

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50655/2017
(22) Anmeldetag: 07.08.2017
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2019

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04089** (2016.01)
H01M 8/0612 (2016.01)
H01M 8/04225 (2016.01)
H01M 8/124 (2016.01)
H01M 8/14 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2336083 A1
WO 03061040 A1
WO 2016041654 A1

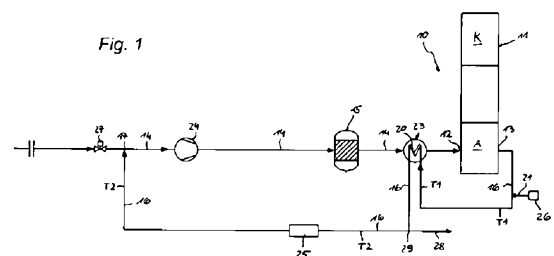
(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Hauth Martin
8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **Brennstoffzellensystem mit zumindest einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle**

(57) Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (10) mit zumindest einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle (11), beispielsweise einer Festoxidbrennstoffzelle oder einer Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle, die einen Anodenbereich (A) mit einem Anodeneingang (12) und einem Anodenausgang (13) aufweist, sowie mit einer in den Anodeneingang (12) mündenden Anodengaszufuhrleitung (14), in welcher ein Reformier (15) für die Reformierung eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs angeordnet ist, sowie mit einer vom Anodenausgang (13) ausgehenden, stromaufwärts des Reformers (15) in die Anodengaszufuhrleitung (14) mündenden Anodenrezirkulationsleitung (16). Zur Erzeugung von Wasserdampf für die nachfolgende Reformierung während der Startphase des Systems ist in der Anodenrezirkulationsleitung (16) stromaufwärts deren Einmündung (17) in die Anodengaszufuhrleitung (14) zumindest ein Oxidationskatalysator (18, 19, 20) samt vorgeschaltetem Injektor (21, 22) für ein Oxidationsmittel angeordnet.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (10) mit zumindest einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle (11), beispielsweise einer Festoxidbrennstoffzelle oder einer Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle, die einen Anodenbereich (A) mit einem Anodeneingang (12) und einem Anodenausgang (13) aufweist, sowie mit einer in den Anodeneingang (12) mündenden Anodengaszufuhrleitung (14), in welcher ein Reformier (15) für die Reformierung eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs angeordnet ist, sowie mit einer vom Anodenausgang (13) ausgehenden, stromaufwärts des Reformiers (15) in die Anodengaszufuhrleitung (14) mündenden Anodenrezirkulationsleitung (16). Zur Erzeugung von Wasserdampf für die nachfolgende Reformierung während der Startphase des Systems ist in der Anodenrezirkulationsleitung (16) stromaufwärts deren Einmündung (17) in die Anodengaszufuhrleitung (14) zumindest ein Oxidationskatalysator (18, 19, 20) samt vorgeschaltetem Injektor (21, 22) für ein Oxidationsmittel angeordnet.

Fig.1

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem mit zumindest einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle, die einen Anodenbereich mit einem Anodeneingang und einem Anodenausgang aufweist, sowie mit einer in den Anodeneingang mündenden Anodengaszufuhrleitung, in welcher ein Reformer für die Reformierung eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs angeordnet ist, sowie mit einer vom Anodenausgang ausgehenden, stromaufwärts des Reformers in die Anodengaszufuhrleitung mündenden Anodenrezirkulationsleitung. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Starten eines Brennstoffzellensystems.

Unter einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle versteht man beispielsweise eine Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC), die bei Betriebstemperaturen etwa von 580°C bis 675°C arbeitet. Als Elektrolyt wird bei diesem Brennstoffzellentyp meist eine Alkalicarbonat-Mischschmelze aus Lithium- und Kaliumcarbonat verwendet. Ebenso handelt es sich bei Festoxidbrennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) um Hochtemperaturbrennstoffzellen, die bei Betriebstemperaturen von etwa 650°C bis 1000°C betrieben werden.

Derartige Brennstoffzellensysteme werden mit einem gasförmigen oder flüssigen Brennstoff, beispielsweise Ethanol, Methan, Erdgas oder auch Diesel und Benzin betrieben, welche in einem der Anode vorgeschalteten Reformer in ein wasserstoff- und CO-haltiges Synthesegas umgewandelt werden. Über eine Anodenrezirkulationsleitung werden die Anodenabgase zumindest teilweise rückgeführt, wobei die Rezirkulationsleitung stromaufwärts des Reformers in die Anodengaszufuhrleitung einmündet. Im laufenden Betrieb des Brennstoffzellensystems wird dadurch dem Reformer auch Wasserdampf zugeführt, der im Anodenabgas enthalten ist.

Im Startbetrieb des Brennstoffzellensystems vor dem Erreichen der Betriebstemperatur wird noch kein Wasserdampf erzeugt und muss dem System während des Hochfahrens zugeführt werden.

