

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50017/2018 (51) Int. Cl.: **H01M 8/0662** (2016.01)
(22) Anmeldetag: 12.01.2018 **B01J 19/24** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2019 **H01M 8/124** (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2015103529 A1
EP 3240080 A1
US 2007225155 A1
EP 2438145 B1
WO 2014137829 A1
US 2017174585 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Soukup Nikolaus BSC
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Entschwefelungsanordnung und Verfahren zum Austauschen einer Entschwefelungseinheit in einem Brennstoffzellensystem**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Entschwefelungsanordnung (1) für ein Brennstoffzellensystem (2), aufweisend eine Haupt-Entschwefelungseinheit (3) zum Entschwefeln von Brennstoff für das Brennstoffzellensystem (2) in einer Haupt-Brennstoffpassage (4) des Brennstoffzellensystems (2) während einer Normalbetriebsphase, in welcher das Brennstoffzellensystem (2) überwiegend betrieben wird, eine Puffer-Entschwefelungseinheit (5) zum Entschwefeln des Brennstoffs in einer zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage (6) des Brennstoffzellensystems (2), die einen Bypass zur Haupt-Entschwefelungseinheit (3) bildet, in einer Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2), in welcher ein Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) durchgeführt wird, und eine Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage (4) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2). Die Erfindung betrifft ferner ein Brennstoffzellensystem (2) mit einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsanordnung (1) sowie ein Verfahren zum Austauschen einer Entschwefelungseinheit (3) in einem Brennstoffzellensystem (2) mit einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsanordnung.

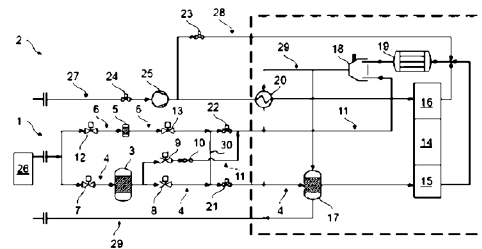


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Entschwefelungsanordnung (1) für ein Brennstoffzellensystem (2), aufweisend eine Haupt-Entschwefelungseinheit (3) zum Entschwefeln von Brennstoff für das Brennstoffzellensystem (2) in einer Haupt-Brennstoffpassage (4) des Brennstoffzellensystems (2) während einer Normalbetriebsphase, in welcher das Brennstoffzellensystem (2) überwiegend betrieben wird, eine Puffer-Entschwefelungseinheit (5) zum Entschwefeln des Brennstoffs in einer zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage (6) des Brennstoffzellensystems (2), die einen Bypass zur Haupt-Entschwefelungseinheit (3) bildet, in einer Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2), in welcher ein Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) durchgeführt wird, und eine Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage (4) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2). Die Erfindung betrifft ferner ein Brennstoffzellensystem (2) mit einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsanordnung (1) sowie ein Verfahren zum Austauschen einer Entschwefelungseinheit (3) in einem Brennstoffzellensystem (2) mit einer erfindungsgemäßen Entschwefelungsanordnung.

Fig. 1

Entschwefelungsanordnung und Verfahren zum Austauschen einer Entschwefelungseinheit in einem Brennstoffzellensystem

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Entschwefelungsanordnung zum Entschwefeln von Brennstoff für ein Brennstoffzellensystem. Die Erfindung betrifft ferner ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein stationäres Brennstoffzellensystem, mit einer
5 Entschwefelungsanordnung. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Austauschen einer Entschwefelungseinheit in einem Brennstoffzellensystem.

Bei einem stationären Brennstoffzellensystem ist es stets ein Ziel, dieses aufgrund von langen Startzeiten durchgehend in Betrieb zu haben. Hierbei tritt das Problem
10 auf, dass in das Brennstoffzellensystem kein oder zumindest nur eine geringe Menge an Schwefel gelangen darf, um eine Degeneration des Systems zu verhindern. Im verwendeten Brennstoff ist jedoch Schwefel vorhanden ist, weshalb das Brennstoffzellensystem regelmäßig von diesem befreit werden muss. Im Stand der Technik werden hierzu Entschwefelungseinheiten verwendet, welche regelmäßig, beispiels-
15 weise jährlich, getauscht werden müssen. Derartige Brennstoffzellensysteme sind aus der DE 201 22 157 U1 und der US 2012 / 0040256 A1 bekannt. Zum Austausch der Entschwefelungseinheiten muss das Brennstoffzellensystem jedoch entweder ausgeschaltet oder zumindest die Stromproduktion eingestellt werden muss, um zu vermeiden, dass schwefelhaltiges Gas in Systemkomponenten gelangen und in die-
20 sen eine Degeneration hervorrufen kann. Dies ist hinsichtlich des vorstehend genannten Ziels der möglichst unterbrechungsfreien Betriebsweise des Brennstoffzellensystems unbefriedigend.

Ein weiteres Problem bei gattungsgemäßen Brennstoffzellensystemen ist es, dass es sich beim Austausch der im Stand der Technik bekannten Entschwefelungseinheiten
25 aktuell nicht vermeiden lässt, dass Sauerstoff, wenn auch nur in geringen Mengen, in das Brennstoffzellensystem gelangt. Nachdem der Brennstoff, beispielsweise in Form von Erdgas, in einem Reformier eines Brennstoffzellensystems in wasserstoff- und kohlenmonoxidreiches Gas reformiert wurde, gelangt er zum Anodenabschnitt des Brennstoffzellensystems. Dadurch kann nach dem Austausch der Entschwefelungseinheit im Betrieb des Brennstoffzellensystems Sauerstoff zum Anodenab-
30 schnitt gelangen. Sauerstoff ist während des Betriebs des Brennstoffzellensystems allerdings schädlich für den Anodenabschnitt. Bei Verwendung von nur einer einzigen Entschwefelungseinheit mit Bypassleitung kann bei einem Austausch derselben

hingegen für kurze Zeit nichtentschwefeltes Gas an den Anodenabschnitt gelangen, wodurch Schwefel die Zellen dort vergiften kann.

Werden zwei parallele Entschwefelungseinheiten verwendet, lässt sich zwar die Unterbrechung des Betriebs vermeiden, allerdings kann durch den Austausch der Entschwefelungseinheiten noch Sauerstoff in den Anodenabschnitt gelangen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Entschwefelungsanordnung für ein Brennstoffzellensystem, ein Brennstoffzellensystem sowie ein Verfahren zum Austauschen einer Entschwefelungseinheit in einem Brennstoffzellensystem zu schaffen, mittels welcher Brennstoff für das Brennstoffzellensystem bei unterbrechungsfreier Betriebsweise des Brennstoffzellensystems auch über lange Zeiträume zuverlässig entschwefelt werden kann.

Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch die Entschwefelungsanordnung gemäß Anspruch 1, das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 7 sowie das Verfahren gemäß Anspruch 11 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der Entschwefelungsanordnung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem, dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Entschwefelungsanordnung für ein Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt. Die Entschwefelungsanordnung weist eine Haupt-Entschwefelungseinheit zum Entschwefeln von Brennstoff für das Brennstoffzellensystem in einer Haupt-Brennstoffpassage des Brennstoffzellensystems während einer Normalbetriebsphase, in welcher das Brennstoffzellensystem überwiegend betrieben wird, auf. Ferner weist die Entschwefelungsanordnung eine Puffer-Entschwefelungseinheit zum Entschwefeln des Brennstoffs in einer zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage des Brennstoffzellensystems, die einen By-

pass zur Haupt-Entschwefelungseinheit bildet, in einer Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems, in welcher ein Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit durchgeführt wird, auf. Außerdem weist die Entschwefelungsanordnung eine Haupt-Sperrvorrichtung, zum Sperren der Haupt-

5 Brennstoffpassage zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems, auf.

Unter Verwendung der parallel zur Haupt-Entschwefelungseinheit anordenbaren Puffer-Entschwefelungseinheit kann das Brennstoffzellensystem auch im Austauschbetriebszustand durchgehend mit entschwefeltem Brennstoff betrieben werden. D.h., die Puffer-Entschwefelungseinheit ist vollständig unabhängig von der Haupt-Entschwefelungseinheit betreibbar. Durch die Haupt-Sperrvorrichtung kann gewährleistet werden, dass eine alte bzw. verbrauchte Haupt-Entschwefelungseinheit schnell und einfach durch eine neue Haupt-Entschwefelungseinheit ersetzt werden kann. Während des Austauschbetriebszustandes kann der Brennstoff vollständig durch die Puffer-Entschwefelungseinheit entschwefelt und anschließend an die gewünschte Position, insbesondere an einen Anodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels des Brennstoffzellensystems, geleitet werden. Folglich kann mit Hilfe der erfindungsgemäßen Entschwefelungsanordnung die Haupt-Entschwefelungseinheit während des Betriebs des Brennstoffzellensystems derart ausgetauscht werden, dass die Brennstoffversorgung des Brennstoffzellensystems während des Austausches nicht ausgeschaltet werden muss und somit durch das Brennstoffzellensystem auch während des Austausches durchgehend Strom erzeugen werden kann.

