Wärmeaufnahme aus den Rekuperator austritt. Weiter kann als Warmeingang ein Eingang des Rekuperators aufgefasst werden, durch welchen vorzugsweise ein zweites, wärmeabgebendes Medium in den Rekuperator eintritt. Ferner kann als Warmausgang ein Ausgang des Rekuperators aufgefasst werden, durch welchen das zweite Medium vorzugsweise nach einer Wärmeabgabe aus den Rekuperator austritt.

Der Rekuperator kann über seinen Kalteingang mit einem Ausgang der Verdichterstation verbunden sein. Weiter kann der Rekuperator über seinen Kaltausgang mit einem Eingang der Gasturbine, insbesondere über den Brenner, verbunden sein. Außerdem kann der Rekuperator über seinen Warmeingang mit dem Ausgang der Gasturbine, verbunden sein.

Vorzugsweise ist der Rekuperator dazu eingerichtet, mit zumindest einem Teil des (von der Verdichterstation) verdichteten Arbeitsmediums durchströmt zu werden. Der zumindest eine Teil des verdichteten Arbeitsmediums kann in den Kalteingang des Rekuperators einströmen. Weiter kann der zumindest eine Teil des verdichteten Arbeitsmediums aus dem Kaltausgang des Rekuperators ausströmen, insbesondere nach dem Wärmeaustausch.

Ferner ist vorzugsweise der Rekuperator dazu eingerichtet, mit zumindest einem Teil eines Abgases aus der Gasturbine durchströmt zu werden. Der zumindest eine Teil des Abgases aus der Gasturbine kann in den Warmeingang des Rekuperators einströmen. Weiter kann der zumindest eine Teil des Abgases aus der Gasturbine aus dem Warmausgang des Rekuperators ausströmen, insbesondere nach dem Wärmeaustausch.

Vorzugsweise überträgt der zumindest eine Teil des (heißen) Abgases aus der Gasturbine im Rekuperator thermische Energie bzw. Wärme an den zumindest einen Teil des verdichteten Arbeitsmediums, insbesondere beim Wärmeaustausch. Auf diese Weise wird beim Wärmeaustausch der zumindest eine Teil des verdichteten Arbeitsmediums erwärmt, beispielsweise auf ca. 500 - 600°C, wobei der zumindest eine Teil des Abgases aus der Gasturbine einen Teil seiner thermischen Energie bzw. Wärme abgibt.

Die bei dem Betrieb des Gasturbinenkraftwerks entstehende Abwärme kann vielfältig - energetisch effizient - weitergenutzt werden. Beispielsweise kann Abwärme aus dem Zwischenkühler der Verdichterstation und/oder aus dem Rekuperator abgeleitet werden. Außerdem kann auch dem Abgas nach dem Ausströmen aus dem Rekuperator noch Wärme entzogen werden, welche als Abwärme genutzt wird. Weiterhin kann das Abgas aus der Gasturbine zumindest teilweise als Abwärme genutzt werden. Die Abwärme kann z. B. als Fernwärme genutzt werden. Ferner kann die Abwärme für den Betrieb einer Abtrennungseinheit genutzt werden. Weiter kann die Abwärme für eine Elektrolyse, z. B. in

einer Elektrolyseeinheit, und/oder für eine andere chemische Reaktion, für eine Meerwasserentsalzung (-sanlage), für eine (Braun-)Kohletrocknung (z. B. bei Kohlevergasungsprozessen) und/oder für einen Betrieb einer Kältemaschine verwendet werden.

Die Gasturbinenanlage kann eine Aufsättigungseinheit aufweisen. Vorzugsweise ist die Aufsättigungseinheit zwischen der Verdichterstation und dem Rekuperator angeordnet. Zweckmäßigerweise ist die Aufsättigungseinheit eingangsseitig mit dem Ausgang der Verdichterstation verbunden. Außerdem ist es vorteilhaft, wenn die Aufsättigungseinheit ausgangsseitig mit dem Kalteingang des Rekuperators verbunden ist.

Insbesondere kann die Gasturbinenanlage die Aufsättigungseinheit zum Einbringen eines Aufsättigungsmittels aufweisen, vorzugsweise zum Einbringen in zumindest einen Teil des verdichteten Arbeitsmediums.

Das heißt, die Aufsättigungseinheit kann dazu eingerichtet sein, das verdichtete Arbeitsmedium, insbesondere vor dem Wärmeaustausch in dem Rekuperator, mit dem Aufsättigungsmittel zu versetzen. Auf diese Weise kann das verdichtete Arbeitsmedium mit dem Aufsättigungsmittel

aufgesättigt werden. Ein Vorteil des mit dem Aufsättigungsmittel versetzten Arbeitsmediums (des „feuchten Arbeitsmediums“) ist, dass dieses eine höhere Wärmekapazität aufweist als „ein trockenes Arbeitsmedium“ (, welches nicht mit Aufsättigungsmittel versetzt wurde). Weiter hat das

„feuchte Arbeitsmedium“ eine höhere Masse als das „trockene Arbeitsmedium“. Ein weiterer Vorteil kann sein, dass durch die Zugabe von Aufsättigungsmitteln die Temperatur des Arbeitsmediums herabgesenkt wird, sodass das „feuchte Arbeitsmedium“ dem Abgas aus der Gasturbine mehr thermische Energie einziehen kann als das „trockene Arbeitsmedium“, insbesondere da das Abgas mittels des „feuchten Arbeitsmediums“ stärker abgekühlt werden kann.

Das Aufsättigungsmittel kann beispielsweise Wasser sein, insbesondere Wasser aus einer Abtrennungseinheit, sonstiges destilliertes Wasser oder aufbereitetes Leitungswasser. Ferner kann die Aufsättigungseinheit in den Rekuperator integriert
5 sein.

Die Verdichterstation und/oder die Gasturbine können ein kohlen säurebeständiges Material aufweisen. Weiter können auch andere Elemente der Gasturbinenanlage, durch welche das Arbeitsmedium zweckmäßigerweise geführt wird, z. B. der Rekupe-
10 rator, die Aufsättigungseinheit und/oder (Verbindungs-) Leitungen, ein kohlen säurebeständiges Material aufweisen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung, welche insbesondere eine ausgebaute Stufe der Gasturbinenanlage darstellt, umfasst die Gasturbinenanlage eine Abtrennungseinheit. Vorzugsweise ist die Abtrennungseinheit zur Abtrennung eines ersten Abgasbestandteils aus einem Abgas der Gasturbine eingerichtet. Das Abgas der Gasturbine kann insbesondere das
15 20 zuvor genannte Abgas sein.

Es ist zweckmäßig, wenn die Abtrennungseinheit einen Eingang aufweist, welcher vorzugsweise mit einem Ausgang der Gasturbine verbunden ist. Beispielsweise kann der Eingang der Abtrennungseinheit über den Rekuperator mit der Gasturbine verbunden sein. Insbesondere kann der Rekuperator über seinen Warmausgang mit dem Eingang der Abtrennungseinheit verbunden sein.
25

Weiter kann die Abtrennungseinheit einen ersten Ausgang aufweisen, welcher vorzugsweise mit dem Einlass für das zweite Arbeitsmedium verbunden ist. Über den ersten Ausgang kann zumindest ein Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils aus der Abtrennungseinheit entlassen werden. Insbesondere
30 35 kann der zumindest eine Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils über den Einlass für das zweite Arbeitsmedium in die Verdichterstation geführt werden. Vorzugsweise ist das zweite Arbeitsmedium der zumindest eine Teil des abgetrennten

ersten Abgasbestandteils. Auf diese Weise kann die erste aus-
gebaute Stufe der Gasturbinenanlage insbesondere für ein
Oxyfuel-Verfahren ausgebaut sein.

5 Zweckmäßigerweise umfasst die Gasturbinenanlage einen Aus-
lass. Vorzugsweise ist der Auslass der Gasturbinenanlage zum
Abführen eines Teils des (abgetrennten) ersten Abgasbestand-
teils aus der Gasturbinenanlage eingerichtet. Durch die Ver-
wendung der Abtrennungseinheit kann ein Teil des abgetrennten
10 ersten Abgasbestandteils, insbesondere Kohlendioxid, in hoher
Reinheit, z. B. mindestens 90 vol %, aus der Gasturbinenanla-
ge abgeführt werden und gegebenenfalls weitergenutzt werden.

Der aus der Gasturbinenanlage abgeführte Teil des abgetrenn-
15 ten ersten Abgasbestandteils kann ein anderer Teil sein, als
das zweite Arbeitsmedium. Beispielsweise kann der Auslass der
Gasturbinenanlage ein zweiter Ausgang der Abtrennungseinheit
sein. Weiter kann der Auslass der Gasturbinenanlage ein Aus-
gang einer Rückführungsleitung sein, durch welche vorzugswei-
20 se der erste Ausgang der Abtrennungseinheit mit dem Eingang
der Verdichterstation verbunden ist.

Ferner kann der aus der Gasturbinenanlage abgeführte Teil des
abgetrennten ersten Abgasbestandteils eine Teilmenge des
25 zweiten Arbeitsmediums sein. Beispielsweise kann der Auslass
der Gasturbinenanlage ein Ausgang einer
Verdichterausgangsleitung sein, durch welche vorteilhafter-
weise ein Ausgang der Verdichterstation mit einem Eingang der
Gasturbine verbunden ist.

30 Es ist zweckmäßig, wenn die Abtrennungseinheit einen weiteren
Ausgang, insbesondere einen dritten Ausgang, aufweist. Insbe-
sondere kann die Abtrennungseinheit den weiteren Ausgang zum
Abführen eines zweiten Abgasbestandteils aufweisen. Vorzugs-
35 weise ist der zweite Abgasbestandteil ein von der Abtren-
nungseinheit abgetrennter zweiter Abgasbestandteil. Das
heißt, vorteilhafterweise ist die Abtrennungseinheit dazu
eingerichtet, aus dem Abgas der Gasturbine einen zweiten Ab-

gasbestandteil abzutrennen. Weiterhin kann der zweite Abgasbestandteil ein bei der Abtrennung des ersten Abgasbestandteils zurückbleibender Abgasbestandteil sein.

- 5 Der weitere Ausgang der Abtrennungseinheit kann mit der Aufsättigungseinheit verbunden sein. Weiter kann der zweite Abgasbestandteil, insbesondere Wasser, zumindest teilweise der Aufsättigungseinheit zugeführt werden.
- 10 Ferner ist die Erfindung auf ein Gasturbinenkraftwerk mit der erfindungsgemäßen Gasturbinenanlage, insbesondere mit einer der oben beschriebenen Weiterbildungen der Gasturbinenanlage, gerichtet.
- 15 Vorzugsweise umfasst das Gasturbinenkraftwerk eine Brennstoff-
erzeugungsanlage. Zweckmäßigerweise ist die Brennstoff-
erzeugungsanlage mit einem Auslass der Gasturbinenanlage ver-
bunden, insbesondere mit dem zuvor genannten Auslass der Gas-
turbinenanlage. Vorteilhafterweise ist über den Auslass ein
20 Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils aus der Gas-
turbinenanlage abführbar. Das heißt, ein Teil des ersten Ab-
gasbestandteils kann über den Auslass aus der Gasturbinenan-
lage abgeführt werden.
- 25 Damit kann der aus der Gasturbinenanlage abgeführte Teil des
ersten Abgasbestandteiles - zusätzlich zu den bekannten Maß-
nahmen wie Speicherung des Abgasbestandteils in unterirdi-
schen Lagerstätten und Nutzung des Abgasbestandteils zu einer
Gasinjektion bei einer tertiären Ölgewinnung - für eine
30 Brennstoffherzeugung genutzt werden.

Vorzugsweise wird, beispielsweise falls der Druck in der Gas-
turbinenanlage, insbesondere in der Abtrennungseinheit, über
eine vorgegebene Druckobergrenze steigt, ein Teil des abge-
35 trennten ersten Abgasbestandteils abgeführt. Außerdem kann
der (aus der Gasturbinenanlage) abgeführte Teil des abge-
trennten ersten Abgasbestandteils der Brennstoffherzeugungsan-
lage zugeführt werden. Das heißt, die Gasturbinenanlage, ins-

besondere der Auslass der Gasturbinenanlage, ist sinnvollerweise derart eingerichtet, dass der (aus der Gasturbinenanlage abgeführte) Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils der Brennstoffherzeugungsanlage zugeführt werden kann.

