

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50251/2020
(22) Anmeldetag: 27.03.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2022

(51) Int. Cl.: **H01M 8/0662** (2016.01)
H01M 8/04089 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2011005878 A2
AT 520770 A1
DE 102012221461 A1

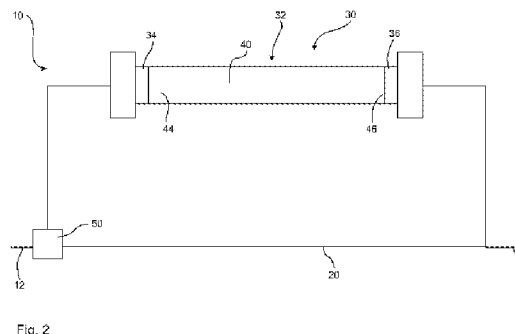
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Soukup Nikolaus
21129 Hamburg (DE)
SEIDL Michael DI
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.
8020 Graz (AT)

(54) Entschwefelungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Entschwefelungsvorrichtung (10) für ein Brennstoffzellensystem (100) für eine Entschwefelung von Brenngas, aufweisend einen Bypassabschnitt (20) und einen Kartuschenabschnitt (30) mit einer Kartuschaufnahme (32) zur Aufnahme einer Entschwefelungskartusche (40), die Kartuschaufnahme (32) aufweisend einen Aufnahmeneinlass (34) für eine Fluidkommunikation mit einem Kartuscheneinlass (44) der eingesetzten Entschwefelungskartusche (40) und einen Aufnahmenausslass (36) für eine Fluidkommunikation mit einem Kartuschausslass (46) der Entschwefelungskartusche (40), wobei weiter eine Ventilvorrichtung (50) zwischen einem Vorrichtungseinlass (12) und einem Vorrichtungsauslass (14) angeordnet ist zum Umschalten eines Fluidstroms zwischen dem Bypassabschnitt (20) und dem Kartuschenabschnitt (30), wobei die Ventilvorrichtung (50) zumindest ein Ventilmittel (58), insbesondere alle Ventilmittel (58), redundant aufweist.



Beschreibung

ENTSCHWEFELUNGSVORRICHTUNG FÜR EIN BRENNSTOFFZELLENSYSTEM

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Entschwefelungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem, ein Brennstoffzellensystem mit einer solchen Entschwefelungsvorrichtung sowie ein Verfahren für einen Austausch einer Entschwefelungskartusche in einem solchen Brennstoffzellensystem.

[0002] Es ist bekannt, dass bei Brennstoffzellensystemen Brennstoffe beziehungsweise Brenngase Verschmutzungen aufweisen können. Insbesondere handelt es sich bei diesen Verschmutzungen um Schwefelverschmutzungen. Um sicherzustellen, dass das Brennstoffzellensystem und insbesondere der Brennstoffzellenstapel nicht durch einen hohen Verschmutzungsgrad negativ beeinträchtigt wird, wird bei den bekannten Lösungen eine Entschwefelung, durch eine sogenannte Entschwefelungskartusche, durchgeführt. Mit anderen Worten wird innerhalb der Entschwefelungskartusche das Brenngas von einem übermäßigen Schwefelgehalt gereinigt, sodass nachfolgend von Schwefel gereinigtes Brenngas als Anodenzuführungsgas dem Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels zugeführt werden kann.

[0003] Brennstoffzellensysteme mit tauschbaren Entschwefelungskartuschen sind beispielsweise aus der WO 2011005875 A2 und der AT 520770 A1 bekannt.

[0004] Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass die Entschwefelungskartuschen eine begrenzte Lebenszeit haben. Mit anderen Worten müssen die Entschwefelungskartuschen ausgetauscht werden, sobald sie mit einer gewissen Menge an Schwefel beladen sind und auf diese Weise nicht mehr in der Lage sind den gewünschten Entschwefelungsprozess durchzuführen beziehungsweise den gewünschten Reinigungsgrad zu gewährleisten. Um dies bei den bekannten Vorrichtungen durchführen zu können, wird üblicherweise die gesamte Brennstoffzellenanlage, insbesondere der betroffene Brennstoffzellenstapel, heruntergefahren und ausgeschaltet, sodass anschließend im ausgeschalteten Zustand die Entschwefelungskartusche ausgetauscht werden kann. Das Austauschen beinhaltet das Entfernen der verbrauchten beziehungsweise beladenden Entschwefelungskartusche und das Einsetzen einer unverbrauchten, noch nicht beladenen Entschwefelungskartusche. Anschließend muss das Brennstoffzellensystem wieder angefahren werden und insbesondere hinsichtlich seiner Betriebstemperaturen einen entsprechenden Anfahrprozess durchlaufen.

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacherer Weise eine Austauschmöglichkeit für die Entschwefelungskartusche zu gewährleisten.

[0006] Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine Entschwefelungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 9 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 11. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem sowie dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

[0007] Erfindungsgemäß dient eine Entschwefelungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem der Entschwefelung von Brenngas. Hierfür ist die Entschwefelungsvorrichtung mit einem Bypassabschnitt und einem Kartuschenabschnitt ausgestaltet. Der Kartuschenabschnitt weist eine Kartuschenaufnahme zur Aufnahme einer Entschwefelungskartusche auf. Diese Kartuschenaufnahme wiederum ist mit einem Aufnahmeneinlass für eine Fluidkommunikation mit einem Kartuscheneinlass einer eingesetzten Entschwefelungskartusche sowie einem Aufnahmenausslass für eine Fluidkommunikation mit einem Kartuschenauslass der Entschwefelungskartusche ausge-

staltet. Weiter ist eine Ventilvorrichtung zwischen dem Vorrichtungseinlass und einem Vorrichtungsauslass angeordnet, um ein Umschalten eines Fluidstroms zwischen dem Bypassabschnitt und dem Kartuschenabschnitt zu gewährleisten.

[0008] Ein erfindungsgemäßer Kerngedanke beruht nun darauf, dass die Entschwefelungsvorrichtung zwei separate und im Wesentlichen parallel geführte Abschnitte aufweist. Dabei handelt es sich einerseits um den Bypassabschnitt und andererseits um den Kartuschenabschnitt. Die Funktionsweise wird am besten beim Austausch einer verbrauchten Entschwefelungskartusche ersichtlich. So kann nun bei einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung im normalen Betrieb der Bypassabschnitt über die Ventilvorrichtung ausgeschaltet sein. Das bedeutet, dass Brenngas, welches über den Vorrichtungseinlass in die Entschwefelungsvorrichtung gelangt, vollständig oder im Wesentlichen vollständig über den Kartuschenabschnitt und dort über die eingesetzte Entschwefelungskartusche geführt wird. Am Vorrichtungsauslass wird also gereinigtes Brenngas, also Brenngas, welches die Entschwefelungskartusche durchlaufen hat, zur Verfügung gestellt.

[0009] Für den Fall, dass nun die Entschwefelungskartusche ausgetauscht werden soll, ist es möglich, mit der Ventilvorrichtung die Strömungssituation innerhalb der Entschwefelungsvorrichtung zu ändern. Ein Umschalten der Ventilvorrichtung erlaubt es nun, den Kartuschenabschnitt vom Fluidstrom zu trennen und den Bypassabschnitt sozusagen einzuschalten. In diesem Schaltzustand der Ventilvorrichtung wird das zugeführte Brenngas von dem Vorrichtungseinlass an der Entschwefelungskartusche und damit auch insbesondere am Kartuschenabschnitt beziehungsweise der Kartuschenaufnahme, vorbei direkt zum Vorrichtungsauslass geführt. Mit anderen Worten ist in diesem Zustand der Kartuschenabschnitt und damit auch die Kartuschenaufnahme frei oder im Wesentlichen frei von strömendem Brenngas. In diesem Zustand ist es nun möglich, die Entschwefelungskartusche zu entnehmen, sodass bei entnommener Entschwefelungskartusche sowohl der Aufnahmeneinlass als auch der Aufnahmenauslass frei zur Umgebung geöffnet sind. Da jedoch über die Ventilvorrichtung der Kartuschenabschnitt vom Fluidstrom des Brenngases getrennt ist, kann kein Brenngas durch den geöffneten Aufnahmenauslass und den geöffneten Aufnahmeneinlass in die Umgebung entweichen. Vielmehr liegt hier eine Sperre vor. Mit anderen Worten ist es nun möglich in ausgeschaltetem Zustand der Kartuschenaufnahme die verbrauchte Entschwefelungskartusche zu entnehmen und durch eine neue und frische Entschwefelungskartusche zu ersetzen. Soweit diese frische Entschwefelungskartusche wieder in der Kartuschenaufnahme eingesetzt und insbesondere die Fluidkommunikation zum Aufnahmeneinlass und zum Aufnahmenauslass hergestellt worden ist, kann über die Ventilvorrichtung wieder vom Bypassabschnitt zurück auf den Kartuschenabschnitt in den Normalbetrieb geschaltet werden.