Die Haupt-Entschwefelungseinheit ist zum Entschwefeln von Brennstoff konfiguriert, der im Brennstoffzellensystem genutzt wird. Die Haupt-Entschwefelungseinheit ist insbesondere zur Bereitstellung von entschwefeltem Brennstoff für einen Anodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels des Brennstoffzellensystems ausgestaltet.

Zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit ist die Haupt-Sperrvorrichtung in einen Sperrzustand schaltbar. Die Haupt-Sperrvorrichtung ist hierzu vorzugsweise als Ventilanordnung ausgestaltet. Zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit weist die Haupt-Sperrvorrichtung bevorzugt wenigstens ein erstes Hauptsperrventil zum Sperren der Haupt-

Brennstoffpassage stromaufwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit und wenigstens ein zweites Hauptsperrventil zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit auf. Für den Normalbetriebszustand kann die Haupt-Sperrvorrichtung in einen Durchlasszustand zum Freigeben der Haupt-
5 Brennstoffpassage stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit geschaltet werden. Während der Austauschbetriebsphase ist die Haupt-Sperrvorrichtung in den Sperrzustand schaltbar. Gleichwohl kann die Haupt-Sperrvorrichtung während der Austauschbetriebsphase auch in einen Durchlasszustand oder in einen teilweisen Durchlasszustand geschaltet werden, in welchem sich beispielsweise das erste Hauptsperrventil in einem Durchlasszustand und
10 das zweite Hauptsperrventil in einem Sperrzustand befinden.

Die Entschwefelungsanordnung ist insbesondere für ein stationäres Brennstoffzellensystem ausgelegt. Zur Entschwefelung des Brennstoffs weisen die Haupt-Entschwefelungseinheit und die Puffer-Entschwefelungseinheit Entschwefelungsmaterial zur verfahrenstechnischen Entfernung von Schwefel und/oder schwefelhaltigen
15 Verbindungen aus dem Brennstoff auf.

Zum Sperren und Freigeben der Haupt-Sperrvorrichtung kann ein geeignetes Steuergerät bereitgestellt sein. Das Steuergerät kann derart konfiguriert und ausgestaltet sein, dass die Haupt-Sperrvorrichtung basierend auf vordefinierten Schwellenwerten
20 automatisch in den Sperrzustand zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage zumindest abschnittsweise stromaufwärts und/oder stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit geschaltet wird. Die Entschwefelungsanordnung kann hierzu eine Messvorrichtung zum Messen eines Betriebszustandes der Haupt-Entschwefelungseinheit, beispielsweise anhand einer Schwefelbeladung der Haupt-
25 Entschwefelungseinheit und/oder anhand einer vordefinierten Betriebsdauer und/oder Betriebsweise, aufweisen, wobei das Steuergerät konfiguriert und ausgestaltet ist, die Haupt-Sperrvorrichtung abhängig vom gemessenen bzw. erkannten Betriebszustand der Haupt-Entschwefelungseinheit zumindest abschnittsweise, also stromaufwärts und/oder stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit, in den
30 Sperrzustand zu schalten. Dadurch kann automatisch verhindert werden, dass aufgrund einer veralteten Haupt-Entschwefelungseinheit nicht-entschwefelter Brennstoff zum Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels gelangen kann.

Die Entschwefelungsanordnung kann weiterhin eine Signaleinheit zum Ausgeben eines Warnsignals abhängig vom erkannten Betriebszustand der Haupt-Entschwefelungseinheit aufweisen. So kann automatisch ein Warnsignal ausgegeben werden, sobald durch die Messvorrichtung ein vordefinierter Betriebszustand der Haupt-Entschwefelungseinheit erkannt wird, welcher einen Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit erfordert. Ein versehentliches Betreiben der Entschwefelungsanordnung in einem nicht mehr voll funktionsfähigen Zustand der Haupt-Entschwefelungseinheit bzw. in einem Zustand, in welchem eine maximal zulässige Schwefelbeladung der Haupt-Entschwefelungseinheit erreicht ist, kann dadurch auf einfache Weise verhindert werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass die Haupt-Entschwefelungseinheit und die Puffer-Entschwefelungseinheit jeweils das gleiche oder zumindest teilweise das gleiche Entschwefelungsmaterial zum Entschwefeln des Brennstoffs aufweisen. Weisen diese das gleiche Entschwefelungsmaterial auf, kann der Brennstoff stets gleichmäßig entschwefelt werden, unabhängig davon, ob sich das Brennstoffzellensystem momentan in der Normalbetriebsphase oder in der Austauschbetriebsphase befindet. Darüber hinaus bringt die Bereitstellung des gleichen Entschwefelungsmaterials in der Haupt-Entschwefelungseinheit und in der Puffer-Entschwefelungseinheit logistische Vorteile mit sich. So muss bei der Herstellung der beiden Entschwefelungseinheiten nur ein Entschwefelungsmaterial bereitgestellt werden. Eine Verwechslung ist ausgeschlossen. Die erfindungsgemäße Verwendung der gleichen Entschwefelungsmaterialien ist insbesondere deshalb möglich, da die Entschwefelungsanordnung für ein Brennstoffzellensystem geschaffen ist, in welchem die Haupt-Entschwefelungseinheit und die Puffer-Entschwefelungseinheit bei gleicher oder im Wesentlichen gleicher Betriebstemperatur betrieben werden. Bei einer Entschwefelungsanordnung für ein Brennstoffzellensystem, in welchem unterschiedliche Entschwefelungseinheiten bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen und/oder mit unterschiedlichen Beladungskapazitäten arbeiten, ist dies in der Regel nicht möglich. Günstig ist es, wenn das Entschwefelungsmaterial eine Materialzusammensetzung aus zwei oder mehr Materialien ist.

Erfindungsgemäß kann es auch vorteilhaft sein, wenn sich die Entschwefelungsmaterialien der beiden Entschwefelungseinheiten zumindest teilweise unterscheiden,

spricht nur teilweise das gleiche Entschwefelungsmaterial aufweisen. So kann beispielsweise das Entschwefelungsmaterial der Haupt-Entschwefelungseinheit eine Materialzusammensetzung im Bereich von etwa 70 % bis 90 % Material A, insbesondere etwa 80 % Material A und etwa 10 % bis 30 % Material B, insbesondere etwa 20 % Material B umfasst. Die Puffer-Entschwefelungseinheit umfasst hierbei insbesondere etwa 100 % Material B. Dadurch ist eine Befüllung der Entschwefelungseinheiten in einer einfachen Weise möglich.

Vorteilhaft ist es in jedem Fall, wenn die Entschwefelungseinheiten derart ausgebildet sind, dass diese bei Umgebungstemperatur einwandfrei arbeiten und funktionieren. Hierfür wird insbesondere das Entschwefelungsmaterial oder die Entschwefelungsmaterialien bzw. Entschwefelungsmaterialzusammensetzung entsprechen ausgewählt.

Ferner ist es möglich, dass bei einer Entschwefelungsanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung das Entschwefelungsmaterial ein Adsorbens mit Mangandioxid und Kupferoxid aufweist, mit welchem eine effektive Entschwefelung möglich ist.

