(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 521068 A1 2019-10-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50221/2018
(22) Anmeldetag: 15.03.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: ***H01M 8/249*** (2016.01)
H01M 8/04746 (2016.01)
H01M 8/124 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2016196952 A1
US 2010183936 A1
WO 2005038973 A1
WO 2015123304 A1

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

(72) Erfinder:
Krauss Thomas Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Reissig Michael Dipl.Ing. (FH)
8073 Seiersberg (AT)
Reiter Bernd BSc
8010 Kainbach bei Graz (AT)
Planitzer Stefan
8130 Frohnleiten (AT)
Mathe Jörg Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)
Lawlor Vincent Dr.
8510 Stainz (AT)
Leipold Dominic BSc
8020 Graz (AT)
Makinson Julian, B. Eng.
8044 Graz (AT)
Seewald Jeanette
8042 Graz (AT)

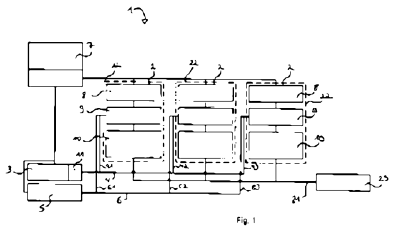
(74) Vertreter:
Hartinger Mario Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) Modulares Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems mit mehreren Modulen

(57) Die Erfindung betrifft ein modulares Brennstoffzellensystem (1), insbesondere ein modulares SOFC-System, umfassend

- mehrere Module (2) zur Bereitstellung elektrischer Energie, wobei jedes Modul (2) eine Coldbox (9) und eine Hotbox (10) aufweist,
- eine Luftquelle (3) und eine Luftzuführleitung (4), wobei die Module (2) über die Luftzuführleitung (4) mit der Luftquelle (3) verbunden sind,
- eine Brennstoffquelle (5) und eine Brennstoffzuführleitung (6), wobei die Module (2) über die Brennstoffzuführleitung (6) mit der Brennstoffquelle (5) verbunden sind,
- zumindest eine Steuereinrichtung (7),
- dadurch gekennzeichnet, dass in der Luftzuführleitung (4) stromabwärts der Luftquelle (3) zumindest ein Gebläse (11) angeordnet ist und jedes Modul (2) zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung einer Luftzufuhr, insbesondere ein Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr (12) umfasst.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen modularen Brennstoffzellensystems (1). Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems (1) mit mehreren Modulen (2), insbesondere eines solchen Brennstoffzellensystems (1).



AT 521068 A1 2019-10-15

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein modulares Brennstoffzellensystem (1), insbesondere ein modulares SOFC-System, umfassend

- mehrere Module (2) zur Bereitstellung elektrischer Energie, wobei jedes Modul (2) eine Coldbox (9) und eine Hotbox (10) aufweist,
- eine Luftquelle (3) und eine Luftzuführleitung (4), wobei die Module (2) über die Luftzuführleitung (4) mit der Luftquelle (3) verbunden sind,
- eine Brennstoffquelle (5) und eine Brennstoffzuführleitung (6), wobei die Module (2) über die Brennstoffzuführleitung (6) mit der Brennstoffquelle (5) verbunden sind,
- zumindest eine Steuereinrichtung (7),
- dadurch gekennzeichnet, dass
  in der Luftzuführleitung (4) stromabwärts der Luftquelle (3) zumindest ein Gebläse (11) angeordnet ist und jedes Modul (2) zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung einer Luftzufuhr, insbesondere ein Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr (12) umfasst.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen modularen Brennstoffzellensystems (1).

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems (1) mit mehreren Modulen (2), insbesondere eines solchen Brennstoffzellensystems (1).

Fig. 1

Modulares Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems mit mehreren Modulen

Die Erfindung betrifft ein modulares Brennstoffzellensystem, insbesondere ein modulares SOFC-System, umfassend mehrere Module zur Bereitstellung elektrischer Energie, wobei jedes Modul eine Coldbox und eine Hotbox aufweist, eine Luftquelle und eine Luftzuführleitung, wobei die Module über die Luftzuführleitung mit der Luftquelle verbunden sind, eine Brennstoffquelle und eine Brennstoffzuführleitung, wobei die Module über die Brennstoffzuführleitung mit der Brennstoffquelle verbunden sind, zumindest eine Steuereinrichtung .

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen modularen Brennstoffzellensystems.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems mit mehreren Modulen.

Brennstoffzellensysteme sind aus dem Stand der Technik bekannt und werden beispielsweise in einem batteriebetriebenen Kraftfahrzeug zur Energieversorgung einer Batterie verwendet. Entsprechende Brennstoffzellensysteme sind beispielsweise als SOFC (solid oxide fuel cell; Festoxidbrennstoffzelle) -Systeme ausgebildet und können mit einem flüssigen Kraftstoff wie Erdgas, Diesel oder Ethanol oder einem gasförmigen Kraftstoff wie gasförmiges Erdgas (compressed natural gas) betrieben werden.

Aus dem Stand der Technik bekannte Brennstoffzellensysteme umfassen üblicherweise einen Reformer, einen oder mehrere Wärmetauscher, einen Startbrenner, einen Nachbrenner und einen oder mehrere Brennstoffzellenstapel mit jeweils einen Kathodenabschnitt und einen Anodenabschnitt. Um genügend elektrische Energie bereitstellen zu können, ist es notwendig, die einzelnen Komponenten entsprechend groß auszubilden. Dies ist insbesondere bei einem Starvorgang des Brennstoffzellensystems mit Problemen verbunden. Der oder die Brennstoffzellenstapel sollen möglichst gleichmäßig auf eine Betriebstemperatur gebracht werden. Dies ist nicht nur kostenintensiv sondern auch aufwendig, da mehrere Elemente notwendig sind. Insbesondere wenn das Brennstoffzellensystem mehr als einen Brennstoffzellenstapel aufweist, kann sich ein Erwärmen desselben durchaus als problematisch herausstellen. Üblicherweise werden nämlich alle

Brennstoffzellenstapel durch eine gemeinsame Kathodenluftzuführleitung erwärmt. Eine unabhängige Erwärmung der Brennstoffzellenstapel ist also nicht möglich. Darüber hinaus ist es dabei auch zwingend, dass immer alle Brennstoffzellenstapel sich zeitgleich in einem Betriebsmodus befinden.

Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein modulares Brennstoffzellensystem der eingangs genannten Art anzugeben, welches effizient betreibbar und steuerbar ist.

Weiter ist es ein Ziel, eine Verwendung eines solchen Brennstoffzellensystems anzugeben.

Ein weiteres Ziel ist es, ein effizientes Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems mit mehreren Modulen anzugeben.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem modularen Brennstoffzellensystem der eingangs genannten Art in der Luftzuführleitung stromabwärts der Luftquelle ein Gebläse angeordnet ist und jedes Modul zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung einer Luftzufuhr, insbesondere ein Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr umfasst.

Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass dadurch jedes Modul einzeln und unabhängig von den übrigen Modulen betreibbar ist. Das Gebläse, welches stromabwärts der Luftquelle in der Luftzuführleitung angeordnet ist, fördert Luft in Richtung aller Module. Die Luftzuführleitung umfasst mehrere Luftzuführteilleitungen, wobei insbesondere für jedes Modul eine Luftzuführteilleitung vorgesehen ist. Die Luftzuführteilleitungen zweigen jeweils von der Luftzuführleitung in Richtung eines Moduls, insbesondere in Richtung der Coldbox eines jeden Moduls ab. Über die Luftzuführleitung bzw. den jeweiligen Luftzuführteilleitungen wird jeder Kathodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels und somit auch der Brennstoffzellenstapel selbst mittelbar durch Luft erwärmt. Die Ventile zur Regelung der Luftzufuhr erlauben ein individuelles Einstellen und/oder Steuern einer Luftmenge, welche einem jeden Modul zugeführt wird. Durch das Einstellen der Luftmenge kann auch eine Lufttemperatur und/oder ein Luftdruck mittelbar gesteuert und geregelt werden. Die Ventile sind über die Steuereinrichtung steuerbar. Die jeweiligen Betriebsfluidquellen sind über die Luftzuführleitung und die Brennstoffzuführleitung mit den einzelnen Modulen strömungsverbunden. Im

Rahmen der Erfindung sind unter Ventilen generell Regekleinrichtungen zu verstehen, beispielsweise auch Drosselklappen. Insbesondere können die Regeleinrichtungen gemäße der Erfindung als aktive oder passive Bauteile ausgebildet sein.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme, dass bei einer Verwendung von zwei oder mehr Brennstoffzellenstapel in einem Brennstoffzellensystem es schwierig bis nahezu unmöglich ist, alle Brennstoffzellenstapel gelichmäßig auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur zu bringen, sind durch das erfindungsgemäße modulare Brennstoffzellensystem vermieden. Im Unterschied zu aus dem Stand der Technik bekannten System ist nämlich nicht mehr nur eine einzige Luftzuführung zu allen Brennstoffzellenstapel vorgesehen, sondern jedes Modul bzw. jeder Brennstoffzellenstapel kann einzeln mit Luft versorgt werden, was insbesondere bei einem Aufheizvorgang des Brennstoffzellensystems von Vorteil ist. Ferner ist dies auch in einem Betriebsmodus vorteilhaft, da anhängig von einer Verschlechterung und/oder eines Betriebspunktes des oder der Brennstoffzellenstapel eine zu demselben bzw. denselben zugeführte Luftmenge zur Kühlung individuell für jedes Modul regelbar ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass eines oder mehrere von einer Gesamtanzahl der Module auch in einem Teillastbetrieb betrieben werden kann.

Unter einer Luftquelle ist im Rahmen der Erfindung eine Quelle zu verstehen, welche ein sauerstoffhaltiges Fluid, insbesondere ein gasförmiges, sauerstoffhaltiges Fluid zur Verfügung stellt. Besonders bevorzugt wird als Luft Umgebungsluft verwendet, wenngleich auch reiner Sauerstoff oder ein gasförmiges Fluid mit einem höheren Sauerstoffanteil unter Luft zu verstehen ist. Unter einer Brennstoffquelle ist im Rahmen der Erfindung eine Quelle zu verstehen, welche Brennstoff oder ein Wasser-Brennstoff-Gemisch zur Verfügung stellt. Insbesondere wird ein gasförmiger Brennstoff, besonders bevorzugt gasförmiges Erdgas, verwendet. Brennstoff und Luft sind die beiden Betriebsfluide des Brennstoffzellensystems. Das Gebläse ist als Kathodengebläse ausgebildet, das heißt es fördert Luft in Richtung eines jeweiligen Kathodenabschnitts eines Brennstoffzellenstapels jedes Moduls.

Wenngleich auch zwei Kathodengebläse vorgesehen sein können, welche parallel geschaltet betrieben werden, ist gemäß der Erfindung insbesondere ein einziges Gebläse vorgesehen, welches Luft in Richtung aller Module fördert. Günstig kann es hierbei sein, wenn unmittelbar stromabwärts des Gebläses in der Luftzuführleitung

ein Durchflussmessgerät (mass flow meter) angeordnet ist. Da ein solches Gebläse relativ kostenintensiv ist, werden durch die Verwendung eines einzigen Gebläses die Kosten für ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem weiter gesenkt, wobei es ohne Weiteres möglich ist, alle Module durch das einzige Gebläse über eine Steuerung der Ventile zur Regelung der Luftzufuhr individuell mit Luft zu versorgen. In beiden Varianten (ein oder zwei Gebläse) sind diese jedenfalls außerhalb der Module angeordnet und fördern Luft in Richtung der jeweiligen Module, wobei diese oder dieses zur Luftversorgung aller Module ausgebildet und angeordnet sind bzw. ist.

Die Verwendung einer einzigen Luftquelle und einer einzigen Brennstoffquelle in Kombination mit den einzelnen Modulen ermöglicht eine relativ baukleine und somit kostengünstige Ausbildung der Module. Trotz des Vorhandenseins nur einer einzigen Luftquelle und nur einer einzigen Brennstoffquelle sind die Module bzw. die Brennstoffzellenstapel unabhängig voneinander mit den Betriebsfluiden versorgbar.

Unter der Hotbox ist im Rahmen der Erfindung jener Bereich zu verstehen, in welchem die Elemente angeordnet sind, welche eine höhere Temperatur aufweisen als jene Elemente, welche in der Coldbox angeordnet sind und/oder für einen Betrieb benötigen. Insbesondere ist ein insbesondere thermisch nach außen hin abgeschlossener Bereich zu verstehen, welcher ein durch ein Gehäuse ausgebildet ist oder ein Gehäuse umfasst. Dabei kann vorgesehen sein, dass jede Hotbox eines jeden Moduls ein eigenes Gehäuse aufweist. Erfindungsgemäß kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Hotboxen von zwei, drei oder mehr, insbesondere aller Module ein gemeinsames thermisch isolierendes Gehäuse aufweisen. Wichtig ist stets, dass die Hotboxen der Module logisch voneinander getrennt sind und alle darin angeordneten Elemente jeweils für jedes Modul vorgesehen sind.

Dementsprechend ist unter der Coldbox im Rahmen der Erfindung ein insbesondere thermisch nach außen hin abgeschlossener Bereich zu verstehen, wobei der Bereich durch ein Gehäuse oder eine gemeinsame Hülle nach außen hin abgeschlossen ist. Dabei kann wieder vorgesehen sein, dass jede Coldbox eines jeden Moduls ein eigenes Gehäuse aufweist. Erfindungsgemäß kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Coldboxen von zwei, drei oder mehr, insbesondere aller Module ein gemeinsames thermisch isolierendes Gehäuse aufweisen. Wichtig ist stets, dass die

Coldboxen der Module logisch voneinander getrennt sind und alle darin angeordneten Elemente jeweils für jedes Modul vorgesehen sind.

Eine Temperatur ist innerhalb der Hotbox in der Regel höher als in der Coldbox, wobei die darin angeordneten Elemente entsprechend einer notwendigen oder vorbestimmten Temperatur in der Hotbox oder Coldbox ausgebildet und/oder angeordnet sind. Folglich ist es gemäß der Erfindung zwingend, dass die Coldbox(en) und Hotbox(en) jeweils thermisch und mechanisch voneinander getrennt sind, unabhängig davon ob für jedes Modul eine Hotbox und/oder Coldbox mit jeweils einem eigenen Gehäuse oder ein Gehäuse für mehrere Hotboxen bzw. Coldboxen vorgesehen ist. Gemäß der Erfindung ist es auch zweckmäßig, wenn alle Brennstoffzellenstapel elektrisch isoliert voneinander sind.

Auch unter der Steuereinrichtung ist im Rahmen der Erfindung ein Gehäuse zu verstehen, innerhalb welchem mehrere elektrische und/oder elektronische Elemente zur Kommunikation mit dem Modul angeordnet sind. Grundsätzlich kann die Steuereinrichtung als elektronische Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, welche mehrere Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen, Kontrollmodule, Sensoren und Auswerteeinrichtung beispielsweise zum Auswerten, Steuern und/oder Anpassen eines Drucks oder einer Temperatur von Elementen in der Coldbox oder Hotbox umfassen kann. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Steuereinrichtung alle Module steuert und mit diesen kommuniziert.

Im Grunde stellt jedes Modul ein eigenes Brennstoffzellensystem das, welches mit einer Brennstoffquelle, einer Luftquelle und einem Kathodengebläse auch individuell betreibbar ist. Das Gebläse ist folglich mit allen Ventilen zur Regelung einer Luftzufuhr sowie mit der Luftquelle strömungsverbunden, wobei die Luftquelle stromaufwärts des Gebläses und die jeweiligen Ventile stromabwärts des Gebläses angeordnet sind. Deshalb ist auch jedes Modul einzeln zur Bereitstellung elektrischer Energie ausgebildet. Diese wird dann über eine gemeinsame Hochvoltleitung in Richtung eines Gleichspannungswandlers geleitet und schließlich beispielsweise in einer Batterie gespeichtert.