In diesem Zusammenhang ist aus der WO 2015/090549 A1 ein Festoxid-Brennstoffzellensystem bekannt geworden, welches mit gasförmigen oder flüssigen kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffen bei einer Betriebstemperatur zwischen 500°C und 900°C betrieben wird. Das System weist einen Reformer auf, welcher

mit einer Anode einer Festoxidbrennstoffzelle über einen Brenngasabschnitt eines Gaskreislaufs gekoppelt ist. Über einen Brennstoffabschnitt wird dem Reformer der Brennstoff zur Aufbereitung zugeführt. Weiters weist der Gaskreislauf einen Rezirkulationsabschnitt sowie einen Wärmetauscher auf, in welchem das Brenngas vor dem Eintritt in die Anode durch das Rezirkulat erhitzt wird. Weiters kann dem Rezirkulationsstrom Wasser oder Wasserdampf über eine in den Rezirkulationsabschnitt des Gaskreislaufs mündende Leitung mittels eines Ejektors oder einer Düse zugeführt werden. Nachteilig dabei ist, dass zusätzliche Betriebsmittel, wie Wasser oder Wasserdampf, bereitgestellt werden müssen.

Die DE 10 2004 042 806 A1 beschreibt ein PEM-Brennstoffzellensystem, das mit Wasserstoff und Luft betrieben wird, bei welchem in der Anoden-Rezirkulationsleitung an Stellen am Anodeneingang bzw. Anodenausgang katalytische Beschichtungen vorgesehen sind. Diese dienen dazu, im Stillstand der Brennstoffzelle, wenn der Anodenbereich mit Luft oder Sauerstoff gefüllt ist, in Richtung des Anodenbereichs diffundierenden Wasserstoff katalytisch umzusetzen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Brennstoffzellensystem, das einen Reformer für die Reformierung eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs aufweist, auf einfache Weise auch im Startbetrieb mit dem für die Reformierung benötigten Wasserdampf zu versorgen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass in der Anodenrezirkulationsleitung stromaufwärts deren Einmündung in die Anodengaszufuhrleitung zumindest ein Oxidationskatalysator samt vorgeschaltetem Injektor für ein Oxidationsmittel zur Erzeugung von Wasserdampf angeordnet ist. Bevorzugt wird Luft als Oxidationsmittel zugeführt. Mit anderen Worten ist also stromaufwärts der Einmündung einer Anodenrezirkulationsleitung in die Anodengaszufuhrleitung zumindest ein Oxidationskatalysator samt vorgeschaltetem Injektor vorgesehen.

Durch den Oxidationskatalysator und das Injizieren eines Oxidationsmittels kann aus dem im Anodenabgas verbliebenen wasserstoffhaltigen Brennstoff Wasserdampf generiert werden. Erfindungsgemäß kann somit beim Hochfahren der Brennstoffzelle sofort Wasserdampf generiert werden, ohne dass eine externe Quelle für Wasser oder Wasserdampf notwendig wäre. Weiters kann auf einen zusätzlichen Verdampfer verzichtet und gleichzeitig dafür gesorgt werden, dass der

Reformer rasch auf seine optimale Betriebstemperatur aufgeheizt wird. Beim Einsatz von methanhaltigen Brenngasen steht sofort H_2O für die Methanreformierung und die Vermeidung von Kohlenstoffablagerungen zur Verfügung. Diese Vorteile ergeben sich auch im Regulärbetrieb des Brennstoffzellensystems, wo nach der Anode die Umsetzungsprodukte des Brennstoffs – bei Verwendung eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs insbesondere H_2 und CO – oxidiert werden.

Für die Anordnung eines oder mehrerer Oxidationskatalysatoren in der Anodenrezirkulationsleitung stehen mehrere Positionen zur Verfügung:

Gemäß einer ersten Variante der Erfindung ist in der Anodengaszufuhrleitung vor dem Anodeneingang ein mit der Abwärme aus der Anodenrezirkulationsleitung beaufschlagter Wärmetauscher angeordnet, wobei der Oxidationskatalysator im Wärmetauscher angeordnet ist und vom Rezyklat durchströmt wird. Vorzugsweise ist der Oxidationskatalysator dabei als katalytische Innenbeschichtung im vom Anodenrezyklat beaufschlagten Bereich des Wärmetauschers ausgeführt. Damit ist kein zusätzliches Bauteil notwendig, so dass Platz und Kosten gespart werden können. Zusätzlich wird durch die Vornahme der katalytischen Reaktion im Wärmetauscher mehr Wärme generiert und auf das der Anode durch den Wärmetauscher zugeführte Anodengas übertragen.

Eine zweite Variante sieht vor, dass der Oxidationskatalysator im heißeren Bereich der Anodenrezirkulationsleitung stromabwärts des Anodenausgangs und stromaufwärts eines Wärmetauschers angeordnet ist. Dadurch kann eine kompakte Bauweise und unmittelbare Umwandlung des Anodenabgases erzielt werden.

Schließlich kann gemäß einer dritten Variante der Oxidationskatalysator im kühleren Bereich der Anodenrezirkulationsleitung stromaufwärts der Einmündung in die Anodengaszufuhrleitung und stromabwärts eines Wärmetauschers angeordnet sein. Vorzugsweise ist der Oxidationskatalysator dabei als katalytische Innenbeschichtung der Rezirkulationsleitung ausgeführt. Diese Ausführungsform ermöglicht eine längere Verwendung der eingesetzten Katalysatorkomponenten, da diese in kühleren Abschnitten angeordnet und damit geringeren thermischen Belastungen ausgesetzt sind – dadurch verringern sich Verschleiß und aufgrund der selteneren Wartungsarbeiten auch die Betriebskosten.

