



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 100 185.3**
(22) Anmeldetag: **08.01.2015**
(43) Offenlegungstag: **14.07.2016**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04 (2006.01)**
H01M 8/06 (2006.01)

(71) Anmelder:
Airbus Operations GmbH, 21129 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
KOPF WESTENBERGER WACHENHAUSEN
Patentanwälte PartG mbB, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Lüdders, Hauke Peer, c/o Airbus Operations GmbH, 21129 Hamburg, DE; Fabritz, Alexander, c/o Airbus Operations GmbH, 21129 Hamburg, DE; Zandstra, Sijmen, c/o Airbus Operations GmbH, 21129 Hamburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

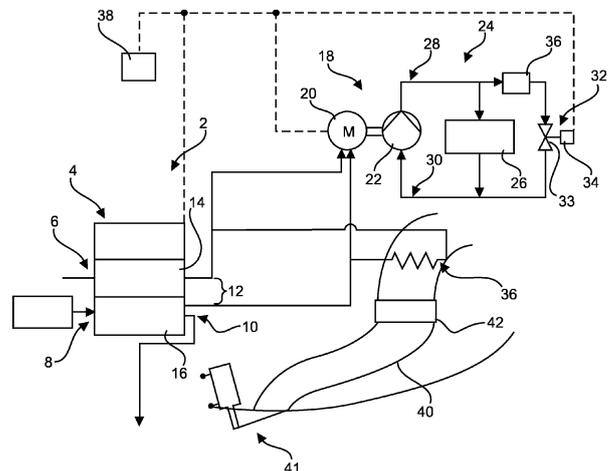
DE	10 2005 010 399	A1
DE	10 2005 012 120	A1
DE	10 2007 017 820	A1
DE	10 2009 054 886	A1
US	2010 / 0 221 642	A1
EP	0 957 026	A2
EP	2 712 013	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellensystem für ein Flugzeug und Verfahren zum Bereitstellen eines Inertgases in einem Flugzeug**

(57) Zusammenfassung: Ein Brennstoffzellensystem (2) für ein Flugzeug weist mindestens eine Brennstoffzelle (4) mit einem ersten Einlass (6) zum Zuführen eines Brennstoffs, einem zweiten Einlass (8) zum Zuführen eines Oxidanten, einem Auslass (10) zum Abführen von Abluft und einen Spannungsausgang (12), eine elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe (18), die in ein Hydrauliknetzwerk (24) des Flugzeugs integrierbar ist und mit dem Spannungsausgang (12) der mindestens einen Brennstoffzelle (4) verbindbar ist und einen steuerbaren hydraulischen Energiewandler (32) mit veränderbarem Betriebsverhalten auf. Der hydraulische Energiewandler (32) ist dazu eingerichtet, einen solchen Leistungsbedarf in dem Hydrauliknetzwerk (24) zu generieren, dass die mindestens eine Brennstoffzelle (4) durch Abgabe von elektrischer Leistung an die Hydraulikpumpe (18) einen vorgegebenen Volumenstrom an Sauerstoff abgereicherter Abluft an dem Auslass (10) bereitstellt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem für ein Flugzeug, ein Verfahren zum Bereitstellen eines Inertgases in einem Flugzeug sowie ein Flugzeug, welches ein solches Brennstoffzellensystem aufweist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Im Stand der Technik sind verschiedene Inertisierungs- und Feuerlöschsysteme für Flugzeuge bekannt, welche das in Zukunft nicht mehr zugelassene Gas Halon oder sauerstoffabgereicherte Abluft aus dem Betrieb von Brennstoffzellensystemen einsetzen. Insbesondere bei der Verwendung eines brennstoffzellenbasierten Systems muss dessen kontinuierlicher Betrieb sichergestellt werden, denn nur bei Abnahme einer ausreichenden elektrischen Leistung kann der Brennstoffzellenprozess durchgeführt und folglich sauerstoffabgereicherte Luft produziert werden.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, die von dem Brennstoffzellensystem bereitgestellte elektrische Leistung in ein Spannungsversorgungsnetz einzuspeisen, welches diese Leistung abnimmt.

[0004] Aus DE 10 2005 010 399 B4 sind ein Luftfahrzeug mit einem Brennstoffzellen-Notsystem und ein Verfahren zur außenluftunabhängigen Energie-Notversorgung bekannt. DE 10 2008 006 742 A1 zeigt etwa ein Brennstoffzellensystem für ein Flugzeug, das eine Brennstoffzelle mit einem Oxidationsmitteleinlass zur Zufuhr eines sauerstoffhaltigen Mediums in die Brennstoffzelle aufweist, der mit einem Abluftauslass einer Kabine des Luftfahrzeugs verbindbar ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Bei ordnungsgemäßem Betrieb des Flugzeugs wird die für elektrische Einrichtungen notwendige Stromversorgung durch triebwerksbetriebene Generatoren geliefert. Sollte jedoch in diesem Zustand die Notwendigkeit bestehen, sauerstoffabgereicherte Luft und/oder Wasser mit Hilfe eines Brennstoffzellensystems bereitzustellen, besteht seitens des Spannungsversorgungsnetzes kein Bedarf an zusätzlicher elektrischer Leistung. Zum Betrieb des Brennstoffzellensystems müsste somit ein elektrischer Energiewandler, beispielsweise eine Heizeinrichtung, zum Abführen der elektrischen Leistung verwendet werden. Problematisch hierbei ist allerdings die ebenfalls notwendige Abfuhr der daraus entstehenden Wärme.

