



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 18 171 T2 2008.12.24**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 421 986 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 53/04 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 18 171.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 257 183.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **14.11.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.05.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **19.12.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.12.2008**

(30) Unionspriorität:

0227222 21.11.2002 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:

Air Products and Chemicals, Inc., Allentown, Pa., US

(72) Erfinder:

Kalbassi, Mohammed Ali, Weybridge Surrey KT13 8SP, GB; Haben, Christopher, Woking Surrey GU22 9AA, GB; O'Connor, Declan Patrick, Chessington Surrey KT9 1QN, GB

(74) Vertreter:

Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Regeneration von Adsorptionsmitteln**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verwendung bei der Adsorption von Komponenten aus Gasen und der anschließenden Regeneration des Adsorptionsmittels durch thermisch induzierte Desorption von adsorbierten Komponenten, einschließlich der Vorreinigung von Luft vor der Tieftemperaturdestillation.

[0002] Es ist unter einer Anzahl von Umständen erforderlich, Gaskomponenten aus einem Gasstrom durch Adsorption an einem festen Adsorptionsmittel mit periodischer Regeneration des Adsorptionsmittels zu entfernen. Die entfernten Gaskomponenten können von eigenem Wert sein oder sie können unreinigende Komponenten in dem Gasgemisch sein.

[0003] In solchen Verfahren wird der Gasstrom herkömmlich in Kontakt mit einem festen Adsorptionsmittel, das in einem Adsorbergefäß enthalten ist, durchgeführt, um die Komponente oder die Komponenten, die entfernt werden soll(en), zu adsorbieren, und diese sammeln sich allmählich im Adsorptionsmittel an. Die Konzentration der entfernten Komponente oder Komponenten im Adsorptionsmittel steigt gewöhnlich an und, wenn der Prozess für einen ausreichenden Zeitraum fortgesetzt wird, durchbrechen die adsorbierten Komponenten das stromabseitige Ende des Adsorptionsmittelbetts. Bevor dies geschieht, ist es erforderlich, das Adsorptionsmittel zu regenerieren.

[0004] In einem Druckschwingadsorptions-System (PSA-System) wird dies durch Stoppen der Strömung von zu behandelndem Gas in das Adsorptionsmittel, Druckverminderung des Adsorptionsmittels und gewöhnlich durch Leiten einer Strömung von Regenerationsgas, das in seinem Gehalt der an dem Bett adsorbierten Komponente niedrig ist, durch das Bett im Gegenstrom zur Produktzuführungsrichtung durchgeführt. Wahlweise kann eine gewisse Wärme zum Regenerationsgasstrom hinzugefügt werden, aber normalerweise besteht das Ziel darin, die Regeneration zu beginnen, bevor die durch Adsorption der adsorbierten Komponente am Adsorptionsmittelbett erzeugte Wärme aus dem Adsorptionsmittel enthaltenden Gefäß heraus fortgeschritten ist.

[0005] Die Richtung des Wärmeimpulses wird durch den Prozess der Regeneration umgekehrt und die Wärme, die von der Adsorption der fraglichen Gaskomponente abgeleitet ist, wird für das Desorbieren dieser Komponente während der Regeneration verwendet. Dies vermeidet zumindest weitgehend den Bedarf, während des Regenerationsschritts Wärme hinzuzufügen.

[0006] Eine alternative Prozedur ist als Temperaturschwingadsorption (TSA) bekannt. Bei der TSA wird

die Zykluszeit verlängert und der vorstehend erwähnte Wärmeimpuls wird aus dem stromabseitigen Ende des Adsorptionsmittelbetts während der Zufuhr- oder Online-Periode austreten lassen. Um die Regeneration zu erreichen, ist es daher erforderlich, Wärme zu liefern, um die adsorbierte Gaskomponente zu desorbieren. Dazu wird das verwendete Regenerationsgas für eine Periode erhitzt, um einen Wärmeimpuls zu erzeugen, der sich im Gegenstrom zur normalen Zuführungsrichtung durch das Bett bewegt. Dieser Strömung von erwärmtem Regenerationsgas folgt gewöhnlich eine Strömung von kaltem Regenerationsgas, das die Verdrängung des Wärmeimpulses durch das Bett in Richtung des stromaufseitigen Endes fortsetzt. Die TSA ist durch eine verlängerte Zykluszeit im Vergleich zur PSA gekennzeichnet. Eine Variante von TSA ist von Gemmingen, U. in "Designs of Adsorptive Driers in Air Separation Plants" – Reports on Technology 54–94 – (Linde) unter Verwendung von niedrigeren als normalen Temperaturen, d. h. 80° bis 130°C, und kurzen Zykluszeiten, beschrieben.

[0007] Eine Modifikation des klassischen TSA-Prozesses ist in US 5855650 beschrieben, die als TPSA bekannt ist. Hier wird das Regenerationsgas während einer Regenerationsperiode derart erwärmt, dass die zum Regenerationsgas hinzugefügte Wärme nicht mehr als 90 Prozent der Adsorptionswärme ist, die während der Adsorption der Gaskomponenten, die adsorbiert sind, freigesetzt wird. Die Regeneration wird nach dem Beenden der Erwärmung des Regenerationsgases fortgesetzt, um weiterhin die adsorbierte Gasstromkomponente zu desorbieren.

[0008] Eine weitere Variante des TSA-Prozesses, die als TEPSA bekannt ist, ist in US 5614000 beschrieben. Hier werden zwei verschiedene Gaskomponenten wie z. B. Wasser und Kohlendioxid während der Online-Periode adsorbiert. Ein erwärmtes Regenerationsgas wird während der Regeneration im Gegenstrom zur Zuführungsrichtung zugeführt, um einen Wärmeimpuls zu erzeugen, der in der Gegenstromrichtung läuft, um die weniger stark adsorbierte der zwei adsorbierten Komponenten zu desorbieren. Die Erwärmung des Regenerationsgases wird dann beendet und das Zuführen des Regenerationsgases fährt fort, um zu ermöglichen, dass die stärker adsorbierte Komponente durch Druckschwingdesorption desorbiert wird, wobei das Regenerationsgas mit einem Druck zugeführt wird, der niedriger ist als der Druck während der Online-Periode.

[0009] In TEPSA-Systemen ist gewöhnlich die Periode, für die das Regenerationsgas erwärmt wird, im Vergleich zu klassischen TSA-Systemen verringert.

[0010] Gewöhnlich liegen in Systemen der vorstehend beschriebenen Art mindestens zwei Adsorbergefäße vor und sind parallel verbunden. Zu irgendei-

nem gegebenen Zeitpunkt ist eines von diesen Online, um eine oder mehrere Komponenten von einem Speisegasstrom zu adsorbieren, während das andere regeneriert wird oder auf die Regeneration wartet oder darauf wartet, dass es wieder online kommt. Die Adsorptionsmittel enthaltenden Gefäße sind jeweils über einen ersten Rohrverteiler mit einer Quelle für Gas, das gereinigt werden soll, verbunden. Die stromabseitigen Enden der Adsorptionsgefäße sind ebenso über einen zweiten Rohrverteiler mit einer Quelle für Regenerationsgas verbunden.