Die Luftquelle und die Brennstoffquelle sind jeweils über die Luftzuführleitung und die Brennstoffzuführleitung mit der Coldbox eines jeden Moduls strömungsverbunden, wobei die Coldbox und die Hotbox eines jeden Moduls miteinander fluidisch verbunden sind. Es kann vorteilhaft sein, wenn neben der Steuereinrichtung

zumindest noch eine Kommunikationseinrichtung vorgesehen ist. Die Kommunikationseinrichtung kommuniziert jeweils mit der entsprechenden Coldbox und der Steuereinrichtung, weshalb diese mit der Coldbox und der Steuereinrichtung zur Kommunikation und/oder zum Datenaustausch verbunden ist. Insbesondere sind diese elektrisch verbunden.

Es ist insbesondere von Vorteil wenn alle Module des Brennstoffzellensystems baugleich ausgebildet sind. Dadurch ist das gesamte Brennstoffzellensystem einfach und effizient herstellbar. Falls ein Modul nicht mehr funktionsfähig ist, kann dieses einfach und ohne großen Aufwand ausgetauscht werden. Darüber hinaus sind die einzelnen Komponenten des jeweiligen Moduls, insbesondere jene die in der Hotbox und/oder Coldbox angeordnet sind, kleiner und somit kostengünstiger als bei aus dem Stand der Technik bekannten Brennstoffzellensystemen herstellbar und auch betreibbar.

Es ist günstig, wenn jedes Modul eine Regeleinrichtung zur Regelung einer Brennstoffzufuhr, insbesondere ein Ventil zur Regelung einer Brennstoffzufuhr umfasst. Es ist also für jedes Modul ein Ventil zum Einstellen einer Brennstoffmenge für das jeweilige Brennstoffzellensystem vorgesehen, wodurch auch die Brennstofftemperatur und/oder ein Brennstoffdruck individuell für jedes Modul steuerbar und regelbar. Insbesondere in Kombination mit der individuellen Steuerung de Luftzufuhr ist dadurch jedes Modul individuell und unabhängig von den übrigen Modulen betreibbar. So kann beispielsweise auch nur ein, zwei oder mehrere Module gleichzeitig betrieben werden, während ein, zwei oder mehr Module ausgeschalten werden. Ferner ist es dadurch möglich, eine Luftmenge und Brennstoffmenge an eine jeweilige Leistungsfähigkeit eines bzw. mehrerer Brennstoffzellenstapels eines Moduls anzupassen.

Vorteilhaft ist es, wenn die Luftzuführleitung mehrere Luftzuführteilleitungen und die Brennstoffzuführleitung mehrere Brennstoffzuführleitungen umfasst. Dabei trennen sich die jeweiligen Luftzuführteilleitungen von der Luftzuführleitung ab und führen in Richtung der Coldbox des jeweiligen Moduls, wohingegen sich die jeweiligen Brennstoffzuführteilleitungen von der Brennstoffzuführleitung abtrennen und ebenso in Richtung der Coldbox des jeweiligen Moduls führen. Die Ventile zur Steuerung der Luftzufuhr und zur Steuerung der Brennstoffzufuhr sind mit Vorteil in den jeweiligen

Luftzufuhrteilleitungen oder Brennstoffzuführteilleitungen sowie insbesondere innerhalb der Coldbox angeordnet.

Es ist von Vorteil, wenn die Coldbox mehrere Ventile, Injektoren und Sensoren umfasst. Darüber hinaus kann ein Durchflussmessgerät vorgesehen sein, welcher zur Messung des Massenstromes der Luft ausgebildet und insbesondere stromaufwärts des Ventils zur Regelung der Luftmenge angeordnet ist. Die oder der jeweilige Injektor ist insbesondere zum Einbringen von Brennstoff oder Luft in einen Reformer und/oder Verdampfer und/oder Startbrenner ausgebildet. Es ist günstig, wenn pro Modul mehrere Ventile zum Einstellen einer Luftzufuhr zu einem Kathodenabschnitt, einem Reformer und einem Brenner angeordnet sind. Die Coldbox ist derart ausgebildet, dass alle darin angeordneten Bauteile innnerhalb eines eigenen, gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind. Bevorzugt sind darin Bauteile vorgesehen, welche hitzeempfindlich sind und somit von den Bauteilen, welche eine höhere Temperatur aufweisen als die Elemente in der Coldbox, baulich getrennt zu halten sind. Die einzelnen Elemente der Coldbox sind mit der Steuereinrichtung und/oder der Kommunikationseinrichtung zur Steuerung und Kommunikation verbunden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr und das Ventil zur Regelung der Brennstoffzufuhr in der Coldbox jedes Moduls angeordnet sind. Nichtsdestotrotz können diese auch außerhalb der Coldbox angeordnet sein. In jedem Fall sind die Ventile in einer entsprechenden Luftzuführteilleitung und Brennstoffzuführteilleitung angeordnet.

Zur optimalen Steuerung der Ventile sind die Ventile zur Regelung einer Luftzufuhr als steuerbare Drosselventile ausgebildet. Insbesondere sind auch die Ventile zur Regelung einer Brennstoffzufuhr als steuerbare Drosselventile ausgebildet. Die Ventile sind dann über Elemente der Kommunikationseinrichtung und/oder über Steuereinrichtung steuerbar und regelbar. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die jeweiligen Ventile mittelbar über Elemente der Kommunikationseinrichtung über die Steuereinrichtung miteinander kommunizieren.

Günstig ist es weiter, wenn die Hotbox zumindest einen ersten Wärmetauscher, einen Reformer, zumindest einen Brenner und zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt umfasst. Die Elemente des jeweiligen Moduls, welche eine hohe Temperatur

aufweisen, sind also innerhalb einer gemeinsamen Hülle oder Gehäuses angeordnet. Vorteilhaft ist es, wenn jedes Modul genau einen Brennstoffzellenstapel oder genau zwei Brennstoffzellenstapel aufweist. Es ist vorteilhaft, wenn der erste Wärmetauscher in einer Kathodenzuführleitung angeordnet ist, um die Luft, welche zum Kathodenabschnitt geleitet wird, auf eine entsprechend vorbestimmte Temperatur zu erhöhen. Die Anordnung und Ausbildung eines jeweiligen eigenen ersten Wärmetauschers ermöglicht es erst, die einzelnen Hotboxen bzw. Module getrennt voneinander zu betreiben. Hierfür wird die Luft über Brennstoffzellenabgas, welches über eine warme Seite des Wärmetauschers geleitet wird, erwärmt. Ferner kann insbesondere unmittelbar stromaufwärts des Brennstoffzellenstapels ein zweiter Wärmetauscher angeordnet sein, welcher einen Temperaturunterschied zwischen verdampftem und reformiertem Brennstoff und Luft ausgleicht, sodass beide Betriebsfluide mit der gleichen oder annährend der gleichen Temperatur dem Brennstoffzellenstapel zugeführt werden. Sind zwei oder mehr Brennstoffzellenstapel pro Modul vorgesehen, ist es günstig, wenn ein und der selbe zweite Wärmetauscher die beiden Betriebsfluide auf eine gemeinsame Temperatur bringt und diese stromabwärts des zweiten Wärmetauschers unterschiedlichen Brennstoffzellenstapel zugeführt werden. Zweckmäßig ist es, wenn ein dritter Wärmetauscher vorgesehen ist, welcher insbesondere einen Verdampfer umfasst, um den Brennstoff stromaufwärts des Reformers zu verdampfen. Die warme Seite des dritten Wärmetauschers wird von rezikuliertem Anodenabgas durchströmt. Wenngleich der Brenner zugleich als Startbrenner und als Nachbrenner ausgebildet sein kann, ist es günstig wenn hierfür zwei getrennte Bauteile vorgesehen sind. Es ist also vorteilhaft ein Startbrenner zum Erwärmen der Elemente innerhalb der Hotbox bei einer Startphase des Brennstoffzellensystems und ein Nachbrenner zum vollständigen Verbrennen von Brennstoffzellenabgas vorgesehen sind. Durch den jeweiligen Startbrenner und eine Brennstoffzufuhr zu diesem ist in weiterer Folge eine Temperatur des Brennstoffzellenstapels regelbar und bestimmbar. Dem Startbrenner wird Luft entweder durch das Gebläse zugeführt oder über eine Art Venturidüse aus der Umgebung. Der Nachbrenner ist in einer Abgasleitung stromabwärts des oder der Brennstoffzellenstapel und stromaufwärts des ersten Wärmetauschers angeordnet. Es ist wichtig, dass jedes Modul bzw. jede Hotbox des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems einen eigenen Reformer aufweist, sodass eine Reformierung des Brennstoffes für jedes Modul unabhängig

voneinander erfolgen kann. Besonders günstig ist es, wenn der Nachbrenner und der Reformer als ein integrales Bauteil ausgebildet sind, wobei der Nachbrenner ringförmig um den Reformer herum angeordnet ist. Über eine Zwischenwand zwischen dem Reformer und dem Nachbrenner erfolgt dann ein Wärmeübertrag vom Nachbrenner zum Reformer. Dadurch wird die für die endotherm ablaufende Reformierung notwendige Energie vom Nachbrenner auf den Reformer übertragen.

