

(12)

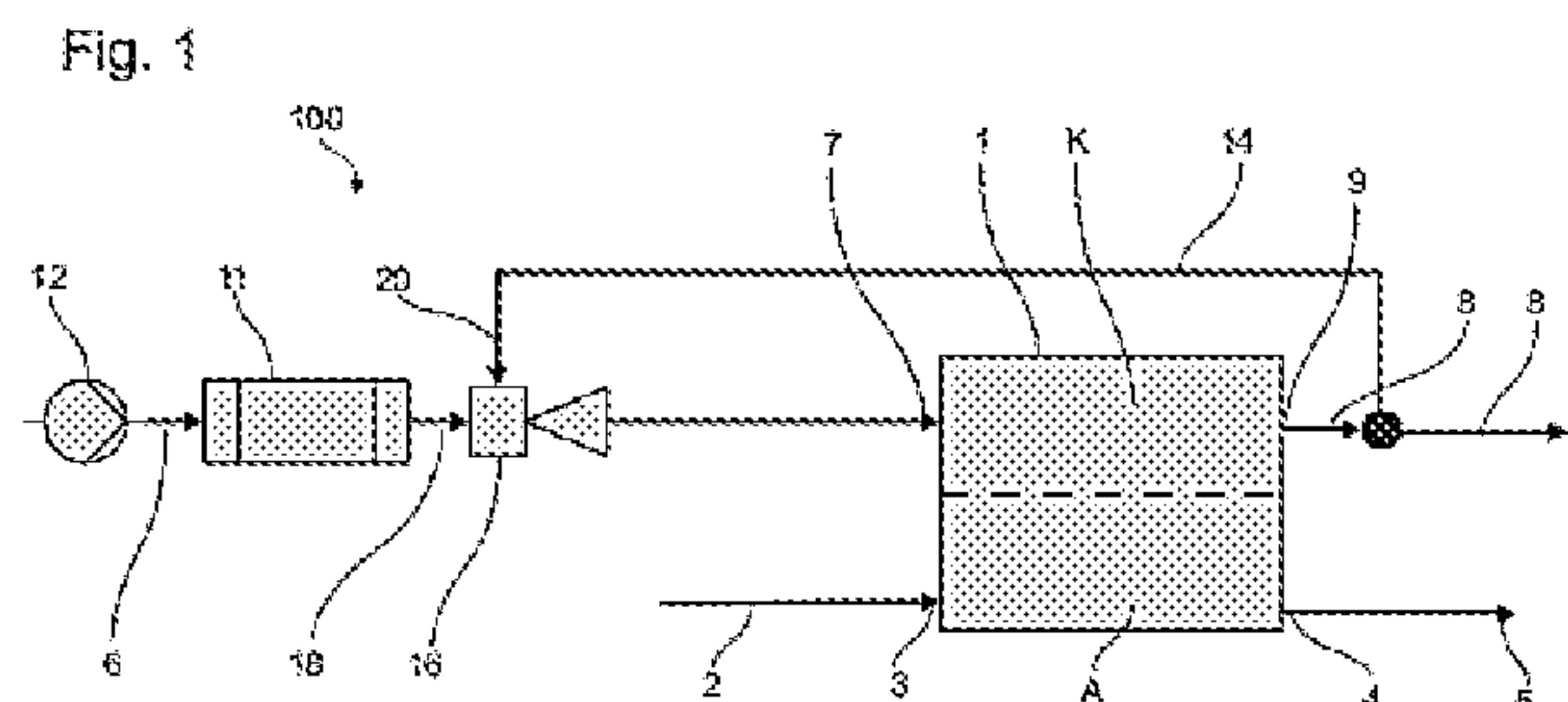
Österreichische Patentanmeldung

(21)	Anmeldenummer:	A 51048/2018	(51)	Int. Cl.:	H01M 8/18	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	27.11.2018			H01M 8/04089	(2016.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.06.2020			H01M 8/2425	(2016.01)
					H01M 8/12	(2016.01)
(56) Entgegenhaltungen: WO 2007063272 A2 DE 4234151 A1 AT 519848 A1			(71)	Patentanmelder: AVL List GmbH 8020 Graz (AT)		
			(72)	Erfinder: Reichholf David Dipl.Ing. 8010 Graz (AT) Buchgraber Rene 8200 Gleisdorf (AT) Schauperl Richard Dipl.Ing. (FH) 8010 Graz (AT)		
			(74)	Vertreter: Kopetz Heinrich Dipl.Ing. 8020 Graz (AT)		

(54) Brennstoffzellensystem und Verfahren zur Rezirkulation von Abgas in einem Brennstoffzellensystem

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (100), aufweisend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (1) mit wenigstens einem Kathodenabschnitt (K) und wenigstens einem Anodenabschnitt (A), einen Luftzuführabschnitt (2) zum Zuführen von Luft (2) zum Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1), einen Abluftabschnitt (4) zum Abführen von Abluft (5) von dem Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1), sowie einen Zuführabschnitt (7) zum Zuführen von wenigstens einem Hauptmedium (6) zum Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1), einen Abgasabführabschnitt (9) zum Abführen von einem Abgas (8) von dem Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1), sowie einer Pumpe (12) zur Förderung von dem wenigstens einen Hauptmedium (6), wobei der Abgasabführabschnitt (9) über einen Rezirkulationsabschnitt (14) mit dem Zuführabschnitt (7) stromabwärts der Pumpe (12) fluidkommunizierend für eine Rezirkulation von Abgas (8) verbunden ist, wobei der Rezirkulationsabschnitt (14) über eine Strahlpumpe (16) mit dem Zuführabschnitt (7) verbunden ist für eine Einbringung von rezirkuliertem Abgas (8) als Sekundärstrom (20)

der Strahlpumpe (16) in das wenigstens eine gasförmige Hauptmedium (6) als Primärstrom (18) der Strahlpumpe (16). Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Rezirkulation von Abgas (8) in einem Brennstoffzellensystem (100).



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (100), aufweisend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (1) mit wenigstens einem Kathodenabschnitt (K) und wenigstens einem Anodenabschnitt (A), einen Luftzuführabschnitt (2) zum Zuführen von Luft (2) zum Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1), einen Abluftabschnitt (4) zum Abführen von Abluft (5) von dem Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1), sowie einen Zuführabschnitt (7) zum Zuführen von wenigstens einem Hauptmedium (6) zum Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1), einen Abgasabführabschnitt (9) zum Abführen von einem Abgas (8) von dem Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1), sowie einer Pumpe (12) zur Förderung von dem wenigstens einen Hauptmedium (6), wobei der Abgasabführabschnitt (9) über einen Rezirkulationsabschnitt (14) mit dem Zuführabschnitt (7) stromabwärts der Pumpe (12) fluidkommunizierend für eine Rezirkulation von Abgas (8) verbunden ist, wobei der Rezirkulationsabschnitt (14) über eine Strahlpumpe (16) mit dem Zuführabschnitt (7) verbunden ist für eine Einbringung von rezirkuliertem Abgas (8) als Sekundärstrom (20) der Strahlpumpe (16) in das wenigstens eine gasförmige Hauptmedium (6) als Primärstrom (18) der Strahlpumpe (16). Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Rezirkulation von Abgas (8) in einem Brennstoffzellensystem (100).

Fig. 1

Brennstoffzellensystem und Verfahren zur Rezirkulation von Abgas in einem Brennstoffzellensystem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem mit einem Rezirkulationsabschnitt zur Rezirkulation von Abgas und einer Strahlpumpe und ein
5 Verfahren zur Rezirkulation von Abgas in einem Brennstoffzellensystem.

