

(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  
15. November 2018 (15.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2018/206228 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
C10L 3/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/059620

(22) Internationales Anmeldedatum:  
16. April 2018 (16.04.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2017 207 773.5  
09. Mai 2017 (09.05.2017) DE

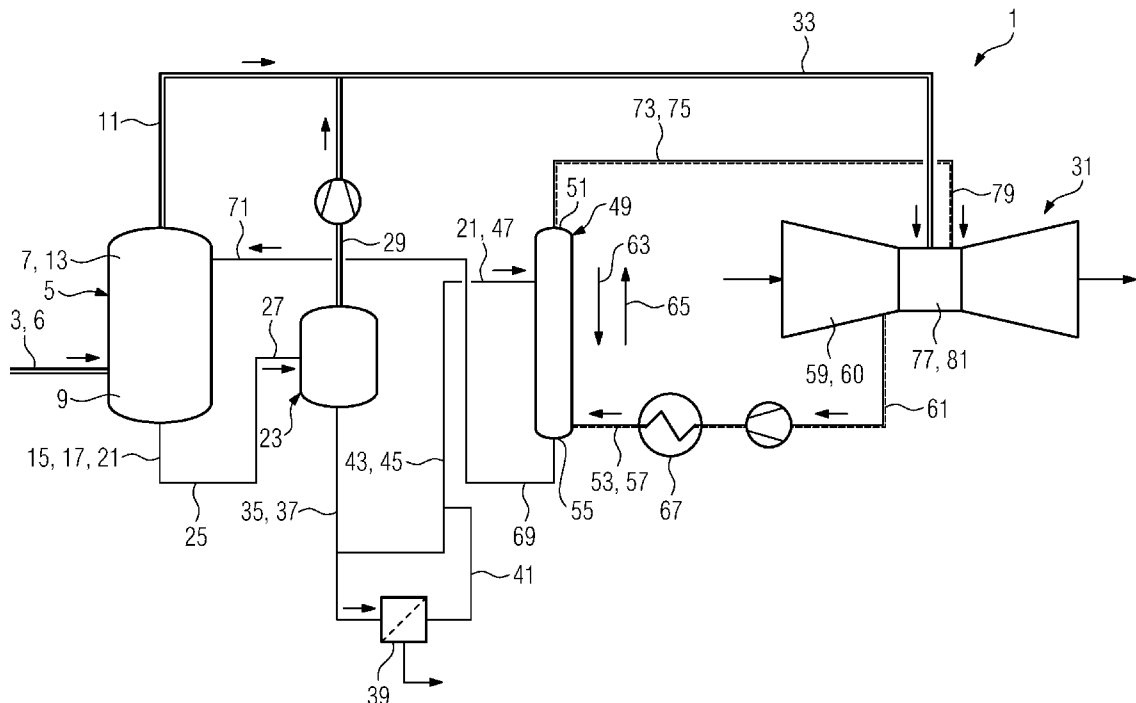
(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: JOH, Ralph; Hauptstr. 64, 63500 Seligenstadt (DE). LARFELDT, Jenny; Lasarettsvägen 7, 61237 Fin-spång (SE). STARKE, Christoph; Leonhardtstraße 7, 14057 Berlin (DE). SCHNEIDER, Rüdiger; Hessenring 40, 65817 Eppstein (DE).

(81) 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, JO, JP, KE, KG, KH, 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.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE DESULPHURISATION OF A GAS STREAM CONTAINING HYDROGEN SULPHIDE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ENTSCHWEFELUNG EINES SCHWEFELWASSERSTOFF ENTHALTENDEN GASSTROMS



(57) Abstract: The invention relates to a method for the desulphurisation of a gas stream (3) containing hydrogen sulphide (9), in particular a combustion gas stream (3) which can be used for combustion in a gas turbine (31), wherein: the gas stream (3) is brought into contact with a scrubbing medium (7) containing a catalyst (13) to absorb the hydrogen sulphide (9), forming elementary sulphur (15); the catalyst (13) is reduced on formation of the elementary sulphur (15); the scrubbing medium (21) containing the reduced catalyst (17) is fed to a regeneration stage (49) in which the reduced catalyst (17) is regenerated by oxidation with an oxygen-containing gas (53) which is fed to the regeneration stage (49); the oxygen-containing gas (53) is fed to the regeneration stage (49) from a compression stage (59) of the gas turbine (31); and the gas (73) which is depleted of oxygen during regeneration of the catalyst (17) is fed to at least



WO 2018/206228 A1

**(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)

---

one turbine stage (77) fluidically connected downstream of the compression stage (59). The invention further relates to a method for the desulphurisation of a gas stream (3) containing hydrogen sulphide (9).

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft Verfahren zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff (9) enthaltenden Gasstroms (3), insbesondere eines zur Verbrennung in einer Gasturbine (31) nutzbaren Brenngasstroms (3), wobei der Gasstrom (3) zur Absorption des Schwefelwasserstoffes (9) und unter Bildung von elementarem Schwefel (15) mit einem einen Katalysator (13) enthaltenden Waschmedium (7) kontaktiert wird, wobei der Katalysator (13) bei der Bildung des elementaren Schwefels (15) reduziert wird, wobei das mit dem reduzierten Katalysator (17) Waschmedium (21) einer Regenerationsstufe (49) zugeführt wird, in der der reduzierte Katalysator (17) durch Oxidation mit einem der Regenerationsstufe (49) zugeführten sauerstoffhaltigen Gas (53) zurückgebildet wird, wobei das sauerstoffhaltige Gas (53) der Regenerationsstufe (49) ausgehend von einer Kompressionsstufe (59) der Gasturbine (31) zugeführt wird, und wobei das bei der Regeneration des Katalysators (17) an Sauerstoff verarmte Gas (73) zumindest einer der Kompressionsstufe (59) strömungstechnisch nachgeschalteten Turbinenstufe (77) zugeführt wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff (9) enthaltenden Gasstroms (3).

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff enthaltenden Gasstroms

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff enthaltenden Gasstroms, insbesondere eines zur Verbrennung in einer Gasturbine nutzbaren Gasstroms. Weiter betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff enthaltenden Gasstroms.

10

Erdgas ist ein fossiler Brennstoff mit einem vergleichsweise niedrigen Ausstoß von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und vergleichsweise geringen Emissionen sonstiger Abfallprodukte bei der Verbrennung. Sein Beitrag als eine der wichtigsten Energieressourcen der Welt steigt weiter an. Vor dem Hintergrund der Rohstoffverknappung, des dauerhaft steigenden Energiebedarfs und steigender Preise von hochwertigen fossilen Brennstoffen gewinnt die Verwertung von nicht spezifikationsgerechten Brennstoffen zunehmend an Bedeutung. So besteht ein grösser werdendes Interesse beispielsweise daran, auch saure Gase direkt zu verstromen. Hierbei besteht im Bereich der Gasexploration (saure Erdgase) bzw. im Bereich der Gasaufbereitung häufig auch ein Bedarf an elektrischer Energie vor allem zur Abdeckung des Eigenbedarfs von Maschinen wie beispielsweise Verdichtern oder darüber hinaus.

