

(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
28. Dezember 2017 (28.12.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/220211 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B01D 53/04 (2006.01) **B01D 53/047** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/025176

(22) Internationales Anmeldedatum:

21. Juni 2017 (21.06.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

16001413.0 23. Juni 2016 (23.06.2016) EP

(71) Anmelder: **LINDE AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Klosterhofstr. 1, 80331 München (DE).

(72) Erfinder: **TROTT, Thomas**; Aindorfer Str. 20, 80686 München (DE). **CHRISTIAN, Horn**; Camerloherstr. 109, 80689 München (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.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INDUSTRIAL PLANT WITH AN ADSORPTION DEVICE AND INDUSTRIAL PLANT WITH AN ADSORPTION DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER VERFAHRENSTECHNISCHEN ANLAGE MIT EINER ADSORPTIONSVORRICHTUNG UND VERFAHRENSTECHNISCHE ANLAGE MIT EINER ADSORPTIONSVORRICHTUNG

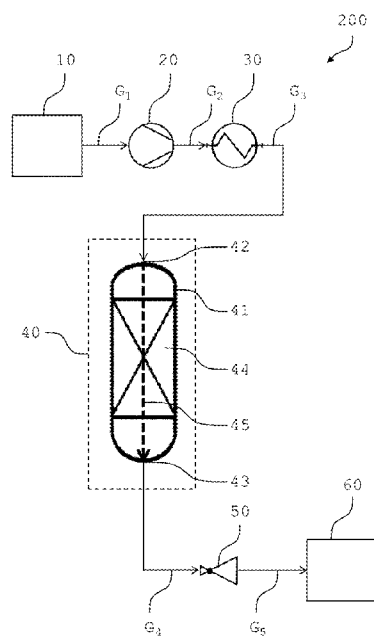


Fig. 4

(57) Abstract: A method for operating an industrial plant (100) with an adsorption device (10), which produces a predefined mass flow of a gas stream (G_1) loaded with a sorbable substance, wherein the loaded gas stream (G_1) comprises sequential, temporally alternating phases (P1) of increased loading (φ_1) and phases (P2) of reduced loading (φ_2), with the following steps: supplying (610) the loaded gas stream (d) to an inlet (42) of a sorption buffer device (40); guiding (620) the loaded gas stream (d) in the sorption buffer device (40) through a sorption material (44) suitable for taking up a loading (ψ) of the sorbable substance along a sorption path (45) that leads from the inlet (42) to an outlet (43) of the sorption buffer device (40), wherein the sorbable substance passes from the gas stream to the sorption material (44) or from the sorption material (44) to the gas stream, depending on the loading of the gas stream (φ) and the loading of the sorption material (ψ); extracting (630) a treated gas stream (G_4) at the outlet (43) of the sorption buffer device (40), wherein during a phase (P2) of increased loading (φ_2) of the gas stream (d) with the sorbable substance a region with an increased loading (ψ) of the sorption material (44) with the sorbable substance forms in a region (Bi) extending along the sorption path (45) from the inlet (42) of the sorption buffer device (40), and during a subsequent phase (P1) of reduced loading (φ_1) of the gas stream (G_1) the region with increased loading (ψ) of the sorption material (44) shifts along the sorption path (45) in the direction of the outlet (43) of the sorption buffer device (40); and wherein a length (I) of the sorption path (45) and a quantity of the sorption material (44) in the sorption buffer device (40) are chosen such that, during operation of the industrial plant (100), the sorption buffer device (40) is set up to accommodate at least three, preferably at least four, more preferably at least five different regions ($B_1 - B_5$) of increased loading (ψ) of the sorption material (44) along the sorption path (45).

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betreiben einer verfahrenstechnischen Anlage (100) mit



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)

einer Adsorptionsvorrichtung (10), welche einen mit einem sorbierbaren Stoff beladenen Gasstrom (G_1) mit einem vorgegebenen Massenstrom ausgibt, wobei der beladene Gasstrom (G_1) zeitlich abwechselnd aufeinanderfolgende Phasen (P1) erhöhter Beladung (φ_1) und Phasen (P2) erniedrigter Beladung (φ_2) umfasst, mit den Schritten: Zuführen (610) des beladenen Gasstroms (d) an einen Eingang (42) einer Sorptionspuffer-Vorrichtung (40); Leiten (620) des beladenen Gasstroms (d) in der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) durch ein mit einem zur Aufnahme einer Beladung (ψ) des sorbierbaren Stoffes geeignetes Sorptionsmittel (44) entlang eines Sorptionspfades (45), der von dem Eingang (42) zu einem Ausgang (43) der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) führt, wobei der sorbierbare Stoff in Abhängigkeit der Beladung des Gasstroms (φ) und Beladung des Sorptionsmittels (ψ) von dem Gasstrom auf das Sorptionsmittel (44) oder von dem Sorptionsmittel (44) auf den Gasstrom übergeht; Abgreifen (630) eines behandelten Gasstroms (G_4) an dem Ausgang (43) der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40), wobei sich während einer Phase (P2) erhöhter Beladung (φ_2) des Gasstroms (d) mit dem sorbierbaren Stoff sich in einem von dem Eingang (42) der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) entlang des Sorptionspfades (45) erstreckender Bereich (B_i) ein Bereich mit einer erhöhten Beladung (ψ) des Sorptionsmittels (44) mit dem sorbierbaren Stoff ausbildet und sich während einer darauf folgenden Phase (P1) erniedrigter Beladung (φ_1) des Gasstroms (G_1) der Bereich mit der erhöhten Beladung (ψ) des Sorptionsmittels (44) in Richtung zum Ausgang (43) der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) entlang des Sorptionspfades (45) verschiebt; und wobei eine Länge (I) des Sorptionspfades (45) und eine Menge des Sorptionsmittels (44) in der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) derart gewählt werden, dass die Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) im Betrieb der verfahrenstechnischen Anlage (100) zur Aufnahme von wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens vier, weiter bevorzugt wenigstens fünf unterschiedlichen Bereichen ($B_1 - B_5$) erhöhter Beladung (ψ) des Sorptionsmittels (44) entlang des Sorptionspfades (45) eingerichtet ist.

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben einer verfahrenstechnischen Anlage mit einer Adsorptionsvorrichtung und verfahrenstechnische Anlage mit einer Adsorptionsvorrichtung

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer verfahrenstechnischen Anlage mit einer Adsorptionsvorrichtung sowie eine verfahrenstechnische Anlage mit einer Adsorptionsvorrichtung.

10 Gase oder Gasgemische können sorbierbare Stoffe aufnehmen, transportieren und wieder abgeben. Ein sorbierbarer Stoff kann bis zu einer gewissen Menge, in Abhängigkeit von thermodynamischen Parametern, insbesondere Temperatur und Druck, von dem Gasgemisch aufgenommen werden. Die von einem Gasgemisch aufgenommene Menge des sorbierbaren Stoffes wird häufig Beladung genannt. Bei der verfahrenstechnischen Verarbeitung von derartigen Gasgemischen kann es
15 vorkommen, dass sich die thermodynamischen Parameter von einem Prozessschritt zu einem weiteren Prozessschritt stark ändern. Dies führt regelmäßig dazu, dass das Gasgemisch gesättigt oder übersättigt mit dem sorbierbaren Stoff vorliegt. Dann tritt beispielsweise Kondensation auf, wobei eine überschüssige Menge des sorbierbaren Stoffes von dem Gasstrom abgegeben wird und an Grenzflächen kondensiert.

20

Ein Beispiel hierfür ist die Kondensation von in Prozessgasen enthaltener Feuchtigkeit in Rohrleitungen, wenn diese eine Temperatur aufweisen, die unter dem Taupunkt in Bezug auf den beladenen Gasstrom liegt. In einem solchen Fall kann das Problem auftreten, dass das kondensierte Wasser eine Korrosion der Rohrleitung verursacht.

25

Insbesondere Druckwechsel-Adsorptionsanlagen und Temperaturwechsel-Adsorptionsanlagen weisen häufig eine phasenweise sehr hohe Beladung des Prozessgases mit einem sorbierbaren Stoff auf, bis hin zu einer Sättigung des Prozessgases mit dem Stoff. Dann kann bereits bei einer kleinen Änderung von
30 Temperatur und/oder Druck eine Kondensation auftreten.

Aus der DD 200 981 A1 ist ein Verfahren zur Dämpfung periodischer Konzentrationsschwankungen in strömenden Medien bekannt. Dabei wird das Medium

durch einen mit Sorptionsmittel gefüllten Apparat geleitet, in welchem die über dem Durchschnittswert liegende Konzentration einzelner Komponenten des Mediums sorbiert und somit so lange zurückgehalten werden, bis durch nachströmendes Medium mit unterschiedlicher, zum Beispiel niedrigerer, Konzentration an zuvor
5 sorbierten Komponenten eine Verdrängungsdesorption und somit eine annähernd gleichmäßige Abgabe an das Medium erfolgt.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur zeitlichen Vergleichmäßigung einer Beladung eines Gasgemischs mit einem
10 sorbierbaren Stoff in einer verfahrenstechnischen Anlage bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt durch ein Verfahren zum Betreiben einer verfahrenstechnischen Anlage gelöst. Die verfahrenstechnische Anlage weist eine Adsorptionsvorrichtung auf, welche einen mit einem sorbierbaren Stoff beladenen
15 Gasstrom mit einem vorgegebenen Massenstrom ausgibt, wobei der beladene Gasstrom zeitlich abwechselnd aufeinanderfolgende Phasen erniedrigter Beladung und Phasen erhöhter Beladung umfasst. Das Verfahren umfasst die Schritte:

Zuführen des beladenen Gasstroms an einen Eingang einer Sorptionspuffer-Vorrichtung;
20 Leiten des beladenen Gasstroms in der Sorptionspuffer-Vorrichtung durch ein mit einem zur Aufnahme einer Beladung des sorbierbaren Stoffes geeignetes Sorptionsmittel entlang eines Sorptionspfades, der von dem Eingang zu einem Ausgang der Sorptionspuffer-Vorrichtung führt, wobei der sorbierbare Stoff in Abhängigkeit der Beladung des Gasstroms und Beladung des Sorptionsmittels von
25 dem Gasstrom auf das Sorptionsmittel oder von dem Sorptionsmittel auf den Gasstrom übergeht; und

Abgreifen eines behandelten Gasstroms an dem Ausgang der Sorptionspuffer-Vorrichtung.
Während einer Phase erhöhter Beladung des Gasstroms mit dem sorbierbaren Stoff
30 bildet sich ein sich von dem Eingang der Sorptionspuffer-Vorrichtung entlang des Sorptionspfades erstreckender Bereich mit einer erhöhten Beladung des Sorptionsmittels mit dem sorbierbaren Stoff aus. Während einer darauf folgenden Phase erniedrigter Beladung des Gasstroms verschiebt sich der Bereich mit der erhöhten Beladung des Sorptionsmittels in Richtung zum Ausgang der Sorptionspuffer-
35 Vorrichtung entlang des Sorptionspfades. Dabei ist eine Länge des Sorptionspfades

und eine Menge des Sorptionsmittels in der Sorptionspuffer-Vorrichtung derart gewählt, dass die Sorptionspuffer-Vorrichtung im Betrieb der verfahrenstechnischen Anlage zur Aufnahme von wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens vier, weiter bevorzugt wenigstens fünf unterschiedlichen Bereichen erhöhter Beladung des Sorptionsmittels
5 entlang des Sorptionspfades eingerichtet ist.

In Ausführungsformen liegt räumlich zwischen zwei Bereichen erhöhter Beladung ein Bereich erniedrigter Beladung vor. Es wird vorzugsweise sichergestellt, dass das Sorptionsmittel in der Sorptionspuffer-Vorrichtung nie vollständig beladen ist.

10

Ein solches Verfahren ermöglicht es, dass ein behandelter Gasstrom bereitgestellt werden kann, dessen Beladung einen vorgebbaren oberen Grenzwert nicht überschreitet. Der obere Grenzwert kann insbesondere von Prozessschritten abhängig sein, in denen der behandelte Gasstrom verarbeitet wird.

15

Dies kann beispielsweise ein Einleiten des behandelten Gasstroms in eine Gaspipeline sein, die bei Umgebungstemperaturen betrieben wird.

Unter einem Gasstrom wird vorliegend eine Strömung eines sich in einem gasförmigen Zustand befindlichen Gemischs oder Fluids verstanden. Ein solches Fluid kann
20 unterschiedlich zusammengesetzt sein. Beispielsweise kann das Gemisch Wasserstoff (H_2), Kohlenstoffmonoxid (CO), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), flüchtige organische Verbindungen, Stickstoff (N_2), Sauerstoff (O_2) und/oder ein Edelgas aufweisen. Die Zusammensetzung des Gasstroms kann zeitlichen Schwankungen
25 unterliegen. Man kann einen Gasstrom als einen Strom von einzelnen Gasvolumina betrachten. Insbesondere wird im Folgenden ein einzelnes Gasvolumen aus dem Gasstrom als ein Beispieldvolumen herausgegriffen, um Zustandsänderungen zu erläutern.