[0006] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Brennstoffzellensystem bereitzustellen, welches be-

darfsweise größere Mengen an Inertgas in der geforderten Qualität und/oder Wasser bereitstellen kann, ohne dass hierzu eine elektrische Last alleine die von der Brennstoffzelle bereitgestellte elektrische Leistung in Wärme umwandelt und umfangreiche Maßnahmen zum Abführen der entstehenden Wärme notwendig sind.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Brennstoffzellensystem für ein Flugzeug mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen.

[0008] Es wird ein Brennstoffzellensystem für ein Flugzeug vorgeschlagen, welches mindestens eine Brennstoffzelle mit einem ersten Einlass zum Zuführen eines Brennstoffs, einen zweiten Einlass zum Zuführen eines Oxidanten, einen Auslass zum Abführen von Abluft und einen Spannungsausgang aufweist. Ferner weist das Brennstoffzellensystem eine elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe auf, die in ein Hydrauliknetzwerk des Flugzeugs integrierbar ist und mit dem Spannungsausgang der Brennstoffzelle verbindbar ist. Ferner ist ein steuerbarer hydraulischer Energiewandler mit veränderbarem Betriebsverhalten vorgesehen, der zwischen eine Hochdruckleitung und eine Niederdruckleitung des Hydrauliknetzwerks integrierbar ist. Der hydraulische Energiewandler ist dazu eingerichtet, einen solchen Leistungsbedarf in dem Hydrauliknetzwerk zu generieren, dass die Brennstoffzelle durch Abgabe von elektrischer Leistung an die Hydraulikpumpe einen vorgegebenen Volumenstrom an sauerstoffabgereicherter Abluft an dem Auslass bereitstellt.

[0009] Der Begriff „mindestens eine Brennstoffzelle“ ist derart zu verstehen, dass sowohl einzelne Brennstoffzellen als auch eine Gruppe von Brennstoffzellen in dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem eingesetzt werden kann. Eine Gruppe von Brennstoffzellen kann aus einzelnen parallel oder seriell miteinander verbundenen Brennstoffzellen oder in Form von Brennstoffzellenstapeln (fuel cell stacks) ausgeführt sein. Bei letzteren können gemeinsame Einlässe und Leitungen für die Zufuhr und Verteilung von Brennstoff und Oxidanten verwendet werden, gleichzeitig wird eine gemeinsame Kühlung erleichtert. Es ist weiterhin nicht auszuschließen, dass auch mehrere Brennstoffzellenstapel nebeneinander betrieben werden.

[0010] Der erste Einlass zum Zuführen eines Brennstoffs kann beispielsweise mit einer Anodenseite der mindestens einen Brennstoffzelle verbunden sein und Wasserstoff aufnehmen, der an die Anode der mindestens einen Brennstoffzelle geleitet wird. An dem zweiten Einlass kann Luft als Oxidant zugeführt werden, die der Umgebung der Brennstoffzel-

le, einer Abluftleitung aus einer Kabine des Flugzeugs, einer Rezirkulationsleitung oder einer Abluftleitung von Monumenten innerhalb des Flugzeugrumpfes stammt. Der Oxidant wird an die Kathodenseite der mindestens einen Brennstoffzelle geleitet, die durch einen Elektrolyten von der Anodenseite separiert ist. Nach Zuführen des Brennstoffs und des Oxidanten entsteht bei Abnahme der bereitgestellten elektrischen Leistung sauerstoffabgereicherte Luft an der Kathodenseite, welche dann durch den Auslass aus der mindestens einen Brennstoffzelle austritt.

[0011] Die elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe kann als zusätzliche, separate Pumpe ausgeführt sein, die elektrisch mit der mindestens einen Brennstoffzelle verbunden ist und nur dann betrieben wird, wenn das Brennstoffzellensystem in Betrieb ist. Damit entfällt die Notwendigkeit, eine bedarfsweise Separation einer bereits vorhandenen Hydraulikpumpe von einem elektrischen Netzwerk durchzuführen und stattdessen die mindestens eine Brennstoffzelle als ihre Stromversorgung zu verwenden und nach dessen Betrieb wieder eine Kopplung der Hydraulikpumpe mit dem betreffenden elektrischen Netzwerk durchzuführen. Allerdings kann sich auch anbieten, eine elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe zu verwenden, die bereits in einem Hydrauliksystem vorhanden ist.

[0012] Um den elektrischen Betrieb der Hydraulikpumpe zu erreichen weist diese einen Elektromotor auf, der ein Gleichstrommotor oder ein Wechselstrommotor sein kann. Da die Brennstoffzelle eine Gleichspannung liefert, kann zumindest für die Verwendung eines Wechselstrommotors ein Inverter erforderlich sein, der zwischen der mindestens einen Brennstoffzelle und dem Elektromotor eingesetzt ist.

[0013] Die Hydraulikpumpe kann eine Axialkolbenpumpe mit Schrägscheibe, eine Flügelzellenpumpe, eine Zahnradpumpe, eine Schraubenspindelpumpe oder eine Radialkolbenpumpe sein, wobei sich insbesondere die Axialkolbenpumpe anbietet.