15

20

25

Den effizientesten Weg zur Energieerzeugung stellt der Einsatz von Gasturbinen dar. Entsprechend werden weltweit Gasturbinen - alleine oder in Kombination mit Abhitzedampferzeugern, Wasser-Dampf-Kreisläufen und Dampfturbinen (GUD-Kraftwerke) - zur Bereitstellung mechanischer und elektrischer Energie verwendet. Allerdings ist die direkte Nutzung von Roh-Erdgas aufgrund von in diesem enthaltener saurer Bestandteile, wie insbesondere Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S), bisweilen nur bedingt möglich. Der störungsfreie und energieeffiziente Betrieb von Gasturbinen erfordert eine Begrenzung des Schwefelgehaltes im Brenngas, einerseits zur Vermeidung

30

35

bzw. zumindest zur Verringerung von Hochtemperaturkorrosion, andererseits, um den weltweit verschärften Emissionsgrenzwerten im Hinblick auf Schwefeloxide ( $\text{SO}_x$ ) gerecht zu werden. Daher müssen schwefelwasserstoffhaltige Brenngase, und insbesondere saure Erdgase, entsprechend aufbereitet werden.

Für die Erdgasaufbereitung stehen weit entwickelte und erprobte Verfahren zur Verfügung. Ziel dieser Verfahren ist es Erdgas in einer Qualität zu produzieren, die den weltweiten Spezifikationen für eine Einspeisung in Gas-Pipeline-Netze entspricht. Das bedeutet, dass neben Schwefelwasserstoff auch andere unerwünschte Begleitkomponenten wie beispielsweise  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  und eventuell auch längerkettige Kohlenwasserstoffe aus dem Erdgas entfernt werden müssen, um den spezifizierten Brennwert und einen problemfreien Transport in einer Pipeline zu ermöglichen.

In den entsprechenden Gasaufbereitungsanlagen werden  $\text{H}_2\text{S}$  und  $\text{CO}_2$  in der Regel mittels Absorptions-Desorptions-Verfahren aus dem Erdgas ausgewaschen. Aufgrund der Toxizität wird das abgetrennte  $\text{H}_2\text{S}$  dort häufig mit dem sogenannten Claus-Verfahren in elementaren Schwefel umgewandelt. Um Inertgas wie  $\text{N}_2$  und auch Kohlenwasserstoffe abzutrennen, werden zusätzliche Prozessschritte wie beispielsweise Tieftemperaturkondensations-Verfahren notwendig. Da diese Prozessschritte mit einem hohen apparativen Aufwand verbunden und entsprechend komplex sind, können die jeweiligen Anlagen nur dann wirtschaftlich betrieben werden, wenn sie in der Lage sind, sehr große Mengen an Erdgas zu verarbeiten.

Daher erfolgen die Erdgasaufbereitung und die Stromerzeugung mittels Gasturbinen in der Regel getrennt voneinander. Die Gasaufarbeitung wird hierbei gängigerweise zentral durchgeführt, wozu das aufzubereitende Rohgas aus unterschiedlichen Quellen zur Aufbereitungsanlage transportiert, gereinigt und dann wieder verteilt wird. Diese Prozessführung ist aus wirtschaftlicher Sicht jedoch aufwändig und kostenintensiv.

Um mit Hilfe von Erdgas Strom zu erzeugen, ist jedoch häufig nur ein Teil der zuvor beschriebenen Prozessschritte notwendig. Solange der Brennwert des zu verstromenden Rohgases ausreichend hoch ist, stellen weder CO<sub>2</sub> noch Inertgase ein Problem bei der Verbrennung dar. Lediglich die Abtrennung von H<sub>2</sub>S ist wie bereits dargelegt in jedem Fall unverzichtbar. Hierzu kommen dann aufgrund der geringeren Kapazitätsanforderungen auch Alternativverfahren in Frage, die weniger komplex und apparativ weniger anspruchsvoll sind. Dadurch wird eine Direktverstromung von Sauerogas besonders attraktiv.

Zur Abtrennung von H<sub>2</sub>S aus einem Brenngas bieten sich insbesondere sogenannte Liquid-Redox Verfahren an. Diesen Liquid-Redox-Verfahren liegt das Konzept der Reaktiv-Absorption, in diesem Falle eine Kombination von Absorption und Oxidation, zugrunde. Zur Abtrennung des Schwefelwasserstoffes aus dem jeweiligen Gas wird dieses mit einem Waschmedium in Kontakt gebracht und der im Gas enthaltene Schwefelwasserstoff chemisch oder physikalisch an einer aktiven Substanz des Waschmediums gebunden. Das von Schwefelwasserstoff gereinigte Brenngas kann dann direkt in einer Gasturbine verbrannt bzw. verstromt werden.

Die Aufbereitung des den Schwefelwasserstoff enthaltenden Waschmediums erfolgt anschließend durch einen Katalysator (auch als katalytisch aktive Komponenten oder Redoxmittel bezeichnet), welches im Waschmedium enthaltenen Schwefelwasserstoff in elementaren Schwefel umwandelt und den Schwefelwasserstoff so aus dem Waschmedium entfernt. Der Katalysator selbst wird bei der Oxidation des Schwefelwasserstoffes reduziert (H<sub>2</sub>S-Konvertierung). Um die Aktivität des Katalysators aufrechtzuerhalten und das Waschmedium in einem Kreislauf wiederverwenden zu können, ist es notwendig, den Katalysator oxidativ wieder zurückzubilden. In der Regel geschieht dies durch Absorption von Sauerstoff aus der Umgebungsluft. Hierzu wird das zu regenerierende, den reduzierten Katalysator enthaltende Waschmedium in einem der H<sub>2</sub>S-Abtrennung nachgeschalteten Prozessschritt in einer entsprechenden Regenerations-

stufe (beispielsweise eine Blasensäule als Kontaktapparat) intensiv mit Luft in Kontakt gebracht. Durch den Kontakt mit dem sauerstoffhaltigen Gas werden der Katalysator (und damit auch das Waschmedium) oxidativ regeneriert.

