



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 114 483.6**

(22) Anmeldetag: **09.06.2022**

(43) Offenlegungstag: **14.12.2023**

(51) Int Cl.: **B01D 53/26 (2006.01)**

B01D 53/047 (2006.01)

(71) Anmelder:
Bauer Kompressoren GmbH, 81477 München, DE

(72) Erfinder:
Bauer, Heinz, 81477 München, DE

(74) Vertreter:
**Weickmann & Weickmann Patent- und
Rechtsanwälte PartmbB, 81679 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

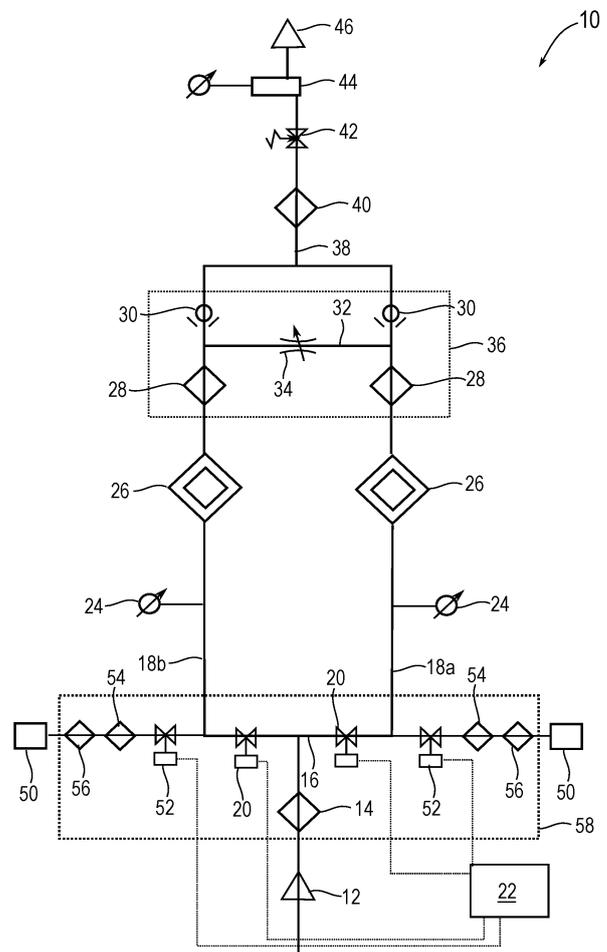
DE	29 22 616	C2
GB	850 443	A
CN	1 08 310 904	A

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Druckwechseladsorber für ein kontinuierliches Trocknen von Gasen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Druckwechseladsorber (10) für ein kontinuierliches Trocknen von Gasen, insbesondere in einem Druckbereich oberhalb von 30 bar, umfassend einen Eingang (12) zum Zuführen eines zu trocknenden Gases, einen Ausgang (46) zum Ausgeben des getrockneten Gases und wenigstens zwei parallel zueinander zwischen dem Eingang (12) und dem Ausgang (46) angeordnete Trocknungspfade (18a, 18b), welche jeweils wenigstens einen Adsorptionsbehälter (26) zum Trocknen eines dort hindurchströmenden Gases umfassen, wobei zwischen dem Eingang (12) und den Trocknungspfaden (18a, 18b) eine Eingang-Sammelleitung (16) vorgesehen ist und zwischen den Trocknungspfaden (18a, 18b) und dem Ausgang (46) eine Ausgang-Sammelleitung (38) vorgesehen ist. Hierbei umfasst der erfindungsgemäße Druckwechseladsorber wenigstens ein proportional gesteuertes Ventil (20), mittels welchem eine jeweilige Gasströmung in den wenigstens zwei Trocknungspfaden (18a, 18b) einstellbar ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum kontinuierlichen Trocknen von Gasen mittels eines solchen Druckwechseladsorbers (10).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Druckwechseladsorber für ein kontinuierliches Trocknen von Gasen, insbesondere in einem Druckbereich oberhalb von 30 bar, sowie ein Verfahren zum kontinuierlichen Trocknen von Gasen mittels eines derartigen Druckwechseladsorbers.