[0014] Die Schrägscheibe kann einen konstanten oder einen veränderbaren Winkel aufweisen.

[0015] Ein Kerngedanke der Erfindung liegt darin, einen hydraulischen Energiewandler einzusetzen, der zwischen einer Hochdruckseite und einer Niederdruckseite des hydraulischen Netzwerks angeordnet ist und keine nennenswerte mechanische Arbeit leistet. Vielmehr wird der durch den Energiewandler strömende Anteil der hydraulischen Flüssigkeit erwärmt und durch entsprechende Kühler des hydraulischen Netzwerks oder alleine durch Konvektion zwischen entsprechenden hydraulischen Leitungen und ihrer jeweiligen Umgebung gekühlt. Die dabei realisierbaren Leistungsverluste führen folglich zu einer hohen Leistungsabgabe durch die hydraulische Pum-

pe, was wiederum zu einer hohen elektrischen Leistungsabgabe der mindestens einen Brennstoffzelle führt. Folglich kann die Produktion von sauerstoffabgereicherter Abluft und/oder von Wasser sichergestellt werden.

[0016] Der hydraulische Energiewandler ist dafür vorgesehen, hydraulische Leistung aufzunehmen und keine oder nur eine vernachlässigbare mechanische Leistung zu generieren, so dass die hydraulische Leistung primär in Wärme umgesetzt wird. Die Abwärme führt zu einer Erwärmung des Hydraulikfluids, die über bereits vorhandene Kühleinrichtungen abgeführt werden kann.

[0017] Das steuerbare Betriebsverhalten des hydraulischen Energiewandlers kann bevorzugt durch eine Veranlassung einer Regeleinheit erfolgen, welche beispielsweise auch für die Initiierung, Steuerung und/oder Überwachung des Betriebs der mindestens einen Brennstoffzelle verantwortlich ist. Bei Inbetriebnahme des Brennstoffzellensystems könnte die Regeleinheit gleichzeitig oder nacheinander die mindestens eine Brennstoffzelle durch Öffnen des ersten Einlasses für die Zufuhr des Brennstoffs, durch Öffnen des zweiten Einlasses für die Zufuhr des Oxidanten und durch Herstellen einer elektrischen Verbindung mit der elektrisch betreibbaren Hydraulikpumpe gleichzeitig den hydraulischen Energiewandler auf eine vorbestimmte Betriebsstufe setzen. Diese kann beispielhaft derart eingestellt sein, dass das Anlaufen der Hydraulikpumpe erlaubt wird. Bei laufendem Betrieb der Hydraulikpumpe könnte dann das Betriebsverhalten des Energiewandlers derart beeinflusst werden, dass eine höhere hydraulische Verlustleistung generiert wird, bis die Hydraulikpumpe eine solche elektrische Leistung erfordert, die zu dem gewünschten Massenstrom an Wasser und/oder sauerstoffabgereicherter Luft äquivalent ist. Dabei kann der hydraulische Energiewandler beispielsweise eine zweite Betriebsstufe einnehmen.

[0018] Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems liegt darin, dass der Aufbau einfach und die Komplexität des Systems niedrig ist. Selbst mit einer kompakten Hydraulikpumpe können sehr hohe hydraulische Leistungen erreicht werden, die zu einer hohen elektrischen Leistungsaufnahme führt. Das Brennstoffzellensystem als Generator für sauerstoffabgereicherte Luft und/oder Wasser kann somit zuverlässig kontinuierlich und mit hoher Leistung betrieben werden.

[0019] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist der hydraulische Energiewandler eine Strömungsblende mit einem einstellbaren Öffnungsquerschnitt und einen den Öffnungsquerschnitt verstellenden Aktuator auf. Durch die Strömungsblende werden der Hochdruckteil und der Niederdruckteil des hydraulischen Netzwerks miteinander verbunden und die hy-

draulische Flüssigkeit strömt durch die Blende, mit einer vom offenen Querschnitt und der Druckdifferenz abhängigen Geschwindigkeit unter Wirbelbildung stromaufwärts und stromabwärts der Öffnungskanten des Öffnungsquerschnitts. Die Strömungsblende stellt dabei einen örtlichen Strömungswiderstand dar, der den Leitungsquerschnitt sprunghaft verengt und dabei hydraulische Leistung in Wärme umwandelt. Das Betriebsverhalten von Strömungsblenden ist hinlänglich bekannt und Strömungsblenden sowie deren Verstellmechanik sind technisch als ausgereift zu bezeichnen. Die Verwendung einer oder mehrerer Strömungsblenden in paralleler oder Reihenschaltung ist folglich eine besonders einfache Realisierung des Energiewandlers, welche zuverlässig und sicher ist.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Energiewandler stromabwärts eines Prioritätsventils angeordnet, das andere hydraulische Verbraucher vorrangig mit Hydraulikfluid versorgt. Folglich befinden sich entsprechende Anschlüsse für hydraulische Verbraucher an weiter von der Hydraulikpumpe entfernten Stellen des hydraulischen Netzwerks, so dass diese Verbraucher vorrangig mit Hydraulikfluid versorgt werden. Der ordnungsgemäße Betrieb besonders sicherheitskritischer Verbraucher kann damit gewährleistet werden, um die Sicherheit des Flugzeugs nicht zu beeinträchtigen. Wäre der Energiewandler den anderen hydraulischen Verbrauchern vorgeschaltet, wäre indes Sorge zu tragen, dass dieser deaktiviert wird, sobald die Versorgung von sicherheitskritischen Verbrauchern gefährdet ist, etwa durch vollständiges Versperren eines Öffnungsquerschnitts oder dergleichen.