5

Vorzugsweise entspricht der aus der Gasturbinenanlage (über den Auslass der Gasturbinenanlage) abgeführte erste Abgasbestandteil einem der Brennstoffherzeugungsanlage zugeführten ersten Abgasbestandteil.

10

Der aus der Gasturbinenanlage abgeführte erste Abgasbestandteil kann, insbesondere in der Brennstoffherzeugungsanlage, zum Erzeugen eines Brennstoffs genutzt werden. Es ist vorteilhaft, wenn der Brennstoff Kohlenwasserstoff, insbesondere Methan, und/oder Alkohol, insbesondere Methanol, umfasst. Weiter kann der erzeugte Brennstoff beispielsweise in der Gasturbinenanlage zur Erzeugung elektrischer Energie, d. h. zur Stromerzeugung, genutzt werden.

15

20

Beispielsweise können durch die Erzeugung des Brennstoffs in dem Gasturbinenkraftwerk Kosten für eine Brennstoffförderung, insbesondere eine Erdgasförderung, sowie Kosten für einen Transport des geförderten Brennstoffs eingespart werden.

25

Außerdem kann der erzeugte Brennstoff aus dem Gasturbinenkraftwerk abgeführt werden, z. B. indem er der Mineralölindustrie zur Verfügung gestellt wird. Dann kann der erzeugte (und abgeführte) Brennstoff beispielsweise in Fahrzeugen und/oder in einem Heizkraftwerk, genutzt werden, z. B. mit-

30

tels einer Brennstoffzelle und/oder eines Motors. Durch einen Verkauf des erzeugten Brennstoffs an die Mineralölindustrie kann ein ökonomischer Betrieb des Gasturbinenkraftwerks sichergestellt werden.

35

Dadurch, dass sinnvollerweise der aus der Gasturbinenanlage abgeführte erste Abgasbestandteil genutzt wird, kann auf seinen Abtransport und seine Einlagerung in einer unterirdischen Lagerstätte verzichtet werden. Auch gelangt der aus der Gas-

turbinenanlage abgeführte erste Abgasbestandteil so nicht als Treibhausgas in die Atmosphäre. Auf diese Weise kann sowohl der Betrieb der Gasturbinenanlage als auch dessen Energieerzeugung umweltfreundlich sein.

5

Die Brennstoffherzeugungsanlage kann einen Brennstoffspeicher umfassen. Der in der Brennstoffherzeugungsanlage erzeugte Brennstoff kann in dem Brennstoffspeicher gespeichert werden. Insbesondere kann der in der Brennstoffherzeugungsanlage erzeugte Brennstoff zumindest teilweise dem Brenner der Gasturbinenanlage zugeführt werden. Weiter kann dem Brenner ein anderer als der erzeugte Brennstoff zugeführt werden.

10

Weiter ist es vorteilhaft, wenn die Brennstoffherzeugungsanlage eine Elektrolyseeinheit, insbesondere zur Elektrolyse, umfasst. Sinnvollerweise ist die Elektrolyse eine Elektrolyse von Wasser. Insbesondere kann die Elektrolyse eine Elektrolyse zur Erzeugung eines Ausgangsstoffs, insbesondere von Wasserstoff, und/oder eines Oxidationsmittels, insbesondere von Sauerstoff, sein. Beispielsweise kann überschüssige Energie aus dem Stromnetz für die Elektrolyse bzw. in der Elektrolyseeinheit genutzt werden. Auf diese Weise kann überschüssige Energie aus dem Stromnetz gespeichert werden, insbesondere in Form eines Ausgangsstoffs und/oder eines Oxidationsmittels.

15

20

25

Zweckmäßigerweise ist der weitere Ausgang der Abtrennungseinheit mit der Elektrolyseeinheit der Brennstoffherzeugungsanlage verbunden. Vorzugsweise wird zumindest ein Teil des (abgetrennten) zweiten Abgasbestandteils, insbesondere Wasser, der Elektrolyseeinheit zugeführt und gegebenenfalls dort einer Elektrolyse unterzogen.

30

35

Vorzugsweise wird mittels der Elektrolyse ein Ausgangsstoff, insbesondere Wasserstoff, erzeugt. Der Ausgangsstoff kann in einem Speicher des Gasturbinenkraftwerks gespeichert werden.

Außerdem ist es vorteilhaft, wenn mittels der Elektrolyse ein Oxidationsmittel, insbesondere Sauerstoff, erzeugt wird.

Vorteilhafterweise umfasst die Brennstofferzeugungsanlage eine Syntheseeinheit zum Synthetisieren des Brennstoffs. Das heißt, vorzugsweise ist die Syntheseeinheit dazu eingerichtet, den Brennstoff zu erzeugen, insbesondere zu synthetisieren. Der Ausgangsstoff kann der Syntheseeinheit zugeführt werden. Es ist zweckmäßig, wenn der Ausgangsstoff zum Synthetisieren des Brennstoffs verwendet wird. Außerdem kann der aus der Gasturbinenanlage abgeführte Teil des ersten Abgasbestandteils der Syntheseeinheit zugeführt werden. Weiter ist es sinnvoll, wenn der aus der Gasturbinenanlage abgeführte Teil des ersten Abgasbestandteils zum Synthetisieren des Brennstoffs verwendet wird. Das heißt, der Brennstoff kann aus dem Ausgangsstoff und dem aus der Gasturbinenanlage abgeführten Teil des ersten Abgasbestandteils synthetisiert werden.

Weiter ist es vorteilhaft, wenn die Syntheseeinheit ausgangsseitig mit der Gasturbinenanlage verbunden ist. Die Syntheseeinheit kann mit einem Brenner der Gasturbinenanlage, insbesondere mit dem zuvor genannten Brenner der Gasturbinenanlage, verbunden sein. Insbesondere kann der in der Syntheseeinheit erzeugte Brennstoff dem Brenner zugeführt werden. Außerdem kann die Syntheseeinheit ausgangsseitig mit dem Brennstoffspeicher verbunden sein. Insbesondere kann der in der Syntheseeinheit erzeugte Brennstoff im Brennstoffspeicher gespeichert werden. Auf diese Weise kann überschüssige Energie aus dem Stromnetz gespeichert werden, insbesondere in Form von Brennstoff.

Außerdem ist es bevorzugt, wenn die Brennstofferzeugungsanlage einen Gasspeicher umfasst. Der Gasspeicher kann atmosphärisch oder als Druckspeicher ausgelegt sein. Weiter kann der Gasspeicher, auch Kombispeicher genannt, mehrere, insbesondere zwei, Kammern aufweisen. Vorzugsweise sind die Kammern voneinander getrennt, insbesondere durch eine bewegliche Wan-

5 dung. Die bewegliche Wandung kann beispielsweise als ein verschiebbarer Trennboden ausgeführt sein. Eine der Kammern kann mit dem Auslass der Gasturbinenanlage verbunden sein. Weiter kann die eine der Kammern mit einer Syntheseeinheit, insbesondere mit der zuvor genannten Syntheseeinheit, der Brennstoff-
10 stoffherstellungsanlage verbunden sein. Der Gasspeicher, insbesondere die eine der Kammern, kann ein Speicher für zumindest einen Teil des aus der Gasturbinenanlage abgeführten ersten Abgasbestandteils, insbesondere für Kohlendioxid, sein.

10 Die andere Kammer kann mit einer Elektrolyseeinheit, insbesondere mit der zuvor genannten Elektrolyseeinheit, der Brennstoffherstellungsanlage verbunden sein. Weiter kann die andere Kammer mit einem Brenner, insbesondere mit dem zuvor
15 genannten Brenner, der Gasturbinenanlage verbunden sein. Außerdem kann die andere Kammer mit der Zuführleitung der Gasturbinenanlage verbunden sein. Der Gasspeicher, insbesondere die andere Kammer, kann ein Speicher für ein Oxidationsmittel, insbesondere für Sauerstoff, sein.

20 Das in der Elektrolyseeinheit erzeugte Oxidationsmittel kann (zumindest teilweise) in dem Gasspeicher gespeichert werden. Weiter kann das in der Elektrolyseeinheit erzeugte Oxidationsmittel der Zuführleitung (und folglich der
25 Verdichterstation) und/oder dem Brenner zugeführt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist das Gasturbinenkraftwerk eine mit der Gasturbine gekoppelte Dampfturbinenanlage mit zumindest einem Wärmeübertrager und
30 einer Dampfturbine auf. Vorzugsweise ist die Dampfturbinenanlage derart eingerichtet, dass dem Wärmeübertrager zumindest ein Teil der thermischen Energie des Abgases aus der Gasturbine zugeführt wird. Insbesondere ist der Wärmeübertrager derart mit der Gasturbine verbunden, dass zumindest ein Teil
35 des Abgases aus der Gasturbine der Wärmeübertrager zuführbar ist. Weiter kann der Wärmeübertrager derart mit der Gasturbine verbunden sein, dass der Wärmeübertrager von zumindest einem Teil des Abgases aus der Gasturbine durchströmbar ist.

Der Teil des (heißen) Abgases, welcher den Wärmeübertrager vorzugsweise durchströmt, kann thermische Energie bzw. Wärme an ein Arbeitsmittel – meist Wasser bzw. Wasserdampf – übertragen. Der Teil des heißen Abgases, welches den Wärmeübertrager vorzugsweise durchströmt, kann nach dem Durchströmen des Wärmeübertragers der Abtrennungseinheit zugeführt werden. Vorzugsweise kann eine Befeuerung des Wärmeübertrager mit einem Brennstoff zuschaltbar sein und/oder vorgesehen sein.

Das im Wärmeübertrager erhitzte Arbeitsmittel kann die Dampfturbine der Dampfturbinenanlage antreiben. Weiter kann die mechanische Energie der Dampfturbine mittels eines weiteren Generators in elektrische Energie umgewandelt werden. Die elektrische Energie kann als elektrischer Strom in das Stromnetz eingespeist werden.

Auch kann vorgesehen sein, dass die Dampfturbinenanlage zum Antrieb der Verdichterstation eingesetzt wird, insbesondere wenn eine Befeuerung des Wärmeübertragers mit einem Brennstoff vorgesehen ist. Der Antrieb der Verdichterstation kann unmittelbar erfolgen, wobei hier ein Abtrieb der Dampfturbine die Verdichterstation antreibt, als auch indirekt, wobei hier mittels der Dampfturbinenanlage der Generator der Dampfturbinenanlage angetrieben wird, welcher beispielsweise den (elektrischen) Motor der Verdichterstation mit Strom versorgt.

Ferner ist die Erfindung auf ein Verfahren zum Betreiben einer Gasturbinenanlage gerichtet, welche eine Gasturbine, eine Verdichterstation, eine Filtereinheit mit einem Einlass für ein erstes Arbeitsmedium und eine Zuführungsleitung umfasst, welche Zuführungsleitung einen Ausgang der Filtereinheit mit einem Eingang der Verdichterstation verbindet.

Bei dem Verfahren umfasst erfindungsgemäß die Zuführungsleitung einen Einlass für ein zweites Arbeitsmedium und mithilfe

einer Umschalteinrichtung wird eingestellt, ob die Gasturbinenanlage mit dem ersten Arbeitsmedium oder mit dem zweiten Arbeitsmedium betrieben wird.

- 5 Diese Gasturbinenanlage kann insbesondere die oben beschriebene Gasturbinenanlage sein. Folglich können die nachfolgend genannten Elemente der Gasturbinenanlage die zuvor erwähnten Elemente sein.
- 10 Zweckmäßigerweise umfasst die Gasturbinenanlage einen Brenner mit einem zuschaltbaren Oxidationsmitteleingang.

Bei dem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium wird sinnvollerweise das erste Arbeitsmedium über den Einlass für das erste
15 Arbeitsmedium in die Verdichterstation geführt bzw. der Verdichterstation zugeführt. Weiter ist es zweckmäßig, wenn bei dem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium der Oxidationsmitteleingang verschlossen bzw. abgetrennt ist.

- 20 Bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium wird sinnvollerweise das zweite Arbeitsmedium über den Einlass für das zweite Arbeitsmedium in die Verdichtereinheit geführt bzw. der Verdichterstation zugeführt. Weiter ist es zweckmäßig, wenn bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium der Oxida-
25 tionsmitteleingang zugeschaltet ist, d. h. dem Brenner Oxidationsmittel zugeführt wird.