[0010] Wie aus der voranstehenden Erläuterung ersichtlich wird, kann nun durch einfaches Umschalten innerhalb der Entschwefelungsvorrichtung auf ein Ausschalten des Brennstoffzellensystems verzichtet werden. Vielmehr ist der Austausch der Entschwefelungskartusche während des laufenden Betriebs und im Wesentlichen ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebs des Brennstoffzellensystems möglich. Insbesondere wird dies dadurch möglich, dass selbst bei entnommener Entschwefelungskartusche durch die Ventilvorrichtung sichergestellt ist, dass kein oder im Wesentlichen kein Brenngas in den Kartuschenabschnitt gelangt, sodass auch kein Brenngas aus dem Aufnahmenauslass beziehungsweise dem Aufnahmeneinlass in die Umgebung entweichen kann. Dies wird dadurch gewährleistet, dass für die Zeit der Entnahme über den Bypassabschnitt ungefiltertes Brenngas, also Brenngas, welches nicht von einer Entschwefelungskartusche von Schwefel gereinigt worden ist, direkt dem Brennstoffzellenstapel zugeführt wird. Da jedoch üblicherweise der Austausch einer solchen Entschwefelungskartusche relativ zügig vonstattengeht, kann es möglich sein, diese minimal erhöhte Schwefelbelastung in Kauf zu nehmen, um auf diese Weise einen beschleunigten Kartuschenwechsel und insbesondere eine reduzierte Beeinträchtigung des Betriebs des Brennstoffzellensystems zu gewährleisten. Selbstverständlich ist es grundsätzlich auch denkbar, dass auch im Bypassabschnitt eine kleine Entschwefelungskartusche vorgesehen ist, um sozusagen auch im Bypass für die Übergangszeit während des Austausches der Hauptentschwefelungskartusche eine überhöhte Schwefelkonzentration im Brennstoffzellenstapel zu vermeiden. Vorzugsweise ist der Bypassabschnitt jedoch

frei von einer Entschwefelungskartusche, um die gesamte Vorrichtung mit reduzierter Komplexität zur Verfügung zu stellen.

[0011] Wie aus der voranstehenden Erläuterung ersichtlich wird, kann nun mit Hilfe einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung im laufenden Betrieb der Kartuschenwechsel der Entschwefelungskartusche stattfinden. Dies wird dadurch möglich, dass die Entschwefelungsvorrichtung mit einer etwas höheren Komplexität, nämlich in Form eines Bypassabschnittes und eines Kartuschenabschnittes mit zwei möglichen Strömungswegen und einer entsprechenden Auswahlmöglichkeit durch die Ventilvorrichtung ausgestaltet ist. Dies erlaubt es ohne ein Abschalten der Anlage einen Austausch der Entschwefelungskartusche durchzuführen. Selbstverständlich ist es grundsätzlich möglich auch während dem Austausch oder in Vorbereitung auf den Austausch der Entschwefelungskartusche die Betriebsart des Brennstoffzellensystems anzupassen, insbesondere zu vermeiden, dass das Brennstoffzellensystem während des Austauschvorgangs unter Volllast läuft. So kann beispielsweise bewusst ein Teillastbetrieb angesetzt oder vorbereitet werden, um in diesem Teillastbetrieb oder sogar in einem Niedriglastbetrieb den Austausch der Entschwefelungskartusche durchzuführen.

[0012] Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung in der Kartuschenaufnahme eine Entschwefelungskartusche eingesetzt ist. Während die grundsätzliche Funktionalität einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung auch bei leerer Kartuschenaufnahme zur Verfügung gestellt sein kann, ist selbstverständlich im eingebauten Zustand der Entschwefelungsvorrichtung, also im Betrieb in einem Brennstoffzellensystem, die Kartuschenaufnahme mit einer Entschwefelungskartusche ausgetauscht. Eine solche Entschwefelungskartusche ist insbesondere mit einer sehr hohen Kapazität für die Aufnahme von Schwefel aus dem Brenngas ausgestattet, sodass beispielsweise über eine Betriebszeit von einem Jahr oder länger die Entschwefelung mit ein und derselben Entschwefelungskartusche durchgeführt werden kann. Dies führt zu einer besonders geringen Anzahl an Austauschsituationen und dementsprechend einer noch weiter verbesserten Betriebsstabilität des Brennstoffzellensystems. Die Entschwefelungskartusche kann dabei, insbesondere in mechanischer Weise, in die Kartuschenaufnahme eingesetzt sein, zum Beispiel mit Federmitteln, Schnappverschlüssen oder Schraubverschlüssen in der gewünschten Position angeordnet und/oder befestigt sein.

[0013] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn bei einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung, insbesondere in dem Bypassabschnitt, eine Sensorvorrichtung für eine Überwachung einer Schwefelkonzentration in einem Fluidfluss durch den Bypassabschnitt angeordnet ist. Dabei ist ein direktes und/oder ein indirektes Überwachen der Schwefelkonzentration im Fluidfluss möglich. Dies erlaubt es, den Bypassabschnitt dahingehend zu überwachen, dass bei einem unnötig langen Austausch einer Entschwefelungskartusche oder anderen Fehlern ein schneller Anstieg des Schwefels in dem Bypass und damit eine zu lange oder zu intensive Schwefelbelastung des Brennstoffzellensystems vermieden ist. So kann es beispielsweise auf Basis dieser Sensorüberwachung zu einer Notabschaltung kommen, wenn der Bypass zu lange geöffnet ist, wenn zum Beispiel der Austausch der Entschwefelungskartusche zu lange dauert oder ein Fehler bei der Ventilvorrichtung vorliegt. Auch ist es möglich, wenn die Sensorvorrichtung nicht in direkter Weise durch Bestimmungen einer Schwefelkonzentration, sondern in indirekter Weise, nämlich zum Beispiel durch Simulation bei bekanntem Schwefelgehalt an ungefiltertem Brenngas, die entsprechende Überwachung zur Verfügung stellt. Auf Basis der Schwefelkonzentration und insbesondere des Anstiegs der Schwefelbelastung im Brennstoffzellensystem kann beispielsweise eine Anzeige einer Restzeit für den Austausch der Entschwefelungskartusche auf Basis dieser Schwefelwerte erfolgen. Dies erlaubt es, insbesondere in optischer Weise, den Bediener des Brennstoffzellensystems zu führen und in darauf hinzuweisen, in welcher Restzeit er die Entschwefelungskartusche austauschen muss, um eine Notabschaltung des Brennstoffzellensystems bei zu hoher Schwefelbelastung zu vermeiden.

[0014] Weitere Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung die Ventilvorrichtung ein automatisches Ventilmittel aufweist für ein automatisches Umschalten des Fluidstroms von dem Kartuschenabschnitt auf den Bypassabschnitt vor und/oder bei einem Entfernen der Entschwefelungskartusche aus der Kartuschenaufnahme. Da-

mit wird sozusagen ein automatisches Schalten möglich, sobald die Kartusche entnommen wird. Dies kann sowohl in mechanischer als auch in elektrischer beziehungsweise signaltechnischer Weise automatisiert sein. Auf diese Weise wird die Wahrscheinlichkeit des Austritts von Brenngas an einer leeren Kartuschenaufnahme reduziert. Mit anderen Worten wird beim Lösen der Entschwefelungskartusche am Kartuschenabschnitt und beim Entfernen der Entschwefelungskartusche aus der Kartuschenaufnahme automatisch der Bypass eingeschaltet und der Kartuschenabschnitt ausgeschaltet. Eine Fehlbedienung, welche insbesondere zu einem unerwünschten Austreten von Brenngas an der Kartuschenaufnahme führen könnte, wird auf diese Weise mit höchster Sicherheit ausgeschlossen. Ein solches automatisches Ventilmittel kann dabei alleinig oder ergänzend vorgesehen sein, insbesondere als Notventilmittel, um das beschriebene unerwünschte Austreten von Brenngas mit höchster Sicherheit zu vermeiden.

[0015] Ebenfalls Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung die Ventilvorrichtung ein Kontrollmodul aufweist für eine elektronische Kontrolle der Ventilstellung der Ventilvorrichtung. Dieses Kontrollmodul wirkt insbesondere mit den bereits erläuterten Sensorvorrichtungen zusammen, und kann vorzugsweise neben der Überwachung einer Schwefelkonzentration auch die Überwachung der Ventilstellung sowie das Erkennen eines Vorhandenseins einer Kartusche durchführen. Hierfür sind sowohl mechanische als auch elektronische Sensoren denkbar. Ein solches Kontrollmodul ist in der Lage sowohl ein automatisiertes Schalten als auch manuelles oder teilmanuelles Schalten per Knopf als Teil des Kontrollmoduls zu integrieren.

[0016] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn bei einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung die Ventilvorrichtung ein manuelles Ventilmittel aufweist für ein wenigstens teilweises manuelles Umschalten des Fluidstroms von dem Kartuschenabschnitt auf den Bypassabschnitt vor und/oder bei einem Entfernen der Entschwefelungskartusche aus der Kartuschenaufnahme. Ein manuelles Umschalten erlaubt insbesondere ein Vorbereiten des Umschaltens, sodass noch vor dem Entfernen der verbrauchten Entschwefelungskartusche ein Umschalten auf den Bypassabschnitt folgt, sodass erst anschließend bei stillgelegtem Kartuschenabschnitt die Entschwefelungskartusche aus der Kartuschenaufnahme herausgenommen wird. Ein solches manuelles Umschalten mit einem manuellen Ventil ist insbesondere mit einem automatischen Ventilmittel kombiniert, sodass die automatische Schaltung auch als Notschalter dienen kann, wenn das manuelle Ventilmittel nicht umgeschaltet worden ist. Beim Vergessen des Umschaltens dient also die Kombination zwischen manuellem Ventilmittel und automatischem Ventilmittel sozusagen als Notschalter, um sicherzustellen, dass ein Austritt von Brenngas mit höchster Sicherheit vermieden wird.