Zur Erhöhung der Oxidationsrate können die einzelnen Varianten auch kombiniert eingesetzt, also oxidierende Elemente bzw. Schichten an mehreren Stellen eingesetzt werden.

In einer weiteren Variante der Erfindung weist der Injektor eine Regeleinrichtung auf, mit welcher die Zufuhr des Oxidationsmittels abhängig von Betriebsparametern der Brennstoffzelle bzw. des Brennstoffzellensystems regelbar ist. Bei den Betriebsparametern kann es sich beispielsweise um die Stacktemperatur, das Dampf-zu-Kohlenstoffverhältnis (insbesondere in einem Reformier) oder ähnliches handeln.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Starten des beschriebenen Brennstoffzellensystems sieht folgende Schritte vor:

- Starten der Zufuhr des kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs zur Brennstoffzelle,
- während des Hochfahrens des Brennstoffzellensystems Zuführen eines Oxidationsmittels zum Oxidationskatalysator zur Erzeugung von Wasserdampf für die nachfolgende Reformierung des kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs, sowie
- Abschalten der Zufuhr des Oxidationsmittels sobald ausreichend Wasserdampf durch den Betrieb des Brennstoffzellensystems erzeugt wird.

Erfindungsgemäß kann die Zufuhr des Oxidationsmittels abhängig von Betriebsparametern des Brennstoffzellensystems geregelt werden. Bei den Betriebsparametern kann es sich beispielsweise um die Temperatur in der Brennstoffzelle bzw. im Brennstoffzellenstack, den Wasserdampfgehalt des Rezyklats in der Anodenrezirkulationsleitung oder das Dampf-zu-Kohlenstoffverhältnis insbesondere in einem Reformierelement bzw. reformierend wirkenden Element des Brennstoffzellensystems handeln.

In einer Variante der Erfindung wird dabei als Oxidationsmittel Umgebungsluft verwendet.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von nicht-einschränkenden Ausführungsbeispielen, die in den Figuren dargestellt sind, näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems in einer schematischen Darstellung,

Fig.2 eine zweite Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems in einer schematischen Darstellung, sowie

Fig. 3 eine dritte Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems in einer schematischen Darstellung.

Die Fig. 1 bis 3 zeigen verschiedene Varianten des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 10. Die dargestellten Ausführungsvarianten weisen dabei zumindest eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle 11 bzw. einen Stapel oder Stack von Hochtemperatur-Brennstoffzellen auf, die einen Anodenbereich A sowie einen durch einen Elektrolyt vom Anodenbereich getrennten Kathodenbereich K aufweisen.

Das Brennstoffzellensystem 10 ist mit einer in einen Anodeneingang 12 mündenden Anodengaszufuhrleitung 14, sowie mit einer von einem Anodenausgang 13 ausgehenden, in die Anodengaszufuhrleitung 14 mündenden Anodenrezirkulationsleitung 16 ausgestattet, mit der ein Teil des Anodenabgases der Anode A wieder zugeführt wird. Der Rest des Abgases zweigt an einer Abzweigungsstelle 29 von der Anodenrezirkulationsleitung 16 ab und wird über eine nicht näher erläuterte Abgasleitung 28 abgeführt. Nachfolgend wird für das Anodenabgas synonym der Begriff „Rezyklat“ verwendet, was sowohl das vor- als auch nach der Abzweigungsstelle strömende Gasgemisch umfasst.

Im Gaskreislauf der Anode A sind ein Rezirkulationsgebläse 24 und eine Druckmessvorrichtung 25 angeordnet. Über die Druckmessvorrichtung 25 kann die Rezirkulationsrate ermittelt werden, um das Rezirkulationsgebläses 24 entsprechend zu regeln.

In den dargestellten Ausführungsbeispielen ist dabei das Rezirkulationsgebläse 24 in der Anodengaszufuhrleitung 14 stromabwärts einer Einmündung 17 der Rezirkulationsleitung 16 angeordnet, die Druckmessvorrichtung 25 befindet sich zwischen Anodenausgang 13 und besagter Einmündung 17.

In der Anodengaszufuhrleitung 14 ist in den dargestellten Ausführungsvarianten ein Reformier 15 für die Reformierung eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs angeordnet, die Reformierung des Brennstoffs kann jedoch auch direkt im anodenseitigen Bereich der Brennstoffzelle 11 bzw. des Brennstoffzellenstacks erfolgen. Die Regelung der Zuführung von Anodengas bzw. Brennstoff erfolgt über eine Regelvorrichtung 27.

Eine eventuelle Medienführung zu der bzw. durch die Kathode K ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Figuren nicht dargestellt und wird hier nicht weiter erläutert.

Als kohlenwasserstoffhaltige Brennstoffe können beispielsweise Ethanol, Methan, Erdgas, Diesel oder Benzin verwendet werden.