[0021] Das Brennstoffzellensystem kann ferner eine Abgabeöffnung zum selektiven Abgeben des generierten Wassers oder der generierten sauerstoffabgereicherten Abluft in die Umgebung des Flugzeugs aufweisen. Ziel dieser Weiterbildung ist, das Brennstoffzellensystem auch zum Vorheizen des hydraulischen Netzwerks verwenden zu können, wenn kein Bedarf nach Wasser oder sauerstoffabgereicherter Luft besteht. Der möglicherweise nur kurzzeitig erforderliche Betrieb des Brennstoffzellensystems könnte folglich dazu führen, dass Wasser und/oder sauerstoffabgereicherte Abluft das Flugzeug verlässt. Durch Koppeln der elektrisch betreibbaren Pumpe mit einem elektrischen Leistung liefernden elektrischen Netzwerk an Bord des Flugzeugs kann jedoch ein Vorheizen des betreffenden hydraulischen Netzwerks auch ohne Betrieb der mindestens einen Brennstoffzelle erfolgen. Das Vorheizen eines hydraulischen Netzwerks nach einem ähnlichen Schema ist beispielsweise aus EP 2160323 B1 bekannt.

[0022] Es ist generell vorstellbar, dass das generierte Wasser auch in einen entsprechenden Tank an Bord des Flugzeugs geleitet wird, von wo aus es bei-

spielsweise für einen Waschraum oder zur Befeuchtung von aufbereiteter Luft für die Kabine des Flugzeugs verwendet wird.

[0023] Weiterhin ist es auch vorstellbar, sauerstoffabgereicherte Luft in einem Druckbehälter zu speichern, um im Bedarfsfall einen möglichst hohen Volumenstrom an sauerstoffabgereicherter Luft in den Raum zu leiten, in dem das Feuer zu löschen ist.

[0024] Es ist vorteilhaft, wenn die Regeleinheit mit dem hydraulischen Energiewandler gekoppelt ist und dazu eingerichtet ist, abhängig von der durch die elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe aufgenommenen elektrischen Leistung das Betriebsverhalten des hydraulischen Energiewandlers zu steuern. Dies kann durch einen funktionalen Zusammenhang, in vorbestimmten Stufen oder durch eine Kennliniensteuerung erfolgen.

[0025] Es ist besonders vorteilhaft, wenn eine Regeleinheit, die etwa der oben genannten Regeleinheit entsprechen, dazu eingerichtet ist, den Betrieb des Brennstoffzellensystems zum Erhöhen der Temperatur des Hydrauliknetzwerks zu initiieren.

[0026] Es wäre vorteilhaft, eine Temperatur des hydraulischen Netzwerks zu überwachen und bei Unterschreiten einer vorbestimmten Temperatur das Betreiben des Brennstoffzellensystems zum Erhöhen der Temperatur in dem hydraulischen Netzwerk zu initiieren. Die genannte Regeleinheit könnte folglich dazu eingerichtet sein, bei Feststellen des Unterschreitens einer vorbestimmten Temperatur den Betrieb des Brennstoffzellensystems auf entsprechende Weise zu initiieren. Die Regeleinheit könnte jedoch auch dazu eingerichtet sein, nur die elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe in Betrieb zu nehmen, so dass ein Betrieb der mindestens einen Brennstoffzelle nicht notwendig ist. Dies kann insbesondere dann von Vorteil sein, wenn die Regeleinheit und/oder die elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe keine dedizierten Komponenten des Brennstoffzellensystems sind, sondern im Rahmen eines multifunktionalen Ansatzes durch in einem Flugzeug bereits vorhandene Komponenten realisiert werden.

[0027] Das System kann ferner mindestens eine zusätzliche elektrische Last aufweisen, der mit dem Spannungsausgang der mindestens einen Brennstoffzelle verbunden ist. Dies verbessert die Möglichkeit, eine Senke für elektrische Leistung bereitzustellen, so dass der Betrieb des Brennstoffzellensystems zum gewünschten Erfolg führt. Die elektrische Last kann beliebiger Art sein und durch eine tatsächlich effektiv nutzbare Einrichtung realisiert sein oder eine Einrichtung, die ausschließlich der Abfuhr von elektrischer Leistung dient.

[0028] Die zusätzliche elektrische Last kann insbesondere ein Energiewandler ist, der aus elektrischer Leistung bzw. Energie eine Leistung bzw. Energie einer anderen Form bereitstellt.

[0029] Besonders vorteilhaft ist die zusätzliche elektrische Last eine Heizeinrichtung, welche beim Betrieb Wärme erzeugt. Diese muss entsprechend in die Umgebung abgeführt werden.