30 Ein solches Gasvolumen kann beispielsweise durch Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Teilchenzahl und Zusammensetzung charakterisiert werden. Vorliegend wird als Einheit für Druck Bar verwendet, wobei $1 \text{ bar} \approx 1,025 \text{ hPa}$. Die Temperatur wird in $^{\circ}C$ angegeben. Eine Teilchenzahl kann beispielsweise absolut in Mol (definiert durch die Avogadro-Konstante, $1 \text{ mol} \approx 6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen) angegeben werden oder
35 auch relativ bezogen auf eine Grundmenge, zum Beispiel *ppm* (Teilchen pro eine

Million Teilchen, von englisch „Parts Per Million“). Die Zusammensetzung kann bezogen auf ein Volumen, eine Masse oder eine Teilchenzahl angegeben werden.

Der Gasstrom weist ferner als Zustandsgröße eine Strömungsgeschwindigkeit auf. Die
5 Strömungsgeschwindigkeit kann beispielsweise als ein Massenstrom angegeben werden. Ein Massenstrom kann in Normkubikmeter/Zeiteinheit, beispielsweise Norm- m^3/h angegeben werden. Ein Normkubikmeter umfasst jene Menge eines Gasgemischs, die in einem Volumen von einem Kubikmeter des Gasgemischs bei Standardbedingungen enthalten sind. Standardbedingungen sind beispielsweise ein
10 Standarddruck von $p_n = 1,01325 \text{ bar}$ und eine Standardtemperatur von $T_n = 0^\circ\text{C}$.

Wenn im Folgenden von der Zusammensetzung des Gasstroms gesprochen wird, so ist damit gemeint, dass der Gasstrom für eine Zeitdauer die angegebene Zusammensetzung aufweist. Anders gesagt, der Gasstrom führt eine Anzahl von
15 Gasvolumina mit sich, die die angegebene Zusammensetzung aufweisen.

Eine mögliche Zusammensetzung des Gasstroms ist beispielsweise 70% H_2 , 20% CH_4 , 10% CO , bezogen auf das Volumen. Abweichungen der Zusammensetzung im %-Bereich oder auch weitere Inhaltsstoffe, beispielsweise Spurengase genannt, können
20 vorhanden sein. Der beladene Gasstrom weist ferner eine Beladung mit einem sorbierbaren Stoff auf. Insbesondere Wasser und organische Verbindungen sind sorbierbare Stoffe und können eine Beladung des Gasstroms darstellen.

Sorption umfasst insbesondere die Prozesse Adsorption, Absorption und Desorption.
25 Adsorption bezeichnet die Anlagerung von sich beispielsweise in einem Gasgemisch befindlichen Teilchen eines sorbierbaren Stoffes an einer Grenzfläche zu einem anderen Medium, wie beispielsweise einem Festkörper wie einem Rohr. Absorption bezeichnet die Aufnahme der Teilchen in einem anderen Medium, wie beispielsweise ein Lösen von CO_2 in flüssigem Wasser. Desorption bezeichnet den umgekehrten
30 Prozess. Das ist beispielsweise ein Übergang des Teilchens von dem adsorbierten Zustand in die Gasphase.

Die Beladung eines Gasstroms kann beispielsweise relativ zu den in einem Gasvolumen enthalten Teilchen angegeben werden. Ein Gasvolumen weist in
35 Abhängigkeit seines Zustands eine maximale Beladung auf. Ist das Gasvolumen

maximal mit einem Stoff beladen, so bezeichnet man es auch als gesättigt mit Bezug auf den sorbierbaren Stoff. Die vorliegende Beladung kann relativ zu der maximalen Beladung angegeben werden. Dies kann auch als relativer Gehalt bezeichnet werden. Bei konstantem Druck und vorgegebener Beladung kann eine Taupunkttemperatur
5 definiert werden. Die Taupunkttemperatur, vereinfacht auch als der Taupunkt bezeichnet, ist die Temperatur, bei der der relative Gehalt des sorbierbaren Stoffs in dem Gasvolumen 100% ist. Sinkt die Temperatur unter die Taupunkttemperatur, so bildet sich Tau, d.h. der sorbierbare Stoff kondensiert auf Kondensationskeimen und/oder Oberflächen von Elementen der verfahrenstechnischen Anlage, die mit dem
10 Gasvolumen in Kontakt sind.

Insbesondere kann es vorkommen, dass eine Oberfläche eine Temperatur aufweist, die unter dem Taupunkt des Gasvolumens bezüglich eines sorbierbaren Stoffes liegt. Dann kühlt sich das Gasvolumen, oder zumindest ein Teil des Gasvolumens derart ab,
15 dass es zu Kondensation des sorbierbaren Stoffes auf der Oberfläche kommen kann. Ist der sorbierbare Stoff Wasser und enthält das Gasvolumen einen Anteil an CO_2 , so kann es vorkommen, dass kondensiertes (flüssiges) Wasser CO_2 aus dem Gasvolumen absorbiert, was zu einer Absenkung des pH-Werts des Wassers führt. Derartiges saures Wasser kann eine Ursache von Korrosion von Metallleitungen
20 darstellen.

In einem Gasvolumen enthaltenes Wasser kann auch als Wasserdampf, Feuchte, oder Feuchtigkeit bezeichnet werden. Der relative Gehalt wird für Wasser beispielsweise als relative Feuchtigkeit bezeichnet. Bei einer relativen Feuchtigkeit von 0% kann das
25 Gasvolumen als trocken bezeichnet werden, bei einer relativen Feuchtigkeit von 100% kann dieses als gesättigt bezeichnet werden und bei einer relativen Feuchtigkeit zwischen diesen beiden Extrema kann das Gasvolumen auch als feucht bezeichnet werden.

30 Im Folgenden kann ohne Einschränkung der Allgemeinheit vereinfacht von Wasser als sorbierbarem Stoff ausgegangen und somit von Feuchte oder relativer Feuchte gesprochen werden.

Die Adsorptionsvorrichtung kann insbesondere eine Druckwechsel-
35 Adsorptionsvorrichtung und/oder eine Temperaturwechsel-Adsorptionsvorrichtung

umfassen. Derartige Vorrichtungen weisen beispielsweise mehrere Betriebsphasen auf, insbesondere eine Adsorptionsphase und eine Regenerationsphase. In derartigen Vorrichtungen kann ein feuchter Gasstrom während der Adsorptionsphase getrocknet werden, wobei die Beladung des Gasstroms mit Feuchtigkeit herabgesetzt wird. Der von einer solchen Adsorptionsvorrichtung ausgegebene beladene Gasstrom weist während dieser Phase somit eine erniedrigte Beladung mit Feuchtigkeit auf. Insbesondere kann der ausgegebene beladene Gasstrom in dieser Phase auch trocken sein. Während der Regenerationsphase kann eine solche Adsorptionsvorrichtung regeneriert werden, wobei die Adsorptionsvorrichtung einen beladenen Gasstrom mit einer erhöhten Beladung an Feuchtigkeit ausgibt. Insbesondere kann der ausgegebene beladene Gasstrom in dieser Phase gesättigt sein.

Derartige Adsorptionsvorrichtungen können beispielsweise periodisch oder auch abwechselnd mit Phasen von zeitlich unterschiedlicher Länge, die als Intervalle bezeichnet werden können, betrieben werden. Eine Intervalllänge kann beispielsweise einige Minuten oder auch einige Stunden bis hin zu Tagen umfassen.

Vorteilhaft ist der Massenstrom des Gasstroms zumindest phasenweise konstant, was einen kontinuierlichen Betrieb einer Anlage vereinfacht.

Ein Zuführen des beladenen Gasstroms zu der Sorptionspuffer-Vorrichtung kann ein direktes Verbinden eines Ausgangs der Adsorptionsvorrichtung mit dem Eingang der Sorptionspuffer-Vorrichtung, beispielsweise mit einer geeigneten Rohrleitung, umfassen. Alternativ können Prozessschritte vorgesehen sein, wie beispielsweise ein Komprimieren des beladenen Gasstroms mit Hilfe eines Kompressors, ein Abkühlen des beladenen Gasstroms und/oder des komprimierten Gasstroms in einer Gaskühlungsvorrichtung. In diesen Fällen wird der komprimierte und/oder abgekühlte beladene Gasstrom dem Eingang der Sorptionspuffer-Vorrichtung zugeführt.

Die Sorptionspuffer-Vorrichtung umfasst insbesondere einen mit einem Eingang und einem Ausgang versehenen Behälter, der zur Aufnahme einer Menge des Sorptionsmittels geeignet ist. Ferner kann der Behälter dazu eingerichtet sein, einem erhöhten Gasdruck, wie beispielsweise wenigstens 20 bar, bevorzugt wenigstens 30 bar standzuhalten.

Der Behälter umfasst ein Volumen. Beispielsweise kann der Behälter eine Zylinderform aufweisen, wobei dann ein Durchmesser und eine Länge des Behälters das Volumen festlegen. Zumindest ein Teil des Volumens des Behälters kann mit dem

5 Sorptionsmittel befüllt werden. Die Menge des Sorptionsmittels ist durch diesen Teil des Volumens auf einen maximalen Wert beschränkt.

Ein Sorptionsmittel ist insbesondere ein poröses Medium, welches dazu geeignet ist, mit einem sorbierbaren Stoff beladen zu werden. Ein Beladen des Sorptionsmittels mit

10 dem sorbierbaren Stoff geschieht insbesondere durch Adsorption oder Absorption des sorbierbaren Stoffes. Das Ausmaß der Adsorption oder Absorption hängt sowohl von der Beladung des Gasstroms, als auch von der Beladung des Sorptionsmittels sowie von den Zustandsgrößen Druck und Temperatur ab. Insbesondere kann auch eine Desorption stattfinden. In welche Richtung ein Teilchen sorbiert hängt insbesondere

15 von dem Verhältnis der Beladung des Sorptionsmittels zu der Beladung des Gasstroms ab. Mit der Richtung der Sorption ist hierbei eine Sorption von dem Gasstrom auf das Sorptionsmittel oder umgekehrt gemeint.

Ein Übergang kann nur stattfinden, wenn der Gasstrom mit dem Sorptionsmittel in

20 einem engen Kontakt steht. Dies wird insbesondere mittels Durchströmens erzielt.

Sorptionsmittel umfassen beispielsweise Aktivkohle, Aktivkoks, Kohlenstoffmolekularsiebe, weitere kohlenstoffhaltige Adsorbentien, Aktivtonerden, Kieselgele, Zeolithe, Trass, weitere oxidische Adsorbentien, polymere Adsorbentien,

25 metallorganische Adsorbentien und/oder Mischungen hiervon.

Ein dem Eingang des Behälters zugeführter Gasstrom tritt in das Innere des Behälters, welcher mit einer Menge des Sorptionsmittel befüllt ist, ein. Aufgrund der Porosität des Sorptionsmittels kann der Gasstrom das Sorptionsmittel entlang des Sorptionspfades

30 durchströmen. Ein von dem Gasstrom mitgeführtes Gasvolumen strömt somit in Richtung zum Ausgang des Behälters entlang des Sorptionspfades. Während des Durchströmens tritt das Gasvolumen in einen engen Kontakt mit in unterschiedlichen Abschnitten des Sorptionspfades angeordnetem Sorptionsmittel, wobei in jedem Abschnitt wie vorstehend beschriebene Übergänge einer Beladung von dem Gasstrom

35 auf das Sorptionsmittel und umgekehrt stattfinden können. Insbesondere kann ein

solcher Übergang mehrfach und in jeweils unterschiedliche Richtungen und/oder an unterschiedlichen Stellen entlang des Sorptionspfades stattfinden.

- Dies wird nachfolgend beispielhaft anhand eines von dem Gasstrom mitgeführten
- 5 Gasvolumens beschrieben. Das Gasvolumen ist vor dem Eintritt in den mit dem Sorptionsmittel befüllten Behälter durch seine Zustandsgrößen charakterisiert. Insbesondere weist es eine Beladung auf. Beispielsweise ist es mit Feuchtigkeit gesättigt. In dem Beispiel weist das Sorptionsmittel einen Bereich mit erhöhter Beladung auf, der sich etwa in einem mittleren Abschnitt des Sorptionspfades befindet.
- 10 Das restliche Sorptionsmittel ist trocken. Tritt das gesättigte Gasvolumen in den Behälter ein und durchströmt das Sorptionsmittel entlang des Sorptionspfades, so trifft es zunächst auf einen Abschnitt mit trockenem Sorptionsmittel. Deshalb kann insbesondere eine Sorption der Feuchtigkeit von dem Gasvolumen auf das Sorptionsmittel stattfinden. Dadurch erniedrigt sich die Feuchtigkeit des Gasvolumens,
- 15 und die Beladung des Sorptionsmittels in dem Abschnitt erhöht sich, wobei sich ein Bereich mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels in diesem Abschnitt ausbildet.

- Das Gasvolumen strömt entlang des Sorptionspfades durch das Sorptionsmittel und wird weiter getrocknet, bis es den Bereich mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels
- 20 erreicht. In dem Beispiel weist das Gasvolumen nun eine sehr geringe Feuchtigkeit auf, weshalb insbesondere eine Sorption der Feuchtigkeit von dem Sorptionsmittel in das Gasvolumen stattfinden kann. Dadurch erniedrigt sich die Beladung des Sorptionsmittels, und die Feuchtigkeit des Gasvolumens steigt an.