[0017] Weitere Vorteile sind erzielbar, wenn bei einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung die Ventilvorrichtung zumindest ein Kopplungsmittel aufweist, welches in mechanischer und/oder elektronischer Weise mit einem Befestigungsmittel der Kartuschenaufnahme für die Befestigung der Entschwefelungskartusche gekoppelt ist. Ein solches Kopplungsmittel kann zum Beispiel ein mechanischer Schalter und/oder ein elektronischer Schalter sein, welcher es zum Beispiel erlaubt, die Befestigung zu erkennen. Die Wirkung eines solchen Kopplungsmittels lässt zwei Wirkrichtungen zu. So ist es beispielsweise möglich, dass das Kopplungsmittel automatisch die Ventilvorrichtung auf den Bypass umschaltet, wenn ein Lösen des Befestigungsmittels stattfindet. Somit wird beim Lösen der Befestigung noch vor Entfernen der Entschwefelungskartusche automatisch oder zumindest teilautomatisch ein Umschalten der Ventilvorrichtung auf den Bypass gewährleistet. Eine zweite Wirkrichtung ist möglich, wenn das Befestigungsmittel nur dann gelöst werden kann, wenn auch tatsächlich schon in manueller oder automatischer Weise die Ventilvorrichtung umgeschaltet worden ist. Somit ist sichergestellt, dass nur dann das Befestigungsmittel gelöst werden kann, wenn auch der Bypassabschnitt aktiviert und damit der Kartuschenabschnitt deaktiviert worden ist.

[0018] Erfindungsgemäß ist es weiter vorgesehen, dass bei der erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung die Ventilvorrichtung zumindest ein Ventilmittel, insbesondere alle Ventilmittel, in redundanter Weise aufweist. Somit können doppelt, insbesondere in Serie geschaltet, die entsprechenden Ventilmittel vorgesehen sein, um zum Beispiel bei Defekt eines Ventilmittels die

Sicherheit weiter zu erhöhen. Beim Schalten der Ventilmittel in Serie werden die redundanten Ventilmittel in gleicher Weise mitgeschaltet, sodass ein Austritt von Brenngas bei entfernter Entschwefelungskartusche am Kartuschenabschnitt mit noch höherer Sicherheit vermieden werden kann. Auch ist es denkbar, dass die Ventilmittel über eigene Sensoren verfügen, welche eine Funktionsprüfung dieser Ventilmittel erlauben. Insbesondere bezieht sich dies auf Ventilmittel, welche im Kartuschenabschnitt vorgesehen sind, um beim Austausch der Entschwefelungskartusche gerade hier den unerwünschten Austritt von Brenngas zu vermeiden.

[0019] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn bei einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung die Ventilvorrichtung wenigstens ein Ventilmittel in Form eines Rückschlagventils aufweist für ein Verhindern unerwünschter Fluidströmung. Ein Rückschlagventil erlaubt es, insbesondere nachgelagert im Kartuschenabschnitt der Kartuschenaufnahme, dass bei eingeschaltetem Bypassabschnitt nun über die Verbindung zum Kartuschenabschnitt wieder Brenngas in den Kartuschenabschnitt sozusagen zurückströmt. Insbesondere finden solche Rückschlagventile Einsatz in Kombination mit aktiven Ventilmitteln, insbesondere mit Mehrwege- beziehungsweise Dreiwegeventilen auf der Eingangsseite und/oder der Ausgangsseite.

[0020] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Brennstoffzellensystem, aufweisend

- zumindest ein Brennstoffzellensystem mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt,
- einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von reformiertem Anodenzuführgas von einem Reformer zu dem Anodenabschnitt,
- einen Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas zum Kathodenabschnitt,
- einen Reformer zum Reformieren von Reformierzuführgas,
- einen Reformierzuführabschnitt zum Zuführen des Reformierzuführgases zum Reformer,
- einen Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas,
- einen Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas,

wobei im Anodenzuführabschnitt und/oder im Reformierzuführabschnitt eine erfindungsgemäße Entschwefelungsvorrichtung angeordnet ist. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Entschwefelungsvorrichtung erläutert worden ist. Je nach Anordnung handelt es sich beim Brenngas dabei um das Anodenzuführgas beziehungsweise das Reformierzuführgas. Die Anordnung im jeweiligen Pfad ist in fluidkommunizierender Weise vorgesehen und insbesondere vor der Reformervorrichtung ausgebildet.

[0021] Weitere Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem die Entschwefelungsvorrichtung vor einem Mischabschnitt zum Einbringen von rezirkuliertem Anodenabgas und/oder rezirkuliertem Kathodenabgas angeordnet ist. Je nach Betriebssituation und Art des Brennstoffzellensystems kann es Vorteile mit sich bringen, wenn das Anodenabgas und/oder das Kathodenabgas rezirkuliert wird, um mit dem Brenngas vermischt zu werden. Eine Anordnung der Entschwefelungsvorrichtung vor diesem Mischabschnitt führt dazu, dass die Entschwefelung und damit die Entschwefelungskartusche nur für das frische Brenngas und nicht für das rezirkulierte Anodenabgas und/oder Kathodenabgas verwendet wird. Dies führt zu einer geringeren Gaslast auf der Entschwefelungskartusche und damit zu einer längeren Haltbarkeit im Betrieb.

[0022] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren für einen Austausch einer Entschwefelungskartusche in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem, aufweisend die folgenden Schritte:

- Umschalten des Fluidstroms vom Kartuschenabschnitt zum Bypassabschnitt mittels der Ventilvorrichtung,
- Entfernen der verbrauchten Entschwefelungskartusche aus der Kartuschenaufnahme,

- Einsetzen einer frischen Entschwefelungskartusche in die Kartuschenaufnahme,
- Umschalten des Fluidstroms vom Bypassabschnitt zum Kartuschenabschnitt mittels der Ventilvorrichtung,

wobei die Ventilvorrichtung zumindest ein Ventilmittel, insbesondere alle Ventilmittel, redundant aufweist, wobei beim Umschalten des Fluidstroms die redundanten Ventilmittel in gleicher Weise mitgeschaltet werden.

[0023] Ein erfindungsgemäßes Verfahren bringt damit die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Entschwefelungsvorrichtung sowie ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem erläutert worden sind.

[0024] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zumindest der Schritt des Umschaltens zum Bypassabschnitt, insbesondere alle Schritte des Umschaltens, automatisch oder im Wesentlichen automatisch durchgeführt werden. Die Automation der Schritte des Umschaltens der Ventilvorrichtung dient zur weiteren Absicherung der Kartuschenaufnahme. Insbesondere bezieht sich dies auf den Schritt des Entnehmens der Kartusche, sodass vor dem Entnehmen der Kartusche in automatischer oder teilautomatischer Weise ein Umschalten der Ventilvorrichtung für ein Umlenken des Fluidstroms des Brenngases auf dem Bypassabschnitt erfolgt ist. Mit anderen Worten ist hier eine zeitliche Rangfolge vorgegeben, sodass zuerst ein automatisches Schalten auf den Bypassabschnitt und anschließend ein Entnehmen der Entschwefelungskartusche möglich sein soll. Auch ein automatisches Rückschalten kann Vorteile mit sich bringen, um sicherzustellen, dass eine unnötig hohe Schwefelbelastung im Brennstoffzellensystem vermieden wird.

[0025] Weitere Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wenigstens einer der Schritte des Umschaltens manuell durchgeführt wird. Ein solches manuelles Umschalten erlaubt insbesondere die Kopplung zur Befestigung der Kartusche, wie dies bereits mit Bezug auf die Befestigungsmittel erläutert worden ist. Ein weiterer Vorteil des manuellen Umschaltens ist die Reduktion der Komplexität, welche automatische Ventilvorrichtungen mit sich bringen würden und insbesondere der Verzicht auf ein zusätzliches Kontrollmodul. Bevorzugt kann eine solche manuelle Umschaltmöglichkeit auch mit automatisierten Notumschaltungen kombiniert sein.

[0026] Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bei und/oder nach dem Umschalten auf den Bypassabschnitt ein Freigabeschritt erfolgt, welcher die Entschwefelungskartusche zur Entnahme aus der Kartuschenaufnahme freigibt. Dabei handelt es sich insbesondere um eine mechanische Kopplung und damit auch um eine mechanische Freigabe, sodass erst nach dem Umschalten auf den Bypassabschnitt die Kartusche tatsächlich entnommen werden kann. Auch in der umgekehrten Richtung kann ein Rückschalten möglich sein, sodass zum Beispiel nach dem Einsetzen der frischen Entschwefelungskartusche automatisch ein Zurückschalten auf den Kartuschenabschnitt erfolgt, um die bereits beschriebene unnötig hohe Schwefelbelastung im Brennstoffzellensystem zu vermeiden beziehungsweise auszuschießen.