Beispielsweise kann das erste Arbeitsmedium Luft sein. Weiter kann das zweite Arbeitsmedium Kohlendioxid sein.
30

Zweckmäßigerweise kann während des Betriebs der Gasturbinenanlage zwischen einem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium und einem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium gewählt werden und/oder umgeschaltet werden.

- 35 In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Gasturbinenanlage eine Abtrennungseinheit auf. Zweckmäßigerweise wird bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium ein

Abgas aus der Gasturbine in die Abtrennungseinheit geleitet. Weiter kann in der Abtrennungseinheit ein erster Abgasbestandteil aus dem Abgas der Gasturbine abgetrennt werden. Ferner kann zumindest ein Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils über den Einlass für das zweite Arbeitsmedium zu der Verdichterstation geleitet werden bzw. der Verdichterstation zugeführt werden und/oder in dieser verdichtet werden.

Zweckmäßigerweise ist das zweite Arbeitsmedium zumindest ein Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils. Vorzugsweise wird das zweite Arbeitsmedium aus einem ersten Ausgang der Abtrennungseinheit abgeführt. Weiter kann das zweite Arbeitsmedium der Verdichterstation zugeführt werden.

Ferner ist die Erfindung auf ein Verfahren zur Brennstoffherzeugung in einem Gasturbinenkraftwerk gerichtet, bei dem eine Gasturbinenanlage des Gasturbinenkraftwerks betrieben wird. Bei dem Betrieb der Gasturbinenanlage mit dem zweiten Arbeitsmedium kann ein Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils aus der Gasturbinenanlage abgeführt werden. Außerdem kann der aus der Gasturbinenanlage abgeführte Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils einer Brennstoffherzeugungsanlage des Gasturbinenkraftwerks zugeführt werden. Weiter kann in der Brennstoffherzeugungsanlage aus dem der Brennstoffherzeugungsanlage zugeführten ersten Abgasbestandteil ein Brennstoff erzeugt werden.

Der erzeugte Brennstoff kann zumindest teilweise einem Brenner der Gasturbinenanlage zugeführt werden. Insbesondere kann der erzeugte Brennstoff zumindest zeitweise dem Brenner der Gasturbinenanlage zugeführt werden. Außerdem kann der erzeugte Brennstoff aus dem Gasturbinenkraftwerk abgeführt werden, und beispielsweise der Mineralölindustrie zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin kann dem Brenner ein anderer Brennstoff, beispielsweise ein geförderter Brennstoff, zugeführt werden.

Dieses Gasturbinenkraftwerk kann insbesondere das oben beschriebene Gasturbinenkraftwerk sein. Außerdem kann diese Gasturbinenanlage insbesondere die oben beschriebene Gasturbinenanlage sein.

5

Ferner ist es bevorzugt, wenn der der Brennstoffherzeugungsanlage zugeführte Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils aus einem Auslass der Gasturbinenanlage abgeführt wird.

- 10 Vorzugsweise wird beim Anfahrvorgang des Gasturbinenkraftwerks wie folgt vorgegangen: Vorteilhafterweise ist zu Beginn des Anfahrvorgangs die Abtrennungseinheit mit einem Oxidationsmittel, insbesondere Sauerstoff, gefüllt. Weiter kann das Oxidationsmittel aus der Abtrennungseinheit der
- 15 Verdichterstation über den Einlass für das zweite Arbeitsmedium zumindest teilweise zugeführt werden. Das der Verdichterstation zugeführte Oxidationsmittel kann in der Verdichterstation verdichtet werden. Eine Drehzahl der Verdichterstation kann hochgefahren werden, insbesondere in
- 20 der Weise, dass die Verdichterstation genau die Menge an Oxidationsmittel, hier z. B. Sauerstoff, verdichtet, die die Gasturbinenanlage in dem Moment des Anfahrvorgangs nutzen kann. Weiter kann das verdichtete Oxidationsmittel ggf. die Aufsättigungseinheit und/oder den Rekuperator durchlaufen.
- 25 Außerdem kann das verdichtete Oxidationsmittel in den Brenner geführt werden. Dem Brenner kann genau die Menge Brennstoff zugeführt werden, die die Gasturbinenanlage in dem Moment des Anfahrvorgangs nutzen kann. Vorzugsweise werden die Menge des Oxidationsmittels und die Menge des Brennstoffs kontinuierlich erhöht, insbesondere in der Weise, dass eine Temperatur
- 30 eines Abgases in einem vorgegeben Bereich liegt. Insbesondere wird die Menge an Oxidationsmittel in einem vorgegebenen Teilchen-Verhältnis zur Menge des Brennstoffs gehalten.

- 35 Durch eine Verbrennung eines Brennstoffes (d. h. durch eine Oxidation des Brennstoffs) kann das Abgas erzeugt werden. Das Abgas kann, insbesondere zu Beginn des Anfahrvorgangs, ein anderes Abgas als das zuvor genannte Abgas sein, insbesondere

weil dieses Abgas (hier) kein Gemisch mit einem zuvor abgetrennten Abgasbestandteil ist. Das Abgas kann in der Gasturbine entspannen und so die Gasturbine antreiben. Vorzugsweise hat das entspannte Abgas eine Temperatur von 500 - 600°C.

5 Dann kann das Abgas den Rekuperator durchlaufen. Weiter kann das Abgas in die Abtrennungseinheit geführt werden. Zweckmäßigerweise wird in der Abtrennungseinheit der erste Abgasbestandteil aus dem Abgas abgetrennt, um es (ggf. zusammen mit dem in der Abtrennungseinheit verbliebenen Oxidationsmittel)
10 über den Einlass für das zweite Arbeitsmedium zumindest teilweise der Verdichterstation zuzuführen. Der Vorgang kann sich in einem Kreislauf wiederholen. Im Laufe der Zeit wird zweckmäßigerweise das am Anfang in die Abtrennungseinheit gefüllte Oxidationsmittel aufgebraucht sein. Ab einer gewissen Druck-
15 obergrenze in der Abtrennungseinheit kann zumindest ein Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils aus der Gasturbinenanlage abgeführt, d. h. ausgespeist, werden. Dann ist zweckmäßigerweise der Anfahrvorgang zu Ende.

20 Die bisher gegebene Beschreibung vorteilhafter Ausgestaltungen der Erfindung enthält zahlreiche Merkmale, die in den einzelnen Unteransprüchen teilweise zu mehreren zusammengefasst wiedergegeben sind. Diese Merkmale können jedoch zweckmäßigerweise auch einzeln betrachtet und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammengefasst werden. Insbesondere sind
25 diese Merkmale jeweils einzeln und in beliebiger geeigneter Kombination mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Gasturbinenanlage kombinierbar. So sind Verfahrensmerkmale auch als Eigenschaft der entsprechenden Gasturbinenanlage gegenständlich formuliert zu sehen und umge-
30 kehrt.

Auch wenn in der Beschreibung bzw. in den Patentansprüchen einige Begriffe jeweils im Singular oder in Verbindung mit
35 einem Zahlwort verwendet werden, soll der Umfang der Erfindung für diese Begriffe nicht auf den Singular oder das jeweilige Zahlwort eingeschränkt sein.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Die Ausführungsbeispiele dienen der Erläuterung der Erfindung und beschränken die Erfindung nicht auf die darin angegebene Kombination von Merkmalen, auch nicht in Bezug auf funktionale Merkmale. Außerdem können dazu geeignete Merkmale eines jeden Ausführungsbeispiels auch explizit isoliert betrachtet, aus einem Ausführungsbeispiel entfernt, in ein anderes Ausführungsbeispiel zu dessen Ergänzung eingebracht und mit einem beliebigen der Ansprüche kombiniert werden.

Es zeigen

FIG 1 eine nachrüstbare Gasturbinenanlage;

FIG 2 ein Gasturbinenkraftwerk mit einer Gasturbinenanlage, welche eine Abtrennungseinheit umfasst;

FIG 3 ein Gasturbinenkraftwerk mit einer Brennstoffherstellungsanlage; und

FIG 4 ein Gasturbinenkraftwerk mit einer Dampfturbinenanlage.

FIG 1 zeigt schematisch eine Gasturbinenanlage 4. Die Gasturbinenanlage 4 in FIG 1 ist eine erste Baustufe und ist nachrüstbar bzw. ausbaubar, sodass eine Gasturbinenanlage bzw. ein Gasturbinenkraftwerk analog wie FIG 2 bis FIG 4 entstehen kann. Die Gasturbinenanlage 4 in FIG 1 umfasst eine Verdichterstation 8, einen Brenner 10 und eine Gasturbine 12. Die Verdichterstation 8, der Brenner 10 und die Gasturbine 12 sind strömungstechnisch miteinander verbunden. Der Brenner 10 ist strömungstechnisch nach der Verdichterstation 8 und die Gasturbine 12 strömungstechnisch nach dem Brenner 10 angeord-

net. Weiter umfasst die Gasturbinenanlage eine Verdichterausgangsleitung 16. Durch die Verdichterausgangsleitung 16 wird ein Ausgang 18 der Verdichterstation 8 mit einem Eingang 20 der Gasturbine 12 verbunden.

Weiter umfasst die Gasturbinenanlage 4 einen Generator 32. Der Generator 32 ist zur Stromerzeugung mit der Gasturbine 12 über eine Welle verbunden. Die Gasturbinenanlage 4 ist vorgesehen, um elektrische Energie zu erzeugen und (als elektrischen Strom) in ein Stromnetz 36 einzuspeisen.

Weiter umfasst die Gasturbinenanlage 4 eine Filtereinheit 13 mit einem Einlass 15 für ein erstes Arbeitsmedium 17 und eine Zuführungsleitung 19. Die Filtereinheit umfasst mehrere Filter (nicht gezeigt) zum Filtern des ersten Arbeitsmediums 17, insbesondere Luft. Beim Filtern des ersten Arbeitsmediums 17 werden insbesondere (Staub-)Partikel aus dem ersten Arbeitsmedium 17 herausgefiltert. Durch die Zuführungsleitung 19 ist ein Ausgang 21 der Filtereinheit 13 mit einem Eingang 28 der Verdichterstation 8 verbunden. Weiter weist die Zuführungsleitung 19 einen Einlass 23 für ein zweites Arbeitsmedium 25 auf. Außerdem umfasst die Zuführungsleitung 19 eine Umschalt-einrichtung 27, mittels welcher einstellbar ist, über welchen der beiden Einlässe 15, 23 ein Arbeitsmedium 17, 25 in die Verdichterstation 8 einführbar ist. Die Umschalteinrichtung ist als Wegeventil ausgebildet. Das Wegeventil weist 3 Anschlüsse und 2 Stellmöglichkeiten auf.

In FIG 1 ist das Wegeventil derart eingestellt, dass der Einlass 15 für das erste Arbeitsmedium 17 geöffnet ist und der Einlass 23 für das zweite Arbeitsmedium 25 geschlossen ist. Das heißt, in FIG 1 wird die Gasturbinenanlage mit dem ersten Arbeitsmedium 17 betrieben.

Wenn an den Einlass 23 für das zweite Arbeitsmedium 25 beispielsweise eine Rückführungsleitung angeschlossen wird (vergl. FIG 2-4), d. h. wenn die Gasturbinenanlage 4 nachge-

rüstet wird, kann ein zweites Arbeitsmedium 25 in den Einlass 23 für das zweite Arbeitsmedium 25 eingeführt werden. Dann kann der Verdichterstation 8 mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 betrieben werden. Durch das zur Verfügung stellen des Einlasses 23 für das zweite Arbeitsmedium 25 sowie durch die Umschalteneinrichtung 27 ist die Gasturbinenanlage 4 in FIG 1 aufwands- und kostengünstig nachrüstbar.

Die Verdichterstation 8 und die Gasturbine 12 weisen jeweils eine eigene Welle 11 auf. Das heißt, die Verdichterstation 8 und die Gasturbine 12 sind mechanisch entkoppelt.

Die Verdichterstation 8 umfasst zwei Verdichtereinheiten 40 und einen Zwischenkühler 42, der (zumindest strömungstechnisch) zwischen den beiden Verdichtereinheiten 40 angeordnet ist. Der Verdichterstation 8 ist wahlweise mit dem ersten Arbeitsmedium 17 oder mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 betreibbar. Hier wird der Verdichterstation 8 mit dem ersten Arbeitsmedium 17 betrieben.