[0002] Es ist an sich bekannt, zur Aufbereitung von Gasen, beispielsweise in einem Kompressor komprimierter Druckluft, Trocknungsvorrichtungen einzusetzen, in welchen in dem Gas vorliegende Feuchtigkeit gebunden wird, um das Gas auf diese Weise zu trocknen, insbesondere vor einer Abfüllung in entsprechende Druckbehälter. Hierbei weisen die als Adsorptionsbehälter wirkenden Trocknungseinheiten eine gewisse Aufnahmekapazität für Feuchtigkeit auf, sodass es regelmäßig notwendig ist, die sich in solchen Adsorptionsbehältern angesammelte Feuchtigkeit wieder aus diesen zu entfernen, um sie zu regenerieren und weiterhin verwenden zu können.

[0003] Demzufolge ist zur Ermöglichung eines kontinuierlichen Betriebs derartiger Trocknungseinheiten das Prinzip der Regenerationstrockner (auch unter den englischsprachigen Begriffen „pressure swing adsorption dryer“ bzw. „PSA dryer“ bekannt) vorgeschlagen worden, in welchen zwei parallel zueinander angeordnete Trocknungspfade vorgesehen sind, von welchen sich zu einem jeweiligen Zeitpunkt einer der Trocknungspfade in einem Trocknungsmodus befindet, während der andere in einem Regenerationsmodus vorliegt.

[0004] Indem regelmäßig die jeweiligen Modi der beiden Trocknungspfade getauscht werden, kann während einer Trocknung von Gas in einem der beiden Trocknungspfade im jeweiligen anderen Trocknungspfad momentan eine Regeneration des entsprechenden Adsorptionsbehälters stattfinden, um diesen auf ein erneutes Umschalten in den Trocknungsmodus vorzubereiten.

[0005] Das Umschalten zwischen den genannten Betriebsmodi findet in aus dem Stand der Technik bekannten Regenerationstrocknern mittels einfacher Auf-Zu-Ventile bzw. durch schnellschaltende Kugelhähne statt. Ein derartiges schlagartiges Umschalten hat jedoch den Nachteil, dass das in den entsprechenden Adsorptionsbehältern vorgesehene Trocknungsmedium starken Kraftstößen ausgesetzt ist, die zu einer Beschädigung des Materials und zu einer Pulverbildung führen können, wodurch das genannte Material seine Adsorptionsfähigkeit verliert und der entsprechende Adsorptionsbehälter frühzeitig altert. Ferner kann durch eine derartige Pulverbildung ein Ansammeln von Material und damit ein Ver-

stopfen des entsprechenden Trocknungspfades auftreten.

[0006] Es ist demzufolge die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen derartigen gattungsgemäßen Druckwechseladsorber derart weiterzubilden, dass eine frühzeitige Alterung des aktiven Materials in den Adsorptionsbehältern vermieden wird und demzufolge ein dauerhafter Betrieb mit einer längeren Lebensdauer erzielt werden kann, was selbstverständlich ebenfalls ökonomische und ökologische Vorteile mit sich bringt.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß ein Druckwechseladsorber für ein kontinuierliches Trocknen von Gasen, insbesondere in einem Druckbereich oberhalb von 30 bar, vorgeschlagen, welcher einen Eingang zum Zuführen eines zu trocknenden Gases, einen Ausgang zum Ausgeben des getrockneten Gases und wenigstens zwei parallel zueinander zwischen dem Eingang und dem Ausgang angeordnete Trocknungspfade umfasst, welche jeweils wenigstens einen Adsorptionsbehälter zum Trocknen eines dort hindurchströmenden Gases umfassen, wobei zwischen dem Eingang und den Trocknungspfaden eine Eingangs-Sammelleitung vorgesehen ist und zwischen den Trocknungspfaden und dem Ausgang eine Ausgangs-Sammelleitung vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckwechseladsorber wenigstens ein proportional gesteuertes Ventil umfasst, mittels welchem eine jeweilige Gasströmung in den wenigstens zwei Trocknungspfaden regelbar, zu- und abströmbar ist.