Eine erfindungsgemäße Entschwefelungsanordnung kann ferner wenigstens ein Entlüftungsventil zur Anordnung stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit in einer zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage ausgestalteten Entlüftungspassage des Brennstoffzellensystems und dort zum Entlüften der Haupt-Entschwefelungseinheit während der Austauschbetriebsphase, in welcher sich die Haupt-Sperrvorrichtung in der Haupt-Brennstoffpassage stromaufwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit in einem Durchlasszustand und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit in einem Sperrzustand befindet, aufweisen. Durch das Entlüftungsventil kann erreicht werden, dass sich nach dem Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit und vor dem Umschalten in den Normalbetriebszustand keine Luft bzw. kein Sauerstoff mehr in der Haupt-Brennstoffpassage und/oder in der Haupt-Entschwefelungseinheit befinden. Wie vorstehend beschrieben, ist Sauerstoff während des Betriebs des Brennstoffzellensystems schädlich für den Anodenabschnitt. Durch das erfindungsgemäße Entlüftungsventil kann auf einfache Weise sichergestellt werden, dass der Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit ohne anschließende Beschädigung des Brennstoffzellensystems durchgeführt werden kann. Das erste Hauptsperrventil kann während des Entlüftens in einen Durchlasszustand geschaltet werden, während das zweite Hauptsperrventil in einen Sperrzu-

stand schaltbar ist. In diesem Fall kann das erste Hauptsperrventil als weiteres Entlüftungsventil verstanden werden. Während des Normalbetriebszustandes kann das Entlüftungsventil als Sperrventil funktionieren, also in einen Sperrzustand geschaltet werden, um einen Brennstofffluss durch die Entlüftungspassage zu verhindern.

- 5 Darüber hinaus ist es möglich, dass eine erfindungsgemäße Entschwefelungsanordnung eine Neben-Sperrvorrichtung zum Sperren der Neben-Brennstoffpassage zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit, insbesondere im Bereich des Bypasses, während der Normalbetriebsphase des Brennstoffzellensystems, aufweist. Dadurch kann auf einfache
- 10 Weise verhindert werden, dass die Bypass-Entschwefelungseinheit während der Normalbetriebsphase mit Brennstoff und somit mit Schwefel beaufschlagt wird. Die Neben-Sperrvorrichtung kann ein erstes Nebensperrventil zum Sperren der Neben-Brennstoffpassage stromaufwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit und ein zweites Nebensperrventil zum Sperren der Neben-Brennstoffpassage stromabwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit aufweisen.
- 15

Von weiterem Vorteil kann es sein, wenn bei einer Entschwefelungsanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung die Haupt-Entschwefelungseinheit mehr Entschwefelungsmaterial als die Puffer-Entschwefelungseinheit aufweist. Die Haupt-Entschwefelungseinheit ist deshalb vorzugsweise größer dimensioniert als die Puffer-Entschwefelungseinheit. Insbesondere ist die Haupt-Entschwefelungseinheit in

20 einer Größe ausgelegt, bei welcher ein vordefiniertes Wartungsintervall von beispielsweise einem Jahr für den Austausch eingehalten werden kann. Dadurch müssen nicht zwei große Entschwefelungseinheiten gleichzeitig betrieben werden, sondern überwiegend die Haupt-Entschwefelungseinheit und nur im Austauschbetriebs-

25 zustand die deutlich kleinere Puffer-Entschwefelungseinheit. Die Haupt-Entschwefelungseinheit weist im Vergleich zur Puffer-Entschwefelungseinheit entsprechend ein Vielfaches an Entschwefelungsmaterial auf. Die Puffer-Entschwefelungseinheit weist vorzugsweise weniger als 10%, insbesondere weniger als 1% der Menge an Entschwefelungsmaterial der Haupt-Entschwefelungseinheit

30 auf. Die Puffer-Entschwefelungseinheit ist in der Größe derart ausgelegt, dass sie bei einem vorgegebenen Wartungsintervall für die gesamte Lebensdauer des Systems betrieben werden kann und damit nicht ausgewechselt werden muss.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, einen Reformier stromaufwärts des Anodenabschnitts zum Reformieren von Brennstoff für den Anodenabschnitt, einen Brenner stromabwärts des Brennstoffzellenstapels zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt und/oder Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt, eine Brennstoffquelle zum Bereitstellen des Brennstoffs für das Brennstoffzellensystem, und eine wie vorstehend im Detail beschriebene Entschwefelungsanordnung. Bei dem Brennstoffzellensystem sind die Haupt-Entschwefelungseinheit in der Haupt-Brennstoffpassage angeordnet, die Puffer-Entschwefelungseinheit in der parallel zur Haupt-Brennstoffpassage ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage, welche einen Bypass zur Haupt-Entschwefelungseinheit bildet, angeordnet, und die Haupt-Sperrvorrichtung, zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems, ausgestaltet.

Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf die erfindungsgemäße Entschwefelungsanordnung beschrieben worden sind. Das Brennstoffzellensystem ist vorzugsweise als stationäres Brennstoffzellensystem, insbesondere als stationäres SOFC-System, ausgestaltet.

Zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit ist die Haupt-Sperrvorrichtung in einen Sperrzustand schaltbar. Um die Haupt-Brennstoffpassage stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit zumindest abschnittsweise für einen Brennstoffdurchfluss freizugeben, ist die Haupt-Sperrvorrichtung in einen Durchlasszustand schaltbar. Bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem könnte während der Austauschbetriebsphase an Stelle des Austausches der Haupt-Entschwefelungseinheit auch eine Aufbereitung der Haupt-Entschwefelungseinheit durchgeführt werden. In diesem Fall würde ein Grundkörper der Haupt-Entschwefelungseinheit im Brennstoffzellensystem angeordnet bleiben, während beispielsweise nur das Entschwefelungsmaterial ausgetauscht oder geeignet aufbereitet wird. D.h., während der Austauschbetriebsphase ist es nicht zwingend notwendig, dass die gesamte Haupt-Entschwefelungseinheit ausgetauscht wird.

Die Haupt-Sperrvorrichtung weist, wie vorstehend erwähnt, vorzugsweise ein erstes Hauptsperrventil stromaufwärts, insbesondere direkt stromaufwärts, der Haupt-Entschwefelungseinheit und ein zweites Hauptsperrventil stromabwärts, insbesondere direkt stromabwärts, der Haupt-Entschwefelungseinheit auf. Die beiden Hauptsperrventile sind unabhängig voneinander schaltbar. Dadurch lässt sich auf einfache Weise der gewünschte Sperr- oder Durchlasszustand in der Haupt-Brennstoffpassage im Bereich der Haupt-Entschwefelungseinheit schalten.

Die Neben-Sperrvorrichtung weist, wie vorstehend erwähnt, vorzugsweise ein erstes Nebensperrventil stromaufwärts, insbesondere direkt stromaufwärts, der Puffer-Entschwefelungseinheit und ein zweites Nebensperrventil stromabwärts, insbesondere direkt stromabwärts, der Puffer-Entschwefelungseinheit auf. Die beiden Nebensperrventile sind unabhängig voneinander schaltbar. Dadurch lässt sich auf einfache Weise der gewünschte Sperr- oder Durchlasszustand in der Neben-Brennstoffpassage im Bereich der Puffer-Entschwefelungseinheit schalten.

Zum Ansteuern der verschiedenen Sperrventile weist das Brennstoffzellensystem geeignete Aktoren auf, welche durch ein wie vorstehend beschriebenes Steuergerät angesteuert werden können. Das Steuergerät kann eine elektronische Kontrolleinheit zum automatischen Durchführen der gewünschten Schaltvorgänge, insbesondere basierend auf den vorstehend erläuterten Messwerten, aufweisen.