5

Die Zufuhr des zur Katalysatorregeneration benötigten sauerstoffhaltigen Gases erfolgt üblicherweise über extra hierfür eingerichtete Gebläse oder durch die Begasung mit extern zugeführter, vorab komprimierter sauerstoffhaltiger Luft. Die für das Einblasen der Luft notwendige Energie stellt hierbei einen wesentlichen Beitrag der im Rahmen der Liquid-Redox-Verfahren anfallenden Betriebskosten dar. Daher sind diese Verfahren in der Regel so ausgelegt, dass die benötigten Gebläse eine möglichst kleine Druckdifferenz überwinden müssen. Somit wird die Katalysatorregeneration aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel nicht bei Drücken oberhalb von 1 oder 2 bar absolut durchgeführt. Das bedingt wiederum, dass die Behältervolumen zur Katalysatorregeneration vergleichsweise groß sind, bzw. nicht verkleinert werden können, was die Anwendung von Liquid-Redox-Verfahren beispielsweise für Offshore Anwendungen unattraktiv macht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Möglichkeit anzugeben, die eine effiziente und kostengünstige Verstromung von Gasen und insbesondere Erdgasen erlaubt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 11. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung dargelegt.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff enthaltenden Gasstroms und insbesondere eines zur Verbrennung in einer Gasturbine nutzbaren Gasstroms der Gasstrom zur Absorption des Schwefelwasserstoffes und unter Bildung von elementarem Schwefel mit einem Katalysator enthaltenden Waschmedium kontaktiert, wobei der Katalysator bei der Bildung des elementaren Schwe-

fels reduziert wird. Das mit dem reduzierten Katalysator  
Waschmedium wird einer Regenerationsstufe zugeführt, in wel-  
cher der reduzierte Katalysator durch Oxidation mit einem der  
Regenerationsstufe zugeführten sauerstoffhaltigen Gas zurück-  
5 gebildet wird, wobei das sauerstoffhaltige Gas der Regenera-  
tionsstufe ausgehend von einer Kompressionsstufe einer Gas-  
turbine zugeführt wird. Erfindungsgemäß wird das bei der Re-  
generation des Katalysators an Sauerstoff verarmte Gas zumin-  
dest einer der Kompressionsstufe der Gasturbine strömungs-  
10 technisch nachgeschalteten Turbinenstufe zugeführt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht durch die gezielte  
Integration von Gasaufbereitung und Gasturbinenprozess eine  
wirtschaftliche Katalysatorregeneration auch unter hohem  
15 Druck. Hierzu wird ein geringer Teilstrom der verdichteten  
Verbrennungsluft einer geeigneten Kompressionsstufe  
(Verdichterstufe) der Gasturbine entnommen und dann durch die  
Regenerationsstufe (Kontaktapparat) für die Katalysatorrege-  
neration geleitet. Nach der Regeneration des Katalysators  
20 wird das an Sauerstoff verarmte Gas, also die Abluft, der  
wieder Gasturbine zugeführt. Die Zufuhr erfolgt hierbei ge-  
zielt zu einer der Kompressionsstufe bzw. der Druckstufe der  
Gasturbine, die dem Druck des Abluftstroms entspricht.

25 Mit anderen Worten wird die Abluft aus der Regenerationsstufe  
in eine in Strömungsrichtung der die Gasturbine durchströmen-  
den Verbrennungsluft nachgeschaltete Turbinenstufe einge-  
speist. Der wesentliche Vorteil dieser Verschaltungsvariante  
liegt darin, dass hier die notwendigen Anpassungen beim Tur-  
30 binen-Design minimal sind. Insbesondere werden auch die hoch-  
optimierten Strömungsverhältnisse in der jeweiligen Kompres-  
sionsstufe der Gasturbine nicht beeinflusst.

Unter einer geeigneten Kompressionsstufe, also einer  
35 Verdichterstufe wird im Rahmen der Erfindung insbesondere ei-  
ne solche Kompressionsstufe verstanden, die eine Entnahme des  
sauerstoffhaltigen Gases auf einem Druckniveau erlaubt, wel-  
ches eine direkte Nutzung des Gases in der Regenerationsstufe

erlaubt. Insbesondere eine Entspannung des sauerstoffhaltigen Gases vor dem Eintritt in die Regenerationsstufe ist verzichtbar.

5 Weiter arbeiten die Kompressionsstufen einer Gasturbine mit hoher energetischer Effizienz. Da die ausgekoppelte Luft der Gasturbine heiß, also auf einem hohen Temperaturniveau entnommen, abgekühlt und auf diesem geringeren Temperaturniveau in die Gasturbine zurückgespeist wird, ergibt sich ein Wirkungsgradvorteil für die Gasturbine.  
10

Die Abluft, also das bei der Regeneration des Katalysators an Sauerstoff verarmte Gas, die die Regenerationsstufe wieder verlässt, hat bei Austritt immer noch ein hohes Druckniveau und lässt sich so einer der Kompressionsstufe strömungstechnisch nachgeschalteten Turbinenstufe zuführen. Sowohl die Luftentnahme (sauerstoffhaltiges Gas) als auch die Rückspeisung (an Sauerstoff verarmtes Gas bzw. Abluft der Regenerationsstufe) erfordert keine wesentlichen baulichen Änderungen oder gar ein Neudesign der Gasturbine.  
15  
20

Eine bevorzugte Ausführung sieht vor, dass das sauerstoffhaltige Gas der Regenerationsstufe ausgehend von dem Kühlluftsystem der Gasturbine zugeführt wird. Besonders vorteilhaft ist hierbei eine Entnahme des sauerstoffhaltigen Gases aus der höchstmöglichen Druckstufe des Kühlluftsystems.  
25

Zusätzlich wird aufgrund des deutlich erhöhten Druckniveaus, bei welchem die Katalysatorregeneration (und damit auch die Regeneration des eingesetzten Waschmediums) erfolgen, eine Reduktion der Baugröße der eingesetzten Vorrichtungskomponenten erreicht. Es erfolgt eine Reduzierung des notwendigen Luftvolumenstroms durch Kompression und eine Reduzierung des Massenstroms aufgrund des erhöhten Sauerstoffpartialdrucks. Hierdurch verbessert sich der Stoffübergang des Sauerstoffs in das Waschmedium erheblich.  
30  
35

Besonders bevorzugt wird an Sauerstoff verarmtes Gas der Brennkammer der Gasturbine zugeführt. Die Zufuhr des der Gasturbine entnommenen Gases, also der Abluft, die auch bei Austritt aus der Regenerationsstufe noch unter hohem Druck

5 steht, erfolgt somit vorzugsweise direkt in den Verbrennungsprozess der Gasturbine innerhalb der Brennkammer. Die Brennkammer ist der Kompressionsstufe, welcher das zur Regeneration des Katalysators genutzte Gas entnommen wurde, in Strömungsrichtung der die Gasturbine durchströmenden Verbrennungsluft zweckmäßigerweise strömungstechnisch nachgeschaltet.