Die Gasturbinenanlage 4 umfasst zwei Antriebseinheiten 38, die jeweils als elektrischer Motor 38 ausgeführt sind. Jeder der elektrischen Motoren 38 ist drehzahlvariabel. Jede der Verdichtereinheiten 40 ist mit jeweils einem der Motoren 38 jeweils über eine eigene Welle 11 verbunden. Der Antrieb der Verdichterstation 8, insbesondere der Antrieb der Verdichtereinheiten 40, erfolgt über die Motoren 38. Jeder der Motoren 38 wird mit elektrischem Strom betrieben, welcher aus dem Stromnetz 36 entnommen wird. Die Drehzahl der Motoren 38 und damit die Drehzahl der Verdichtereinheiten 40 ist in Abhängigkeit des der Verdichterstation 8 zugeführten Arbeitsmediums 17, 25 einstellbar. In FIG 1 ist die Drehzahl der Motoren 38 auf das erste Arbeitsmedium 17 optimiert.

Weiter umfasst die Gasturbinenanlage 4 eine Aufsättigungseinheit 44 sowie einen Rekuperator 46. Der Rekuperator 46 umfasst einen Kalteingang 48, einen Kaltausgang 50, einen Warmeingang 52 und einen Warmausgang 54.

Die Aufsättigungseinheit 44 ist strömungstechnisch zwischen der Verdichterstation 8 und dem Rekuperator 46 angeordnet.

- 5 Der Rekuperator 46 ist über seinen Kalteingang 48 mit einem Ausgang 18 der Verdichterstation 8, insbesondere über die Aufsättigungseinheit 44, verbunden. Weiter ist der Rekuperator 46 über seinen Kaltausgang 50 mit einem Eingang 20 der Gasturbine 12, insbesondere über den Brenner 10, verbunden.
- 10 Außerdem ist der Rekuperator 46 über seinen Warmeingang 52 mit dem Ausgang 24 der Gasturbine 12, verbunden. Ferner führt Warmausgang 54 des Rekuperators 46 in die Umwelt / in die Atmosphäre.
- 15 Mittels der Umschalteinrichtung 27 ist einstellbar, ob die Gasturbinenanlage 4 mit dem ersten Arbeitsmedium 17 oder mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 betrieben wird. Bei dem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium 17 wird sinnvollerweise das erste Arbeitsmedium 17 über den Einlass 15 für das erste Arbeitsmedium 17 in die Verdichterstation 8 geführt bzw. der Verdichterstation 8 zugeführt. Die Verdichterstation 8 verdichtet das der Verdichterstation 8 zugeführte Arbeitsmedium 17. Das in der Verdichterstation 8 verdichtete Arbeitsmedium 17 wird im Folgenden verdichtetes Arbeitsmedium 17 genannt.
- 20
- 25 Das verdichtete Arbeitsmedium 17 wird in der Aufsättigungseinheit 44 mit einem Aufsättigungsmittel 45, hier Wasser, versetzt, insbesondere aufgesättigt.
- 30 Dann wird das verdichtete (und mit dem Aufsättigungsmittel 45 versetzte) Arbeitsmedium 17 in den Rekuperator 46 geleitet, insb. durch den Kalteingang 48. Der Rekuperator 46 wird von dem verdichteten Arbeitsmedium 17 durchströmt.
- 35 Außerdem wird ein (heißes) Abgas 58 aus der Gasturbine 12 in den Rekuperator 46 (ein)geleitet, insbesondere über den Warmeingang 52. Der Rekuperator 46 wird von dem Abgas 58 durch-

strömt, insbesondere entgegengesetzt zu einem Strom des Arbeitsmediums 17, 25 („Gegenstromprinzip“).

Im Rekuperator 46 findet ein Wärmeaustausch zwischen dem verdichteten (und mit dem Aufsättigungsmittel 45 versetzten) Arbeitsmedium 17 und dem Abgas 58 aus der Gasturbine 12 statt. Das Abgas 58 aus der Gasturbine 12 ist heiß (ca. 600°C) und gibt einen Teil seiner thermischen Energie an das verdichtete Arbeitsmedium 17 ab. Auf diese Weise kann das verdichtete Arbeitsmedium 17 z. B. von ca. 200°C auf etwa 500 - 600°C erwärmt werden. Weil das Arbeitsmedium 17 zuvor (in der Aufsättigungseinheit 44) mit Wasser 66 versetzt wurde, besitzt das nun „feuchte Arbeitsmedium 17“ eine höhere Wärmekapazität als „trockenes Arbeitsmedium“ („wobei letztes nicht mit Wasser versetzt ist), sodass das „feuchte Arbeitsmedium 17“ mehr thermische Energie speichern kann als „trockenes Arbeitsmedium“.

Das verdichtete (und erwärmte) Arbeitsmedium 17 wird, insbesondere nach dem Wärmeaustausch, aus dem Rekuperator 46 entlassen, insbesondere über den Kaltausgang 50. Außerdem wird das (abgekühlte) Abgas 58, insbesondere nach dem Wärmeaustausch, aus dem Rekuperator 46 entlassen, insbesondere über den Warmausgang 54 und gelangt in die Umwelt.

Das verdichtete (und erwärmte) Arbeitsmedium 17 wird dem Brenner 10 zugeführt, insbesondere über einen Arbeitsmediumeingang 71 des Brenners 10. Der Brenner 10 ist wahlweise mit dem ersten Arbeitsmedium 17 oder mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 betreibbar. Dadurch ist die Gasturbinenanlage 4 aufwands- und kostengünstig nachrüstbar.

Der Brenner 10 ist mehrstufiger ausgeführt. Weiter weist der Brenner 10 einen ersten Brennstoffeingang 73 und einen zuschaltbaren zweiten Brennstoffeingang 74 auf. Der zuschaltbare zweite Brennstoffeingang 74 ist durch ein Ventil 75 des zweiten Brennstoffeingangs 74 vom Brenner 10 abtrennbar und/oder dem Brenner 10 zuschaltbar. Der zweite Brennstoffeingang 74

ist separat steuerbar und wird beispielsweise zugeschaltet, wenn die Gasturbinenanlage 4 mehr elektrische und/oder thermische Energie (pro Zeit) erzeugen soll. Dem Brenner 10 wird Brennstoff 70 zugeführt, insbesondere über den ersten Brennstoffeingang 73 und gegebenenfalls über den zweiten Brennstoffeingang 74.

Der Brenner 10 weist einen zuschaltbaren Oxidationsmitteleingang 77 auf. Der zuschaltbare Oxidationsmitteleingang 77 ist durch ein Ventil 75 des Oxidationsmitteleingangs 77 vom Brenner 10 abtrennbar und/oder dem Brenner 10 zuschaltbar.

Bei dem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium 17 ist der Oxidationsmitteleingang 77 abgetrennt, d. h. das Ventil 75 des Oxidationsmitteleingangs 77 ist verschlossen. Bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 ist der Oxidationsmitteleingang 77 zugeschaltet, d. h. das Ventil 75 des Oxidationsmitteleingangs 77 ist geöffnet, und Oxidationsmittel, hier Sauerstoff 72, wird dem Brenner 10 zugeführt.

Ferner ist der Brenner 10 ein Vormischbrenner, welcher eine Dralleinheit 79 mit verstellbaren Schaufeln 81 umfasst. Die Schaufeln 81 der Dralleinheit 79 sind je nach zugeführtem Arbeitsmedium 17, 25 einstellbar. Das heißt, bei einem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium 17 nehmen die Schaufeln 81 eine erste Stellung ein. Eine Stellung der Schaufeln 81 kann beispielsweise durch einen bestimmten Neigungswinkel charakterisiert sein. Weiter kann die Stellung der Schaufeln lastabhängig einstellbar sein.

Bei dem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium 17 wird mittels der Dralleinheit 79 das erste Arbeitsmedium 17 mit dem Brennstoff 70 vermischt. Weiter wird bei dem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium 17 unter Verwendung des Brenners 10 der Brennstoff 70 (gemeinsam mit dem Arbeitsmedium 17) verbrannt, d. h. der Brennstoff 70 wird oxidiert. Der Brenner 10 ist mit einer Brennkammer 9 der Gasturbinenanlage 4 verbunden, in welcher die Verbrennung stattfindet.

Der Brennstoff 70 ist in diesem Ausführungsbeispiel Methan und/oder Methanol. Bei der Verbrennung entsteht in dem Brenner 10 ein Abgas 58 mit hoher Temperatur von ca. 1500°C.

5 Bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25, insbesondere Kohlendioxid, ist das Abgas 58 ein Gemisch aus dem Brenner 10 zugeführten zweiten Arbeitsmedium 25 und einem bei der Verbrennung des Brennstoffs 70 entstehenden Verbrennungsgas. Das Verbrennungsgas und/oder das Abgas 58 ist bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 zumindest im Wesentlichen Kohlendioxid 56 und Wasser 66.

15 Das heiße Abgas 58 aus der Verbrennung strömt dann in die Gasturbine 12 der Gasturbinenanlage 4, in der das Abgas 58 einen Teil seiner (thermischen) Energie durch Entspannung als Bewegungsenergie an die Gasturbine 12 abgibt, d. h. das Abgas 58 treibt die Gasturbine 12 an. Nach Durchlaufen der Gasturbine 12 ist das Abgas 58 entspannt.

20 Durch den an die Gasturbine 12 gekoppelten Generator 32 wird die mechanische Energie dann in elektrische Energie umwandelt, welche als elektrischer Strom in ein Stromnetz 36 eingespeist wird. Das (immer noch heiße) Abgas 58 wird aus der Gasturbine 12 über den Ausgang 24 der Gasturbine 12 entlassen.

Weiter umfasst die Gasturbine 12 an ihrem Eingang 20 und an ihrem Ausgang 24 jeweils ein Absperrorgan 33. Weiter umfasst 30 die Gasturbinenanlage 4 eine Pumpe 35, die mit der Gasturbine 12 verbunden ist. Die Pumpe 35 ist zum Evakuieren der Gasturbine 12 eingerichtet. Bei einem Betrieb der Gasturbinenanlage 4 mit dem ersten Arbeitsmedium 17 oder dem zweiten Arbeitsmedium 25 sind die Absperrorgane 33 geöffnet und die Pumpe 35 35 ist außer Betrieb. Befindet sich die Gasturbinenanlage 4, insbesondere der Generator 32, im Leerlauf oder wird der Generator 32 als Motor betrieben, so sind die Absperrorgane 33 verschlossen und die Pumpe 35 ist in Betrieb. Wenn die Pumpe

35 in Betrieb ist, wird die Gasturbine 12 evakuiert. Eine evakuierte Gasturbine 12 kann dann von dem Generator 32, welcher im Leerlauf oder als Motor betrieben wird (d. h. sich im Phasenschieberbetrieb befindet), mitgeschleppt werden.

5

Nach der Gasturbine 12 wird das Abgas 58 zumindest teilweise in den Rekuperator 46 geleitet, insbesondere über den Warmeingang 52. Wie bereits erwähnt durchströmt das Abgas 58 aus der Gasturbine 12 den Rekuperator 46, um einen (weiteren)

10

Teil seiner thermischen Energie an das von der Verdichterstation 8 verdichtete Arbeitsmedium 17, 25 abzugeben.

15

Außerdem ist eine Abwärmeleitung 61 der Gasturbinenanlage 4 mit dem Ausgang 24 der Gasturbine 12 verbunden. Die Abwärmeleitung 61 ist durch ein Ventil 75 der Abwärmeleitung 61 zuschaltbar und/oder abtrennbar. Die Abwärmeleitung 61 kann bei Bedarf zugeschaltet werden, d. h. das Ventil 75 der Abwärmeleitung 61 kann bei Bedarf geöffnet werden, sodass das Abgas 58 zumindest teilweise als Abwärme 62 genutzt werden kann. Wenn das Abgas 58 aus der Gasturbine 12 vollständig über die Abwärmeleitung 61 abgeleitet wird, wird dem Rekuperator 46 kein Abgas 58 zugeführt und der Wärmeaustausch im Rekuperator 46 entfällt.

25

Aus der Gasturbinenanlage wird (weitere) Abwärme 62 genutzt. Mithilfe des Zwischenkühlers 42 der Verdichterstation 8 wird Abwärme 62 aus der Verdichterstation 8 abgeführt. Auch der Rekuperator 46 liefert Abwärme 62. Prinzipiell könnte auch dem Abgas nach dem Ausströmen aus dem Rekuperator noch Wärme entzogen werden, welche als Abwärme genutzt wird. Die Abwärme 62 wird hier beispielsweise als Fernwärme 64 genutzt.