Im Stand der Technik sind Brennstoffzellensysteme bekannt, in denen ein vorgewärmtes Fluid rezirkuliert wird, um einen Abschnitt oder ein Bauteil stromaufwärts zu Temperieren oder das Gasgemisch zu beeinflussen. So offenbart die DE 10 2006 037 799 A1 und die DE 10 2015 213 913 A1 jeweils eine Vorrichtung
10 zur Rezirkulation von Anodenabgas einer Brennstoffzelle. Es ist insbesondere im Stand der Technik bekannt, dass mittels Rezirkulationsgebläsen die Abgase einer regenerativ betriebenen Brennstoffzelle (SOEC) rezirkuliert werden. Bei der Hochtemperaturelektrolyse mit SOEC-Brennstoffzellenstapel erfolgt eine Gasführung auf der Brennstoffseite insbesondere mit Wasserdampf und Kohlendioxid. Um eine
15 Degradation durch Oxidation der Bauelemente auf der Brennstoffseite zu vermeiden, wird eine reduzierende Atmosphäre angestrebt. Eine Rezirkulation des Abgases einer SOEC zu dem Zuführabschnitt der Brennstoffseite mittels eines Rezirkulationsgebläses kann eine reduzierende Atmosphäre erzeugen. Nachteilig bei den bekannten Lösungen ist jedoch, dass ein Rezirkulationsgebläse einen
20 begrenzten Temperatureinsatzbereich aufweist, da die Bauelemente eines Rezirkulationsgebläses, insbesondere die Lager und die Schmierung, temperatursensibel sind und eine zusätzliche Kühlung benötigen. Darüber hinaus senken derartige Gebläse einen Systemwirkungsgrad, weil sie einen schlechten Wirkungsgrad aufweisen und bezogen auf deren Nutzen viel elektrische Energie
25 verbrauchen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Brennstoffzellensystem mit einem Rezirkulationsabschnitt zur Rezirkulation von Abgas und einer Strahlpumpe und ein
30 Verfahren zur Rezirkulation von Abgas in einem Brennstoffzellensystem zu schaffen, welches eine größere Toleranz gegenüber hohen Temperaturen aufweist.

Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 1 sowie das Verfahren gemäß Anspruch 12 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

5 Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem Brennstoffzellensystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Rezirkulation von Abgas in einem Brennstoffzellensystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug
10 genommen wird bzw. werden kann.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem mit einem Rezirkulationsabschnitt zur Rezirkulation von Abgas und einer Strahlpumpe zur Verfügung gestellt. Das Brennstoffzellensystem weist zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit wenigstens einem
15 Kathodenabschnitt und wenigstens einem Anodenabschnitt auf. Weiter weist das Brennstoffzellensystem einen Luftzuführabschnitt zum Zuführen von Luft zum Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels, einen Abluftabschnitt zum Abführen von Abluft von dem Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels, sowie einen Zuführabschnitt zum Zuführen von wenigstens einem Hauptmedium, insbesondere
20 einem gasförmigen Hauptmedium, zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels, einen Abgasabführabschnitt zum Abführen von einem Abgas von dem Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels auf. Weiter weist das Brennstoffzellensystem eine Pumpe zur Förderung von dem wenigstens einen Hauptmedium auf, wobei der Abgasabführabschnitt über einen
25 Rezirkulationsabschnitt mit dem Zuführabschnitt stromabwärts der Pumpe fluidkommunizierend für eine Rezirkulation von Abgas verbunden ist, wobei der Rezirkulationsabschnitt über eine Strahlpumpe mit dem Zuführabschnitt verbunden ist für eine Einbringung von rezirkuliertem Abgas als Sekundärstrom der Strahlpumpe in das wenigstens eine Hauptmedium als Primärstrom der
30 Strahlpumpe.

Ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem weist folglich einen Rezirkulationsabschnitt zur Rezirkulation von Abgas und eine Strahlpumpe auf. Eine Strahlpumpe weist wenigstens zwei Eingänge und wenigstens einen Ausgang für die Anbindung an fluidkommunizierende Leitungen bzw. weitere Bauelemente auf. Die

Funktionsweise einer Strahlpumpe sieht vor, dass ein Primärstrom von einem ersten Eingang der Strahlpumpe zu dem Ausgang der Strahlpumpe strömt. Ein Sekundärstrom wird durch einen zweiten Eingang der Strahlpumpe dem Primärstrom zugeführt. Der Primärstrom erfährt in der Strahlpumpe einen Druckabfall und eine Beschleunigung. Durch die Sogwirkung des Primärstroms wird der Sekundärstrom ebenfalls beschleunigt, die Ströme vermengen sich und treten vermengt aus dem Ausgang der Strahlpumpe aus. Durch die Sogwirkung innerhalb der Strahlpumpe ist keine weitere Fördereinrichtung in dem Sekundärstrom notwendig. Bei dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem wird mittels einer Strahlpumpe das rezirkulierte Abgas als Sekundärstrom mit dem Hauptmedium als Primärstrom vermengt. Der Rezirkulationsabschnitt muss neben der Strahlpumpe keine weitere Fördereinrichtung zur Rezirkulation des Abgases aufweisen. Der Rezirkulationsabschnitt kann jedoch, wie später noch beschrieben, weitere kontrollierende und/oder fördernde Bauteile und/der Bauteilgruppen umfassen. Der Ausgang der Strahlpumpe kann direkt oder mittels Leitungen mit dem Zuführabschnitt des Kathodenabschnitts des Brennstoffzellenstapels verbunden sein. Das Hauptmedium ist erfindungsgemäß spätestens bei dem Eintritt in den Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels gasförmig oder im Wesentlichen gasförmig. Eine Strahlpumpe ist durch einen deutlich größeren Temperatureinsatzbereich im Vergleich zu einem Rezirkulationsgebläse besonders vorteilhaft. Eine Strahlpumpe weist bevorzugt keinerlei bewegliche Bauteile auf, sodass kein Wartungsaufwand für die Strahlpumpe notwendig ist. Eine Pumpe des Brennstoffzellensystems fördert das Hauptmedium zu der Strahlpumpe und erzeugt zusätzlich ein gewünschtes Druckniveau des Hauptmediums. Ein derart ausgestaltetes Brennstoffzellensystem ermöglicht vorteilhaft eine Rezirkulation von Abgas mittels einem Rezirkulationsabschnitt und einer Strahlpumpe. Somit kann eine vorteilhafte reduzierende Atmosphäre im Zuführabschnitt des Brennstoffzellestapels aus dem Brennstoffzellensystem selbst heraus, d.h. ohne eine extra Einleitung von zusätzlichen Nutzgasen, geschaffen werden und gleichzeitig eine größere Temperaturtoleranz und eine hohe Ausfallsicherheit der Bauteile sichergestellt werden. Bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem wird also eine Systemeffizienz verbessert.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem eine Verdampfereinheit zur Erzeugung wenigstens eines gasförmigen Hauptmediums aus wenigstens einem flüssigen

Hauptmedium zwischen der Pumpe und der Strahlpumpe angeordnet ist.

Vorteilhafterweise wird für ein flüssiges Hauptmedium im Rahmen der Erfindung

Wasser genutzt, sodass das gasförmige Hauptmedium Wasserdampf entspricht. Ein

derart ausgestaltetes Brennstoffzellensystem ermöglicht eine Druckerhöhung des

5 Hauptmediums durch die Pumpe im flüssigen Zustand vor der Verdampfung durch

die Verdampfereinheit. Dadurch wird eine besonders vorteilhafte und effiziente

Druckerhöhung des Hauptmediums ermöglicht und im Vergleich zu einer

Druckerhöhung des Hauptmediums im gasförmigen Zustand ein geringerer Energie-
und Kostenaufwand benötigt.

