



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 101 60 556.0

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: C01B 3/00 (2006.01)  
H01M 8/06 (2006.01)

(22) Anmeldetag: 10.12.2001

(43) Offenlegungstag: 11.07.2002

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30.09.2010

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

2000-375380 11.12.2000 JP

(73) Patentinhaber:

Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota-shi,  
Aichi-ken, JP

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(72) Erfinder:

Shimazu, Takashi, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

JP 2000021431 A (abstract) In: Patents Abstracts of Japan

JP 04119902 A (abstract) In: Patents Abstracts of Japan

JP 03005301 A (abstract) In: Patents Abstracts of Japan

JP 02199001 A (abstract) In: Patents Abstracts of Japan

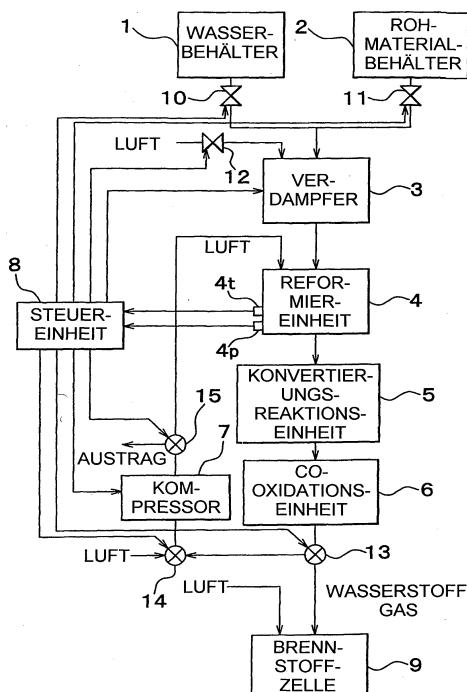
JP 02132770 A (abstract) In: Patents Abstracts of Japan

JP 63310704 A (abstract) In: Patents Abstracts of Japan

(54) Bezeichnung: Wasserstoffgaserzeugungssysteme und Verfahren für ein Stoppen des Betriebes eines Wasserstoffgaserzeugungssystems

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Stoppen des Betriebs eines Wasserstoffgaserzeugungssystems, welches Wasserstoffgas durch Reformierung eines vorbestimmten Rohmaterials erzeugt, dadurch gekennzeichnet, dass es die Schritte umfasst:

Bestimmen, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen einem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem (S16, S28) hat, und Spülen des restlichen entflammabaren Materials durch Zuführung von Luft in einen Reformierbereich des Wasserstoffgaserzeugungssystems nach Bestimmen der Umgebungsbedingung.



Beschreibung	Verbrauch an Betriebskosten.
Hintergrund der Erfindung	
1. Gebiet der Erfindung	
<b>[0001]</b> Die Erfindung bezieht sich auf Wasserstoffgaserzeugungssysteme zur Erzeugung von Wasserstoffgas durch Reformierung eines Rohmaterials. Die Erfindung bezieht sich ebenso auf Verfahren zum Stoppen des Betriebs von Wasserstoffgaserzeugungssystemen.	<b>[0005]</b> Andererseits scheint kein anderes Gas als Inertgas zum Spülen des restlichen entflammbaren Materials geeignet zu sein. Wenn zum Beispiel sauerstoffhaltiges Gas dem System zugeführt wird, kann zum Beispiel die entflammbar Komponente in dem restlichen entflammbaren Material innerhalb des Systems mit dem Sauerstoff unter Wärmeerzeugung reagieren und diese Wärme kann das System beeinflussen. Und wenn ein dampfhaltiges Gas zugeführt wird, kann in dem System nach dem Spülen eine Kondensation auftreten, wodurch nicht nur ein Wiederauffahren des Systems erschwert wird, sondern ebenso die katalytische Leistung der Brennstoffzelle gesenkt sein kann. Wenn es außerdem bei einer niedrigen Temperatur zur Kondensation kommt, kann es im Inneren des Systems zu einem Aus- bzw. Einfrieren kommen. In Anbetracht dieser nachteiligen Effekte war es notwendig, ungeachtet der Verschwendungen an Lagerplatz und der Kosten, Inertgas als ein Spülgas einzusetzen.
2. Beschreibung des Standes der Technik	
<b>[0002]</b> Brennstoffzellen erzeugen im allgemeinen Elektrizität mittels einer elektrochemischen Reaktion zwischen Wasserstoffgas und Sauerstoff in der Luft. Wasserstoffgas wird zum Beispiel mittels Reformierung eines Rohmaterials erzeugt. Im allgemeinen kann Erdgas, Benzin bzw. Gasolin oder ein anderer Kohlenwasserstoff, Alkohol, Ethyl, Aldehyd oder der gleichen als das Rohmaterial eingesetzt werden. Wasserstoff- und Kohlenstoffmonoxid-haltiges reformiertes Gas wird durch Reformierung dieser Rohmaterialien erzeugt. Aufgrund der Tatsache jedoch, dass Kohlenstoffmonoxid eine giftige Substanz ist, welche die Elektroden der Brennstoffzellen vergiftet, wird reformiertes Gas üblicher Weise zur Brennstoffzelle nach einer Behandlung, in der nur das Kohlenstoffmonoxid selektiv oxidiert wird, zugeführt.	<b>[0006]</b> Die japanische Patentanmeldung JP 10 188 469 A offenbart ein Verfahren zum Stoppen einer Reformieranlage für eine Brennstoffzelle. Die Anlage ist mit einem Legierungsbehälter zum Aufbewahren der Wasserstoff-Speicherlegierung im Inneren davon, einer Reformergasleitung zum Zuführen des reformierten Gases von einem Reformer in den Legierungsbehälter und einer Wasserstoffgasleitung in Verbindung mit dem Legierungsbehälter an der stromaufwärtigen Seite des Reformers versehen. Ein Teil des reformierten Gases wird bei diesem Verfahren während des Betriebes des Reformers über eine Reformergasleitung in die Wasserstoff-Speicherlegierung eingeführt. Wasserstoff wird aus der Wasserstoff-Speicherlegierung während des Stopps des Betriebes des Reformers ausgegeben und der Wasserstoff wird der stromaufwärtigen Seite des Reformers über die Wasserstoffgasleitung zugeführt, um den Brennstoff und die in dem Reformer verbleibende Feuchtigkeit herauszuspülen.
<b>[0003]</b> Falls ein Stoppen des Betriebs eines Wasserstoffgaserzeugungssystems, welches eine Einheit zur Erzeugung von reformiertem Gas (hierin nachstehend als Wasserstoffgas bezeichnet) mittels Reformierung und einer Brennstoffzelle mit einschließt, ist es notwendig, das entflammbar Gas, welches Kohlenstoff usw. enthält, welches sich während der Reformierung abscheidet, sowie das giftige Gas aus dem System entfernen. Dieses Entfernen verhindert, dass in dem System nachteilige Effekte auftreten, wie etwa die schädlichen Effekte dieser Gase, die aus dem System entweichen, und die durch diese Gase verursachte Vergiftung der Elektroden der Brennstoffzelle. Als zu der vorstehend erwähnten Aufgabe verwandter Stand der Technik gibt es einen Stand der Technik, in welchem beim Stoppen des Betriebs eines Wasserstoffgaserzeugungssystems Inertgas in das System zugeführt wird, um so restliches entflammbar Material im Inneren des Systems auszuschließen.	<b>[0007]</b> Die japanische Patentanmeldung JP 02 237 137 A offenbart ein Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffreformers. Darin wird Kohlenwasserstoff wie ein Brennstofföl oder Erdgas mit Dampf durch Erhitzen in der Gegenwart eines Reformerkatalysators in einem Brennstoffreformer reagiert, um ein gemischtes Gas zu erhalten, das im Wesentlichen aus H <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> und Dampf besteht. Zum Zeitpunkt des Stopps des Reformers wird Gas in jedes Reformierrohr 1 einfließen, welches in einer zylindrischen oder plattenähnlichen Form gebildet ist, und mit dem Reformerkatalysator bei einer solchen Flussrate beladen, so dass der Katalysator suspendiert wird. Die Leerstellen der beladenen Katalysatorschicht werden angehoben und das Zerbrechen und Pulverisieren des Katalysators aufgrund der
<b>[0004]</b> Bei diesem Systemtyp ist es jedoch notwendig, ein Inertgas zum Spülen im Voraus in einem separaten Tank zu lagern. Da das Inertgas weder zur Reformierung noch zur Erzeugung von Elektrizität eingesetzt werden kann, erfordert die Lagerung des Inertgases nur für den Zweck des Spülens einen großen Bedarf an Lagerungsplatz als auch einen großen	

Schrumpfung des Rohres **1** durch das Kühlen kann verhindert werden.

**[0008]** Die japanische Patentanmeldung JP 01 137 158 A offenbart ein Verfahren zum Betrieb und zum Stoppen eines Brennstoffreformers. Gewisse Auswahleinheiten sind geschlossen und andere gewisse Auswahlseinheiten sind geöffnet, um den Brennstoffreformer zu betreiben. Wenn der Betrieb gestoppt wird, wird ein Auswahllement geschlossen, um die Zufuhr des Rohgases, wie beispielsweise Kohlenwasserstoff und Alkohole, zu stoppen, ein Brenner wird gelöscht, ein Zufuhrventil wird geschlossen, um die Zufuhr des Reformergases zu einer Brennstoffzelle zu stoppen. Die Auswahllemente **35** und **36** werden geöffnet, das Auswahllement **33** wird geschlossen, das Auswahllement **32** wird geöffnet, um ein Inertgas von einem unteren Auslass des Reformers durch das Auswahllement **32** einzuführen, und das verbleibende Reformergas und Dampf werden zur Außenseite des Systems aus dem Auswahllement **36** durch eine Inertgaspassage, einen Wasserkondensator und einen Dampfabtrenner als ein Ventiliertasche ausgegeben und kondensiertes Wasser wird in dem Abtrenner wiedergewonnen.

**[0009]** Die japanische Patentanmeldung JP 01 016 801 A beschreibt einen Brennstoffreformer für eine Brennstoffzelle. Der Reformervorgang wird angehalten, um ein Spülen mit einem Inertgas auszuführen, und ein Brennstoffrohgas wird dann mit einem vorbestimmten Dampfverhältnis durch einen Rückflusskreislauf für einen Rohbrennstoff von den Auslässen des Reformierreaktionsrohres zu den Einlässen davon beim Starten eingeflossen. Dadurch wird die Dampfreformierreaktion in den Reformerkatalysatorschichten angefangen, um ein H<sub>2</sub>-reiches Gas zu den Einlässen zuzuführen und die Reduktionsreaktion zwischen dem Gas und den oxydierten und geschädigten Reformerkatalysatorschichten auszuführen. Der Abschluss der Reduktionsreaktion wird durch Temperatursensoren erfasst, die in Randabschnitten der Seite der Einlässe angeordnet sind. Das sich ergebende Temperatursignal wird dann durch ein Steuerteil empfangen, um die Übergabeventile des Rückflusskreislaufes für den Rohbrennstoff zu betreiben. Der Betrieb wird in einen normalen Betrieb geändert, um den Reformerkatalysator effektiv auszunutzen.