Der Bypass der Neben-Brennstoffpassage zur Haupt-Entschwefelungseinheit beginnt vorzugsweise stromaufwärts des ersten Hauptsperrventils und endet in der Haupt-Brennstoffpassage stromabwärts des zweiten Hauptsperrventils, wobei sich sowohl das erste Nebensperrventil, die Puffer-Entschwefelungseinheit als auch das zweite Nebensperrventil im Bypass befinden. Dadurch kann die gewünschte Zu- und Abschaltung der Haupt-Entschwefelungseinheit und der Puffer-Entschwefelungseinheit für die jeweils gewünschte Entschwefelung des Brennstoffs besonders effektiv und zuverlässig realisiert werden. Die Haupt-Brennstoffpassage und die Neben-Brennstoffpassage zweigen vorzugsweise von einer Initial-Brennstoffpassage in zumindest abschnittsweise parallel zueinander laufende Brennstoffpassagen ab, wobei die Initial-Brennstoffpassage aus einer Brennstoffquelle des Brennstoffzellensystems hervortritt. Dadurch kann ein besonders einfacher und platzsparender Leitungsaufbau im Brennstoffzellensystem realisiert werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass das wenigstens eine Entlüftungsventil stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit in der zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage ausgestalteten Entlüftungspassage des Brennstoffzellensystems angeordnet ist, wobei das Entlüftungsventil zum Entlüften der Haupt-Entschwefelungseinheit während der Austauschbetriebsphase in Richtung des Brenners des Brennstoffzellensystems, der stromabwärts des Entlüftungsventils angeordnet ist, konfiguriert ist. Dadurch kann der bereits vorstehend erwähnte vorteilhafte Effekt erzielt werden, dass Sauerstoff vor einem Umschalten in den Normalbetriebszustand des Brennstoffzellensystems aus der Haupt-Brennstoffpassage im Bereich der Haupt-Entschwefelungseinheit entfernt werden kann, wodurch insbesondere der Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels vor Betriebsschäden geschützt werden kann. Die Entlüftungspassage zweigt vorzugsweise aus der Haupt-Brennstoffpassage stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit und stromaufwärts des zweiten Hauptsperrentils in Richtung des Brenners ab.

Weiterhin ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem dem Brenner stromabwärts des Brennstoffzellenstapels ein katalytischer Nachbrenner vorgelagert ist und die Entlüftungspassage vorbei am katalytischen Nachbrenner in den Brenner führt. Dadurch kann der Brennstoff für die Entlüftung direkt in den Nachbrenner geleitet werden, ohne den katalytischen Nachbrenner zu beaufschlagen. Dies ist förderlich für die Langlebigkeit des katalytischen Nachbrenners und mit hin auch für die entsprechend langlebige Funktionsweise des Brennstoffzellensystems. Der katalytische Nachbrenner ist vorzugsweise als Oxidationskatalysator für eine katalytische Verbrennung des Anodenabgases sowie des Kathodenabgases ausgestaltet. Günstig kann es auch sein, wenn der Brenner und der katalytische Nachbrenner als ein gemeinsames und/oder integrales Bauteil ausgebildet sind.

Außerdem kann es von Vorteil sein, wenn bei einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung stromabwärts des Entlüftungsventils ein Drosselventil zum vordefinierten Drosseln eines Entlüftungsstroms in Richtung des Brenners angeordnet ist. Durch entsprechende Steuerung und/oder Regelung der Drossel kann verhindert werden, dass der Brenner während des Entlüftens mit einer zu hohen Menge an Brennstoff beaufschlagt wird, wodurch das thermische Verhalten des Brennstoffzellensystems nachteilhaft beeinflusst werden könnte. Durch eine Drosse-

lung des Entlüftungsstroms und somit eine entsprechende Drosselung der Brennstoffmenge, mit welcher der Brenner während der Austauschbetriebsphase beaufschlagt wird, kann somit eine gleichmäßige Betriebsweise während allen Betriebsphasen des Brennstoffzellensystems gewährleistet werden.

- 5 Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Austauschen einer Entschwefelungseinheit in einem wie vorstehend beschriebenen Brennstoffzellensystem bereitgestellt. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:
- Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung in einen Sperrzustand zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage zumindest abschnittsweise stromaufwärts und strom-
10 abwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit,
 - Umleiten einer Brennstoffzufuhr in Richtung des Anodenabschnitts durch die Puffer-Entschwefelungseinheit,
 - Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit durch eine neue Haupt-
15 Entschwefelungseinheit, während der Brennstoff durch die Puffer-Entschwefelungseinheit in Richtung des Anodenabschnitts geleitet wird, und
 - Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung in einen Durchlasszustand zum Freigeben der Haupt-Brennstoffpassage für einen Brennstofffluss von der Brennstoffquelle durch die Haupt-Entschwefelungseinheit zum Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels nach dem Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit.
- 20 Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Verfahren die vorstehend ausführlich beschriebenen Vorteile mit sich. Bei dem Verfahren wird das Umleiten der Brennstoffzufuhr in Richtung des Anodenabschnitts insbesondere durch das Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung in den Sperrzustand bewirkt. Sobald die Haupt-Sperrvorrichtung in den Sperrzustand geschaltet wurde, also vorzugsweise das erste
25 Hauptsperrventil und das zweite Hauptsperrventil in den Sperrzustand geschaltet wurden, kann die Neben-Sperrvorrichtung, also vorzugsweise das erste Nebensperrventil und das zweite Nebensperrventil, in einen Durchlasszustand geschaltet werden. Nun kann der Brennstoff von der Brennstoffquelle nicht mehr über die Haupt-Entschwefelungseinheit strömen, sondern nur noch über die Puffer-
30 Entschwefelungseinheit. Genauer gesagt kann der Brennstoff nun über den Bypass der Neben-Brennstoffpassage durch die Puffer-Entschwefelungseinheit, die geöffnet

te Neben-Sperrvorrichtung weiter in einen Abschnitt der Haupt-Brennstoffpassage stromabwärts der Haupt-Sperrvorrichtung, insbesondere stromabwärts des zweiten Hauptsperrventils, geleitet werden.

5 Günstig ist es insbesondere, wenn die neue Haupt-Entschwefelungseinheit durch ein Öffnen der Haupt-Sperrvorrichtung und des Entlüftungsventils insbesondere unmittelbar nach einem Einsetzen derselben entlüftet wird. Ferner ist es günstig wenn gleichzeitig zum Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung in einen Durchlasszustand auch das Entlüftungsventil verschlossen wird.

10 Wie vorstehend beschrieben, kann an Stelle des Austauschens auch eine Reinigung oder eine entsprechende Aufbereitung der Haupt-Entschwefelungseinheit durchgeführt werden, bei welcher sozusagen nur ein Teil der Haupt-Entschwefelungseinheit ausgetauscht und/oder aufbereitet wird. Bei der Durchführung des Verfahrens werden die Haupt-Entschwefelungseinheit und die Puffer-Entschwefelungseinheit bei gleicher oder im Wesentlichen gleicher Betriebstemperatur betrieben.

15 Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Verfahren das Entlüftungsventil nach dem Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit und vor dem Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung in den Durchlasszustand in einen Entlüftungszustand geschaltet wird, und die Haupt-Sperrvorrichtung in der Haupt-Brennstoffpassage stromaufwärts der Haupt-
20 Entschwefelungseinheit in einen Durchlasszustand und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit in einem Sperrzustand geschaltet wird, wobei die Haupt-Entschwefelungseinheit sowie die Haupt-Brennstoffpassage mittels Brennstoff aus der Brennstoffquelle, der von der Brennstoffquelle über die Haupt-
Entschwefelungseinheit durch das Entlüftungsventil geleitet wird, entlüftet werden.

25 Durch diese Schaltungsmaßnahmen können die Haupt-Brennstoffpassage einfach und zuverlässig entlüftet und dadurch der Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels vor Schäden geschützt werden. Sobald das Brennstoffzellensystem in den vorstehend genannten Betriebszustand geschaltet wurde, kann Brennstoff von der Brennstoffquelle über die Haupt-Brennstoffpassage durch das erste Hauptsperrventil
30 der Haupt-Sperrvorrichtung, die ausgetauschte Haupt-Entschwefelungseinheit und aus der Haupt-Brennstoffpassage heraus über die Entlüftungspassage durch das Entlüftungsventil in Richtung des Brenners geleitet werden. Dieser Fluidweg einschließlich der darin angeordneten Funktionsbauteile kann durch den Brennstoff,