Wie in den einzelnen Ausführungsvarianten im Detail dargestellt, ist in der Anodenrezirkulationsleitung 16 stromaufwärts deren Einmündung 17 in die Anodengaszufuhrleitung 14 zumindest an einer Stelle ein Oxidationskatalysator samt vorgeschaltetem Injektor angeordnet, mit welchem ein Oxidationsmittel zur Erzeugung von Wasserdampf zugeführt werden kann. Mit anderen Worten ist also zwischen dem Anodenausgang 13 und der Einmündung 17 der Anodenrezirkulationsleitung 16 in die Anodengaszufuhrleitung 14 zumindest ein Oxidationskatalysator samt vorgeschaltetem Injektor für ein Oxidationsmittel angeordnet.

Wie in Fig. 1 dargestellt, ist in der Anodengaszufuhrleitung 14 vor dem Anodeneingang 12 ein mit der Abwärme aus der Anodenrezirkulationsleitung 16 beaufschlagter Wärmetauscher 23 angeordnet. Der durch den Wärmetauscher 23 führende Abschnitt der Anodengaszufuhrleitung 14 transportiert das der Anode A zuzuführende Anodengas, welches durch die Abwärme der Brennstoffzelle 11 vorgewärmt wird. Der im Wärmetauscher 23 verlaufende Abschnitt der Anodenrezirkulationsleitung 16 weist den Oxidationskatalysator 20 auf. Der Wärmetauscher 23 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel hinsichtlich der Anodenrezirkulationsleitung 16 zwischen dem Anodenausgang 13 und der Abzweigungsstelle 29 der Abgasleitung 28 angeordnet.

Bevorzugt kann der Oxidationskatalysator 20 dabei als katalytische Innenbeschichtung im vom Anodenrezirkulat beaufschlagten heißen Bereich des Wärmetauschers 23 ausgeführt sein.

Die Anodenrezirkulationsleitung 16 unterteilt sich in einen heißeren Bereich T1 zwischen Anodenausgang 13 und Wärmetauscher 23, in dem im dargestellten Ausführungsbeispiel zwischen 700°C-900°C auftreten können, und einen kühleren Bereich T2 stromabwärts des Wärmetauschers 23, in dem die Temperaturen zwischen 350°C und 700°C liegen.

Gemäß einer Variante der Erfindung kann der Wärmetauscher 23 zusätzlich auf seiner kalten Seite (der Anodengaszufuhrleitung 14) mit einer Reformfunktion versehen sein, sodass die Wärme des Anodenabgases für eine Reformierung genutzt werden kann. Dadurch kann ein separater Reformer 15, wie er z.B. in Fig. 1 dargestellt ist, entfallen bzw. in den Wärmetauscher 23 aufgenommen werden.

Dem Oxidationskatalysator 20 ist ein Injektor 21 vorgeschaltet, mit dem ein Oxidationsmittel in die Anodenrezirkulationsleitung 16 eingebracht wird. Dazu kann beispielsweise Luft verwendet werden. Mit anderen Worten ist also zwischen dem Anodenausgang 13 und dem Oxidationskatalysator 20 ein Injektor 21 vorgesehen.

Durch Einbringen bzw. Eindüsen des Oxidationsmittels wird der im Anodenabgas vorhandene Wasserstoff (H_2), Kohlenwasserstoff und/oder Kohlenmonoxid (CO) in Wasserdampf und Kohlendioxid umgewandelt und in die Anodengaszufuhrleitung 14 rezirkuliert, wodurch der Reformierungsprozess des der Anode A zugeführten Brennstoffs verbessert werden kann. Gleichzeitig wird durch die Generierung von Wasserdampf die Bildung von Kohlenstoffablagerungen verhindert. Diese Vorteile ergeben sich unabhängig vom Betriebszustand des Brennstoffzellensystems 10 – in der Startphase, wo der Brennstoff in der Anode noch gar nicht bzw. unzureichend umgesetzt wird, kann der Brennstoff oxidiert werden, während im Normalbetrieb das Anodenabgas, das insbesondere H_2 und CO beinhaltet, umgesetzt wird.

Gemäß der in Fig. 2 dargestellten Variante ist der Oxidationskatalysator 18 zur Generierung von Wasserdampf im heißeren Bereich T1 (ca. 650°C bis 900°C) der Anodenrezirkulationsleitung 16 stromabwärts des Anodenausgangs 13 und stromaufwärts des Wärmetauschers 23 angeordnet. Der Oxidationskatalysator 18 in

diesem Ausführungsbeispiel ist damit stromaufwärts der Abzweigungsstelle 29 der Abgasleitung 28 angeordnet.

Die Düse bzw. der Injektor 21 für die Zudosierung des Oxidationsmittels (vorzugsweise Umgebungsluft) ist in den Varianten gemäß Fig. 1 und 2 stromaufwärts des Oxidationskatalysators 18 bzw. 20 angeordnet, kann jedoch auch direkt eingangsseitig in einen beispielsweise als separates Bauteil vorliegenden Oxidationskatalysator 18 münden.