[0030] Besonders bevorzugt befindet sich die zusätzliche elektrische Last, insbesondere wenn sie als Heizeinrichtung ausgeführt ist, in einem Stauluftkanal des Flugzeugs. Dadurch wird sie kontinuierlich von Luft umströmt, welche eine ausreichend niedrige Temperatur aufweist, um Wärme aufzunehmen. Der Stauluftkanal kann für beliebige Systeme vorgesehen sein, beispielsweise zum Kühlen eines Wärmetauschers eines Klimatisierungssystems, eines Ölkühlers eines Triebwerks, eines Stauluftkanals zum Einleiten von Frischluft an eine Belüftungseinrichtung oder für andere Zwecke.

[0031] Die zusätzliche elektrische Last kann weiterhin in dem Stauluftkanal stromabwärts eines Wärmetauschers angeordnet sein. Die Wärmeabgabe durch den Wärmetauscher kann somit gewährleistet werden. Eine Beeinträchtigung dessen Betrieb insbesondere durch eine zusätzliche Wärmelast im Stauluftkanal wird somit verhindert.

[0032] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems, welches insbesondere die Schritte des Koppelns mindestens einer Brennstoffzelle mit einer Hydraulikpumpe, das Ansteuern eines hydraulischen Energiewandlers, der in einem Hydrauliknetzwerk angeordnet ist, und das Abgeben von Wasser und/oder sauerstoffabgereicherter Luft durch die mindestens eine Brennstoffzelle aufweist. Das Verfahren kann ferner den Schritt des Betriebens einer zusätzlichen elektrischen Last zum Erhöhen der Leistungsabgabe der mindestens einen Brennstoffzelle aufweisen.

[0033] Die Erfindung betrifft außerdem ein Flugzeug mit einem Rumpf und mindestens einem darin ausgebildeten Raum, sowie einem Brennstoffzellensystem mit den oben genannten Merkmalen. Damit kann sauerstoffabgereicherte Luft produziert werden, die den Raum inertisieren oder ein sich darin entwickelndes Feuer löschen kann.

[0034] Die elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe kann dafür in einem Notfall-Hydrauliknetzwerk angeordnet sein. Das Notfall-Hydrauliknetzwerk muss nicht zwangsläufig nur in einer Notfallsituation betrieben werden, sondern kann auch während eines normalen Zustands des Flugzeugs verschiedene, für den Betrieb des Flugzeugs erforderliche Funktionen erfüllen. Während eines Notfalls kann genau dieses

Notfall-Hydrauliknetzwerk zur Erfüllung primärer, auf Hydraulik basierender Funktionen dienen.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0035] Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele und den Figuren. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich und in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung auch unabhängig von ihrer Zusammensetzung in den einzelnen Ansprüchen oder deren Rückbezügen. In den Figuren stehen weiterhin gleiche Bezugszeichen für gleiche oder ähnliche Objekte.

[0036] Fig. 1 zeigt ein Brennstoffzellensystem in einer blockbasierten, schematischen Darstellung.

[0037] Fig. 2 zeigt ein Flugzeug mit einem Rumpf, einem darin ausgebildeten Raum und einem Brennstoffzellensystem in einer schematischen Seitenansicht.

DETAILLIERTE DARSTELLUNG EXEMPLARISCHER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0038] Fig. 1 zeigt ein Brennstoffzellensystem **2** mit einem aus mindestens einer Brennstoffzelle **4** bestehenden Brennstoffzellenstapel, welcher einen ersten Einlass **6** für einen Brennstoff, einen zweiten Einlass **8** für einen Oxidanten und einen Auslass **10** für Abluft aufweist. Zusätzlich existiert ein Spannungsausgang **12**, der sowohl mit einer Anodenseite **14** als auch mit einer Kathodenseite **16** verbunden ist. Der erste Einlass **6** ist an der Anodenseite **14** angeordnet und liefert Wasserstoff oder ein wasserstoffhaltiges Gas in den Brennstoffzellenstapel **4**. Während für ein wasserstoffhaltiges Gas ausreichen könnte, einen Reformier oder Reaktor zum Umwandeln von Flugzeugtreibstoff in ein wasserstoffhaltiges Gas umzuwandeln, kann reiner Wasserstoff mit einem ausreichenden Volumenstrom nur aus einer Speichereinrichtung bereitgestellt werden. Neben kryogener Speichertechnik kommen weiterhin Druckspeicher und Metallhydridspeicher in Frage. In den zweiten Einlass **8** wird Luft geführt. Die Reaktion des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff führt zur Erzeugung von Wärme, Elektrizität und sauerstoffabgereicherter Luft sowie Wasser, das insbesondere als Wasserdampf in der sauerstoffabgereicherten Abluft vorhanden ist. Sollte das Brennstoffzellensystem ausschließlich zur Produktion von Wasser generiert werden, kann auch Sauerstoff aus einem Sauerstoffspeicher verwendet werden.

[0039] Zur kontinuierlichen Durchführung des Brennstoffzellenprozesses ist erforderlich, dass dem Brennstoffzellenstapel **4** elektrische Leistung ent-

nommen wird. In dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem **2** ist hierfür eine elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe **18** vorgesehen, welche einen Elektromotor **20** und eine Pumpeinheit **22** aufweist. Letztere kann beispielsweise eine Axialkolbenpumpe mit konstantem oder variablem Winkel einer Schrägscheibe sein. Die Pumpeinheit **22** ist mit einem hydraulischen Netzwerk **24** verbunden, in dem sich hydraulische Verbraucher **26** befinden. Diese sind mit einem Hochdruckzweig **28** sowie einem Niederdruckzweig **30** verbunden.