10

Dabei kann es notwendig sein, dass der sauerstoffarme Gasstrom verdichtete werden muss, um in die Brennkammer eingespeist werden zu können. Bei dieser Verfahrensvariante muss im Vergleich zu einer Regeneration bei Atmosphärendruck ein wesentlich kleinerer Luft-Volumenstrom verdichtet werden, als wenn die zur Regeneration notwendige Druckerhöhung durch einen separaten Verdichter erreicht werden müsste. Diese Ausgestaltung stellt auch aus baulicher Sicht eine besonders bevorzugte Nutzung der Abluft dar, da hierzu lediglich ein zusätzlicher Stutzen erforderlich ist. Zusätzlich können Emissionen gemindert werden, da die möglicherweise verunreinigte Abluft aus der Regenerationsstufe den Verbrennungsprozess der Gasturbine durchläuft, anstatt beispielsweise einfach ausgeblasen zu werden.

15

20

25

In einer weiter bevorzugten Ausgestaltung wird an Sauerstoff verarmtes Gas zur Kühlung der Turbinenschaufeln der Gasturbine genutzt. Eine solche Zufuhr erlaubt den Verzicht auf einen separaten Luftverdichter, da hier die Einspeisung in eine entsprechend niedrigere Druckstufe bzw. Kompressionsstufe erfolgen kann. Die Zufuhr von an Sauerstoff verarmtem Gas zur Brennkammer und dessen Nutzung zur Kühlung der Turbinenschaufeln der Gasturbine sind erfindungsgemäß sowohl getrennt als auch gemeinsam möglich. Mit anderen Worten ist es möglich einen Teilstrom des an Sauerstoff verarmten Gases (Abluft) nur der Brennkammer oder nur dem Turbinenschaufelkühlsystem zuzu-

30

35

führen oder zwei Abluft- Teilströme zu entnehmen und einen ersten Teilstrom der Brennkammer und einen zweiten Teilstrom dem Turbinenschaufelkühlsystem zuzuführen. Die Zufuhr der Abluft zu alternativen oder zusätzlichen Turbinenstufen ist gemäß der Erfindung bedarfsweise ebenfalls möglich.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung wird das der Kompressionsstufe entnommene sauerstoffhaltige Gas vor dem Eintritt in die Regenerationsstufe gekühlt. Die bei der Kühlung des sauerstoffhaltigen Gases freiwerdende Wärme wird zweckmäßigerweise weiter genutzt. Besonders bevorzugt wird die bei der Kühlung des sauerstoffhaltigen Gases freiwerdende Wärme einer Aufbereitevorrichtung zur Aufbereitung des eingesetzten Waschmediums zugeführt. Alternativ oder zusätzlich sieht die Erfindung vor, die freiwerdende Wärme in den Entschwefelungsprozess des Gasstromes einzuspeisen.

Das der Kompressionsstufe entnommene, gekühlte sauerstoffhaltige Gas wird dann innerhalb der Regenerationsstufe mit dem reduzierten Katalysator enthaltenden Waschmedium kontaktiert. Hierbei tritt der im Gas enthaltene Sauerstoff von der Gasphase in das Waschmedium über. Das sauerstoffhaltige Gas verarmt hierbei an Sauerstoff. In der Flüssigphase erfolgt die Oxidation des zuvor bei der Schwefelbildung reduzierten Katalysators, der Katalysator wird regeneriert bzw. zurückgewonnen. Das den regenerierten Katalysator enthaltende Waschmedium steht dann erneut zur Abtrennung von Schwefelwasserstoff und zu dessen anschließender Oxidation zur Verfügung.

Das Waschmedium - enthaltend den reduzierten Katalysator und elementaren Schwefel - wird vor der Zufuhr zur Regenerationsstufe vorzugsweise entspannt. Klassischerweise wird hierzu als Entspannungsstufe ein sogenannter Flash-Behälter eingesetzt, in welchem das Waschmedium entgast wird. Bei der Entspannung wird insbesondere im Waschmedium gelöstes Methan ( $\text{CH}_4$ ) entfernt. Der resultierende Gasstrom wird vorzugsweise mit dem gereinigten Gas vereinigt und so der Brennkammer zugeführt. Das nach der Entspannung im Wesentlichen Methan-

freie Waschmedium wird dann insbesondere der Regenerationsstufe zugeführt.

Zusätzlich zur Entgasung des Waschmediums vor dessen Eintritt  
5 in die Regenerationsstufe ist die Abtrennung des im Waschmedium  
enthaltenen elementaren Schwefels erwünscht. Hierzu wird  
vorzugsweise zumindest ein Teilstrom des Waschmediums, welches  
neben dem reduzierten Katalysator eben den ausgefällten  
10 elementaren Schwefel enthält, abgetrennt. Abhängig von der  
baulichen Beschaffenheit der zur Durchführung des Verfahrens  
eingesetzten Vorrichtungskomponenten ist die Abtrennung des  
ausgefällten Schwefels an verschiedenen Stellen möglich. Bevorzugt  
ist eine Abtrennung des elementaren Schwefels vor dem  
Eintritt des Waschmediums in die Regenerationsstufe. Der  
15 Teilstrom kann hierbei beispielsweise entweder vor der Entspannung  
des Waschmediums im Flash-Behälter oder auch danach erfolgen.  
Bei der Abtrennung wird vorzugsweise so viel Schwefel entfernt,  
dass die Konzentration des ausgefällten Schwefels im Waschmedium  
nach der Abtrennung bei etwa 5 % liegt.

20 Der in dem Teilstrom enthaltene Schwefel wird zweckmäßigerweise  
aus diesem abgetrennt. Die Abtrennung erfolgt bevorzugt mittels  
gängiger Abtrenneinheiten, wie beispielsweise mittels eines Zyklons.  
Der Schwefel selbst wird zweckmäßigerweise einer weiteren Verwertung  
25 zugeführt. Der von Schwefel gereinigte Teilstrom des Waschmediums  
wird vorzugsweise der Regenerationsstufe zugeführt, um den nach wie  
vor im Waschmedium enthaltenen reduzierten Katalysator zu regenerieren.

30 Bevorzugt wird als Waschmedium eine Aminosäuresalzlösung eingesetzt.  
Eine wässrige Aminosäuresalzlösung ist hierbei zweckmäßig. Auch ist  
der Einsatz von Mischungen verschiedener Aminosäuresalze als  
Waschmedium möglich.