- insbesondere in Form von Erdgas, entlüftet werden. Der für die Entlüftung verwendete Brennstoff kann anschließend im Nachbrenner verbrannt werden. Stromabwärts des Brenners ist ein Wärmetauscher angeordnet, welcher durch den verbrannten Brennstoff im Brenner erhitzt werden kann. Dadurch kann der zur Entlüftung verwendete Brennstoff verwendet werden, um den Brenner zu erhitzen, welcher wiederum ein Arbeitsfluid des Brennstoffzellensystems, beispielsweise Luft, die zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels geleitet wird, erhitzen kann. Dadurch kann ein besonders effizient arbeitendes Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt werden.
- 5
- 10 Zudem ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Verfahren ein Volumenstrom des Brennstoffs von der Brennstoffquelle zum Brenner während des Entlüftens der Haupt-Entschwefelungseinheit und der Haupt-Brennstoffpassage durch das Drosselventil auf einen vordefinierten Wert geregelt wird. Dadurch kann sichergestellt werden, dass dem Brenner nicht zu viel Brennstoff zugeführt wird, wodurch das thermische Verhalten in diesem Bereich nachteilhaft beeinflusst werden könnte. Außerdem kann dadurch sichergestellt werden, dass nicht unnötig viel Brennstoff für das Entlüften der Haupt-Brennstoffpassage verwendet wird, also Brennstoff gespart wird.
- 15
- Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Sämtliche aus den Ansprüchen, der Beschreibung oder der Zeichnung hervorgehende Merkmale und/oder Vorteile, einschließlich konstruktiver Einzelheiten und räumlicher Anordnungen können sowohl für sich als auch in den verschiedenen Kombinationen erfindungswesentlich sein.
- 20
- 25 Es zeigen jeweils schematisch:
- Figur 1 ein Blockschaltbild zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems mit einer Entschwefelungsanordnung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und
- Figur 2 ein Flussdiagramm zum Erläutern eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- 30

In Fig. 1 ist schematisch ein stationäres Brennstoffzellensystem 2 in Form eines SOFC-Systems mit einer Entschwefelungsanordnung 1 dargestellt. Das Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel 14 mit einem Anodenabschnitt 15 und einem Kathodenabschnitt 16 auf. Ferner weist das Brennstoffzellensystem 2 einen Reformer 17 auf, der stromaufwärts des Anodenabschnitts 15 zum Reformieren von Brennstoff für den Anodenabschnitt 15 angeordnet ist. Das Brennstoffzellensystem 2 weist außerdem einen Brenner 18 stromabwärts des Brennstoffzellenstapels 14 zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt 15 und Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt 16, sowie eine Brennstoffquelle 26 zum Bereitstellen des Brennstoffs für das Brennstoffzellensystem 2, auf.

Die Entschwefelungsanordnung 1 des Brennstoffzellensystems 2 weist eine Haupt-Entschwefelungseinheit 3 zum Entschwefeln des Brennstoffs für das Brennstoffzellensystem 2 in einer Haupt-Brennstoffpassage 4 des Brennstoffzellensystems 2 während einer Normalbetriebsphase, in welcher das Brennstoffzellensystem 2 überwiegend betrieben wird, auf. Außerdem weist die Entschwefelungsanordnung 1 eine Puffer-Entschwefelungseinheit 5 zum Entschwefeln des Brennstoffs in einer abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage 4 ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage 6 des Brennstoffzellensystems 2, die einen Bypass zur Haupt-Entschwefelungseinheit 3 bildet, in einer Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems 2, in welcher ein Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 durchgeführt wird, auf.

Die Entschwefelungsanordnung 1 weist ferner eine Haupt-Sperrvorrichtung mit einem ersten Hauptsperrventil 7 stromaufwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 und einem zweiten Hauptsperrventil 8 stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit 3, zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage 4 direkt stromaufwärts und direkt stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems 2, auf.

Die Entschwefelungsanordnung 1 weist darüber hinaus eine Neben-Sperrvorrichtung mit einem ersten Nebensperrventil 12 direkt stromaufwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit 5 und einem zweiten Nebensperrventil 13 direkt stromabwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit 5, zum Sperren der Neben-Brennstoffpassage 6 abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Puffer-

Entschwefelungseinheit 5 während der Normalbetriebsphase des Brennstoffzellensystems 2, auf.

In der Entschwefelungsanordnung 1 des Brennstoffzellensystems 2 ist weiterhin ein Entlüftungsventil 9 stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 in einer abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage 4 ausgestalteten Entlüftungspassage 11 des Brennstoffzellensystems 2 angeordnet, wobei das Entlüftungsventil 9 zum Entlüften der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 während der Austauschbetriebsphase in Richtung des Brenners 18, der stromabwärts des Entlüftungsventils 9 angeordnet ist, konfiguriert ist.

Dem Brenner 18 ist stromabwärts des Brennstoffzellenstapels 14 ein Katalysator bzw. katalytischer Nachbrenner 19 vorgelagert, wobei die Entlüftungspassage 11 vorbei am katalytischen Nachbrenner 19 direkt in den Brenner 18 führt. Stromabwärts des Entlüftungsventils 9 ist ein Drosselventil 10 zum vordefinierten Drosseln eines Entlüftungsstroms bzw. einer Menge an Brennstoff in Richtung des Brenners 18 angeordnet.

Ferner ist eine schwefelfreie Gasversorgungsleitung 30. Dadurch kann auch der Brenner 18 mit schwefelfreiem Brennstoff versorgt werden.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystem 2 weisen die Haupt-Entschwefelungseinheit 3 und die Puffer-Entschwefelungseinheit 5 zum Entschwefeln des Brennstoffs jeweils zumindest teilweise das gleiche Entschwefelungsmaterial auf. Das Entschwefelungsmaterial weist ein Adsorbens mit Mangandioxid und Kupferoxid auf. Außerdem weist die Puffer-Entschwefelungseinheit 5 weniger als 1% des Entschwefelungsmaterials der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 auf.

Wie ferner in Fig. 1 dargestellt, weist das Brennstoffzellensystem 2 einen Kathodengaszuführabschnitt 27 zum Zuführen von Luft zum Kathodenabschnitt 16 des Brennstoffzellenstapels 14 auf. In dem Kathodengaszuführabschnitt 27 ist ein Sauggebläse 25 zum Einbringen der Luft in den Kathodengaszuführabschnitt 27 angeordnet. Stromaufwärts des Sauggebläses 25 ist ein Massenstromregler 24 zum Regeln der Luftmenge im Kathodengaszuführabschnitt 27 angeordnet. Stromabwärts des Sauggebläses ist ein Wärmetauscher 20 mit einer kalten Seite im Kathodengaszuführabschnitt 27 angeordnet. Stromabwärts des Sauggebläses 25 zweigt außerdem eine Fluidleitung 28 in Richtung des katalytischen Nachbrenners 19 ab, um dem katalyti-

schen Nachbrenner 19 sowie dem Brenner 18 Luft für eine darin stattfindende Verbrennung zuführen zu können. In der Fluidleitung 28 ist ein weiterer Massenstromregler 23 zum Regeln der Luftzufuhr in Richtung des katalytischen Nachbrenners 19 angeordnet.

- 5 Gemäß der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform sind auch stromaufwärts des Reformers 17 und stromabwärts des zweiten Hauptsperrventils 8 ein Massenstromregler 21 zum Regeln einer Brennstoffzufuhr in Richtung des Reformers 17 sowie entsprechend zum Anodenabschnitt 15 des Brennstoffzellenstapels 14 angeordnet. Ein solcher Massenstromregler 22 ist auch stromabwärts des zweiten Nebensperrventils
- 10 13 zum Regeln einer Brennstoffzufuhr über die Puffer-Entschwefelungseinheit 5 durch die Entlüftungspassage 11 zum Brenner 18 angeordnet. Zum Auslassen der verbrannten Abgase in die Umgebung des Brennstoffzellensystems 2 weist das Brennstoffzellensystem 2 einen Auslassabschnitt 29 auf. In diesem ist der Wärmetauscher 20 stromabwärts des Brenners 18 mit einer heißen Seite eingebunden.
- 15 Mit Bezug auf Fig. 2 wird anschließend ein Verfahren zum Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 in einem Brennstoffzellensystem 2 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beschrieben.

In einem ersten Schritt S1 wird die Haupt-Sperrvorrichtung, also sowohl das erste Hauptsperrventil 7 als auch das zweite Hauptsperrventil 8, in einen Sperrzustand

20 zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage 4 stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 geschaltet. In einem zweiten Schritt wird die Nebensperrvorrichtung, also sowohl das erste Nebensperrventil 12 als auch das zweite Nebensperrventil 13, in einen Durchlasszustand geschaltet. Hierbei wird die Brennstoffzufuhr in Richtung des Anodenabschnitts 15 über den Bypass der Neben-

25 Brennstoffpassage 6 durch die Puffer-Entschwefelungseinheit 5 umgeleitet. Nun wird das Brennstoffzellensystem 2 in einem Austauschbetriebszustand betrieben. Für einen unterbrechungsfreien Betrieb erfolgt das Sperren der Haupt-Brennstoffpassage 4 und das Schalten in den Durchlasszustand der Neben-Brennstoffpassage 6 zeitgleich oder findet so zeitversetzt statt, dass die Gasversorgung der Massenstromregler 21, 22 immer sichergestellt ist.