10 Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist
es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem die Verdampfereinheit als eine
mehrstufige, insbesondere eine zweistufige, Verdampfereinheit ausgebildet ist. Eine
entsprechende Verdampfereinheit kann auf die Bedürfnisse des
Brennstoffzellensystems angepasst werden und die Effizienz des
15 Brennstoffzellensystems folglich erhöht sowie die Kosten für Material und Aufwand
gesenkt werden.

Gemäß einer ebenfalls vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es
möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem die Verdampfereinheit eine
elektrische Verdampfereinheit oder eine Wärmetausch-Verdampfereinheit ist, wobei
20 die Wärmetausch-Verdampfereinheit insbesondere von dem Abgas und/oder der
Abluft des Brennstoffzellensystems beheizt wird. Eine weitere Anpassung der
Verdampfereinheit kann folglich die Art und Weise der technischen Umsetzung der
Verdampfung vorsehen. So kann eine Verdampfung des Hauptmediums durch
Zuführung von elektrischer Energie mittels einer elektrischen Verdampfereinheit
25 durchgeführt werden und zusätzlich oder alternativ beispielsweise durch
Wärmeenergie aus dem Brennstoffzellensystem selbst heraus. So kann vorteilhaft
von einem Anwender gewählt werden, welche Ressource für die Verdampfung des
Hauptmediums genutzt werden soll und somit können vorhandene Ressourcen
optimal genutzt werden und die Effizienz des Brennstoffzellensystems erhöht
30 werden.

Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es
möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem ein erster Wärmetauscher zur
Erwärmung wenigstens eines flüssigen Hauptmediums zwischen der Pumpe und der

Strahlpumpe angeordnet ist, wobei das wenigstens eine erwärmte Hauptmedium durch den ersten Wärmetauscher derart erwärmt wird, dass das erwärmte Hauptmedium durch den Druckabfall in der Strahlpumpe verdampft. Alternativ zu den vorherigen Abschnitten wird das flüssige Hauptmedium gemäß dieser

5 Ausführungsform der Erfindung nicht durch eine Verdampfungseinheit verdampft, sondern durch wenigstens einen ersten Wärmetauscher erwärmt. Das flüssige Hauptmedium wird dabei auf eine Temperatur knapp unter der Verdampfungstemperatur erwärmt, sodass durch den Druckabfall bei dem Eintritt in die Strahlpumpe, was die Verdampfungstemperatur des Hauptmediums sinken lässt,

10 das Hauptmedium verdampft. Zusätzlich kann der Verdampfungsvorgang durch die Wärmeenergie des beigemengten Sekundärstromes unterstützt werden, welcher als Abgasstrom des Brennstoffzellenstapels im Normalbetrieb ein hohes Temperaturniveau aufweist. Somit können folglich die Kosten und der Aufwand für eine Verdampfereinheit auf die geringeren Kosten und den Aufwand für wenigstens

15 einen ersten Wärmetauscher reduziert werden.

Gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem wenigstens ein zweiter Wärmetauscher, insbesondere mit einem Katalysator, zur Erwärmung des Hauptmediums, insbesondere des gasförmigen Hauptmediums, zwischen der Strahlpumpe und dem Zuführabschnitt

20 des Brennstoffzellenstapels angeordnet ist. Somit können in dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem die vermengten Primär- und Sekundärströme stromabwärts, nach dem Ausgang der Strahlpumpe und stromaufwärts, vor dem Zuführabschnitt des Kathodenabschnitts des Brennstoffzellenstapels durch einen Wärmetauscher erwärmt werden. Durch einen

25 derart angeordneten Wärmetauscher kann das vermengte Gasgemisch aus Primär- und Sekundärstrom der Strahlpumpe auf eine optimale Temperatur für den Brennstoffzellenstapel erwärmt werden und die Effizienz des Brennstoffzellensystems vorteilhaft erhöht werden.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltungsvariante des erfindungsgemäßen

30 Brennstoffzellensystems ist es möglich, dass wenigstens ein erstes Ventil an dem Rezirkulationsabschnitt, insbesondere an dem Übergang von dem Rezirkulationsabschnitt zu der Strahlpumpe, zum Einstellen einer Rezirkulationsrate des Abgases angeordnet ist. Zusätzlich zu den konstruktiven Merkmalen der Strahlpumpe kann die Rezirkulationsrate des Abgases mittels wenigstens eines

ersten Ventils geregelt werden. Die inneren Durchmesser einer Strahlpumpe geben mit den Reibungsverlusten des Rezirkulationsabschnitts maßgeblich die Rezirkulationsrate des Brennstoffzellensystems vor. Die Durchmesser der Strahlpumpe sind jedoch konstant und können nur technisch aufwändig angepasst werden. Mit wenigstens einem ersten Ventil kann die Rezirkulationsrate des Brennstoffzellensystems vorteilhaft justiert und optimiert werden.

Bei einer ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltungsvariante des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems ist es möglich, dass die Strahlpumpe wenigstens ein zweites Ventil zur Einstellung des Primärstroms und/oder des Sekundärstroms aufweist. Analog zu dem vorhergehenden Abschnitt kann mit wenigstens einem zweiten Ventil das Verhältnis zwischen dem Primärstrom und dem Sekundärstrom eingestellt und vorteilhaft justiert und optimiert werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Einstellung des Verhältnisses zwischen dem Primärstrom und dem Sekundärstrom durch die konstruktive Ausgestaltung der Innendurchmesser der Strahlpumpe festgelegt werden. Mit wenigstens einem zweiten Ventil kann jedoch sowohl eine Einstellbarkeit der Strom-Verhältnisse ermöglicht werden, als auch die hohe Fehlerresistenz der Strahlpumpe durch das Fehlen von beweglichen Bauteilen erhalten bleiben.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltungsvariante des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems ist es möglich, dass der Luftzuführabschnitt ein Luftzuführgebläse zum Einstellen einer Menge der im Luftzuführabschnitt geförderten Luft aufweist. In dem Anodenabschnitt eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems wird Luft zur Spülung bzw. zum Abtransport des Sauerstoffes der Wasserspaltung/Kohlendioxidspaltung verwendet. Die Luft verlässt den Anodenabschnitt des Brennstoffzellensystems im Betrieb sauerstoffangereichert. Zur Kontrolle der Menge an Luft im Luftzuführabschnitt bzw. an Abluft im Abluftabschnitt und zur Optimierung des Brennstoffzellensystems kann vorteilhaft ein Luftzufuhrgebläse vorgesehen sein.

Zudem ist es bei einem Brennstoffzellensystems der vorliegenden Erfindung möglich, dass ein Nutzgaszufuhrabschnitt des Brennstoffzellensystems dem Primärstrom und/oder dem Sekundärstrom der Strahlpumpe wenigstens ein weiteres Gas oder Gasgemisch, insbesondere aus einem Speichervolumen, und/oder rezirkulierte Abluft, insbesondere über einen weiteren Rezirkulationsabschnitt, von dem

Abluftabschnitt zuführt. Ein derart ausgestaltetes Brennstoffzellensystem stellt eine weitere vorteilhafte Variante zur möglichen Temperaturerhöhung beispielsweise des Primärstroms oder zur weiteren Gasgemisch Beeinflussung im Sinne der Erfindung über beispielsweise einen Rezirkulationsabschnitt von dem Abluftabschnitt zur

5 Strahlpumpe dar. Durch diesen weiteren Rezirkulationsabschnitt kann eine Dosierung von Sauerstoff in den Primärstrom eingebracht werden. Diese einstellbare Menge Sauerstoff kann folgend mit dem ebenfalls rezirkulierten Abgas und dem Primärstrom reagieren und damit einen sehr effizienten Wärmeeintrag sicherstellen. Die Reaktion kann durch Komponenten mit Katalysatorbeschichtungen beschleunigt
10 werden. Es muss hierbei jedoch beachtet werden, dass der für den Brennstoffzellenstapel notwendige Anteil reduzierender Gase weiter sichergestellt ist. Alternativ oder zusätzlich kann ein Nutzgas, insbesondere aus einem Speichervolumen, dem Primär- und/oder Sekundärstrom zugeführt werden.