35 Als Katalysator wird vorzugsweise ein Metallsalz eingesetzt. Prinzipiell  
eignen sich hierbei solche Metallsalze, deren Metallionen in mehreren  
Oxidationsstufen vorliegen können. Vorzugsweise werden die Salze der  
Metalle Eisen, Mangan oder

Kupfer eingesetzt. Diese Metallsalze sind kostengünstig zu erwerben und weisen die gewünschten katalytischen Eigenschaften auf. Insbesondere sind Metall-Chelat-Komplexe von Vorteil, die eine ausreichend hohe Löslichkeit in der wässrigen Formulierung aufweisen. Hierzu ist dem Waschmedium zweckmäßigerweise ein Komplexbildner wie EDTA (Ethyldiamintetraacetat), HEDTA (Hydroxyethyl-Ethyldiamintetraacetat), DTPA (Diethylentriaminpentaacetat) und/oder NTA (Nitriltriacetat) zugesetzt.

10

Die erfindungsgemäß Vorrichtung zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff enthaltenden Gasstroms, insbesondere eines zur Verbrennung in einer Gasturbine nutzbaren Brenngasstroms umfasst einen Absorber zur Absorption von Schwefelwasserstoff aus dem Gasstrom unter Bildung von elementarem Schwefel mittels eines einen Katalysator enthaltenden Waschmediums, sowie eine mit dem Absorber strömungstechnisch gekoppelte Regenerationsstufe zur Regeneration des bei der Schwefelbildung reduzierten Katalysators mittels eines sauerstoffhaltigen Gases, wobei die Regenerationsstufe zur Zufuhr des sauerstoffhaltigen Gases strömungstechnisch mit einer Kompressionsstufe einer Gasturbine gekoppelt ist. Erfindungsgemäß ist die Regenerationsstufe zur Abfuhr des an Sauerstoff verarmten Gases strömungstechnisch mit zumindest einer Kompressionsstufe der strömungstechnisch nachgeschalteten Turbinenstufe der Gasturbine gekoppelt.

20

Innerhalb des Absorbers wird der im Gasstrom enthaltene Schwefelwasserstoff durch Absorption in dem Waschmedium aus einem Gasstrom entfernt. Als Waschmedium ist hierbei vorzugsweise eine Aminosäuresalzlösung eingesetzt. Der absorbierte Schwefelwasserstoff reagiert innerhalb des Absorbers mittels eines im Waschmedium enthaltenen Katalysators zu elementarem Schwefel und wird hierbei selbst reduziert. Als Katalysator ist bevorzugt ein Metallsalz eingesetzt, welches in dem Waschmedium enthalten ist. Besonders bevorzugt ist der Einsatz von Metall-Chelat-Komplexen als Katalysator.

30

35

Zur Regeneration des Katalysators wird das Waschmedium der dem Absorber in Strömungsrichtung des Waschmediums strömungstechnisch nachgeschalteten Regenerationsstufe zugeführt.

Hierzu umfasst der Absorber zweckmäßigerweise eine Abführlei-  
5 tung, die strömungstechnisch mit einer Zuführleitung der Regenerationsstufe gekoppelt ist.

Zur Regeneration des Katalysators in der Regenerationsstufe ist der Regenerationsstufe zweckmäßigerweise eine weitere Zu-  
10 führleitung angeschlossen, die mit der Abführleitung einer Kompressionsstufe der Gasturbine strömungstechnisch gekoppelt ist. Über diese strömungstechnische Kopplung wird ausgehend von der Kompressionsstufe sauerstoffreiches Gas der Regenerationsstufe zugeführt. Besonders vorteilhaft ist hierbei die  
15 Kopplung der Regenerationsstufe mit der höchstmöglichen Druckstufe bzw. der höchstmöglichen Kompressionsstufe des Kompressors der Gasturbine. Zweckmäßigerweise ist die Zuführleitung der Regenerationsstufe hierzu strömungstechnisch mit der Abführleitung der Kompressionsstufe des Kompressors der  
20 Gasturbine gekoppelt.

Bei Gas-Turbinen, die über ein sogenanntes „De-Icing-System“ verfügen, ist es insbesondere von Vorteil, wenn bei sehr tiefen Außentemperaturen heiße Luft einer Kompressionsstufe der  
25 Gasturbine entnommen wird, um so unerwünschte Eisbildung zu verhindern.

Nach der Regeneration des Katalysators wird das im Rahmen der Reaktion an Sauerstoff verarmte Gas wieder der Gasturbine zu-  
30 geführt. Vorzugsweise wird das an Sauerstoff verarmte Gas direkt in den Verbrennungsprozess der Gasturbine eingespeist. Hierzu ist die Regenerationsstufe zweckmäßigerweise mit einer der Kompressionsstufe strömungstechnisch nachgeschalteten Brennkammer der Gasturbine gekoppelt. Die Brennkammer ist der  
35 Kompressionsstufe in Strömungsrichtung der die Gasturbine durchströmenden Verbrennungsluft strömungstechnisch nachgeschaltet. Zur Zufuhr des sauerstoffarmen Gases zur Brennkammer umfasst die Regenerationsstufe zweckmäßigerweise eine Ab-

führleitung, die strömungstechnisch mit einer Zuführleitung der Brennkammer der Gasturbine gekoppelt ist.

Alternativ oder zusätzlich ist die Regenerationsstufe mit einem der Kompressionsstufe strömungstechnisch nachgeschalteten Kühlsystem zur Kühlung der Turbinenschaufeln gekoppelt. Hierzu umfasst die Regenerationsstufe zweckmäßigerweise eine Abführleitung, die strömungstechnisch mit einer Zuführleitung des Kühlsystems gekoppelt ist.

10

In einer weiter bevorzugten Ausgestaltung ist eine Entspannungsstufe, eine sogenannte Flash-Stufe strömungstechnisch zwischen den Absorber und die Regenerationsstufe geschaltet. In der Entspannungsstufe wird das aus dem Absorber ausströmende Waschmedium, welches den ausgefällten Schwefel und den reduzierten Katalysator enthält, entspannt. Bei der Entspannung wird Methan desorbiert und so dessen unerwünschte Verschleppung in die Regenerationsstufe verhindert. Eine Anreicherung im Waschmedium wird nur zu einem gewissen Grad stattfinden, da das Waschmedium bei der Regeneration durch das Strippen mit Luft kontinuierlich von Methan befreit wird. Die Entspannungsstufe ist hierzu zweckmäßigerweise in die Abführleitung des Absorbers geschaltet und so dem Absorber in Strömungsrichtung des Waschmediums strömungstechnisch nachgeschaltet.

25

Nach der Entspannung wird das im Wesentlichen Methan-freie Waschmedium über eine der Entspannungsstufe angeschlossene Abführleitung abgezogen und der Regenerationsstufe zugeführt.