[0011] Die gewöhnliche Anordnung bestand für eine Heizvorrichtung für das vorzusehende Regenerationsgas an einer Stelle, die stromabwärts vom zweiten Rohrverteiler in der Produktzuführungsrichtung (stromaufwärts in der Regenerationsgas-Zuführungsrichtung) liegt, so dass sie zum Liefern von erwärmtem Gas zu einem der zwei Adsorbergefäße, wie erforderlich, dient.

[0012] Eine alternative Anordnung besteht darin, eine Heizvorrichtung innerhalb jedes der Adsorbergefäße stromaufwärts von oder innerhalb des Adsorptionsmittels vorzusehen (siehe US 5213593, WO 96/14917 und US 3193985 als typische Beispiele). Eine solche Heizvorrichtung kann sich durch ein inneres Rohr erstrecken, das von einem Ende des Gefäßes bis nahe zum anderen Ende verläuft.

[0013] Wie wir nun erkannt haben, weisen beide von diesen Anordnungen signifikante Nachteile auf. Wenn eine gemeinsame Heizvorrichtung auf der anderen Seite eines Rohrverteilers, der mit beiden Adsorbergefäßen verbindet, angeordnet wird, dauert es einen beträchtlichen Zeitraum, bis das in der Heizvorrichtung erwärmte Gas das Adsorptionsmittel in den Betten erreicht und beginnt dieses zu erwärmen.

[0014] Es muss nicht nur die Zeit, die erforderlich ist, bis das Gas von der Heizvorrichtung zu den Adsorptionsmittelbetten geleitet sind, sondern auch die Bereitstellung von zusätzlicher Wärme auf Grund des Bedarfs, dass das Gas das ganze zwischenliegende Rohr- und Ventilsystems aufheizt, bevor die volle Temperatur des erwärmten Regenerationsgases beginnt, auf das Adsorptionsmittel aufgebracht zu werden, berücksichtigt werden. Dies ist von speziellem Belang, wenn der Zeitraum, während dessen das Regenerationsgas erhitzt wird, relativ kurz ist wie in Systemen vom TPSA- und TEPESA-Typ.

[0015] Wenn die Heizvorrichtung andererseits in dem das Adsorptionsmittel enthaltenden Gefäß selbst installiert ist, verursacht dies Schwierigkeiten beim Zugang für die Heizvorrichtungswartung und Schwierigkeiten beim Füllen der Adsorbergefäße mit Adsorptionsmittel. Es verursacht auch eine Schwierigkeit auf Grund eines Mangels an Mischen, schlechter Verteilung und einer weniger als optima-

len Wärmeübertragung beim Sicherstellen, dass jedes Adsorptionsmittelpartikel auf eine angemessene Temperatur für die vollständige Regeneration erwärmt wird. Adsorptionsmaterialien sind nicht durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit gekennzeichnet und der Wärmeübertragungskoeffizient zwischen dem Gas und dem Adsorptionsmittel ist schlecht. Verschiedene Arten einer Heizvorrichtung wurden in Adsorbergefäßen verwendet, einschließlich Mikrowellenstrahlung, elektrischer Heizelemente, externer Heizmäntel mit radialen Rippen, die in das Gefäßinnere ragen, und der Verwendung von sich axial erstreckenden Curie-Punkt-Heizvorrichtungen. Alle von diesen direkten Heizverfahren leiden jedoch unter den vorstehend erörterten Schwierigkeiten.

[0016] EP 1072302 A offenbart eine Anordnung, in der ein Rohr mit katalytischem Material in porösen Wänden vom Körper einer Kammer, die eine Heizvorrichtung enthält, herabhängt. Regenerationsgas wird in die Kammer geleitet, um das katalytische Material zu erwärmen und durch dieses zu strömen.

[0017] In einem ersten Aspekt schafft die Erfindung ein TEPESA-Schwingadsorptionsverfahren zum Entfernen von mindestens zwei Komponenten, einschließlich einer weniger stark adsorbierten Komponente und einer stärker adsorbierten Komponente, aus einem Gasgemisch, wobei das Verfahren umfasst:

in einer Adsorptionsphase Leiten des Gasgemisches in einer ersten Richtung in ein Adsorbergefäß mit einem Einlass für das Gasgemisch und einem Auslass für gereinigtes Gas, die durch einen Strömungsweg mit einer Strömungskammer, die einen Adsorptionsmittelkörper enthält, getrennt sind, und mit einem Einlass für Regenerationsgas und einem Auslass für Regenerationsgas, die durch einen Strömungsweg mit der Strömungskammer getrennt sind, wobei der Einlass für das Gasgemisch und der Auslass für gereinigtes Gas wahlweise auch den Auslass für Regenerationsgas und den Einlass für Regenerationsgas bilden, wobei der Einlass für Regenerationsgas eine Einlassdüse aufweist, die mindestens ein Heizelement enthält, wobei der Adsorptionsmittelkörper ein erstes Ende, das zum Einlass für Regenerationsgas benachbart ist, und ein zweites Ende, das vom Einlass für Regenerationsgas entfernt ist, aufweist, und das oder jedes Heizelement so angeordnet ist, dass es nicht das erste Ende des Adsorptionsmittelkörpers durchdringt, so dass das Gasgemisch durch die Adsorption der mindestens zwei Komponenten gereinigt wird, und nach einer Periode Stoppen der Strömung des Gasgemisches in das Gefäß, und in einer Regenerationsphase Leiten von Regenerationsgas in das Gefäß durch den Einlass für Regenerationsgas in einer entgegengesetzten Strömungsrichtung, während das Regenerationsgas durch das Heizelement für eine Periode erwärmt wird, um die weniger stark adsorbierte Komponente zu desorbieren.

ren, Beenden der Erwärmung des Regenerationsgases und weiterhin Leiten von Regenerationsgas mit einem niedrigeren Druck als dem Druck während der Adsorptionsphase, um die stärker adsorbierte Komponente zu desorbieren, Stoppen der Strömung des Regenerationsgases und Wiederaufnehmen der Strömung des Gasgemisches.

[0018] Das Erwärmen wird vorzugsweise in der Regenerationsphase für eine Periode fortgesetzt, die 90 Minuten nicht übersteigt (geeignet für TEP SA), wahlweise 60 Minuten nicht übersteigt, z. B. 30 Minuten nicht übersteigt.