**[0010]** Die japanische Patentanmeldung JP 63 285 462 offenbart eine Vorrichtung zum Kühlen einer Reformervorrichtung einer Brennstoffzelle. Eine Heizpassage B, welche den Durchgang eines durch einen Brenner **9** erhitzten Gases ermöglicht, ist mit einer Gebläsevorrichtung **15** versehen, die dazu fähig ist, eine größere Menge Luft als die benötigte Menge zum Betrieb einer Brennstoffzelle einzublasen, und Steuereinrichtungen C sind zum Steuern der Luftgebläsevorrichtung vorgesehen, sodass die Menge der eingeblasenen Luft verringert wird, wenn die Luftge-

bläsevorrichtung betrieben wird, wohingegen sie angehoben wird, wenn die Vorrichtung gestoppt und gekühlt wird, das heißt, eine größere Menge an Luft als die Menge der während des Betriebes eingeblasenen Luft wird gezwungen durch die Heizpassage B gedrückt, so dass eine Katalysatorschicht in einer Rohmaterialpassage gezwungen gekühlt wird, um eine Verringerung der Temperatur der Katalysatorschicht **2** unter die Temperatur ihrer aktiven Temperaturregion zu kühlen. Der Katalysator kann daher schnell gekühlt werden, wenn die Luftgebläsevorrichtung gestoppt wird, und folglich kann eine Verschlechterung der Reformierfähigkeit des Katalysators verhindert werden, ohne dass die Struktur der Vorrichtung komplizierter wird.

**[0011]** Die japanische Patentanmeldung JP 63 240 048 A beschreibt den Betrieb eines Stopverfahrens einer Energieerzeugungsvorrichtung einer Brennstoffzelle. Wenn der Betrieb einer Reformervorrichtung gestoppt wird, wird das Brennstoffgassystem durch den höheren Druck als der Atmosphärendruck betrieben, der Brennstoff wird weiterhin durch eine Pumpe zugeführt und der Betrieb wird Druckwert im Vorhinein eingestellt wurde. Die Pumpe wird durch Erfassen der Öffnung des Ablassventils erfasst und ein Ventil wird geschlossen, um die Reformervorrichtung zu schließen. Da der Druck des Ablassventils so festgesetzt ist, dass er den Druck in dem Reformierrohr bei dem Atmosphärendruck oder höher hält, kann die Reformervorrichtung bei Atmosphärendruck oder höher gehalten werden und keine Luft von außen wird absorbiert, um Explosionsgeräusche herzurufen. Als ein Ergebnis, da es keine Bedenken zum Absorbieren einer Luft mit explosivem Ton in dem Stapel der Brennstoffzelle und in die Reformervorrichtung gibt, ist es nicht notwendig, dass Brennstoffsyste mit einem Inertgas zu ersetzen, um den Beginn des folgenden Betriebes vorzubereiten.

**[0012]** Die japanische Patentanmeldung JP 62 146 291 A beschreibt eine Reformervorrichtung vom Heizmediumaufheiztyp. Wenn der Reformervorgang der Reformervorrichtung und der Betrieb eines Heizmediumboilers aufgrund des Endes des Betriebes der Brennstoffzelle gestoppt werden, werden Durchgangsänderungsventile durch die Richtung von einer Steuertafel auf „offen“ und „geschlossen“ geändert. Durch diese Änderung wird der Heizmediumexpansionsbehälter in Reihe in der Heizmediumzirkulierleitung verbunden und das Heizmedium von hoher Temperatur, welches in der Leitung fließt, wird durch eine Verbindungsleitung in den Behälter geschickt. Das Heizmedium von hoher Temperatur wird mit dem Heizmedium von niedrigerer Temperatur gemischt, welches in dem Behälter zurückgehalten wurde, so dass es gekühlt wird, und wird durch eine Verbindungsleitung von der gegenüberliegenden Seite in die Leitung und zu der Reformervorrichtung zurückgegeben. Als Ergebnis wird die Temperatur des

durch die Leitung zirkulierenden Heizmediums verringert und das Heizmedium kühlt den Reformerkatalysator in der Reformierzvorrichtung auf dem Wege der Zirkulation, so dass die Temperatur verringert wird.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0013]** Um die vorhergehenden Probleme zu lösen ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Erfindung zum Spülen von restlichem entflammbarer Material innerhalb eines Systems vorzusehen, ohne auf ein Inertgas angewiesen zu sein.

**[0014]** Um die vorstehenden Probleme zu lösen erzeugen erfindungsgemäße Wasserstoffgaserzeugungssysteme Wasserstoffgas durch Reformierung eines Rohmaterials und Spülen während des Stoppens des Systembetriebs unter Verwendung von Dampf und Luft, welches Gase sind, die ebenso während des Betriebs des Systems eingesetzt werden. Jedes der vorstehend aufgeführten Probleme wird durch Steuerung der Zuführung dieser Gase gelöst.

**[0015]** Demgemäß umfassen Verfahren zum Stoppen des Betriebs der Wasserstoffgaserzeugungssystemen, die Wasserstoffgas durch Reformierung eines Rohmaterials gemäß exemplarischen Ausführungsformen der Erfindung erzeugen, die Schritte Bestimmen, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen einem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem (S16, S28) hat, und Spülen des restlichen entflammabaren Materials durch Zuführung von Luft in einen Reformerbereich des Wasserstoffgaserzeugungssystems nach Bestimmen der Umgebungsbedingung.

**[0016]** Erfindungsgemäße Verfahren zum Stoppen des Betriebs von Wasserstoffgaserzeugungssystemen umfassen die Schritte Bestimmen, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen einem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem (S16, S28) hat, und Spülen des restlichen entflammabaren Materials durch Zuführung von Luft in einen Reformerbereich des Wasserstoffgaserzeugungssystems nach Bestimmen der Umgebungsbedingung, wobei in dem Bestimmungsschritt bestimmt wird, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen einem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems und der Brennstoffzelle (9) mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem und die Brennstoffzelle (9) hat.

**[0017]** Erfindungsgemäße Wasserstoffgaserzeugungssysteme zur Erzeugung von Wasserstoffgas mittels Reformierung eines Rohmaterials umfassen einen Reformerbereich zur Reformierung des Rohmaterials; einen Luftzuführungsbereich zur Zuführung von Luft in den Reformerbereich; einen Bestimmungsbereich zur Bestimmung, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen einem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Reformerbereichs mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystems hat, wobei der Bestimmungsbereich hierfür eine Temperatur-, Zeit-, Systemdruck oder Konzentrationsmesseinrichtung aufweist; und einen Steuerungsbereich zur Steuerung des Luftzuführungsbereichs während des Stoppens des Betriebs, um so gemäß einer durch den Bestimmungsbereich durchgeföhrten Bestimmung Luft in den Reformerbereich zuzuführen.

### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0018]** [Fig. 1](#) ist eine erläuternde Ansicht, die einen Überblick über ein Brennstoffzellensystem gemäß einer exemplarischen Ausführungsform der Erfindung zeigt;

**[0019]** [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm, welches ein Verfahren zum Stoppen des Betriebs eines Wasserstoffgaserzeugungssystems zeigt;

**[0020]** [Fig. 3](#) ist eine erläuternde Ansicht, die einen Betriebszustand des Systems während des Verfahrens zum Stoppen des Betriebs zeigt;

**[0021]** [Fig. 4](#) ist ein Flussdiagramm des Verfahrens zum Stoppen des Betriebs gemäß einer weiteren exemplarischen Ausführungsform der Erfindung; und

**[0022]** [Fig. 5](#) ist eine erläuternde Ansicht eines Verfahrens zum Einstellen eines Zuführungsdrucks des Dampfes.

### Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

**[0023]** Erfindungsgemäß wird ein Betrieb eines Wasserstoffgaserzeugungssystems gestoppt, nachdem ein Luftpülschritt durchgeführt worden ist. In diesem Luftpülschritt wird erzwungener Maßen restliches entflammables Material durch Zuführung von Luft in das System entfernt. Dieser Luftpülschritt wird durchgeführt, falls sichergestellt ist, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der keine durch Reaktion von restlichem entflammabarem Material mit Sauerstoff erzeugte Überhitzung auftritt.

**[0024]** Falls Luft als das Spülgas zugeführt wird, reagiert Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoff und dergleichen in dem restlichen entflammabaren

Material mit dem Sauerstoff unter Erzeugung von Wärme, welche einen nachteiligen Einfluss für das System haben kann. Diese Erfindung basiert auf der Tatsache, dass die durch diese Gase erzeugte Wärme einen Einfluss auf das System in einer Hochtemperaturatmosphäre hat. Wenn das System bei einer niedrigen Temperatur vorliegt, reagiert Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoff und dergleichen zusammen mit dem restlichen entflammabaren Material nicht mit Sauerstoff. Selbst wenn jedoch eine solche Reaktion auftritt, wird die so erzeugte Wärme irrelevant, dass sie beinahe keinen Einfluss auf das System hat. Falls zum Beispiel das System bei diesen niedrigen Temperaturbedingungen vorliegt, ist es möglich, Luft als das Spülgas einzusetzen.

**[0025]** Zur Bestimmung, ob die vorstehend erwähnte Bedingung, basierend auf der Temperatur des Systems erfüllt ist, ist während des Stoppens des Systembetriebs eine Luftspülung nicht möglich, da die Umgebungsbedingung unmittelbar nach dem Stoppen des Systembetriebs aufgrund der Tatsache, dass die Temperatur hoch ist, nicht erfüllt ist. Nachdem jedoch die Temperatur des Systems hinreichend gefallen ist, ist die Bedingung erfüllt und eine Luftspülung kann durchgeführt werden. Die Bestimmung der Umgebungsbedingung basierend auf der Temperatur kann in diesem Sinne basierend auf beispielsweise den Ergebnissen der Temperaturnessung innerhalb des Systems durchgeführt werden. Diese Bestimmung kann ebenso basierend auf der Zeitdauer nach dem Stoppen des Systembetriebs, d. h. auf der Zeitdauer nach Beendigung der Zuführung des Rohmaterials, bestimmt werden. Die Bestimmung kann ebenso basierend auf dem Systemdruck durchgeführt werden.

**[0026]** Die Umgebungsbedingung kann ebenso basierend auf verschiedenen Komponenten des restlichen entflammabaren Materials bestimmt werden. Das heißt, wenn die Menge der vorbestimmten Komponente in dem restlichen entflammabaren Material, welches über eine Reaktion mit Sauerstoff Wärme erzeugt, klein ist, dann kann die Luftspülung selbst in einer Hochtemperaturumgebung durchgeführt werden. Um die Konzentration der vorbestimmten Komponente innerhalb dieses restlichen entflammabaren Materials zu verringern, ist es effektiv, unter Anwendung eines sauerstoffhaltigen Gases vor dem Luftspülschritt zu spülen.