[0027] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

- [0028]** Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung
- [0029]** Fig. 2 die Ausführungsform der Figur 1 mit eingesetzter Entschwefelungskartusche
- [0030]** Fig. 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung,
- [0031]** Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung,
- [0032]** Fig. 5 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung,

- [0033]** Fig. 6 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsvorrichtung,
- [0034]** Fig. 7 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,
- [0035]** Fig. 8 ein erster Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- [0036]** Fig. 9 ein weiterer Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- [0037]** Fig. 10 ein weiterer Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- [0038]** Fig. 11 ein weiterer Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0039] In den Figuren 1 und 2 ist schematisch eine erfindungsgemäße Entschwefelungsvorrichtung 10 dargestellt. Bei der Figur 2 ist die Entschwefelungskartusche 40 bereits in die Kartuschenaufnahme 32 eingesetzt. Im Normalbetrieb kann nun Brenngas über den Vorrichtungseinlass 12 in die Entschwefelungsvorrichtung 10 eintreten. Die Ventilvorrichtung 50 ist hier so geschaltet, dass der Bypassabschnitt 20 nicht von Brenngas durchströmt werden kann. Vielmehr wird das vollständige Brenngas vom Ventilmittel 50 in den Kartuschenabschnitt 30 geleitet und damit über den Aufnahmeneinlass 34 in den Kartuscheneinlass 44 der Entschwefelungskartusche 40 eingebracht. Innerhalb der Entschwefelungskartusche 40 erfolgt eine Entschwefelung und damit eine Filterung des Brenngases, sodass gefiltertes beziehungsweise entschwefeltes Brenngas nun am Ende der Entschwefelungskartusche 40 über den Kartuschenauslass 46 und in den Aufnahmeneinlass 36 wieder in den Kartuschenabschnitt 30 eindringt. Anschließend kann das nun auf diese Weise gereinigte Brenngas die Entschwefelungsvorrichtung 10 über den Vorrichtungsauslass 14 verlassen.

[0040] Um einen Austausch einer Entschwefelungskartusche 40 zu gewährleisten wird die Ventilvorrichtung 50 so umgeschaltet, dass das Brenngas ausschließlich durch den Bypassabschnitt 20 strömen kann. Der Kartuschenabschnitt 30 ist damit ausgeschaltet, sodass die Entschwefelungskartusche 40 ausgetauscht werden kann. Insbesondere mit Bezug auf die Figuren 8 bis 11 wird dies später noch näher erläutert.

[0041] Zu Figur 3 ist auszuführen, dass hier einzelne Ventilmittel 58 vorgesehen sind, wobei zumindest im Rücklauf des Kartuschenabschnitts 30 zu dem Vorrichtungsauslass 40 das entsprechende Ventilmittel 58 als Rückschlagventil ausgestattet sein kann. Selbstverständlich können die dargestellten Ventilmittel 58 auch in Serie geschaltet redundant vorgesehen sein, um die Sicherheit noch weiter zu erhöhen. Bei der Figur 3 ist darüber hinaus eine Anordnung einer Mehrzahl von Sensorvorrichtungen 60 vorgesehen, welche insbesondere in der Lage sind die Schwefelkonzentration am entsprechenden Abschnitt zu messen. So lässt sich zum Beispiel mit den beiden Sensorvorrichtungen 60 vor und nach der Kartuschenaufnahme 32 ermitteln, in welcher Weise sich der Beladungszustand der Entschwefelungskartusche 40 ändert. Sobald die Schwefelkonzentration an der rechten Sensorvorrichtung 60 ansteigt, ist davon auszugehen, dass die Entschwefelungswirkung der Entschwefelungskartusche 40 zu niedrig und ein Austausch notwendig ist. Die Sensorvorrichtungen 60 im Bypassabschnitt 20 wiederum dienen dazu während des Austausches der Entschwefelungskartusche 40 sicherzustellen, dass die gesamte Schwefelbelastung an dem Brennstoffzellenstapel 110 eine unerwünschte Grenze nicht übersteigt.

[0042] Die Figur 4 zeigt eine Weiterbildung der Entschwefelungsvorrichtung 10, wobei hier nun ein Kontrollmodul 70 vorgesehen ist, welches in der Lage ist, die Ventilvorrichtung 50 anzusteuern. Das Kontrollmodul 70 kann hier auch als automatisches Ventilmittel 52 verstanden werden, welches insbesondere die Anwesenheit und Wirkungsfähigkeit der Entschwefelungskartusche 40 prüft. Sobald die Entschwefelungskartusche 40 entnommen wird, würde sich der Kartuschenabschnitt 30 über die Kartuschenaufnahme 32 zur Umgebung hin öffnen. Um einen Austritt vom Brenngas zu vermeiden, kann das Kontrollmodul 70 nun als automatisches Ventilmittel 52 die beiden Ventilvorrichtungen 50 auf den Bypass 20 umschalten. Dies kann sowohl im Normalbetrieb als auch als Notschaltmittel vorgesehen sein.

[0043] Die Figur 5 zeigt eine Variante mit im Wesentlichen manuellen Ventilmitteln 54 in der Ventilvorrichtung 50. Hier handelt es sich um Dreiwegeventile, wobei die Figur 5 die Stellung im Normalbetrieb zeigt, also bei ausgeschaltetem Bypassabschnitt 20 und eingeschaltetem Kartuschen-

abschnitt 30. Bei entsprechend geänderter Ventilstellung der manuellen Ventilmittel 54, wie dies insbesondere später noch mit Bezug auf die Figuren 8 bis 11 erläutert wird, kann das Entnehmen der Entschwefelungskartusche 40 vorbereitet werden.

[0044] In der Figur 6 ist nochmals eine Variante dargestellt, bei welchem die Entschwefelungskartusche 40 mit einem separaten Befestigungsmittel 33 in der dargestellten Position gesichert ist. Hier kann eine bidirektionale Wirkungsweise vorgesehen sein. So ist es beispielsweise möglich, dass durch das Entfernen des Befestigungsmittels 33 automatisch auch die Ventilvorrichtungen 50 auf den Bypass 20 umschalten. Erst anschließend, also nach dem Umschalten auf den Bypass 20 sowie dem Entfernen des Befestigungsmittels 33, wird die Kartusche 40 entnommen, wodurch eine weiter erhöhte Sicherheit gegen den unerwünschten Austritt von Brenngas erzielt wird. Eine alternative oder zusätzliche Wirkungsweise dieses Kopplungsmittels 56 ist, dass das Befestigungsmittel 33 erst dann gelöst werden kann, wenn tatsächlich auf den Bypassabschnitt 20 durch die Ventilvorrichtungen 50 umgeschaltet worden ist. Damit handelt es sich also um die gegensätzliche Wirkungsweise, dass mechanisch nur dann die Entschwefelungskartusche 40 entriegelt und entnehmbar ist, wenn die Ventilvorrichtungen 50 auch schon tatsächlich auf den Bypassabschnitt 20 umgeschaltet haben. In beiden Betriebsweisen dient ein solches Kopplungsmittel 56 mit dem Befestigungsmittel 33 einer erhöhten Sicherheit der Entschwefelungsvorrichtung 10 für den Entnahmevorgang.

[0045] In der Figur 7 ist schematisch ein Brennstoffzellensystem 100 dargestellt. Dieses ist mit einem Brennstoffzellenstapel 110, mit einem Anodenabschnitt 112 und einem Kathodenabschnitt 114 ausgestattet. Anodenzuführgas wird von einem Reformer 130 über einen Anodenzuführabschnitt 120 dem Anodenabschnitt 112 zugeführt. Anodenabgas kann über einen Anodenabführabschnitt 122 eine Umgebung oder über einen Rezirkulationsabschnitt zurückgeführt werden. Am Kathodenabschnitt 114 übernimmt ein Kathodenzuführabschnitt 140 die Zufuhr von Kathodenzuführgas und die Abfuhr von Kathodenabgas im Kathodenabführabschnitt 142. Wie der Figur 7 gut zu entnehmen ist, ist dem Reformer 130 vorgelagert eine Entschwefelungsvorrichtung 10 dargestellt, welche eine der Ausführungsformen der Figuren 1 bis 6 aufweisen kann. Eine Entschwefelungskartusche 40 ist angeordnet im Kartuschenabschnitt 30, welcher im Normalbetrieb das Brenngas vom Reformer 130 über den Anodenzuführabschnitt 120 zum Anodenabschnitt 112 führt. Für den Austausch der Entschwefelungskartusche wird in der beschriebenen Weise ein Umschalten auf den Bypassabschnitt 20 gewährleistet, sodass der Kartuschenabschnitt 30 strömungsfrei ist und damit die Entschwefelungskartusche 40 gefahrlos entnommen werden kann. Bei der Ausführungsform der Figur 7 ist auch gut zu erkennen, dass die Anordnung der Entschwefelungsvorrichtung 10 in Strömungsrichtung noch vor einem Mischabschnitt 150 für rezirkuliertes Anodenabgas angeordnet ist. Auch sind der Figur 7 weitere Bauteile des Brennstoffzellensystems 100, insbesondere Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung und Verdichter für das Erzeugen von Gasströmungen zu entnehmen.

[0046] Mit Bezug auf die Figuren 8 bis 11 kann nochmals gut der Austausch der Entschwefelungskartusche 40 nach einem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert werden. Im Normalbetrieb sind hier manuell ausgebildete Ventilvorrichtungen 50 so ausgebildet, dass der Bypassabschnitt 20 ausgeschaltet und der Kartuschenabschnitt 30 eingeschaltet ist. Um nun gefahrlos die Entschwefelungskartusche 40 entnehmen zu können, werden die beiden Ventilvorrichtungen 50 gemäß der Figur 9 in die dargestellte Stellung gebracht, sodass der Bypassabschnitt 20 eingeschaltet und der Kartuschenabschnitt 30 ausgeschaltet ist. Nun kann gemäß Figur 9 die verbrauchte Entschwefelungskartusche 40 entnommen und durch eine frische Entschwefelungskartusche 40 gemäß der Figur 10 ersetzt werden. Abschließend wird gemäß der Figur 11 ein Zurückschalten der Ventilvorrichtungen 50 vorgenommen, sodass der Bypassabschnitt 20 wieder ausgeschaltet werden kann, und der Kartuschenabschnitt 30 für die Strömung des Brenngases durch die Entschwefelungskartusche 40 in ihrer frischen Bauweise, gewährleistet ist.