- 25 Das nun feuchte Gasvolumen strömt weiter entlang des Sorptionspfades. Es verlässt den Abschnitt mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels und durchströmt einen weiteren Abschnitt, in dem das Sorptionsmittel trocken vorliegt. Deshalb kann erneut eine Sorption von dem Gasvolumen auf das Sorptionsmittel stattfinden, wodurch sich die Feuchtigkeit des Gasvolumens erniedrigt, und sich die Beladung des
- 30 Sorptionsmittels in dem Abschnitt erhöht. Das Gasvolumen erreicht dann den Ausgang des Behälters und verlässt den Behälter mit einer erniedrigten Feuchtigkeit. In diesem Beispiel wurde somit ein Gasvolumen, das vor der Sorptionspuffer-Vorrichtung gesättigt mit Feuchtigkeit vorlag, in ein Gasvolumen mit einer erniedrigten Feuchtigkeit nach der Sorptionspuffer-Vorrichtung überführt. Darüber hinaus hat sich in dem
- 35 Sorptionsmittel ein Bereich mit erhöhter Beladung, der am Eingang des Behälters

angeordnet ist und sich entlang des Sorptionspfades mit einer bestimmten Breite in Richtung zum Ausgang erstreckt, ausgebildet. Ferner wurde ein Bereich mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels von einem mittleren Abschnitt des Sorptionspfades in einen weiteren Abschnitt entlang des Sorptionspfades in Richtung zum Ausgang
5 verschoben. Eine Breite der Bereiche erhöhter Beladung des Sorptionsmittels hängt von der Menge des sorbierbaren Stoffes in einem jeweiligen Bereich und einer Aufnahmekapazität des Sorptionsmittels ab.

Folgt anschließend eine Phase mit einer erniedrigten Beladung des Gasstroms, d.h.
10 durchströmen Gasvolumina mit einer erniedrigten Beladung die Sorptionspuffer-Vorrichtung, so wird der Bereich erhöhter Beladung des Sorptionsmittels, welcher am Eingang des Behälters angeordnet ist, entlang des Sorptionspfades in einen Abschnitt des Sorptionspfades verschoben, in dem das Sorptionsmittel zu Beginn dieser Phase eine erniedrigte Beladung aufweist. Ferner wird das Gasvolumen, welches nach dem
15 Durchströmen des in dem mittleren Abschnitt angeordneten Sorptionsmittels, das zunächst eine erniedrigte Beladung aufweist, eine erniedrigte Beladung aufweisen. Daher kann das Gasvolumen, wenn es den angrenzenden Abschnitt erreicht, Feuchtigkeit aufnehmen. Das in dem angrenzenden Abschnitt angeordnete Sorptionsmittel weist einen Bereich mit erhöhter Beladung auf, der sich in der
20 vorangehende Phase ausgebildet hat. Das Gasvolumen nimmt einen Teil der Feuchtigkeit auf, wodurch seine Feuchtigkeit ansteigt. Anschließend tritt das Gasvolumen auf dem Behälter aus. Es hat somit in dieser Phase eine Verschiebung der Bereiche erhöhter Beladung innerhalb des Sorptionsmittels stattgefunden. Der zunächst mit einer erniedrigten Beladung beladene Gasstrom wurde in einen
25 behandelten Gasstrom mit einer höheren Beladung überführt.

Insbesondere ist die Menge des Sorptionsmittels und die Länge des Sorptionspfades in der Sorptionspuffer-Vorrichtung derart gewählt, dass in beiden Phasen die Beladung des behandelten Gasstroms den vorgegebenen Grenzwert nicht übersteigt. In der
30 Phase erhöhter Beladung des beladenen Gasstroms ist die relativ dazu erniedrigte Beladung des behandelten Gasstroms geringer als der Grenzwert. In der Phase erniedrigter Beladung des beladenen Gasstroms ist die relativ dazu erhöhte Beladung des behandelten Gasstroms geringer als der Grenzwert. Die Beladung des behandelten Gasstroms muss jedoch nicht zwingend zeitlich konstant sein, sondern
35 kann sich von Phase zu Phase unterscheiden. Im zeitlichen Mittel, wobei eine

Mittelungszeitspanne wenigstens einige Phasen erhöhter und erniedrigter Phasen umfasst, sind die Beladung des beladenen Gasstroms und die Beladung des behandelten Gasstroms gleich groß.

- 5 Man kann eine Beladungsfront definieren, die die Beladung des Sorptionsmittels in dem Behälter entlang des Sorptionspfades angibt. Die Beladungsfront lässt sich beispielsweise in einem Diagramm darstellen, wobei eine Achse eine Position entlang des Sorptionspfades angibt und eine weitere Achse gibt die Beladung des Sorptionsmittels an der entsprechenden Position an. Ein solches Diagramm erlaubt
10 eine verständliche Darstellung der Funktionsweise der Sorptionspuffer-Vorrichtung, insbesondere wenn die Beladungsfront zu mehreren unterschiedlichen Zeitpunkten dargestellt wird.

- Wie in dem Beispiel beschrieben, bildet sich in einer ersten Phase in Abhängigkeit der
15 Beladung des beladenen Gasstroms ein Bereich mit erhöhter Beladung in dem Sorptionsmittel aus, der sich von dem Eingang des Behälters entlang des Sorptionspfades mit einer gewissen Breite hin zum Ausgang des Behälters erstreckt. Die Breite dieses Bereichs kann dabei von der insgesamt eingetragenen Menge des sorbierbaren Stoffs während der Phase erhöhter Beladung abhängen. Die Menge lässt
20 sich beispielsweise aus der Dauer der Phase, dem Massenstrom sowie der Beladung des Gasstroms berechnen. In einer auf diese Phase folgenden Phase mit erniedrigter Beladung des beladenen Gasstroms wird der Bereich mit erhöhter Beladung in dem Sorptionsmittel entlang des Sorptionspfades in Richtung zum Ausgang hin verschoben. Dies geschieht durch mehrfache Übertragung des sorbierbaren Stoffs, wie in dem
25 Beispiel weiter oben beschrieben. Man kann auch sagen, dass die Beladungsfront entlang des Sorptionspfades wandert. Die Strecke, die die Beladungsfront während einer Phase erniedrigter Beladung zurücklegt, kann insbesondere von der Dauer der Phase erniedrigter Beladung des beladenen Gasstroms, dem Massenstrom sowie der Beladung abhängen. In einer periodischen Abfolge dieser beiden Phasen und wenn
30 der Massenstrom und die Beladung in unterschiedlichen Phasen erhöhter Beladung zueinander gleich oder zumindest ähnlich sind, und der Massenstrom und die Beladung in unterschiedlichen Phasen erniedrigter Beladung des beladenen Gasstroms zueinander gleich oder zumindest ähnlich sind, kann sich eine Beladungsfront ausbilden, bei der ein Abstand zwischen zwei Bereichen mit erhöhter
35 Beladung des Sorptionsmittels jeweils konstant ist. Die Beladungsfront ist demnach

durch eine Funktion mit periodisch beabstandeten relativen Maxima und/oder Minima beschreibbar.

Ein Abgreifen des behandelten Gasstroms am Ausgang der Sorptionspuffer-

- 5 Vorrichtung kann beispielsweise ein Einleiten des Gasstroms in eine an den Ausgang angeschlossene Rohrleitung, insbesondere eine Gaspipeline, umfassen. Unter einer Gaspipeline wird eine Anordnung verstanden, die dazu eingerichtet ist, den Gasstrom über eine vorgegebene Strecke, beispielsweise 10 km oder auch 20 km, zu transportieren. Die Gaspipeline kann beispielsweise aus Rohren gebildet sein.
- 10 Insbesondere kann die Gaspipeline bei Umgebungstemperatur betrieben werden.

Gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst dieses die Schritte:

- Entspannen des behandelten Gasstroms mit Hilfe eines in Abströmrichtung zu der Sorptionspuffer-Vorrichtung angeordneten Druckminderers, wobei ein entspannter
- 15 Gasstrom erzeugt wird; und Zuführen des entspannten Gasstroms an eine der Sorptionspuffer-Vorrichtung nachgeschalteten Gaspipeline.

Eine solche Druckabsenkung ist besonders vorteilhaft, da damit eine

- Taupunktabsenkung erwirkt werden kann. Ein Druckminderer kann auch als
- 20 Druckminderungsventil, Reduzierventil oder Druckventil bezeichnet werden. Der Druckminderer ist insbesondere dazu eingerichtet, einen vorgebbaren Differenzdruck zwischen der Anströmseite und der Abströmseite herzustellen. Alternativ kann der Druckminderer dazu eingerichtet sein, einen vorgebbaren Maximaldruck auf der Abströmseite nicht zu überschreiten oder einen vorgebbaren Minimaldruck auf der
- 25 Abströmseite nicht zu unterschreiten.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens beträgt ein

- Gasdruckunterschied zwischen der Sorptionspuffer-Vorrichtung und der Gaspipeline 5 bar – 10 bar.

30

Beispielsweise kann ein Gasdruck am Ausgang des Behälters der Sorptionspuffer-Vorrichtung 23 bar sein und ein Gasdruck in einer nachgeschalteten Gaspipeline kann 17 bar sein. Dann entspannt sich der Gasstrom um die Druckdifferenz von 6 bar.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfasst dieses den Schritt: Abkühlen des beladenen Gasstroms mit Hilfe einer der Sorptionspuffer-Vorrichtung vorgeschalteten Gaskühlungsvorrichtung, wobei ein abgekühlter Gasstrom erzeugt wird.

5

Durch die Abkühlung des Gasstroms kann ein relativer Gehalt eines sorbierten Stoffs erhöht werden. Wenn der Gasstrom vor der Abkühlung bereits gesättigt oder fast gesättigt vorlag, so kann dies insbesondere zu einer Kondensation und damit einer Abscheidung des sorbierten Stoffes in der Gaskühlungsvorrichtung führen. Dies kann vorteilhaft und erwünscht sein, um die absolute Beladung des Gasstroms zu erniedrigen. Insbesondere wenn der behandelte Gasstrom einer bei Umgebungstemperaturen betriebenen Gaspipeline zugeführt wird und die Umgebungstemperaturen gering sind, wie beispielsweise im Winter, kann dieser Schritt dazu beitragen, dass die Beladung des behandelten Gasstroms einen vorgebbaren Grenzwert nicht überschreitet. Die Gaskühlungsvorrichtung kann auch als ein Kühler oder ein Abscheider bezeichnet werden.

20

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens beträgt eine Gastemperatur des abgekühlten Gasstroms 20°C – 50°C.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfasst dieses den Schritt: Komprimieren des beladenen Gasstroms mit Hilfe eines Kompressors, wobei ein mit einem Druck beaufschlagter Gasstrom erzeugt wird.

Dies ermöglicht es, einen vorteilhaften Prozessdruck zu aufzubauen. Insbesondere kann hiermit gewährleistet werden, dass beispielsweise mittels eines abströmseitig zu der Sorptionspuffer-Vorrichtung angeordneten Druckminderers eine Druckdifferenz realisiert werden kann. Ferner kann sichergestellt werden, dass ein Massenstrom aufrechterhalten bleibt, denn die Gasströmung benötigt aufgrund von Reibungsverlusten Energie. Dies macht sich insbesondere durch einen Druckabfall entlang einer Strömung bemerkbar. Insbesondere kann daher die Strömung durch die Sorptionspuffer-Vorrichtung sichergestellt werden sowie die Strömung durch eine optionale Gaspipeline.

30

Ferner kann hiermit erwirkt werden, dass der Druck in der Sorptionspuffer-Vorrichtung zeitlich konstant ist und nicht von weiteren Prozessen abhängt.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens beträgt ein Gasdruck des mit dem Druck beaufschlagten Gasstroms 20 bar – 30 bar.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfasst die Adsorptionsvorrichtung eine Druckwechsel-Adsorptionsvorrichtung und/oder eine Temperaturwechsel-Adsorptionsvorrichtung.

10

Derartige Adsorptionsvorrichtungen können insbesondere periodischen betrieben werden. Dann sind die Intervalle der Phasen erhöhter Beladung und Phasen erniedrigter Beladung immer gleich lang. Darüber hinaus kann eine Beladung des beladenen Gasstroms in den jeweiligen Phasen jeweils gleich oder zumindest ähnlich
15 sein. In diesem Fall bildet sich eine wie vorstehend beschriebene periodische Beladungsfront aus, deren Periode mit den Intervalllängen korrespondiert.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfasst der Gasstrom gasförmigen Wasserstoff, gasförmiges Kohlenstoffmonoxid, gasförmiges
20 Kohlenstoffdioxid, gasförmige organische Verbindungen, gasförmiges Wasser, gasförmigen Stickstoff, gasförmigen Sauerstoff und/oder ein gasförmiges Edelgas sowie Kombinationen hiervon.

Gasförmige organische Verbindungen weisen insbesondere eine Summenformel wie
25 C_nH_{2n+2} auf. Derartige sorbierbare Stoffe werden auch als flüchtige organische Verbindungen oder VOCs (von englisch: Volatile Organic Compounds) bezeichnet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens weist der beladene Gasstrom eine Wassermenge von 0 – 4000 mol-ppm auf und der behandelte Gasstrom weist
30 eine Wassermenge von 500 – 2000 mol-ppm, bevorzugt 750 – 1500 mol-ppm auf.