[0008] Indem auf diese Weise gemäß der vorliegenden Erfindung über wenigstens ein proportional gesteuertes Ventil das Umschalten der beiden Trocknungspfade zwischen einem jeweiligen Trocknungsbetrieb und einem Regenerationsbetrieb ermöglicht wird, kann dieser Umschaltvorgang wesentlich schonender durchgeführt werden, als dies mit einfachen Auf-Zu-Ventilen möglich wäre, wodurch das Auftreten von Druck- und Kraftspitzen in den jeweiligen Trocknungspfaden vermieden wird und demzufolge die Adsorptionsbehälter sowie das darin befindliche aktive Material keinen übermäßigen mechanischen Belastungen ausgesetzt werden.

[0009] Hierbei werden als proportional gesteuerte Ventile bzw. Proportionalventile Steigventile bezeichnet, die mittels eines Proportionalmagneten nicht nur diskrete Schaltstellungen zulassen, wie dies bei den genannten Auf-Zu-Ventilen der Fall ist, sondern vielmehr einen stetigen Übergang der Ventilöffnung. Demzufolge werden veränderliche Volumenströme in den wenigstens zwei Trocknungspfaden ermöglicht, indem zwischen einer geöffneten und einer geschlossenen Stellung graduell ein stetiger Bereich von Zwischenstellungen während eines zeitlichen

Schaltfensters durchlaufen wird. Insbesondere sind zu diesem Zweck Hochdruck-Regulier- und Absperrventile mit Gewinde bevorzugt, da sie eine gute Regelbarkeit bieten und eine Proportionalität hinsichtlich ihrer Drehgeschwindigkeit und Positionierbarkeit aufweisen.

[0010] Wenngleich es denkbar wäre, in einem erfindungsgemäßen Druckwechseladsorber ein einzelnes Wegeventil mit einer Mehrzahl von jeweiligen Ausgängen für jeden der Trocknungspfade und einem einzelnen Eingang zum selektiven Zuführen von zu trocknendem Gas zu jeweils lediglich einem der Trocknungspfade vorzusehen, so kann in einer bevorzugten Ausführungsform jedem der Trocknungspfade ein jeweiliges proportional gesteuertes Ventil zugeordnet sein, wobei die proportional gesteuerten Ventile der Trocknungspfade für einen koordinierten Betrieb eingerichtet sind. Demzufolge kommen in der genannten Ausführungsform mehrere verstellbare Stromventile als proportional gesteuerte Ventile zum Einsatz, die weniger aufwendig aufgebaut und demzufolge kostengünstiger bereitzustellen sind und in einer geeigneten Weise koordiniert betrieben werden können.

[0011] Wenngleich ein derartiges Umschalten des wenigstens einen proportional gesteuerten Ventils zur selektiven Versorgung von wenigstens einem Trocknungspfad auch über eine einfache Schaltlogik geschehen könnte, beispielsweise rein zeitgesteuert, so kann in einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäße Druckwechseladsorber ferner eine Steuereinheit umfassen, welche mit dem wenigstens einen proportional gesteuerten Ventil betriebsmäßig gekoppelt und dazu eingerichtet ist, es während eines Trocknungsbetriebs des Druckwechseladsorbers anzusteuern.

[0012] Auf diese Weise wird eine verbesserte Steuerung bzw. Regelung des Betriebs des wenigstens einen proportional gesteuerten Ventils ermöglicht und es ist denkbar, für die Steuerung bzw. Regelung auf weitere Betriebsparameter zuzugreifen, die beispielsweise von geeigneten Sensoreinheiten oder externen Datenquellen geliefert werden können. Beispielsweise kann der erfindungsgemäße Druckwechseladsorber ferner wenigstens einen Durchflusssensor umfassen, welcher dazu eingerichtet ist, eine momentane Durchflussrate an Gas zu bestimmen, wobei der wenigstens eine Durchflusssensor gegebenenfalls betriebsmäßig mit der Steuereinheit gekoppelt sein kann, um die momentane Durchflussrate betreffende Daten für die Steuerung des wenigstens einen proportional gesteuerten Ventils zu liefern und somit beispielsweise auf eine unerwünscht niedrige Durchflussrate in einem der Trocknungspfade hinzuweisen.