30

35

Die Zuführungsleitung 19, die Verdichterstation 8, die Verdichterausgangsleitung 16, die Aufsättigungseinheit 44 sowie der Rekuperator 46 weisen ein kohlen säurebeständiges Material auf. Dadurch ist es möglich, die Gasturbinenanlage 4 wahlweise mit dem zweiten Arbeitsmedium 25, insbesondere Koh-

lendioxid, zu betreiben - d. h. die Gasturbinenanlage 4 ist aufgrund der kohlen säurehaltigen Materialien nachrüstbar. Kohlendioxid als zweites Arbeitsmedium ist in der Regel kohlen säurehaltig und kann nicht-kohlen säurebeständige Elemente einer Gasturbinenanlage beschädigen.

FIG 2 zeigt schematisch eine Gasturbinenanlage 4, welche eine Abtrennungseinheit 14 umfasst.

Die nachfolgende Beschreibung beschränkt sich im Wesentlichen auf die Unterschiede zum Ausführungsbeispiel aus FIG 1, auf das bezüglich gleich bleibender Merkmale und Funktionen verwiesen wird. Im Wesentlichen gleich bleibende Elemente werden grundsätzlich mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und nicht erwähnte Merkmale sind in das folgende Ausführungsbeispiel übernommen, ohne dass sie erneut beschrieben sind.

Die Abtrennungseinheit 14 ist strömungstechnisch nach der Gasturbine 12 angeordnet. Die Abtrennungseinheit 14 ist an ihrem Eingang 22 mit einem Ausgang 24 der Gasturbine 12 verbunden. Insbesondere ist der Eingang 22 der Abtrennungseinheit 14 mit dem Warmausgang 54 des Rekuperators 46 verbunden.

Weiter umfasst die Gasturbinenanlage 4 eine Rückführungsleitung 30. Ein erster Ausgang 26 der Abtrennungseinheit 14 ist mit dem Einlass 23 für das zweite Arbeitsmedium 25 verbunden, insbesondere über die Rückführungsleitung 30. Weiter ist der erste Ausgang 26 der Abtrennungseinheit 14 (über den Einlass 23 für das zweite Arbeitsmedium 25) mit dem Eingang 28 der Verdichterstation 8 verbunden.

Durch den Einbau der Abtrennungseinheit 14 und der Verbindung der Abtrennungseinheit 14 mit der Verdichterstation 8 über die Rückführungsleitung 30 ist die Gasturbinenanlage 4 zu einer zweiten Stufe ausgebaut. Es bestehen weitere Ausbaumöglichkeiten, wie etwa FIG 3 und FIG 4 zeigen.

Die Gasturbinenanlage 4 in FIG 2 kann wahlweise mit dem ersten Arbeitsmedium 17 oder mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 betrieben werden. Zwischen dem Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium 17 und dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 kann gewählt werden bzw. kann umgeschaltet werden. Der Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium 17 ist in FIG 1 bereits erläutert und funktioniert hier analog. Der Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 läuft im Wesentlichen gleich ab, wobei im Folgenden auf die Unterschiede verwiesen wird.

Bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 wird das zweite Arbeitsmedium 25 über den Einlass 23 für das zweite Arbeitsmedium 25 in die Verdichterstation 8 geführt bzw. der Verdichterstation 8 zugeführt. In der Verdichterstation 8 wird wahlweise, d. h. je nach Einstellung der Umschalteinrichtung 27, das erste Arbeitsmedium 17 oder das zweite Arbeitsmedium 25 verdichtet.

Die Verdichterstation 8 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel (im Gegensatz zu FIG 1) nur einen Motor 38, welcher beide Verdichtereinheiten 40 der Verdichterstation 8 antreibt. Weiter weisen die Verdichtereinheiten 40 (im Gegensatz zu FIG 1) eine gemeinsame Welle 11 auf.

Bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 ist der Oxidationsmitteleingang 77 des Brenners 10 zugeschaltet, d. h. das Ventil 75 des Oxidationsmitteleingangs 77 ist geöffnet, und das Oxidationsmittel, hier Sauerstoff 72, wird dem Brenner 10 zugeführt.

Weiter nehmen bei einem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 die Schaufeln 81 der Dralleinheit 79 eine zweite Stellung ein.

Bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 wird mittels der Dralleinheit 79 das zweite Arbeitsmedium 25 mit dem Brennstoff 70 und mit dem Sauerstoff 72 vermischt. Weiter wird bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 der

Brennstoff 70 (gemeinsam mit dem Sauerstoff 72 und dem Arbeitsmedium 25) unter Verwendung des Brenners 10 verbrannt, d. h. der Brennstoff 70 wird oxidiert. Indem die Menge an Arbeitsmedium 25 reguliert wird, kann die Temperatur, welche bei der Verbrennung erreicht wird, eingestellt werden.

In diesem Ausführungsbeispiel sind die Gasturbine 12 und der Generator 32 über eine Kupplung 34 gekoppelt. Die Pumpe 35 und die Absperrorgane 33 (siehe FIG 1) können hier entfallen. Denkbar wäre jedoch auch ein Phasenschieberbetrieb wie in FIG 1 ohne Kupplung 34 mit Pumpe 35 und Absperrorgane 33.

Weiter ist in diesem Ausführungsbeispiel (im Gegensatz zu FIG 1) keine Abwärmeleitung 61 vorgesehen, die mit dem Ausgang 24 der Gasturbine 12 verbunden ist. Eine solche Abwärmeleitung 61 wäre jedoch prinzipiell denkbar.

Weiter wird bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium 25 wie folgt vorgegangen:

In der Abtrennungseinheit 14 wird ein erster Abgasbestandteil 56, hier Kohlendioxid 56, abgetrennt, insbesondere aus dem Abgas 58 der Gasturbine 12. Zumindest ein Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils 56 wird in den Einlass 23 für das zweite Arbeitsmedium 25 eingeführt. Das zweite Arbeitsmedium 25 ist demnach der zumindest eine Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils 56.

Das zweite Arbeitsmedium 25, d. h. zumindest ein Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils 56, wird der Verdichterstation 8 über die Rückführungsleitung 30 zugeführt. Die Verdichterstation 8 verdichtet das zweite Arbeitsmedium 25.

Die Gasturbinenanlage 4 umfasst einen Auslass 78. Insbesondere umfasst der Auslass 78 ein Ventil 75. Der Auslass 78 der Gasturbinenanlage 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel ein zweiter Ausgang 80 der Abtrennungseinheit 14. Über den Aus-

lass 78 wird ein Teil 82 des abgetrennten ersten Abgasbestandteils 56, d. h. ein Teil 82 des Kohlendioxids 56, aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführt. Falls ein Druck in der Abtrennungseinheit 14 über eine vorgegebene Druckobergrenze steigt, kann über den Auslass 78 ein Teil 82 des abgetrennten Kohlendioxids 56 aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführt werden. Das aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführte Kohlendioxid 82 wird hier aus der Abtrennungseinheit 14 abgeführt. Bei der Verbrennung entsteht zu dem bereits vorhandenen Kohlendioxid (, d. h. zu dem dem Brenner 10 zugeführten zweiten Arbeitsmediums 25) weiteres Kohlendioxid 82. Demzufolge muss entsprechend ein Teil 82 des abgetrennten Kohlendioxids 56 aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführt werden, um einen Überdruck in der Gasturbinenanlage 4 zu verhindern.

Der aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführte Teil 82 des abgetrennten Kohlendioxids 56, kann beispielsweise in die Umwelt entweichen, zu einer Gasinjektion bei einer tertiären Ölgewinnung genutzt werden und/oder einer chemischen Verwertung zugeführt werden.

Weiter trennt die Abtrennungseinheit 14 aus dem Abgas 58 der Gasturbine 12 einen zweiten Abgasbestandteil ab. Der zweite Abgasbestandteil ist hier Wasser 66. Das Wasser 66 wird insbesondere durch eine Kondensation abgetrennt. Das abgetrennte Wasser 66 wird aus der Abtrennungseinheit 14 abgeführt und gegebenenfalls weitergenutzt. Zumindest ein Teil des abgetrennten Wassers 66 wird der Aufsättigungseinheit 44 als Aufsättigungsmittel 45 zugeführt.

Bei der in der Abtrennungseinheit 14 stattfindenden Abtrennung gegebenenfalls verbleibendes Restgas 88 kann in die Umwelt/in die Atmosphäre entlassen werden.

FIG 3 zeigt ein Gasturbinenkraftwerk 2 mit einer Brennstoff-erzeugungsanlage 6 sowie einer Gasturbinenanlage 4, welche in ähnlicher Weise zu der Gasturbinenanlage 4 aus FIG 2 aufge-

baut ist. Das Gasturbinenkraftwerk 2 in FIG 3 entspricht einer dritten Ausbaustufe.

Die nachfolgende Beschreibung beschränkt sich im Wesentlichen auf die Unterschiede zum Ausführungsbeispiel aus FIG 2, auf das bezüglich gleich bleibender Merkmale und Funktionen verwiesen wird. Im Wesentlichen gleich bleibende Elemente werden grundsätzlich mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und nicht erwähnte Merkmale sind in das folgende Ausführungsbeispiel übernommen, ohne dass sie erneut beschrieben sind.

Die Brennstoffherzeugungsanlage 6 des Gasturbinenkraftwerks 2 umfasst eine Elektrolyseeinheit 94, einen Gasspeicher 95, einen Speicher 98, eine Syntheseeinheit 100 sowie einen Brennstoffspeicher 102. Der Gasspeicher 95 ist als Kombispeicher für Sauerstoff 72 und Kohlendioxid 82 ausgeführt. Weiter umfasst der Gasspeicher 95 zwei Kammern 96, 97, die durch eine Wandung 99 voneinander getrennt sind. Zudem umfasst die Brennstoffherzeugungsanlage 6 einen Verdichter 104 für Sauerstoff 72, welcher Verdichter 104 von einem eigenen Motor 106 angetrieben wird, sowie einen Verdichter 104 für Kohlendioxid 82, welcher Verdichter 104 ebenfalls von einem eigenen Motor 106 angetrieben wird.

Der Auslass 78 der Gasturbinenanlage 4 ist mit dem Gasspeicher 95, insbesondere mit einer ersten Kammer 96 des Gasspeichers 95, verbunden. Außerdem ist der Gasspeicher 95, insbesondere die erste Kammer 96 des Gasspeichers 95, mit der Syntheseeinheit 100 verbunden.

Weiter ist der weitere Ausgang 87 der Abtrennungseinheit 14 mit der Elektrolyseeinheit 94 verbunden. Zwischen der Abtrennungseinheit 14 und der Elektrolyseeinheit 94 kann zudem ein Wasserspeicher (nicht gezeigt) angeordnet sein, um zumindest einen Teil 68 des von der Abtrennungseinheit 14 abgetrennten Wassers 66 zu speichern.

Die Elektrolyseeinheit 94 ist (ausgangsseitig) mit der Synthese-
einheit 100 verbunden. Weiter ist die Elektrolyseeinheit
94 (ausgangsseitig) mit dem Gasspeicher 95, insbesondere mit
der zweiten Kammer 97 des Gasspeichers 95, verbunden.

5

Ferner ist der Gasspeicher 95, insbesondere die zweite Kammer
97 des Gasspeichers 95, mit dem Brenner 10 der Gasturbinenan-
lage 4 verbunden.

10 Die Brennstoffherzeugungsanlage 6 ist zur Erzeugung, insbeson-
dere zur Synthese, eines Brennstoffs 70 eingerichtet. Der
Brennstoff 70 ist Methan und/oder Methanol.

Das Wasser 45, welches der Auf sättigungseinheit 44 zugeführt
15 wird, ist aufbereitetes Leitungswasser. Alternativ oder zu-
sätzlich könnte der Auf sättigungseinheit 44 auch von der Ab-
trennungseinheit 14 abgetrenntes Wasser zugeführt werden
(vgl. FIG 2). Umgekehrt könnte der Auf sättigungseinheit 44 in
FIG 2 alternativ oder zusätzlich aufbereitetes Leitungswasser
20 zugeführt werden.

Der Auslass 78 der Gasturbinenanlage 4, über welchen ein Teil
82 des abgetrennten ersten Abgasbestandteils 56 aus der Gas-
turbinenanlage 4 abgeführt wird, ist in diesem Ausführungs-
25 beispiel ein Ausgang 92 der Rückführungsleitung 30. Der erste
Abgasbestandteil ist Kohlendioxid.