30

Zur Abtrennung von Schwefel aus dem Waschmedium ist vorzugsweise eine Entnahmeleitung zur Entnahme eines Teilstroms des Waschmediums umfasst. Die Entnahmeleitung kann grundsätzlich an unterschiedlichen Positionen der Vorrichtung angeschlossen sein, wobei eine Entnahme aus der als Flash-Behälter ausgebildeten Entspannungsstufe bevorzugt ist. Entsprechend ist die Entnahmeleitung zweckmäßigerweise der Entspannungsstufe angeschlossen. Auf diese Weise kann ein Teil des bei der Oxi-

35

dation des Schwefelwasserstoffes ausgefällten elementaren Schwefels aus dem Waschmedium abgetrennt werden. Die bevorzugte Konzentration des im Waschmedium verbleibenden ausgefällten Schwefels nach der Abtrennung liegt bei etwa 5 %.

5

Die Abtrennung des Schwefels aus dem Waschmedium erfolgt vorzugsweise in einer in Strömungsrichtung des entnommen Teilstroms der Entnahmeleitung strömungstechnisch angeschlossenen Abtrenneinheit.

10

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen für die Vorrichtung ergeben sich aus den auf das Verfahren gerichteten Unteransprüchen. Dabei können die für das Verfahren und dessen Weiterbildungen benannten Vorteile sinngemäß auf die Vorrichtung übertragen werden.

15

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert.

20

In FIG 1 ist eine Vorrichtung 1 zur Entschwefelung eines Gasstroms 3 und insbesondere zur Entschwefelung eines Brenngasstroms für eine Gasturbine gezeigt. Der Gasstrom 3 wird einem Absorber 5 über eine diesem angeschlossene Zuführleitung 6 zugeführt und innerhalb des Absorbers 5 mit einer wässrigen Aminosäuresalzlösung als Waschmedium 7 in Kontakt gebracht. Innerhalb des Absorbers 5 wird im Gasstrom 3 enthaltener Schwefelwasserstoff 9 in dem Waschmedium 7 absorbiert. Das von Schwefelwasserstoff 9 gereinigte Gas wird dem Absorber 5 über eine Abführleitung 11 entnommen und der Verbrennung in einem Gasturbinenprozess zugeführt.

25

30

35

Der im Waschmedium 7 absorbierte Schwefelwasserstoff 9 wird durch einen im Waschmedium 7 enthaltenen Katalysator 13, vorliegend komplexierte Fe(III)-Ionen, zu elementarem Schwefel 15 oxidiert. Der Katalysator 13 wird bei der Oxidation des Schwefelwasserstoffes 9 zu Fe(II)-Ionen reduziert. Der Schwefel 15 fällt als Feststoff aus, die durch die Reduktion ge-

bildeten Fe(II)-Ionen bleiben in Lösung und werden durch EDTA als dem Waschmedium 7 zugesetztem Komplexbildner maskiert.

Das den reduzierten Katalysator 17 und den elementaren Schwefel 15 enthaltende Waschmedium 21 wird anschließend einer dem Absorber 7 strömungstechnisch nachgeschalteten Entspannungsstufe (Flash-Stufe) 23 zugeführt. Die Zufuhr erfolgt über eine strömungstechnische Kopplung einer dem Absorber 5 angeschlossenen Abführleitung 25 mit einer Zuführleitung 27 der Entspannungsstufe 23.

Innerhalb der Entspannungsstufe 23 wird das Waschmedium 21 entspannt und in diesem enthaltenes Methan desorbiert. Das desorbierte Methan wird über eine der Entspannungsstufe 23 angeschlossene Abzugsleitung 29 einer Gasturbine 31 zugeführt. Hierzu ist die Abzugsleitung 29 mit einer Zuführleitung 33 der Gasturbine 31 gekoppelt.

Zusätzlich wird ein Teilstrom 35 des Waschmediums 21 über eine der Entspannungsstufe 23 angeschlossene Entnahmeleitung 37 entnommen. Hierdurch wird die Konzentration an ausgefälltem Schwefel 15 im Waschmedium 21 auf eine Konzentration von etwa 5 % gesenkt.

Der aus dem Waschmedium 21 abgezogene Teilstrom 35 wird einer als Filter ausgebildeten Abtrenneinheit 39 zugeführt, in welcher der Schwefel 15 vom Waschmedium 21 abgetrennt wird. Der Schwefel 15 selbst wird einer weiteren Verwertung zugeführt. Das von Schwefel 15 gereinigte Waschmedium 21 wird zurückgeführt. Hierzu ist eine Rückführleitung 41 der Abtrenneinheit 39 strömungstechnisch mit einer Abführleitung 43 der Entspannungsstufe 23 gekoppelt. Über diese Kopplung wird das von Schwefel befreite Waschmedium 21 mit dem Hauptstrom 45 des Waschmediums 21 vereinigt.

35

Das entgaste, von Schwefel 15 gereinigte Waschmedium 21 wird dann über eine mit der Abführleitung 43 der Entspannungsstufe 21 gekoppelte Zuführleitung 47 der Regenerationsstufe 49 an

deren Kopf 51 zugeführt. Innerhalb der Regenerationsstufe 49 wird das Waschmedium 21 mit einem sauerstoffhaltigen Gas 53 kontaktiert, welches über eine der Regenerationsstufe 49 an deren Boden 55 angeschlossene Zuführleitung 57 in die Regenerationsstufe 49 einströmt.

Das sauerstoffhaltige Gas 53 ist hierbei einer Kompressionsstufe 59, also einem Verdichter der Gasturbine 31 entnommen. Die Zufuhr des sauerstoffhaltigen Gases 53 erfolgt über die strömungstechnische Kopplung einer Abführleitung 61 der Kompressionsstufe 59, vorliegend des Kühlluftsystems 60 der Gasturbine 31 mit der Zuführleitung 57 der Regenerationsstufe 49. Über diese strömungstechnische Kopplung kann aus der Kompressionsstufe 59 entnommenes sauerstoffhaltigen Gas 53 in die Regenerationsstufe 49 strömen und dort zur Regeneration des im Waschmedium 21 enthaltenen reduzierten Katalysators 17 genutzt werden. Gleichzeitig wird das Waschmedium 21 regeneriert.

Das sauerstoffhaltige Gas 53, also die der Gasturbine 31 entnommene Luft, strömt in einer der Strömungsrichtung 63 des Waschmediums 21 entgegengesetzten Strömungsrichtung 65 in die Regenerationsstufe 49 ein. In der Zuführleitung 57 der Regenerationsstufe 49 ist ein Wärmetauscher 67 angeordnet, der das Gas 53 vor dem Eintritt in die Regenerationsstufe 49 kühlt. Die hierbei abgeführte Wärme kann an geeigneter Stelle in den Prozess eingespeist werden.