**[0027]** Aus diesem Gesichtspunkt heraus ist es erfundungsgemäß bevorzugt, den Dampfspülschritt vor der Durchführung des Luftspülschritts durchzuführen. In dem Dampfspülschritt wird Dampf derart zugeführt, dass wenigstens eine Komponente des restlichen entflammabaren Materials erzwungener Maßen entfernt wird. Dieser Dampfspülschritt ermöglicht das Spülen einer vorbestimmten oder ausgewählten Komponente innerhalb des restlichen entflammabaren

Materials. Weiterhin ist eine Dampfspülung ebenso darin vorteilhaft, dass sie eine Temperatursenkung des Systems fördert. Da der Dampf ebenso ein in der Reformierung eingesetztes Gas ist, bedarf die Dampfspülung keine spezielle zusätzliche Struktur neben der Struktur des Systems. Da erfundungsgemäß die Luftspülung nach dem Dampfspülschritt durchgeführt wird, können ebenso nachteilige Effekte aufgrund der Dampfkondensation sowie nachteilige Effekte aufgrund eines Ausfrierens von Feuchtigkeit verhindert werden.

**[0028]** Falls eine vorbestimmte oder ausgewählte Komponente innerhalb des restlichen entflammabaren Materials zur Bestimmung der Umgebungsbedingungen eingesetzt wird, kann eine Bestimmung beispielsweise gemäß der Zeitdauer, für welche der Dampfspülschritt durchgeführt wird, durchgeführt werden. Die für den hinreichenden Austausch des anfänglichen restlichen entflammabaren Materials durch Dampf nach Beginn der Spülung mögliche Zeitdauer kann im Voraus durch Austesten oder dergleichen bestimmt werden.

**[0029]** In dem Dampfspülschritt ist es bevorzugt, dass der Dampf bei einem Druck niedriger als dem Sättigungsdampfdruck zugeführt wird, um die Kondensation zu hemmen.

**[0030]** In Ausführungsformen, bei denen sowohl der Dampfspülschritt als auch der Luftspülschritt Anwendung findet, ist es bevorzugt, vom Dampfspülschritt zum Luftspülschritt basierend auf der Temperatur oder dem Druck innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems umzuschalten. Die Umschaltung basierend auf der Temperatur oder dem Druck ermöglicht es, zu einem geeigneten Zeitpunkt umzuschalten. Es ist bevorzugt, dass das Umschalten unter Beachtung zum Beispiel der Möglichkeit, dass Dampf kondensieren kann, sowie der Möglichkeit, dass eine Überhitzung durch eine Reaktion mit dem Sauerstoff auftreten kann, eingestellt wird. Die Möglichkeit, dass der Dampf kondensieren kann, kann basierend auf der Tatsache bestimmt werden, ob der Druck des zugeführten Dampfs den gesättigten Dampfdruck gemäß dem Temperaturabfall innerhalb des Systems überschreitet oder nicht. Es ist bevorzugt, dass ein Dampfspülen spätestens dann abgeschlossen ist, falls der Druck des Dampfs annähernd den Sättigungsdampfdruck überschreitet. Die Möglichkeit, dass eine Überhitzung durch eine Reaktion mit dem Sauerstoff nicht auftritt, kann basierend auf der Tatsache bestimmt werden, ob die Temperatur innerhalb des Systems hinreichend gefallen ist oder nicht. Es ist bevorzugt, frühestens dann zu beginnen, nachdem die Temperatur innerhalb des Systems unter die Temperatur gefallen ist, bei welcher eine Überhitzung nicht auftritt.

**[0031]** Ohne Beachtung, ob der Dampfspülschritt

durchgeführt wird oder nicht, ist es bevorzugt, die Temperatur der zugeführten Luft zu reduzieren, während der Luftpülschritt durchgeführt wird. Eine Reduzierung der Temperatur der zugeführten Luft ermöglicht, dass die Temperatur des Systems graduell verringert wird, wodurch das Auftreten einer Beschädigung aufgrund eines plötzlichen Abkühlens verhindert wird.

**[0032]** Die Temperatur der zugeführten Luft kann entweder kontinuierlich gekühlt oder in Schritten abgekühlt werden. Falls zum Beispiel ein Verdampfungsbereich, welcher Rohmaterial zum Zwecke der Reformierung verdampft, in ein Wasserstoffgaserzeugungssystem zugeführt wird, wird überhitzte Luft durch den Verdampfungsbereich zugeführt. Dann wird durch das Stoppen des Betriebs des Verdampfungsbereichs und durch Zuführen von Luft, die durch dessen Restwärme erwärmt worden ist, die Temperatur der zuzuführenden Luft in Schritten verringert.

**[0033]** Die Erfindung kann in verschiedenen Wasserstoffgaserzeugungssystemen angewendet werden, welche Erdgas, Benzin oder einen weiteren Kohlenwasserstoff, Alkohol, Ethyl, Aldehyd oder der gleichen als Rohmaterial einsetzen. Die Erfindung ist besonders gut für ein Wasserstoffgaserzeugungssystem ausgelegt, welches eine Kohlenwasserstoffverbindung als Rohmaterial verwendet. Die Reformierung der Kohlenwasserstoffverbindung wird bei einer hohen Temperatur durchgeführt, welche typischer Weise zwischen ungefähr 400°C bis ungefähr 600°C liegt. Im Allgemeinen scheidet sich leicht Kohlenstoff in einer höheren Kohlenwasserstoffverbindung ab. Bei diesem Hochtemperaturtyp tritt leicht eine Überhitzung durch die Reaktion von Kohlenstoff mit Sauerstoff auf. Die Anwendung der Erfindung ermöglicht ein Spülen unter Einsatz von Luft, während eine solche Überhitzung verhindert wird. Es ist in einigen Ausführungsformen besonders bevorzugt, den Dampfspülschritt und den Luftpülschritt durchzuführen.

**[0034]** Erfindungsgemäß kann ein Schritt zum ablassen des Drucks im Systeminneren durchgeführt werden, nachdem der Dampfspülschritt und der Luftpülschritt beendet wurden. Ein Absorbensmaterial wie etwa eine Keramik wird manchmal in dem System eingesetzt. Der Evakuierungsschritt fördert die Verdampfung von in dem Absorbensmaterial absorbieter Feuchtigkeit, um somit weiterhin nachteilige Einflüsse aufgrund von Kondensation im Innern des Systems zu hemmen.

**[0035]** Als nächstes werden die vorhergehenden Punkte detaillierter unter Bezugnahme auf exemplarische Ausführungsformen der Erfindung beschrieben.

## Erste Ausführungsform

**[0036]** [Fig. 1](#) ist eine erläuternde Ansicht einer Skizze eines Brennstoffzellensystems gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Das Brennstoffzellensystem dieser Ausführungsform schließt eine Brennstoffzelle **9** und ein Wasserstoffgaserzeugungssystem zur Erzeugung von Wasserstoffgas mit ein, welches der Brennstoffzelle **9** zugeführt wird. Die Brennstoffzelle **9** erzeugt durch eine elektrochemische Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff Elektrizität. Die Brennstoffzelle **9** kann eine Brennstoffzelle aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Brennstoffzellentypen sein. In dieser exemplarischen Ausführungsform ist die verwendete Brennstoffzelle **9** eine Polymerelektrolytbrennstoffzelle.

**[0037]** Das Wasserstoffgaserzeugungssystem reformiert ein vorbestimmtes oder ausgewähltes Rohmaterial, um Wasserstoffgas zu erzeugen. "Wasserstoffgas" bedeutet in diesem Fall ein wasserstofffreies Gas und ist deshalb nicht auf reinen Wasserstoff beschränkt. In dieser Ausführungsform wird Benzin als das Wasserstoffgasrohmaterial eingesetzt. Das Benzin wird mit Dampf reformiert und mit der Luft teilstoxtiert, um dadurch Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid zu erzeugen. Diese Reaktionen finden in einer nachstehend beschriebenen Konvertierungsreaktionseinheit **5** statt.

**[0038]** Das in einem Rohmaterialtank **2** gelagerte Rohmaterial wird als erstes zu einem Verdampfer **3** als einem Verdampfungsabschnitt geschickt. Die in den Verdampfer **3** zugeführte Rohmaterialmenge wird durch ein Ventil **11** gesteuert. Das Rohmaterial wird dann mittels des Verdampfers **3** verdampft und einer Reformiereinheit **4** zugeführt. Der zur Reformierung des Rohmaterials eingesetzte Dampf wird durch Verdampfung von in einem Wassertank **1** gelagerten Wassers mittels des Verdampfers **3** erzeugt. Die zugeführte Dampfmenge wird durch ein Ventil **10** gesteuert. Der Verdampfer **3** erwärmt von außen eingeführte Luft und ist mit einem Ventil **12** zur Steuerung der Zuführung dieser erwärmten Luft in die Reformiereinheit **4** versehen. Dieses Ventil **12** schließt, falls das Rohmaterial reformiert wird. Die zur Reformierung eingesetzte Luft wird in die Reformiereinheit **4** mittels eines Kompressors **7** über einen Weg einge führt, welcher nicht durch den Verdampfer **3** führt. Dieser Weg ist mit Schaltventilen **14** und **15** derart versehen, dass während des Systembetriebs das Schaltventil **14** auf die Einführseite der Außenluft umschaltet und das Schaltventil **15** auf die Seite der Reformiereinheit **4** umschaltet.

**[0039]** In der Reformiereinheit **4** liegt ein Katalysator zur Reformierung des Rohmaterials geträger vor. Für den Katalysatorträger wird ein Trägerkörper wie etwa eine Keramik eingesetzt. Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid werden dann erzeugt, falls ver-

dampftes Rohmaterial, Dampf und Luft der Reformiereinheit **4** zugeführt werden. Normalerweise findet diese Reaktion bei einer hohen Temperatur von ungefähr 600°C statt. Falls ein anderer Kohlenwasserstofftyp als Rohmaterial als Benzin eingesetzt wird, ist wohlbekannt, dass unter den Bedingungen, unter welchen die Reformierung stattfindet, insbesondere eine höhere Kohlenwasserstoffverbindungen zur Ausbildung von Kohlenstoffabscheidungen neigen. Es ist deshalb bevorzugt, geeignete Reformierbedingungen der Reformiereinheit **4** auszuwählen, welche eine Reaktion fördern während gleichzeitig die Abscheidung von Kohlenstoff gehemmt wird.