Somit ist eine Vergleichmäßigung der Beladung des Gasstroms vorteilhaft erzielt. Beispielsweise beträgt die Feuchtigkeit des beladenen Gasstroms in einer Phase erhöhter Beladung 4000 ppm und die Feuchtigkeit des behandelten Gasstroms in
35 dieser Phase beträgt 1500 ppm. In der Phase erniedrigter Beladung beträgt die

Feuchtigkeit des beladenen Gasstroms beispielsweise 0 ppm und die Feuchtigkeit des behandelten Gasstroms beträgt 750 ppm.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens dauert die Phase erhöhter Beladung 2 – 10 h und die Phase erniedrigter Beladung dauert wenigstens doppelt so lange, vorzugsweise wenigstens dreimal so lange wie die Phase erhöhter Beladung.

Dies ermöglicht es vorzugsweise, das Verfahren auch für Prozesse mit langen Intervallen einzusetzen.

10

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens liegt ein Massenstrom des Gasstroms zwischen 500 Norm-m³/h und 20000 Norm-m³/h, bevorzugt zwischen 8000 Norm-m³/h und 17000 Norm-m³/h.

- 15 Dies ermöglicht es vorteilhaft, das Verfahren für verfahrenstechnische Anlagen unterschiedlicher Größe einzusetzen. Ferner kann das Verfahren auch bei zeitlich schwankenden Gasströmen eingesetzt werden.

- 20 Weitere Vorteile des Verfahrens oder von Ausführungsformen des Verfahrens werden im Folgenden genannt.

Die Sorptionspuffer-Vorrichtung benötigt keine eigene Energiequelle. Ihre Verwendung führt lediglich zu einem Druckabfall des Gasstroms.

- 25 Weiterhin kann es möglich sein, den behandelten Gasstrom, der eine vergleichmäßigte Beladung aufweist, in Prozessen zu verwenden, in denen die Beladung des beladenen Gasstroms zumindest phasenweise zu hoch ist. Dies kann zu einer effizienteren Nutzung der verfahrenstechnischen Anlage und einer Einsparung an Rohstoffen und Energie beitragen.

30

Ferner kann eine Vergleichmäßigung der Beladung des Gasstroms erreicht werden, ohne dass der sorbierbare Stoff als Abfallprodukt anfällt, womit beispielsweise Entsorgungskosten eingespart werden können. Zusätzlich ist die Sorptionspuffer-Vorrichtung für eine dauerhaft kontinuierliche Nutzung eingerichtet.

35

Außerdem kann eine solche Sorptionspuffer-Vorrichtung einen sehr einfachen Aufbau aufweisen, weshalb sie günstig zu fertigen sein kann und nur einen geringen Wartungsaufwand benötigen kann.

- 5 Darüber hinaus ist es möglich, dieses Verfahren auch bei verfahrenstechnischen Prozessen mit sehr langen Intervallen anzuwenden, da immer eine ausreichende Menge des Sorptionsmittels und ein hinreichend langer Sorptionspfad bereitgestellt sind.
- 10 Gemäß einem zweiten Aspekt wird eine verfahrenstechnische Anlage zur Durchführung des Verfahrens gemäß des ersten Aspekts oder einer der Ausführungsformen des ersten Aspekts vorgeschlagen. Die verfahrenstechnische Anlage weist eine Sorptionspuffer-Vorrichtung zur Behandlung eines mit einem sorbierbaren Stoff beladenen Gasstroms auf. Eine Länge eines Sorptionspfades und
- 15 eine Menge eines Sorptionsmittels in der Sorptionspuffer-Vorrichtung sind derart eingerichtet, dass die Sorptionspuffer-Vorrichtung im Betrieb der verfahrenstechnischen Anlage zur Aufnahme von wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens vier, weiter bevorzugt wenigstens fünf unterschiedlichen Bereichen erhöhter Beladung des Sorptionsmittels entlang des Sorptionspfades geeignet ist.
- 20 Gemäß einer Ausführungsform der verfahrenstechnischen Anlage ist diese ferner dazu eingerichtet, den beladenen Gasstrom derart zu behandeln, dass der behandelte Gasstrom eine erniedrigte Beladung gegenüber der erhöhten Beladung des beladenen Gasstroms und dass der behandelte Gasstrom eine erhöhte Beladung gegenüber der
- 25 erniedrigten Beladung des beladenen Gasstroms aufweist.
- 30 Gemäß einem dritten Aspekt wird ein Herstellungsverfahren für eine Sorptionspuffer-Vorrichtung zur Behandlung eines Gasstroms vorgeschlagen. Die Sorptionspuffer-Vorrichtung eignet sich insbesondere für den Einbau in die verfahrenstechnische Anlage gemäß des zweiten Aspekts und für den Betrieb in einer verfahrenstechnischen Anlage gemäß dem Verfahren des ersten Aspekts oder einer der Ausführungsformen des Verfahrens. Die vorgeschlagenen Sorptionspuffer-Vorrichtung weist einen mit einem Sorptionsmittel befüllten Behälter auf, der einen Eingang und einen Ausgang aufweist, derart, dass ein dem Eingang zugeführter Gasstrom entlang eines
- 35 Sorptionspfades das Sorptionsmittel durchströmt. Der Sorptionspfad führt in dem

Behälter von dem Eingang zum Ausgang. Eine Länge des Sorptionspfades und eine Menge des Sorptionsmittels in der Sorptionspuffer-Vorrichtung werden derart gewählt, dass die Sorptionspuffer-Vorrichtung im Betrieb der verfahrenstechnischen Anlage zur Aufnahme von wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens vier, weiter bevorzugt
5 wenigstens fünf unterschiedlichen Bereichen erhöhter Beladung des Sorptionsmittels entlang des Sorptionspfades geeignet ist.

Weitere mögliche Implementierungen des Verfahrens umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der
10 Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale oder Ausführungsformen. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform des Verfahrens hinzufügen.

Die zu dem Verfahren genannten Ausführungsformen gelten für die
15 verfahrenstechnische Anlage sowie für das Herstellungsverfahren derselben entsprechend.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Aspekte des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele des
20 Verfahrens. Im Weiteren wird das Verfahren anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigelegten Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein R&I-Fließschema (Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema) eines ersten Ausführungsbeispiels einer verfahrenstechnischen Anlage, die zur
25 Durchführung des Verfahrens geeignet ist;

Fig. 2 zeigt ein Beispiel eines zeitlichen Ablaufs einer Beladung eines beladenen Gasstroms und eines behandelten Gasstroms;

30 Fig. 3 zeigt mehrere Diagramme eines Beispiels einer Beladung eines Sorptionsmittels in der Sorptionspuffer-Vorrichtung mit einem sorbierbaren Stoff zu unterschiedlichen Zeitpunkten;

Fig. 4 zeigt ein R&I-Fließschema eines zweiten Ausführungsbeispiels einer
35 verfahrenstechnischen Anlage, die zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist;

Fig. 5 zeigt ein Diagramm eines Beispiels einer Beladung eines Sorptionsmittels in der Sorptionspuffer-Vorrichtung mit einem sorbierbaren Stoff zu einem Zeitpunkt;

- 5 Fig. 6 zeigt ein R&I-Fließschema eines dritten Ausführungsbeispiels einer verfahrenstechnischen Anlage, die zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist; und

Fig. 7 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Betreiben einer verfahrenstechnischen Anlage.

10

Fig. 1 zeigt ein R&I-Fließschema eines ersten Ausführungsbeispiels einer verfahrenstechnischen Anlage 100, die zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist. Die verfahrenstechnische Anlage 100 umfasst in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 eine Adsorptionsvorrichtung 10 und eine Sorptionspuffer-Vorrichtung 40. Die

- 15 Adsorptionsvorrichtung 10 des Ausführungsbeispiels gibt in einer Phase P1 (siehe Fig. 2) für etwa 18h einen beladenen Gasstrom G_1 aus, dessen Beladung erniedrigt ist. In einer sich daran anschließenden Phase P2 gibt sie für eine Dauer von etwa 6h einen beladenen Gasstrom G_1 aus, der mit 1200 – 4000 ppm Wasser beladen ist. Der beladene Gasstrom G_1 umfasst 70% H_2 , 10% CO und 20% CH_4 , bezogen auf das
20 Volumen, und strömt mit einem Massenstrom von 8000 – 17000 Norm- m^3/h .

Der beladene Gasstrom G_1 wird der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 zugeführt. Diese weist einen mit einem Sorptionsmittel 44 beladenen Behälter 41 auf, welcher einen Eingang 42 und einen Ausgang 43 aufweist. Der Behälter 41 ist mit dem

- 25 Sorptionsmittel 44 befüllt, welches auf einem Sorptionspfad 45 von einem Gasstrom durchströmbar ist. Der Behälter 41 des Ausführungsbeispiels hat eine Zylinderform mit einem Innendurchmesser von 2,2 m und einer Höhe von 7,5 m und ist mit etwa 22 t Silikagel als das Sorptionsmittel 44 befüllt. Der beladene Gasstrom G_1 tritt über den Eingang 42 in das mit dem Sorptionsmittel 44 befüllte Innere des Behälters 41 ein und
30 durchströmt diesen entlang des von dem Eingang 41 zu dem Ausgang 43 führenden Sorptionspfades 45. Dabei vergleichmäßigt sich die Beladung des Gasstroms G_1 derart, dass der behandelte Gasstrom G_4 eine Beladung von 750 ppm – 1500 ppm aufweist und eine Taupunktabenkung um 10°C – 15°C erzielt ist.

Fig. 2 zeigt ein Beispiel eines zeitlichen Ablaufs einer Beladung φ eines beladenen Gasstroms G_1 und eines behandelten Gasstroms G_4 , der beispielsweise bei einer verfahrenstechnischen Anlage 100 gemäß des Ausführungsbeispiels der Fig. 1 auftreten kann. Es ist ein Diagramm mit einer Zeitachse t und einer Beladungsachse φ dargestellt. Zu einem Zeitpunkt t_1 beginnt eine erste Phase P1, in welcher der beladene Gasstrom G_1 eine erniedrigte Beladung φ_1 aufweist. Die Phase P1 endet zu einem Zeitpunkt t_2 , zu welchem die Beladung φ des beladenen Gasstroms G_1 auf eine erhöhte Beladung φ_2 ansteigt, was für die Dauer der Phase P2 bis zum Zeitpunkt t_3 anhält. Das Diagramm zeigt nur einen kleinen Ausschnitt umfassend eine Phase P1 mit erniedrigter Beladung φ_1 und eine Phase P2 erhöhter Beladung φ_2 . Wie angedeutet, gehen diesem Zeitabschnitt weitere Phasen voraus und weitere Phasen folgen nach. Dabei kann die Dauer von einzelnen Phasen sowie die Beladung φ eines Gasstroms unterschiedlich von dem gezeigten Beispiel sein. Außerdem kann zwischen zwei Phasen auch eine graduelle Änderung der Beladung φ eines Gasstroms auftreten.

In dem Diagramm der Fig. 2 ist zusätzlich ein Beispiel eines Verlaufs einer Beladung φ des behandelten Gasstroms G_4 (gestrichelte Linie) eingezeichnet. In der Phase P1, wenn der beladene Gasstrom G_1 eine erniedrigte Beladung φ_1 aufweist, weist der behandelte Gasstrom G_4 eine gegenüber der erniedrigten Beladung φ_1 erhöhte Beladung φ'_1 auf. In der Phase P2, wenn der beladene Gasstrom G_1 eine erhöhte Beladung φ_2 aufweist, weist der behandelte Gasstrom G_4 eine gegenüber der erhöhten Beladung φ_2 erniedrigte Beladung φ'_2 auf. Insgesamt ist somit eine Vergleichmäßigung der Beladung φ des Gasstroms erzielt, die sich in einer verringerten Differenz der erhöhten φ_2, φ'_2 und der erniedrigten Beladung φ_1, φ'_1 ausdrückt.

Insbesondere ist es möglich, dass der behandelte Gasstrom G_4 eine Beladung φ' aufweist, die in einer Phase P1 erniedrigter Beladung φ_1 des beladenen Gasstroms G_1 langsam, beispielsweise exponentiell abklingend, gegen eine erniedrigte Beladung φ'_1 strebt. Ebenso kann es insbesondere sein, dass die Beladung φ' des behandelten Gasstroms G_4 in einer Phase P2 mit erhöhter Beladung φ_2 des beladenen Gasstroms G_1 von dem Wert erniedrigter Beladung φ'_1 langsam, beispielsweise exponentiell, gegen eine erhöhte Beladung φ'_2 des behandelten Gasstroms G_4 strebt.