Der Injektor 21 weist eine Regeleinrichtung 26 auf, mit welcher die Zufuhr des Oxidationsmittels abhängig von Betriebsparametern der Brennstoffzelle (beispielsweise Druck, Temperatur, Dampf-zu-Kohlenstoffverhältnis insbesondere in einem Reformerelement, etc.) regelbar und bei Erreichen stabiler Betriebszustände des Brennstoffzellensystems abschaltbar ist. Die Regelung der Zufuhr des Oxidationsmittels zielt insbesondere darauf ab, dass genügend Wasserdampf im Reformiererelement vorhanden ist, um die Reformierungsreaktion zu unterstützen und die Ablagerung von Kohlenstoff zu vermeiden. In einer der möglichen Varianten wird dabei die notwendige Oxidationsmittelmenge über das Dampf-zu-Kohlenstoffverhältnis unter Berücksichtigung der Reformertemperatur und, gegebenenfalls, der Rezirkulationsrate definiert. Bei der Verwendung von Erdgas als Brennstoff wird dabei insbesondere ein Verhältnis von einem Teil CH_4 zu zwei Teilen H_2O angestrebt.

Schließlich kann der Oxidationskatalysator 19 gemäß einer weiteren Ausführungsform, die in Fig. 3 dargestellt ist, im kühleren Bereich T2 (ca. 350 bis 650°C) der Anodenrezirkulationsleitung 16 stromaufwärts der Einmündung 17 in die Anodengaszufuhrleitung 14 und stromabwärts des Wärmetauschers 23 angeordnet sein. Insbesondere befindet sich der Oxidationskatalysator 19 in diesem Ausführungsbeispiel stromabwärts der Abzweigungsstelle 29 der Abgasleitung 28 in der Anodenrezirkulationsleitung 16. Bei dieser Variante kann ein zweiter Injektor 22 ebenfalls im kühleren Bereich stromabwärts des Wärmetauschers 23 entweder zusätzlich zum Injektor 21 unmittelbar nahe dem Anodenausgang 13 bzw. statt dieses Injektors 21 angeordnet sein. Der Injektor 21 ist daher in Fig. 3 strichliert dargestellt. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass das Oxidationsmittel erst nach der Abzweigungsstelle 29 der Abgasleitung 28 in die Anodenrezirkulationsleitung 16 eingebracht wird und damit vollständig zu

Wasserdampfgenerierung zur Verfügung steht und nicht teilweise ungenutzt in die Umgebung entweicht. Außerdem ist der Oxidationskatalysator 19 einer geringeren thermischen Belastung ausgesetzt als in den anderen Ausführungsbeispielen, was einen geringeren Verschleiß und längere Betriebsdauer ermöglicht.

Die Oxidationskatalysatoren 18, 19 können beispielsweise als katalytische Innenbeschichtung der Rezirkulationsleitung 16 ausgeführt sein, es ist jedoch auch möglich, herkömmliche Katalysatoren samt Gehäuse und innenliegender, katalytisch beschichteter Trägerstruktur einzusetzen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines derartigen Brennstoffzellensystems 10 kommt vorteilhafterweise speziell beim Starten des Brennstoffzellensystems 10 zum Einsatz. Hierbei ist es besonders wichtig, die Temperatur des Systems und seiner Komponenten rasch auf höhere Werte zu bringen, um einsatzbereit zu sein.

Die Zuführung eines Oxidationsmittels wie beispielsweise Luft ist im Wesentlichen im Startbetrieb des Brennstoffzellensystems erforderlich, da im Regelbetrieb genügend Wasserdampf durch die Brennstoffzellen selbst bereitgestellt wird. Sollte dem nicht so sein, kann die Zufuhr von Oxidationsmittel auch im Regulärbetrieb erfolgen, um den Wasserdampf für die Reformierung und Verhinderung von Kohlenstoffablagerungen bereit zu stellen.

Bei der Verwendung während des Hochfahrens des Brennstoffzellensystems 10 wird erfindungsgemäß nach Start der Zufuhr des Brennstoffes das Oxidationsmittel zugeführt, um in der Anodenrezirkulationsleitung 16 Wasserdampf für die Reformierung des Brennstoffes zu erzeugen. Die Zufuhr des Oxidationsmittels kann eingestellt werden, wenn das Brennstoffzellensystem ausreichend selber Wasserdampf generiert. Dieser Zeitpunkt kann beispielsweise kennfeldgesteuert durch Überwachung bestimmter Betriebsparameter des Brennstoffzellensystems ermittelt werden. Gegebenenfalls kann auch während des Betriebs, z.B. während längerer Phasen geringer Belastung, ein zusätzliches Generieren von Wasserdampf notwendig sein, was durch Aktivieren der Oxidationsmittelzufuhr einfach möglich ist. Die Zufuhr des Oxidationsmittels – sowohl was Menge als auch Dauer bzw. Start und Stopp angeht – kann generell in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Brennstoffzellensystems geregelt werden. Geeignete Parameter sind beispielsweise die Temperatur der Brennstoffzelle 11 und/oder der

Wasserdampfgehalt des Rezyklats in der Anodenrezirkulationsleitung 16 und/oder das Dampf-zu-Kohlenstoffverhältnis insbesondere in einem Reformerelement. .