[0040] In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass insbesondere Single-Aisle-Flugzeuge des Herstellers AIRBUS über drei Hydrauliksysteme verfügen, die als grünes, gelbes und blaues System bezeichnet werden. Während das grüne und das gelbe System jeweils von triebwerksgetriebenen Hydraulikpumpen mit Druck versorgt werden, wird das blaue Hydrauliksystem eine elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe sowie eine durch eine Stauluftturbine (RAT, Ram Air Turbine) angetriebene Hydraulikpumpe auf. Die Hydraulikpumpe **18** kann in eines des gelben oder grünen Hydrauliksystems integriert sein, die Integration in das blaue Hydrauliksystem kann sich jedoch anbieten, da die dort vorhandene elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe mit dem Brennstoffzellenstapel **4** koppelbar ist. Für andere Flugzeugmodelle kann die Bezeichnung der Hydrauliksysteme abweichen, es ist ferner eine Integration oder eine Verwendung einer elektrisch betreibbaren Hydraulikpumpe in einem von zwei Haupt-Hydraulik-Netzwerken möglich.

[0041] Zum Erreichen einer ausreichenden Leistungsabgabe wird ein hydraulischer Energiewandler **32** eingesetzt, der beispielsweise als eine Strömungsblende ausgeführt ist, welche einen Aktuator **34** zum Verstellen eines Öffnungsquerschnitts aufweist. Diese ist in dem gezeigten Fall einem Priorisierungsventil **36** nachgeschaltet, welches dafür sorgt, dass die hydraulischen Verbraucher **26** bevorzugt mit hydraulischer Flüssigkeit und Druck versorgt werden. Durch Verringern des Durchströmquerschnitts in dem Energiewandler **32** kann die aufgenommene Leistung der Pumpeneinheit **22** erhöht werden, so dass der Elektromotor **20** mit mehr elektrischer Leistung versorgt werden muss. Damit wird sichergestellt, dass der Brennstoffzellenstapel **4** durch die kontinuierliche hohe Leistungsforderung ausreichend sauerstoffabgereicherte Abluft und/oder Wasser bereitstellt. Dies wäre ohne eine Leistungsabgabe an den Elektromotor **20** nicht möglich.

[0042] Um zusätzlich die aufzubringende elektrische Leistung zu erhöhen, kann ferner eine zusätzliche elektrische Last **36**, beispielsweise in Form einer Erwärmungseinrichtung, in einem beispielhaft über eine Klappe **41** verschließbaren Stauluftkanal **40** eingesetzt werden. Beispielhaft könnte die zusätzliche

elektrische Last **36** stromabwärts eines Wärmetauschers **42** eingesetzt werden, welcher zum Abführen von Wärme im Stauluftkanal **40** angeordnet ist. Der Wärmetauscher **42** wird somit nicht durch die Wärmeabgabe einer zusätzlichen elektrischen Last **36** behindert. Ist der Stauluftkanal **40** ein dedizierter, separater Stauluftkanal oder bedarf es nicht der Kühlung des Wärmetauschers **42**, kann der Stauluftkanal bei nicht in Betrieb befindlicher Brennstoffzelle **4** durch die Klappe **41** verschlossen werden.

[0043] Eine Regeleinheit **38** ist mit der mindestens einen Brennstoffzelle **4**, der elektrisch betreibbaren Hydraulikpumpe **18** und dem hydraulischen Energiewandler **32** gekoppelt und dazu eingerichtet, insbesondere bei Anforderung von sauerstoffabgereicherter Luft die Brennstoffzelle **4** und anschließend die Hydraulikpumpe **18** in Betrieb zu nehmen und den hydraulischen Energiewandler **32** derart anzusteuern, dass eine ausreichende elektrische Leistungsabgabe der Brennstoffzelle **4** erfolgt. Damit kann eine Abgabe eines hohen Volumenstroms an sauerstoffabgereicherter Luft mit ausreichender Qualität erfolgen.

[0044] Insgesamt kann das Brennstoffzellensystem **2** ohne großen Aufwand zuverlässig sauerstoffabgereicherte Abluft und/oder Wasser bereitstellen, ohne dass schwerwiegende Modifikationen an einem Flugzeug notwendig sind.

[0045] In Fig. 2 wird schematisch ein Flugzeug **44** in einer Seitenansicht gezeigt, das einen Rumpf **46** mit einem darin gebildeten Raum **48** aufweist, der beispielsweise als Frachtraum ausgeführt ist. Das Brennstoffzellensystem **2** ist beispielhaft in einem nicht druckbeaufschlagten Bereich angeordnet, was jedoch keineswegs als Beschränkung aufzufassen ist. Die Anordnung in einem druckbeaufschlagten Bereich des Rumpfs **46** kann ebenso sinnvoll sein. Das Brennstoffzellensystem **2** ist mit dem Raum **48** koppelbar, so dass im Fall eines Feuers oder zum Zwecke der Inertisierung sauerstoffabgereicherte Luft in den Raum **48** einleitbar ist.