Es ist weiter günstig, wenn jedes Modul eine eigene Kommunikationseinrichtung aufweist, wobei die Kommunikationseinrichtung zur jeweiligen individuellen Steuerung eines Moduls ausgebildet ist und mehrere elektrische und/oder elektronische Elemente umfasst. Es ist neben der Steuereinrichtung also noch zumindest eine weitere Einrichtung vorgesehen, welche mehrere elektronische und/oder elektrische Elemente aufweist. Insbesondere weist jedes Modul eine eigene Kommunikationseinrichtung auf. Nichtsdestotrotz kann auch eine einzige Kommunikationseinrichtung für alle Module vorgesehen sein, welche mit der Steuereinrichtung kommuniziert. Die Kommunikationseinrichtung ist dazu ausgebildet, jeweils ein gesamtes Modul zu steuern, zu kontrollieren und zu überwachen, wobei insbesondere jede Kommunikationseinrichtung mit der Steuereinrichtung in Verbindung steht. Hierfür umfasst jede Kommunikationseinrichtung günstigerweise alle elektrischen und/oder elektronischen Element, welche zur Steuerung eines Brennstoffzellensystems notwendig sind, insbesondere außer der Steuerung der Zufuhr der Betriebsfluide, was durch die Steuereinrichtung gesteuert wird. Weiter liest die Kommunikationseinrichtung Daten aus den Sensoren der Coldbox aus. Ist ein Modul defekt, wird dieses durch die Kommunikationseinrichtung ausgeschalten und der Steuereinrichtung kommuniziert. Die übrigen Module sind von einem Fehler in einem einzigen Modul nicht betroffen, weshalb das Brennstoffzellensystem ohne Weiteres weiter betrieben werden kann. Falls allerdings ein vorab definierter schwerer Fehler auftritt, kann es zweckmäßig sein, das gesamte Brennstoffzellensystem, also alle Module abzuschalten.

Vorteilhaft kann es jedoch auch sein, wenn alle Module eine gemeinsame Kommunikationseinrichtung aufweisen. Es kann also auch vorgesehen sein, dass die Kommunikationseinrichtung aller Module als eine gemeinsame Kommunikationseinrichtung ausgebildet sind oder in einer gemeinsamen Kommunikationseinrichtung zusammengefasst sind. Eine Software der Kommunikationseinrichtung ist bei dieser Ausführung für alle dieselbe, wobei diese

die Module als getrennte Instanzen behandelt. Alle anderen oben angeführten Funktionen und Bestandteile sind mit Vorteil auch bei der Ausführung einer gemeinsamen Kommunikationseinrichtung für alle Module vorgesehen.

Die Steuereinrichtung und die Kommunikationseinrichtung(en) weisen insbesondere jeweils weiter eine Zugang für eine Hochvoltleitung auf, sodass diese oder Elemente derselben mit elektrischer Energie versorgt werden können.

Vorteilhaft ist es, wenn jedes Modul mit einem Gehäuse nach außen abgeschlossen ist, wobei innerhalb des Gehäuses die Kommunikationseinrichtung, die Coldbox und die Hotbox angeordnet sind. Das heißt, sowohl die Kommunikationseinrichtung, die Coldbox und die Hotbox weisen jeweils ein abgeschlossenes Gehäuse auf, sondern jedes Modul selbst ist zusätzlich mit einem Gehäuse nach außen hin abgeschlossen. Durch den modularen Aufbau des Brennstoffzellensystems ist dieses kostengünstig herstellbar, da im Grunde nur ein kleines Modul entwickelt und hergestellt werden muss, welcher in weiterer Folge öfters gebaut bzw. eingebaut wird. Ein kleineres Modul, sprich ein kleineres Brennstoffzellensystem ist einfacher und kostengünstiger in der Entwicklung und Herstellung als aus dem Stand der Technik bekannte Brennstoffzellensysteme. Durch die Verwendung mehrerer Module ist es trotzdem möglich, beispielsweise bei einer Verwendung in einem Kraftfahrzeug, genügend elektrische Energie zum Antrieb desselben über eine Batterie bereitzustellen.

Wie oben beschrieben, kann es jedoch auch günstig sein, wenn die Hotboxen aller Module nur ein gemeinsames Gehäuse und/oder die Coldboxen aller Module nur ein gemeinsames Gehäuse aufweisen.

Es ist zweckmäßig, wenn eine Zuführung von Luft und Brennstoff von der Luftquelle und Brennstoffquelle zum jeweiligen Modul durch die Hauptregeleinrichtung steuerbar ist. Dabei ist es günstig, wenn die Hauptregeleinrichtung sowohl mit der jeweiligen Kommunikationseinrichtung als auch nach außen kommuniziert. Werden beispielsweise Aufheizprobleme eines Moduls von der zugehörigen Kommunikationseinrichtung zur Hauptregeleinrichtung kommuniziert, passt die Hauptregeleinrichtung eine Zufuhr von Luft und/oder Brennstoff entsprechend an, um auf die Schwierigkeiten reagieren zu können.

Dabei ist es weiter günstig, wenn die Hautregeleinrichtung mit den jeweiligen Kommunikationseinrichtungen kommuniziert, wobei die Hauptregeleinrichtung zum

Überwachen eines Betriebszustandes der Module ausgebildet ist. Die Hauptregeleinrichtung kann eine Haupteinheit, eine Hauptsteuerung und mehrere elektrische und/oder elektronische Komponenten umfassen.

Es ist vorteilhaft, wenn für alle Module eine gemeinsame Abgasleitung vorgesehen ist. Das vollständig verbrannte und Wärme abgegebene Abgas wird also stromabwärts des Hotbox in einer gemeinsamen Abgasleitung zusammengeführt und anschließend an die Umgebung oder ein Behältnis abgegeben. Die einzelnen Module, genauer gesagt die jeweiligen Hotboxen sind stromabwärts derselben über die Abgasleitung strömungsverbunden.

Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem mit einem beliebigen flüssigen oder gasförmigen Brennstoff oder einem flüssigen Brennstoff-Wasser-Gemisch betrieben werde. Besonders günstig ist es jedoch, wenn als Brennstoff gasförmiger Erdgas vorgesehen ist.

Eine Verwendung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems erfolgt mit Vorteil zur Versorgung von zumindest einer Batterie eines Kraftfahrzeuges mit elektrischer Energie.

Beispielswiese kann das erfindungsgemäße modulare Brennstoffzellensystem in einem range extender (Reichweitenverlängerer) in einem Elektrofahrzeug. Dies ist insbesondere vorteilhaft zum energieeffizienten Wechsel zwischen einem Stadtfahrbetrieb und einem Landfahrbetrieb. Ein solches Brennstoffzellensystem kann insbesondere fünf Module umfassen, welche in einem Landfahrbetrieb, in welchem das Elektrofahrzeug durch vom Brennstoffzellensystem bereitgestellter elektrischer Energie angetrieben wird, alle eingeschalten sind und zur Bereitstellung von elektrischer Energie betrieben werden. In einem Stadtbetrieb hingegen, können bis zu vier Module ausgeschalten werden. Zum einen wird nämlich nicht mehr elektrische Energie benötigt und zum anderen ist dadurch das Problem, dass eine Batterie zur Speicherung der elektrischen Energie nach einer gewissen Zeitdauer voll ist, vermieden.