Das heißt, im Gegensatz zu FIG 2(, in welcher über den ersten
Ausgang 26 der Abtrennungseinheit 14 nur ein Teil des abge-
30 trennten Kohlendioxids 56 ausgeführt wurde,) werden hier - in
FIG 2 - ein erster Teil 60 und ein zweiter Teil 82 des abge-
trennten Kohlendioxids 56 gemeinsam über den ersten Ausgang 26
aus der Abtrennungseinheit 14 abgeführt. Der erste Teil 60
des abgetrennten Kohlendioxids 56 wird dann als zweites Ar-
beitsmedium 25 dem Einlass 25 für das zweite Arbeitsmedium 25
35 zugeführt.

Das der Brennstofferzeugungsanlage 6 zugeführte Kohlendioxid 82 entspricht dem aus der Gasturbinenanlage 4 über den Auslass 78 abgeführten Kohlendioxid 82. Das der Brennstofferzeugungsanlage 6 zugeführte Kohlendioxid 82 ist ein anderer Teil
5 des abgetrennten Kohlendioxids 56, als das zweite Arbeitsmedium 25.

Das aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführte Kohlendioxid 82 wird in den Gasspeicher 95, insbesondere in dessen erster
10 Kammer 96, geführt und kann dort zumindest teilweise gespeichert werden. Weiter kann das aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführte Kohlendioxid 82 zumindest teilweise der Syntheseeinheit 100 zugeführt werden. Dabei verdichtet der zwischen dem Gasspeicher 95 und der Syntheseeinheit 100 angeordnete Ver-
15 dichter 104 das Kohlendioxid 82, bevor letzteres 82 der Syntheseeinheit 100 zugeführt wird.

Zumindest ein Teil 68 des aus der Abtrennungseinheit 14 abgeführten Wassers 66 wird der Elektrolyseeinheit 94 zugeführt.
20 Die Elektrolyseeinheit 94 kann einen zusätzlichen Wasseranschluss aufweisen (nicht gezeigt), über welchen Wasser 68 aus einer anderen Quelle (z. B. Leitungswasser) zugeführt werden kann. Der Elektrolyseeinheit 94 wird zudem Abwärme 62 aus der Syntheseeinheit 100 und/oder aus der Gasturbinenanlage 4 zu-
25 geführt. Weiter ist die Elektrolyseeinheit 94 mit dem Generator 32 der Gasturbinenanlage 4, insbesondere über das Stromnetz 36, elektrisch verbunden, sodass der Elektrolyseeinheit 94 elektrische Energie zugeführt werden kann.

30 In der Elektrolyseeinheit 94 wird eine Elektrolyse durchgeführt, bei welcher aus dem (der Elektrolyseeinheit 94 zugeführten) Wasser 68 ein Ausgangsstoff und ein Oxidationsmittel erzeugt wird. Der Ausgangsstoff ist Wasserstoff 108 und das Oxidationsmittel ist Sauerstoff 72. Die Elektrolyse kann im
35 Wasserbad, d. h. in der flüssigen Phase, durchgeführt werden. Vorzugsweise wird die Elektrolyse im Wasserdampf, d. h. in der Gasphase, durchgeführt.

Der (bei der Elektrolyse) erzeugte Sauerstoff 72 wird dem Gasspeicher 95 zugeführt und zumindest teilweise in dem Gasspeicher 95 gespeichert. Weiter wird der Sauerstoff 72 zumindest teilweise der Gasturbinenanlage 4, insbesondere dem Brenner 10, zugeführt. Insbesondere ist die Elektrolyseeinheit 94 ausgangseitig mit dem Oxidationsmitteleingang 77 des Brenners 10 verbunden. Dabei verdichtet der zwischen dem Gasspeicher 95 und der Brenner 10 angeordnete Verdichter 104 den Sauerstoff 72, bevor letzterer 72 dem Brenner 10 zugeführt wird.

Die Gasturbinenanlage 4 umfasst - zusätzlich zu dem (ersten) Oxidationsmitteleingang 77 an dem Brenner 10 - einen zweiten zuschaltbaren Oxidationsmitteleingang 77 an der Zuführungsleitung 19. Insbesondere ist die Elektrolyseeinheit 94 ausgangseitig mit dem Oxidationsmitteleingang 77 der Zuführungsleitung 19 verbunden. Mittels des zweiten Oxidationsmitteleingangs 77 an der Zuführungsleitung 19 kann Oxidationsmittel 72, insbesondere Sauerstoff 72, in die Verdichterstation 8 (insbesondere bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmittel 25) eingeführt werden.

Der (bei der Elektrolyse) erzeugte Wasserstoff 108 kann zumindest teilweise dem Speicher 98 der Brennstoffherzeugungsanlage 6 zugeführt werden. Außerdem kann der (bei der Elektrolyse) erzeugte Wasserstoff 108 zumindest teilweise der Syntheseinheit 100 zugeführt werden.

Die Syntheseinheit 100 ist zum Synthetisieren des Brennstoffs 70 eingerichtet. Der Brennstoff 70 wird aus dem Wasserstoff 108 und dem aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführten ersten Abgasbestandteil 82 synthetisiert. Dann wird der Brennstoff 70 dem Brennstoffspeicher 102 zugeführt. Der Brennstoff 70 kann zumindest teilweise in dem Brennstoffspeicher 102 gespeichert werden. Auf diese Weise kann Energie gespeichert werden. Weiter kann der Brennstoff 70 zumindest teilweise der Gasturbinenanlage 4, insbesondere der Brenner 10 der Gasturbinenanlage 4, zugeführt werden.

Prinzipiell kann der erzeugte Brennstoff zumindest teilweise aus dem Gasturbinenkraftwerk 2 abgeführt werden, z. B. indem er der Mineralölindustrie zur Verfügung gestellt wird (nicht
5 gezeigt).

Weiter könnte dem Brenner auch anderer Brennstoff als der in der Brennstoffherzeugungsanlage erzeugte Brennstoff zugeführt werden, beispielsweise geförderter Brennstoff.

10

Die Gasturbinenanlage 4, insbesondere die Rückführungsleitung 30, weist zusätzlich einen anderen Auslass 84 auf, über den ein anderer Teil 86 des abgetrennten Kohlendioxids 56 abgeführt werden kann. Der andere Teil 86 des abgetrennten Kohlendioxids 56 kann beispielsweise in die Atmosphäre entweichen und/oder zu einer Gasinjektion bei einer tertiären Ölge-
15 winnung genutzt werden.

Wenn die erste Kammer 96 des Gasspeichers 95 (mit Kohlendioxid 82) voll ist und entsprechend die zweite Kammer 97 des Gasspeichers 95 leer ist, d.h. kein Sauerstoff 72 enthält, dann wird das abgetrennte Kohlendioxid 60 + 82, welches aus dem ersten Ausgang der Abtrennungseinheit 14 entlassen wird, über den weiteren Auslass 84 der Rückführungsleitung aus der
20 Gasturbinenanlage 4 abgeführt und gelangt beispielsweise in die Atmosphäre. In diesem Fall wird die Gasturbinenanlage 4 auf einen Betrieb mit dem ersten Arbeitsmedium 17, insbesondere Luft, umgeschaltet. Das heißt, in diesem Fall wird die Stellung der Umschalteneinrichtung 27 derart eingestellt, dass
25 das erste Arbeitsmedium 17 über den Einlass 17 für das erste Arbeitsmedium 17 der Verdichterstation 8 zugeführt wird.

Anstelle eines jeweiligen Speichers (erste Kammer 96 des Gasspeichers 95, zweite Kammer 97 des Gasspeichers 95 und/oder
35 Speicher 98 für Wasserstoff 108) kann prinzipiell auch ein jeweiliges Rohrsystem vorgesehen sein.

FIG 4 zeigt schematisch ein weiteres Gasturbinenkraftwerk 110 mit einer Gasturbinenanlage 4, einer Brennstoffherstellungsanlage 6 und einer Dampfturbinenanlage 112. Dieses Gasturbinenkraftwerk 110 entspricht einer modifizierten dritten Ausbaustufe. Die nachfolgende Beschreibung beschränkt sich im Wesentlichen auf die Unterschiede zum Ausführungsbeispiel aus FIG 3, auf das bezüglich gleich bleibender Merkmale und Funktionen verwiesen wird. Im Wesentlichen gleich bleibende Elemente werden grundsätzlich mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und nicht erwähnte Merkmale sind in das folgende Ausführungsbeispiel übernommen, ohne dass sie erneut beschrieben sind.

Der Auslass 78 der Gasturbinenanlage 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Ausgang 113 der Verdichterausgangsleitung 16.

Das aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführte Kohlendioxid 82 wird der Brennstoffherstellungsanlage 6 zugeführt. Die Brennstoffherstellungsanlage 6 ist dazu eingerichtet, zumindest einen Teil des aus der Gasturbine 12 abgeführten Kohlendioxids 82 zur Herstellung von Brennstoff 70 zu verwenden.

Im Gegensatz zu FIG 2 und FIG 3(, in welchen der aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführte Teil 82 des abgetrennten ersten Abgasbestandteils 56 ein anderer Teil ist, als das zweite Arbeitsmedium 25), ist hier der aus der Gasturbinenanlage 4 abgeführte Teil 82 des abgetrennten ersten Abgasbestandteils 56 eine Teilmenge des zweiten Arbeitsmediums 25.

Weiter ist in diesem Ausführungsbeispiel (im Gegensatz zu FIG 3) kein zweiter zuschaltbarer Oxidationsmittelleingang 77 an der Zuführungsleitung 19 vorgesehen, wäre jedoch prinzipiell denkbar.

Der Gasspeicher 95 ist hier als Druckspeicher ausgelegt (im Gegensatz zu FIG 3, in welcher der Gasspeicher atmosphärisch ausgelegt ist).

Die Dampfturbinenanlage 112 ist mit der Gasturbine 12 der Gasturbinenanlage 4 gekoppelt. Weiter umfasst die Dampfturbinenanlage 112 einen Wärmeübertrager 114, eine Dampfturbine
5 116, einen Kondensator 118 und eine Kondensatpumpe 120.

Der Wärmeübertrager 114 wird von zumindest einem Teil des Abgases 58 aus der Gasturbine 12 durchströmt. Der Teil des (heißen) Abgases 58, welches den Wärmeübertrager 114 durch-
10 strömt, überträgt thermische Energie bzw. Wärme an ein Arbeitsmittel – meist Wasser bzw. Wasserdampf. Der Teil des heißen Abgases 58, welches den Wärmeübertrager 114 durchströmt, wird nach dem Durchströmen des Wärmeübertragers 114 der Abtrennungseinheit 14 zugeführt.

Das im Wärmeübertrager 114 erhitzte Arbeitsmittel durchströmt die Dampfturbine 116 und treibt diese an. Weiter wird die mechanische Energie der Dampfturbine 116 mittels eines weiteren Generators 32 in elektrische Energie umgewandelt. Die elekt-
20 rische Energie kann als elektrischer Strom in das Stromnetz 36 eingespeist werden. Weiter ist der Generator 32 der Dampfturbinenanlage 112 mit dem Motor 38 verbunden, welcher die Verdichterstation 8 antreibt. Dieser Motor 38 und damit auch die Verdichterstation 8 können so von der Dampfturbinenanlage
25 112 (über den Generator 32 der Dampfturbinenanlage 112) angetrieben werden.

Das Arbeitsmittel wird nach der Dampfturbine 116 in dem Kondensator 118 kondensiert und durch die Kondensatpumpe 120
30 wieder dem Wärmeübertrager 114 zugeführt. Die Abwärme aus dem Kondensator 118 kann vielfältig genutzt werden, z. B. wie oben beschreiben.

Die Gasturbinenanlage 4 in FIG 1 und 2 sowie das jeweilige
35 Gasturbinenkraftwerk 2 in FIG 3 und 4 können weitere Elemente, z. B. weitere Ventile 75, umfassen.

Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus
5 abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Gasturbinenanlage (4), welche eine Gasturbine (12), eine Verdichterstation (8), eine Filtereinheit (13) mit einem Einlass (15) für ein erstes Arbeitsmedium (17) und eine Zuführungsleitung (19) umfasst, durch welche Zuführungsleitung (19) ein Ausgang (21) der Filtereinheit (13) mit einem Eingang (28) der Verdichterstation (8) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführungsleitung (19) einen Einlass (23) für ein zweites Arbeitsmedium (25) sowie eine Umschaltereinrichtung (27) aufweist, mittels welcher einstellbar ist, über welchen der beiden Einlässe (15, 23) ein Arbeitsmedium (17, 25) in die Verdichterstation (8) einführbar ist.
2. Gasturbinenanlage (4) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine mit der Verdichterstation (8) verbundene Antriebseinheit (38) zum Antreiben der Verdichterstation (8), wobei die Verdichterstation (8) und die Gasturbine (12) jeweils eine eigene Welle (11) aufweisen.
3. Gasturbinenanlage (4) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichterstation (8) mehrere Verdichtereinheiten (40) aufweist, wobei für jede der Verdichtereinheiten (40) jeweils eine eigene Antriebseinheit (38) vorgesehen ist.
4. Gasturbinenanlage (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Brenner (10), welcher wahlweise mit dem ersten Arbeitsmedium (17) oder mit dem zweiten Arbeitsmedium (25) betreibbar ist, wobei der Brenner (10) ein mehrstufiger Brenner (10) ist, welcher einen ersten Brennstoffeingang (73) sowie einen zuschaltbaren zweiten Brennstoffeingang (74) und mindestens einen zuschaltbaren Oxidationsmitteleingang (77) aufweist, und wobei der Brenner (10) ein Vormischbrenner ist, welcher eine Dralleinheit (79) mit verstellbaren Schaufeln (81) umfasst.

5. Gasturbinenanlage (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine Pumpe (35) zum Evakuieren der Gasturbine (12), welche Pumpe (35) an die Gasturbine (12) angeschlossen ist.

6. Gasturbinenanlage (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichterstation (8) und die Gasturbine (12) ein kohlendioxidbeständiges Material aufweisen.

7. Gasturbinenanlage (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine Abtrennungseinheit (14), welche zur Abtrennung eines ersten Abgasbestandteils (56) aus einem Abgas (58) der Gasturbine (12) eingerichtet ist, wobei die Abtrennungseinheit (14) einen Eingang (22) aufweist, welcher mit einem Ausgang (24) der Gasturbine (12) verbunden ist, und einen ersten Ausgang (26) aufweist, welcher mit dem Einlass (23) für das zweite Arbeitsmedium (25) verbunden ist.

8. Gasturbinenkraftwerk (2, 110) mit einer Gasturbinenanlage (4) nach Anspruch 7,
gekennzeichnet durch eine Brennstoffherstellungsanlage (6), welche mit einem Auslass (78) der Gasturbinenanlage (4) verbunden ist, über welchen ein Teil (82) des abgetrennten ersten Abgasbestandteils (56) aus der Gasturbinenanlage (4) abführbar ist.

9. Gasturbinenkraftwerk (2, 110) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass

- der Auslass (78) der Gasturbinenanlage (4) ein zweiter Ausgang (80) der Abtrennungseinheit (14) ist oder dass
- der Auslass (78) der Gasturbinenanlage (4) ein Ausgang (92) einer Rückführungsleitung (30) ist, durch welche der erste Ausgang (26) der Abtrennungseinheit (14) mit dem

Einlass (23) für das zweite Arbeitsmedium (25) verbunden ist, oder dass

- der Auslass (78) der Gasturbinenanlage (4) ein Ausgang (113) einer Verdichterausgangsleitung (16) ist, durch welche ein Ausgang (18) der Verdichterstation (8) mit einem Eingang (20) der Gasturbine (12) verbunden ist.

10. Gasturbinenkraftwerk (2, 110) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffherzeugungsanlage (6) eine Elektrolyseeinheit (94) umfasst und dass die Brennstoffherzeugungsanlage (6) eine Syntheseeinheit (100) zum Synthetisieren eines Brennstoffs (70) umfasst, wobei die Syntheseeinheit (100) ausgangsseitig mit einem Brenner (10) der Gasturbinenanlage (4) verbunden ist.

11. Gasturbinenkraftwerk (2, 110) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffherzeugungsanlage (6) einen Gasspeicher (95) umfasst, welcher zwei Kammern (96, 97) aufweist, die durch eine bewegliche Wandung (99) voneinander getrennt sind, wobei eine der Kammern (96) mit dem Auslass (78) der Gasturbinenanlage (4) sowie mit einer Syntheseeinheit (100) der Brennstoffherzeugungsanlage (6) verbunden ist und die andere Kammer (97) mit einer Elektrolyseeinheit (94) der Brennstoffherzeugungsanlage (6) sowie mit einem Brenner (10) der Gasturbinenanlage (4) verbunden ist.

12. Verfahren zum Betreiben einer Gasturbinenanlage (4), welche eine Gasturbine (12), eine Verdichterstation (8), eine Filtereinheit (13) mit einem Einlass (15) für ein erstes Arbeitsmedium (17) und eine Zuführungsleitung (19) umfasst, welche Zuführungsleitung (19) einen Ausgang (21) der Filtereinheit (13) mit einem Eingang (28) der Verdichterstation (8) verbindet,

dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführungsleitung (19) einen Einlass (23) für ein zweites Arbeitsmedium (25) umfasst und mithilfe einer Umschalteinrichtung (27) eingestellt wird, ob

die Gasturbinenanlage (4) mit dem ersten Arbeitsmedium (17) oder mit dem zweiten Arbeitsmedium (25) betrieben wird.

13. Verfahren zum Betreiben einer Gasturbinenanlage (4) nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste Arbeitsmedium (17) Luft ist und das zweite Arbeitsmedium (25) Kohlendioxid ist.

14. Verfahren zum Betreiben einer Gasturbinenanlage (4) nach Anspruch 12 oder 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die Gasturbinenanlage (4) eine Abtrennungseinheit (14) aufweist und bei dem Betrieb mit dem zweiten Arbeitsmedium (25)

- ein Abgas (58) aus der Gasturbine (12) in die Abtrennungseinheit (8) geleitet wird,
- in der Abtrennungseinheit (8) ein erster Abgasbestandteil (56) aus dem Abgas (58) der Gasturbine (12) abgetrennt wird,
- zumindest ein Teil des abgetrennten ersten Abgasbestandteils (56) über den Einlass (23) für das zweite Arbeitsmedium (25) zu der Verdichterstation (8) geleitet wird und in dieser verdichtet wird.

15. Verfahren zur Brennstoffherzeugung in einem Gasturbinenkraftwerk (2, 110), bei dem eine Gasturbinenanlage (4) des Gasturbinenkraftwerks (2, 110) nach Anspruch 14 betrieben wird,

dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Betrieb der Gasturbinenanlage (4) mit dem zweiten Arbeitsmedium (25)

- ein Teil (82) des abgetrennten ersten Abgasbestandteils (56) aus der Gasturbinenanlage (4) abgeführt wird,
- der aus der Gasturbinenanlage (4) abgeführte Teil (82) des abgetrennten ersten Abgasbestandteils (56) einer Brennstoffherzeugungsanlage (6) des Gasturbinenkraftwerks (2, 110) zugeführt wird und
- in der Brennstoffherzeugungsanlage (6) aus dem der Brennstoffherzeugungsanlage (6) zugeführten ersten Abgasbestandteil (82) ein Brennstoff (70) erzeugt wird.