30

Grundsätzlich kann es auch vorteilhaft sein, wenn in einem ersten Schritt die Nebensperrvorrichtung in einen Durchlasszustand geschaltet wird und in einem zweiten

Schritt die Haupt-Sperrvorrichtung in einen Sperrzustand geschaltet wird. Gemäß Fig. 2 wären also die Schritte S1 und S2 vertauscht, wobei Schritt S2 vor dem Schritt S1 durchgeführt wird. Dies ist günstig, da dadurch eine Brennstoffversorgung kontinuierlich und/oder unterbrechungsfrei erfolgen kann.

- 5 In einem in allen Fällen anschließenden Schritt S3 wird die Haupt-Entschwefelungseinheit 3 durch eine neue Haupt-Entschwefelungseinheit 3 getauscht, während der Brennstoff durch die Puffer-Entschwefelungseinheit 3 in Richtung des Anodenabschnitts 15 geleitet wird. Danach werden das erste Hauptsperrventil 7 und das Entlüftungsventil 9 in einem vierten Schritt S4 jeweils in einen Durch-
- 10 lasszustand geschaltet. Nun können die Haupt-Brennstoffpassage 4 sowie die neue Haupt-Entschwefelungseinheit 3 in Schritt S5 mit Brennstoff, vorliegend Erdgas, dadurch entlüftet werden, dass der Brennstoff von der Brennstoffquelle 26 über die Haupt-Brennstoffpassage 4 durch die neue Haupt-Entschwefelungseinheit 3 und weiter über die aus der Haupt-Brennstoffpassage 4 abzweigende Entlüftungspassage 11
- 15 durch das Entlüftungsventil 9 zu dem bzw. in den Brenner 18 geführt und dort verbrannt wird. Während des Entlüftens der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 und der Haupt-Brennstoffpassage 4 im Bereich der Haupt-Entschwefelungseinheit 3 wird ein Volumenstrom des Brennstoffs von der Brennstoffquelle 26 zum Brenner 18 durch das Drosselventil 10 auf einen vordefinierten Wert geregelt.
- 20 Nach der Entlüftung wird das Entlüftungsventil 9 in Schritt S6 wieder in einen Sperrzustand geschaltet. Außerdem wird das zweite Hauptsperrventil 8 in einem siebten Schritt S7 in einen Durchlasszustand geschaltet. Nun kann in einem achten Schritt S8 die Neben-Sperrvorrichtung 12, 13 wieder in den Sperrzustand geschaltet werden und das Brennstoffzellensystem 2 unter Verwendung der neuen Haupt-
- 25 Entschwefelungseinheit 3 im Normalbetriebsmodus betrieben werden.

Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D.h., die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Entschwefelungsanordnung
- 2 Brennstoffzellensystem
- 3 Haupt-Entschwefelungseinheit
- 4 Haupt-Brennstoffpassage
- 5 Puffer-Entschwefelungseinheit
- 6 Neben-Brennstoffpassage
- 7 Hauptsperrentil (Haupt-Sperrvorrichtung)
- 8 Hauptsperrentil (Haupt-Sperrvorrichtung)
- 9 Entlüftungsventil
- 10 Drosselventil
- 11 Entlüftungspassage
- 12 Nebensperrentil (Neben-Sperrvorrichtung)
- 13 Nebensperrentil (Neben-Sperrvorrichtung)
- 14 Brennstoffzellenstapel
- 15 Anodenabschnitt
- 16 Kathodenabschnitt
- 17 Reformer
- 18 Brenner
- 19 katalytischer Nachbrenner
- 20 Wärmetauscher
- 21 Massenstromregler
- 22 Massenstromregler
- 23 Massenstromregler
- 24 Massenstromregler
- 25 Sauggebläse
- 26 Brennstoffquelle
- 27 Kathodengaszuführabschnitt
- 28 Fluidleitung
- 29 Auslassabschnitt
- 30 Gasversorgungsleitung

Patentansprüche

1. Entschwefelungsanordnung (1) für ein Brennstoffzellensystem (2), aufweisend:
 - eine Haupt-Entschwefelungseinheit (3) zum Entschwefeln von Brennstoff für das Brennstoffzellensystem (2) in einer Haupt-Brennstoffpassage (4) des Brennstoffzellensystems (2) während einer Normalbetriebsphase, in welcher das Brennstoffzellensystem (2) überwiegend betrieben wird,
 - eine Puffer-Entschwefelungseinheit (5) zum Entschwefeln des Brennstoffs in einer zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage (6) des Brennstoffzellensystems (2), die einen Bypass zur Haupt-Entschwefelungseinheit (3) bildet, in einer Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2), in welcher ein Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) durchgeführt wird, und
 - eine Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage (4) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2).

2. Entschwefelungsanordnung (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) und die Puffer-Entschwefelungseinheit (5) jeweils das gleiche oder zumindest teilweise das gleiche Entschwefelungsmaterial zum Entschwefeln des Brennstoffs aufweisen.

3. Entschwefelungsanordnung (1) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Entschwefelungsmaterial ein Adsorbens mit Mangandioxid und Kupferoxid aufweist.

4. Entschwefelungsanordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
wenigstens ein Entlüftungsventil (9) zur Anordnung stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einer zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Entlüftungspassage (11) des Brennstoffzellensystems (2) und dort zum Entlüften der Haupt-

Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase, in welcher sich die Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in der Haupt-Brennstoffpassage (4) stromaufwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einem Durchlasszustand und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einem Sperrzustand befindet.

5. Entschwefelungsanordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Neben-Sperrvorrichtung (12, 13) zum Sperren der Neben-Brennstoffpassage (6) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit (5) während der Normalbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2).
6. Entschwefelungsanordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) mehr Entschwefelungsmaterial als die Puffer-Entschwefelungseinheit (5) aufweist.
7. Brennstoffzellensystem (2), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (14) mit einem Anodenabschnitt (15) und einem Kathodenabschnitt (16), einen Reformier (17) stromaufwärts des Anodenabschnitts (15) zum Reformieren von Brennstoff für den Anodenabschnitt (15), einen Brenner (18) stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (14), eine Brennstoffquelle (26) zum Bereitstellen des Brennstoffs für das Brennstoffzellensystem (2), und eine Entschwefelungsanordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in der Haupt-Brennstoffpassage (4) angeordnet ist, die Puffer-Entschwefelungseinheit (5) in der parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage (6), welche einen Bypass zur Haupt-Entschwefelungseinheit (3) bildet, angeordnet ist, und die Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8), zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage (4) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2), ausgestaltet ist.
8. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das wenigstens eine Entlüftungsventil (9) stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in der zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Entlüftungspassage (11) des Brennstoffzellensystems (2) angeordnet ist, wobei das Entlüftungsventil (9) zum Entlüften der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase in Richtung des Nachbrenners (18) des Brennstoffzellensystems (2), der stromabwärts des Entlüftungsventils (9) angeordnet ist, konfiguriert ist.

9. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem Brenner (18) stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (14) ein katalytischer Nachbrenner (19) vorgelagert ist und die Entlüftungspassage (11) vorbei am katalytischen Nachbrenner (19) in den Brenner (18) führt.
10. Brennstoffzellensystem (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromabwärts des Entlüftungsventils (9) ein Drosselventil (10) zum vordefinierten Drosseln eines Entlüftungsstroms in Richtung des Brenners (18) angeordnet ist.
11. Verfahren zum Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einem Brennstoffzellensystem (2) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, aufweisend die Schritte:
 - Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in einen Sperrzustand zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage (4) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3),
 - Umleiten einer Brennstoffzufuhr in Richtung des Anodenabschnitts (15) durch die Puffer-Entschwefelungseinheit (5),
 - Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) durch eine neue Haupt-Entschwefelungseinheit (3), während der Brennstoff durch die Puffer-Entschwefelungseinheit (3) in Richtung des Anodenabschnitts (15) geleitet wird, und
 - Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in einen Durchlasszustand zum Freigeben der Haupt-Brennstoffpassage (4) für einen Brennstofffluss von der Brennstoffquelle (26) durch die Haupt-Entschwefelungseinheit (3)

zum Anodenabschnitts (15) des Brennstoffzellenstapels (14) nach dem Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit (3).