- Fig. 3 zeigt mehrere Diagramme eines Beispiels einer Beladung ψ_1 eines Sorptionsmittels 44 mit dem sorbierbaren Stoff in der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 entlang der Länge $l = x_2 - x_1$ des Sorptionspfades 45 zu unterschiedlichen Zeitpunkten $t_1 - t_5$. Die Diagramme sind aneinander ausgerichtet und übereinander angeordnete Punkte auf der x-Achse entsprechen sich, was mit den durchgehenden gestrichelten Linien verdeutlicht ist. Die Beschriftung der x-Achse findet sich aus Gründen der Übersicht nur unter dem Diagramm t_5 . Wenn nachfolgend von dem Gasstrom G die Rede ist, so ist damit der Gasstrom in der Sorptionspuffer-Vorrichtung gemeint.
- Der erste Zeitpunkt ist t_1 und kann mit dem Zeitpunkt t_1 der Fig. 2 übereinstimmen. Zu diesem Zeitpunkt t_1 ist eine Phase P2 mit einer erhöhten Beladung φ_2 des Gasstroms G_1 gerade zu Ende. Während dieser Phase P2 hat sich in dem Abschnitt A_1 des Sorptionspfades 45 ein Bereich B_1 mit erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 ausgebildet. Dieser Bereich B_1 weist eine Breite auf, die insbesondere von der Dauer der Phase P2, dem Massenstrom und der Beladung φ_2 des beladenen Gasstroms G_1 abhängt (siehe Fig. 2). An den Zeitpunkt t_1 schließt sich eine Phase P1 mit einer erniedrigten Beladung φ_1 des beladenen Gasstroms G_1 an, die bis zu einem Zeitpunkt t_2 andauert, wie es beispielsweise in Fig. 2 dargestellt ist.
- Der zweite Zeitpunkt t_2 kann beispielsweise mit dem Zeitpunkt t_2 der Fig. 2 übereinstimmen. Wie in dem Diagramm t_2 dargestellt, wurde der Bereich B_1 erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 von dem Abschnitt A_1 in den Abschnitt A_2 des Sorptionspfades 45 in Richtung zum Ausgang x_2 hin verschoben. Dies kann wie folgt erklärt werden: In der Phase P1 weist der beladene Gasstrom G_1 eine erniedrigte Beladung φ_1 auf, weshalb ein Übergang des sorbierbaren Stoffs von dem mit erhöhter Beladung ψ vorliegenden Sorptionsmittel 45 in dem Abschnitt A_1 auf den Gasstrom G möglich ist, womit sich die Beladung ψ des Sorptionsmittels 45 in dem Abschnitt A_1 reduziert. Der Gasstrom G kann daher nach dem Durchströmen des Abschnitts A_1 eine gegenüber der erniedrigten Beladung φ_1 höhere Beladung φ aufweisen. Wenn der Gasstrom G den Bereich A_1 durchströmt hat, durchströmt er entlang des Sorptionspfades 45 den Bereich A_2 , in welchem das Sorptionsmittel 44 zunächst eine erniedrigte Beladung ψ aufweist (entsprechend der Darstellung des Diagramms t_1). Deshalb kann ein Übergang des sorbierbaren Stoffes von dem Gasstrom G auf das Sorptionsmittel 44 in dem Bereich A_2 erfolgen. Somit wird der Bereich B_1 erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 entlang des Sorptionspfades 45 in den Abschnitt

A_2 verschoben. Man kann auch sagen, die Beladungsfront in dem Sorptionsmittel 45 verschiebt sich.

5 Der dritte Zeitpunkt t_3 entspricht einem Zeitpunkt nach dem Zeitpunkt t_2 , wenn eine weitere Phase P2 gerade zu Ende ist. Deshalb hat sich an in dem Abschnitt A_1 ein weiterer Bereich B_2 mit einer erhöhten Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 ausgebildet und der Bereich B_1 erhöhter Beladung ψ wurde von dem Abschnitt A_2 in den Abschnitt A_3 entlang des Sorptionspfades 45 verschoben.

10 Der vierte Zeitpunkt t_4 entspricht einem Zeitpunkt nach dem Zeitpunkt t_3 , wenn eine weitere Phase P1 gerade zu Ende ist. Deshalb wurden die beiden Bereiche B_1 , B_2 mit erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 entlang des Sorptionspfades 45 in den jeweils nächstliegenden Abschnitt, A_2 bzw. A_4 , verschoben.

15 Der fünfte dargestellte Zeitpunkt t_5 entspricht einem Zeitpunkt nach dem Zeitpunkt t_4 , wenn eine weitere Phase P2 gerade zu Ende ist, weshalb sich ein dritter Bereich B_3 erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 in dem Abschnitt A_1 ausgebildet hat. Die beiden weiteren Bereiche B_1 , B_2 mit erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 wurden erneut entlang des Sorptionspfades 45 in den jeweils nächstliegenden
20 Abschnitt, A_3 bzw. A_5 , verschoben.

In der dargestellten Zeitreihe mit Momentaufnahmen der Beladungsfront in dem Sorptionsmittel 44 ist die Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 zur Aufnahme von drei
25 unterschiedlichen Bereichen B_1 , B_2 , B_3 mit einer erhöhten Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 geeignet. Zwischen diesen Bereichen B_1 , B_2 , B_3 liegen jeweils Bereiche mit einer erniedrigten Beladung ψ des Sorptionsmittels 44.

In der Fig. 3 ist ein weiterer Effekt dargestellt. Die relative Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 in einem Bereich B_1 , B_2 , B_3 nimmt ab, wenn der Bereich das
30 Sorptionsmittel 44 entlang des Sorptionspfades 45 durchläuft. In der Fig. 3 ist dies an der Höhe der Beladung ψ eines Bereichs B_1 , B_2 , B_3 zu unterschiedlichen Zeitpunkten t_1 – t_5 dargestellt. Gleichzeitig verbreitert sich ein jeweiliger Bereich B_1 , B_2 , B_3 , da die Gesamtmenge des sorbierbaren Stoffes erhalten bleibt.

Fig. 4 zeigt ein R&I-Fließschema eines zweiten Ausführungsbeispiels einer verfahrenstechnischen Anlage 200, die zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist. Die verfahrenstechnische Anlage 200 umfasst in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 eine Adsorptionsvorrichtung 10, einen Kompressor 20, eine Gaskühlungsvorrichtung 30, eine Sorptionspuffer-Vorrichtung 40, ein Druckminderer 50 sowie eine Gaspipeline 60.

Der von der Adsorptionsvorrichtung 10 kommende beladene Gasstrom G_1 wird dem Kompressor 20 zugeführt und komprimiert. Beispielsweise beträgt der Druck des komprimierten Gasstroms G_2 25 bar. Der derart mit Druck beaufschlagte Gasstrom G_2 wird der Gaskühlungsvorrichtung 30 zugeführt und dort auf eine Gastemperatur von $20^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ abgekühlt. Dabei kann es insbesondere während der Phasen P2 mit einer erhöhten Beladung ϕ_2 des beladenen Gasstroms G_1 vorkommen, dass eine Menge des sorbierbaren Stoffes in der Gaskühlungsvorrichtung 30 kondensiert somit abgeschieden wird. Der abgekühlte Gasstrom G_3 kann daher bereits eine gegenüber der Beladung ϕ_2 des beladenen Gasstroms G_1 reduzierte Beladung ϕ'_2 aufweisen. Der abgekühlte Gasstrom G_3 wird anschließend der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 zugeführt. Die Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 des Ausführungsbeispiels ist derart ausgelegt, dass sie zur Aufnahme von fünf Bereichen $B_1 - B_5$ mit erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 geeignet ist (siehe Fig. 5). Ansonsten funktioniert die Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 wie vorstehend anhand der Fig. 3 erläutert.

Der behandelte Gasstrom G_4 wird nach der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 einem Druckminderer 50 zugeführt, der den Druck des Gases auf 15 bar reduziert. Der derart entspannte Gasstrom G_5 weist insbesondere einen Taupunkt auf, der unter einer Temperatur der Gaspipeline 60 liegt, mittels welcher der entspannte Gasstrom G_5 beispielsweise zu einer weiteren verfahrenstechnischen Anlage (nicht gezeigt) transportiert wird. Somit ist eine Kondensation des sorbierbaren Stoffes in der Gaspipeline 60 wirksam verhindert und negative Effekte, wie beispielsweise eine Korrosion der Gaspipeline 60 sind vermindert.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm eines Beispiels einer Beladungsfront eines Sorptionsmittels 44 in einer Sorptionspuffer-Vorrichtung 40, wie sie beispielsweise in einer der verfahrenstechnischen Anlagen 100, 200 verwendet werden kann. Dabei ist die Beladungsfront zu einem Zeitpunkt dargestellt. In dem Beispiel der Fig. 5 ist die

- Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 dazu eingerichtet, insgesamt fünf Bereiche $B_1 - B_5$ mit einer erhöhten Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 aufzunehmen. Die fünf Bereiche $B_1 - B_5$ befinden sich in unterschiedlichen Abschnitten $A_1 - A_5$ entlang des Sorptionspfades 45 (siehe Fig. 4) und weisen jeweils ein relatives Maximum der Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 auf. Der dargestellte Zeitpunkt in der Fig. 5 entspricht einem Zeitpunkt nach dem Ablauf von wenigstens fünf Zyklen, wobei ein Zyklus eine Abfolge einer Phase P1 mit einer anschließenden Phase P2, beispielsweise gemäß der Fig. 2, umfasst.
- Fig. 6 zeigt ein R&I-Fließschema eines dritten Ausführungsbeispiels einer verfahrenstechnischen Anlage 300, die zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist. Die verfahrenstechnische Anlage 300 ist insbesondere zur Zerlegung eines Synthesegasstroms G_S unter Bereitstellung eines ersten Produkts G_{P1} , das überwiegend CO umfasst, und eines zweiten Produkts G_{P2} , das überwiegend H_2 umfasst, ausgelegt. Die Adsorptionsvorrichtung 10 ist in dem Ausführungsbeispiel aus einer Temperaturwechsel-Adsorptionsvorrichtung 11, einer Kältekammer 12 und einer Druckwechsel-Adsorptionsvorrichtung 13 gebildet. Ferner weist die verfahrenstechnische Anlage 300 einen Kompressor 20, eine Gaskühlungsvorrichtung 30, eine Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 sowie eine Gaspipeline 60 auf.
- Der Synthesegasstrom G_S strömt zunächst in die Temperaturwechsel-Adsorptionsvorrichtung 11 und wird dort in einen Gasstrom G_{01} überführt, der hauptsächlich CO und H_2 umfasst. Die weiteren Bestandteile des Synthesegasstroms G_S werden in der Temperaturwechsel-Adsorptionsvorrichtung 11 zurückgehalten. Der Gasstrom G_{01} wird der Kältekammer 12 zugeführt, in welcher H_2 von CO abgetrennt wird. In der Kältekammer 12 fällt CO als Produkt G_{P1} an und kann in weiteren Prozessen verwendet werden (nicht gezeigt). Der Gasstrom G_{02} umfasst hauptsächlich H_2 . Wie in dem Schema dargestellt, wird dieser Gasstrom G_{02} phasenweise zur Regeneration der Temperaturwechsel-Adsorptionsvorrichtung 11 verwendet. Insbesondere während dieser Regeneration tritt eine erhöhte Beladung ϕ des Gasstroms G_1 auf. In dem Beispiel des zeitlichen Ablaufs der Fig. 2 entspricht das der Phase P2. Der Gasstrom G_{02} wird der Druckwechsel-Adsorptionsvorrichtung 13 zugeführt. Dort wird insbesondere H_2 von dem Gasstrom G_{02} abgetrennt und als Produkt G_{P2} bereitgestellt.

Der Restgasstrom bildet den beladenen Gasstrom G_1 , der die weiteren Komponenten Kompressor 20, Gaskühlungsvorrichtung 30, Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 durchströmt und schließlich in eine Gaspipeline 60 eingeleitet wird. Dabei wird der Gasstrom in jeder dieser Vorrichtungen in einen Gasstrom mit veränderten

5 Zustandsgrößen überführt, beispielsweise wie dies in dem Ausführungsbeispiel der verfahrenstechnischen Anlage 200 gemäß Fig. 4 beschrieben ist. Der Gasstrom $G_1 - G_4$ ist beispielsweise zur Verbrennung in einem Kraftwerk geeignet (nicht gezeigt).

Fig. 7 zeigt ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens

10 zum Betreiben einer verfahrenstechnischen Anlage, beispielsweise der verfahrenstechnischen Anlage 100 des Ausführungsbeispiels der Fig. 1. Das dargestellte Verfahren umfasst die Schritte:

Zuführen 710 eines beladenen Gasstroms G_1 an eine Sorptionspuffer-Vorrichtung 40. Der Gasstrom G_1 ist dabei von einer Adsorptionsvorrichtung 10

15 bereitgestellt. Das Zuführen 710 kann bedeuten, dass der beladene Gasstrom G_1 von der Adsorptionsanlage 10 an einen Eingang 42 der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 mittels einer Rohrleitung geleitet wird.

Leiten 720 des beladenen Gasstroms G_1 in der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 durch ein Sorptionsmittel 44 entlang eines Sorptionspfades 45. Dabei kann

20 insbesondere mittels Sorption eine Änderung der Beladung ϕ des Gasstroms G_1 und der Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 in einzelnen Abschnitten entlang des Sorptionspfades 45 auftreten. Insbesondere bildet sich eine Beladungsfront mit mehreren Bereichen $B_1 - B_5$ mit erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 aus, die in Abhängigkeit der Beladung ϕ des beladenen Gasstroms G_1 sowie des

25 Massenstroms des beladenen Gasstroms G_1 entlang des Sorptionspfades 45 verschoben wird. Die einzelnen Bereiche $B_1 - B_5$ sind dabei durch lokale Maxima in der Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 charakterisiert und sind durch lokale Minima in der Beladung ψ voneinander getrennt. Im Laufe des Verschiebens der einzelnen Bereiche $B_1 - B_5$ vergleichmäßigt sich die Beladung ψ des Sorptionsmittels 45 derart, dass eine

30 Amplitude, die beispielsweise durch einen Unterschied in der Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 an einem lokalen Maximum zu einem benachbarten lokalen Minimum bestimmt werden kann, entlang des Sorptionspfades 45 abnimmt.