[0019] Der Abstand zwischen dem Heizelement oder den Heizelementen und dem Adsorptionsmittel ist vorzugsweise derart, dass die Wärmeimpulslaufzeit zwischen dem am weitesten stromabseitigen Punkt des Heizelements oder der Heizelemente und dem Adsorptionsmittel nicht mehr als 4 Minuten ist.

[0020] Beim Einleiten einer konstanten Erwärmungsrate des Regenerationsgases erreicht das Regenerationsgas unmittelbar stromaufwärts vom Adsorptionsmittel vorzugsweise eine im Wesentlichen stationäre Temperatur innerhalb nicht mehr als 1 Minute.

[0021] Geeigneterweise ist das Gas, das gereinigt wird, Luft und die durch Adsorption entfernten Komponenten umfassen Wasser und Kohlendioxid.

[0022] Die Erfindung umfasst ein Verfahren zur Lufttrennung durch Tieftemperaturdestillation, um ein sauerstoffreiches Gas und ein stickstoffreiches Gas zu erzeugen, umfassend eine Vorreinigung der Luft, um zumindest Kohlendioxid und Wasser zu entfernen, die durch ein vorstehend beschriebenes Schwingadsorptionsverfahren durchgeführt wird.

[0023] In einem zweiten Aspekt schafft die Erfindung eine Vorrichtung zur Verwendung bei der Entfernung von mindestens zwei Komponenten, einschließlich einer weniger stark adsorbierten Komponente und einer stärker adsorbierten Komponente, aus einem Gasgemisch durch ein TEP SA-Schwingadsorptionsverfahren mit einer Adsorptionsmittelregenerationsphase, wobei die Vorrichtung umfasst: ein Adsorbergefäß mit einem Einlass für das Gasgemisch und einem Auslass für gereinigtes Gas, die durch einen Strömungsweg mit einer Strömungskammer, die einen Adsorptionsmittelkörper enthält, getrennt sind, und mit einem Einlass für Regenerationsgas und einem Auslass für Regenerationsgas, die durch einen Strömungsweg mit der Strömungskammer getrennt sind, wobei der Einlass für das Gasgemisch und der Auslass für gereinigtes Gas wahlweise auch den Auslass für Regenerationsgas und den Einlass für Regenerationsgas bilden, wobei der Einlass für Regenerationsgas eine Einlassdüse

aufweist, die mindestens ein Heizelement enthält, wobei der Adsorptionsmittelkörper ein erstes Ende, das zum Einlass für Regenerationsgas benachbart ist, und ein zweites Ende, das vom Einlass für Regenerationsgas entfernt ist, aufweist, und das oder jedes Heizelement so angeordnet ist, dass es nicht das erste Ende des Adsorptionsmittelkörpers durchdringt,

eine Quelle für ein zu trennendes Gasgemisch, die mit dem Einlass für das Gasgemisch verbunden ist, eine Quelle für Regenerationsgas, die mit dem Einlass für Regenerationsgas verbunden ist, und ein Steuermittel zum Betreiben eines TEP SA-Zyklus zur Adsorption und Regeneration, in dem:

ein Gasgemisch über das Adsorptionsmittel in einer ersten Strömungsrichtung geleitet wird und durch die Adsorption der mindestens zwei Komponenten gereinigt wird, und die Strömung des Gasgemisches über das Adsorptionsmittel gestoppt wird,

ein Regenerationsgas über das Adsorptionsmittel in einer entgegengesetzten Strömungsrichtung geleitet wird, wobei das Regenerationsgas durch das Heizelement erwärmt wird, um die weniger stark adsorbierte Komponente zu desorbieren,

das Erwärmen des Regenerationsgases beendet wird und Regenerationsgas mit einem niedrigeren Druck als dem Druck während der Adsorptionsphase weiterhin über das Adsorptionsmittel geleitet wird, um die stärker adsorbierte Komponente zu desorbieren, und

die Strömung des Regenerationsgases gestoppt wird und die Strömung des Gasgemisches wieder aufgenommen wird.

[0024] Die Geschwindigkeit der Gasströmung durch die Düse wird auf der Basis der Volumendurchflussrate des Gases und der Querschnittsfläche der Düse, die ihre gesamte Querschnittsgröße minus der von den Heizelementen darin belegte Raum ist, berechnet.

[0025] Die Oberflächengefäßgeschwindigkeit ist in diesem Zusammenhang die Gasgeschwindigkeit, die auf der Basis der Volumendurchflussrate des Gases durch das Adsorptionsgefäß und der Querschnittsfläche des Strömungsweges des Gases durch das Gefäß berechnet wird, wobei die Anwesenheit von Adsorptionsmittel darin ignoriert wird.

[0026] Das Verhältnis der Gasgeschwindigkeit über die Heizelemente zur Oberflächengefäßgeschwindigkeit im Adsorbergefäß unterscheidet ferner die bevorzugte Anordnung gemäß der Erfindung von der Verwendung von Heizelementen innerhalb der Adsorbergefäße und schafft ein verbessertes Mischen und eine verbesserte Gleichmäßigkeit der Erwärmung des Regenerationsgases und daher des Adsorptionsmittels, was einen hohen Wärmeübertragungskoeffizienten zwischen den Heizelementen und dem Regenerationsgas schafft.

[0027] Der Ort der Heizelemente vielmehr innerhalb einer Einlassdüse, die mit dem Adsorbergefäß verbunden, als an einem entfernten Ort, der mit dem Adsorbergefäß über ein Rohr- und Ventilsystem verbunden ist, das einen Rohrverteiler bildet, stellt sicher, dass die auf das Regenerationsgas aufgebrachte Wärme viel schneller auf das Adsorptionsmittel in einem viel besser geordneten und geformten Wärmeimpuls übertragen wird, was das Minimieren der Regenerationszykluszeit ermöglicht.

[0028] Die Regeneration des Adsorptionsmittels wird geeigneterweise unter Verwendung von Regenerationsgas bei einer Temperatur über der Bettadsorptionstemperatur, geeignet als Temperatur von 0 bis 200°C, vorzugsweise 40 bis 100°C, ausgeführt. Der Prozess kann mit einem Molardurchflussverhältnis von Regenerationsgas zum Zuführungsgas von 0,05 bis 0,8 oder bevorzugter 0,1 bis 0,5 betrieben werden.

[0029] Geeigneterweise wird in einem TEP-SA-Prozess das Zuführungsgas zur Adsorptionszone für einen Zeitraum von 10 bis 200 min. und vorzugsweise 20 bis 120 min. in Abhängigkeit von der Reinigungsgasverfügbarkeit zugeführt.

[0030] In einem Gefäß der Erfindung ist der Abstand von dem mindestens einen Heizelement zum Adsorptionsmittel im Gefäß vorzugsweise nicht mehr als 2,5 Meter, bevorzugter nicht mehr als 1,5 Meter, z. B. etwa 0,5 Meter.