Von weiterem Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen
15 Brennstoffzellensystem ein Rezirkulationsgebläse im Rezirkulationsabschnitt zum Einstellen einer Menge des im Rezirkulationsabschnitt rezirkulierten Abgases des Brennstoffzellenstapels angeordnet ist. Trotz dessen, dass durch die Strahlpumpe keine weiteren Fördermittel für die Rezirkulation des Abgases notwendig sind, kann ein Rezirkulationsgebläse als zusätzliche Lösung in das Brennstoffzellensystem
20 integriert werden, um eine zusätzliche Förderung zu ermöglichen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Rezirkulation von Abgas in einem Brennstoffzellensystem nach dem ersten Aspekt zur Verfügung gestellt. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Fördern von dem Hauptmedium durch die Pumpe,
- 25 - Zuführen von Luft über den Luftzuführabschnitt in den Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels,
- Zuführen von dem Hauptmedium über den Zuführabschnitt in den Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels,
- Rezirkulation des Abgases von dem Abgasabführabschnitt des
30 Kathodenabschnitts über einen Rezirkulationsabschnitt zu dem Zuführabschnitt des Kathodenabschnitts,
- Vermengung des rezirkulierten Abgases als Sekundärstrom mit dem Hauptmedium als Primärstrom in der Strahlpumpe,

- Zuführen von dem vermengten Primärstrom und dem Sekundärstrom über den Zuführabschnitt in den Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels.

Je nach Ausführungsform des Brennstoffzellensystems kann ein erfindungsgemäßes
5 Verfahren eine Förderung des Hauptmediums durch die Pumpe in beispielsweise
eine Verdampfereinheit und/oder wenigstens einen ersten Wärmetauscher vorsehen.
Ein derart ausgestaltetes Verfahren ermöglicht eine Rezirkulation von Abgas mittels
einem Rezirkulationsabschnitt und einer Strahlpumpe. Somit kann eine vorteilhafte
reduzierende Atmosphäre im Zuführabschnitt des Brennstoffzellestapels aus dem
10 Brennstoffzellensystem selbst heraus geschaffen werden und gleichzeitig eine hohe
Temperaturleranz und eine hohe Ausfallsicherheit der Bauteile sichergestellt
werden. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile
mit sich, wie sie vorstehend ausführlich beschrieben worden sind. Die vorstehend
erwähnten Schritte können in der dargestellten Reihenfolge oder in einer anderen
15 Reihenfolge durchgeführt werden. Die Verfahrensschritte können einfach oder
mehrfach und seriell oder parallel ausgeführt werden. Das erfindungsgemäße
Verfahren erhöht eine Systemeffizienz eines Brennstoffzellensystems.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass
bei einem Verfahren die Rezirkulationsrate des Brennstoffzellensystems durch eine
20 Kontrolleinheit kontrolliert wird. Eine Kontrolleinheit kann wenigstens einen Sensor,
eine Auswerteeinheit, eine Rechneinheit und eine Regeleinheit umfassen. Eine
Kontrolle der Rezirkulationsrate des Brennstoffzellensystem stellt eine vorteilhafte
Erweiterung des erfindungsgemäßen Verfahrens dar, da einem Anwender die
Möglichkeit gegeben wird, das Brennstoffzellensystem zu kontrollieren, beliebig
25 anzupassen und zu optimieren.

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden
Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in
den Figuren schematisch dargestellt sind. Es zeigen jeweils schematisch:

Figur 1 ein Schaltbild eines Brennstoffzellensystems mit einer Strahlpumpe,
30 einem Rezirkulationsabschnitt und einer Verdampfereinheit,

Figur 2 ein Schaltbild eines Brennstoffzellensystems mit einer Strahlpumpe, einem Rezirkulationsabschnitt, einer Verdampfereinheit, einem zweiten Wärmetauscher und einem weiteren Rezirkulationsabschnitt,

Figur 3 ein Schaltbild eines Brennstoffzellensystems mit einer Strahlpumpe, einem Rezirkulationsabschnitt, einem Luftzuführgebläse, einem ersten Wärmetauscher, einem zweiten Wärmetauscher und einem Rezirkulationsgebläse, und

Figur 4 ein Schaltbild eines Brennstoffzellensystems mit einer Strahlpumpe, einem Rezirkulationsabschnitt, einem ersten Wärmetauscher, einem zweiten Wärmetauscher, einem ersten Ventil, einem Speichervolumen und einem weiteren Rezirkulationsabschnitt.

Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 4 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist schematisch ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 100 mit einer Strahlpumpe 16, einem Rezirkulationsabschnitt 14 und einer Verdampfereinheit 11 gezeigt. Das Hauptmedium 6 wird von einer Pumpe 12 zu der Verdampfereinheit 11 gefördert und mit einem Druckniveau beaufschlagt. Stromabwärts der Verdampfereinheit 11 tritt das gasförmige Hauptmedium 6 als Primärstrom 18 in die Strahlpumpe 16 ein. Das über den Rezirkulationsabschnitt 14 rezirkulierte Abgas 8 tritt als Sekundärstrom 20 in die Strahlpumpe 16 ein. Der Primärstrom 18 erfährt in der Strahlpumpe 16 einen Druckabfall und wird beschleunigt. Der Sekundärstrom 20 wird in der Strahlpumpe 16 von dem Primärstrom 18 beschleunigt und beide Ströme 18, 20 treten gemeinsamen vermengt aus der Strahlpumpe 16 aus. Die vermengten Ströme 18, 20 gelangen stromabwärts der Strahlpumpe 16 über den Zuführabschnitt 7 in den Kathodenabschnitt K des regenerativ betriebenen Brennstoffzellenstapels 1. In den Anodenabschnitt A wird über den Luftzuführabschnitt 3 Luft 2 gefördert. Aus dem Abgasabführabschnitt 9 tritt Abgas 8 aus. Bei einer Verwendung von Wasser als Hauptmedium 6 tritt beispielsweise wasserstoffreiches Abgas 8 aus dem Abgasabführabschnitt 9 aus. Das Abgas 8 wird teilweise über den Rezirkulationsabschnitt 14 rezirkuliert. Aus dem Abluftabschnitt 4 tritt sauerstoffangereicherte Abluft 5 aus. Ein derart ausgestaltetes Brennstoffzellensystem 100 ermöglicht eine vorteilhafte reduzierende Atmosphäre im

Zuführabschnitt 7 des Brennstoffzellestapels 1 aus dem Brennstoffzellensystem 100 selbst heraus und gleichzeitig kann eine große Temperaturtoleranz und eine hohe Ausfallsicherheit der Bauteile sichergestellt werden.