12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Neben-Sperrvorrichtung (12, 13) für das Umleiten der Brennstoffzufuhr durch die Neben-Brennstoffpassage (6) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit (5) in einen Durchlasszustand geschaltet wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Entlüftungsventil (9) nach dem Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) und vor dem Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in den Durchlasszustand in einen Entlüftungszustand geschaltet wird, und die Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in der Haupt-Brennstoffpassage (4) stromaufwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einen Durchlasszustand und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einem Sperrzustand geschaltet wird, wobei die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) sowie die Haupt-Brennstoffpassage (4) mittels Brennstoff aus der Brennstoffquelle (26), der von der Brennstoffquelle (26) über die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) durch das Entlüftungsventil (9) geleitet wird, entlüftet werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Volumenstrom des Brennstoffs von der Brennstoffquelle (26) zum Brenner (18) während des Entlüftens der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) und der Haupt-Brennstoffpassage (4) durch das Drosselventil (10) auf einen vordefinierten Wert geregelt wird.

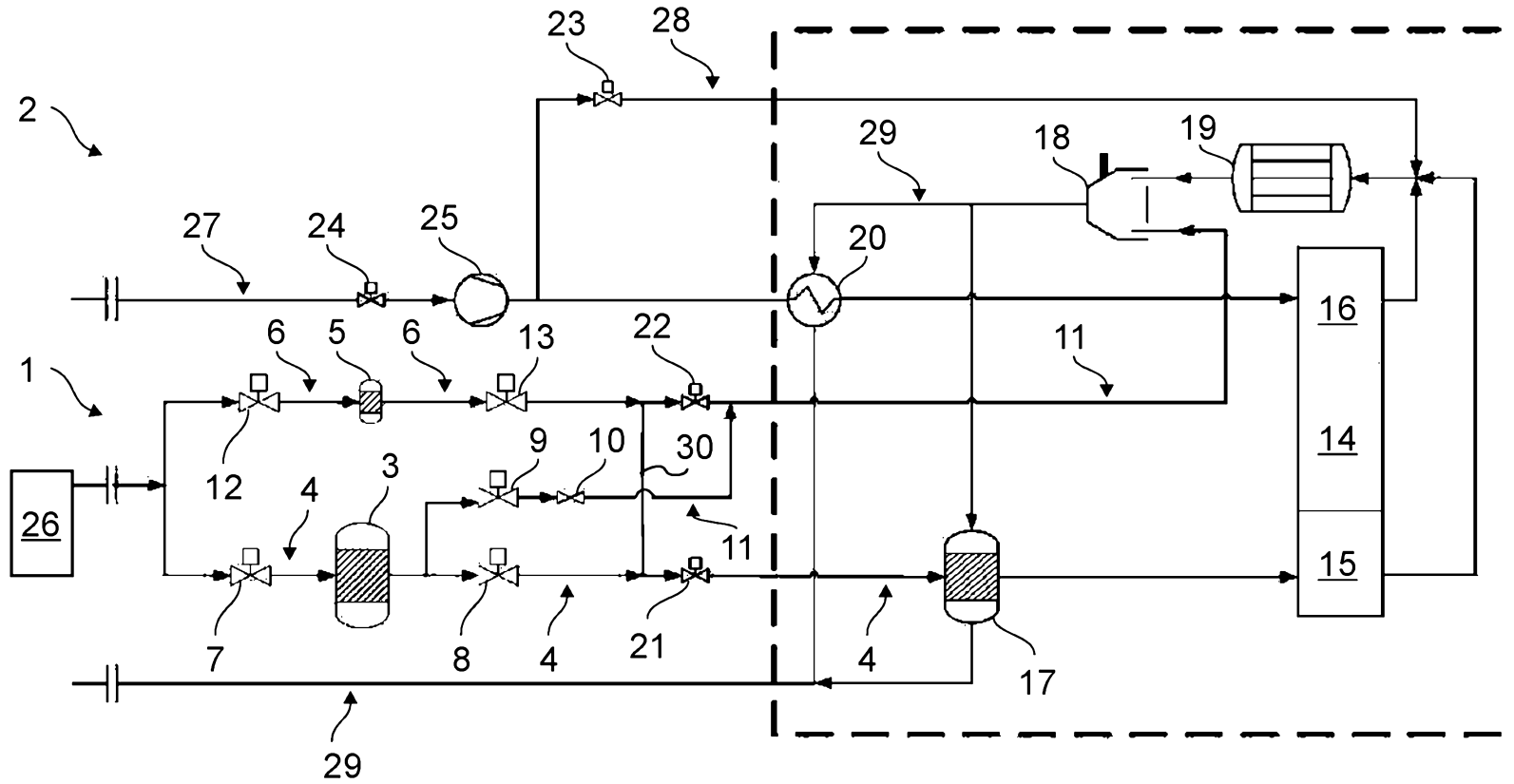


Fig. 1

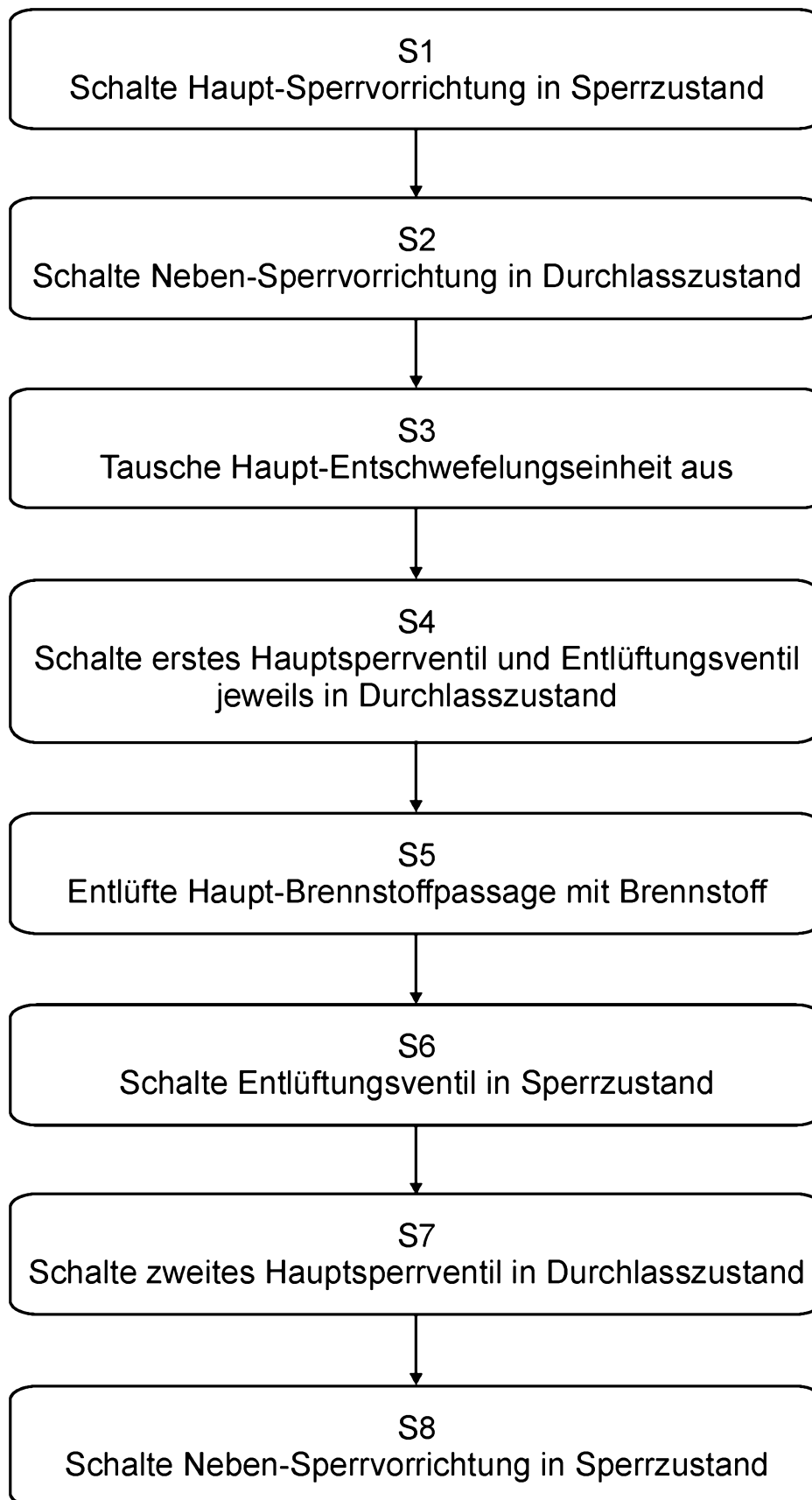


Fig. 2

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC:
H01M 8/0662 (2016.01); **B01J 19/24** (2006.01); **H01M 8/124** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC:
H01M 8/0675 (2016.02); **B01J 19/2445** (2013.01); **H01M 2008/1293** (2016.02); **H01M 2250/10** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
 H01M, B01J