Grundsätzlich ermöglicht es das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem ein Kraftfahrzeug mit einem solchen auch in einem Teillastbetrieb zu betreiben. Bei aus dem Stand der Technik bekannten Brennstoffzellensystem ist ein Teillastbetrieb insofern problematisch, als dass eine vorbestimmte Temperatur der oder des

Brennstoffzellenstapels nicht unterschritten werden darf, weshalb im Teillastbereich oft thermische Energie zur Verfügung gestellt werden muss. Gemäß der Erfindung können allerdings einzelne Module ohne Weiteres ausgeschalten werden, da die restlichen Module bzw. eine Temperatur derselben davon nicht betroffen ist.

Das weitere Ziel wird erreicht, wenn bei einem Verfahren der eingangs genannten Art folgende Schritte vorgesehen sind:

- Zuführen von Luft über eine Luftzuführleitung in Richtung eines jeweiligen Moduls des Brennstoffzellenstapels;
- Zuführen von Brennstoff über eine Brennstoffzuführleitung in Richtung eines jeweiligen Moduls des Brennstoffzellenstapels;
- Individuelles Regeln einer Luftzufuhr und/oder Brennstoffzufuhr für jedes Modul.

Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin, zu sehen, dass durch das erfindungsgemäße Verfahren jedes Modul einzeln und unabhängig von allen anderen Modulen auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur gebracht werden kann. Durch das individuelle Aufheizen insbesondere der oder des Brennstoffzellenstapels, ist es möglich, dass nur jene Brennstoffzellenstapel aufgeheizt werden, welche in diesem Zeitpunkt gebraucht werden. Zum Zuführen der Luft in Richtung des jeweiligen Moduls ist ein Gebläse in der Luftzuführleitung angeordnet. Insbesondere ist ein einziges Gebläse für alle Module vorgesehen. Dadurch sind zum einen Komponenten gespart und zum anderen sind die Module trotzdem individuell aufheizbar, weil für jedes Modul zumindest ein Ventil zur Regelung der Luftzufuhr und zumindest ein Ventil zur Regelung der Brennstoffzufuhr vorgesehen ist.

Die übrigen mit der Funktionsweise des modularen Brennstoffzellensystems verbundenen Vorteile und Funktionen sind gleichen wie sie vorstehend ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem beschrieben worden sind.

Dabei ist es weiter günstig, wenn jedes Modul individuell gesteuert und überwacht wird. Hierfür umfasst jedes Modul eine eigene Kommunikationseinrichtung, welche mit einer Hauptregeleinrichtung kommuniziert. Die Hauptregeleinrichtung steuert in weiterer Folge die individuelle Zufuhr von Luft und Brennstoff zu den einzelnen Modulen. Es ist dabei günstig, wenn von der jeweiligen Kommunikationseinrichtung

Daten wie beispielsweise eine Brennstoffzellentemperatur oder Massenströme der Betriebsfluide an die Hauptregeleinrichtung übertragen werden. Die Hauptregeleinrichtung kann in weiterer Folge auf die übertragenen Daten oder Messwerte durch eine Anpassung der zugeführten Luftmenge und/oder Brennstoffmenge reagieren. Durch eine Regelung der Luftmenge bzw. Brennstoffmenge kann auch eine entsprechende Temperatur und/oder ein entsprechender Druck geregelt und/oder angepasst werden.

Ferner ist es günstig, wenn die Luftzufuhr zu einem Startbrenner über ein Ventil zur Regelung der Luftzufuhr und ein Ventil zur Regelung einer Brennstoffzufuhr geregelt wird, wobei jedes Modul einen eigenen Startbrenner umfasst. Dadurch kann jedes Modul unabhängig von allen anderen Modulen hochgefahren werden, da jede Hotbox jedes Moduls einen eigenen Startbrenner und günstigerweise auch einen eigenen Wärmetauscher in der Kathodenzuführleitung sowie ein eigenes Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr umfasst. Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren ist es besonders günstig, wenn jedes Modul als quasi eigenständiges Brennstoffzellensystem ausgebildet ist.

Weitere Vorteile, Merkmale und Wirkungen ergeben sich aus den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

Fig. 1 eine Ansicht eines modularen erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

Fig. 2 eine Ansicht eines weiteren erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

Fig. 3 eine Ansicht eines weiteren erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes modulares Brennstoffzellensystem 1 mit drei Modulen 2. Jedes der Module 2 umfasst eine Kommunikationseinrichtung 8, eine Coldbox 9 und eine Hotbox 10. Das Brennstoffzellensystem 1 weist ferner für jedes Modul 2 eine gemeinsame Luftquelle 3 und eine gemeinsame Brennstoffquelle 5 auf. Stromabwärts der Luftquelle 3 ist ein Gebläse 11 zum Fördern der Luft in die einzelnen Module 2 vorgesehen, wobei die Luft in einer Luftzuführleitung 4 geführt ist. Um Luft zu den einzelnen Modulen zu führen, umfasst die Luftzuführleitung 4 mehrere Luftzuführteilleitungen 41, 42, 43, welche jeweils von der Luftzuführleitung 4 abzweigen. Dementsprechend wird Brennstoff über eine Brennstoffzuführleitung 6 bzw. Brennstoffzuführteilleitungen 61, 62, 63 in Richtung der Module 2 geführt.

Stromabwärts der Module 2 wird vollständig verbranntes Abgas in einer gemeinsamen Abgasleitung 21 zusammengeführt und an die Umgebung 23 abgegeben.

Gemäß der Erfindung sind sowohl Elemente der Kommunikationseinrichtung 8, als auch der Coldbox 9 und die Hotbox 10 jeweils in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Darüber hinaus umfasst auch jedes Modul 2 ein eigenes Gehäuse 22. Bei einem Einbau, Ausbau oder Austausch ist es somit möglich, ein Modul 2 als eine gesamte Einheit einfach auszutauschen.

Darüber hinaus umfasst das modulare Brennstoffzellensystem 1 noch eine Steuereinrichtung 7, welche sowohl mit den einzelnen Kommunikationseinrichtungen 8 als auch mit der Außenwelt kommuniziert.

In Fig. 2 ist ein weiteres erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem 1 gezeigt. Darin sind einzelne Elemente für ein Modul 1 im Detail gezeigt. Die Coldbox 9 umfasst mehrere Ventile 12, 24, Injektoren 14a, 14b, 25 und Sensoren 15a, 15b, 15c. Die Sensoren 15a, 15b, 15c sind als Massendurchflussmesser ausgebildet und werden in Strömungsrichtung zuerst von der Luft durchflossen. Stromabwärts eines ersten Sensors 15 ist ein Ventil zur Zuführung von Luft 24 zu einem Reformer 17, welcher in der Hotbox 10 angeordnet ist, vorgesehen. Stromabwärts eines zweiten Sensors 15b ist ein Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr 12 vorgesehen. Über dieses Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr 12 ist eine Luftmenge für jedes Modul individuell regelbar und steuerbar, wodurch indirekt auch eine Lufttemperatur und ein Luftdruck anpassbar sind. Luft wird über das Ventil 12 zu einem in der Hotbox angeordneten Startbrenner 18a geführt. Stromabwärts eines dritten Sensors 15c ist ein Injektor 14a vorgesehen, über welchen Luft in einen ersten Wärmetauscher 16 (in der Hotbox angeordnet) einbringbar ist. Darüber hinaus umfasst die Coldbox einen Injektor 14b zum Einbringen von Brennstoff zu dem in der Hotbox angeordneten Startbrenner 18a und einen Injektor 25 zum Zuführen von Brennstoff zum Reformer17. Stromaufwärts des Startbrenners 18 wird insbesondere innerhalb der Coldbox 9 Luft mit Brennstoff vermischt und das dadurch entstehende Brennstoff-Luft-Gemisch wird dem Startbrenner 18a zugeführt.