In Fig. 2 ist schematisch ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 100 mit einer Strahlpumpe 16, einem Rezirkulationsabschnitt 14, einer Verdampfereinheit 11, einem zweiten Wärmetauscher 22 und einem weiteren Rezirkulationsabschnitt 14 zur Rezirkulation von Abluft 5 gezeigt. Ergänzend zu den Ausführungen zu Figur 1 zeigt die Figur 2 die Einleitung von Abluft 5 über einen weiteren Rezirkulationsabschnitt 14 als ein zweiter Sekundärstrom 20 in die Strahlpumpe 16. Auch dieser Sekundärstrom 20 wird wie der erste Sekundärstrom 20 von dem Primärstrom 18 in der Strahlpumpe 16 beschleunigt und tritt gemeinsam vermengt mit dem Primärstrom 18 aus der Strahlpumpe 16 aus. Ebenfalls zeigt die Ausführungsform des Brennstoffzellensystems 100 der Figur 2 einen zweiten Wärmetauscher 22 zur Erwärmung des gasförmigen Hauptmediums 6 stromaufwärts des Zuführabschnitts 7 des Kathodenabschnitts K des regenerativ betriebenen Brennstoffzellenstapels 1. Durch einen derart angeordneten zweiten Wärmetauscher 22 kann das vermengte Gasgemisch aus Primär- 18 und Sekundärstrom 20 der Strahlpumpe 16 auf eine optimale Temperatur für den Brennstoffzellenstapel 1 erwärmt werden und die Effizienz des Brennstoffzellensystems 100 vorteilhaft erhöht werden.

In Fig. 3 ist schematisch ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 100 mit einer Strahlpumpe 16, einem Rezirkulationsabschnitt 14, einem Luftzuführgebläse 28, einem ersten Wärmetauscher 21, einem zweiten Wärmetauscher 22 und einem Rezirkulationsgebläse 34 gezeigt. Alternativ zu den Brennstoffzellensystemen 100 der Figs. 1 und 2 wird das flüssige Hauptmedium 6 gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung nicht durch eine Verdampfereinheit 11 verdampft, sondern durch einen ersten Wärmetauscher 21 erwärmt. Das flüssige Hauptmedium 6 wird dabei auf eine Temperatur knapp unter der Verdampfungstemperatur erwärmt, sodass durch den Druckabfall bei dem Eintritt in die Strahlpumpe 16, was die Verdampfungstemperatur des Hauptmediums 6 sinken lässt, das Hauptmedium 6 verdampft. Somit können folglich die Kosten und der Aufwand für eine Verdampfereinheit 11 auf die geringeren Kosten und den Aufwand für einen ersten Wärmetauscher 21 reduziert werden. Zur Kontrolle der Menge an Luft 2 im

Luftzuführabschnitt 3 bzw. an Abluft 5 im Abluftabschnitt 4 und zur Optimierung des Brennstoffzellensystems 100 ist vorteilhaft ein Luftzufuhrgebläse 28 vorgesehen. Ein Rezirkulationsgebläse 34 kann als zusätzliche Lösung in das Brennstoffzellensystem 100 integriert werden, um eine zusätzliche Förderung zu ermöglichen.

- 5 In Fig. 4 ist schematisch ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 100 mit einer Strahlpumpe 16, einem Rezirkulationsabschnitt 14, einem ersten Wärmetauscher 21, einem zweiten Wärmetauscher 22, einem ersten Ventil 24, einem Speichervolumen 32 und einem weiteren Rezirkulationsabschnitt 14 zur Rezirkulation von Abluft 5 gezeigt. Zusätzlich
10 zu den konstruktiven Merkmalen der Strahlpumpe 16 kann die Rezirkulationsrate RR des Abgases 8 mittels eines ersten Ventils 24 geregelt werden. Aus einem Speichervolumen 32 kann dem Primärstrom 18 und/oder dem Sekundärstrom 20 der Strahlpumpe 16 wenigstens ein weiteres Gas oder Gasgemisch zugeführt werden. In Fig. 4 gezeigt ist eine Zuführung von einem Gas aus einem Speichervolumen 32 in
15 den Sekundärstrom 20 der rezirkulierten Abluft 5.

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

Bezugszeichenliste

1	Brennstoffzellenstapel
2	Luft
3	Luftzuführabschnitt
4	Abluftabschnitt
5	Abluft
6	Hauptmedium
7	Zuführabschnitt
8	Abgas
9	Abgasabführabschnitt
11	Verdampfeinheit
12	Pumpe
14	Rezirkulationsabschnitt
16	Strahlpumpe
18	Primärstrom
20	Sekundärstrom
21	erster Wärmetauscher
22	zweiter Wärmetauscher
24	erste Ventile
26	zweites Ventil
28	Luftzuführgebläse
30	Nutzgaszufuhrabschnitt
32	Speichervolumen
34	Rezirkulationsgebläse
36	Kontrolleinheit
100	Brennstoffzellensystem
A	Anodenabschnitt
K	Kathodenabschnitt
RR	Rezirkulationsrate

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (100), aufweisend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (1) mit wenigstens einem Kathodenabschnitt (K) und wenigstens einem Anodenabschnitt (A), einen Luftzuführabschnitt (2) zum Zuführen von Luft (2) zum Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1), einen Abluftabschnitt (4) zum Abführen von Abluft (5) von dem Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1), sowie einen Zuführabschnitt (7) zum Zuführen von wenigstens einem Hauptmedium (6) zum Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1), einen Abgasabführabschnitt (9) zum Abführen von einem Abgas (8) von dem Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1), sowie einer Pumpe (12) zur Förderung von dem wenigstens einen Hauptmedium (6),
dadurch gekennzeichnet, dass
der Abgasabführabschnitt (9) über einen Rezirkulationsabschnitt (14) mit dem Zuführabschnitt (7) stromabwärts der Pumpe (12) fluidkommunizierend für eine Rezirkulation von Abgas (8) verbunden ist, wobei der Rezirkulationsabschnitt (14) über eine Strahlpumpe (16) mit dem Zuführabschnitt (7) verbunden ist für eine Einbringung von rezirkuliertem Abgas (8) als Sekundärstrom (20) der Strahlpumpe (16) in das wenigstens eine Hauptmedium (6) als Primärstrom (18) der Strahlpumpe (16).
2. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Verdampfereinheit (11) zur Erzeugung wenigstens eines gasförmigen Hauptmediums (6) aus wenigstens einem flüssigen Hauptmedium (6) zwischen der Pumpe (11) und der Strahlpumpe (16) angeordnet ist.
3. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verdampfereinheit (11) als eine mehrstufige, insbesondere eine zweistufige, Verdampfereinheit (11) ausgebildet ist.
4. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verdampfereinheit (11) eine elektrische Verdampfereinheit oder eine

Wärmetausch-Verdampfereinheit ist, wobei die Wärmetausch-Verdampfereinheit insbesondere von dem Abgas (8) und/oder der Abluft (5) des Brennstoffzellensystem (100) beheizt wird.

5. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein erster Wärmetauscher (21) zur Erwärmung wenigstens eines flüssigen Hauptmediums (6) zwischen der Pumpe (11) und der Strahlpumpe (16) angeordnet ist, wobei das wenigstens eine erwärmte Hauptmedium (6) durch den ersten Wärmetauscher (21) derart erwärmt wird, dass das erwärmte Hauptmedium (6) durch den Druckabfall in der Strahlpumpe (16) verdampft.
6. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein zweiter Wärmetauscher (22), insbesondere mit einem Katalysator, zur Erwärmung des Hauptmediums (6) zwischen der Strahlpumpe (16) und dem Zuführabschnitt (7) des Brennstoffzellenstapels (1) angeordnet ist.
7. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein erstes Ventil (24) an dem Rezirkulationsabschnitt (14), insbesondere an dem Übergang von dem Rezirkulationsabschnitt (14) zu der Strahlpumpe (16), zum Einstellen einer Rezirkulationsrate (RR) des Abgases (8) angeordnet ist.
8. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Strahlpumpe (16) wenigstens ein zweites Ventil (26) zur Einstellung des Primärstroms (18) und/oder des Sekundärstroms (20) aufweist.
9. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Luftzuführabschnitt (3) ein Luftzuführgebläse (28) zum Einstellen einer Menge der im Luftzuführabschnitt (3) geförderten Luft (2) aufweist.

10. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Nutzgaszufuhrabschnitt (30) des Brennstoffzellensystems (100) dem Primärstrom (18) und/oder dem Sekundärstrom (20) der Strahlpumpe (16) wenigstens ein weiteres Gas oder Gasgemisch, insbesondere aus einem Speichervolumen (32), und/oder rezirkulierte Abluft (5), insbesondere über einen weiteren Rezirkulationsabschnitt (14), von dem Abluftabschnitt (4) zuführt.
11. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Rezirkulationsgebläse (34) im Rezirkulationsabschnitt (14) zum Einstellen einer Menge des im Rezirkulationsabschnitt (14) rezirkulierten Abgases (8) des Brennstoffzellenstapels (1) angeordnet ist.
12. Verfahren zur Rezirkulation von Abgas (8) in einem Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 11 aufweisend die folgenden Schritte:
- Fördern von dem Hauptmedium (6) durch die Pumpe (12),
 - Zuführen von Luft (2) über den Luftzufuhrabschnitt (3) in den Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1),
 - Zuführen von dem Hauptmedium (6) über den Zufuhrabschnitt (7) in den Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1),
 - Rezirkulation des Abgases (8) von dem Abgasabführabschnitt (9) des Kathodenabschnitts (K) über einen Rezirkulationsabschnitt (14) zu dem Zufuhrabschnitt (7) des Kathodenabschnitts (K),
 - Vermengung des rezirkulierten Abgases (8) als Sekundärstrom (20) mit dem gasförmigen Hauptmedium (6) als Primärstrom (18) in der Strahlpumpe (16),
 - Zuführen von dem vermengten Primärstrom (18) und dem Sekundärstrom (20) über den Zufuhrabschnitt (7) in den Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1).

13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Rezirkulationsrate (RR) des Brennstoffzellensystems (100) durch eine
Kontrolleinheit (36) kontrolliert wird.