**[0040]** Das in der Reformiereinheit **4** erzeugte Gas wird dann einer Konvertierungsreaktionseinheit **5** zugeführt, welche einen für eine Konvertierungsreaktion geeigneten Katalysator trägt. In diesem Falle bezieht sich Konvertierungsreaktion auf eine Reaktion, in welchem Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff aus Kohlenstoffmonoxid und Dampf erzeugt werden. Diese Konvertierungsreaktion findet bei ungefähr 300°C statt. Die Leitung, welche Dampf in die Konvertierungsreaktionseinheit **5** zuführt, ist nicht gezeigt.

**[0041]** Das durch die Konvertierungsreaktionseinheit **5** erzeugte Wasserstoffgas wird dann in eine CO-Oxidationseinheit **6** zugeführt, welche einen Katalysator zur selektiven Oxidation von Kohlenstoffmonoxid trägt. In dem reformierten Wasserstoffgas wird Kohlenstoffmonoxid zu Kohlenstoffdioxid mittels einer selektiven Oxidationsreaktion oxidiert. Das Wasserstoffgas wird dann einer Anode der Brennstoffzelle **9** zugeführt. Ein Schaltventil **13** ist zwischen der CO-Oxidationseinheit **6** und einer Brennstoffzelle **9** vorgesehen, welches während des Betriebs so geschaltet ist, dass die CO-Oxidationseinheit **6** und die Brennstoffzelle **9** miteinander verbunden sind.

**[0042]** Der Betrieb des Brennstoffzellensystems wird mittels einer Steuerungseinheit **8** gesteuert. Die Steuerungseinheit **8** ist ein Mikrocomputer, welcher eine CPU und einen Speicher mit einschließt. Die Steuerungseinheit **8** steuert den Betrieb von verschiedenen Komponenten innerhalb des Systems wie etwa die Ventile **10**, **11** und **12**, die Schaltventile **13**, **14** und **15**, den Kompressor **7** und den Verdampfer **3**. Um diese Steuerung durchzuführen, werden verschiedene Signale in die Steuerungseinheit **8** eingespeist. Diese Signale schließen Erfassungsergebnisse ein, die aus einem Drucksensor **4p** und einem Temperatursensor **4t** ausgesendet werden, welche in der Reformiereinheit **4** vorgesehen sind.

**[0043]** Als nächstes wird der Betrieb während des Verfahrens zum Stoppen des Systembetriebs gemäß der vorhergehenden Konstruktion beschrieben.

**[0044]** [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm, welches das Verfahren zum Stoppen des Betriebs des Brennstoff-

zellensystems zeigt, in welchem das Stoppen des Systembetriebs mittels der Steuerungseinheit **8** und der Steuerung der Ventile **10**, **11** und **12** und dergleichen durchgeführt wird.

**[0045]** [Fig. 3](#) ist eine erläuternde Ansicht, die einen Betriebszustand des Systems während des Verfahrens zum Stoppen des Betriebs zeigt, welches den Zuführungszustand des Rohmaterials und der Luft zur Reformierung, den Zuführungszustand des Dampfes, den Betriebszustand des Verdampfers **3**, den Zuführungszustand der erwärmten Luft bzw. den Betriebszustand des Kompressors **7** zeigt.

**[0046]** Bezugnehmend auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) findet das Stoppen des Systembetriebs folgendermaßen statt. Die Steuerungseinheit **8** schließt als erstes das Ventil **11** und schaltet das Schaltventil **15** zur Auslassseite, um somit die Zuführung des Rohmaterials und der Luft in die Reformiereinheit **4** zu stoppen (Schritte S10 und Zeitpunkt a in [Fig. 3](#)).

**[0047]** Unterdessen wird die Dampfzuführung in die Reformiereinheit **4** fortgesetzt und die Dampfspülung wird innerhalb des Systems durchgeführt (Schritt S12). Die Dampfspülung wird nur eine vorbestimmte Zeitdauer t1 durchgeführt. Die Zeitdauer t1 kann unter Berücksichtigung einer Umgebungsbedingung eingestellt werden, in welcher der Start der Spülung mit erwärmer Luft möglich ist, welche nachstehend beschrieben wird. Die Umgebungsbedingung in diesem Fall ist eine Bedingung, in welcher übermäßige Wärmeerzeugung nicht auftritt, welche durch Kohlenstoff oder dergleichen, welcher eine in dem restlichen entflammbaren Material in dem System enthaltene entflammbare Komponente darstellt und welcher sich während der Reformierung abscheidet, beim in Kontakt kommen mit Sauerstoff in der Luft verursacht wird. Genauer gesagt können die Temperatur innerhalb des Systems, welche hinreichend gefallen ist, die entflammbare Komponente und Kohlenstoff, welche im Wesentlichen davon ausgestoßen werden, innerhalb des Systems als Bedingungen verwendet werden. Gemäß dieser Ausführungsform wird die entflammbare Komponente und Kohlenstoff, die im Wesentlichen davon ausgestoßen werden, innerhalb des Systems als Bedingung aufgestellt, und der Zeitpunkt, in welchem das restliche Gas innerhalb des Systems unmittelbar nach dem Stoppen von dessen Betrieb im Wesentlichen durch den zugeführten Dampf ersetzt worden ist, wird durch Testen oder dergleichen erhalten. Diese Zeitdauer wird dann als die Zeit t1 verwendet.

**[0048]** Bei der Dampfspülung ist es bevorzugt, dass der Dampf in das System bei einem hohen Druck zugeführt wird, bei welchem es möglich ist, das restliche entflammbare Material zu entfernen. Andererseits ist es bevorzugt, um eine Kondensation innerhalb des Systems zu verhindern, den Dampf bei ei-

nem Druck zuzuführen, der den Sättigungsdampfdruck nicht überschreitet. Unter Beachtung dieser zwei Punkte wird der Dampf in dieser Ausführungsform bei einem etwas geringeren Druck als dem Sättigungsdampfdruck zugeführt. Da der Sättigungsdampfdruck von der Temperatur innerhalb des Systems abhängt, wird der Druck des Dampfes basierend auf der Temperatur der Reformiereinheit **4** eingestellt, welche durch den Temperatursensor **4t** detektiert wird. Die Drucksteuerung wird gemäß dem Öffnungsgrad des Ventils **10** durchgeführt und gemäß der Steuerung eines Druckregulierungsmechanismus des Verdampfers **3** durchgeführt.

**[0049]** Falls die Zeitdauer  $t_1$  verstrichen ist, schaltet die Steuerungseinheit **8** vom Dampfspülen zum Spülen mit erwärmer Luft um (Schritt S14 und Zeitpunkt b, c in [Fig. 3](#)).

**[0050]** Die Dampfspülung wird dann durch Schließen des Ventils **10** gestoppt. Das Spülen mit erwärmer Luft ist eine Art von Luftspülung und wird durch Zuführung von Luft, die mittels des Verdampfers **3** erwärmt worden ist, in die Reformiereinheit **4** durchgeführt. Dadurch öffnet während des Stoppons des Systembetriebs die Steuerungseinheit **8** das Ventil **12**, um Luft in den Verdampfer **3** einzuführen, während der Betrieb des Verdampfers **3** fortgesetzt wird. Die eingeführte Luft wird dann mittels des Verdampfers **3** erwärmt und der Reformiereinheit **4** zugeführt. Demgemäß kann die Spülung mit Luft mit einer Temperatur, die im wesentlichen gleich oder höher als die Temperatur während des Dampfspülens liegt, durchgeführt werden. Diese Spülung mit erwärmer Luft wird nur für eine vorbestimmte Zeitdauer  $t_2$  durchgeführt.

**[0051]** Das Spülen mit erwärmer Luft zusammen mit dem Spülen mit durch Restwärme erwärmer Luft, welches nachstehend beschrieben wird, entfernt die in das System in dem Dampfspülschritt zugeführte Feuchtigkeit. Die erwärmte Luft als das Spülgas wird zur Förderung einer Trocknung innerhalb des Systems eingesetzt, um eine Kondensation und eine Schädigung des Systems aufgrund der Vermeidung eines schnellen Temperaturabfalls zu verhindern. Deshalb kann aus diesem Gesichtspunkt die Zeitdauer  $t_2$  für jedes System in geeigneter Weise eingestellt werden. Es ist jedoch bevorzugt, dass die Zeitdauer  $t_2$  kurz ist, um den durch den Betrieb des Verdampfers **3** anfallenden Energieverbrauch gering zu halten.

**[0052]** Falls die Zeitdauer  $t_2$  verstrichen ist, schaltet die Steuerungseinheit **8** vom Spülen mit erwärmer Luft zum Spülen mit durch Restwärme erwärmer Luft um (Schritt S16 und Zeitpunkt d in [Fig. 3](#)). Das Spülen mit durch Restwärme erwärmer Luft ist in diesem Falle ein Typ des Luftspülens, in welchem die eingesetzte Luft eine Temperatur aufweist, die durch die

Restwärme erwärmt wird, nachdem die Steuerungseinheit **8** den Betrieb des Verdampfers **3** gestoppt hat. Mit dem Fallen der Temperatur des gestoppten Verdampfers **3** fällt die Temperatur der durch Restwärme erwärmeten Luft ebenso graduell ab. Deshalb kann die Spülung mit Restwärme im Inneren des Systems durchgeführt werden, während ein Temperaturabfall des gesamten Systems, einschließlich des Verdampfers **3** gefördert werden kann. Das Spülen mit durch Restwärme erwärmer Luft wird nur für eine vorbestimmte Zeitdauer  $t_3$  fortgesetzt.

**[0053]** Der Schritt des Spülens mit durch Restwärme erwärmer Luft entfernt Feuchtigkeit innerhalb des Systems und senkt die Temperatur des Systems ab. Deshalb kann aus dieser Perspektive die Zeitdauer  $t_3$  in Übereinstimmung mit dem Systemaufbau geeigneter Weise eingestellt werden. Die Zeitdauer  $t_3$  kann zusammen mit der vorstehend beschriebenen Zeitdauer  $t_2$  gemäß dem folgenden Verfahren bestimmt werden. Das heißt, der Minimalwert der Zeitdauer  $t_3$  wird zur Förderung der Systemabkühlung bestimmt und die Zeitdauer  $t_2$  und  $t_3$  werden zusammen innerhalb eines Bereichs bestimmt in welchem die Zeitdauer  $t_3$  nicht unter diesen Minimalwert fällt. Die Zeitdauer  $t_2$  und  $t_3$  werden unter Beachtung sowohl der Tatsache, dass eine kürzere Zeitdauer beider Zeiten die Spülzeit reduzieren kann, als auch der Tatsache, dass eine kürzere Zeitdauer  $t_2$  die eingesetzte Energiemenge niedrig halten kann, bestimmt.