Die Hotbox umfasst neben dem bereits angeführten Startbrenner 18a, dem ersten Wärmetauscher 16 und dem Reformer 17 noch einem Nachbrenner 18b, einen zweiten Wärmetauscher 28 und einen Brennstoffzellenstapel 19 mit einem

Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt. Darüber hinaus ist eine Anodenrezirkulationsleitung 27 über welche Anodenabgas über eine Düse 26 wieder dem Reformer 17 zuführbar ist. Gemäß der Erfindung können der Starbrenner 18a und der Nachbrenner 18b auch als ein gemeinsames Bauteil ausgebildet sein.

Die Kommunikationseinrichtung 8 umfasst mehrere elektronische Elemente: Einen Umrichter 20a, ein serielles Bussystem 20b, eine Eingabe-Ausgabe-Einheit 20c, mehrere Drucksensoren 20d und Temperatursensoren (wobei nicht alle Sensoren in den Fig. gezeigt sind), Kontroll- und Steuereinrichtungen 20e, eine elektrische Einheit zum Schutz des Anodenabschnittes 20f sowie einen oder mehrere elektronische Schalter 20g.

Fig. 3 zeigt eine weitere schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen modularen Brennstoffzellensystem 1, in welchem insbesondere die Elemente der Coldbox 9 dargestellt sind. In der Coldbox und der Hotbox sind mehrere Temperatursensoren (insbesondere in der Hotbox) und Drucksensoren (insbesondere in der Coldbox) angeordnet, welche mit der Eingabe-Ausgabe-Einheit 20c der Kommunikationseinrichtung 8 elektrisch verbunden sind. Die Kommunikationseinrichtung 8 kommuniziert dann in weiterer Folge über das serielle Bussystem 20b mit der Steuereinrichtung 7. Vorhandene Ventile 12, 13 und Injektoren 14a, 14b der Coldbox 9 werden entweder über die Steureinheit 7 oder eine Eingabe-Ausgabe-Einheit 20c elektrisch angeschlossen. Alle zu den in den Ausführungsbeispielen angeführten Anordnungen und Vorteile gelten auch für andere Ausführungsbeispiele, insbesondere wenn nur eine einzige Kommunikationseinrichtung 8 für alle Module 2 vorgesehen ist.

Patentansprüche

1. Modulares Brennstoffzellensystem (1), insbesondere ein modulares SOFC-System, umfassend

- mehrere Module (2) zur Bereitstellung elektrischer Energie, wobei jedes Modul (2) eine Coldbox (9) und eine Hotbox (10) aufweist,
- eine Luftquelle (3) und eine Luftzuführleitung (4), wobei die Module (2) über die Luftzuführleitung (4) mit der Luftquelle (3) verbunden sind,
- eine Brennstoffquelle (5) und eine Brennstoffzuführleitung (6), wobei die Module (2) über die Brennstoffzuführleitung (6) mit der Brennstoffquelle (5) verbunden sind,
- zumindest eine Steuereinrichtung (7),
- dadurch gekennzeichnet, dass
  in der Luftzuführleitung (4) stromabwärts der Luftquelle (3) zumindest ein Gebläse (11) angeordnet ist und jedes Modul (2) zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung einer Luftzufuhr, insbesondere ein Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr (12) umfasst.

2. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (2) zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung einer Brennstoffzufuhr (13), insbesondere ein Ventil zur Regelung einer Brennstoffzufuhr (13) umfasst.

3. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzuführleitung (4) mehrere Luftzuführteilleitungen (41, 42, 43) und die Brennstoffzuführleitung (6) mehrere Brennstoffzuführleitungen (61, 62, 63) umfasst.

4. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Coldbox (9) mehrere Ventile (12, 13, 24), Injektoren (14a, 14b, 25) und Sensoren (15a, 15b, 15c) umfasst.

5. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr (12) und das Ventil zur Regelung der Brennstoffzufuhr (13) in der Coldbox (9) jedes Moduls (2) angeordnet ist.

6. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile zur Regelung einer Luftzufuhr (12) als steuerbare Drosselventile ausgebildet sind.

7. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Hotbox (10) zumindest einen ersten Wärmetauscher (16), einen Reformer (17), zumindest einen Brenner (18a, 18b) und zumindest einen Brennstoffzellenstapel (19) mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt umfasst.

8. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (2) eine eigene Kommunikationseinrichtung (8) aufweist, wobei die Kommunikationseinrichtung (8) zur jeweiligen individuellen Steuerung eines Moduls (2) ausgebildet ist und mehrere elektrische und/oder elektronische Elemente (20) umfasst.

9. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass alle Module (2) eine gemeinsame Kommunikationseinrichtung (8) aufweisen.

10. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (2) mit einem Gehäuse (22) nach außen abgeschlossen ist, wobei innerhalb des Gehäuses (22) die Kommunikationseinrichtung (8), die Coldbox (9) und die Hotbox (10) angeordnet sind.

11. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zuführung von Luft und Brennstoff von der Luftquelle (3) und Brennstoffquelle (5) zum jeweiligen Modul (2) durch die Hauptregeleinrichtung (7) steuerbar ist.

12. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Hautregeleinrichtung (7) mit den jeweiligen Steuereinrichtungen (8) kommuniziert, wobei die Hauptregeleinrichtung (7) zum Überwachen eines Betriebszustandes der Module (2) ausgebildet ist.

13. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass für alle Module (2) eine gemeinsame Abgasleitung (21) vorgesehen ist.

14. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass als Brennstoff gasförmiges Erdgas vorgesehen ist.

15. Verwendung eines modularen Brennstoffzellensystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zur Versorgung von zumindest einer Batterie eines Kraftfahrzeuges mit elektrischer Energie.

16. Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems (1) mit mehreren Modulen (2), insbesondere eines Brennstoffzellensystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, umfassend folgende Schritte:

- Zuführen von Luft über eine Luftzuführleitung (4) in Richtung eines jeweiligen Moduls (2) des Brennstoffzellensystems (1);
- Zuführen von Brennstoff über eine Brennstoffzuführleitung (6) in Richtung eines jeweiligen Moduls (2) des Brennstoffzellensystems (1);
- Individuelles Regeln einer Luftzufuhr und/oder Brennstoffzufuhr für jedes Modul (2).

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (2) individuell gesteuert und überwacht wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzufuhr zu einem Startbrenner (18a) über ein Ventil zur Regelung der Luftzufuhr (12) und ein Ventil zur Regelung einer Brennstoffzufuhr (13) geregelt wird, wobei jedes Modul (2) einen eigenen Startbrenner (18a) umfasst.