Konsultierte Online-Datenbank:
 EPODOC, WPIAP, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **12.01.2018** eingereichten Ansprüchen **1-14** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2015103529 A1 (BLOOM ENERGY CORPORATION [US]) 09. Juli 2015 (09.07.2015) [0053]; [0054]; [0073]-[0080]; [0133]; [0134]; Figuren 4A-4C	1-3, 5-7, 11, 12
X	EP 3240080 A1 (AISIN SEIKI KK [JP], ROBERT BOSCH GMBH [DE]) 01. November 2017 (01.11.2017) [0024]; [0025]; Figur 2	1-5, 7
X	US 2007225155 A1 (VANDERSPURT, THOMAS H. et al. [US]) 27. September 2007 (27.09.2007) [0015]-[0019]; Figur 1	1
A	EP 2438145 B1 (CLARIANT CORPORATION [US]) 10. Mai 2017 (10.05.2017) Anspruch 1	3
A	WO 2014137829 A1 (FUELCELL ENERGY, INC. [US]) 12. September 2014 (12.09.2014) Ansprüche	3
A	US 2017174585 A1 (CHARRA, CYPRIEN et al. [FR]) 22. Juni 2017 (22.06.2017) Ansprüche; Figur 2	6

Datum der Beendigung der Recherche: 16.11.2018 Seite 1 von 1 Prüfer(in): ENGLISCH Julia

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:
X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.
A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Entschwefelungsanordnung (1) für ein Brennstoffzellensystem (2), aufweisend:
 - eine Haupt-Entschwefelungseinheit (3) zum Entschwefeln von Brennstoff für das Brennstoffzellensystem (2) in einer Haupt-Brennstoffpassage (4) des Brennstoffzellensystems (2) während einer Normalbetriebsphase, in welcher das Brennstoffzellensystem (2) überwiegend betrieben wird,
 - eine Puffer-Entschwefelungseinheit (5) zum Entschwefeln des Brennstoffs in einer zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage (6) des Brennstoffzellensystems (2), die einen Bypass zur Haupt-Entschwefelungseinheit (3) bildet, in einer Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2), in welcher ein Austausch der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) durchgeführt wird,
 - eine Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage (4) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2) und
 - wenigstens ein Entlüftungsventil (9) stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einer zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Entlüftungspassage (11) des Brennstoffzellensystems (2), wobei sich das Entlüftungsventil dort zum Entlüften der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in Richtung eines Nachbrenners (18) während der Austauschbetriebsphase, in welcher sich die Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in der Haupt-Brennstoffpassage (4) stromaufwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einem Durchlasszustand und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einem Sperrzustand befindet.

2. Entschwefelungsanordnung (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) und die Puffer-Entschwefelungseinheit (5) jeweils das gleiche oder zumindest teilweise das gleiche Entschwefelungsmaterial zum Entschwefeln des Brennstoffs aufweisen.

3. Entschwefelungsanordnung (1) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

das Entschwefelungsmaterial ein Adsorbens mit Mangandioxid und Kupferoxid aufweist.

4. Entschwefelungsanordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Neben-Sperrvorrichtung (12, 13) zum Sperren der Neben-Brennstoffpassage (6) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit (5) während der Normalbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2).
5. Entschwefelungsanordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) mehr Entschwefelungsmaterial als die Puffer-Entschwefelungseinheit (5) aufweist.
6. Brennstoffzellensystem (2), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (14) mit einem Anodenabschnitt (15) und einem Kathodenabschnitt (16), einen Reformier (17) stromaufwärts des Anodenabschnitts (15) zum Reformieren von Brennstoff für den Anodenabschnitt (15), einen Brenner (18) stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (14), eine Brennstoffquelle (26) zum Bereitstellen des Brennstoffs für das Brennstoffzellensystem (2), und eine Entschwefelungsanordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in der Haupt-Brennstoffpassage (4) angeordnet ist, die Puffer-Entschwefelungseinheit (5) in der parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Neben-Brennstoffpassage (6), welche einen Bypass zur Haupt-Entschwefelungseinheit (3) bildet, angeordnet ist, und die Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8), zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage (4) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase des Brennstoffzellensystems (2), ausgestaltet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Entlüftungsventil (9) stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in der zumindest abschnittsweise parallel zur Haupt-Brennstoffpassage (4) ausgestalteten Entlüftungspassage (11) des Brennstoffzellensystems (2) angeordnet ist, wobei das Entlüftungsventil (9) zum Entlüften der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) während der Austauschbetriebsphase in

Richtung des Nachbrenners (18) des Brennstoffzellensystems (2), der stromabwärts des Entlüftungsventils (9) angeordnet ist, konfiguriert ist.

7. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem Brenner (18) stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (14) ein katalytischer Nachbrenner (19) vorgelagert ist und die Entlüftungspassage (11) vorbei am katalytischen Nachbrenner (19) in den Brenner (18) führt.
- 8 Brennstoffzellensystem (2) nach einem der Ansprüche 6 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromabwärts des Entlüftungsventils (9) ein Drosselventil (10) zum vordefinierten Drosseln eines Entlüftungsstroms in Richtung des Brenners (18) angeordnet ist.
9. Verfahren zum Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einem Brennstoffzellensystem (2) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, aufweisend die Schritte:
- Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in einen Sperrzustand zum Sperren der Haupt-Brennstoffpassage (4) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3),
 - Umleiten einer Brennstoffzufuhr in Richtung des Anodenabschnitts (15) durch die Puffer-Entschwefelungseinheit (5),
 - Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) durch eine neue Haupt-Entschwefelungseinheit (3), während der Brennstoff durch die Puffer-Entschwefelungseinheit (3) in Richtung des Anodenabschnitts (15) geleitet wird, und
 - Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in einen Durchlasszustand zum Freigeben der Haupt-Brennstoffpassage (4) für einen Brennstofffluss von der Brennstoffquelle (26) durch die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) zum Anodenabschnitts (15) des Brennstoffzellenstapels (14) nach dem Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit (3),
- dadurch gekennzeichnet, dass das Entlüftungsventil (9) nach dem Austauschen der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) und vor dem Schalten der Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in den Durchlasszustand in einen Entlüftungszustand geschaltet wird, und die Haupt-Sperrvorrichtung (7, 8) in der Haupt-

Brennstoffpassage (4) stromaufwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einen Durchlasszustand und stromabwärts der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) in einem Sperrzustand geschaltet wird, wobei die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) sowie die Haupt-Brennstoffpassage (4) mittels Brennstoff aus der Brennstoffquelle (26), der von der Brennstoffquelle (26) über die Haupt-Entschwefelungseinheit (3) durch das Entlüftungsventil (9) geleitet wird, entlüftet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Neben-Sperrvorrichtung (12, 13) für das Umleiten der Brennstoffzufuhr durch die Neben-Brennstoffpassage (6) zumindest abschnittsweise stromaufwärts und stromabwärts der Puffer-Entschwefelungseinheit (5) in einen Durchlasszustand geschaltet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

ein Volumenstrom des Brennstoffs von der Brennstoffquelle (26) zum Brenner (18) während des Entlüftens der Haupt-Entschwefelungseinheit (3) und der Haupt-Brennstoffpassage (4) durch das Drosselventil (10) auf einen vordefinierten Wert geregelt wird.