[0047] Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 10 Entschwefelungsvorrichtung
- 12 Vorrichtungseinlass
- 14 Vorrichtungsauslass
- 20 Bypassabschnitt
- 30 Kartuschenabschnitt
- 32 Kartuschenaufnahme
- 33 Befestigungsmittel
- 34 Aufnahmeneinlass
- 36 Aufnahmenauslass
- 40 Entschwefelungskartusche
- 44 Kartuscheneinlass
- 46 Kartuschenauslass
- 50 Ventilvorrichtung
- 52 automatisches Ventilmittel
- 54 manuelles Ventilmittel
- 56 Kopplungsmittel
- 58 Ventilmittel
- 60 Sensorvorrichtung
- 70 Kontrollmodul

- 100 Brennstoffzellensystem
- 110 Brennstoffzellenstapel
- 112 Anodenabschnitt
- 114 Kathodenabschnitt
- 120 Anodenzuführabschnitt
- 122 Anodenabführabschnitt
- 130 Reformer
- 132 Reformerzuführabschnitt
- 140 Kathodenzuführabschnitt
- 142 Kathodenabführabschnitt
- 150 Mischabschnitt

Patentansprüche

1. Entschwefelungsvorrichtung (10) für ein Brennstoffzellensystem (100) für eine Entschwefelung von Brenngas, aufweisend einen Bypassabschnitt (20) und einen Kartuschenabschnitt (30) mit einer Kartuschenaufnahme (32) zur Aufnahme einer Entschwefelungskartusche (40), die Kartuschenaufnahme (32) aufweisend einen Aufnahmeneinlass (34) für eine Fluidkommunikation mit einem Kartuscheneinlass (44) der eingesetzten Entschwefelungskartusche (40) und einen Aufnahmenauslass (36) für eine Fluidkommunikation mit einem Kartuschenauslass (46) der Entschwefelungskartusche (40), wobei weiter eine Ventilvorrichtung (50) zwischen einem Vorrichtungseinlass (12) und einem Vorrichtungsauslass (14) angeordnet ist zum Umschalten eines Fluidstroms zwischen dem Bypassabschnitt (20) und dem Kartuschenabschnitt (30), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilvorrichtung (50) zumindest ein Ventilmittel (58), insbesondere alle Ventilmittel (58), redundant aufweist.
2. Entschwefelungsvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Kartuschenaufnahme (32) eine Entschwefelungskartusche (40) eingesetzt ist:
3. Entschwefelungsvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass, insbesondere in dem Bypassabschnitt (20), eine Sensorvorrichtung (60) für eine Überwachung einer Schwefelkonzentration in einem Fluidfluss durch den Bypassabschnitt (20) angeordnet ist.
4. Entschwefelungsvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilvorrichtung (50) ein automatisches Ventilmittel (52) aufweist für ein automatisches Umschalten des Fluidstroms von dem Kartuschenabschnitt (30) auf den Bypassabschnitt (20) vor und/oder bei einem Entfernen der Entschwefelungskartusche (40) aus der Kartuschenaufnahme (32).
5. Entschwefelungsvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilvorrichtung (50) ein Kontrollmodul (70) aufweist für eine elektronische Kontrolle der Ventilstellung der Ventilvorrichtung (50).
6. Entschwefelungsvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilvorrichtung (50) ein manuelles Ventilmittel (54) aufweist für ein wenigstens teilweise manuelles Umschalten des Fluidstroms von dem Kartuschenabschnitt (30) auf den Bypassabschnitt (20) vor und/oder bei einem Entfernen der Entschwefelungskartusche (40) aus der Kartuschenaufnahme (32).
7. Entschwefelungsvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilvorrichtung (50) zumindest ein Kopplungsmittel (56) aufweist, welches in mechanischer und/oder elektronischer Weise mit einem Befestigungsmittel (33) der Kartuschenaufnahme (32) für die Befestigung der Entschwefelungskartusche (40) gekoppelt ist.
8. Entschwefelungsvorrichtung (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilvorrichtung (50) wenigstens ein Ventilmittel (58) in Form eines Rückschlagventils aufweist für ein Verhindern unerwünschter Fluidströmung.
9. Brennstoffzellensystem (100), aufweisend
 - zumindest einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (112) und einem Kathodenabschnitt (114),
 - einen Anodenzuführabschnitt (120) zum Zuführen von reformierten Anodenzuführgas von einem Reformer (130) zu dem Anodenabschnitt (112),
 - einen Kathodenzuführabschnitt (140) zum Zuführen von Kathodenzuführgas zum Kathodenabschnitt (114),
 - einen Reformer (130) zum Reformieren von Reformierzuführgas,
 - einen Reformierzuführabschnitt (132) zum Zuführen des Reformierzuführgases zum Reformer (130),
 - einen Anodenabführabschnitt (122) zum Abführen von Anodenabgas,

- einen Kathodenabführabschnitt (142) zum Abführen von Kathodenabgas, wobei im Anodenzuführabschnitt (120) und/oder im Reformierzuführabschnitt (132) eine Entschwefelungsvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9 angeordnet ist.
10. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entschwefelungsvorrichtung (10) vor einem Mischabschnitt (150) zum Einbringen von rezikulierem Anodenabgas und/oder Kathodenabgas angeordnet ist.
 11. Verfahren für einen Austausch einer Entschwefelungskartusche (40) in einem Brennstoffzellensystem (100) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 10 oder 10, aufweisend die folgenden Schritte:
 - Umschalten des Fluidstroms vom Kartuschenabschnitt (30) zum Bypassabschnitt (20) mittels der Ventilvorrichtung (50),
 - Entfernen der verbrauchten Entschwefelungskartusche (40) aus der Kartuschenaufnahme (32),
 - Einsetzen einer frischen Entschwefelungskartusche (40) in die Kartuschenaufnahme (32),
 - Umschalten des Fluidstroms vom Bypassabschnitt (20) zum Kartuschenabschnitt (30) mittels der Ventilvorrichtung (50),**dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilvorrichtung (50) zumindest ein Ventilmittel (58), insbesondere alle Ventilmittel (58), redundant aufweist, wobei beim Umschalten des Fluidstroms die redundanten Ventilmittel in gleicher Weise mitgeschaltet werden.
 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der Schritt des Umschaltens zum Bypassabschnitt (20), insbesondere alle Schritte des Umschaltens, automatisch oder im Wesentlichen automatisch durchgeführt werden.
 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens einer der Schritte des Umschaltens manuell durchgeführt wird.
 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei und/oder nach dem Umschalten auf den Bypassabschnitt (20) ein Freigabeschritt erfolgt, welcher die Entschwefelungskartusche (40) zur Entnahme aus der Kartuschenaufnahme (32) freigibt.