[0013] Insbesondere kann jedem der Trocknungspfade wenigstens ein derartiger Durchflusssensor zugeordnet sein, welcher vorzugsweise stromaufwärts des entsprechenden Adsorptionsbehälters angeordnet sein kann. Ferner könnte alternativ oder zusätzlich ebenfalls daran gedacht werden, wenigstens einen Feuchtigkeitssensor in dem erfindungsgemäßen Druckwechseladsorber zu integrieren, wobei in einer solchen Ausführungsform beispielsweise bei einem Überschreiten eines Feuchtigkeitsgrenzwerts in dem bereits getrockneten Gas festgestellt werden könnte, dass der momentan in einem Trocknungsmodus betriebene Trocknungspfad seine maximale Aufnahmefähigkeit erreicht hat und demzufolge ein Umschalten zu einem anderen Trocknungspfad notwendig ist, welcher zuletzt regeneriert worden ist, um die gewünschte Trocknungseffizienz des zu behandelnden Gases sicherstellen zu können.

[0014] Wenngleich unterschiedliche aktive Materialien denkbar sind, die in den jeweiligen Adsorptionsbehältern der einzelnen Trocknungspfade zum Einsatz kommen können, so kann beispielsweise jeder der Adsorptionsbehälter ein Molekularsieb mit einer vorbestimmten Aufnahmekapazität für dampfförmiges Wasser umfassen. Derartige Molekularsiebe zeigen hervorragende Trocknungseigenschaften in der hier beschriebenen Anwendung, sind jedoch, wie weiter oben bereits angedeutet, relativ empfindlich gegen schlagartige Druckveränderungen, sodass der erfindungsgemäße Einsatz von proportional gesteuerten Ventilen für derartige Molekularsiebe besonders bevorzugt ist.

[0015] Auch um die Trocknungspfade in ihren Regenerationsbetrieb zu versetzen, sind unterschiedliche Ansätze und Ausführungsformen denkbar, beispielsweise könnte ein einfaches Spülen der entsprechenden Adsorptionsbehälter mit Frischluft vorgesehen sein, mit welchem Feuchtigkeit aus diesen ausgebracht werden könnte. Um jedoch die Effizienz des Regenerationsbetriebs zu steigern, kann ebenfalls vorgesehen sein, dass jedem der Trocknungspfade ferner eine Vakuumpumpe zugeordnet ist, die dazu eingerichtet ist, in einem Betriebszustand, in welchem durch den entsprechenden Trocknungspfad kein zu trocknendes Gas strömt, einen Unterdruck darin zu erzeugen, wobei die jeweilige Vakuumpumpe dem entsprechenden Trocknungspfad über eine Unterdruckleitung zugeordnet ist. Hierbei versteht sich, dass der erfindungsgemäße Druckwechseladsorber nicht zwangsläufig mehrere Vakuumpumpen umfassen muss, sondern dass auch eine einzelne Vakuumpumpe über jeweilige Unterdruckleitungen jedem der Trocknungspfade in einer parallel geschalteten Weise zugeordnet sein kann.

[0016] Auch zur Inbetriebnahme bzw. Ankopplung der entsprechenden Vakuumpumpe/n für den angesprochenen Regenerationsbetrieb der entsprechen-

den Trocknungspfade kann jeder der Unterdruckleitungen ebenfalls ein proportional gesteuertes Ventil zugeordnet sein, um auch hier das Auftreten von Druck- und Kraftspitzen in den jeweiligen Trocknungspfaden beim Übergang in den Regenerationsbetrieb zu vermeiden.

[0017] Um eine vereinfachte Montage sowie Wartung und gegebenenfalls Ersetzung der angesprochenen proportional gesteuerten Ventile zu ermöglichen, können die den Trocknungspfaden zugeordneten proportional gesteuerten Ventile und die den Unterdruckleitungen zugeordneten proportional gesteuerten Ventile gemeinsam in einem einzelnen ersten Ventilblock integriert oder verbaut sein, welcher als Ganzes aus dem Druckwechseladsorber ausbaubar ist. Auf diese Weise kann der Austausch einzelner Ventile vermieden werden, sodass durch das Ersetzen des gesamten Ventilblocks als einheitliche Baugruppe Zeit und Aufwand in derartigen Fällen eingespart werden können.