**[0054]** Falls die Zeitdauer  $t_3$  verstrichen ist, stoppt die Steuerungseinheit **8** die Spülung mit durch Restwärme erwärmer Luft und führt ein Verfahren zum ablassen von Druck in dem System durch (Schritt S18 und Zeitpunkt e in [Fig. 3](#)). Die Spülung mit durch Restwärme erwärmer Luft wird durch Schließen eines Ventils **12** gestoppt, welches Luft in den Verdampfer **3** einführt. Das Verfahren zum ablassen von Druck wird unter Einsatz des Kompressors **7** durchgeführt. Die Umschaltung der Schaltventile **13**, **14** und **15** in einer Weise, dass das Gas im Inneren des Systems während des Betriebs des Kompressors **7** entfernt wird, ermöglicht, dass der Druck des Systems abgelassen wird. Ein solches Druckablassen fördert die Eliminierung von im Absorbensmaterial wie etwa einem keramischen Material absorbierte Feuchtigkeit. Aus diesen Betrachtungen heraus kann der Zieldruck in geeigneter Weise beim Ablassen von Druck innerhalb eines Bereichs eingestellt werden, in welchem es möglich ist, die Feuchtigkeit hinreichend zu entfernen. In dieser Ausführungsform wird der Druck reduziert, bis er niedriger als der atmosphärische Druck ist. Falls das Verfahren zum ablassen von druck bzw. der Evakuierungsprozess abgeschlossen ist, stoppt die Steuerungseinheit **8** den Betrieb des Kompressors **7** und schaltet die Schaltventile **13**, **14** und **15** derart um, dass keine Außenluft eingeführt wird, um dadurch das Verfahren zum Stoppen des Systembetriebs abzuschließen (Zeitpunkt f in [Fig. 3](#)).

**[0055]** Gemäß des wie vorstehend in der ersten Ausführungsform beschriebenen Verfahrens zum Stoppen des Betriebs bedarf es nicht den Einsatz von Inertgas zur Spülung in dem System. Da das Spülen Dampf und Luft, welche während des Betriebs des Systems eingesetzt werden, verwendet, gibt es keinen Bedarf an der Bereitstellung eines speziellen Behälters für das Stoppen des Systembetriebs. Dies ermöglicht deshalb, dass sowohl die Größe des Systems reduziert ist, als auch der Aufbau des Systems vereinfacht ist.

**[0056]** Weiterhin kann durch Durchführung des Schritts zur Spülung mit erwärmerter Luft und des Schritts zur Spülung mit durch Restwärme erwärmerter Luft unter Anwendung von Luft nach dem Dampfspülschritt nachteilige Einflüsse aufgrund der Kondensation und des Ausfrierens von Feuchtigkeit innerhalb des Systems verhindert werden.

**[0057]** In dieser Ausführungsform wurde eine Rückkopplungssteuerung basierend auf den Detektionsergebnissen des Drucksensors **4p** angewendet. In anderen exemplarischen Ausführungsformen kann jedoch der Druck ebenso mit einer offenen Schleife gesteuert werden.

**[0058]** Es ist anzumerken, dass in dieser Ausführungsform die Umschaltung zwischen den unterschiedlichen Typen des Spülens graduell durchgeführt wurde. In anderen exemplarischen Ausführungsformen kann jedoch die Umschaltung ebenso unverzüglich durchgeführt werden. Ebenso ist der Schritt zum Ablassen von Druck bzw. der Evakuierungsprozess ein Schritt zur vollständigen Eliminierung von Dampf, welcher zusätzlich zur Spülung mit erwärmerter Luft und zur Spülung mit durch Restwärme erwärmerter Luft durchgeführt wird. In anderen exemplarischen Ausführungsformen jedoch kann dieser Schritt ausgelassen werden. Ebenso kann der Druck durch graduelles Ablassen des Drucks innerhalb des Systems reduziert werden, bis ein Ausgleich mit dem atmosphärischen Druck hergestellt ist.

## Zweite Ausführungsform

**[0059]** Gemäß der ersten Ausführungsform wird ein Umschalten zur Spülung mit erwärmerter Luft durchgeführt, falls die Umgebungsbedingungen derart bestimmt sind, dass eine Überhitzung, basierend auf dem Durchlaufen der Zeitdauer  $t_1$  nicht auftritt, welche die Zeitdauer ist, in welcher die Dampfspülung durchgeführt wird. Gemäß einer zweiten Ausführungsform wird das Umschalten des Spültyps, basierend auf der Temperaturbedingung der Reformiereinheit **4** durchgeführt.

**[0060]** Die [Fig. 4](#) ist ein Flussdiagramm des Verfahrens zum Stoppen des Betriebs gemäß der zweiten Ausführungsform. Wie in der ersten Ausführungs-

form führt die Steuerungseinheit **8** die Spülung nach dem Stoppen der Zuführung des Rohmaterials und der Luft in die Reformiereinheit **4** während des Stoppens des Systembetriebs durch (Schritte S20 und S22). In der zweiten Ausführungsform wird Dampf bei einem konstanten etwas unterschiedlichem Druck, der geringer als der gesättigte Dampfdruck ist, zugeführt. Die Dampfspülung wird bei einer Temperatur  $T_r$  innerhalb des Systems unter einer vorbestimmten Referenztemperatur  $T_1$  fortgesetzt (Schritt S24).

**[0061]** Die Referenztemperatur  $T_1$  erzeugt eine Umgebungsbedingung, in welcher nachteilige Einflüsse vom Luftspülen nicht auftreten. Wie vorstehend in der ersten Ausführungsform beschrieben ist es bevorzugt, eine Überhitzung aufgrund einer Reaktion einer Komponente innerhalb des restlichen entflammabaren Materials mit Sauerstoff in Luft während der Durchführung eines Luftspülens zu hemmen. Die Referenztemperatur  $T_1$  wird innerhalb eines Bereichs eingestellt, in welchem diese Art der Überhitzung gehemmt werden kann. Zum Beispiel tritt eine Überhitzung aufgrund der Reaktion von abgeschiedenem Kohlenstoff mit Sauerstoff bei einer Temperatur von ungefähr  $400^\circ\text{C}$  oder darüber auf. Demgemäß ist es bevorzugt, die Referenztemperatur  $T_1$  hinreichend geringer als  $400^\circ\text{C}$  einzustellen.

**[0062]** Der Zuführungsdruck des Dampfes kann unter Berücksichtigung der Referenztemperatur  $T_1$  eingestellt werden. [Fig. 5](#) veranschaulicht eine erläuternde Ausführungsform eines Verfahrens zur Einstellung des Zuführungsdrucks des Dampfs. Wie vorstehend beschrieben ist es bevorzugt, dass der Zuführungsdruck des Dampfs in einem niedrigeren Bereich als der Sättigungsdampfdruck eingestellt wird. Wie veranschaulicht wird der Sättigungsdampfdruck kleiner, wenn die Temperatur sinkt. Wenn der Dampfdruck zur Spülung bei einem konstanten Wert  $P_s$  gehalten wird, dann tritt die Kondensation des Dampfs in einem Bereich auf, in welchem der Sättigungsdampfdruck unter  $P_s$  liegt, d. h. in einem Bereich, in welchem die Temperatur gleich oder niedriger als die kritische Temperatur  $T_{sat}$  ist. Um diese Kondensation zu hemmen, wird der Druck  $P_s$  des Dampfes zum Spülen derart eingestellt, dass die kritische Temperatur  $T_{sat}$  hinreichend niedriger als die Referenztemperatur  $T_1$  wird. Der Unterschied  $\Delta T$  zwischen der kritischen Temperatur  $T_{sat}$  und  $T_1$  (d. h.  $\Delta T = T_1 - T_{sat}$ ) kann willkürlich eingestellt werden.

**[0063]** Falls die Temperatur  $T_r$  in dem System unter die Referenztemperatur  $T_1$  fällt, stoppt die Steuerungseinheit **8** die Dampfspülung und führt eine Spülung mit erwärmerter Luft durch (Schritt S26). Nachdem das Spülen mit erwärmerter Luft für eine festgesetzte Zeitdauer durchgeführt worden war, wird der Betrieb des Verdampfers gestoppt und ein Spülen mit durch Restwärme erwärmerter Luft wird durchgeführt (Schritt S28). Nachdem das Spülen mit durch Restwärme er-

wärmerter Luft für eine festgesetzte Zeitdauer durchgeführt worden war, wird dann der Schritt zum Ablassen des Drucks durchgeführt (Schritt S30). Da diese Verfahren die gleichen wie in der ersten Ausführungsform sind, wird eine detaillierte Beschreibung ausgelassen.

**[0064]** Demgemäß kann in der zweiten Ausführungsform das Spülen wie in der ersten Ausführungsform ebenso ohne Inertgas durchgeführt werden. Zusätzlich kann eine Kondensation während des Spülverfahrens zuverlässig durch Umschalten vom Dampfspülen zum Luftspülen, basierend auf der Temperatur innerhalb des Systems, gehemmt werden.

**[0065]** Sowohl in der ersten als auch in der zweiten Ausführungsform wurden Beispiele angegeben, in denen sowohl ein Dampfspülen als auch ein Luftspülen eingesetzt wurde. In anderen exemplarischen Ausführungsformen kann jedoch ebenso ein Luftspülen alleine eingesetzt werden. Genauer gesagt kann das System gekühlt werden und eine Luftpulung kann durchgeführt werden, falls die Temperatur hinreichend gefallen ist. In diesem Fall bedarf es ebenso keiner Lagerung von Inertgas zum Einsatz beim Spülen.

**[0066]** Außerdem kann ein Spülen mit Inertgas anstelle des Dampfspülens durchgeführt werden. In diesem Falle kann die Menge an eingesetztem Inertgas deutlich reduziert werden, da das Inertgas nur dann eingesetzt wird, bis die Temperatur des Systems fällt. Demgemäß kann der Lagerungstank für das Inertgas verglichen mit einem gewöhnlichen Tank verkleinert sein.

**[0067]** Sowohl in der ersten als auch in der zweiten exemplarischen Ausführungsform wurde auch ein Beispiel angegeben, in dem sowohl ein Spülen mit erwärmerter Luft als auch ein Spülen mit durch Restwärme erwärmerter Luft eingesetzt wurde. In anderen exemplarischen Ausführungsformen kann jedoch eine dieser beiden Spülungen alleine eingesetzt werden. Weiterhin kann in Ausführungsformen ein Spülen ebenso mit normaler Luft durchgeführt werden.

**[0068]** Sowohl in der ersten als auch in der zweiten exemplarischen Ausführungsform wurde die Temperatur oder der Druck der Reformiereinheit 4 detektiert. In anderen exemplarischen Ausführungsformen kann jedoch die Temperatur und der Druck einer weiteren Einheit in Kombination mit der Temperatur oder dem Druck der Reformiereinheit 4 detektiert werden.

**[0069]** In beiden Ausführungsformen wurde eine Dampfreformierung und eine Teiloxidationsreaktion parallel durchgeführt. In anderen exemplarischen Ausführungsformen kann jedoch eine Konstruktion verwendet werden, in welcher nur eine Dampfrefor-

mierung durchgeführt wird.