Hierzu 8 Blatt Zeichnungen

1/8

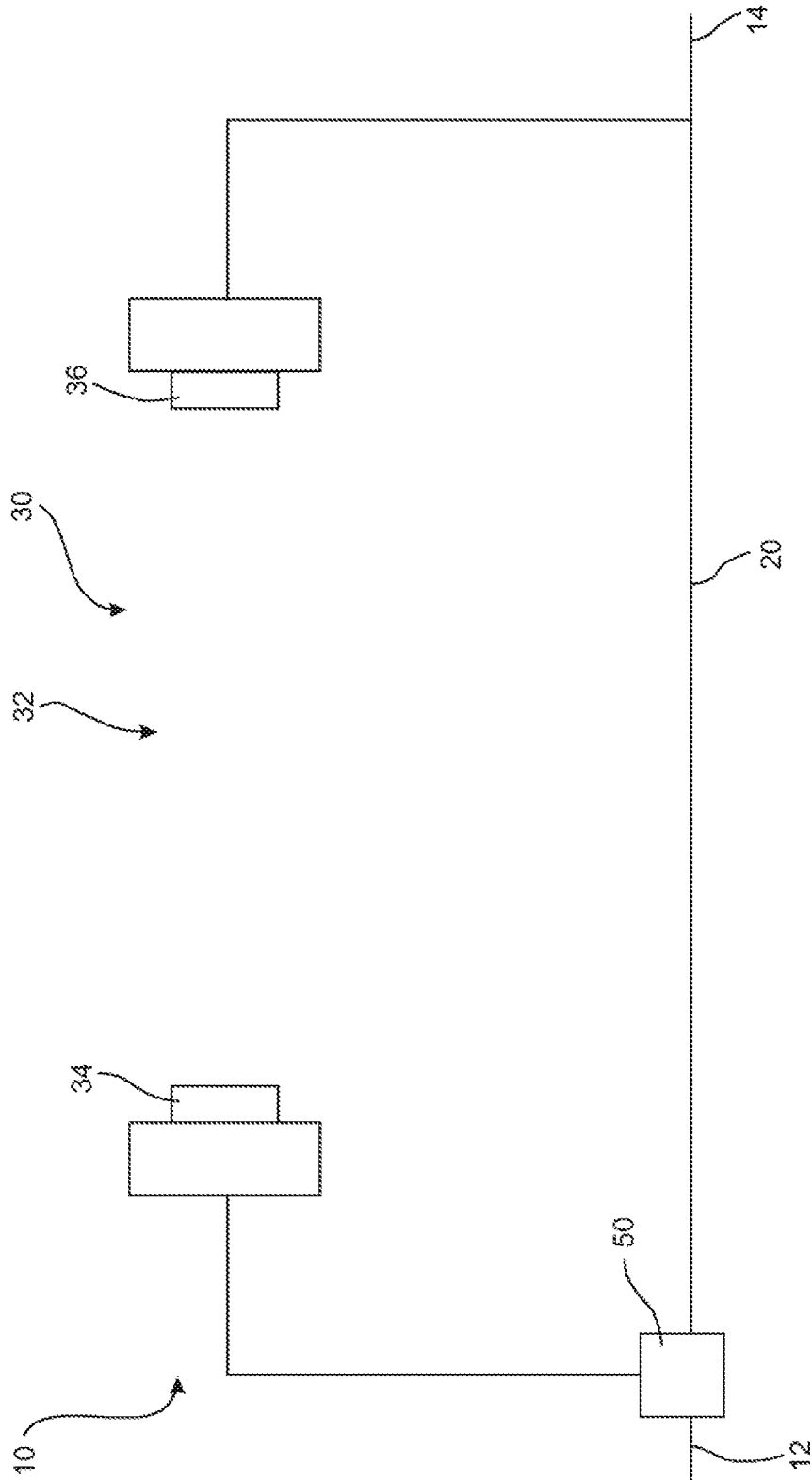


Fig. 1

2/8

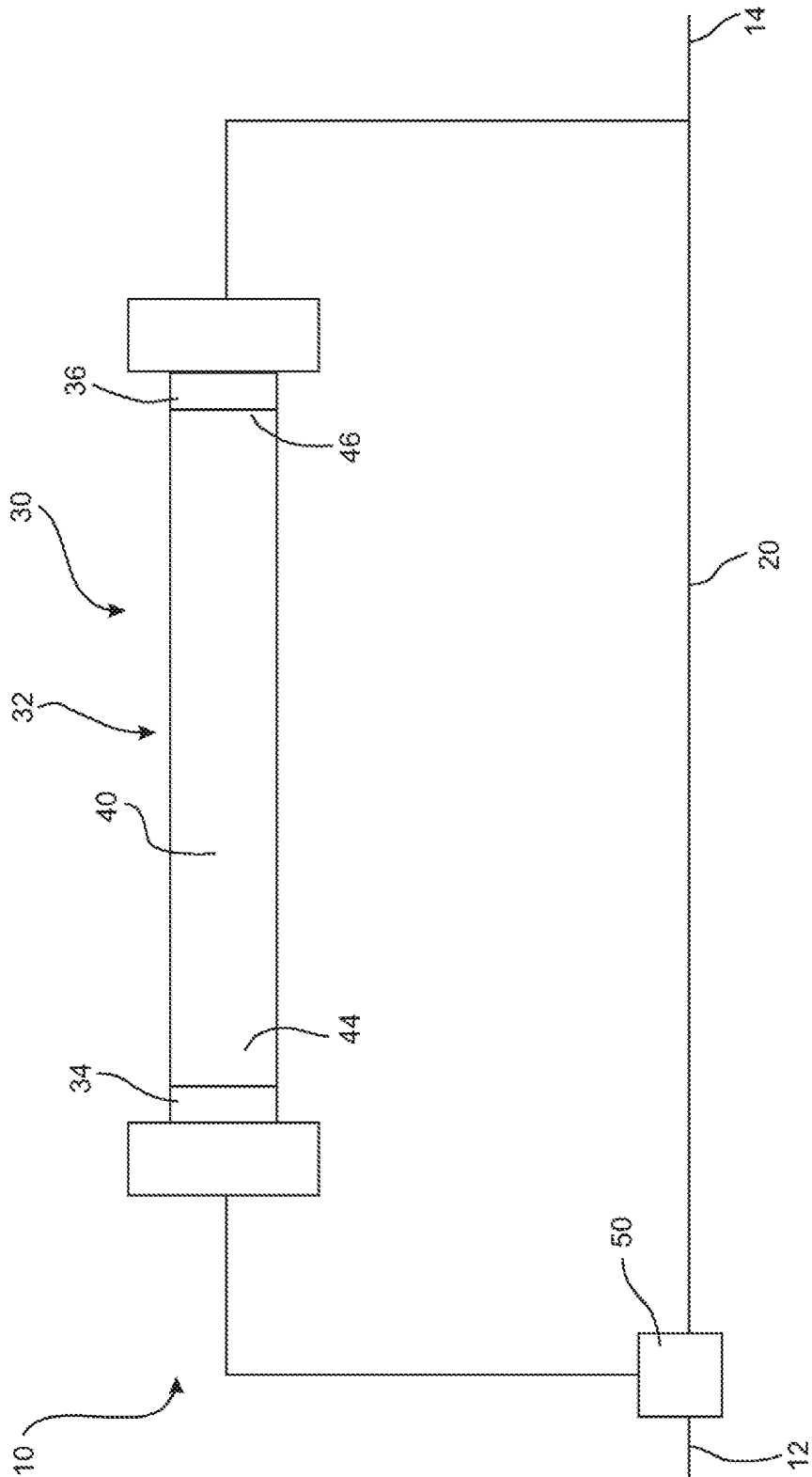


Fig. 2

3/8

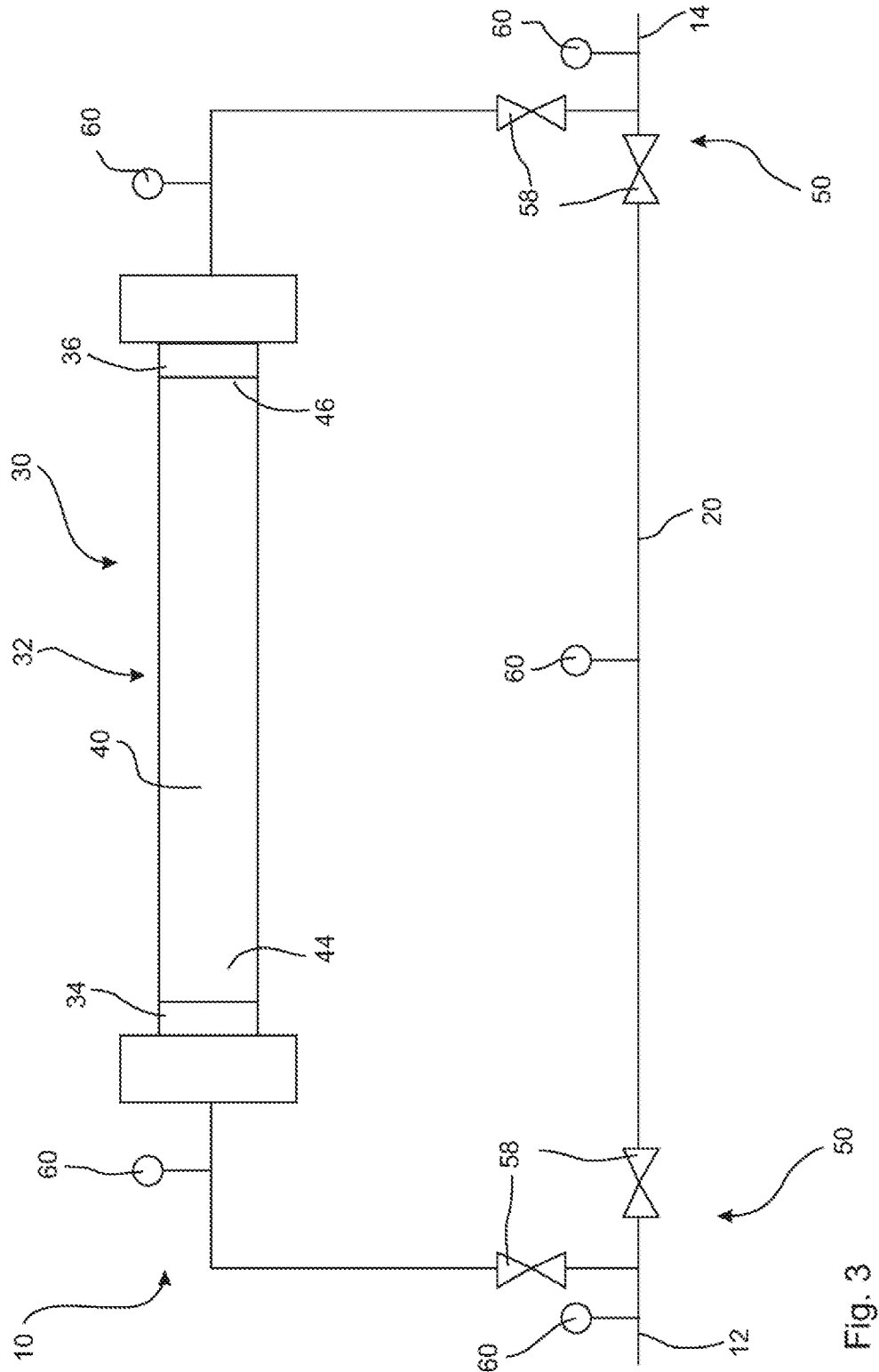


Fig. 3

4/8