Fig. 1

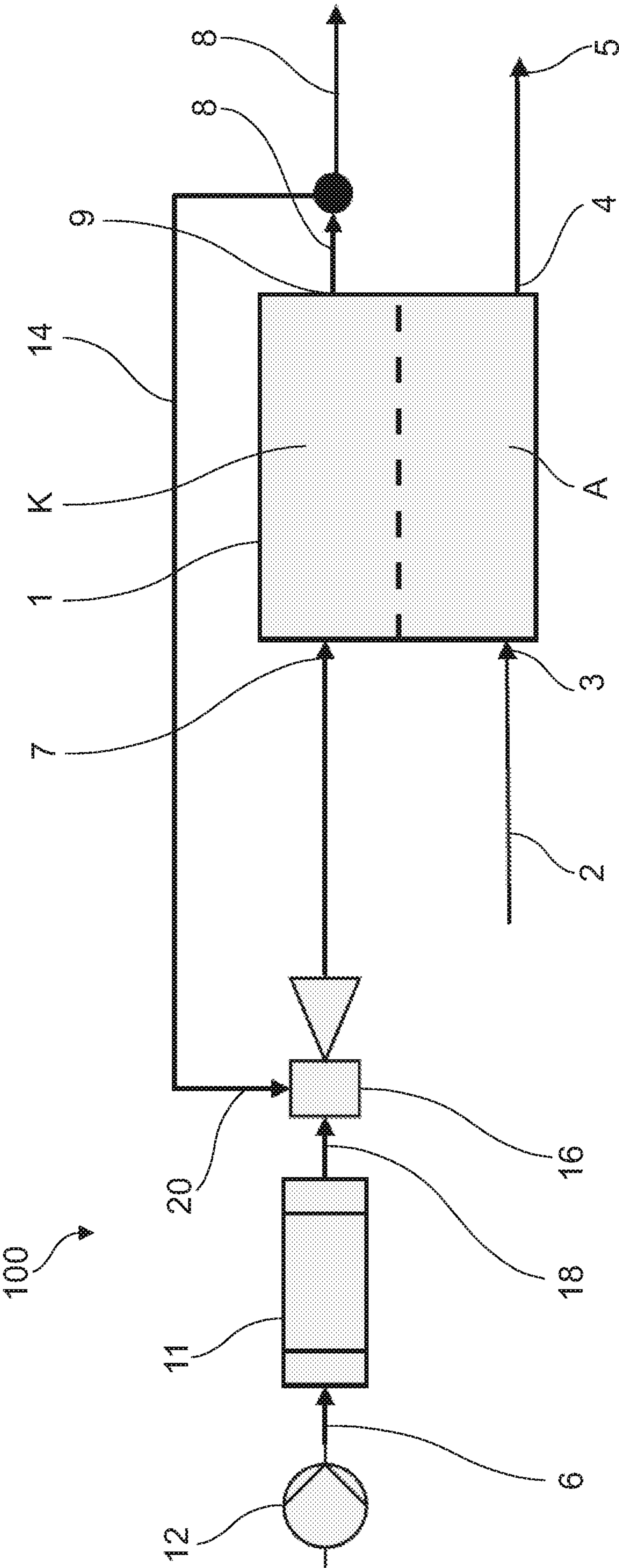


Fig. 2

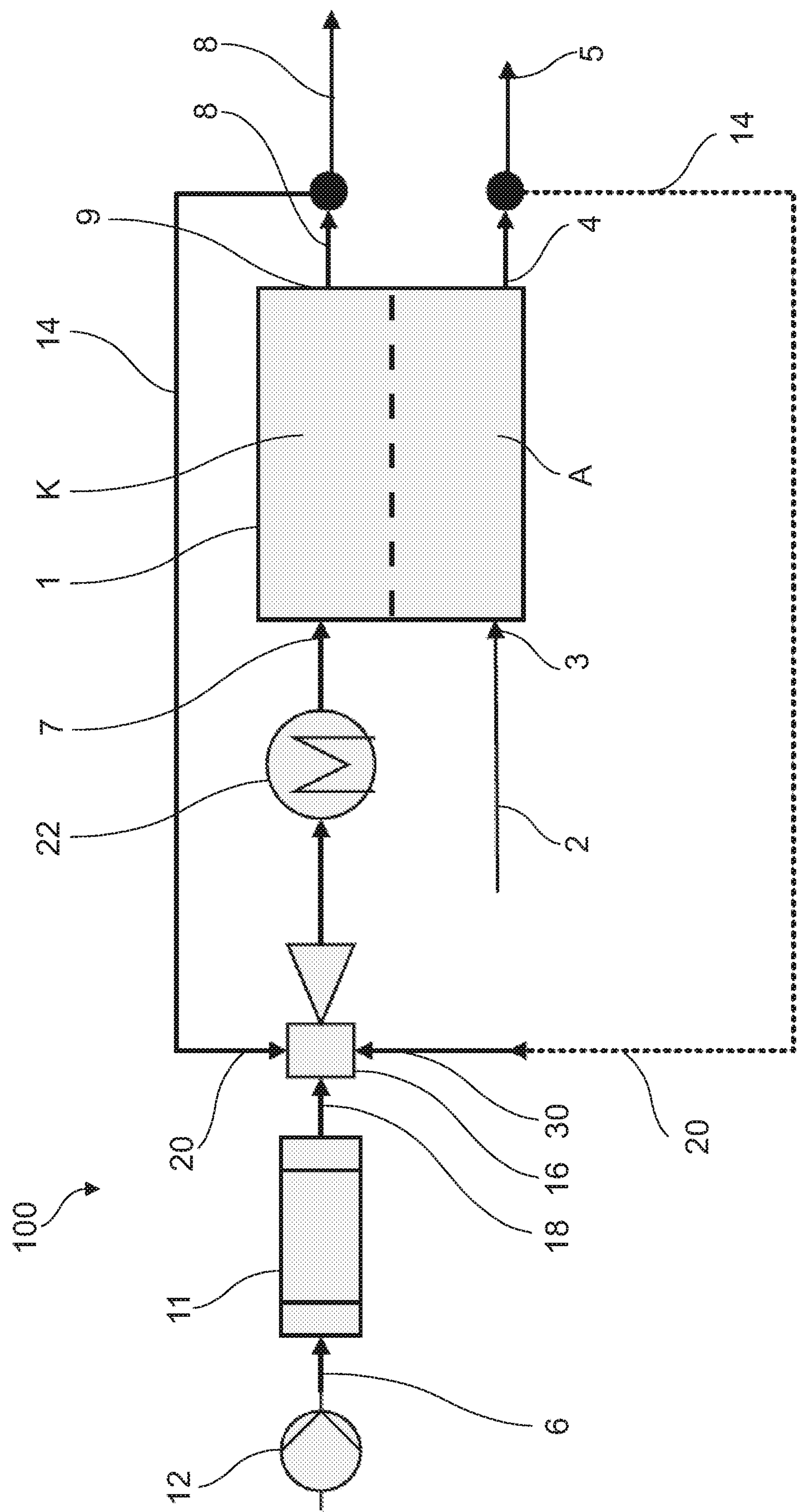


Fig. 3

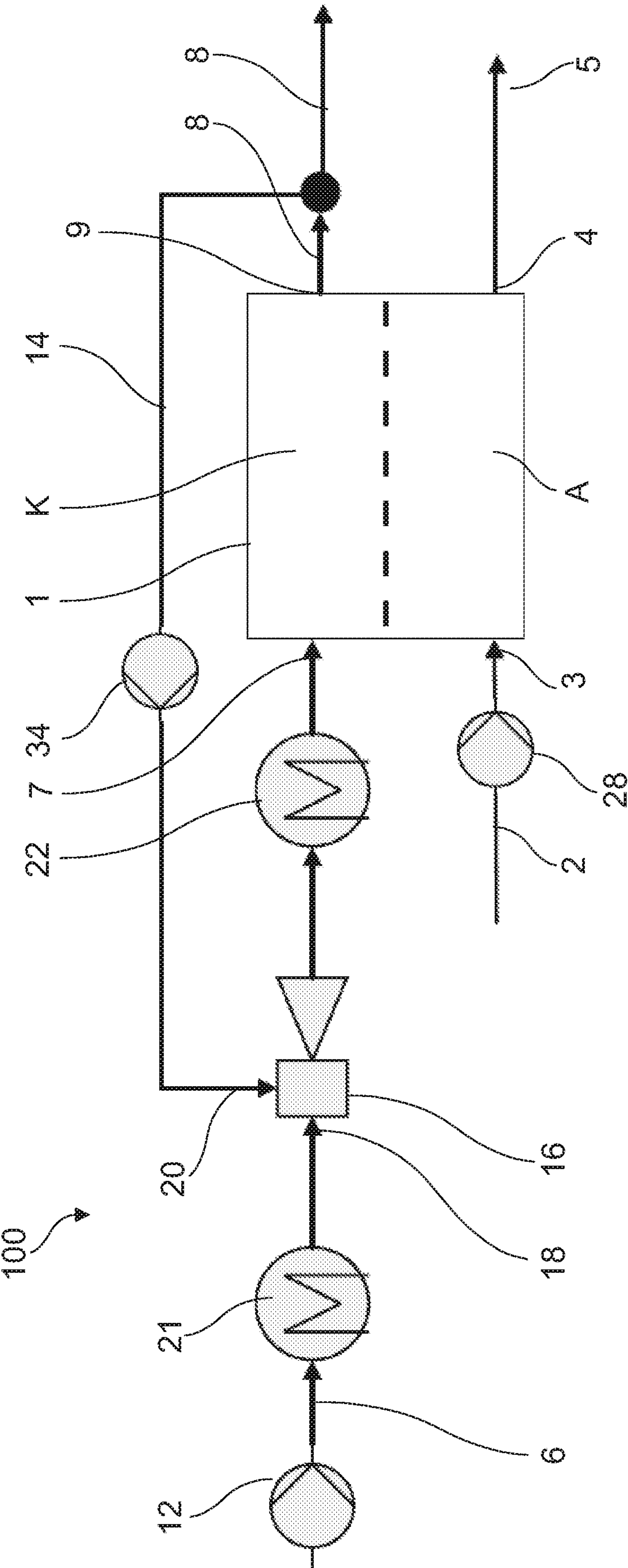
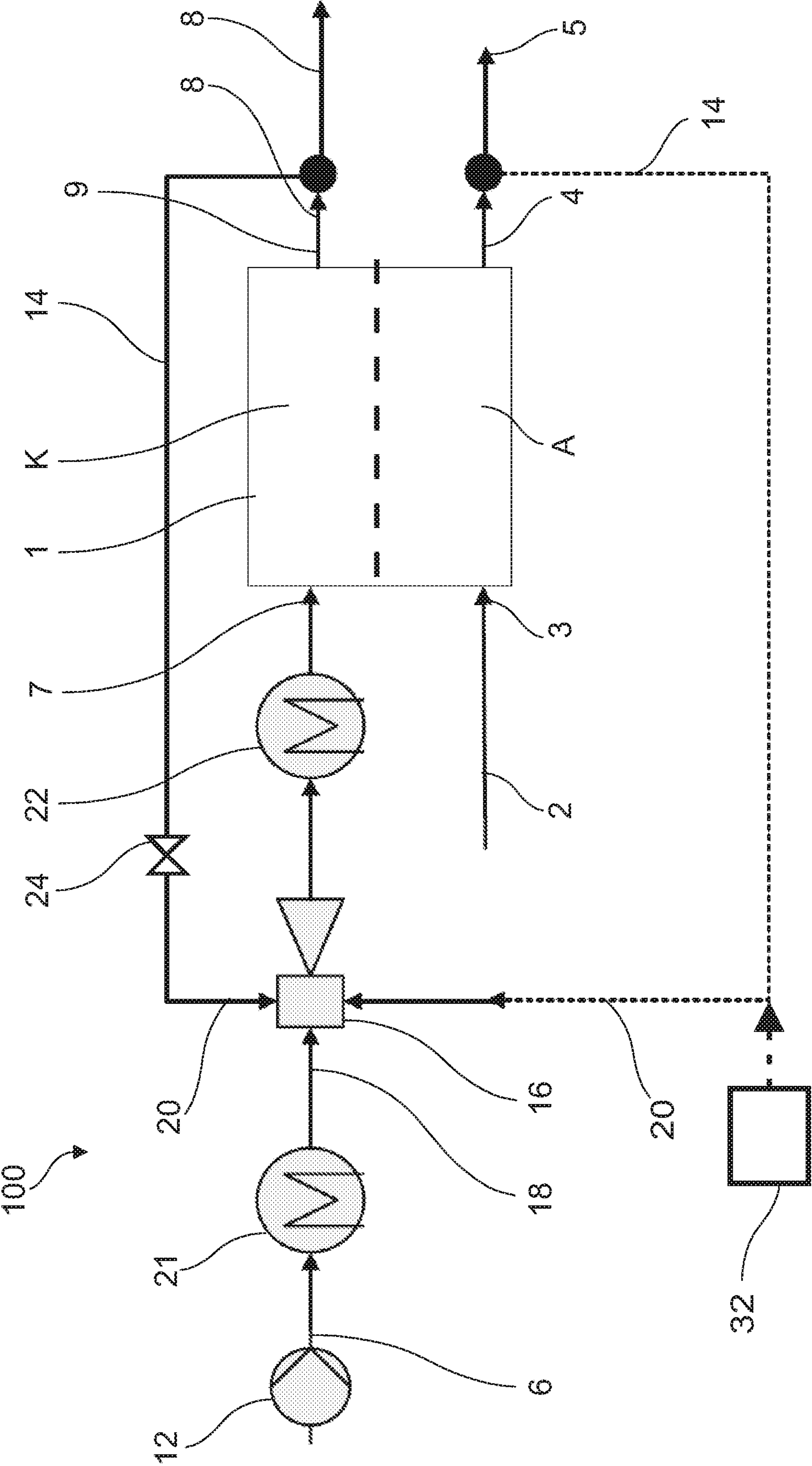