**[0070]** Sowohl in der ersten als auch in der zweiten exemplarischen Ausführungsform wurde die Erfindung auf ein Brennstoffzellensystem angewendet. In anderen exemplarischen Ausführungsformen ist jedoch ein System, das Wasserstoffgas verbraucht, nicht auf eine Brennstoffzelle beschränkt.

**[0071]** Sowohl in der ersten als auch in der zweiten exemplarischen Ausführungsform wurde ein Beispiel angegeben, in welchem das Spülen des gesamten System als ein Ganzes durchgeführt wurde. In anderen exemplarischen Ausführungsformen kann jedoch eine Konstruktion verwendet werden, in welcher das Spülen für jede Einheit wie etwa für die Reformiereinheit 4, die Konvertierungsreaktionsseinheit 5, usw. durchgeführt wird.

**[0072]** Sowohl in der ersten als auch in der zweiten exemplarischen Ausführungsform wurde der Dampf des Dampfspülschritts ebenso bei einem niedrigerem Druck als dem Sättigungsdampfdruck durchgeführt. Da jedoch der Sättigungsdampfdruck in Abhängigkeit der Temperatur und des Drucks innerhalb des Systems schwankt, kann in anderen exemplarischen Ausführungsformen der Dampf bei einem im Wesentlichen konstanten Druck zugeführt werden, der unter Berücksichtigung des Temperaturbereichs und des Druckbereichs innerhalb des Systems hinreichend niedriger eingestellt wurde. Der Dampf kann weiterhin zugeführt werden, während die Temperatur und der Druck innerhalb des Systems detektiert werden und der Druck derart gesteuert wird, dass er die vorstehend erwähnten Bedingungen erfüllt. Die Drucksteuerung kann durch einen bekannten Mechanismus wie etwa einem Druckregulierventil angewendet werden. Bei der Drucksteuerung kann der Zieldruck vorher gemäß seiner Beziehung mit der Temperatur innerhalb des Systems gespeichert werden. Ebenso kann der Zieldruck unter Verwendung einer Bezugsformel wie etwa der Clausius-Clapeyron-Gleichung berechnet werden.

**[0073]** Sowohl in der ersten als auch in der zweiten exemplarischen Ausführungsform wurde Benzin, welches ein Kohlenwasserstoff ist, als das Rohmaterial eingesetzt. In anderen exemplarischen Ausführungsformen kann jedoch bei Einsatz eines anderen Rohmaterials als einem Kohlenwasserstoff die Konvertierungsreaktion 5 ausgelassen werden.

**[0074]** Die Erfindung kann auf Verfahren zum Stoppen des Betriebs von verschiedenen Wasserstoffgaserzeugungssystemen angewendet werden, unabhängig des beabsichtigten Einsatzes des erzeugten Wasserstoffes. Die Erfindung ist für ein Brennstoffzellensystem äußerst nützlich, insbesondere eines, welches ein Wasserstoffgaserzeugungssystem und eine Brennstoffzelle kombiniert. Falls die Erfin-

dung beim Stoppen des Systembetriebs angewendet wird, kann ein Spülen innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems sowie der Brennstoffzelle gleichzeitig durchgeführt werden. Deshalb schafft die Erfindung den Vorteil, dass eine gleichzeitige Hemmung der Kondensation innerhalb der Brennstoffzelle möglich ist.

**[0075]** Die Erfindung kann in verschiedenen anderen Formen als einem vorstehend beschriebenen Verfahren zum Stoppen des Betriebs konstruiert werden. Zum Beispiel kann es als ein Wasserstoffgaserzeugungssystem konstruiert werden, zu welchem das vorstehend beschriebene Verfahren zum Stoppen des Betriebs angewendet wird. Dieses Wasserstoffgaserzeugungssystem würde im Allgemeinen einen Reformierungsbereich zur Reformierung, einen Luftzuführungsbereich zur Zuführung von Luft in den Reformierungsbereich und einen Steuerungsbereich zur Steuerung des Luftzuführungsbereichs umfassen. Der Steuerungsbereich steuert den Luftzuführungsbereich während des Stoppons des Systembetriebs in einer Weise, dass Luft in den Reformierungsbereich zugeführt wird, falls die Umgebungsbedingung derart bestimmt ist, dass eine Überhitzung durch eine Reaktion zwischen dem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Reformierungsbereichs mit Sauerstoff verhindert werden kann. Der Reformierungsbereich schließt im weiten Sinne eine Einheit zur Erzeugung von Wasserstoffgas aus einem Rohmaterial mit ein. Gemäß der Art des Rohmaterials, kann Wasserstoffgas durch ein mehrstufiges chemisches Reaktionsverfahren einer Reformierreaktion, einer Konvertierungsreaktion, einer Kohlenstoffmonoxidreaktion und der gleichen erzeugt werden.

**[0076]** Zusätzlich kann die Erfindung in verschiedenen Formen wie etwa einem Brennstoffzellensystem, zu welchem das vorstehend beschriebene Verfahren zum Stoppen des Betriebs angewendet wird, oder einem sich bewegenden Körper, auf welchem das Brennstoffzellensystem als eine Energiequelle angebracht ist, konstruiert sein. In jeder dieser Konstruktionen ist es möglich, verschiedene zusätzliche Elemente, die vorstehend in dem Verfahren zum Stoppen des Betriebs beschrieben wurden, in Betracht zu ziehen. Zum Beispiel ist es bei Einsatz von mit den Verdampfungsbereich erwärmer Luft oder mit Luft, die mit Restwärme von dem Verdampfungsbereich erwärmt wurde, zum Spülen bevorzugt, dass der Luftzuführungsbereich zur Zuführung von Luft in den Reformierer über den Verdampfungsbereich konstruiert ist.

**[0077]** Die vorstehenden Ausführungsformen der Erfindung sowie verschiedene Modifikationen davon wurden beschrieben. Jedoch ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, sondern kann ohne von deren Umfang abzuweichen, modifiziert werden.

**[0078]** In der veranschaulichten Ausführungsform ist die Steuerungseinheit (die Steuerungseinheit **8**) als ein programmierte allgemein angewandter Computer ausgeführt. Es ist für den Fachmann selbstverständlich, dass die Steuerungseinheit unter Einsatz einer einzelnen speziellen integrierten Schaltung mit einem Haupt- oder zentralem Prozessor für die Gesamtsystemsteuerung und mit separaten Abschnitten zur Durchführung von verschiedenen unterschiedlichen speziellen Berechnungen, Funktionen und anderen Verfahren und der Steuerung des zentralen Prozessorabschnitts ausgeführt werden kann. Die Steuerungseinheit kann mehrere separat eingesetzte oder programmierbare integrierte oder andere elektronische Schaltungen oder Vorrichtungen darstellen (z. B., festverdrahtete elektronische oder logische Schaltungen wie etwa diskrete Elementschaltungen, oder programmierbare Logikbauelemente wie etwa PLD, PLA, PAL oder dergleichen). Die Steuerungseinheit kann unter Einsatz eines geeigneten programmierbaren allgemeinen Computers ausgeführt werden, z. B. einem Mikroprozessor, einer Mikrosteuerungseinheit oder einer anderen Prozessvorrichtung (CPU oder MPU), entweder alleine oder in Verbindung mit einer oder mehreren peripheren Daten- und Signalverarbeitungsvorrichtungen (z. B., integrierte Schaltung). Im Allgemeinen kann jede Vorrichtung oder Vorrichtungsbaugruppe, auf welche eine finite Maschine, die ihren beschriebenen Verfahrensschritte ausführen kann, als die Steuerungseinrichtung eingesetzt werden. Ein verteilter Verarbeitungsaufbau kann für eine maximale Daten/Signal-Verarbeitungsfähigkeit und eine maximale Geschwindigkeit eingesetzt werden.

**[0079]** Während die Erfindung unter Bezugnahme auf deren bevorzugte Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf die bevorzugten Ausführungsformen oder Konstruktionen beschränkt ist. Im Gegenteil ist es beabsichtigt, dass die Erfindung verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen abdeckt. Während die verschiedenen Elemente der bevorzugten Ausführungsformen in verschiedenen exemplarischen Kombinationen und Konfigurationen gezeigt sind, sind zusätzlich ebenso andere Kombinationen und Konfigurationen, die mehrere, weniger oder nur ein einzelnes Element mit einschließen, innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung.

**[0080]** In einem System zur Erzeugung von Wasserstoffgas durch Reformierung eines Rohmaterials wird Dampf kontinuierlich zugeführt, während die Zuführung von Rohmaterial und Luft in eine Reformereinheit **4** gestoppt worden ist, um so restliches entflammabes Material im Innern des Systems mit Dampf derart zu spülen, dass selbst, wenn Sauerstoff zugeführt wird, die durch eine Reaktion zwischen dem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Systems mit dem Sauerstoff erzeugte Wärme nicht

das System beeinflusst, und wobei der Dampf aus dem System mittels Luftpülung entfernt wird, um so nachteilige Einflüsse aufgrund von Kondensation zu verhindern.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Stoppen des Betriebs eines Wasserstoffgaserzeugungssystems, welches Wasserstoffgas durch Reformierung eines vorbestimmten Rohmaterials erzeugt, **dadurch gekennzeichnet**, dass es die Schritte umfasst:

Bestimmen, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen einem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem (S16, S28) hat, und

Spülen des restlichen entflammabaren Materials durch Zuführung von Luft in einen Reformerbereich des Wasserstoffgaserzeugungssystems nach Bestimmen der Umgebungsbedingung.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Spülen durch die Luft durchgeführt wird (S16, S28), falls eine innere Temperatur des Wasserstoffgaserzeugungssystems gleich oder niedriger als eine vorbestimmte Temperatur ist.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Spülen mit der Luft (S16, S28) durchgeführt wird, falls ein innerer Druck des Wasserstoffgaserzeugungssystems gleich oder niedriger als ein vorbestimmter Druck ist.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftpülschritt (S16, S28) unter Einsatz von Luft mit einer Temperatur durchgeführt wird, welche niedriger als die innere Temperatur des Wasserstoffgaserzeugungssystems liegt und mit der Zeit fällt.

5. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasserstoffgaserzeugungssystem weiterhin einen Verdampfungsbereich (3) umfasst, welcher das Rohmaterial verdampft, und in dem Luft, die auf eine geringere Temperatur als die innere Temperatur des Wasserstoffgaserzeugungssystems mittels des Verdampfungsbereichs (3) erwärmt worden ist, in dem Luftpülschritt (S16, S28) zugeführt wird.

6. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasserstoffgaserzeugungssystem weiterhin einen Verdampfungsbereich (3) umfasst, welcher das Rohmaterial verdampft, und in dem Luft, die auf eine geringere Temperatur als die innere Temperatur des Was-

serstoffgaserzeugungssystems mit Restwärme des Verdampfungsbereichs (3) nach dem Stoppen des Betriebes des Verdampfungsbereichs erwärmt worden ist, in dem Luftpülschritt (S16, S28) zugeführt wird.

7. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es den folgenden Schritt umfasst:

Dampfspülen (S12, S22) mittels Zuführen von Dampf in das Wasserstoffgaserzeugungssystem vor der Luftzuführung, um so wenigstens eine Komponente des restlichen entflammabaren Materials, ohne Berücksichtigung, ob die Umgebungsbedingung erfüllt ist, zu entfernen.

8. Das Verfahren gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass Dampf bei einem geringeren Druck als dem Sättigungsdampfdruck zugeführt wird.

9. Das Verfahren gemäß Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck des Dampfes basierend auf der Temperatur im Inneren des Wasserstoffgaserzeugungssystems bestimmt wird.

10. Das Verfahren gemäß Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck des Dampfes basierend auf dem Druck im Innern des Wasserstoffgaserzeugungssystems bestimmt wird.

11. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Umschalten vom Dampfspülschritt (S12, S22) zum Luftpülschritt (S16, S28) basierend auf der Temperatur im Innern des Wasserstoffgaserzeugungssystems durchgeführt wird.

12. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Umschalten vom Dampfspülschritt (S12, S22) zum Luftpülschritt (S16, S28) basierend auf dem Druck im Innern des Wasserstoffgaserzeugungssystems durchgeführt wird.

13. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Umschalten vom Dampfspülschritt (S12, S22) zum Luftpülschritt (S16, S28) basierend auf der Zeitdauer der Durchführung des Dampfspülschritts durchgeführt wird.

14. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass es den folgenden Schritt umfasst:

Ablassen des Drucks im Inneren des Wasserstoffgaserzeugungssystems nach Zuführung der Luft.

15. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es den folgenden Schritt umfasst:

Spülen mit Inertgas mittels Zuführung von Inertgas in das Wasserstoffgaserzeugungssystem, bis sichergestellt ist, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen dem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem hat, um so das restliche entflammable Material zu entfernen.

16. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der vorbestimmte Brennstoff eine Kohlenwasserstoffverbindung ist.

17. Verfahren zum Stoppen des Betriebs eines Wasserstoffgaserzeugungssystems, das Wasserstoffgas durch Reformierung eines vorbestimmten Rohmaterials erzeugt und Teil eines Systems mit einer Brennstoffzelle (9) ist, das des Weiteren eine Brennstoffzelle (9) umfasst, die Elektrizität unter Verwendung des erzeugten Wasserstoffs erzeugt, dadurch gekennzeichnet, dass es die Schritte des Verfahrens nach Anspruch 1 umfasst, wobei in dem Bestimmungsschritt bestimmt wird, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen einem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems und der Brennstoffzelle (9) mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem und die Brennstoffzelle (9) hat.

18. Das Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass es den folgenden Schritt umfasst:

Dampfspülen (S12, S22) durch Zuführung von Dampf in das Wasserstoffgaserzeugungssystem, bevor Luft zugeführt wird, um so erzwungener Maßen wenigstens eine Komponente des restlichen entflammabaren Materials ohne Berücksichtigung der Umgebungsbedingung zu entfernen.

19. Wasserstoffgaserzeugungssystem zur Erzeugung von Wasserstoffgas mittels Reformierung eines vorbestimmten Rohmaterials, umfassend:  
einen Reformierbereich (4) zur Reformierung des Rohmaterials;  
einen Luftzuführungsbereich (7) zur Zuführung von Luft in den Reformierbereich (4);  
einen Bestimmungsbereich zur Bestimmung, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen einem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Reformierbereichs mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem hat, wobei der Bestimmungsbereich hierfür eine Temperatur-, Zeit-, Systemdruck oder Konzentrationsmessseinrichtung aufweist; und  
einen Steuerungsbereich (8) zur Steuerung des Luftzuführungsbereichs (7) während des Stoppes des

Betriebs, um so gemäß einer durch den Bestimmungsbereich durchgeführten Bestimmung Luft in den Reformierbereich (4) zuzuführen.

20. Das Wasserstoffgaserzeugungssystem gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasserstoffgaserzeugungssystem weiterhin einen Verdampfungsbereich (3) umfasst.

21. Das Wasserstoffgaserzeugungssystem gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerungsbereich (8) den Druck des Dampfs basierend auf der Temperatur im Innern des Wasserstoffgaserzeugungssystems bestimmt.

22. Das Wasserstoffgaserzeugungssystem gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerungsbereich (8) den Druck des Dampfs basierend auf dem Druck im Innern des Wasserstoffgaserzeugungssystems bestimmt.

23. Das Wasserstoffgaserzeugungssystems gemäß einem der Ansprüche 19, 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerungsbereich (8) vom Dampfsprühen (S12, S22) zum Luftsprühen (S16, S28) basierend auf der Temperatur im Innern des Wasserstoffgaserzeugungssystems umschaltet.

24. Das Wasserstoffgaserzeugungssystem gemäß einem der Ansprüche 19, 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerungsbereich (8) vom Dampfsprühen (S12, S22) zum Luftsprühen (S16, S28) basierend auf dem Druck im Innern des Wasserstoffgaserzeugungssystems umschaltet.

25. Das Wasserstoffgaserzeugungssystem gemäß einem der Ansprüche 19, 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerungsbereich (8) vom Dampfsprühen (S12, S22) zum Luftsprühen (S16, S28) basierend auf der Zeitdauer, für welche das Dampfsprühen durchgeführt wird, umschaltet.

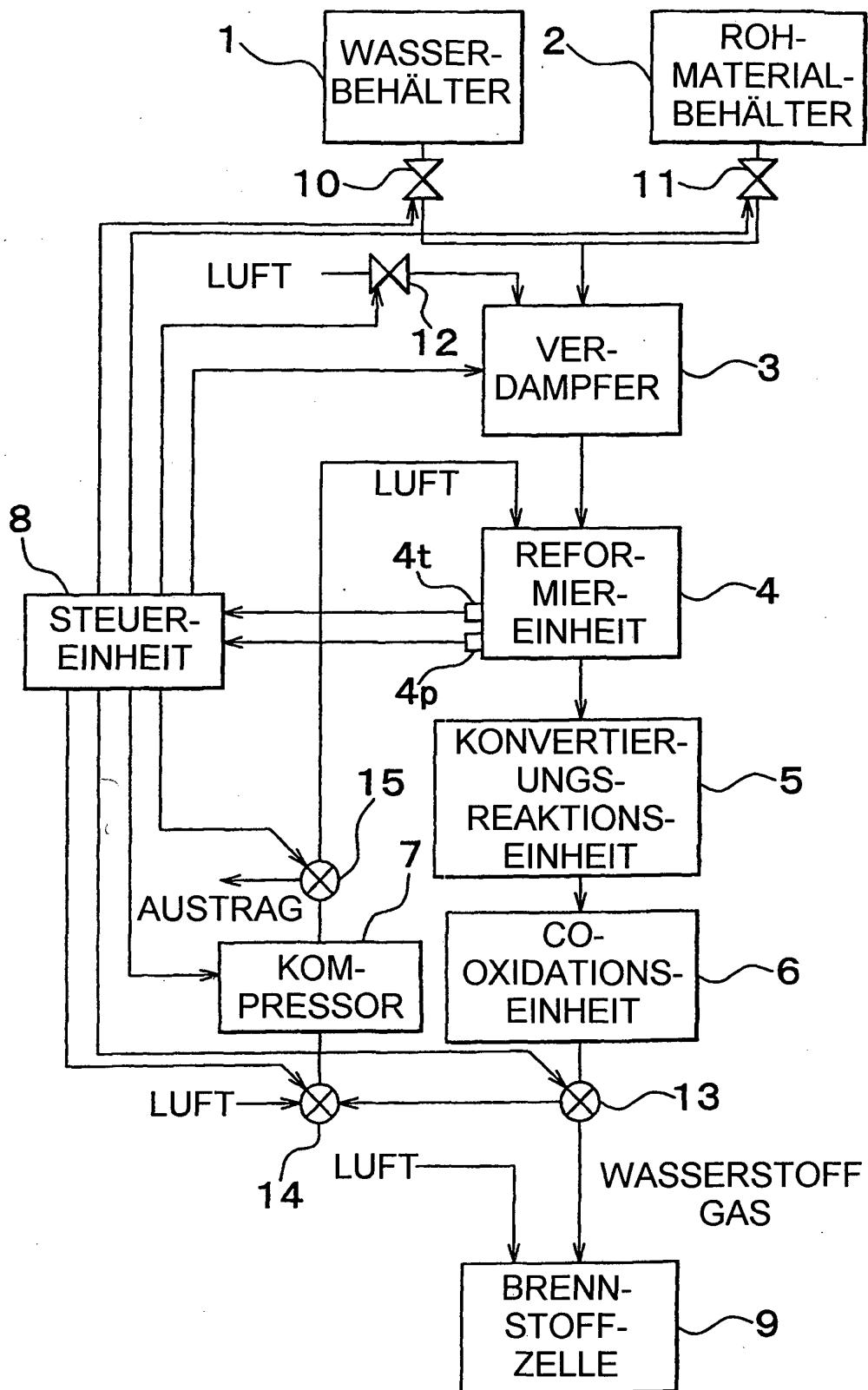
26. Das Wasserstoffgaserzeugungssystem gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasserstoffgaserzeugungssystem weiterhin einen in Inertgasbehälter zur Lagerung von Inertgas umfasst, wobei der Luftzuführungsbereich Inertgas in das Wasserstoffgaserzeugungssystem zuführt, bis sichergestellt ist, dass eine derartige Umgebungsbedingung vorliegt, bei der die durch eine Reaktion zwischen dem restlichen entflammabaren Material innerhalb des Wasserstoffgaserzeugungssystems mit Sauerstoff erzeugte Wärme keinen Einfluss auf das Wasserstoffgaserzeugungssystem hat, um so erzwungener Maßen das restliche entflammable Material zu entfernen.

27. Das Wasserstoffgaserzeugungssystem nach Anspruch 19, wobei das Wasserstoffgaserzeugungssystem mit einer Brennstoffzelle verbunden ist.