[0046] Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass „aufweisen“ keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt, und „ein“ oder „eine“ keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102005010399 B4 [0004]
- DE 102008006742 A1 [0004]
- EP 2160323 B1 [0021]

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (2) für ein Flugzeug, aufweisend

- mindestens eine Brennstoffzelle (4) mit einem ersten Einlass (6) zum Zuführen eines Brennstoffs, einem zweiten Einlass (8) zum Zuführen eines Oxidanten, einem Auslass (10) zum Abführen von Abluft und einen Spannungsausgang (12),
- eine elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe (18), die in ein Hydrauliknetzwerk (24) des Flugzeugs integrierbar ist und mit dem Spannungsausgang (12) der mindestens einen Brennstoffzelle (4) verbindbar ist und
- einen steuerbaren hydraulischen Energiewandler (32) mit veränderbarem Betriebsverhalten, wobei der hydraulische Energiewandler (32) dazu eingerichtet ist, einen solchen Leistungsbedarf in dem Hydrauliknetzwerk (24) zu generieren, dass die mindestens eine Brennstoffzelle (4) durch Abgabe von elektrischer Leistung an die Hydraulikpumpe (18) einen vorgegebenen Volumenstrom an Sauerstoff abgereicherter Abluft an dem Auslass (10) bereitstellt.

2. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 1, wobei der hydraulische Energiewandler (32) eine Strömungsblende (33) mit einstellbarem Öffnungsquerschnitt und einen den Öffnungsquerschnitt verstellenden Aktuator (34) aufweist.

3. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 1, wobei der hydraulische Energiewandler (32) stromabwärts eines Prioritätsventils (36) angeordnet ist, welches andere hydraulische Verbraucher (26) vorrangig mit Hydraulikfluid versorgt.

4. Brennstoffzellensystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend mindestens eine Abgabeöffnung zum Abgeben des generierten Wassers und/oder der generierten sauerstoffabgereicherten Abluft in die Umgebung des Flugzeugs.

5. Brennstoffzellensystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend eine Regeleinheit (38), die mit dem hydraulischen Energiewandler (32) gekoppelt ist und dazu eingerichtet ist, abhängig von der durch die elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe (18) aufgenommene elektrische Leistung das Betriebsverhalten des hydraulischen Energiewandlers (32) zu regeln.

6. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 5, wobei die Regeleinheit (38) dazu eingerichtet ist, den Betrieb des Brennstoffzellensystems (4) zum Erhöhen der Temperatur des Hydraulikfluids in dem Hydrauliknetzwerk (24) zu erhöhen, wenn eine vorbestimmte Temperatur unterschritten wird.

7. Brennstoffzellensystem (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend mindestens eine zusätzliche elektrische Last (36), die mit dem Spannungsausgang (12) der mindestens einen Brennstoffzelle verbindbar ist.

8. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 7, wobei die zusätzliche elektrische Last (36) ein Energiewandler ist.

9. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 8, wobei die zusätzliche elektrische Last (36) eine Heizeinrichtung ist.

10. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 8 oder 9, wobei die zusätzliche elektrische Last (36) in einem Stauluftkanal (40) des Flugzeugs angeordnet ist.

11. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 9, wobei die zusätzliche elektrische Last (36) in dem Stauluftkanal (40) stromabwärts eines Wärmetauschers (42) angeordnet ist.

12. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (2), aufweisend die Schritte:

- Koppeln mindestens einer Brennstoffzelle (4) mit einer elektrisch betreibbaren Hydraulikpumpe (18),
- Ansteuern eines hydraulischen Energiewandlers (32), der in einem Hydrauliknetzwerk (24) angeordnet ist, so dass eine vorbestimmte elektrische Leistung von der Hydraulikpumpe (18) angefordert und abgegeben wird und
- Abgeben von Wasser und/oder sauerstoffabgereicherter Luft durch einen Auslass (10) der mindestens einen Brennstoffzelle (4), um mindestens einen Raum in dem Flugzeug zu inertisieren oder ein sich darin entwickelndes Feuer zu löschen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, ferner aufweisend den Schritt:

- Betreiben einer zusätzlichen elektrischen Last (36) zum Erhöhen der Leistungsabgabe der mindestens einen Brennstoffzelle (4).

14. Flugzeug (44), aufweisend einen Rumpf (46), mindestens einen darin ausgebildeten Raum (48) und ein Brennstoffzellensystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Auslass (10) mit dem mindestens einen Raum (48) gekoppelt ist, um den mindestens einen Raum (48) zu inertisieren oder ein sich darin entwickelndes Feuer zu löschen.

15. Flugzeug nach Anspruch 14, wobei die elektrisch betreibbare Hydraulikpumpe (18) in einem Notfall-Hydrauliknetzwerk angeordnet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

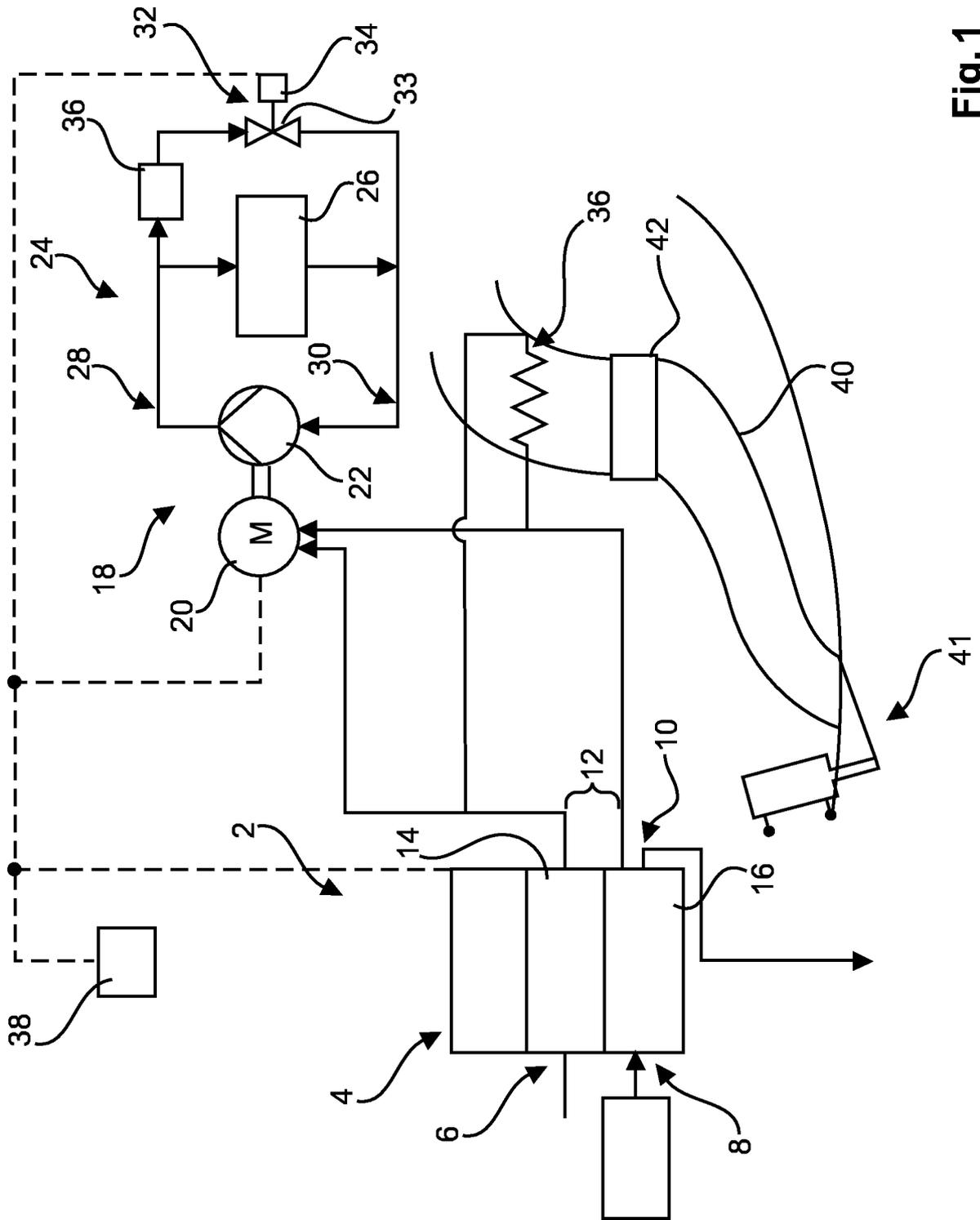


Fig.1

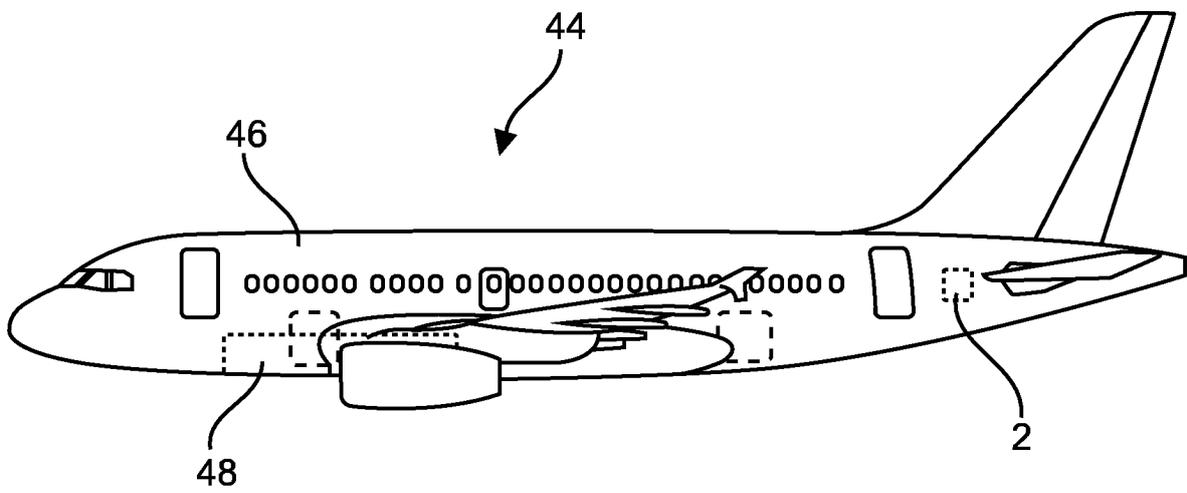


Fig. 2