Die Rückbildung des Katalysators 13 erfolgt durch den Kontakt des Waschmediums 7 mit dem sauerstoffhaltigen Gas 53. Hierbei tritt der im Gas 53 enthaltene Sauerstoff von der Gasphase in die Flüssigphase über. In Folge dessen werden die zuvor bei der Schwefelbildung reduzierten Fe(II)-Ionen zu Fe(III)-Ionen oxidiert und damit der Katalysator 13 zurückgewonnen. Im Rahmen der Regenerierung wird auch das Waschmedium 7 zurückgewonnen, welches nun - den ursprünglichen Katalysator 13 enthaltend - erneut zur Abtrennung von Schwefelwasserstoff 9 aus einem Gasstrom 3 zur Verfügung. Hierzu wird das regenerierte

Waschmedium 7 über eine am Boden 55 der Regenerationsstufe 49 angeschlossene Abführleitung 69 entnommen und über eine strömungstechnische Kopplung der Abführleitung 69 mit einer Zuführleitung 71 des Absorbers 5 diesem zugeführt.

5

Das bei der Regeneration des Katalysators 13 innerhalb der Regenerationsstufe 49 entstehende an Sauerstoff verarmte Gas 73, also die Abluft wird nun in den Gasturbinenprozess zurückgeführt.

10

Hierzu wird das an Sauerstoff verarmte Gas 73 der Regenerationsstufe 49 über eine dieser angeschlossene Abführleitung 75 entnommen und einer der Kompressionsstufe 59 der Gasturbine 31 strömungstechnisch nachgeschalteten Turbinenstufe 77 zugeführt. Zur Zufuhr ist Abführleitung 75 der Regenerationsstufe 49 strömungstechnisch mit einer Zuführleitung 79 der Turbinenstufe 77 gekoppelt. Bei der Turbinenstufe 77 handelt es sich vorliegend um die Brennkammer 81 der Gasturbine 31, so dass das sauerstoffarme Gas 73 direkt in den Verbrennungsprozess der Gasturbine 31 eingeströmt wird. Alternativ oder zusätzlich kann das sauerstoffarme Gas 73 zur Kühlung der Turbinenschaufeln der Gasturbine 31 genutzt werden.

15

20

25

Eine vorbeschriebene Verfahrensführung erlaubt eine wirtschaftliche Katalysatorregeneration auch unter hohem Druck. Die hochoptimierten Strömungsverhältnisse in der jeweiligen Kompressionsstufe 59 der Gasturbine 31 werden hierbei nicht beeinflusst. Im Vergleich zu einer Regeneration des Katalysators 17 bei Atmosphärendruck muss bei der Einspeisung von Luft aus dem Kompressionsstufe 59 einer Gasturbine 31 ein wesentlich kleinerer Luft-Volumenstrom verdichtet werden, um die zur Regeneration notwendige Druckerhöhung zu erreichen.

30

35

Die Abluft, also das bei der Regeneration des Katalysators 17 an Sauerstoff verarmte Gas 73, die die Regenerationsstufe 49 wieder verlässt, hat bei Austritt immer noch ein hohes Druckniveau und lässt sich so einer der Kompressionsstufe 59 strömungstechnisch nachgeschalteten Turbinenstufe 77 zuführen.

Sowohl die Luftentnahme als auch die Rückspeisung erfordert keine oder nur geringfügige bauliche Änderungen der Gasturbine 31.

- 5 Zusätzlich werden durch die Verbrennung des sauerstoffarmen Gases 73, also der aus der Regenerationsstufe 49 abgeführten Abluft, unerwünschte Emissionen verringert.

Die Erfindung wird anhand des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels besonders deutlich, ist gleichwohl aber nicht auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr können weitere Ausführungsformen der Erfindung aus den Ansprüchen und der vorstehenden Beschreibung abgeleitet werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff (9) enthaltenden Gasstroms (3), insbesondere eines zur Ver-  
5 brennung in einer Gasturbine (31) nutzbaren Brenngasstroms (3), wobei der Gasstrom (3) zur Absorption des Schwefelwas-  
serstoffes (9) und unter Bildung von elementarem Schwefel (15) mit einem einen Katalysator (13) enthaltenden Waschmedi-  
um (7) kontaktiert wird, wobei der Katalysator (13) bei der  
10 Bildung des elementaren Schwefels (15) reduziert wird, wobei das den reduzierten Katalysator (17) enthaltende Waschmedium  
(21) einer Regenerationsstufe (49) zugeführt wird, in der der  
reduzierte Katalysator (17) durch Oxidation mit einem der Re-  
generationsstufe (49) zugeführten sauerstoffhaltigen Gas (53)  
15 zurückgebildet wird, wobei das sauerstoffhaltige Gas (53) der  
Regenerationsstufe (49) ausgehend von einer Kompressionsstufe  
(59) der Gasturbine (31) zugeführt wird, und wobei das bei  
der Regeneration des Katalysators (17) an Sauerstoff verarmte  
Gas (73) zumindest einer der Kompressionsstufe (59) strö-  
20 mungstechnisch nachgeschalteten Turbinenstufe (77) der Gas-  
turbine (31) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das sauerstoffhaltige  
Gas (53) der Regenerationsstufe (49) ausgehend von dem Kühl-  
25 luftsysteem (60) der Gasturbine (31) zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei an Sauerstoff  
verarmtes Gas (73) der Brennkammer (81) der Gasturbine (31)  
zugeführt wird.  
30
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
an Sauerstoff verarmtes Gas (73) zur Kühlung der Turbinen-  
schaufeln der Gasturbine (31) genutzt wird.
- 35 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
das der Kompressionsstufe (59) entnommene sauerstoffhaltige  
Gas (53) vor dem Eintritt in die Regenerationsstufe (49) ge-  
kühlt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Waschmedium (21) vor der Zufuhr zur Regenerationsstufe (49) entspannt wird.

5

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Teilstrom (35) des Waschmediums (21) abgetrennt wird.

10

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das regenerierte Waschmedium (7) einem Absorber (5) zugeführt wird.

15

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Waschmedium (7) eine Aminosäuresalzlösung eingesetzt wird.

20

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Katalysator (13) ein Metallsalz eingesetzt wird.