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Brennstoffzellensystem (10) mit zumindest einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle (11), die einen Anodenbereich (A) mit einem Anodeneingang (12) und einem Anodenausgang (13) aufweist, sowie mit einer in den Anodeneingang (12) mündenden Anodengaszufuhrleitung (14), in welcher ein Reformier (15) für die Reformierung eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs angeordnet ist, sowie mit einer vom Anodenausgang (13) ausgehenden, stromaufwärts des Reformers (15) in die Anodengaszufuhrleitung (14) mündenden Anodenrezirkulationsleitung (16), dadurch gekennzeichnet, dass in der Anodenrezirkulationsleitung (16) stromaufwärts deren Einmündung (17) in die Anodengaszufuhrleitung (14) zumindest ein Oxidationskatalysator (18, 19, 20) samt vorgeschaltetem Injektor (21, 22) für ein Oxidationsmittel, vorzugsweise Luft, zur Erzeugung von Wasserdampf angeordnet ist.
2. Brennstoffzellensystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Anodengaszufuhrleitung (14) vor dem Anodeneingang (12) ein mit der Abwärme aus der Anodenrezirkulationsleitung (16) beaufschlagter Wärmetauscher (23) angeordnet ist, wobei der Oxidationskatalysator (20) im Wärmetauscher angeordnet ist.
3. Brennstoffzellensystem (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Oxidationskatalysator (20) als katalytische Innenbeschichtung im vom Anodenrezyklat beaufschlagten Bereich des Wärmetauschers (23) ausgeführt ist.
4. Brennstoffzellensystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Oxidationskatalysator (18) im heißeren Bereich der Anodenrezirkulationsleitung (16) stromabwärts des Anodenausgangs (13) und stromaufwärts eines Wärmetauschers (23) angeordnet ist.
5. Brennstoffzellensystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Oxidationskatalysator (19) im kühleren Bereich der Anodenrezirkulationsleitung (16) stromaufwärts der Einmündung (17) in die Anodengaszufuhrleitung (14) und stromabwärts eines Wärmetauschers (23) angeordnet ist.

6. Brennstoffzellensystem (10) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Oxidationskatalysator (18, 19) als katalytische Innenbeschichtung der Rezirkulationsleitung (16) ausgeführt ist.
7. Brennstoffzellensystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Injektor (21, 22) eine Regeleinrichtung (26) aufweist, mit welcher die Zufuhr des Oxidationsmittels abhängig von Betriebsparametern der Brennstoffzelle regelbar ist.
8. Verfahren zum Starten eines Brennstoffzellensystems (10) mit zumindest einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle (11), die mit einer Anodengaszufuhrleitung (14), in welcher ein Reformier (15) für die Reformierung eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs angeordnet ist, sowie mit einer in die Anodengaszufuhrleitung (14) mündenden Anodenrezirkulationsleitung (16) ausgestattet ist, wobei in der Anodenrezirkulationsleitung (16) stromaufwärts der Einmündung (17) in die Anodengaszufuhrleitung (14) zumindest ein Oxidationskatalysator (18, 19, 20) samt vorgeschaltetem Injektor (21, 22) für ein Oxidationsmittel angeordnet ist, mit den Schritten:
 - Starten der Zufuhr des kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs zur Brennstoffzelle (11),
 - während des Hochfahrens des Brennstoffzellensystems Zuführen eines Oxidationsmittels zum Oxidationskatalysator (18, 19, 20) zur Erzeugung von Wasserdampf für die nachfolgende Reformierung des kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs, sowie
 - Abschalten der Zufuhr des Oxidationsmittels sobald ausreichend Wasserdampf durch den Betrieb des Brennstoffzellensystems (10) erzeugt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr des Oxidationsmittels abhängig von Betriebsparametern des Brennstoffzellensystems geregelt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass als Oxidationsmittel Umgebungsluft verwendet wird.