Abgreifen 730 des behandelten Gasstroms G_4 an einem Ausgang 43 der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40. Ein Abgreifen 730 besteht insbesondere in einem

Einleiten in eine an den Ausgang 43 angeschlossene Rohrleitung, um den behandelten Gasstrom G_4 weiteren Prozessen zuzuführen.

Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens
5 zum Betreiben einer verfahrenstechnischen Anlage, beispielsweise einer der verfahrenstechnischen Anlagen 100, 200, 300 der Ausführungsbeispiele der Fig. 1, 4 oder 6. Das Verfahren dieses Ausführungsbeispiels umfasst die gleichen Verfahrensschritte 710, 720, 730 wie das vorhergehende Ausführungsbeispiel (siehe Fig. 7), wobei den einzelnen Verfahrensschritten verschiedene Teilverfahrensschritte
10 zugeordnet sind.

Demnach umfasst das Zuleiten 710 ein Durchleiten 711 eines Synthese-Gasstroms G_5 durch eine Adsorptionsvorrichtung 10 zur Bereitstellung eines beladenen Gasstroms G_1 . Es schließt sich ein Komprimieren 712 des beladenen Gasstroms G_1 zur Bereitstellung eines mit einem Druck beaufschlagten Gasstroms G_2 an. Ferner wird der
15 komprimierte Gasstrom G_2 zur Bereitstellung eines abgekühlten Gasstroms G_3 abgekühlt 713. Der abgekühlte Gasstrom G_3 wird dann dem Eingang 42 der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 zugeleitet.

Der Verfahrensschritt des Leitens 720 des Gasstroms umfasst zumindest die Teilschritte eines Auswählens 721 einer Länge eines Sorptionspfades 45 und einer
20 Menge eines Sorptionsmittels 44 in der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40 derart, dass diese zur Aufnahme von wenigstens drei, bevorzugt vier, weiter bevorzugt fünf unterschiedlichen Bereichen $B_1 - B_5$ mit erhöhter Beladung ψ des Sorptionsmittels 44 entlang des Sorptionspfades 45 geeignet ist, sowie des Durchströmens 722 des Sorptionsmittels 44 entlang des Sorptionspfades 45 mittels des beladenen Gasstroms
25 G_1 zur Bereitstellung eines behandelten Gasstroms G_4 an einem Ausgang 43 der Sorptionspuffer-Vorrichtung 40.

Der Verfahrensschritt des Abgreifens 730 umfasst insbesondere ein Entspannen 731 des behandelten Gasstroms G_4 zur Bereitstellung eines entspannten Gasstroms G_5 und ein Zuführen 732 des entspannten Gasstroms G_5 an eine Gaspipeline 60 zum
30 Transport des entspannten Gasstroms G_5 an eine weitere Vorrichtung oder verfahrenstechnische Anlage.

Verwendete Bezugszeichen

	100	verfahrenstechnische Anlage
	200	verfahrenstechnische Anlage
5	300	verfahrenstechnische Anlage
	10	Adsorptionsvorrichtung
	11	Temperaturwechsel-Adsorptionsvorrichtung
	12	Kältekammer
	13	Druckwechsel-Adsorptionsvorrichtung
10	20	Kompressor
	30	Gaskühlungsvorrichtung
	40	Sorptionspuffer-Vorrichtung
	41	Behälter
	42	Eingang
15	43	Ausgang
	44	Sorptionsmittel
	45	Sorptionspfad
	50	Druckminderer
	60	Gaspipeline
20	710	Verfahrensschritt (Zuführen)
	711	Verfahrensschritt (Leiten durch Adsorptionsvorrichtung)
	712	Verfahrensschritt (Komprimieren)
	713	Verfahrensschritt (Abkühlen)
	720	Verfahrensschritt (Leiten)
25	721	Verfahrensschritt (Auswählen)
	722	Verfahrensschritt (Durchströmen)
	730	Verfahrensschritt (Abgreifen)
	731	Verfahrensschritt (Entspannen)
	732	Verfahrensschritt (Zuführen an eine Gaspipeline)
30		
	A ₁	Abschnitt
	A ₂	Abschnitt
	A ₃	Abschnitt
	A ₄	Abschnitt
35	A ₅	Abschnitt

	B_1	Bereich mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels
	B_2	Bereich mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels
	B_3	Bereich mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels
	B_4	Bereich mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels
5	B_5	Bereich mit erhöhter Beladung des Sorptionsmittels
	G	Gasstrom in der Sorptionspuffer-Vorrichtung
	G_{01}	Gasstrom zur Zuführung in die Cold-Box
	G_{02}	Gasstrom zur Zuführung in die Druckwechsel-Adsorptionsvorrichtung
	G_1	beladener Gasstrom
10	G_2	komprimierter Gasstrom
	G_3	abgekühlter Gasstrom
	G_4	behandelter Gasstrom
	G_5	entspannter Gasstrom
	G_{P1}	Produkt 1
15	G_{P2}	Produkt 2
	G_S	Synthese-Gasstrom
	I	Länge des Sorptionspfades
	P1	Phase
	P2	Phase
20	t	Zeit
	t_1	Zeitpunkt
	t_2	Zeitpunkt
	t_3	Zeitpunkt
	t_4	Zeitpunkt
25	t_5	Zeitpunkt
	x	Position
	x_1	Position (Eingang)
	x_2	Position (Ausgang)
30	φ	Beladung des Gasstroms
	φ_1	erniedrigte Beladung des beladenen Gasstroms
	φ_2	erhöhte Beladung des beladenen Gasstroms
	φ'_1	erniedrigte Beladung des behandelten Gasstroms
	φ'_2	erhöhte Beladung des behandelten Gasstroms
35	ψ	Beladung des Sorptionsmittels

- ψ_1 maximale Beladung des Sorptionsmittels
- ψ_2 minimale Beladung des Sorptionsmittels

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer verfahrenstechnischen Anlage (100) mit einer Adsorptionsvorrichtung (10), welche einen mit einem sorbierbaren Stoff beladenen Gasstrom (G_1) mit einem vorgegebenen Massenstrom ausgibt,
- 5 wobei der beladene Gasstrom (G_1) zeitlich abwechselnd aufeinanderfolgende Phasen (P1) erniedrigter Beladung (φ_1) und Phasen (P2) erhöhter Beladung (φ_2) umfasst, mit den Schritten:
- Zuführen (710) des beladenen Gasstroms (G_1) an einen Eingang (42) einer Sorptionspuffer-Vorrichtung (40);
- 10 Leiten (720) des beladenen Gasstroms (G_1) in der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) durch ein mit einem zur Aufnahme einer Beladung (ψ) des sorbierbaren Stoffes geeignetes Sorptionsmittel (44) entlang eines Sorptionspfades (45), der von dem Eingang (42) zu einem Ausgang (43) der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) führt, wobei der sorbierbare Stoff in Abhängigkeit der Beladung des
- 15 Gasstroms (φ) und Beladung des Sorptionsmittels (ψ) von dem Gasstrom auf das Sorptionsmittel (44) oder von dem Sorptionsmittel (44) auf den Gasstrom übergeht;
- Abgreifen (730) eines behandelten Gasstroms (G_4) an dem Ausgang (43) der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40),
- wobei sich während einer Phase (P2) erhöhter Beladung (φ_2) des
- 20 Gasstroms (G_1) mit dem sorbierbaren Stoff sich in einem von dem Eingang (42) der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) entlang des Sorptionspfades (45) erstreckender Bereich (B_1) ein Bereich mit einer erhöhten Beladung (ψ) des Sorptionsmittels (44) mit dem sorbierbaren Stoff ausbildet und sich während einer darauf folgenden Phase (P1) erniedrigter Beladung (φ_1) des Gasstroms (G_1) der Bereich mit der erhöhten Beladung
- 25 (ψ) des Sorptionsmittels (44) in Richtung zum Ausgang (43) der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) entlang des Sorptionspfades (45) verschiebt; und
- wobei eine Länge (l) des Sorptionspfades (45) und eine Menge des Sorptionsmittels (44) in der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) derart gewählt (721) werden, dass die Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) im Betrieb der
- 30 verfahrenstechnischen Anlage (100) zur Aufnahme von wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens vier, weiter bevorzugt wenigstens fünf unterschiedlichen Bereichen ($B_1 - B_5$) erhöhter Beladung (ψ) des Sorptionsmittels (44) entlang des Sorptionspfades (45) eingerichtet ist.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend:
Entspannen (731) des behandelten Gasstroms (G_4) mit Hilfe eines in
Abströmrichtung zu der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) angeordneten
Druckminderers (50), wobei ein entspannter Gasstrom (G_5) erzeugt wird; und
5 Zuführen (732) des entspannten Gasstroms (G_5) an eine der Sorptionspuffer-
Vorrichtung (40) nachgeschaltete Gaspipeline (60).
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei ein Gasdruckunterschied zwischen der
Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) und der Gaspipeline (60) 5 bar – 10 bar beträgt.
10
4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend:
Abkühlen (713) des beladenen Gasstroms (G_1) mit Hilfe einer der
Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) vorgeschalteten Gaskühlungsvorrichtung (30), wobei
ein abgekühlter Gasstrom (G_3) erzeugt wird.
15
5. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei eine Gastemperatur des abgekühlten
Gasstroms (G_3) 20°C – 50°C beträgt.
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend:
20 Komprimieren (712) des beladenen Gasstroms (G_1) mit Hilfe eines
Kompressors (20), wobei ein mit einem Druck beaufschlagter Gasstrom (G_2) erzeugt
wird.
7. Verfahren gemäß Anspruch 6, wobei ein Gasdruck des mit dem Druck
25 beaufschlagten Gasstroms (G_2) 20 – 30 bar beträgt.
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die
Adsorptionsvorrichtung (10) eine Temperaturwechsel-Adsorptionsvorrichtung (11)
und/oder eine Druckwechsel-Adsorptionsvorrichtung (12) umfasst.
30
10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der beladene
Gasstrom (G_1) und/oder der behandelte Gasstrom (G_4) gasförmigen Wasserstoff,
gasförmiges Kohlenstoffmonoxid, gasförmiges Kohlenstoffdioxid, gasförmige
organische Verbindungen, gasförmiges Wasser, gasförmigen Stickstoff, gasförmigen
35 Sauerstoff und/oder ein gasförmiges Edelgas sowie Kombinationen hiervon umfasst.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei der beladene Gasstrom (G_1) eine Wassermenge von 0 – 4000 mol-ppm aufweist und der behandelte Gasstrom (G_4) eine Wassermenge von 500 – 2000 mol-ppm, bevorzugt 750 – 1500 mol-ppm aufweist.
- 5
12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Phase (P2) erhöhter Beladung (φ_2) des beladenen Gasstroms (G_1) 2 – 10 h umfasst und die Phase (P1) erniedrigter Beladung (φ_1) des beladenen Gasstroms (G_1) wenigstens doppelt so lange, vorzugsweise wenigstens dreimal so lange wie die Phase (P2) erhöhter
- 10 Beladung (φ_2) des beladenen Gasstroms (G_1) andauert.
13. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Massenstrom des beladenen Gasstroms (G_1) und/oder des behandelten Gasstroms (G_4) zwischen 500 Norm-m³/h und 20000 Norm-m³/h, bevorzugt zwischen 8000 Norm-
- 15 m³/h und 17000 Norm-m³/h liegt.
14. Verfahrenstechnische Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, mit der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) zur Behandlung eines mit einem sorbierbaren Stoff beladenen Gasstroms (G_1), wobei eine Länge (l) eines
- 20 Sorptionspfades (45) und eine Menge eines Sorptionsmittels (44) in der Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) derart eingerichtet sind, dass die Sorptionspuffer-Vorrichtung (40) im Betrieb der verfahrenstechnischen Anlage (100) zur Aufnahme von wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens vier, weiter bevorzugt wenigstens fünf unterschiedlichen Bereichen (B_1 – B_5) erhöhter Beladung (ψ) des Sorptionsmittels (44)
- 25 entlang des Sorptionspfades (45) geeignet ist.
15. Verfahrenstechnische Anlage gemäß Anspruch 14, ferner dazu eingerichtet, den beladenen Gasstrom (G_1) derart zu behandeln, dass der behandelte Gasstrom (G_4) eine erniedrigte Beladung (φ'_2) gegenüber der erhöhten Beladung (φ_2) des
- 30 beladenen Gasstroms (G_1) und dass der behandelte Gasstrom (G_4) eine erhöhte Beladung (φ'_1) gegenüber der erniedrigten Beladung (φ_1) des beladenen Gasstroms (G_1) aufweist.