[0031] Vorzugsweise umfasst eine solche Vorrichtung zwei oder mehr Adsorptionsgefäße, die zum Betrieb parallel angeordnet sind, so dass mindestens ein Gefäß für die Adsorption online ist, während mindestens ein anderes Gefäß regeneriert wird.

[0032] Das Steuermittel betreibt die Vorrichtung, um TEP-SA durchzuführen.

[0033] Die Erfindung wird mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen weiter beschrieben und erläutert, in denen:

[0034] [Fig. 1](#) eine typische TSA-Vortrennungseinheit zeigt, die an einer Tieftemperatur-Lufttrennvorrichtung angebracht ist;

[0035] [Fig. 2](#) eine schematische Längsschnittansicht eines Endes eines Adsorbergefäßes gemäß der Erfindung zeigt;

[0036] [Fig. 3](#) in einer Weise ähnlich zu [Fig. 2](#) eine Variante der Vorrichtung von [Fig. 2](#) zeigt, in der das Adsorptionsmittelbett ein Radialströmungsbett ist; und

[0037] [Fig. 4](#) in einem halben Schnitt eine Variante

der Vorrichtung von [Fig. 2](#) zeigt, die eine alternative Art von Heizvorrichtung verwendet.

[0038] Obwohl die Erfindung auf die Trennung von Gaskomponenten von Gasgemischen durch einen Schwingadsorptionsprozess umfassend anwendbar ist, werden wir sie in der folgenden Beschreibung mit Bezug auf die Vorreinigung von Luft durch die Entfernung von Wasser, Kohlendioxid oder anderen geringeren Verunreinigungen vor der Tieftemperaturlufttrennung veranschaulichen.

[0039] Die Tieftemperaturtrennung von Luft erfordert einen Vorreinigungsschritt für die Entfernung von sowohl hochsiedenden als auch gefährlichen Materialien. Hochsiedende Hauptluftkomponenten umfassen Wasser und Kohlendioxid. Wenn die Entfernung dieser Verunreinigungen aus der Umgebungsluft nicht erreicht wird, dann gefrieren Wasser und Kohlendioxid in kalten Abschnitten des Trennprozesses (einschließlich Wärmetauschern und des Flüssigsauerstoffsumpfs), was einen Druckabfall, Strömungsprobleme und Betriebsprobleme verursacht. Verschiedene gefährliche Materialien müssen auch entfernt werden, einschließlich Acetylen, Stickoxid und anderer Kohlenwasserstoffe. Die hochsiedenden Kohlenwasserstoffe sind ein Problem, da sie sich im LOX-Abschnitt der Destillationskolonne konzentrieren, was zu einer potentiellen Explosionsgefahr führt.

[0040] Typischerweise wird die Vorreinigung von Luft durch Adsorptionsreinigungsprozesse ausgeführt, die TSA oder PSA umfassen können.

[0041] TSA-Prozesse erfordern, dass ein Regenerationsgasstrom auf eine Temperatur über der Umgebungstemperatur erhitzt wird. Historisch können diese Prozesse eine Regenerationsgastemperatur von 150°C oder höher beinhalten. Eine typische Anordnung ist, dass eine Regenerationsheizvorrichtung gemeinsam genutzt zwischen Adsorbergefäßen installiert und mit ihnen durch eine Anordnung von Rohren und Ventilen im Allgemeinen, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, verbunden ist.

[0042] Hier umfasst eine Lufttrennanlage einen Tieftemperatur-Destillationsabschnitt **10** und einen Vorreinigungsabschnitt **12**. Der Vorreinigungsabschnitt umfasst einen Hauptluftkompressor **14**, der komprimierte Luft einem Nachkühler **16** zuführt, der bewirkt, dass Umgebungswasser aus der komprimierten und gekühlten Luft kondensiert, die in einen Scheider **18** entfernt wird, bevor die komprimierte Luft in einem Unterkühler **20** weiter gekühlt wird. Die gekühlte komprimierte Luft wird einer Einlassrohrverteileranordnung **22** zugeführt, die die stromaufseitigen Enden von jedem von zwei identischen Adsorbergefäßen **24**, **26** verbindet. Jedes von diesen enthält eine oder mehrere Schichten eines festen Adsorptionsmittels, die ein Adsorptionsmittelbett **28** bilden, das ein erstes

Ende **54** und ein entgegengesetztes Ende **56** aufweist. Ein Raum **57** ist über dem Bett **28** vorgesehen und ein ähnlicher Raum ist unter dem Bett **28** vorgesehen. Die Adsorbergefäße **24**, **26** sind an ihren oberen oder stromabseitigen Enden durch eine stromabseitige Rohrverteileranordnung **30** verbunden. Stromabwärts vom Rohrverteiler **30** befindet sich eine Heizvorrichtung **32**, die zum Empfangen eines Stroms von trockenem Gas, z. B. Stickstoff, von der Tieftemperatur-Trenneinheit **10** über eine Leitung **34** verbunden ist. Gereinigte komprimierte Luft wird vom Vorreinigungsabschnitt **12** dem Tieftemperatur-Trennabschnitt **10** über eine Leitung **36** zugeführt.

[0043] Bei der Verwendung wird komprimierte Luft durch den Einlassrohrverteiler **22** einem der zwei Betten **24**, **26** zugeführt, in denen Wasser, Kohlendioxid und andere Verunreinigungen adsorbiert werden. Die gereinigte Luft strömt über den Rohrverteiler **30** in der Leitung **36** in die Tieftemperatur-Lufttrenneinheit **10**. Zu einem geeigneten Zeitpunkt, nachdem die Adsorption für einen ausreichenden Zeitraum fortgefahren ist, wird der Strom von Einlassluft zum anderen der zwei Adsorbergefäße **24**, **26** unter Verwendung des Einlassrohrverters **22** umgeschaltet. Ein Gasstrom, z. B. Stickstoff, wird dann durch die Leitung **34** zur Heizvorrichtung **32** und durch den Auslassrohrverteiler **30** zu dem Bett geleitet, das vorher online war.

[0044] Gemäß der von der Erfindung bereitgestellten Verbesserung wird die Heizvorrichtung **32** entfernt und jedes der zwei Adsorbergefäße wird mit einer Heizvorrichtung versehen, die innerhalb einer Einlassdüse für Regenerationsgas am stromabseitigen Produktstromende des Adsorbergefäßes enthalten ist, wie in [Fig. 2](#) gezeigt. Hier ist das Gefäß **24** mit einer Düse **40** benachbart zum ersten Ende **54** des Adsorptionsmittels **28** und mit einem Einlassarm **42** und einem mit Flansch versehenen Auslass **44** ausgestattet gezeigt, der mit einem Flansch **46** an der Mündung des Adsorbergefäßes **24** in Eingriff gebracht ist. Innerhalb des Hauptabschnitts der Düse **40** ist eine Heizeinheit **48** mit mehreren fingerartigen Heizelementen **50** vorgesehen, die sich parallel zueinander und in rechten Winkeln zum Einlassarm **42** und im Allgemeinen parallel zur Achse des Adsorbergefäßes **24** erstrecken.