Fig. 4



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/18 (2006.01); H01M 8/04089 (2016.01); H01M 8/2425 (2016.01); H01M 8/12 (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/18 (2017.01); H01M 8/04097 (2016.02); H01M 8/2425 (2016.02); H01M 2300/0071 (2013.01); H01M 8/12 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M, C25B

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, Volltextpatentdatenbanken EN, DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 27.11.2018 eingereichten Ansprüchen 1-13 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2007063272 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB], BALESTRINO CRISTIANO [GB], AGNEW GERARD DANIEL [GB], BOZZOLO MICHELE [GB]) 07. Juni 2007 (07.06.2007) Fig. 1 und Beschreibung hierzu	1-4, 9, 12
Y		6-8, 11
Y	DE 4234151 A1 (KANSAI ELECTRIC POWER CO [JP], MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 15. April 1993 (15.04.1993) Fig. 1	7, 8, 11
Y	AT 519848 A1 (AVL LIST GMBH [AT]) 15. Oktober 2018 (15.10.2018) Fig. 1	6

Datum der Beendigung der Recherche:

18.07.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

PLESSL Christof

*) 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 Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (100), aufweisend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (1) mit wenigstens einem Kathodenabschnitt (K) und wenigstens einem Anodenabschnitt (A), einen Luftzuführabschnitt (3) zum Zuführen von Luft (2) zum Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1), einen Abluftabschnitt (4) zum Abführen von Abluft (5) von dem Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1), sowie einen Zuführabschnitt (7) zum Zuführen von wenigstens einem Hauptmedium (6) zum Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1), einen Abgasabführabschnitt (9) zum Abführen von einem Abgas (8) von dem Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1), sowie einer Pumpe (12) zur Förderung von dem wenigstens einen Hauptmedium (6), wobei der Abgasabführabschnitt (9) über einen Rezirkulationsabschnitt (14) mit dem Zuführabschnitt (7) stromabwärts der Pumpe (12) fluidkommunizierend für eine Rezirkulation von Abgas (8) verbunden ist, wobei der Rezirkulationsabschnitt (14) über eine Strahlpumpe (16) mit dem Zuführabschnitt (7) verbunden ist für eine Einbringung von rezirkuliertem Abgas (8) als Sekundärstrom (20) der Strahlpumpe (16) in das wenigstens eine Hauptmedium (6) als Primärstrom (18) der Strahlpumpe (16),
dadurch gekennzeichnet, dass
ein erster Wärmetauscher (21) zur Erwärmung wenigstens eines flüssigen Hauptmediums (6) zwischen der Pumpe (12) und der Strahlpumpe (16) angeordnet ist, wobei das wenigstens eine erwärmte Hauptmedium (6) durch den ersten Wärmetauscher (21) derart erwärmt wird, dass das erwärmte Hauptmedium (6) durch den Druckabfall in der Strahlpumpe (16) verdampft.
2. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Verdampfereinheit (11) zur Erzeugung wenigstens eines gasförmigen Hauptmediums (6) aus wenigstens einem flüssigen Hauptmedium (6) zwischen der Pumpe (12) und der Strahlpumpe (16) angeordnet ist.
3. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verdampfereinheit (11) als eine mehrstufige, insbesondere eine zweistufige, Verdampfereinheit (11) ausgebildet ist.

4. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verdampfereinheit (11) eine elektrische Verdampfereinheit oder eine Wärmetausch-Verdampfereinheit ist, wobei die Wärmetausch-Verdampfereinheit insbesondere von dem Abgas (8) und/oder der Abluft (5) des Brennstoffzellensystem (100) beheizt wird.
5. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein zweiter Wärmetauscher (22), insbesondere mit einem Katalysator, zur Erwärmung des Hauptmediums (6) zwischen der Strahlpumpe (16) und dem Zuführabschnitt (7) des Brennstoffzellenstapels (1) angeordnet ist.
6. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein erstes Ventil (24) an dem Rezirkulationsabschnitt (14), insbesondere an dem Übergang von dem Rezirkulationsabschnitt (14) zu der Strahlpumpe (16), zum Einstellen einer Rezirkulationsrate (RR) des Abgases (8) angeordnet ist.
7. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Strahlpumpe (16) wenigstens ein zweites Ventil zur Einstellung des Primärstroms (18) und/oder des Sekundärstroms (20) aufweist.
8. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Luftzuführabschnitt (3) ein Luftzuführgebläse (28) zum Einstellen einer Menge der im Luftzuführabschnitt (3) geförderten Luft (2) aufweist.
9. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Nutzgaszufuhrabschnitt (30) des Brennstoffzellensystems (100) dem

Primärstrom (18) und/oder dem Sekundärstrom (20) der Strahlpumpe (16) wenigstens ein weiteres Gas oder Gasgemisch, insbesondere aus einem Speichervolumen (32), und/oder rezirkulierte Abluft (5), insbesondere über einen weiteren Rezirkulationsabschnitt (14), von dem Abluftabschnitt (4) zuführt.

10. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Rezirkulationsgebläse (34) im Rezirkulationsabschnitt (14) zum Einstellen einer Menge des im Rezirkulationsabschnitt (14) rezirkulierten Abgases (8) des Brennstoffzellenstapels (1) angeordnet ist.
11. Verfahren zur Rezirkulation von Abgas (8) in einem Brennstoffzellensystem (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 10 aufweisend die folgenden Schritte:
 - Fördern von dem Hauptmedium (6) durch die Pumpe (12),
 - Zuführen von Luft (2) über den Luftzuführabschnitt (3) in den Anodenabschnitt (A) des Brennstoffzellenstapels (1),
 - Zuführen von dem Hauptmedium (6) über den Zuführabschnitt (7) in den Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1),
 - Rezirkulation des Abgases (8) von dem Abgasabführabschnitt (9) des Kathodenabschnitts (K) über einen Rezirkulationsabschnitt (14) zu dem Zuführabschnitt (7) des Kathodenabschnitts (K),
 - Vermengung des rezirkulierten Abgases (8) als Sekundärstrom (20) mit dem gasförmigen Hauptmedium (6) als Primärstrom (18) in der Strahlpumpe (16),
 - Zuführen von dem vermengten Primärstrom (18) und dem Sekundärstrom (20) über den Zuführabschnitt (7) in den Kathodenabschnitt (K) des Brennstoffzellenstapels (1).
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Rezirkulationsrate (RR) des Brennstoffzellensystems (100) durch eine Kontrolleinheit kontrolliert wird.