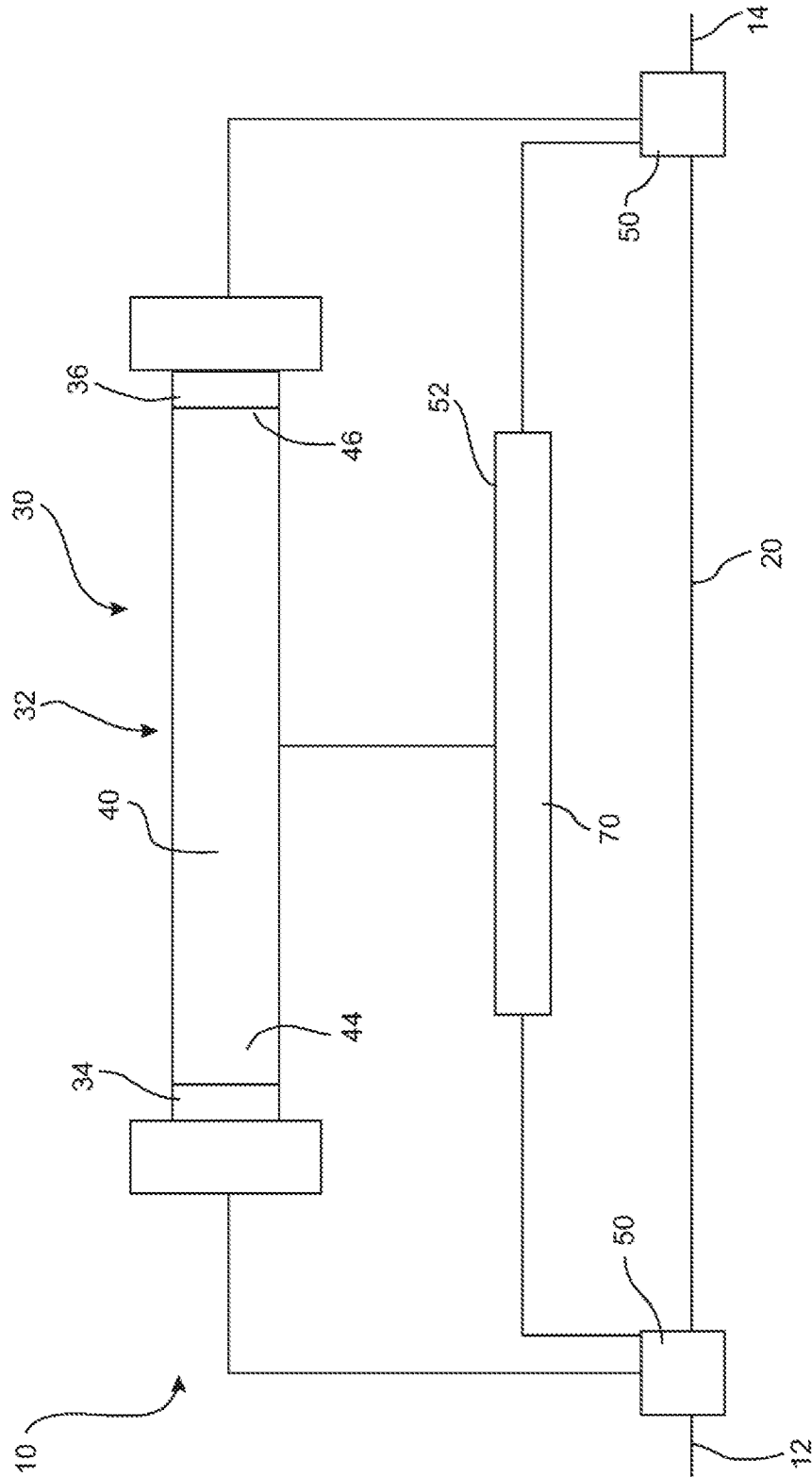


Fig. 4

5/8

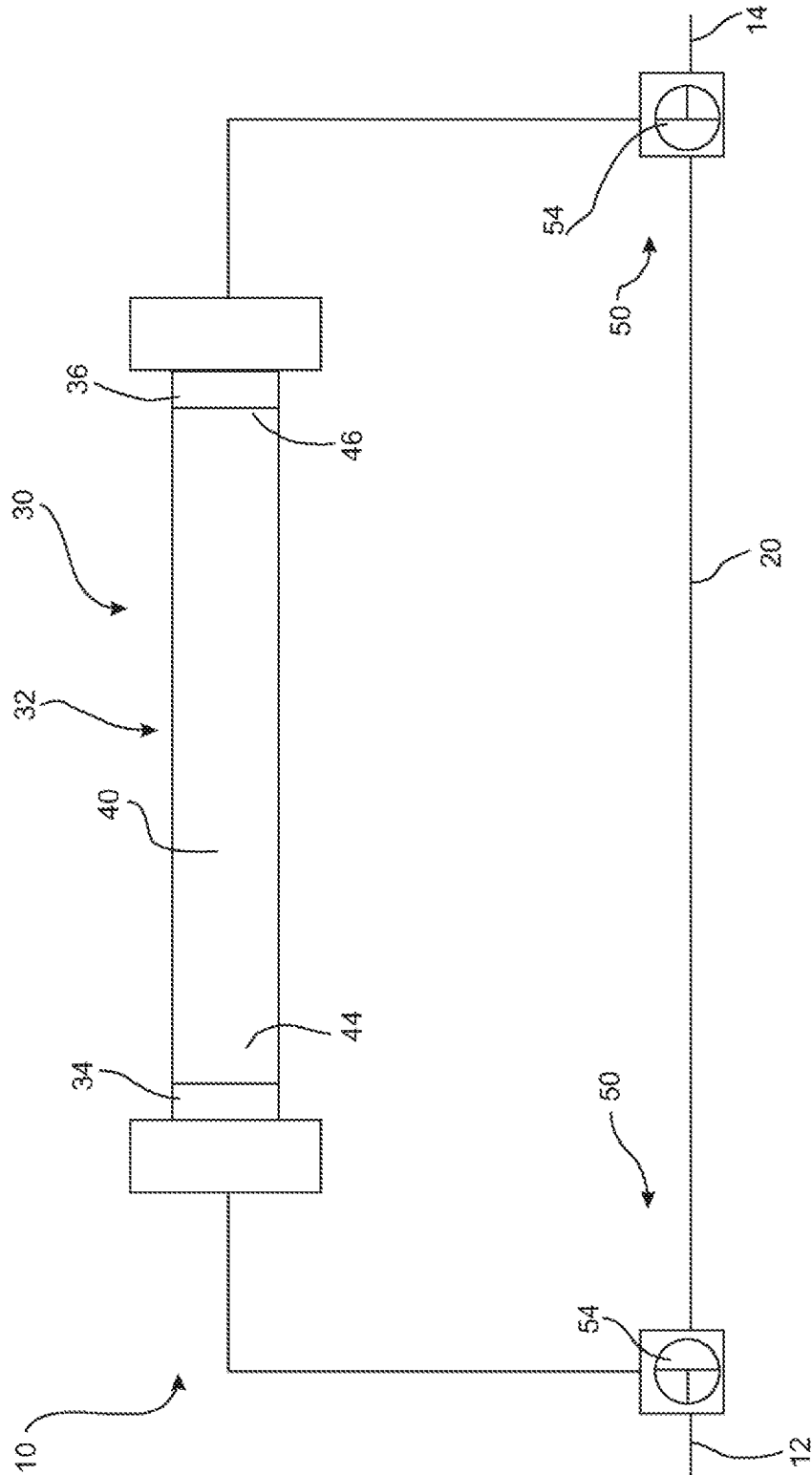


Fig. 5

6/8

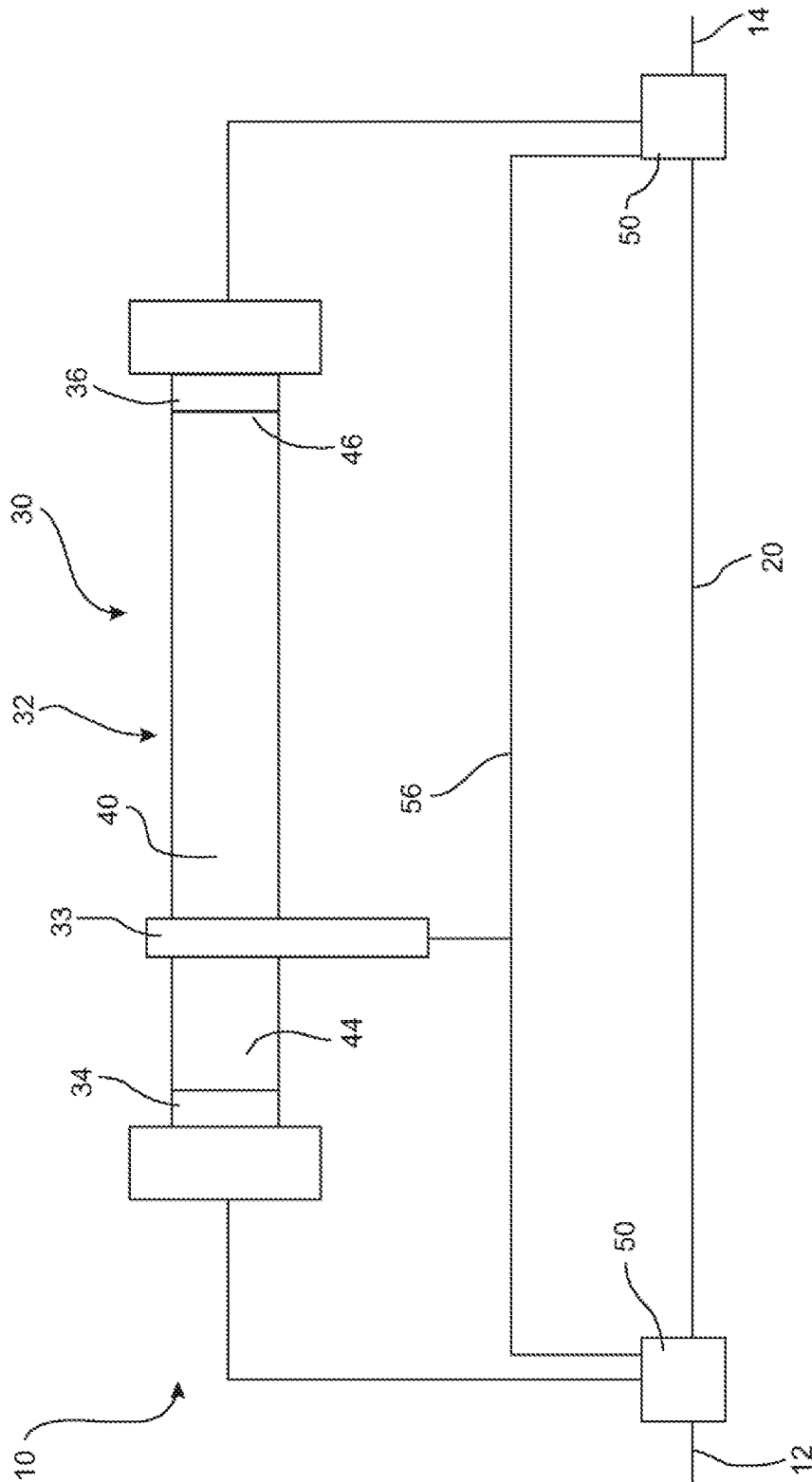


Fig. 6

7/8

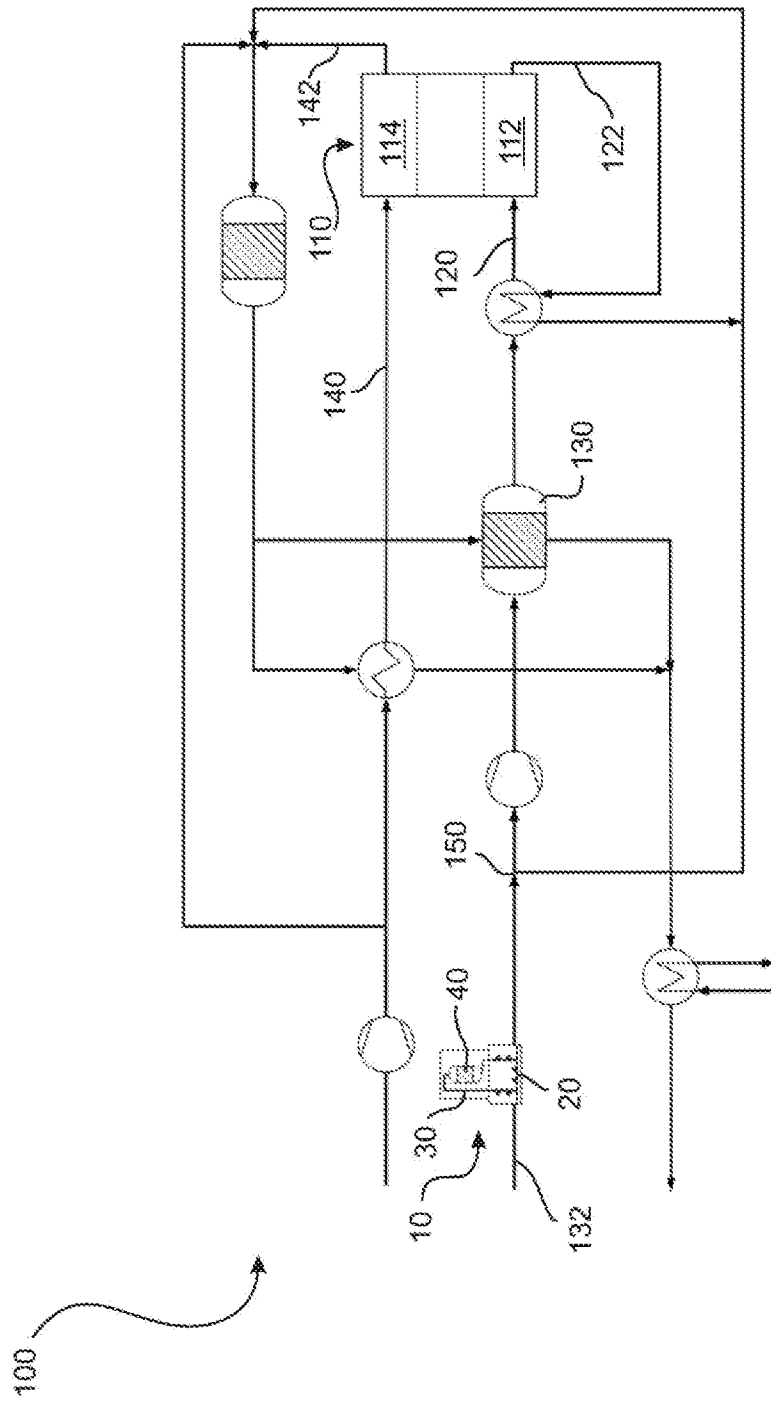


Fig. 7