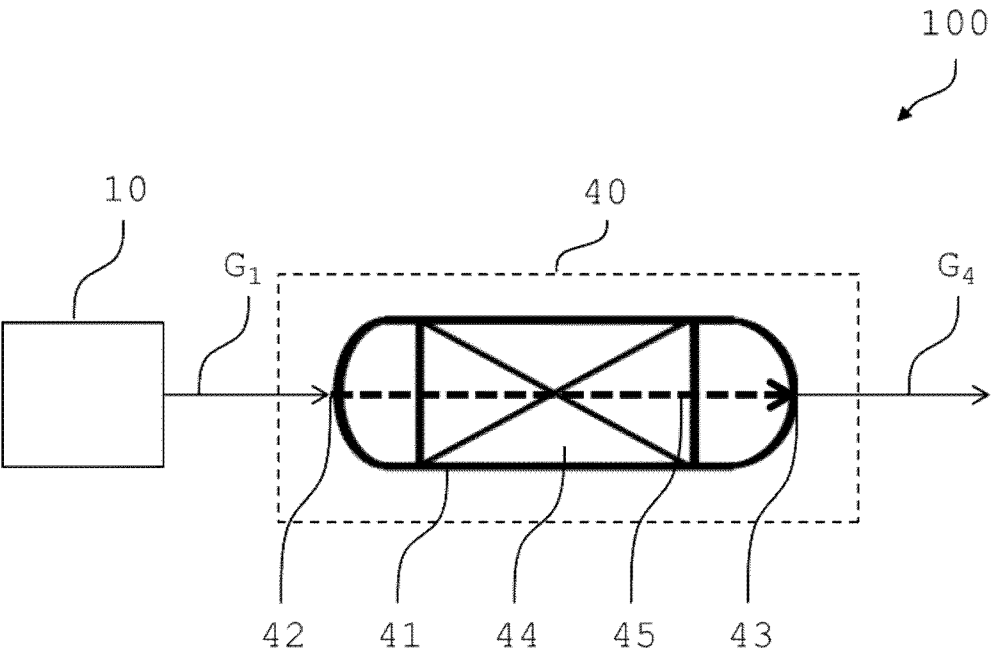


Fig. 1

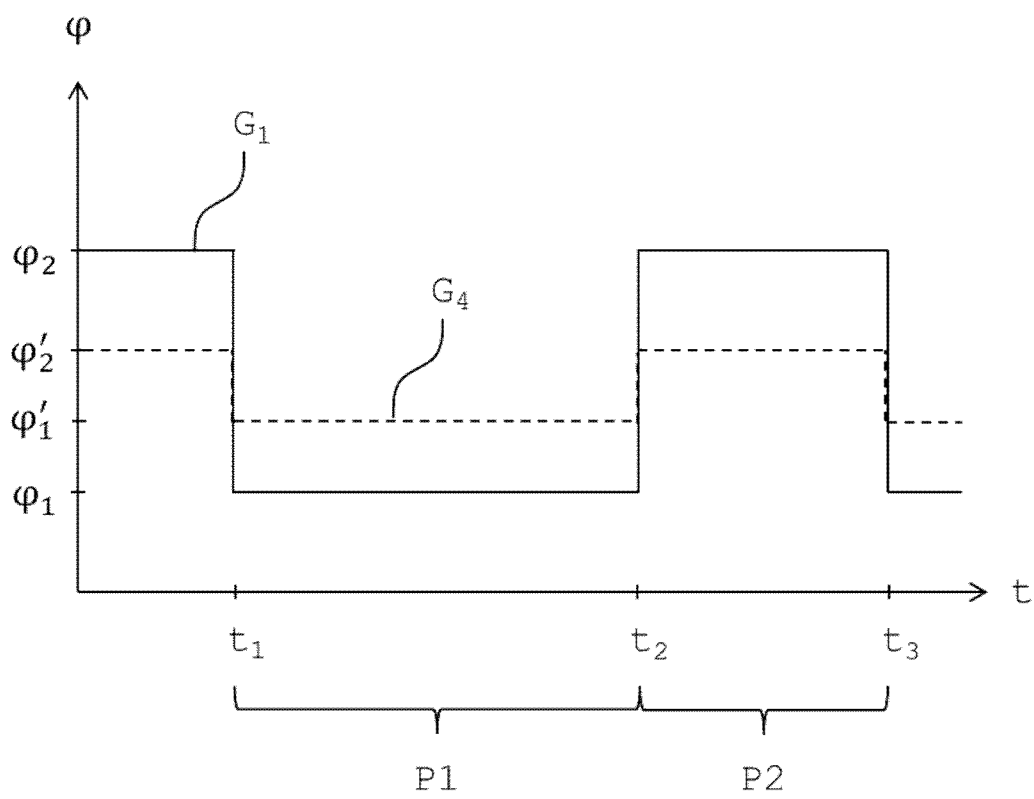


Fig. 2

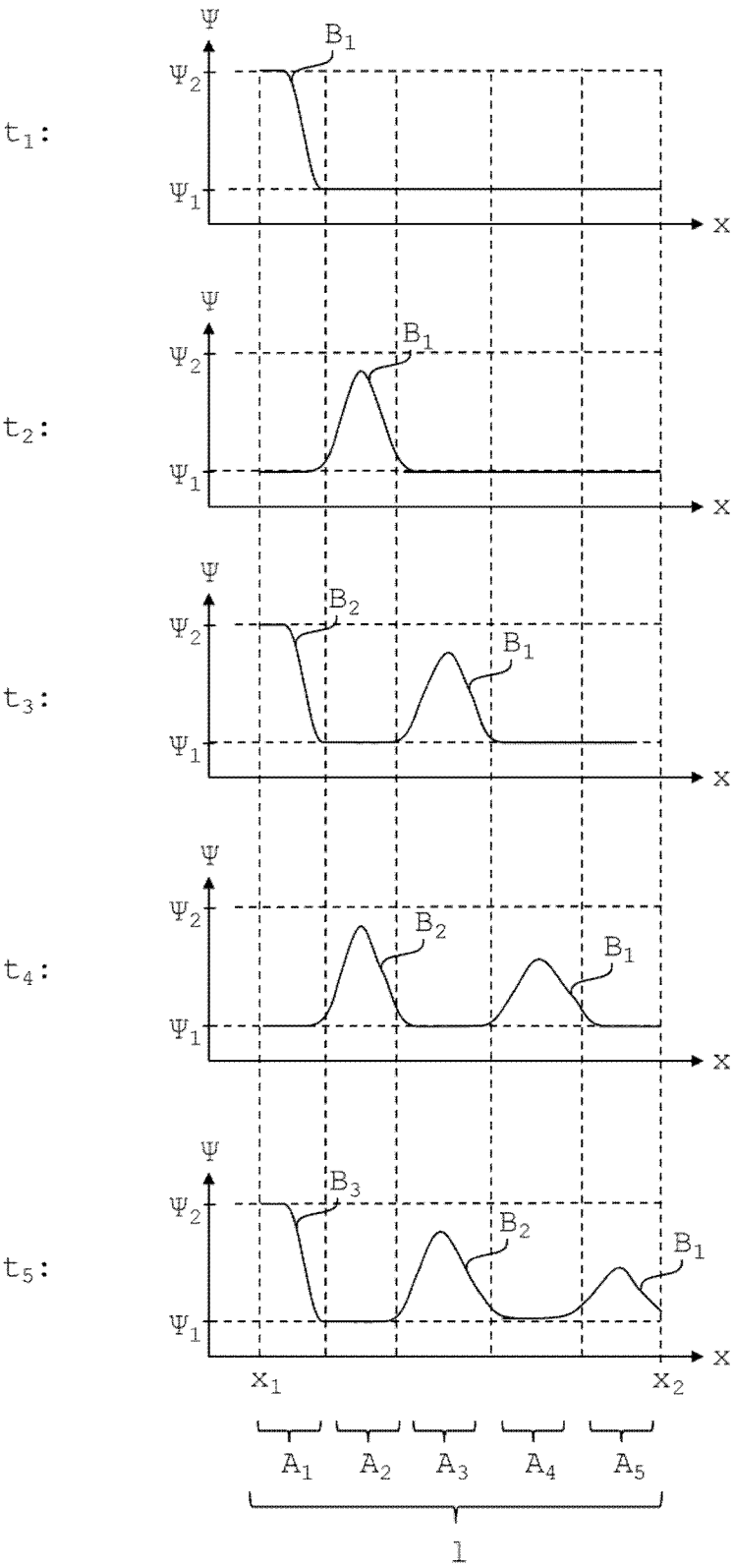


Fig. 3

4/8

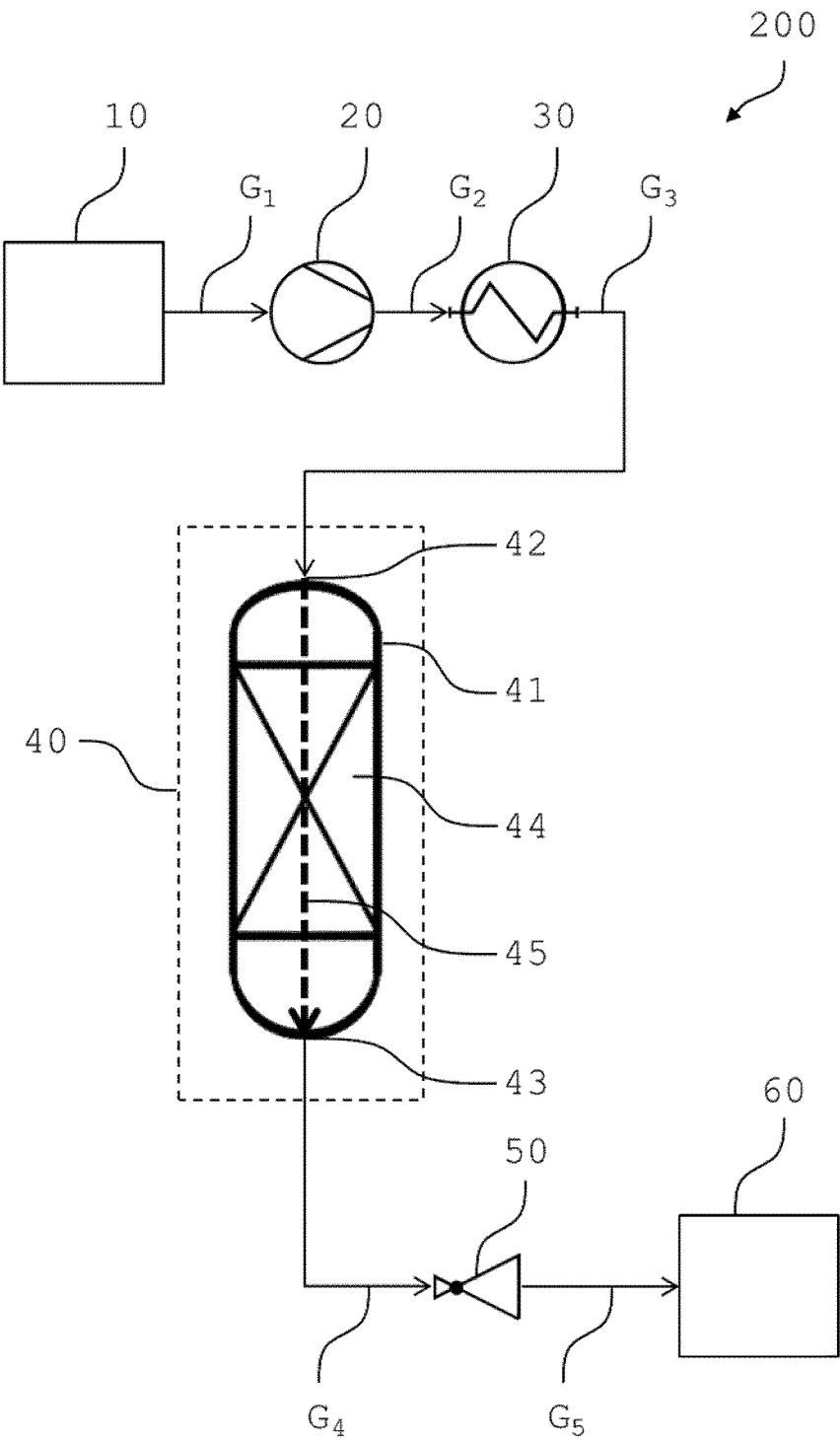


Fig. 4

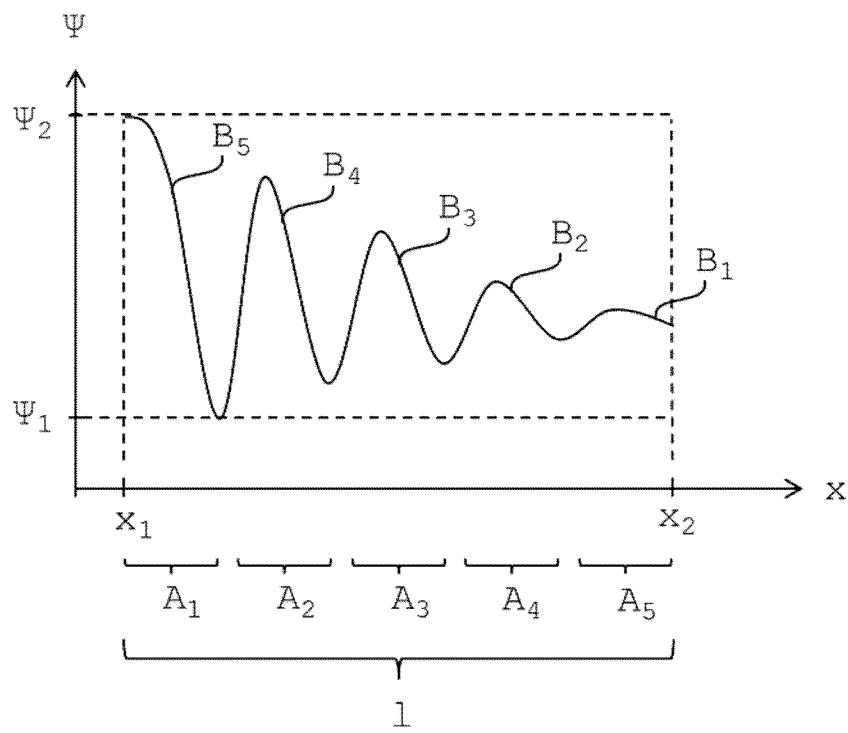


Fig. 5

6/8

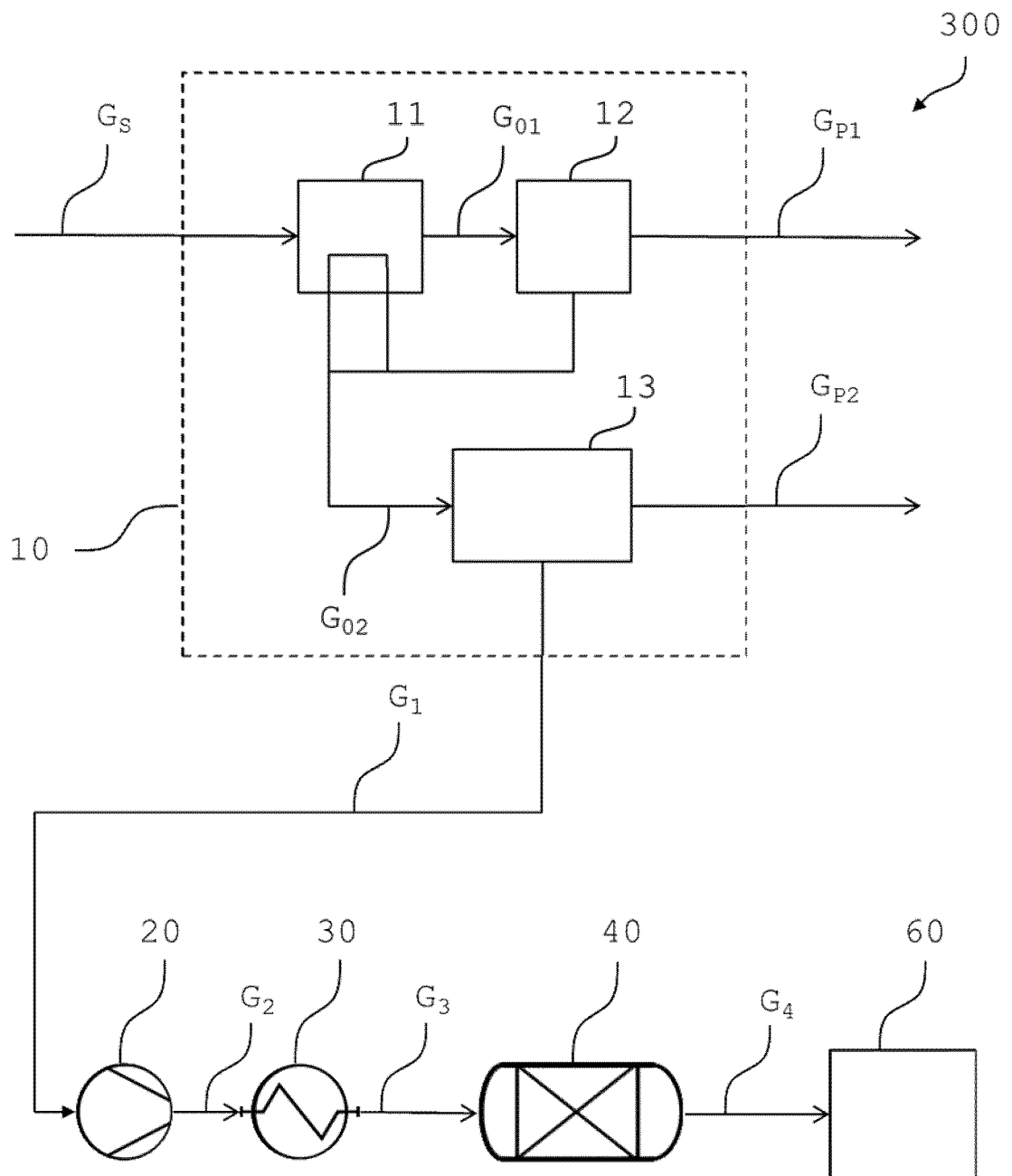


Fig. 6

7/8

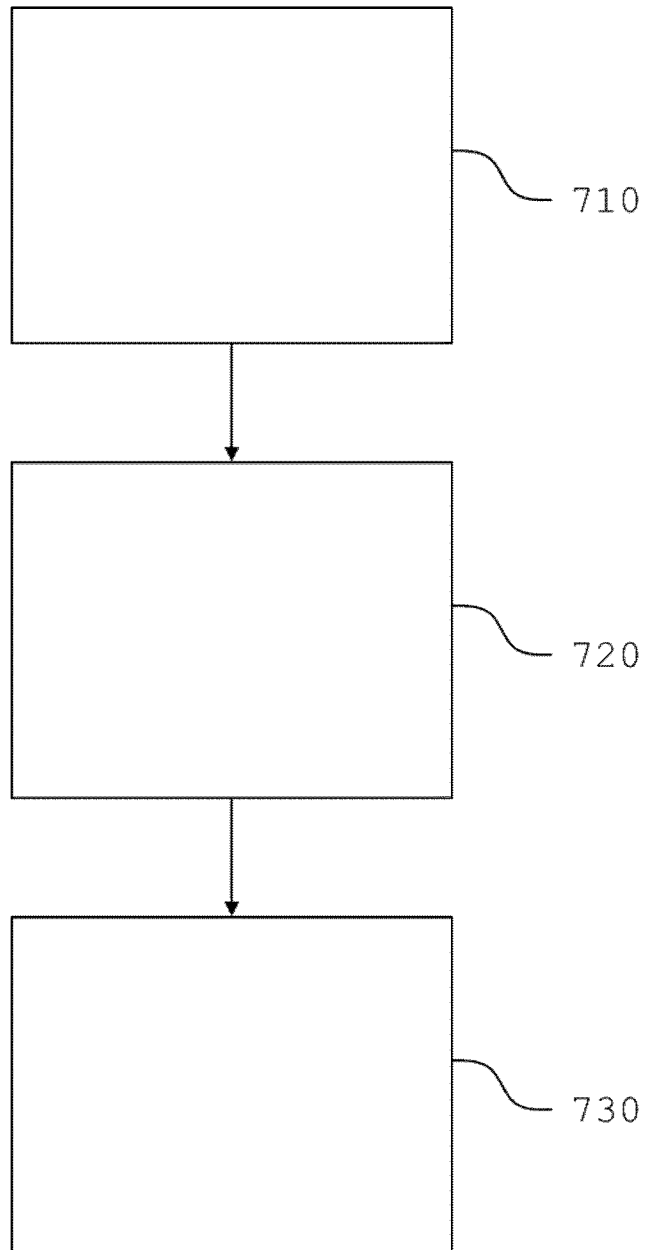


Fig. 7

8/8

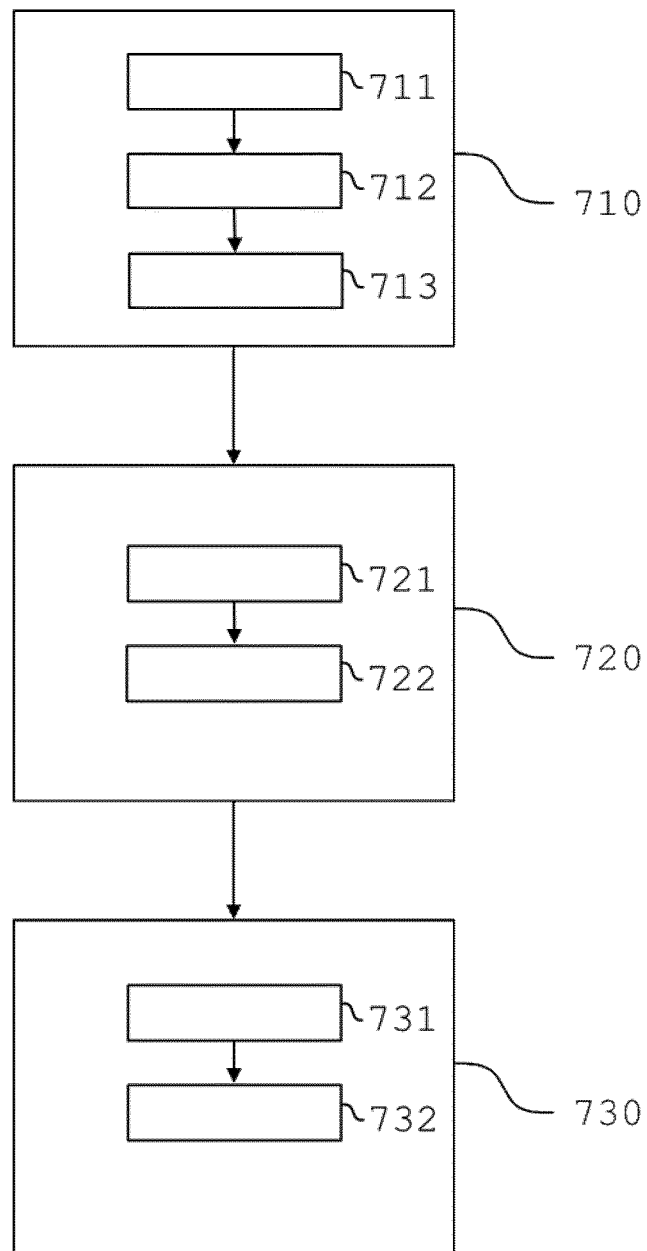


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/025176

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B01D53/04 B01D53/047
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)
B01D C01B C10K

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 A	EP 0 757 970 A1 (NIPPON OXYGEN CO LTD [JP]) 12 February 1997 (1997-02-12) figures 1-5	14,15 1-8, 10-13
X A	----- JP H11 90159 A (NIPPON OXYGEN CO LTD) 6 April 1999 (1999-04-06) figures 1-3	14,15 1-8, 10-13
X A	----- JP 2001 172004 A (NIPPON OXYGEN CO LTD) 26 June 2001 (2001-06-26) figures 1,2	14,15 1-8, 10-13
	----- -/-	



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

14 September 2017

Date of mailing of the international search report

29/09/2017

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

de Biasio, Arnaldo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/025176

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2013 198845 A (KYUCHAKU GIJUTSU KOGYO KK) 3 October 2013 (2013-10-03) figure 1 -----	14,15 1-8, 10-13
X A	JP 2016 000189 A (FUJI CORP) 7 January 2016 (2016-01-07) figures 1,7-12 -----	14,15 1-8, 10-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/025176

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0757970	A1	12-02-1997	CA 2186976 A1 15-08-1996
		EP 0757970 A1	12-02-1997