[0045] Ein Verteiler oder eine Filteranordnung **52** ist zwischen den Flanschen **44**, **46** angebracht und erstreckt sich unter die Enden der Heizelemente nach unten. Die Heizelemente enden kurz vor dem oberen Ende **54** des Adsorptionsmittelbetts **28**.

[0046] Wenn das Gefäß **24** regeneriert werden soll, wird Regenerationsgas dem Einlass **42** über den Rohrverteiler **30** zugeführt und die Heizvorrichtung **48** wird eingeschaltet, um das Regenerationsgas zu erwärmen, wenn es durch die Düse strömt.

[0047] Dies führt zu einer unmittelbaren und gleichmäßigen Erwärmung des Regenerationsgases, wenn es in das Adsorbergefäß **24** eintritt.

[0048] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, ist eine alternative Ausführungsform ähnlich, außer dass das Adsorptionsmittelbett vielmehr für eine Radialströmung als die axiale Strömung von [Fig. 2](#) konfiguriert ist. Das Adsorptionsmittel ist unter einer ringförmigen Wand **60** am ersten Ende **54** des Adsorptionsmittelbetts **28** angeordnet. Von der Düse **40** erstreckt sich ein axial verlaufendes Rohr **62** nach unten durch das Bett von Adsorptionsmittel und ist innerhalb des Betts mit Wandperforationen **64** versehen. Das Rohr **62** endet an einer Abdeckplatte (nicht dargestellt), die das zweite Ende des Betts verschließt, wobei die Abdeckplatte Öffnungen um ihre Kante aufweist, die einen Gasdurchgang in einen und von einem ringförmigen Raum **66** radial außerhalb des Adsorptionsmittelbetts ermöglichen, der mit einem Raum unter dem Adsorptionsmittelbett in Verbindung steht, von dem ein Auslass für Regenerationsgas (der auch als Einlass für zu reinigendes Gas dient) führt. Wie auf dem Fachgebiet bekannt, kann die Verbindung vom und mit dem Raum **66** mit dem Raum **57** sein und ein Auslass/Einlass kann in der Wand des Gefäßes, die mit diesem Raum in Verbindung steht, vorgesehen sein.

[0049] Bei der Verwendung strömt zu reinigendes Gas durch den Einlass für Zuführungsgas (nicht dargestellt) in das Gefäß radial einwärts durch das Adsorptionsmittel, in das Rohr **62** und durch die Düse **40** nach außen. Für die Regeneration wird Regenerationsgas über die Düse **40** eingeleitet, wobei es durch die Elemente **50** erwärmt wird, strömt nach unten durch das Rohr **62** und über die Perforationen **64** in das Adsorptionsmittelbett **28**. Das Regenerationsgas wird aus dem ringförmigen Raum **66** zurückgewonnen und wird über den Auslass für Regenerationsgas ausgelassen.

[0050] In [Fig. 4](#) nimmt die Düse **40** die Form eines Rohrs an, das mit einer Zuführung von Regenerationsgas und mit einer Gastrenneinheit verbunden ist, wobei das Rohr an einem Flansch **44** endet, von dem eine Anzahl von druckdichten Heizrippen **70** herabhängt, in denen jeweilige Heizelemente **50** angeordnet sind. Wenn diese gespeist werden, wird Wärme von den Elementen **50** in die Heizrippen übertragen. Da diese in einem Bereich mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten angeordnet sind, sind sie bei der Übertragung von Wärme auf das Regenerationsgas effizient. Auf Grund der hohen Turbulenz in der Heizvorrichtung wird das Gas gut vermischt. Wenn die Filteranordnung **52** enthalten ist, die optional ist, geschieht ein zusätzliches Mischen. Folglich wird das Adsorptionsmittelbett einer Regenerationsgasströmung mit einer homogenen Temperatur ausgesetzt.

[0051] Die Wärmequelle für die Heizelemente kann

von verschiedenen Arten sein, einschließlich elektrischer Widerstandsheizvorrichtungen, Mikrowellen und Dampf.

[0052] Die Vorteile der Erfindung, wie dargestellt, umfassen die Vermeidung von Aufwand, der mit einem separaten Heizvorrichtungsdruckgefäß und der thermischen Installation eines Rohrs, von Ventilen und der Adsorbergefäße selbst verbunden ist, die in dem Schema von [Fig. 1](#) jedes Mal, wenn die Erwärmung erforderlich ist, auch auf die Regenerationsgastemperatur erwärmt werden muss. Ferner werden die ungleichmäßige Erwärmung und andere Betriebsschwierigkeiten, die mit vorher erörterten Heizelementen innerhalb der Adsorbergefäße verbunden sind, vermieden.

[0053] Zur Erläuterung wäre unter der Annahme eines Durchflusses von 2700 Nm³/h (Normalkubikmeter pro Stunde) von Stickstoff als Regenerationsgas mit 1,1 Bar durch ein Rohr mit einem Durchmesser von 0,21 m über eine Strecke von 11 m von einer Heizvorrichtung zu einem Adsorptionsgefäß die Gasverweilzeit 5 Sekunden, aber die Wärmeimpulsverweilzeit (d. h. die Zeit, bis das Regenerationsgas, das am Gefäß ankommt, die volle Temperatur erreicht) wäre 12 Minuten. Bei 7 m von der Heizvorrichtung zum Gefäß wäre die Wärmeimpulsverweilzeit 10 Minuten. Unter Verwendung der Schemen gemäß der Erfindung, wie dargestellt, wäre jedoch die Wärmeimpulsverweilzeit im Wesentlichen null.

[0054] Die Erfindung kann auf andere Gefäßgeometrien als die dargestellten angewendet werden, z. B. auf horizontale sowie vertikale Adsorptionsbetten und auf Betten, in denen die Regenerationsströmung vielmehr aufwärts als abwärts, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, ist.

[0055] In dieser Patentbeschreibung wird, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, das Wort "oder" in der Hinsicht eines Operators verwendet, die einen wahren Wert zurückgibt, wenn eine oder beide der angegebenen Bedingungen erfüllt ist, im Gegensatz zu dem Operator "ausschließlich oder", der erfordert, dass nur eine der Bedingungen erfüllt ist. Das Wort "umfassend" wird vielmehr in der Hinsicht von "einschließend" verwendet, als dass es "bestehend aus" bedeutet.