FIG 1

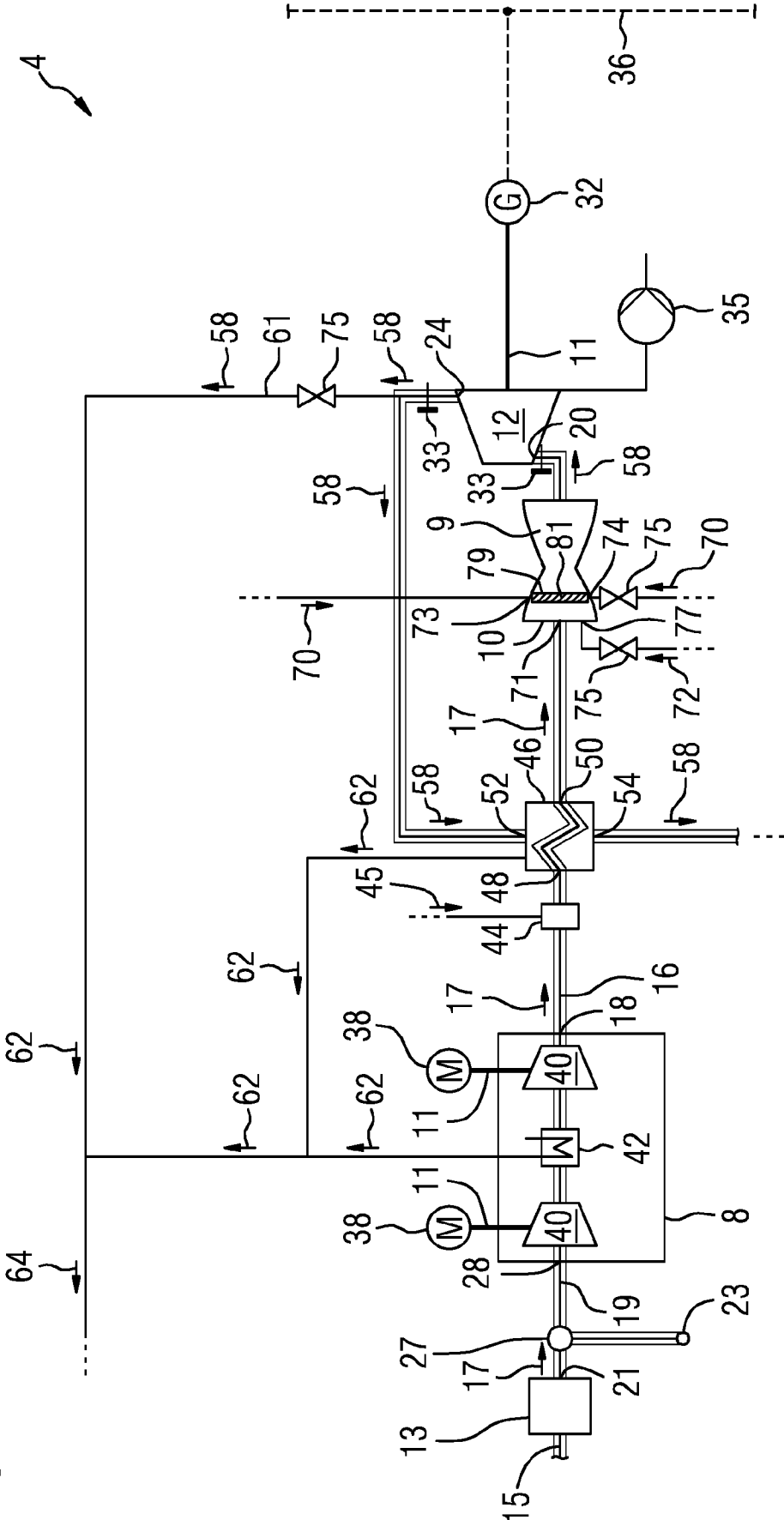


FIG 2

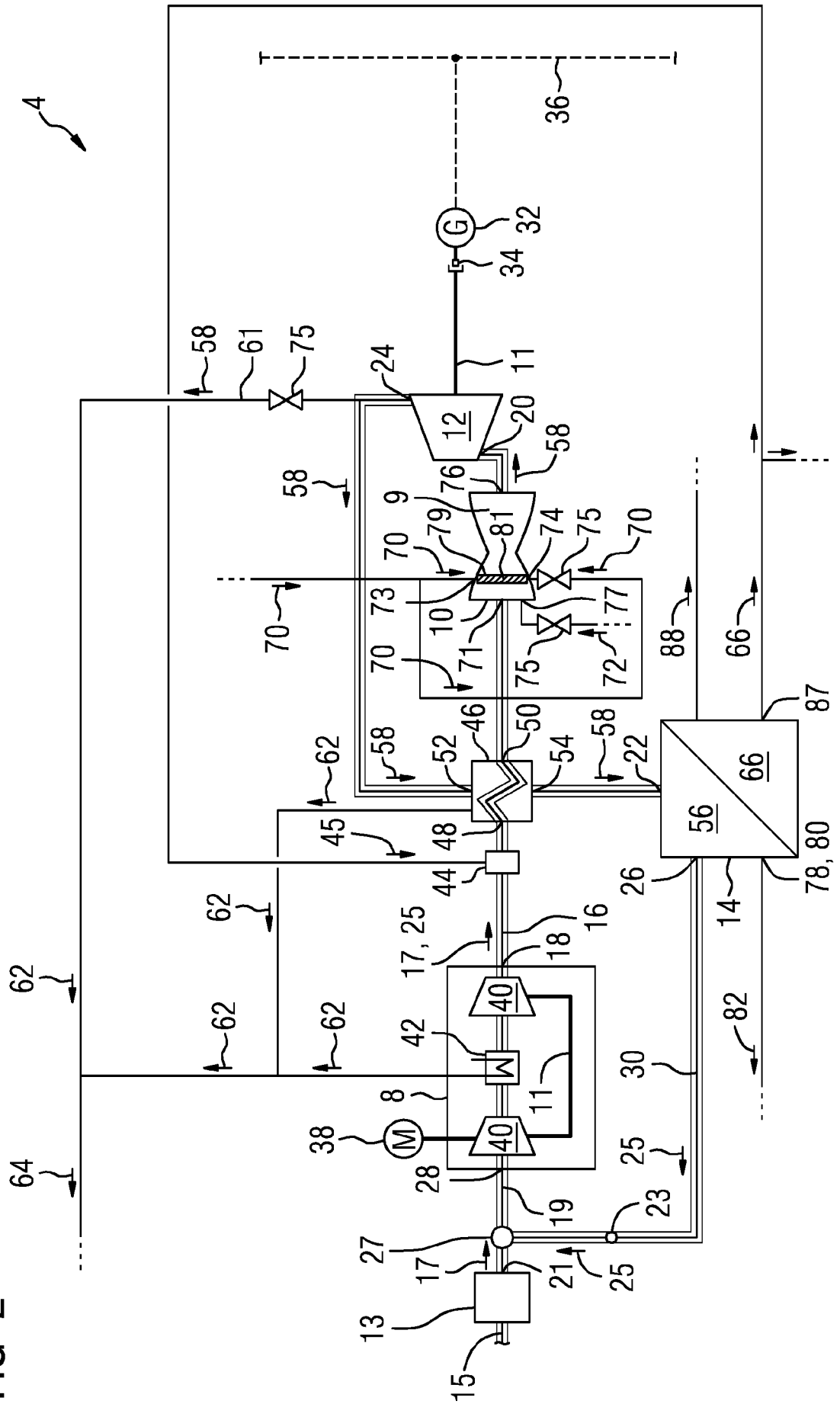


FIG 3

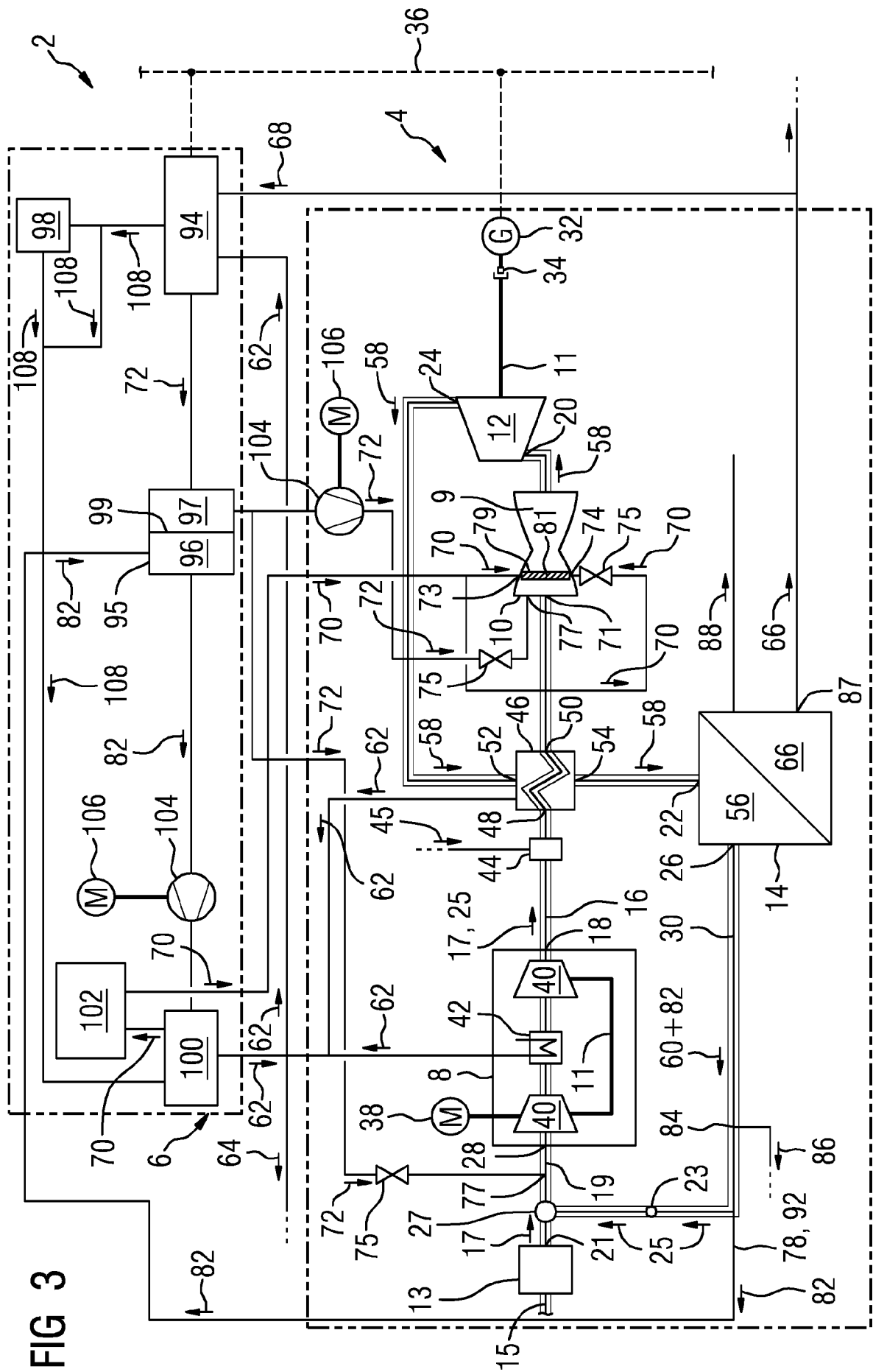
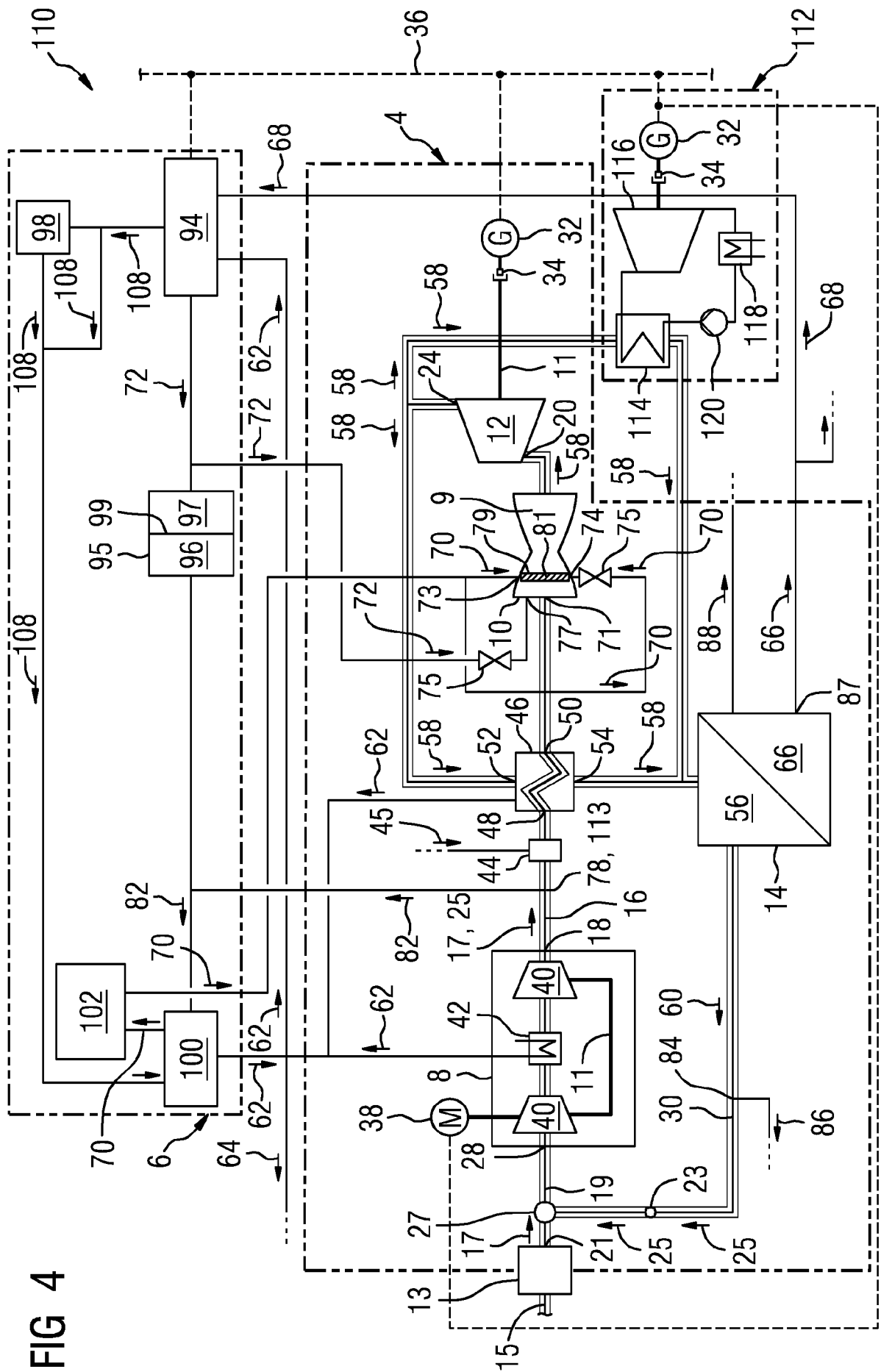


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077049

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F02C1/00 F02C3/30 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F02C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 906 569 A1 (EUROCOPTER FRANCE [FR]) 4 April 2008 (2008-04-04) figure 1 page 5, lines 15-21 pages 12-13	1,12
A	----- US 2014/305131 A1 (THIELERT HOLGER [DE] ET AL) 16 October 2014 (2014-10-16) figures 1-3 sentences 1-2, paragraph 25-30	1-15
A	----- US 2013/125525 A1 (HEIN OLAF [DE] ET AL) 23 May 2013 (2013-05-23) abstract Abbildungen -----	1-15
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 February 2017		Date of mailing of the international search report 22/02/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Fortugno, Eugenio

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/077049

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2906569	A1	04-04-2008	NONE

US 2014305131	A1	16-10-2014	CA 2845296 A1 21-02-2013
			DE 102011110213 A1 21-02-2013
			EP 2744992 A1 25-06-2014
			JP 2014521882 A 28-08-2014
			KR 20140068975 A 09-06-2014
			US 2014305131 A1 16-10-2014
			WO 2013023725 A1 21-02-2013

US 2013125525	A1	23-05-2013	EP 2594746 A1 22-05-2013
			US 2013125525 A1 23-05-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02C1/00 F02C3/30
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 2 906 569 A1 (EUROCOPTER FRANCE [FR]) 4. April 2008 (2008-04-04) Abbildung 1 Seite 5, Zeilen 15-21 Seiten 12-13	1,12
A	----- US 2014/305131 A1 (THIELERT HOLGER [DE] ET AL) 16. Oktober 2014 (2014-10-16) Abbildungen 1-3 Sätze 1-2, Absatz 25-30	1-15
A	----- US 2013/125525 A1 (HEIN OLAF [DE] ET AL) 23. Mai 2013 (2013-05-23) Zusammenfassung Abbildungen	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Februar 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/02/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fortugno, Eugenio

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/077049

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2906569	A1	04-04-2008	KEINE

US 2014305131	A1	16-10-2014	CA 2845296 A1 21-02-2013
			DE 102011110213 A1 21-02-2013
			EP 2744992 A1 25-06-2014
			JP 2014521882 A 28-08-2014
			KR 20140068975 A 09-06-2014
			US 2014305131 A1 16-10-2014
			WO 2013023725 A1 21-02-2013

US 2013125525	A1	23-05-2013	EP 2594746 A1 22-05-2013
			US 2013125525 A1 23-05-2013