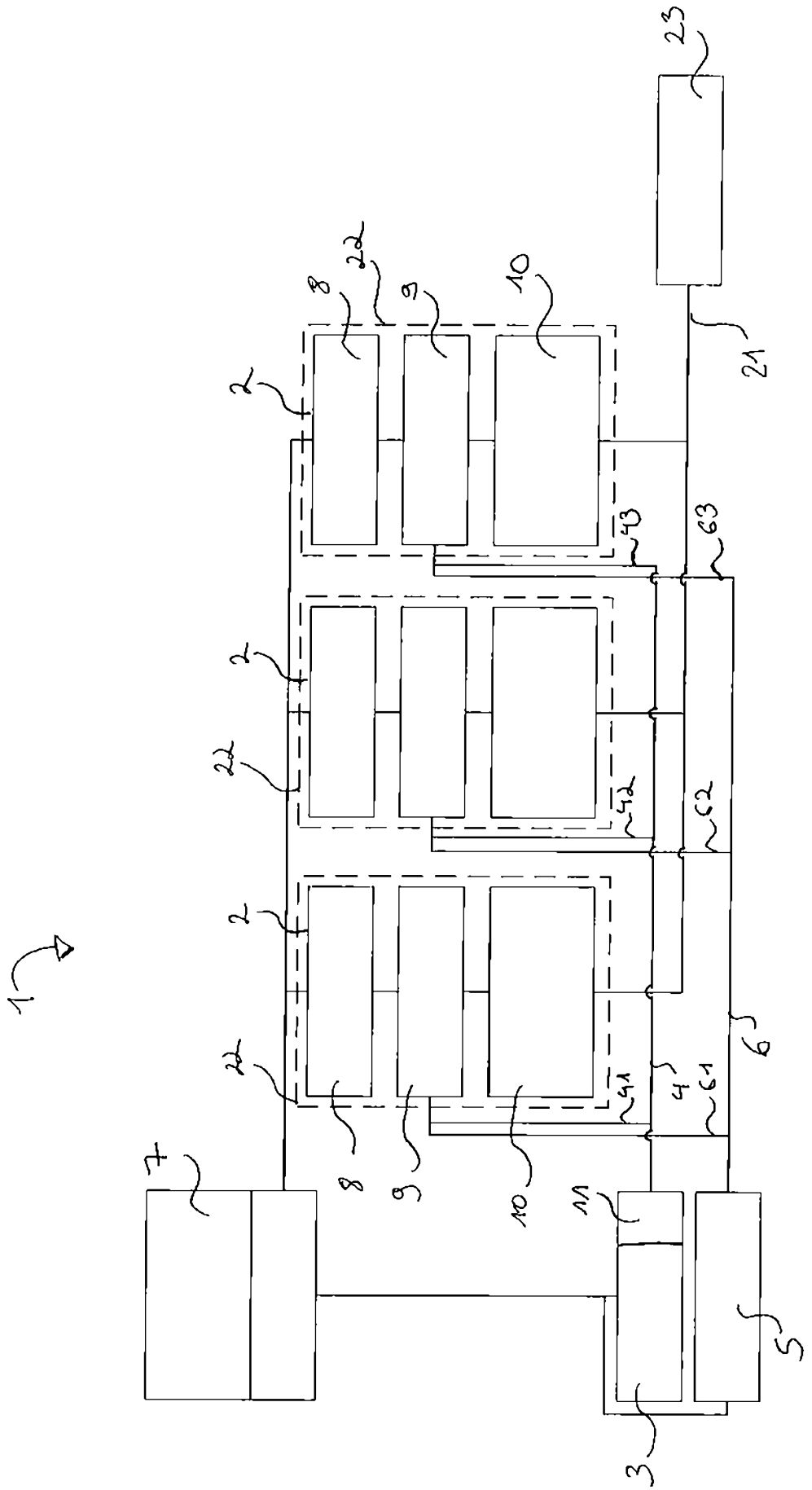


Fig. 1

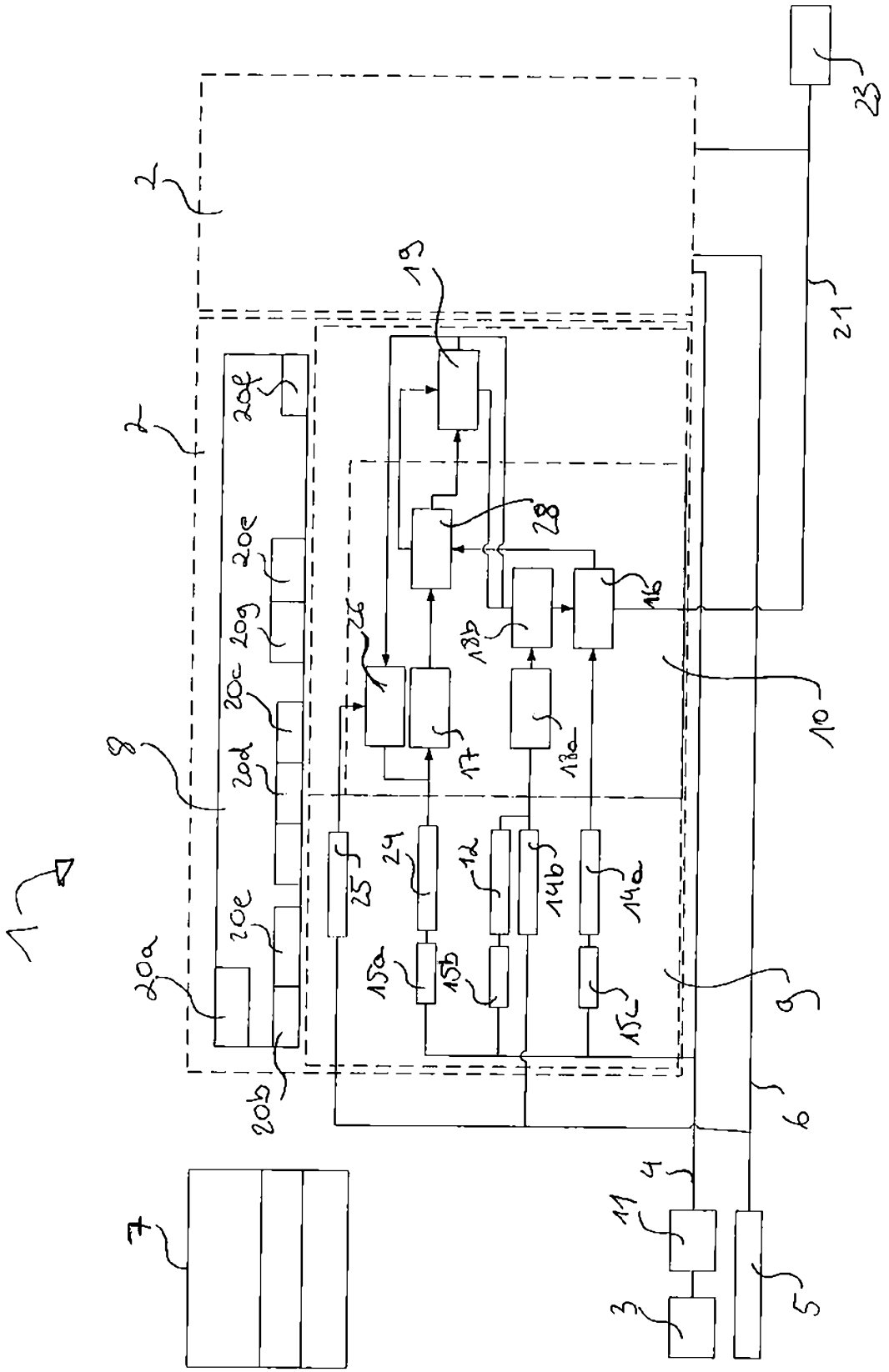

1
2
2
8
20a
20b
20c
20d
20e
20f
20g
7
3
4
5
6
9
10
11
12
14a
14b
15a
15b
15c
16
17
18a
18b
19
21
23
24
25
26
28