Patentansprüche

1. TEPESA-Schwingadsorptionsverfahren zum Entfernen von wenigstens zwei Komponenten, die eine weniger stark adsorbierte Komponente und eine stärker adsorbierte Komponente enthalten, aus einem Gasgemisch, wobei das Verfahren umfasst: in einer Adsorptionsphase Leiten des Gasgemischs in einer ersten Richtung in ein Adsorbergefäß, das einen Einlass für das Gasgemisch und einen Auslass

für gereinigtes Gas umfasst, die durch einen Strömungsweg getrennt sind, der eine einen Adsorbenskörper enthaltende Strömungskammer aufweist, und einen Einlass für Regenerationsgas und einen Auslass für Regenerationsgas umfasst, die durch einen Strömungsweg getrennt sind, der die Strömungskammer aufweist, wobei der Einlass für das Gasgemisch und der Auslass für gereinigtes Gas optional auch den Auslass für Regenerationsgas bzw. den Einlass für Regenerationsgas bilden, wobei der Einlass für Regenerationsgas eine Einlassdüse besitzt, die wenigstens ein Heizelement enthält, wobei der Adsorbenskörper ein erstes Ende, das zu dem Einlass für Regenerationsgas benachbart ist, und ein zweites Ende, das von dem Einlass für Regenerationsgas entfernt ist, besitzt und das oder jedes Heizelement so angeordnet ist, dass es nicht durch das erste Ende des Adsorbenskörpers eindringt, so dass das Gasgemisch durch die Adsorption der wenigstens zwei Komponenten und nach einer Periode, in der die Strömung des Gasgemisches in das Gefäß angehalten wird, gereinigt wird, und in einer Regenerationsphase Leiten von Regenerationsgas in das Gefäß durch den Einlass für Regenerationsgas in einer entgegengesetzten Strömungsrichtung, wobei das Regenerationsgas durch das Heizelement während einer Periode erwärmt wird, um so die weniger stark adsorbierte Komponente zu desorbieren, Beenden des Erwärmens des Regenerationsgases und Fortsetzen des Leitens von Regenerationsgas unter einem Druck, der niedriger als der Druck während der Adsorptionsphase ist, um so die stärker adsorbierte Komponente zu desorbieren, Anhalten der Strömung des Regenerationsgases und Wiederherstellen der Strömung des Gasgemisches.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Heizen in der Regenerationsphase für eine Periode fortgesetzt wird, die 90 Minuten nicht übersteigt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das Heizen in der Regenerationsphase für eine Periode fortgesetzt wird, die 60 Minuten nicht übersteigt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem das Heizen in der Regenerationsphase für eine Periode fortgesetzt wird, die 30 Minuten nicht übersteigt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Abstand zwischen dem Heizelement oder den Heizelementen und dem Adsorbens derart ist, dass die Durchlaufzeit zwischen dem am weitesten stromabseitig befindlichen Punkt des Heizelements oder der Heizelemente und dem Adsorbens nicht mehr als 4 Minuten beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem bei der Initialisierung einer konstanten Erwärmungsrate des Regenerationsgases das Regenerationsgas unmittelbar stromaufseitig von dem Ad-

sorbens innerhalb von nicht mehr als 1 Minute eine im Wesentlichen stationäre Temperatur erreicht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das Gas Luft ist und die durch die Adsorption entfernten Komponenten Wasser und Kohlendioxid umfassen.

8. Verfahren zur Lufttrennung durch Tieftemperaturdestillation, um ein sauerstoffhaltiges Gas und ein stickstoffhaltiges Gas zu erzeugen, das eine Vorreinigung der Luft, um wenigstens Kohlendioxid und Wasser zu entfernen, umfasst, die durch ein Schwingadsorptionsverfahren nach Anspruch 7 ausgeführt wird.

9. Verfahren für die Verwendung bei der Entfernung von wenigstens zwei Komponenten, die eine weniger stark adsorbierte Komponente und eine stärker adsorbierte Komponente enthalten, aus einem Gasgemisch durch einen TEPESA-Schwingadsorptionsprozess, der eine Adsorptions-Regenerations-Phase besitzt, wobei die Vorrichtung umfasst: ein Adsorbergefäß, das einen Einlass für das Gasgemisch und einen Auslass für gereinigtes Gas umfasst, die durch einen Strömungsweg getrennt sind, der eine einen Adsorbenskörper enthaltende Strömungskammer enthält, und einen Einlass für Regenerationsgas und einen Auslass für Regenerationsgas umfasst, die durch einen die Strömungskammer enthaltenden Strömungsweg getrennt sind, wobei der Einlass für das Gasgemisch und der Auslass für gereinigtes Gas optional auch den Auslass für Regenerationsgas bzw. den Einlass für Regenerationsgas bilden, wobei der Einlass für Regenerationsgas eine Einlassdüse besitzt, die wenigstens ein Heizelement enthält, wobei der Adsorbenskörper ein erstes Ende, das zu dem Einlass für Regenerationsgas benachbart ist, und ein zweites Ende, das von dem Einlass für Regenerationsgas entfernt ist, aufweist und das oder jedes Heizelement so angeordnet ist, dass es nicht durch das erste Ende des Adsorbenskörpers dringt, eine Quelle für das zu trennende Gasgemisch, die mit dem Einlass für das Gasgemisch verbunden ist, eine Quelle für Regenerationsgas, die mit dem Einlass für Regenerationsgas verbunden ist, und Steuermittel, um einen TEPESA-Zyklus für die Adsorption und Regeneration auszuführen, bei dem: das Gasgemisch in einer ersten Strömungsrichtung über das Adsorbens geleitet wird und durch die Adsorption der wenigstens zwei Komponenten gereinigt wird und die Strömung des Gasgemisches über das Adsorbens angehalten wird, das Regenerationsgas in einer entgegengesetzten Strömungsrichtung über das Adsorbens geleitet wird, wobei das Regenerationsgas durch das Heizelement erwärmt wird, um so die weniger stark adsorbierte Komponente zu desorbieren, das Erwärmen des Regenerationsgases beendet wird und das Regenerationsgas unter einem Druck,

der niedriger als der Druck während der Adsorptionsphase ist, weiterhin über das Adsorbens geleitet wird, um so die stärker adsorbierte Komponente zu desorbieren, und die Strömung des Regenerationsgases angehalten wird und die Strömung des Gasgemisches wieder hergestellt wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, die zwei oder mehr Adsorptionsgefäße umfasst, die parallel angeordnet sind, um in der Weise zu arbeiten, dass wenigstens eines der Gefäße für die Adsorption verfügbar ist, während wenigstens ein anderes der Gefäße regeneriert wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