[0018] Ferner kann der erfindungsgemäße Druckwechseladsorber in jedem der Trocknungspfade ein Rückschlagventil umfassen und/oder die Trocknungspfade können über wenigstens eine Verbindungsleitung mit einer einstellbaren Düse miteinander verbunden sein, welche stromabwärts der jeweiligen Adsorptionsbehälter angeordnet ist. Hierbei dienen sowohl die genannten Rückschlagventile als auch die Verbindungsleitung mit einer einstellbaren Düse als Sicherheitsvorkehrung, die ein Beschädigen der weiteren in den Trocknungspfaden vorgesehenen Komponenten verhindern sollen.

[0019] Auch die Rückschlagventile und die Verbindungsleitung können in einem zweiten Ventilblock integriert sein, welcher als Ganzes aus dem Druckwechseladsorber ausbaubar ist, wobei der zweite Ventilblock vorzugsweise ferner eine Filtereinheit zur weiteren Reinigung des zu trocknenden Gases pro Trocknungspfad umfasst. Auch durch diese Maßnahme wird eine vereinfachte Montage und Wartung des erfindungsgemäßen Druckwechseladsorbers ermöglicht.

[0020] Ferner kann der erfindungsgemäße Druckwechseladsorber wenigstens eine Messeinheit zum Bestimmen eines Taupunkts und/oder eines Drucks umfassen, welche wiederum Daten für den Betrieb der Steuereinheit zur Ansteuerung der Ventile liefern oder auch zur Qualitätsüberprüfung des auszugehenden Gases beitragen können.

[0021] Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum kontinuierlichen Trocknen von Gasen mittels eines erfindungsgemäßen Druckwechseladsorbers der oben beschriebenen Art, wobei durch eine entsprechende Ansteuerung des wenigstens einen proportional

gesteuerten Ventils die Strömung des zu trocknenden Gases zwischen den wenigstens zwei Trocknungspfaden in einer graduellen Weise umgeschaltet wird. Hierdurch werden gemäß den oben beschriebenen Prinzipien Druck- und Kraftspitzen vermieden und Beschädigungen der Adsorptionsbehälter sowie des darin aufgenommenen aktiven Mediums zuverlässig verhindert.

[0022] Da erfindungsgemäße Druckwechseladsorber beispielsweise am Ausgang von Kompressoren, insbesondere für die Abfüllung von Druckluft, zum Einsatz kommen können, kann in dem erfindungsgemäßen Verfahren das bei dem Eingang des Druckwechseladsorbers zugeführte Gas einen Druck von mehr als 30 bar aufweisen und/oder Druckluft sein.

[0023] Wie oben bereits anhand der zu diesem Zweck einsetzbaren Komponenten des erfindungsgemäßen Druckwechseladsorbers beschrieben, kann ferner in dem erfindungsgemäßen Verfahren die Umschaltung der Strömung des zu trocknenden Gases zwischen den wenigstens zwei Trocknungspfaden durch die Steuereinheit auf Grundlage von durch den wenigstens einen Durchflusssensor und/oder die wenigstens eine Messeinheit gelieferten Daten erfolgen.

[0024] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung einer Ausführungsform davon noch deutlicher, wenn diese gemeinsam mit der beiliegenden **Fig. 1** betrachtet wird.

[0025] Diese **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Druckwechseladsorbers. Hierin ist in **Fig. 1** der erfindungsgemäße Druckwechseladsorber ganz allgemein mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet und kann beispielsweise am Ausgang eines nicht weiter dargestellten Kompressors angebaut sein, welcher ein unter Druck stehendes Gas liefert, beispielsweise Druckluft in einem Druckbereich von über 30 bar.

[0026] Hierbei wird das zugeführte zu trocknende Gas an einem Eingang 12 in den Druckwechseladsorber 10 eingegeben, hinter welchem zunächst einmal ein Sicherheits- bzw. Überdruckventil 14 vorgesehen ist, welches bei einem Überschreiten eines vorbestimmten Druckwerts öffnet, um eine Beschädigung der stromabwärts liegenden Komponenten bei einem Auftreten eines unvorhergesehen hohen Drucks zu verhindern.

[0027] Stromabwärts des Sicherheitsventils 14 teilt sich eine Eingangs-Sammelleitung 16 in zwei Zweige auf, welche jeweils einem ersten bzw. einem zweiten Trocknungspfad 18a und 18b entsprechen. Hierbei sind die beiden Trocknungspfade 18a und 18b identisch zueinander aufgebaut, sodass

im Folgenden lediglich eine allgemeine Beschreibung eines dieser Trocknungspfade 18a, 18b gegeben werden wird.

[0028] Unmittelbar hinter dem Verzweigungspunkt der Eingangs-Sammelleitung 16 in die beiden Trocknungspfade 18a, 18b findet sich in jedem der Trocknungspfade 18a, 18b ein proportional gesteuertes Ventil 20, welches ein Öffnen bzw. Schließen in einer graduellen Weise ermöglicht, wobei somit durch einen koordinierten Betrieb der beiden proportional gesteuerten Ventile 20 erlaubt wird, das über den Eingang 12 in den Druckwechseladsorber 10 eingegebene zu trocknende Gas nur jeweils einem der beiden Trocknungspfade 18a bzw. 18b zuzuführen.

[0029] Hierbei ist für die Koordinierung des Betriebs der beiden proportional gesteuerten Ventile 20 eine Steuereinheit 22 vorgesehen, welche betriebsmäßig mit den beiden Ventilen 20 gekoppelt und zu deren Ansteuerung eingerichtet ist. Stromabwärts der proportional gesteuerten Ventile 20 findet sich in den beiden Trocknungspfaden 18a, 18b zunächst jeweils eine Druckanzeige bzw. ein Manometer 24, mit welchem an dieser Stelle der in dem Trocknungspfad 18a bzw. 18b herrschende Druck bestimmt werden kann. Dieser an dieser Stelle gemessene Druck kann beispielsweise ebenfalls über eine entsprechende Datenverbindung der Steuereinheit 22 zugeführt werden und dort als Steuerungs- bzw. Regelgröße dienen.

[0030] Weiter stromabwärts von der Druckanzeige 24 findet sich nunmehr ein Adsorptionsbehälter 26, welcher als aktives Material zum Trocknen von hindurchströmendem Gas ein Molekularsieb mit einer vorbestimmten Aufnahmefähigkeit für dampfförmiges Wasser umfasst.

[0031] Hieran anschließend sind jeweilige Filtereinheiten 28 und Rückschlagventile 30 in den beiden Trocknungspfaden 18a und 18b vorgesehen, wobei zwischen den Filtereinheiten 28 und den Rückschlagventilen 30 eine Verbindungsleitung 32 zwischen den beiden Trocknungspfaden 18a, 18b vorgesehen ist, in welcher eine einstellbare Düse 34 integriert ist. Hierbei dienen sämtliche der Komponenten 28 bis 34 als Sicherheitsvorrichtungen, wobei sie in Form eines Ventilblocks 36 integriert sind, welcher als Ganzes aus dem Druckwechseladsorber 10 ausbaubar und somit in einfacher Weise ersetzbar ist.

[0032] Stromabwärts der Rückschlagventile 30 sind die beiden Trocknungspfade 18a und 18b nunmehr über eine Ausgangs-Sammelleitung 38 miteinander verbunden, in welcher ein weiterer Filter 40, ein Druckhalteventil 42 und ein Taupunkt-Messgerät 44 vorgesehen sind, welches erneut Daten an die

Steuereinheit 22 als Eingangsgröße für eine Steuerung oder Regelung des Betriebs der proportional gesteuerten Ventile 20 liefern kann. Schließlich kann das getrocknete Gas an einem Ausgang 46 entnommen und einer weiteren Verwendung zugeführt werden.

[0033] Um neben dem bereits angesprochenen Trocknungsbetrieb von zugeführtem Gas ferner einen Regenerationsbetrieb der jeweiligen Adsorptionsbehälter 26 der beiden Trocknungspfade 18a und 18b zu ermöglichen, ist jedem von diesen ferner eine Unterdruckleitung 48 zugeordnet, welche durch eine jeweilige Vakuumpumpe 50 mit einem Unterdruck beaufschlagt werden kann. Hierbei kann eine einzelne Vakuumpumpe 50 vorgesehen sein oder jedem der Trocknungspfade 18a, 18b eine eigene Vakuumpumpe 50 zur Verfügung stehen. Durch das Vorsehen der wenigstens einer Vakuumpumpe 50 können niedrige Taupunkte sowie eine hohe Aufnahmekapazität des Trocknungsmaterials erzielt werden.

[0034] Auch die beiden Unterdruckleitungen 48 sind mit einem jeweiligen proportional steuerbaren Ventil 52 versehen, welche in ähnlicher Weise wie die oben bereits angesprochenen Ventile 20 durch die Steuereinheit 22 ansteuerbar und betreibbar sind. Des Weiteren umfassen die Unterdruckleitungen 48 ein jeweiliges Taupunkt-Messgerät 54 und einen Durchflusssensor 56, welche erneut betriebsmäßig mit der Steuereinheit 22 gekoppelt sind und Daten zum Betreiben der Ventile 20 bzw. 52 liefern. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass derartige Durchflusssensoren 56 alternativ oder zusätzlichen in gleicher Weise ebenfalls den Trocknungspfaden 18a, 18b zugeordnet sein.

[0035] Indem nun in einem der beiden Trocknungspfade 18a bzw. 18b das erste proportional gesteuerte Ventil 20 geschlossen und das zweite proportional gesteuerte Ventil 52 geöffnet wird, um den von der Vakuumpumpe 50 erzeugten Unterdruck anzulegen, wird der entsprechende Adsorptionsbehälter 26 regeneriert, da in ihm angesammelte Feuchtigkeit wieder aus ihm ausgetragen wird, um ihn auf einen zukünftigen Trocknungsbetrieb vorzubereiten.

[0036] Zuletzt sei darauf hingewiesen, dass die Ventile 14, 20 und 52 ebenfalls sämtlich in einem einzelnen Ventilblock integriert sind, welcher einheitlich austauschbar und ersetzbar ist, um bei einer Wartung bzw. Montage des Druckwechseladsorbers 10 Zeit und Aufwand sparen zu können. Dieser weitere Ventilblock ist in **Fig. 1** mit dem Bezugszeichen 58 bezeichnet.

Patentansprüche

1. Druckwechseladsorber (10) für ein kontinuierliches Trocknen von Gasen, insbesondere in einem Druckbereich oberhalb von 30 bar, umfassend:

- einen Eingang (12) zum Zuführen eines zu trocknenden Gases;
- einen Ausgang (46) zum Ausgeben des getrockneten Gases; und
- wenigstens zwei parallel zueinander zwischen dem Eingang (12) und dem Ausgang (46) angeordnete Trocknungspfade (18a, 18b), welche jeweils wenigstens einen Adsorptionsbehälter (26) zum Trocknen eines dort hindurchströmenden Gases umfassen; wobei zwischen dem Eingang (12) und den Trocknungspfaden (18a, 18b) eine Eingang-Sammelleitung (16) vorgesehen ist und zwischen den Trocknungspfaden (18a, 18b) und dem Ausgang (46) eine Ausgang-Sammelleitung (38) vorgesehen ist; **dadurch gekennzeichnet**, dass er wenigstens ein proportional gesteuertes Ventil (20) umfasst, mittels welchem eine jeweilige Gasströmung in den wenigstens zwei Trocknungspfaden (18a, 18b) regelbar ist.

2. Druckwechseladsorber (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedem der Trocknungspfade (18a, 18b) ein jeweiliges proportional gesteuertes Ventil (20) zugeordnet ist, wobei die proportional gesteuerten Ventile (20) der Trocknungspfade (18a, 18b) für einen koordinierten Betrieb eingerichtet sind.