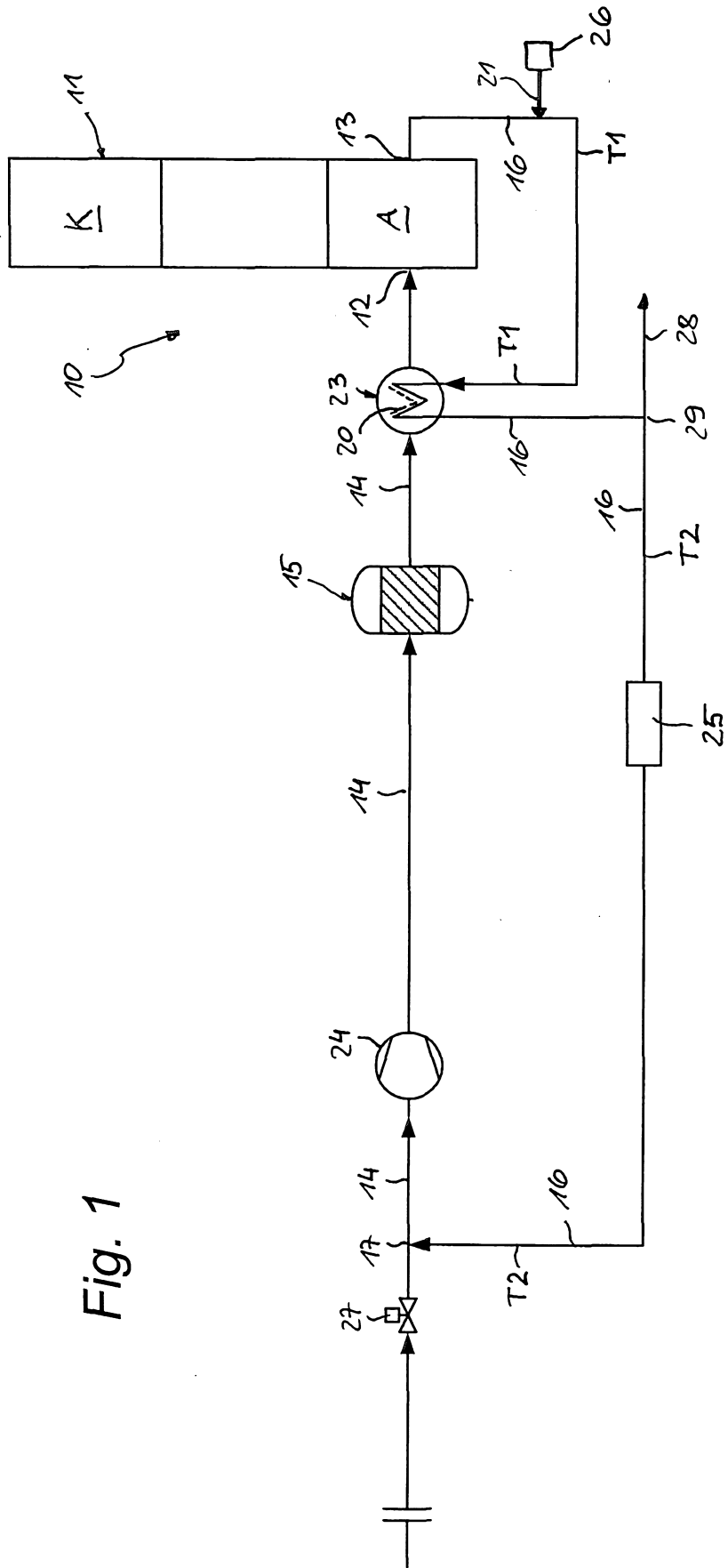


Fig. 1

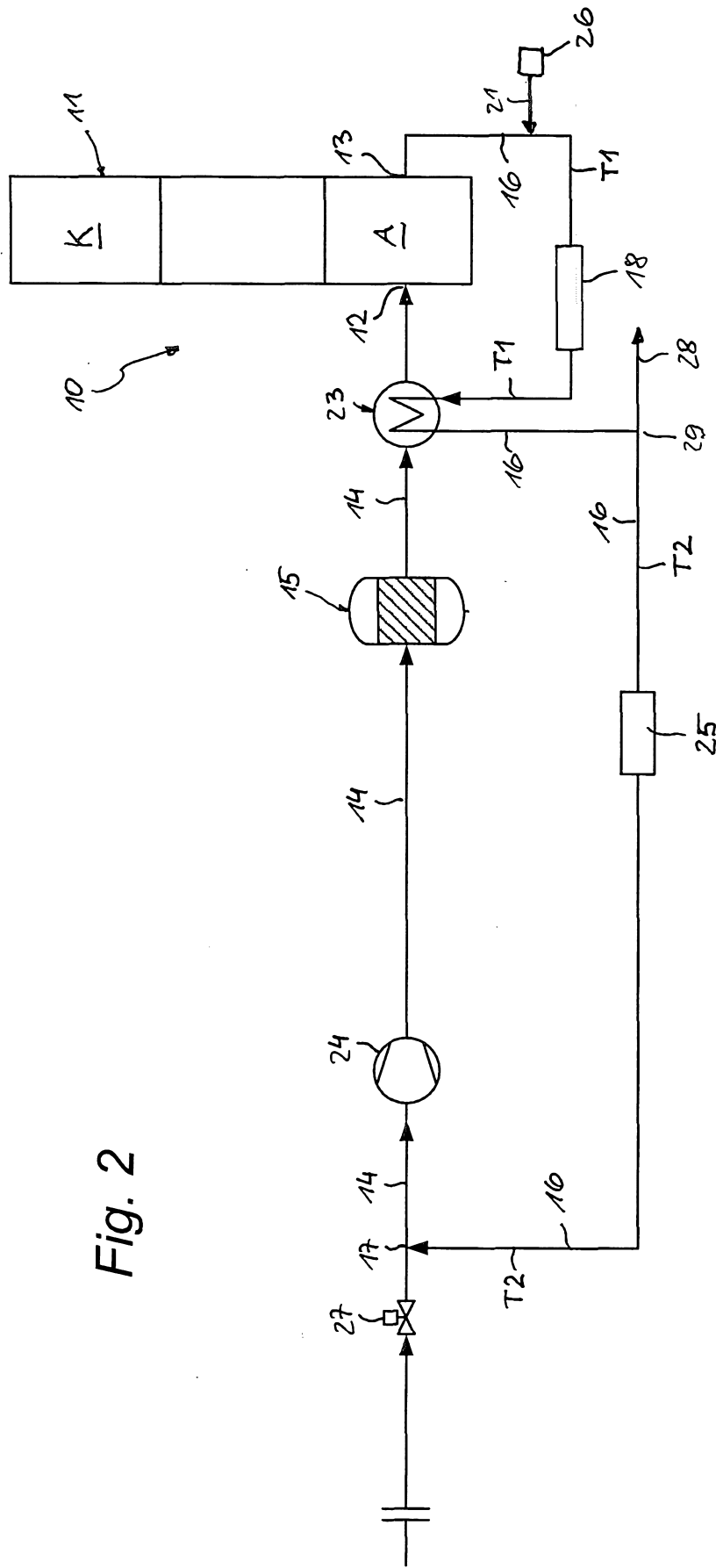


Fig. 2

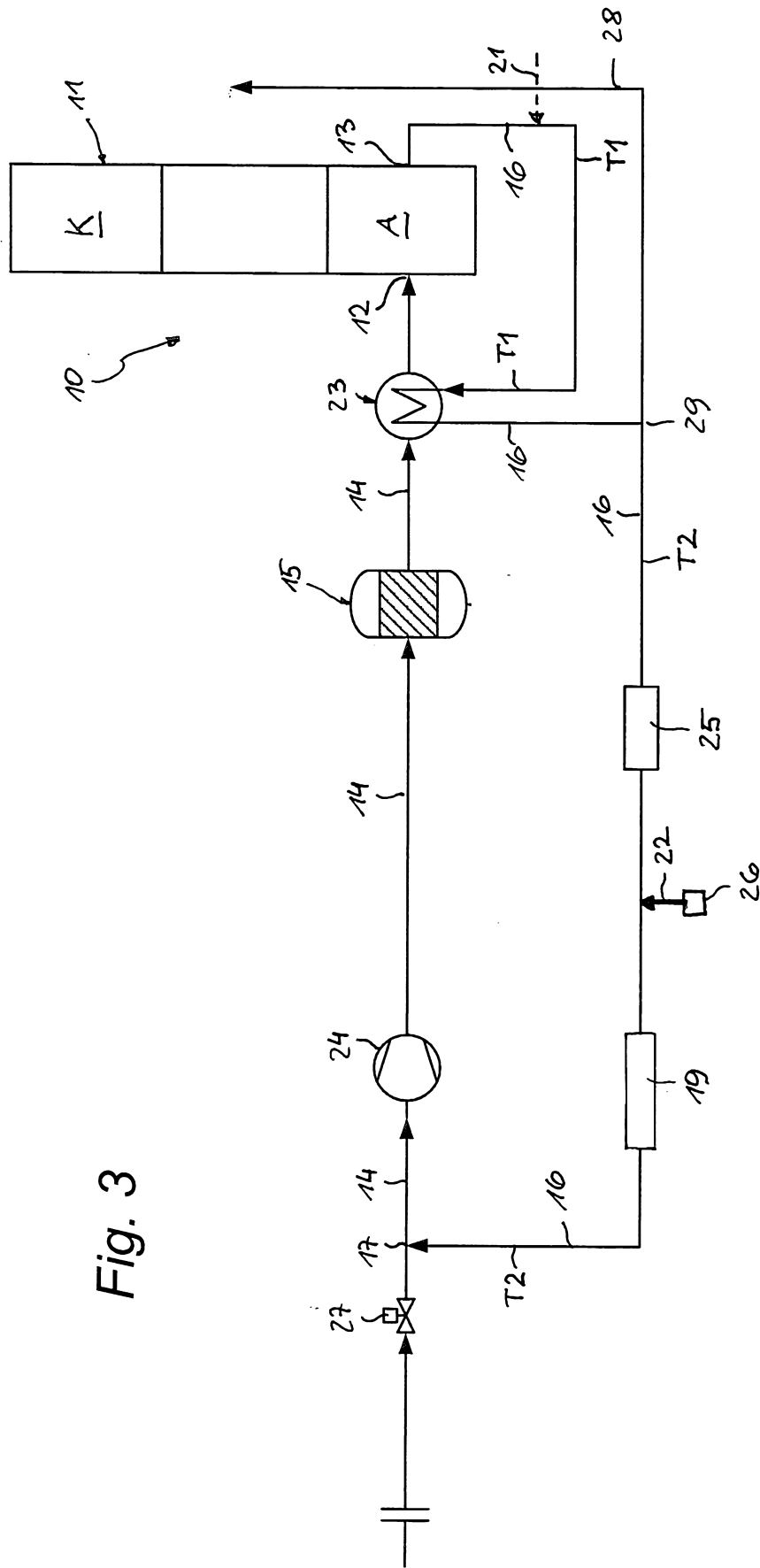


Fig. 3

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC:
H01M 8/04089 (2016.01); **H01M 8/0612** (2016.01); **H01M 8/04225** (2016.01); **H01M 8/124** (2016.01);
H01M 8/14 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC:
H01M 8/04097 (2016.02); **H01M 8/0618** (2016.02); **H01M 8/04225** (2016.02); **H01M 2008/1293**
(2016.02); **H01M 2008/147** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
H01M

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

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 07.08.2017 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 2336083 A1 (TOPSOE FUEL CELL AS [DK]) 22. Juni 2011 (22.06.2011) Das ganze Dokument, insbes. [0043], [0092]-[0104]; Figur 4	1, 5, 7-10
A	WO 03061040 A1 (INTERNATIONAL FUEL CELLS, LLC [US]) 24. Juli 2003 (24.07.2003) Das ganze Dokument	1-10
A	WO 2016041654 A1 (ROBERT BOSCH GMBH [DE]) 24. März 2016 (24.03.2016) Das ganze Dokument	1-10

Datum der Beendigung der Recherche:
30.05.2018

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

ENGLISCH Julia

¹⁾ 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.