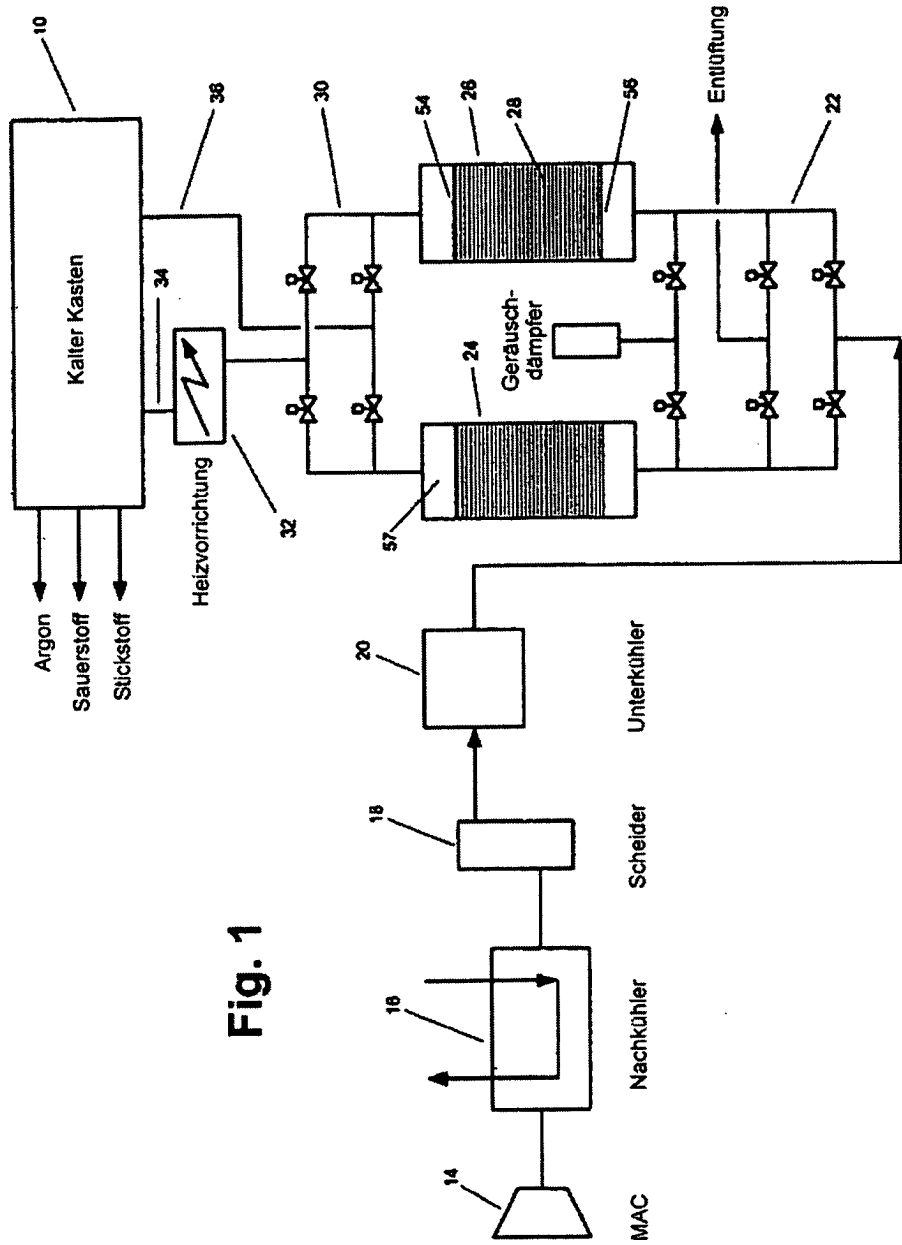


Fig. 1

Fig. 2

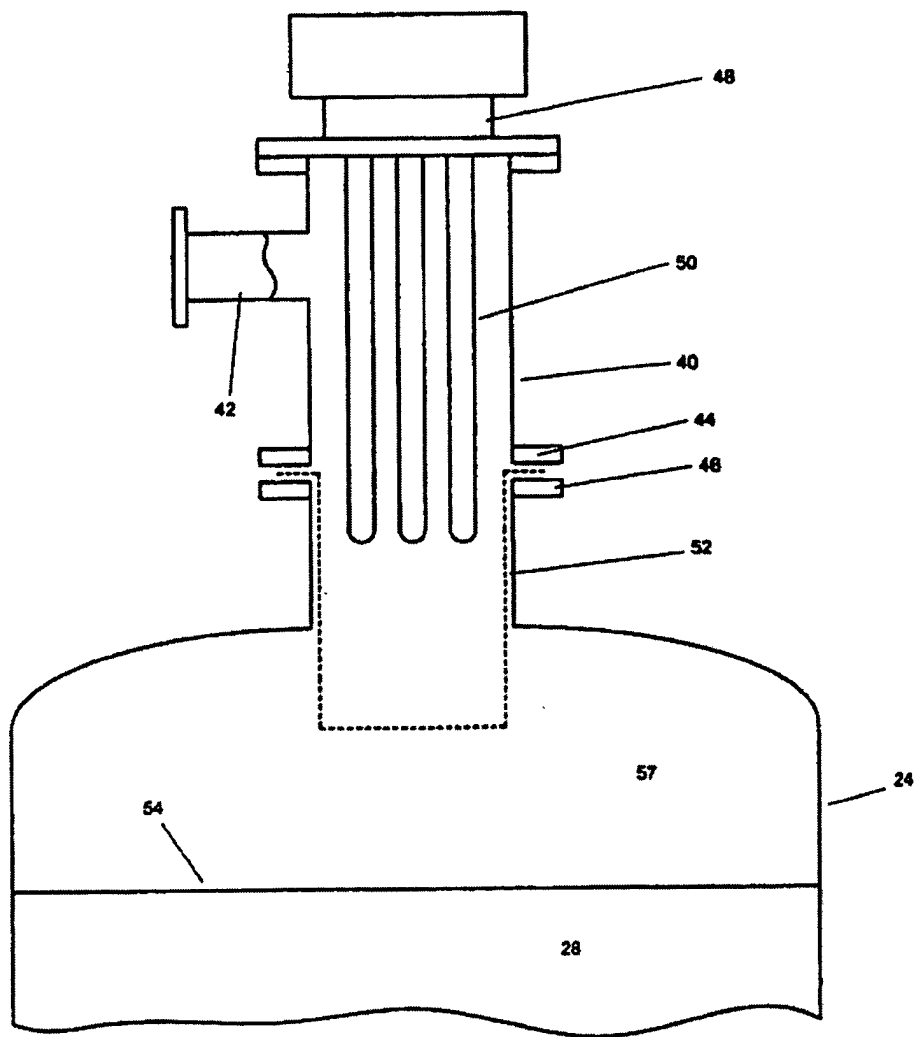