		FI 964005 A	29-11-1996
		NO 964174 A	02-12-1996
		US 5730783 A	24-03-1998
		WO 9624554 A1	15-08-1996
JP H1190159	A	06-04-1999	NONE
JP 2001172004	A	26-06-2001	NONE
JP 2013198845	A	03-10-2013	JP 5932425 B2 08-06-2016
		JP 2013198845 A	03-10-2013
JP 2016000189	A	07-01-2016	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B01D53/04 B01D53/047
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B01D C01B C10K

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 A	EP 0 757 970 A1 (NIPPON OXYGEN CO LTD [JP]) 12. Februar 1997 (1997-02-12) Abbildungen 1-5	14,15 1-8, 10-13
X A	----- JP H11 90159 A (NIPPON OXYGEN CO LTD) 6. April 1999 (1999-04-06) Abbildungen 1-3	14,15 1-8, 10-13
X A	----- JP 2001 172004 A (NIPPON OXYGEN CO LTD) 26. Juni 2001 (2001-06-26) Abbildungen 1,2	14,15 1-8, 10-13
	----- -/-	

☒ 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

14. September 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/09/2017

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

de Biasio, Arnaldo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2013 198845 A (KYUCHAKU GIJUTSU KOGYO	14,15
A	KK) 3. Oktober 2013 (2013-10-03) Abbildung 1	1-8, 10-13

X	JP 2016 000189 A (FUJI CORP)	14,15
A	7. Januar 2016 (2016-01-07) Abbildungen 1,7-12	1-8, 10-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/025176

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0757970	A1	12-02-1997	CA 2186976 A1 15-08-1996
			EP 0757970 A1 12-02-1997
			FI 964005 A 29-11-1996
			NO 964174 A 02-12-1996
			US 5730783 A 24-03-1998
			WO 9624554 A1 15-08-1996
JP H1190159	A	06-04-1999	KEINE
JP 2001172004	A	26-06-2001	KEINE
JP 2013198845	A	03-10-2013	JP 5932425 B2 08-06-2016
			JP 2013198845 A 03-10-2013
JP 2016000189	A	07-01-2016	KEINE