3. Druckwechseladsorber (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend eine Steuereinheit (22), welche mit dem wenigstens einen proportional gesteuerten Ventil (20) betriebmäßig gekoppelt und dazu eingerichtet ist, es während eines Trocknungsbetriebs des Druckwechseladsorbers (10) anzusteuern.

4. Druckwechseladsorber (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend wenigstens einen Durchflusssensor (56), welcher dazu eingerichtet ist, eine momentane Durchflussrate an Gas zu bestimmen, wobei der wenigstens eine Durchflusssensor (56) ggf. betriebmäßig mit der Steuereinheit (22) gekoppelt ist, um die momentane Durchflussrate betreffende Daten für die Steuerung des wenigstens einen proportional gesteuerten Ventils (20) zu liefern.

5. Druckwechseladsorber (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedem der Trocknungspfade (18a, 18b) wenigstens ein Durchflusssensor (56) zugeordnet ist, welcher vorzugsweise stromaufwärts des entsprechenden Adsorptionsbehälters (26) angeordnet ist.

6. Druckwechseladsorber (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass jeder der Adsorptionsbehälter (26) ein Molekularsieb mit einer vorbestimmten Aufnahmekapazität für dampfförmiges Wasser umfasst.

7. Druckwechseladsorber (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedem der Trocknungspfade (18a, 18b) ferner eine Vakuumpumpe (50) zugeordnet ist, welche dazu eingerichtet ist, in einem Betriebszustand, in welchem durch den entsprechenden Trocknungspfad (18a, 18b) kein zu trocknendes Gas strömt, einen Unterdruck darin zu erzeugen, wobei die jeweilige Vakuumpumpe (50) dem entsprechenden Trocknungspfad (18a, 18b) über eine Unterdruckleitung (48) zugeordnet ist.

8. Druckwechseladsorber (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Unterdruckleitung (48) ebenfalls ein proportional gesteuertes Ventil (52) zugeordnet ist.

9. Druckwechseladsorber (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die den Trocknungspfaden (18a, 18b) zugeordneten proportional gesteuerten Ventile (20) und die den Unterdruckleitungen (48) zugeordneten proportional gesteuerten Ventile (52) gemeinsam in einem einzelnen Ventilblock (58) integriert sind, welcher als Ganzes aus dem Druckwechseladsorber (10) ausbaubar ist.

10. Druckwechseladsorber (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedem der Trocknungspfade (18a, 18b) ein Rückschlagventil (30) zugeordnet ist und/oder die Trocknungspfade (18a, 18b) über wenigstens eine Verbindungsleitung (32) mit einer einstellbaren Düse (34) miteinander verbunden sind, welche stromabwärts der jeweiligen Adsorptionsbehälter (26) angeordnet ist.

11. Druckwechseladsorber (10) nach Anspruch 10, dadurch die Rückschlagventile (30) und die Verbindungsleitung (32) in einem zweiten Ventilblock (36) integriert sind, welcher als Ganzes aus dem Druckwechseladsorber (10) ausbaubar ist, wobei der zweite Ventilblock (36) vorzugsweise ferner eine Filtereinheit (28) pro Trocknungspfad (18a, 18b) umfasst.

12. Druckwechseladsorber (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend wenigstens eine Messeinheit (44) zum Bestimmen eines Taupunkts und/oder eines Drucks.

13. Verfahren zum kontinuierlichen Trocknen von Gasen mittels eines Druckwechseladsorbers (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch eine entsprechende Ansteuerung des wenigstens einen proportional gesteuerten Ventils (20) die Strömung des

zu trocknenden Gases zwischen den wenigstens zwei Trocknungspfaden (18a, 18b) in einer graduellen Weise umgeschaltet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das bei dem Eingang (12) des Druckwechseladsorbers (10) zugeführte Gas einen Druck von mehr als 30 bar aufweist und/oder Druckluft ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umschaltung der Strömung des zu trocknenden Gases zwischen den wenigstens zwei Trocknungspfaden (18a, 18b) durch die Steuereinheit (22) auf Grundlage von durch den wenigstens einen Durchflusssensor (56) und/oder die wenigstens eine Messeinheit (44) gelieferten Daten erfolgt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