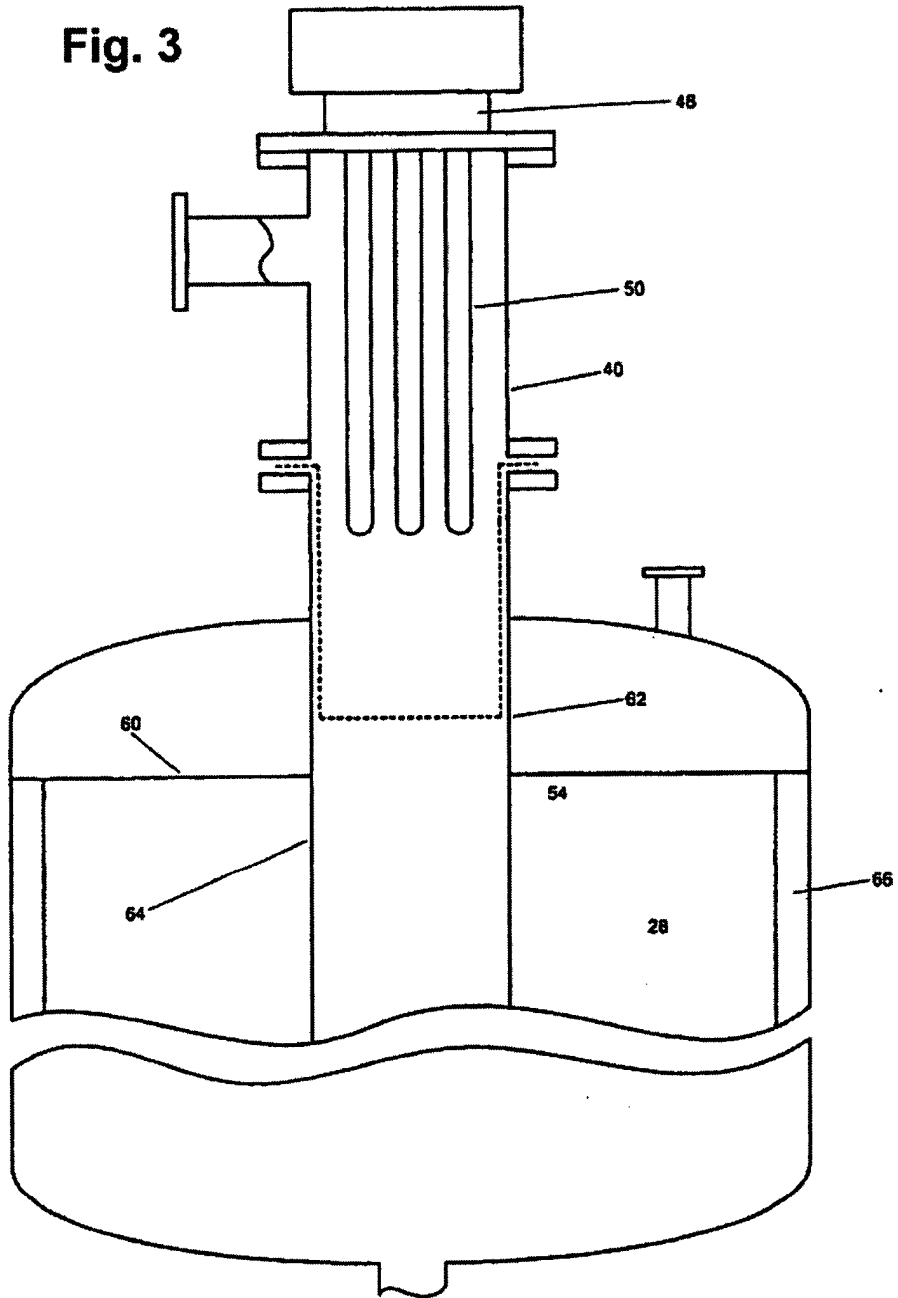


Fig. 3



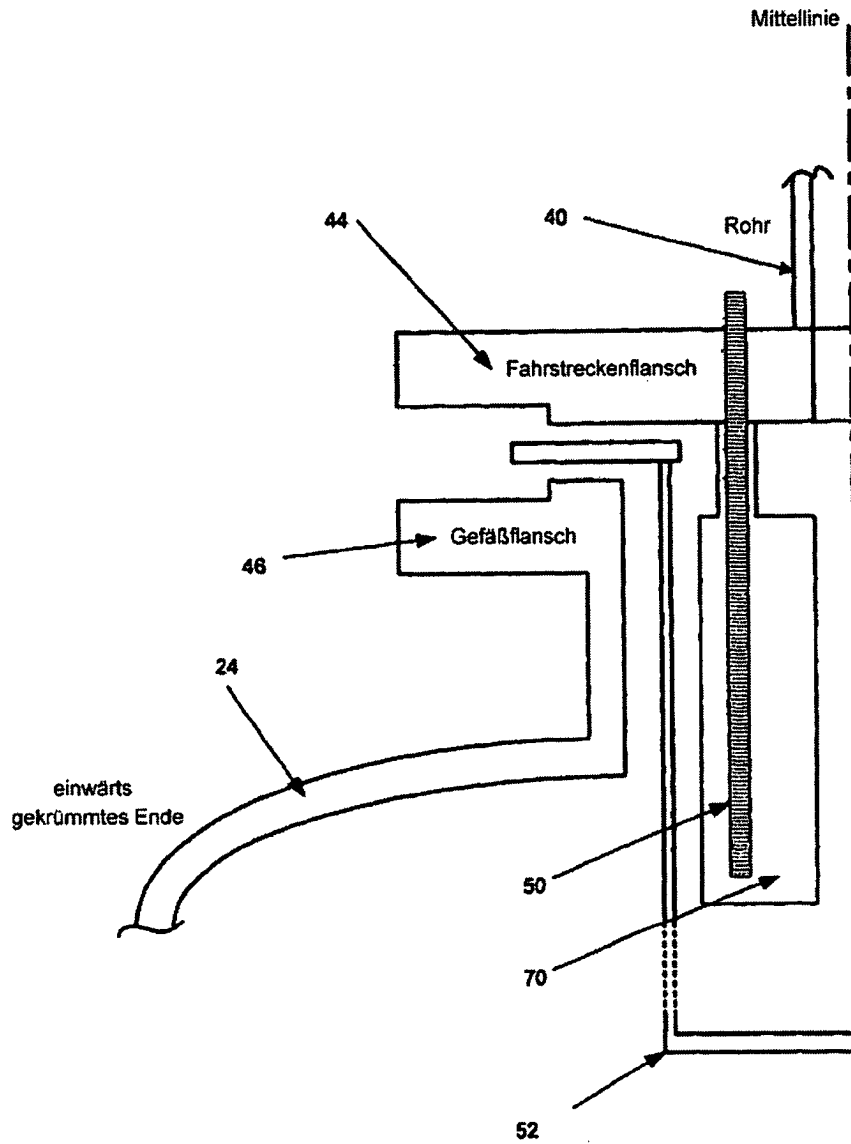


Fig. 4