8/8

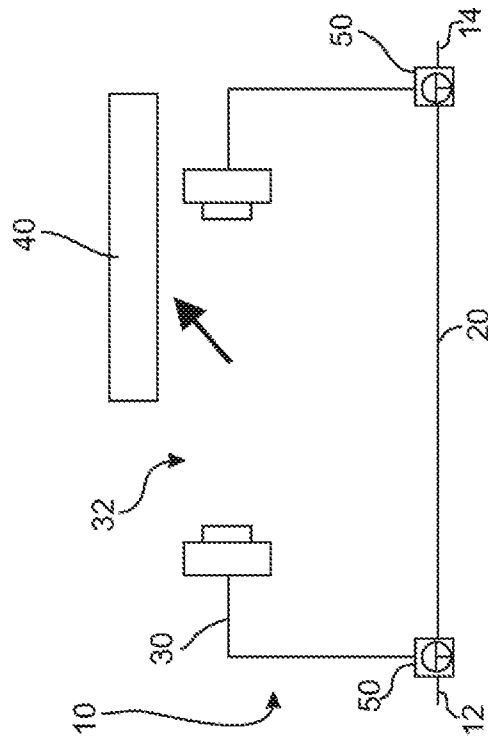


Fig. 9

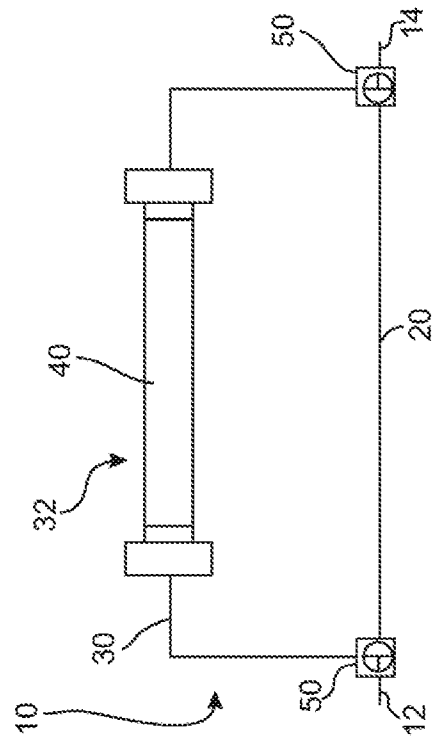


Fig. 11

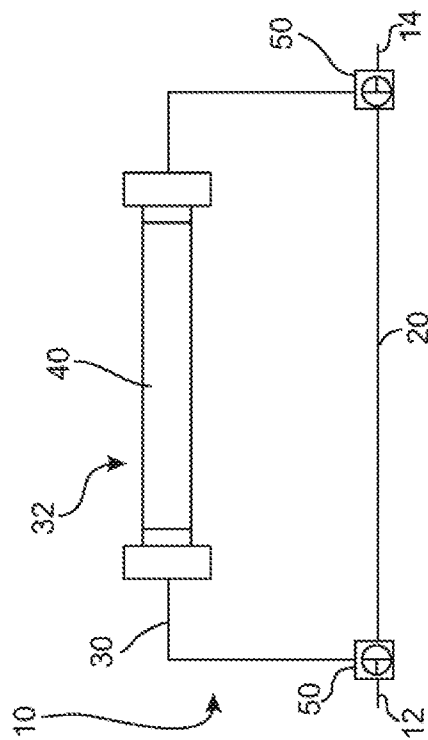


Fig. 8

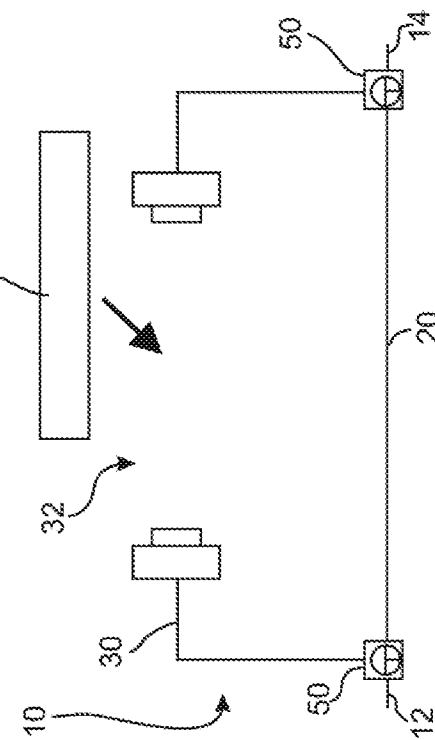


Fig. 10