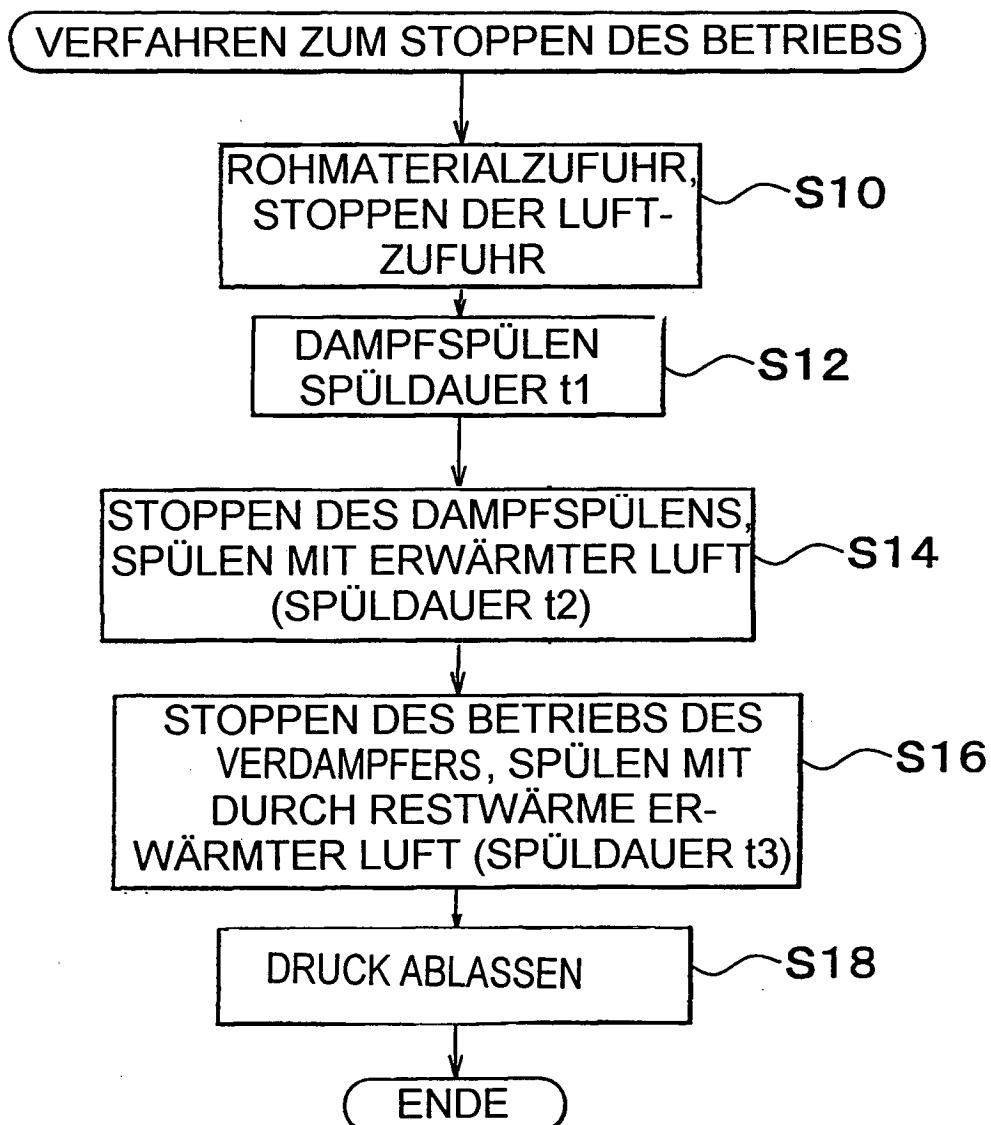
28. Das Wasserstoffgaserzeugungssystem gemäß Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftzuführungsbereich Dampf in das Wasserstoffgaserzeugungssystem zuführt, bevor Luft zugeführt wird, um so wenigstens eine Komponente des restlichen entflammabaren Materials ohne Beachtung der Umgebungsbedingung zu entfernen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

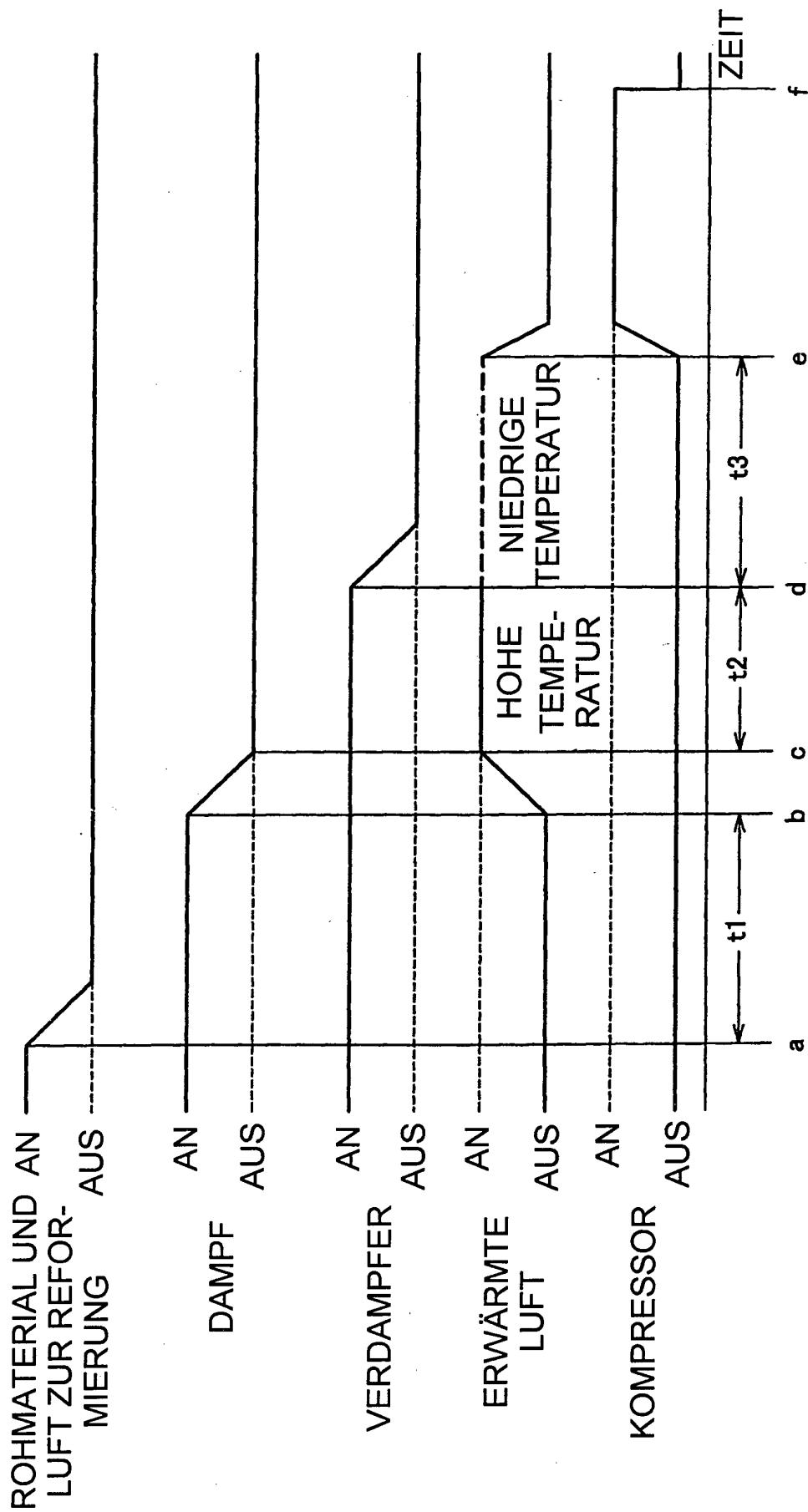
FIG. 1



## FIG. 2



**FIG. 3**



## FIG. 4

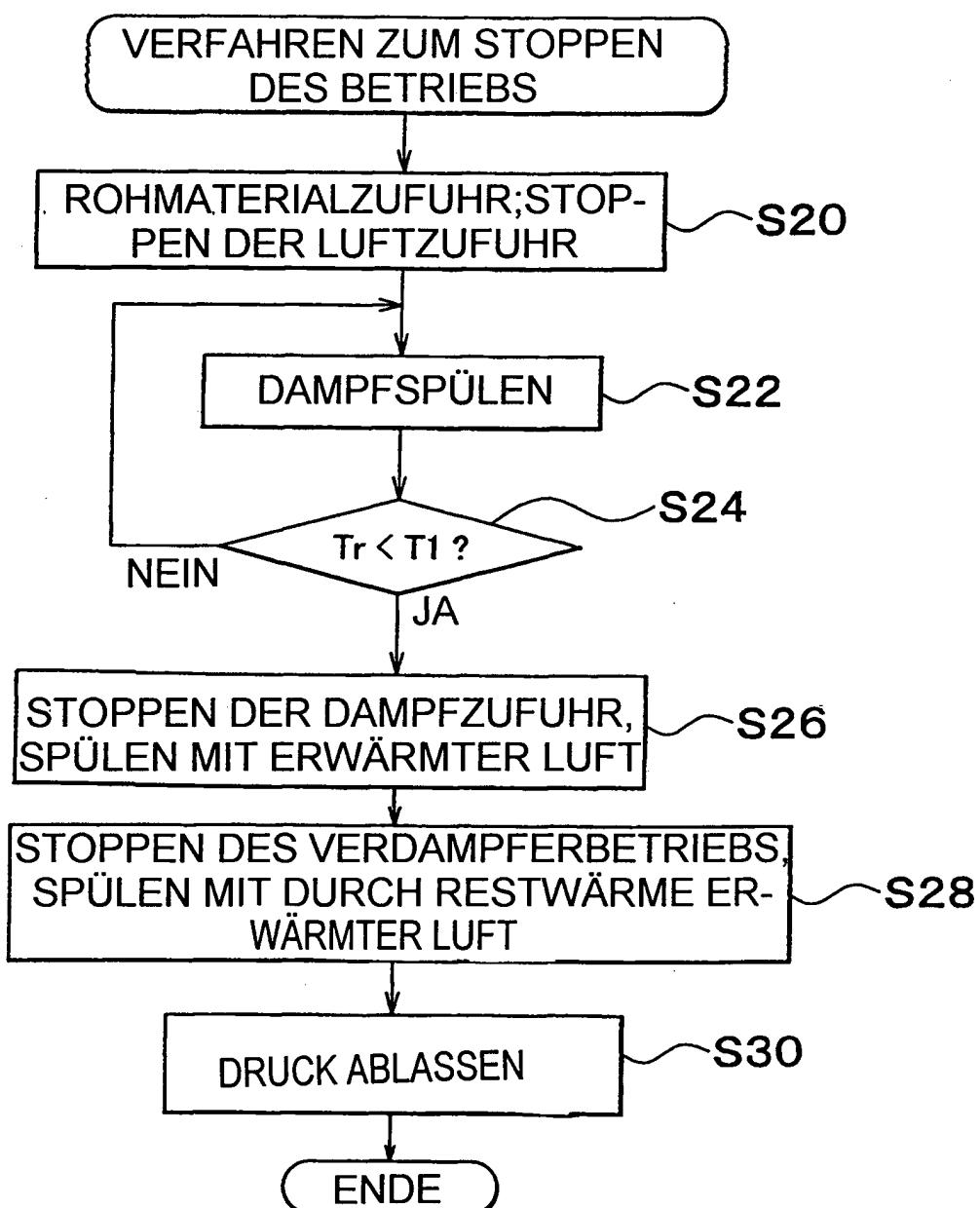


FIG. 5