25

11. Vorrichtung (1) zur Entschwefelung eines Schwefelwasserstoff enthaltenden Gasstroms (3), insbesondere eines zur Verbrennung in einer Gasturbine (31) nutzbaren Brenngasstroms (3), umfassend einen Absorber (5) zur Absorption von Schwefelwasserstoff (9) aus dem Gasstrom (3) unter Bildung von elementarem Schwefel (15) mittels eines einen Katalysator (13) enthaltenden Waschmediums (7), sowie eine mit dem Absorber (5) strömungstechnisch gekoppelte Regenerationsstufe (49) zur Regeneration des bei der Schwefelbildung reduzierten Katalysators (17) mittels eines sauerstoffhaltigen Gases (53), wobei die Regenerationsstufe (49) zur Zufuhr des sauerstoffhaltigen Gases (53) strömungstechnisch mit einer Kompressionsstufe (59) einer Gasturbine (31) gekoppelt ist, und wobei die Regenerationsstufe (49) zur Abfuhr des an Sauerstoff verarmten Gases (73) strömungstechnisch mit zumindest einer der Kompressionsstufe (59) der strömungstechnisch nachgeschalteten Turbinenstufe (77) der Gasturbine (31) gekoppelt ist.

35

12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11, wobei die Regenerationsstufe (49) zur Zufuhr des sauerstoffhaltigen Gases (53) strömungstechnisch mit dem Kühlluftsystem (60) der Gasturbine (31) gekoppelt ist.

5

13. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11 oder 12, wobei die Regenerationsstufe (49) mit einer der Kompressionsstufe (59) strömungstechnisch nachgeschalteten Brennkammer (81) gekoppelt ist.

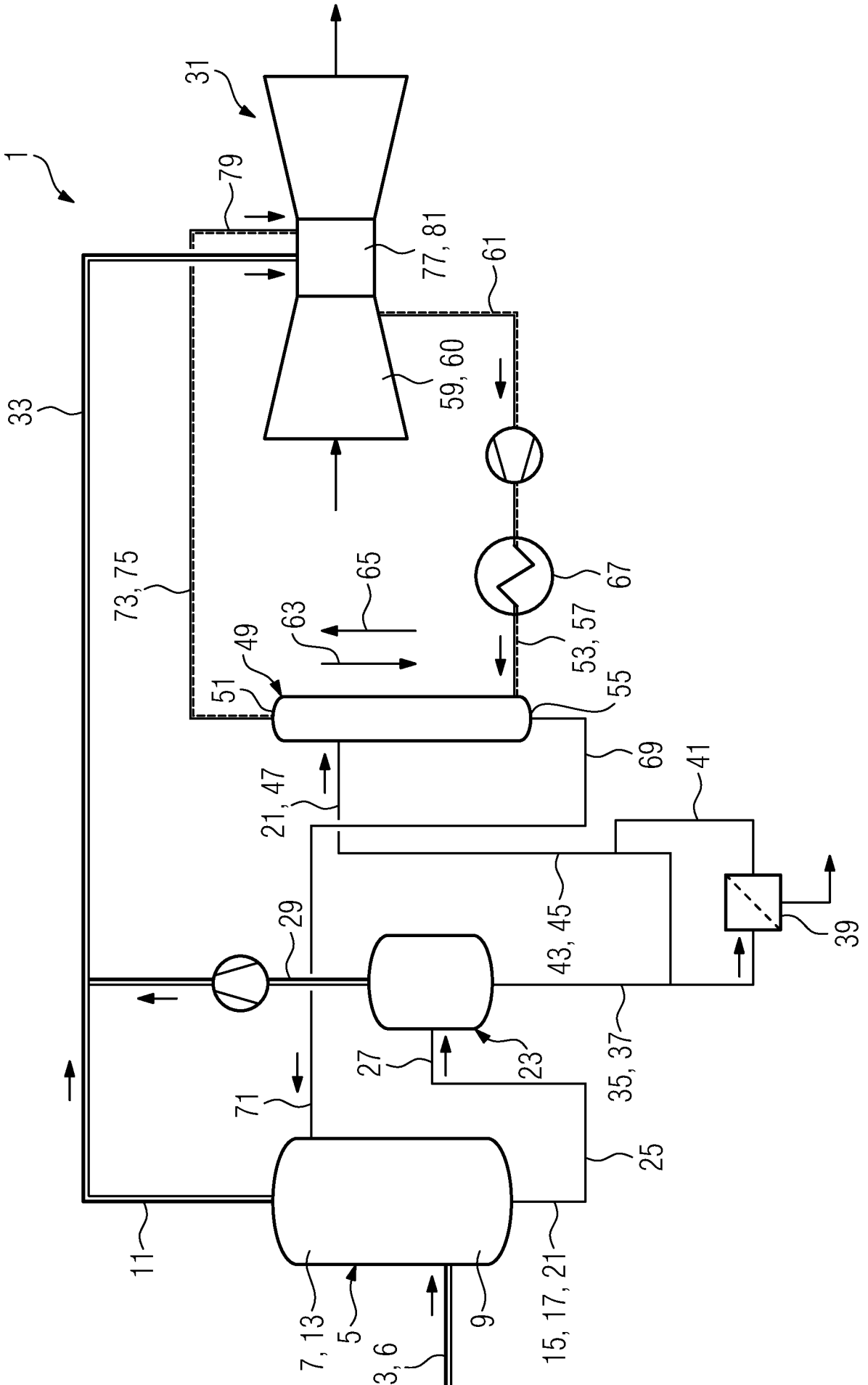
10

14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die Regenerationsstufe (49) mit einer der Kompressionsstufe (59) strömungstechnisch nachgeschalteten Kühlsystem zur Kühlung der Turbinenschaufeln gekoppelt ist.

15

15. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei eine Entspannungsstufe (23) strömungstechnisch zwischen dem Absorber (5) und die Regenerationsstufe (49) geschaltet ist.

20



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2018/059620**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>C10L 3/10</i> (2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C10L  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, INSPEC, COMPENDEX		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2016180555 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 November 2016 (2016-11-17) page 12, line 14 - page 15, line 12; claims 1-20; figure 1	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>14 June 2018</b>		Date of mailing of the international search report <b>29 June 2018</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer  <b>Pöllmann, Klaus</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.  
**PCT/EP2018/059620**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2016180555	A1	17 November 2016	CN	107635645	A	26 January 2018
				EP	3271046	A1	24 January 2018
				KR	20180002843	A	08 January 2018
				US	2018104641	A1	19 April 2018
				WO	2016180555	A1	17 November 2016
.....							

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/059620

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. C10L3/10 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) C10L		
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, INSPEC, COMPENDEX		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2016/180555 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. November 2016 (2016-11-17) Seite 12, Zeile 14 - Seite 15, Zeile 12; Ansprüche 1-20; Abbildung 1 -----	1-15
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 14. Juni 2018		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 29/06/2018
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 Pöllmann, Klaus

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/059620

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2016180555	A1	CN 107635645 A	26-01-2018
		EP 3271046 A1	24-01-2018
		KR 20180002843 A	08-01-2018
		US 2018104641 A1	19-04-2018
		WO 2016180555 A1	17-11-2016
-----			