Fig. 2

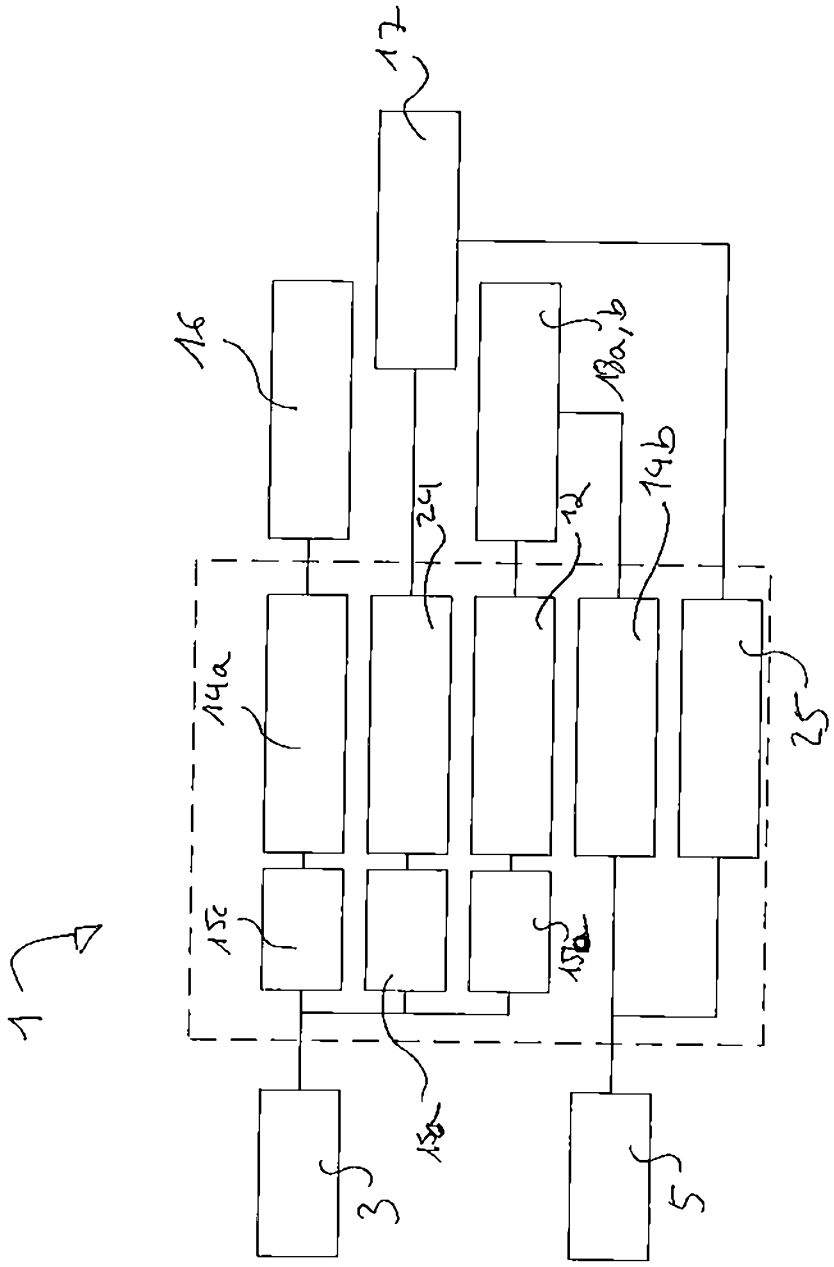


Fig. 3

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
H01M 8/249 (2016.01); ***H01M 8/04746*** (2016.01); *H01M 8/124* (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
H01M 8/249 (2016.02); ***H01M 8/04753*** (2016.02); ***H01M 8/04776*** (2016.02); *H01M 2250/20* (2013.01); *H01M 2008/1293* (2016.02)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
H01M

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

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **15.03.2018** eingereichten Ansprüchen **1-18** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2016196952 A1 (FUELCELL ENERGY, INC. [US]) 08. Dezember 2016 (08.12.2016) Das ganze Dokument, insb. Seite 10, Zeilen 5-24; Seite 15, Zeilen 3-20; Seite 16, Zeilen 6-21; Seite 19, Zeile 30; Figuren 1 und 2	1-3, 6, 11-14
X	US 2010183936 A1 (OSBORNE, KURT DAVID et al.) 22. Juli 2010 (22.07.2010) Das ganze Dokument	1-3, 6, 8, 13, 15
X	WO 2005038973 A1 (ALBERTA RESEARCH COUNCIL, INC. [CA]) 28. April 2005 (28.04.2005) Beschreibung Seite 7, Zeilen 3-19; Seite 8, Zeilen 14-16; Seite 8, Zeile 25 bis Seite 9, Zeile 4; Seite 11, Zeile 14 bis Seite 12, Zeile 13; Figuren 1-6	16-18
A	WO 2015123304 A1 (BLOOM ENERGY CORPORATION [US]) 20. August 2015 (20.08.2015) [0016]-[0061]; Figuren 1-5	1-18

Datum der Beendigung der Recherche:	Seite 1 von 1	Prüfer(in):
30.01.2019		ENGLISCH Julia

*) **Kategorien** der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand 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 **F**rage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Modulares Brennstoffzellensystem (1), insbesondere ein modulares SOFC-System, umfassend

- mehrere Module (2) zur Bereitstellung elektrischer Energie, wobei jedes Modul (2) eine Coldbox (9) und eine Hotbox (10) aufweist,
- eine Luftquelle (3) und eine Luftzuführleitung (4), wobei die Module (2) über die Luftzuführleitung (4) mit der Luftquelle (3) verbunden sind,
- eine Brennstoffquelle (5) und eine Brennstoffzuführleitung (6), wobei die Module (2) über die Brennstoffzuführleitung (6) mit der Brennstoffquelle (5) verbunden sind,
- zumindest eine Steuereinrichtung (7),
- wobei in der Luftzuführleitung (4) stromabwärts der Luftquelle (3) zumindest ein Gebläse (11) angeordnet ist und jedes Modul (2) zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung einer Luftzufuhr umfasst,
- dadurch gekennzeichnet, dass
  die Hotbox (10) zumindest einen ersten Wärmetauscher (16), einen Reformer (17), zumindest einen Brenner (18a, 18b) und zumindest einen Brennstoffzellenstapel (19) mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt umfasst.

2. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch1, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung der Luftzufuhr ein Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr (12) ist.

3. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (2) zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung einer Brennstoffzufuhr (13) umfasst.

4. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Regelvorrichtung zur Regelung einer Brennstoffzufuhr (13) ein Ventil zur Regelung einer Brennstoffzufuhr (13) ist.

5. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzuführleitung (4) mehrere Luftzuführteilleitungen (41, 42, 43) und die Brennstoffzuführleitung (6) mehrere Brennstoffzuführleitungen (61, 62, 63) umfasst.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

6. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Coldbox (9) mehrere Ventile (12, 13, 24), Injektoren (14a, 14b, 25) und Sensoren (15a, 15b, 15c) umfasst.

7. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil zur Regelung einer Luftzufuhr (12) und das Ventil zur Regelung der Brennstoffzufuhr (13) in der Coldbox (9) jedes Moduls (2) angeordnet ist.

8. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile zur Regelung einer Luftzufuhr (12) als steuerbare Drosselventile ausgebildet sind.

9. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (2) eine eigene Kommunikationseinrichtung (8) aufweist, wobei die Kommunikationseinrichtung (8) zur jeweiligen individuellen Steuerung eines Moduls (2) ausgebildet ist und mehrere elektrische und/oder elektronische Elemente (20) umfasst.

10. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass alle Module (2) eine gemeinsame Kommunikationseinrichtung (8) aufweisen.

11. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (2) mit einem Gehäuse (22) nach außen abgeschlossen ist, wobei innerhalb des Gehäuses (22) die Kommunikationseinrichtung (8), die Coldbox (9) und die Hotbox (10) angeordnet sind.

12. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zuführung von Luft und Brennstoff von der Luftquelle (3) und Brennstoffquelle (5) zum jeweiligen Modul (2) durch die Steuereinrichtung (7) steuerbar ist.

13. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (7) mit den jeweiligen Kommunikationseinrichtungen (8) kommuniziert, wobei die Steuereinrichtung (7) zum Überwachen eines Betriebszustandes der Module (2) ausgebildet ist.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

14. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass für alle Module (2) eine gemeinsame Abgasleitung (21) vorgesehen ist.

15. Modulares Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Brennstoff gasförmiges Erdgas vorgesehen ist.

16. Verwendung eines modularen Brennstoffzellensystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Versorgung von zumindest einer Batterie eines Kraftfahrzeuges mit elektrischer Energie.

17. Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems (1) mit mehreren Modulen (2)nach einem der Ansprüche 1 bis 15, umfassend folgende Schritte:

- Zuführen von Luft über eine Luftzuführleitung (4) in Richtung eines jeweiligen Moduls (2) des Brennstoffzellensystems (1);
- Zuführen von Brennstoff über eine Brennstoffzuführleitung (6) in Richtung eines jeweiligen Moduls (2) des Brennstoffzellensystems (1);
- Individuelles Regeln einer Luftzufuhr und/oder Brennstoffzufuhr für jedes Modul (2).

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Modul (2) individuell gesteuert und überwacht wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzufuhr zu einem Startbrenner (18a) über ein Ventil zur Regelung der Luftzufuhr (12) und ein Ventil zur Regelung einer Brennstoffzufuhr (13) geregelt wird, wobei jedes Modul (2) einen eigenen Startbrenner (18a) umfasst.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE