

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50385/2021
(22) Anmeldetag: 18.05.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2022

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04089** (2016.01)
F04F 5/16 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102019204723 A1
DE 102007004590 A1
US 2014329156 A1

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

(72) Erfinder:
NEUBAUER Raphael Dr. techn.
8042 Graz (AT)
PÖSCHL Robert Dr.
8111 Judendorf-Straßengel (AT)
HOFER Marlies Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)
REITER Bernd Dipl.-Ing.
8010 Kainbach bei Graz (AT)
SCHLUCKNER Christoph Dr.
8402 Werndorf (AT)
MATHÉ Jörg Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.
8020 Graz (AT)

(54) **Strahlpumpenvorrichtung für eine Rezirkulationsvorrichtung eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strahlpumpenvorrichtung (10) für eine Rezirkulationsvorrichtung (140) zur Rezirkulation von Rezirkulationsgas (RG) in einen Anodenzuführabschnitt (122) eines Brennstoffzellenstapels (110) eines Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Treibanschluss (20) zur fluidkommunizierenden Einbindung in den Anodenzuführabschnitt (122), einen Sauganschluss (30) zur fluidkommunizierenden Verbindung mit einer Rezirkulationsleitung (142) der Rezirkulationsvorrichtung (140) und einen Auslassanschluss (40) zum Auslass von Anodenzuführgas (AZG) zum Anodenabschnitt (120) des Brennstoffzellenstapels (110), wobei zwischen dem Treibanschluss (20) und dem Auslassanschluss (40) ein Mischabschnitt (50) angeordnet ist für ein Vermischen von über den Sauganschluss (30) angesaugtem Rezirkulationsgas (RG) und über den Treibanschluss (20) eingebrachtem Anodenzuführgas

(AZG), wobei weiter der Treibanschluss (20) zum Mischabschnitt (50) hin einen aufweitungsfreien oder im Wesentlichen aufweitungsfreien Strömungsquerschnitt (SQ) aufweist für eine Ausbildung einer Unterschallströmung im Mischabschnitt (50).

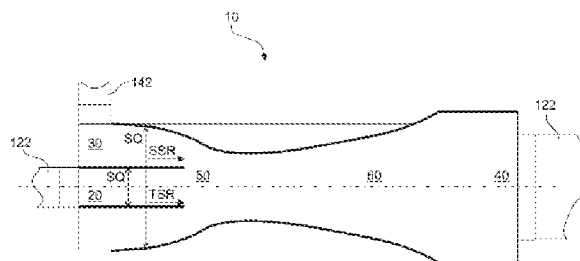


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strahlpumpenvorrichtung (10) für eine Rezirkulationsvorrichtung (140) zur Rezirkulation von Rezirkulationsgas (RG) in einen Anodenzuführabschnitt (122) eines Brennstoffzellenstapels (110) eines Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Treibanschluss (20) zur fluidkommunizierenden Einbindung in den Anodenzuführabschnitt (122), einen Sauganschluss (30) zur fluidkommunizierenden Verbindung mit einer Rezirkulationsleitung (142) der Rezirkulationsvorrichtung (140) und einen Auslassanschluss (40) zum Auslass von Anodenzuführgas (AZG) zum Anodenabschnitt (120) des Brennstoffzellenstapels (110), wobei zwischen dem Treibanschluss (20) und dem Auslassanschluss (40) ein Mischabschnitt (50) angeordnet ist für ein Vermischen von über den Sauganschluss (30) angesaugtem Rezirkulationsgas (RG) und über den Treibanschluss (20) eingebrachtem Anodenzuführgas (AZG), wobei weiter der Treibanschluss (20) zum Mischabschnitt (50) hin einen aufweitungsfreien oder im Wesentlichen aufweitungsfreien Strömungsquerschnitt (SQ) aufweist für eine Ausbildung einer Unterschallströmung im Mischabschnitt (50).

Fig. 1

Strahlpumpenvorrichtung für eine Rezirkulationsvorrichtung eines Brennstoffzellensystems

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strahlpumpenvorrichtung für eine Rezirkulationsvorrichtung eines Brennstoffzellensystems sowie ein Brennstoffzellensystem mit einer solchen Strahlpumpenvorrichtung.

Es ist bekannt, dass Brennstoffzellensysteme Rezirkulationsvorrichtungen aufweisen, um zumindest einen Teil des entstehenden Anodenabgases vom Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels in den Anodenzuführabschnitt rezirkulieren zu können. Da das Anodenabgas je nach Betriebssituation des Brennstoffzellensystems noch unverbrannten Restbrennstoff aufweisen kann, wird durch die Rezirkulation eine Effizienzsteigerung für den Betrieb des Brennstoffzellensystems möglich. Bekannte Lösungen dienen der Rezirkulation durch entsprechende Rezirkulationsleitungen. In solchen Rezirkulationsleitungen sind entweder aktive Fördervorrichtungen wie Gebläsevorrichtungen oder passive Fördervorrichtungen wie Ejektorvorrichtungen vorgesehen. Eine Ejektorvorrichtung ist dabei üblicherweise mit einem Treibanschluss, welcher auch als Primärseite bezeichnet werden kann, und einem Sauganschluss, welcher auch als Sekundärseite bezeichnet werden kann, ausgestattet.

Bei bekannten Lösungen mündet die Rezirkulationsleitung im Sauganschluss der Ejektorvorrichtung, während der Treibanschluss und auch der Auslassanschluss der Ejektorvorrichtung einen Teil im Fluidpfad des Anodenzuführabschnitts ausbilden. Brennstoff oder ein Anodenzuführgas, welches Brennstoff enthält, wird also an den Treibanschluss der Ejektorvorrichtung gefördert und stellt auf diese Weise eine Saugleistung am Sauganschluss der Ejektorvorrichtung zur Verfügung. Über diese Saugleistung wird das Rezirkulationsgas in die Ejektorvorrichtung eingesaugt und dort mit dem am Treibanschluss eingebrachten Anodenzuführgas vermischt. Das neue Gemisch aus Anodenzuführgas und Rezirkulationsgas wird nun dem Anodenabschnitt zur Verbrennung zugeführt.

Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass die Ejektorvorrichtungen hinsichtlich der geförderten Menge an Rezirkulationsgas begrenzt sind. Werden größere Mengen an Rezirkulationsgas gewünscht, um beispielsweise hohe Rezirkulationsraten für das Brennstoffzellensystem zu ermöglichen, so ist dies nur mit einer Überschallsituation, also mit einer Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Ejektorvor-

richtung oberhalb der Schallgeschwindigkeit, möglich. Neben dem konstruktiven Aufwand, welcher mit einer Überschalleignung für die Ejektorvorrichtung einhergeht, ist hierfür ein hoher Primärdruck am Treibanschluss der Ejektorvorrichtung notwendig. Zum konstruktiven Aufwand kommt also noch die notwendige Verdichterarbeit, um diesen hohen Primärdruck am Treibanschluss der Ejektorvorrichtung anzulegen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine möglichst effiziente Rezirkulation mit einer Strahlpumpenvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem zur Verfügung stellen zu können.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst, durch eine Strahlpumpenvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 8. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Erfindungsgemäß dient eine Strahlpumpenvorrichtung einer Rezirkulation von Rezirkulationsgas in einen Anodenzuführabschnitt eines Brennstoffzellenstapels eines Brennstoffzellensystems. Hierfür weist die Strahlpumpenvorrichtung einen Treibanschluss zur fluidkommunizierenden Einbindung in den Anodenzuführabschnitt auf. Weiter ist ein Sauganschluss zur fluidkommunizierenden Verbindung mit einer Rezirkulationsleitung der Rezirkulationsvorrichtung vorgesehen. Ein Auslassanschluss der Strahlpumpenvorrichtung dient dem Auslass von Anodenzuführgas zum Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels. Zwischen dem Treibanschluss und dem Auslassanschluss ist in der Strahlpumpenvorrichtung ein Mischabschnitt angeordnet, für ein Vermischen von über den Sauganschluss angesaugtem Rezirkulationsgas und über den Treibanschluss eingebrachtem Anodenzuführgas. Weiter ist der Treibanschluss zum Mischabschnitt hin mit einem aufweitungsfreien oder im Wesentlichen aufweitungsfreien Strömungsquerschnitt ausgestattet, für eine Ausbildung einer Unterschallströmung im Misch- und insbesondere in einem Diffusorabschnitt. Ein sol-

cher Diffusorabschnitt dient zur Rückgewinnung der kinetischen Energie in Druckenergie welche für die Strömung durch den Brennstoffstapel erforderlich ist. Die Strahlpumpenvorrichtung ist insbesondere als Saugstrahlpumpe ausgebildet. Grundsätzlich kann die Strahlpumpenvorrichtung auch als Ejektorvorrichtung für eine Ausbildung einer oben beschriebenen Unterschallströmung ausgebildet sein

Eine erfindungsgemäße Strahlpumpenvorrichtung basiert auf dem Grundkonzept einer bekannten Strahlpumpenvorrichtung, für die Einbringung von Rezirkulationsgas in den Anodenzuführabschnitt. Für die Integration in den Anodenzuführabschnitt ist die Strahlpumpenvorrichtung mit einem Treibanschluss für die Aufnahme des Anodenzuführgases und einem Auslassanschluss für die Abgabe des Anodenzuführgases zum Anodenabschnitt ausgestattet. Um nun eine Saugleistung für anzusaugendes Rezirkulationsgas zur Verfügung stellen zu können, ist zwischen dem Treibanschluss und dem Auslassanschluss ein Mischabschnitt vorgesehen, in welchem die Saugwirkung für das Ansaugen des Rezirkulationsgases ausgebildet wird. Das Ansaugen erfolgt hier beispielsweise durch das Venturi-Prinzip, also durch Geschwindigkeitsunterschiede und dementsprechendes Mitreißen eines seitlich eingebrachten Gases. Dabei ist es für die erfindungsgemäße Ausgestaltung unerheblich, wie die tatsächliche geometrische Korrelation zwischen Treibanschluss und Sauganschluss gebildet wird. Es können runde Strömungsquerschnitte, rechteckige Strömungsquerschnitte oder Kombinationen unterschiedlicher Strömungsquerschnitte eingesetzt werden. Auch sind konzentrische, teilkonzentrische oder auch quer zueinander angeordnete Ausrichtungen des Treibanschlusses zum Sauganschluss im Rahmen der vorliegenden Erfindung denkbar.

Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass der Treibanschluss, zumindest im Bereich zum Mischabschnitt hin, sich aufweitungsfrei mit seinem Strömungsquerschnitt verhält. Das bedeutet, dass der Strömungsquerschnitt im einfachsten Fall in den Mischabschnitt in konstanter oder im Wesentlichen konstanter Weise übergeht. Es ist auch möglich, dass der letzte Abschnitt des Treibanschlusses einen konstanten oder im Wesentlichen konstanten Strömungsquerschnitt aufweist. Jedoch sind grundsätzlich auch Ausführungsformen möglich, bei welchen sich der Treibanschluss vor der Öffnung zum Mischabschnitt hin verengt und damit der Strömungsquerschnitt sich verringert. Entscheidend für die erfindungsgemäße Ausbildung einer Unterschallströmung im Mischabschnitt ist es, dass bei konstantem Strömungsquerschnitt und/oder bei sich verengendem Strömungsquerschnitt, dieser sich zum

Mischabschnitt hin nicht oder im Wesentlichen nicht aufweitet. Ein Aufweiten eines Treibanschlusses zum Mischabschnitt könnte eine Lavaldüsenfunktion zur Folge haben, welche bei ausreichend hoher Druckversorgung mit einer starken Beschleunigung des am Treibanschluss anliegenden Anodenzuführgases einhergehen würde. Bekannte Strahlpumpenvorrichtungen setzen bewusst auf dieses Lavaldüsenprinzip und konstruieren den Treibanschluss explizit mit einer bewussten Aufweitung im Strömungsquerschnitt, um eine aktive Beschleunigung des Anodenzuführgases zu erzielen. Dies führt zu verstärkter Saugleistung am Sauganschluss und entsprechend hoher Ansaugmöglichkeit auch für größere Mengen Rezirkulationsgas.

Der erfindungsgemäße Kerngedanke zielt darauf ab eine Beschleunigung des Anodenzuführgases im Treibanschluss zum Mischabschnitt so zu gestalten, dass eine Unterschallströmung im gesamten Ejektorbereich gewährleistet wird. Dies führt dazu, dass zwar grundsätzlich die Saugleistung geringer ausfällt, jedoch der notwendige Primärdruck am Treibanschluss ebenfalls deutlich geringer ausfallen kann. Neben einer Reduktion des Konstruktionsaufwandes bei unterschallbetriebenen Mischabschnitten führt dies zu einer größeren Effizienz beim Betrieb des Brennstoffzellensystems, da eine geringere Verdichterarbeit notwendig ist, um den entsprechend reduzierten Primärdruck am Treibanschluss der Strahlpumpenvorrichtung zur Verfügung zu stellen.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Strahlpumpenvorrichtung sind nicht nur Anwendungs- und Platzierungsvorteile erreicht, sondern es muss dadurch auch weniger Wärme abgeführt werden und es ist weniger Wärmeenergie für ein Rezirkulationsgebläse notwendig.

Dabei ist insbesondere darauf hinzuweisen, dass das Verhältnis zwischen der Saugleistung am Sauganschluss und dem Primärdruck am Treibanschluss für Überschallejektoren üblicherweise nicht linear im gesamten Betriebsfeld ist. Dies gilt insbesondere im Bereich des Wechsels vom Unterschallbetrieb in einen Überschallbetrieb. Mit anderen Worten muss für eine Verdoppelung der Saugleistung eine deutlich größere Druckerhöhung als eine Verdoppelung des Drucks am Primäranschluss erfolgen. In umgekehrter Richtung kann bei einer Reduktion der notwendigen Saugleistung eine deutlich stärkere Reduktion der notwendigen Verdichterleistung und des entsprechenden Drucks am Treibanschluss zur Verfügung gestellt werden. Unterschallejektoren zeichnen sich hingegen durch annähernd lineare Zusammenhänge ab, wes-

halb dadurch das Regel- und Steuerverhalten signifikant vereinfacht wird. Insbesondere wird durch die erfindungsgemäße Unterschallausgestaltung ein linearer oder im Wesentlichen linearer Zusammenhang zwischen Treibanschluss und Sauganschluss möglich.

Eine erfindungsgemäße Strahlpumpenvorrichtung wird, wie dies später noch erläutert wird, insbesondere in Kombination mit einer zweiten oder weiteren Stufen von Strahlpumpenvorrichtungen oder im Zusammenspiel mit einer Gebläsevorrichtung in der Rezirkulationsvorrichtung eingesetzt. Dies erlaubt es, trotz der reduzierten Strömungsmenge und Saugleistung in der erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung, eine hohe Gesamt-Rezirkulationsrate für das Brennstoffzellensystem zur Verfügung stellen zu können.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung zum Ausbilden einer Unterschallströmung im Mischabschnitt, kann beispielsweise der dafür benötigte Primärdruck am Treibanschluss von circa 5bar bei bisher bekannten Strahlpumpenvorrichtungen auf weit mehr als ein Fünftel, also deutlich unter 1bar, reduziert werden. Trotz der Reduktion um z.B. den Faktor 10 wird die entsprechende Saugleistung am Sauganschluss bei diesem Beispiel von circa 60mbar bei einem Primärdruck von 5bar nur auf circa 30mbar bei circa 500mbar Primärdruck halbiert. Allerdings reduziert sich auch die förderbare Menge an Anodengas (also die Rezirkulationsrate) um z. B. einen Faktor 5. Hier wird gut ersichtlich, wie stark die Vermeidung der nicht linearen Abhängigkeit zwischen Primärdruck und Saugleistung die erfindungsgemäßen Vorteile in Form eines Unterschallbetriebs zur Verfügung stellt.

Es kann vorteilhaft sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung der Treibanschluss einen konstanten oder im Wesentlichen konstanten Strömungsquerschnitt aufweist. Dies gilt insbesondere für den letzten Abschnitt des Treibanschlusses vor der Öffnung zum Mischabschnitt hin. Im einfachsten Fall ist der Treibanschluss dort im Wesentlichen mit vollständig konstantem Strömungsquerschnitt, also beispielsweise rohrförmig, ausgebildet. Insbesondere ist bei dieser Ausführungsform der Treibanschluss mit einem runden Strömungsquerschnitt ausgebildet.

Vorteile bringt es ebenfalls mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung der Treibanschluss wenigstens abschnittsweise innerhalb des Sauganschlusses, insbesondere wenigstens abschnittsweise konzentrisch im Saugan-

schluss, angeordnet ist. Eine konzentrische Anordnung, oder eine Anordnung in den Sauganschluss integriert, führt zu einer deutlich kompakteren Bauweise der Strahlpumpenvorrichtung. Bevorzugt umgibt der Sauganschluss den Treibanschluss, so dass eine symmetrische oder im Wesentlichen symmetrische Aufteilung der Saugleistung auf den zugehörigen Strömungsumfang des Sauganschlusses gewährleistet wird. Bei dieser Ausbildung des in den Sauganschluss integrierten Treibanschlusses handelt es sich also um eine Alternative zu einer seitlichen Einbindung des Sauganschlusses, welche auch als Y-Anordnung bezeichnet werden kann. Die Ansaugung erfolgt dabei vorzugsweise gleichmäßig über den gesamten Sauganschluss.

Weitere Vorteile sind erzielbar, wenn bei einer erfindungsgemäßen konzentrischen Strahlpumpenvorrichtung der Treibanschluss und/oder der Sauganschluss und/oder der Mischabschnitt und/oder der Auslassanschluss einen runden oder im Wesentlichen runden Strömungsquerschnitt aufweisen. Ein runder Strömungsquerschnitt ist insbesondere hinsichtlich der Fertigung mit großen Vorteilen versehen. Bevorzugt sind daher alle Teilabschnitte der Strahlpumpenvorrichtung mit einem runden oder im Wesentlichen runden Strömungsquerschnitt ausgestattet. Auch führt ein runder Strömungsquerschnitt für den jeweiligen Abschnitt zu einem sehr geringen Druckverlust und zusätzlich zu einem möglichst geringem Strömungswiderstand, wodurch die Effizienz beim Durchströmen der Strahlpumpenvorrichtung noch weiter gesteigert werden kann.

Hingegen könnte sich bei einer Y-Anordnung ein flach-rechteckiger oder trapezförmiger Querschnitt als besonders günstig herausstellen, da die Fläche der Wechselwirkung zwischen TSR und SSR dadurch vergrößert wird.

Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn bei einer erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung der Treibanschluss frei von einer Lavaldüse ausgebildet ist. Es wird also explizit eine Lavaldüsenwirkung im Treibanschluss vermieden, und auf diese Weise eine Beschleunigung des Anodenzuführungsgases in den Mischabschnitt hinein, entweder so weit reduziert, dass die gewünschte Unterschallströmung im Mischabschnitt erreicht wird, um unnötige Reibungsverluste zu vermeiden.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung liegt darin das Anwendungsgebiet für Ejektoren massiv zu erweitern, auch für Anwendungen bei denen der Treibanschluss nicht über die erforderliche überkritische Druckversorgungen verfügt um Überschall erzeugen zu können. Dadurch werden Verschaltungen im

Rezirkulationssystem möglich, bei welchen ohne das erfindungsgemäße Ejektorprinzip weitere Zwischengebläse erforderlich wären.

Weitere Vorteile sind erzielbar, wenn bei einer erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung die Saug-Strömungsrichtung im Sauganschluss mit der Treib-Strömungsrichtung im Treibanschluss einen definierten Ejektorwinkel ausbildet, wobei der Ejektorwinkel insbesondere als spitzer Winkel ausgebildet ist. Bei einer konzentrischen Auslegung des Sauganschlusses ist der Ejektorwinkel 0° beziehungsweise 180° . Bei der bereits erläuterten Y-Anordnung zwischen Sauganschluss und Treibanschluss kann der Ejektorwinkel je nach Betriebsweise optimiert werden. Beispielsweise kann durch Simulationen oder am Prüfstand ermittelt werden, bei welchen Ejektorwinkeln die maximale Saugleistung bei idealen Strömungsverhältnissen im Unterschallbetrieb im Mischabschnitt erreicht werden kann.

Vorteile bringt es darüber hinaus mit sich, wenn bei einer erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung zwischen dem Mischabschnitt und dem Auslassanschluss ein Diffusorabschnitt angeordnet ist, für ein Ausbilden eines mittleren Druckniveaus für das Anodenzuführgas. Ein solcher Diffusorabschnitt beinhaltet insbesondere einen sich öffnenden Strömungsquerschnitt, sodass zum einen das Vermischen der Gase des Anodenzuführgases aus dem Treibanschluss und des Rezirkulationsgases verbessert und zum anderen eine Reduktion der Geschwindigkeit des Gemisches erzeugt wird, wobei die vorhandene kinetische Energie am Eintritt in den Diffusor in Erhöhung des Druckes am Austritt aus dem Diffusor umgewandelt wird. Dieses entstehende Druckniveau ist dabei vorzugsweise hoch genug, um das Anodenzuführgas zusammen mit dem eingemischten Rezirkulationsgas durch den nachfolgenden Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels zu führen.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Brennstoffzellensystem für die Erzeugung von elektrischem Strom aus einem Brennstoff. Ein solches Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt auf. Der Anodenabschnitt ist mit einem Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodenzuführgas und mit einem Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas ausgestattet. Der Kathodenabschnitt ist mit einem Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas und einem Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas versehen. Das Brennstoffzellensystem weist eine Rezirkulationsvorrichtung auf, für eine Rezirkulation von Ano-

denabgas als Rezirkulationsgas über eine Rezirkulationsleitung in den Anodenzuführabschnitt. Weiter ist im Anodenzuführabschnitt eine erfindungsgemäße Strahlpumpenvorrichtung angeordnet. Die Rezirkulationsleitung mündet im Sauganschluss der Strahlpumpenvorrichtung und eine Brennstoffzufuhrleitung von einer Brennstoffquelle in dem Treibanschluss der Strahlpumpenvorrichtung. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Strahlpumpenvorrichtung erläutert worden sind. Selbstverständlich können im Brennstoffzellensystem auch noch weitere Funktionsbestandteile, wie beispielsweise eine Luftquelle, eine Reformervorrichtung, Katalysatorvorrichtungen, Verdampfer oder Wärmetauschervorrichtungen angeordnet sein.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem die Rezirkulationsleitung eine Aufteilverrichtung aufweist, für ein Aufteilen des Rezirkulationsgases auf eine erste Teil-Rezirkulationsleitung und eine zweite Teil-Rezirkulationsleitung. Wenigstens in der ersten Teil-Rezirkulationsleitung ist dabei die erfindungsgemäße Strahlpumpenvorrichtung angeordnet. Das Aufteilen erlaubt es, dass auch bei hohen benötigten Rezirkulationsraten der auf die erfindungsgemäße Strahlpumpenvorrichtung aufgeteilte Anteil an Rezirkulationsgas klein genug ist, um mit der verringerten Saugleistung im Unterschallbetrieb an der Strahlpumpenvorrichtung betrieben werden zu können. Die noch verbleibende benötigte Strömungsmenge an Rezirkulationsgas wird auf die zweite Teil-Rezirkulationsleitung aufgeteilt, welche vorzugsweise weitere Bestandteile und Funktionseinheiten für eine unterstützte Rezirkulation aufweisen kann. Hier kann auch von einer mehrstufigen Rezirkulation gesprochen werden.

Bei der Ausführungsform gemäß dem voranstehenden Absatz kann es vorteilhaft sein, wenn in der zweiten Teil-Rezirkulationsleitung wenigstens eine der folgenden Vorrichtungen angeordnet ist:

- Strahlpumpenvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung,
- Normale Strahlpumpenvorrichtung,
- Gebläsevorrichtung.

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Hier ist gut zu erkennen, dass eine zweistufige oder sogar mehrstufige Rezirkula-

tion möglich ist, wobei jede einzelne Stufe hinsichtlich der entsprechenden Notwendigkeiten so weit reduziert ist, dass die Gesamteffizienz des Rezirkulationssystems der Rezirkulationsvorrichtung verbessert werden kann. Somit wird bei einer Begrenzung der Strömungsmenge in die erfindungsgemäße Strahlpumpenvorrichtung erhöhter Bedarf in einer Rezirkulationsrate dazu führen, dass die zusätzliche Strömungsmenge an Rezirkulationsgas durch eine weitere Vorrichtung, beispielsweise eine Gebläsevorrichtung, ebenfalls in den Anodenzuführabschnitt eingeleitet wird.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung,
- Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung,
- Fig. 3 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems und
- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems.

Figur 1 zeigt schematisch eine Möglichkeit einer erfindungsgemäßen Strahlpumpenvorrichtung 10. Über einen Treibanschluss 20 kann hier Anodenzuführgas AZG von einem Anodenzuführabschnitt 122 aufgenommen werden. Das Anodenzuführgas AZG strömt durch den Treibanschluss 20, welcher hier entlang der Treib-Strömungsrichtung TSR einen konstanten Strömungsquerschnitt SQ aufweist. Sobald das Anodenzuführgas AZG nun aus dem Treibanschluss 20 in den Mischabschnitt 50 austritt, erzeugt es eine Saugwirkung auf den Sauganschluss 30. Diese Saugwirkung führt dazu, dass Rezirkulationsgas RG aus der Rezirkulationsleitung 142 in den Sauganschluss 30 eingesaugt wird. Hier ist ein sich etwas verringernder Strömungsquerschnitt SQ vorgesehen, wobei das Rezirkulationsgas RG entlang der Saug-Strömungsrichtung SSR gefördert wird, welche hier parallel oder im Wesentlichen parallel zur Treib-Strömungsrichtung TSR ausgerichtet ist. Nach dem Ansaugen findet das Vermischen mit dem Rezirkulationsgas RG im Mischabschnitt 50 statt,

sodass anschließend das neu gemischte Anodenzuführgas AZG über den Diffusorabschnitt 60 auf ein mittleres Druckniveau reduziert werden kann. In gemischter und auf das gewünschte Druckniveau gebrachter Weise kann nun die mit dem Rezirkulationsgas RG versehene Anodenzuführgasmenge über den Auslassanschluss 40 austreten und weiter über den Anodenzuführabschnitt 122 in den Anodenabschnitt 120 gefördert werden.

Durch die hier konstante Ausbildung des Strömungsquerschnittes SQ im Treibanschluss 20 entlang der Treib-Strömungsrichtung TSR wird eine Beschleunigung des Anodenzuführgases AZG in diesem letzten Bereich vermieden oder zumindest im Unterschallbereich gehalten und das Strömungsprofil stabilisiert. Es stellt sich damit eine Unterschallströmung im Mischabschnitt 50 ein, welche im Unterschallbereich die entsprechende Saugleistung am Sauganschluss 30 zur Verfügung stellt. Damit wird sichergestellt, dass die vorliegende Strahlpumpenvorrichtung 10 im Unterschallbetrieb betrieben werden kann. Bei der Ausgestaltung der Figur 1 sind die Strömungsquerschnitte SQ so gewählt, dass sich eine Aufteilung zwischen Sauganschluss 30 und Treibanschluss 20 von ca. 50:50 einstellt.

Die Figur 2 zeigt eine alternative Ausführungsform zur Figur 1, wobei hier eine Y-Anordnung zwischen Treibanschluss 20 und Sauganschluss 30 vorgesehen ist. Auch hier ist jedoch ein konstanter und insbesondere aufweitungsfreier Strömungsquerschnitt SQ für den Treibanschluss 20 vorgesehen, sodass sich auch bei dieser Y-Anordnung eine Unterschallströmungssituation im Mischabschnitt 50 einstellt. Durch Simulation oder Testbetrieb kann für diese Strahlpumpenvorrichtung 5 ein Ejektorwinkel α so optimiert werden, dass die zur Verfügung gestellte Saugleistung im Unterschallbetrieb im Mischabschnitt 50 für ein maximiertes Ansaugen von Rezirkulationsgas RG über den Sauganschluss 30 gewährleistet wird. Bei dieser Ausführungsform ist sogar zusätzlich auf eine Diffusorvorrichtung 60 verzichtet worden, was für sehr geringe RZ und damit niedrig erforderliche Saugdrücke ausreichend sein kann. Durch den deutlichen Unterschied der Strömungsquerschnitte SQ erfolgt bei dieser Ausführungsform beispielsweise eine Aufteilung von 80:20 zwischen Treibanschluss 20 und Sauganschluss 30. Für andere Aufteilungen können die Strömungsquerschnitte SQ im Verhältnis zueinander entsprechend den Anforderungen an die Strahlpumpenvorrichtung 10 unterschiedlich ausgelegt werden.

Bei den Ausführungsformen der Figur 1 und der Figur 2 kann die Konstruktionsweise der Strahlpumpenvorrichtung 10 einfacher erfolgen, da ausschließlich eine Berücksichtigung eines Unterschallbetriebes notwendig ist. Ein weiterer entscheidender Vorteil ist, dass im Unterschallbetrieb die notwendigen Betriebsdrücke am Treibanschluss 20 deutlich geringer liegen, beispielsweise um den Faktor 5, als dies im Überschallbetrieb der Fall ist. Trotz einer Reduktion des Druckbedarfs am Treibanschluss 20 um den Faktor 5, kann beispielsweise die Saugleistung nur um den Faktor 2 geringer erzielt werden, sodass die Optimierung und Reduktion des benötigten Drucks die Reduktion der Saugleistung, die damit einhergeht, deutlich übersteigt.

In der Figur 3 ist ein Brennstoffzellensystem 100 dargestellt, welches zum Erzeugen von Strom einen Brennstoffzellenstapel 110 aufweist. Dieser ist mit einem Anodenabschnitt 120 und einem Kathodenabschnitt 130 ausgestattet. Der Kathodenabschnitt 130 erhält als Kathodenzuführgas KZG Zuluft von einer Luftquelle 180 über einen Kathodenzuführabschnitt 132. Das Kathodenabgas KAG wird über den Kathodenabführabschnitt 134, hier über eine Katalysatorvorrichtung 172 und zwei weitere Wärmetauschervorrichtungen 170, wieder an die Umgebung abgeführt.

Für den Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 wird Brennstoff BS von einer Brennstoffquelle 150 über die Brennstoffzufuhrleitung 152 in das Brennstoffzellensystem 100 eingebracht. Der Brennstoff BS kann hier gasförmig, beispielsweise über eine Wärmetauschervorrichtung 170, in den Treibanschluss 20 einer Strahlpumpenvorrichtung 10 eingebracht werden. Durch dieses Einbringen entsteht die bereits erläuterte Saugwirkung am Sauganschluss 30, sodass hier über die erste Teil-Rezirkulationsleitung 146 Rezirkulationsgas RG über die Aufteilverrichtung 144 aus der Rezirkulationsleitung 142 angesaugt werden kann. Nach dem Mischen mit dem Rezirkulationsgas wird das Anodenzuführgas AZG durch die Reformervorrichtung 174 in den Anodenabschnitt 120 gefördert. Das entstehende Anodenabgas AAG wird über den Anodenabführabschnitt 124 zumindest teilweise, je nach Rezirkulationsrate, auf die Rezirkulationsleitung 142 aufgeteilt. Der verbleibende Rest des Anodenabgases AAG wird über eine Abgasleitung, ebenfalls der Katalysatorvorrichtung 172 und die bereits erläuterten Wärmetauschervorrichtungen 170, der Umgebung zugeführt.

Bei der Ausführungsform der Figur 3 ist eine mehrstufige Ausgestaltung der Rezirkulation dargestellt. Da die Strahlpumpenvorrichtung 10 hier für den Unterschallbetrieb ausgerichtet ist, ist entsprechend die Saugleistung und die damit förderbare Ge-

samtmenge oder Maximalmenge an Rezirkulationsgas RG begrenzt. Bei hohen Rezirkulationsraten muss die dann noch fehlende zusätzliche Menge an Rezirkulationsgas RG hier über die Aufteilverrichtung 144 auf die zweite Teil-Rezirkulationsleitung 148 aufgeteilt werden. Hier wird das verbleibende Rezirkulationsgas RG über eine Wärmetauschervorrichtung 170 in der Luftzufuhr geführt, welche insbesondere eine Kondensatorvorrichtung ist. Die Wärmetauschervorrichtungen 170 sind vorzugsweise gemäß den jeweiligen Anforderungen an den Einsatzpositionen im Brennstoffzellensystem 100 angepasst. So kann Kondensat abgetrennt und über einen Verdichter und eine als Verdampfungsvorrichtung ausgebildete weitere Wärmetauschervorrichtung 170 einem Treibanschluss einer weiteren Strahlpumpenvorrichtung 10 zugeführt werden. Verbleibendes Restgas nach der unten links dargestellten Wärmetauschervorrichtung 170 als Kondensatorvorrichtung kann über den Sekundäranschluss der gleichen links dargestellten Strahlpumpenvorrichtung 10 dem Anodenzuführabschnitt 122 wieder zugeführt werden. Selbstverständlich können auch drei- oder mehrstufige Strahlpumpenvorrichtungen in erfindungsgemäßer Weise eingesetzt werden.

Die Figur 4 basiert auf der Ausführungsform der Figur 3. Jedoch wurde hier anstelle einer mehrstufigen Ejektorlösung die zweite Teil-Rezirkulationsleitung 148 mit einer Gebläsevorrichtung 176 ausgestattet, welche ähnlich der Ausführungsform der Figur 3 in der Lage ist, hier durch aktive Gebläseförderung das noch fehlende Rezirkulationsgas RG zusätzlich zur Strahlpumpenvorrichtung 10 der Rezirkulation dem Anodenzuführabschnitt 122 zur Verfügung zu stellen.

Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelne Merkmale der Ausführungsformen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

10	Strahlpumpenvorrichtung
20	Treibanschluss
30	Sauganschluss
40	Auslassanschluss
50	Mischabschnitt
60	Diffusorabschnitt
100	Brennstoffzellensystem
110	Brennstoffzellenstapel
120	Anodenabschnitt
122	Anodenzuführabschnitt
124	Anodenabführabschnitt
130	Kathodenabschnitt
132	Kathodenzuführabschnitt
134	Kathodenabführabschnitt
140	Rezirkulationsvorrichtung
142	Rezirkulationsleitung
144	Aufteilverrichtung
146	erste Teil-Rezirkulationsleitung
148	zweite Teil-Rezirkulationsleitung
150	Brennstoffquelle
152	Brennstoffzufuhrleitung
170	Wärmetauschervorrichtung
172	Katalysatorvorrichtung
174	Reformervorrichtung
176	Gebläsevorrichtung
180	Luftquelle
SQ	Strömungsquerschnitt
SSR	Saug-Strömungsrichtung
TSR	Treib-Strömungsrichtung
BS	Brennstoff
RG	Rezirkulationsgas
AZG	Anodenzuführgas

AAG Anodenabgas

KZG Kathodenzuführgas

KAG Kathodenabgas

α Ejektorwinkel

Patentansprüche

1. Strahlpumpenvorrichtung (10) für eine Rezirkulationsvorrichtung (140) zur Rezirkulation von Rezirkulationsgas (RG) in einen Anodenzuführabschnitt (122) eines Brennstoffzellenstapels (110) eines Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Treibanschluss (20) zur fluidkommunizierenden Einbindung in den Anodenzuführabschnitt (122), einen Sauganschluss (30) zur fluidkommunizierenden Verbindung mit einer Rezirkulationsleitung (142) der Rezirkulationsvorrichtung (140) und einen Auslassanschluss (40) zum Auslass von Anodenzuführgas (AZG) zum Anodenabschnitt (120) des Brennstoffzellenstapels (110), wobei zwischen dem Treibanschluss (20) und dem Auslassanschluss (40) ein Mischabschnitt (50) angeordnet ist für ein Vermischen von über den Sauganschluss (30) angesaugtem Rezirkulationsgas (RG) und über den Treibanschluss (20) eingebrachtem Anodenzuführgas (AZG), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibanschluss (20) zum Mischabschnitt (50) hin einen aufweitungsfreien oder im Wesentlichen aufweitungsfreien Strömungsquerschnitt (SQ) aufweist für eine Ausbildung einer Unterschallströmung im Mischabschnitt (50).
2. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibanschluss (20) einen konstanten oder im Wesentlichen konstanten Strömungsquerschnitt (SQ) aufweist.
3. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibanschluss (20) wenigstens abschnittsweise innerhalb des Sauganschlusses (30), insbesondere wenigstens abschnittsweise konzentrisch im Sauganschluss (30), angeordnet ist.
4. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibanschluss (20) und/oder der Sauganschluss (30) und/oder der Mischabschnitt (50) und/oder der Auslassanschluss (40) einen runden oder im Wesentlichen runden Strömungsquerschnitt (SQ) aufweisen.
5. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibanschluss (20) frei von einer Lavaldüse ausgebildet ist.

6. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Saug-Strömungsrichtung (SSR) im Sauganschluss (30) mit der Treib-Strömungsrichtung (TSR) im Treibanschluss (20) einen definierten Ejektorwinkel (α) ausbildet, wobei der Ejektorwinkel (α) insbesondere als spitzer Winkel ausgebildet ist.
7. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Mischabschnitt (50) und dem Auslassanschluss (40) ein Diffusorabschnitt (60) angeordnet ist für ein Ausbilden eines mittleren Druckniveaus für das Anodenzuführgas (AZG).
8. Brennstoffzellensystem (100) für die Erzeugung von elektrischem Strom aus einem Brennstoff (BS), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) zum Zuführen von Anodenzuführgas (AZG) und einen Anodenabführabschnitt (124) zum Abführen von Anodenabgas (AAG), der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) zum Zuführen von Kathodenzuführgas (KZG) und einen Kathodenabführabschnitt (134) zum Abführen von Kathodenabgas (KAG), wobei das Brennstoffzellensystem (100) eine Rezirkulationsvorrichtung (140) aufweist für eine Rezirkulation von Anodenabgas (AAG) als Rezirkulationsgas (RG) über eine Rezirkulationsleitung (142) in den Anodenzuführabschnitt (122), wobei weiter in dem Anodenzuführabschnitt (122) eine Strahlpumpenvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 7 angeordnet ist und die Rezirkulationsleitung (142) im Sauganschluss (30) der Strahlpumpenvorrichtung (10) mündet, und weiter eine Brennstoffzufuhrleitung (152) von einer Brennstoffquelle (150) in dem Treibanschluss (20) der Strahlpumpenvorrichtung (10) mündet.
9. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Rezirkulationsleitung (142) eine Aufteilverrichtung (144) angeordnet ist für ein Aufteilen des Rezirkulationsgases (RG) auf eine erste Teil-Rezirkulationsleitung (146) und eine zweite Teil-Rezirkulationsleitung (148), wobei in wenigstens der ersten Teil-Rezirkulationsleitung (146) die Strahlpumpenvorrichtung (10) mit den Merkmalen der Ansprüche 1 bis 7 angeordnet ist.

10. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der zweiten Teil-Rezirkulationsleitung (148) wenigstens eine der folgenden Vorrichtungen angeordnet ist:
- Strahlpumpenvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 7
 - Normale Strahlpumpenvorrichtung
 - Gebläsevorrichtung (176)

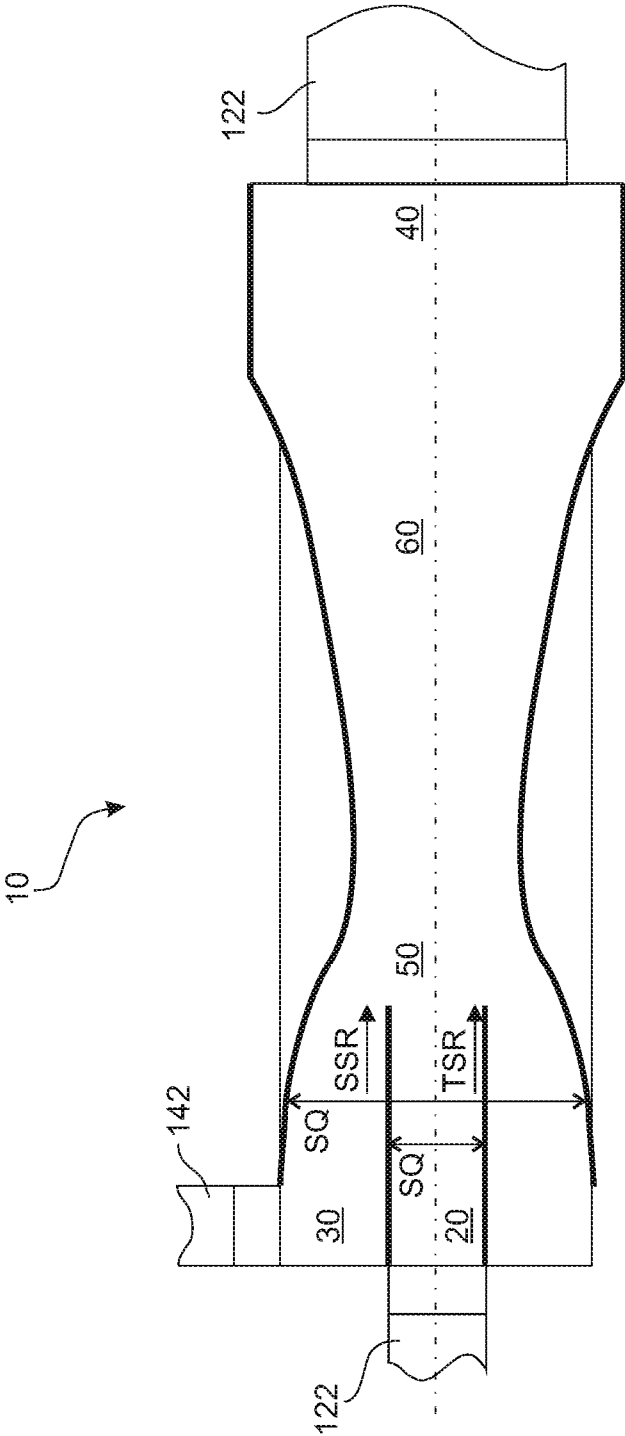


Fig. 1

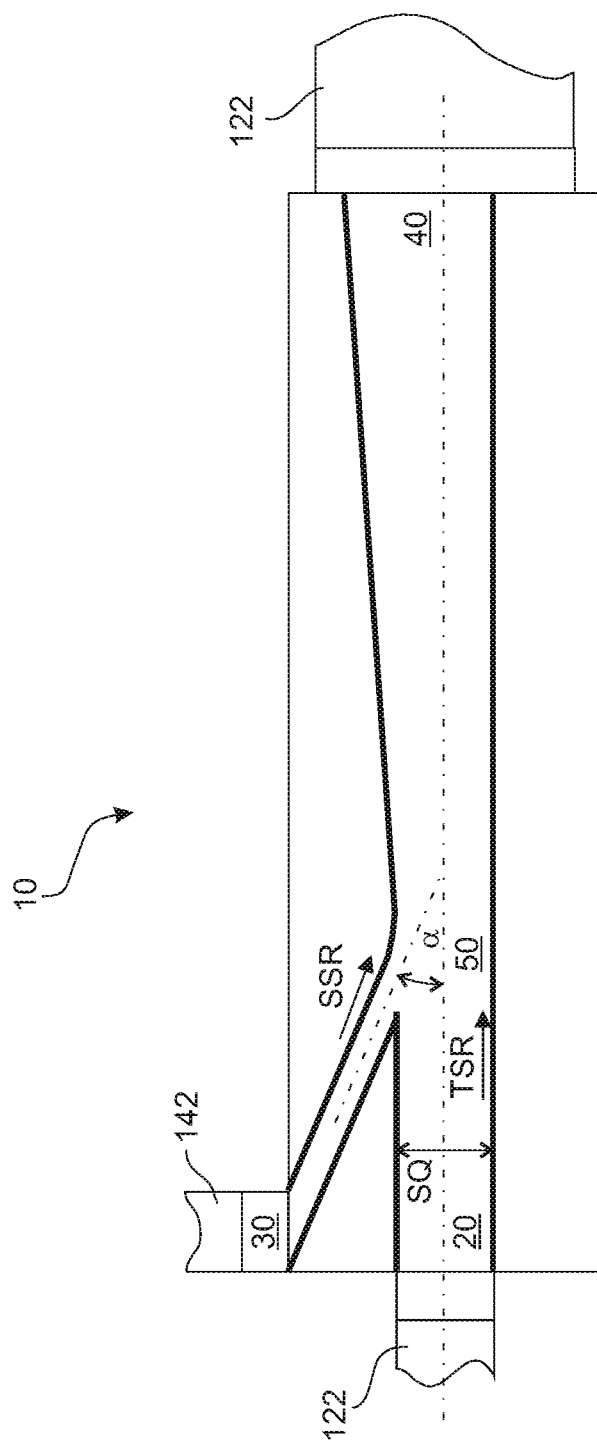


Fig. 2

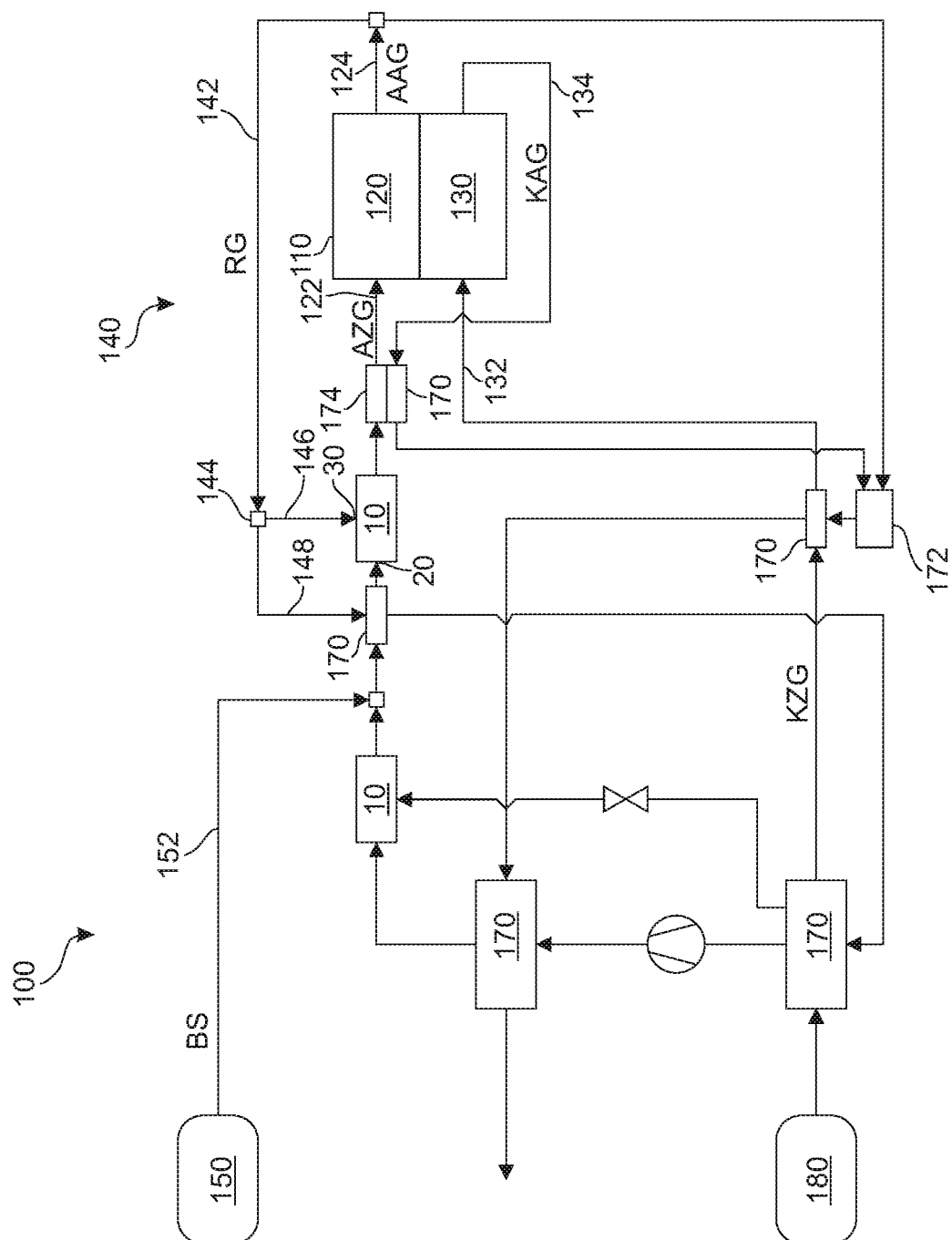


Fig. 3

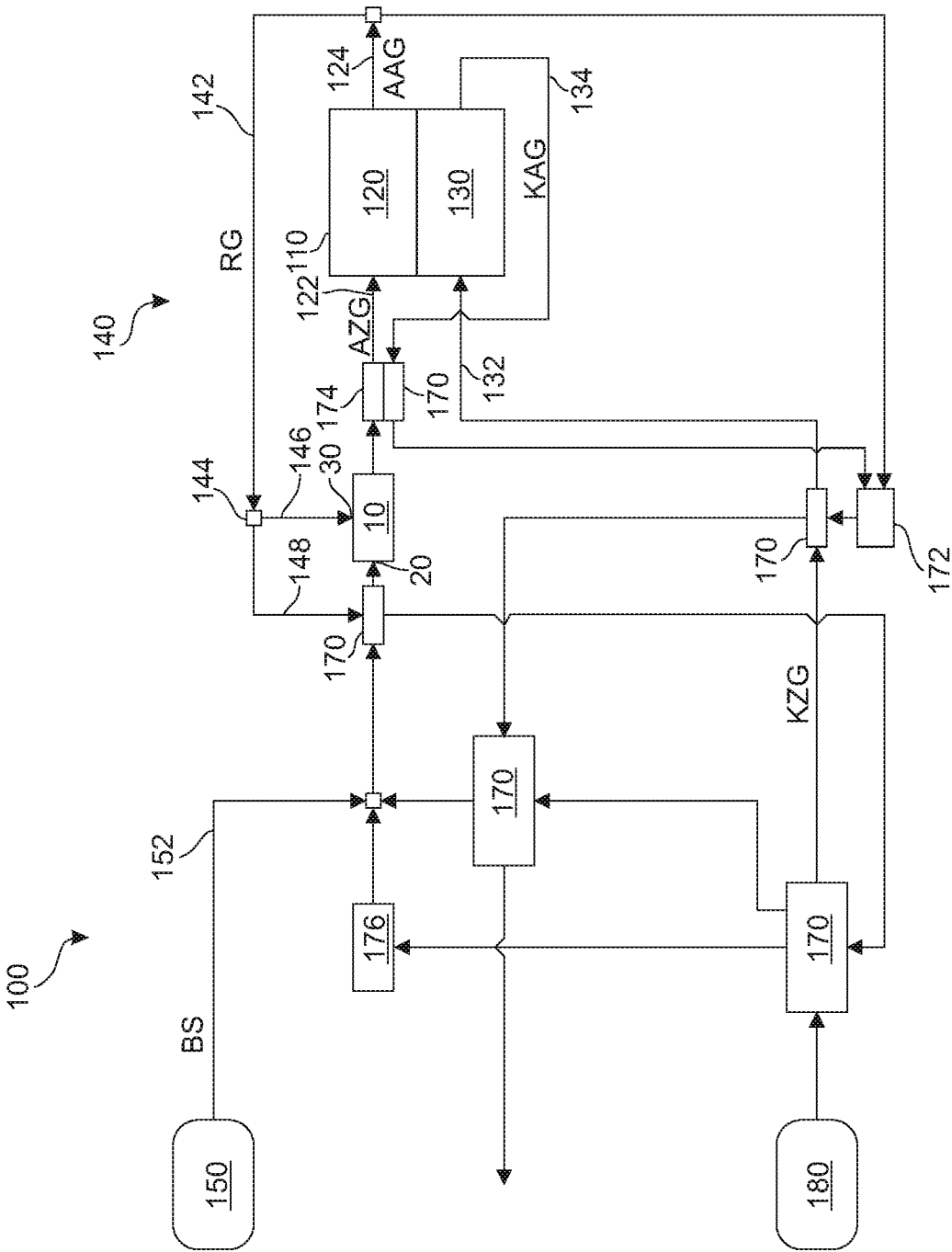


Fig. 4

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
H01M 8/04089 (2016.01); **F04F 5/16** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
H01M 8/04097 (2016.02); **F04F 5/16** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
H01M, F04F

Konsultierte Online-Datenbank:
EPDOC, WPI, Volltextpatentdatenbanken EN, DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 18.05.2021 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 102019204723 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 08. Oktober 2020 (08.10.2020) Fig. 1 und Beschreibung	1 - 8
X	DE 102007004590 A1 (DAIMLER AG [DE], FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 31. Juli 2008 (31.07.2008) Fig. 1 und 3 sowie Beschreibung hierzu	1, 3 - 10
X	US 2014329156 A1 (MATHIE CRAIG MICHAEL [US], SANDERSON WILLIAM F [US], EDWARDS VIRGO [US], BRIGHTON FRED G [US]) 06. November 2014 (06.11.2014) Fig. 4 und Beschreibung hierzu	1, 3 - 8
Datum der Beendigung der Recherche: 21.01.2022 Seite 1 von 1 Prüfer(in): PLESSL Christof		

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmel-
gegenstand 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. Strahlpumpenvorrichtung (10) für eine Rezirkulationsvorrichtung (140) zur Rezirkulation von Rezirkulationsgas (RG) in einen Anodenzuführabschnitt (122) eines Brennstoffzellenstapels (110) eines Brennstoffzellensystems (100), aufweisend einen Treibanschluss (20) zur fluidkommunizierenden Einbindung in den Anodenzuführabschnitt (122), einen Sauganschluss (30) zur fluidkommunizierenden Verbindung mit einer Rezirkulationsleitung (142) der Rezirkulationsvorrichtung (140) und einen Auslassanschluss (40) zum Auslass von Anodenzuführgas (AZG) zum Anodenabschnitt (120) des Brennstoffzellenstapels (110), wobei zwischen dem Treibanschluss (20) und dem Auslassanschluss (40) ein Mischabschnitt (50) angeordnet ist für ein Vermischen von über den Sauganschluss (30) angesaugtem Rezirkulationsgas (RG) und über den Treibanschluss (20) eingebrachtem Anodenzuführgas (AZG), wobei der Treibanschluss (20) zum Mischabschnitt (50) hin einen aufweitungsfreien oder im Wesentlichen aufweitungsfreien Strömungsquerschnitt (SQ) aufweist für eine Ausbildung einer Unterschallströmung im Mischabschnitt (50), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibanschluss (20) einen konstanten oder im Wesentlichen konstanten Strömungsquerschnitt (SQ) aufweist und frei von einer Lavaldüse ausgebildet ist.
2. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibanschluss (20) wenigstens abschnittsweise innerhalb des Sauganschlusses (30), insbesondere wenigstens abschnittsweise konzentrisch im Sauganschluss (30), angeordnet ist.
3. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibanschluss (20) und/oder der Sauganschluss (30) und/oder der Mischabschnitt (50) und/oder der Auslassanschluss (40) einen runden oder im Wesentlichen runden Strömungsquerschnitt (SQ) aufweisen.
4. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Saug-Strömungsrichtung (SSR) im Sauganschluss (30) mit der Treib-Strömungsrichtung (TSR) im Treibanschluss (20) einen definierten Ejektorwinkel (α) ausbildet, wobei der Ejektorwinkel (α) insbesondere als spitzer Winkel ausgebildet ist.

5. Strahlpumpenvorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Mischabschnitt (50) und dem Auslassanschluss (40) ein Diffusorabschnitt (60) angeordnet ist für ein Ausbilden eines mittleren Druckniveaus für das Anodenzuführgas (AZG).
6. Brennstoffzellensystem (100) für die Erzeugung von elektrischem Strom aus einem Brennstoff (BS), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) zum Zuführen von Anodenzuführgas (AZG) und einen Anodenabführabschnitt (124) zum Abführen von Anodenabgas (AAG), der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) zum Zuführen von Kathodenzuführgas (KZG) und einen Kathodenabführabschnitt (134) zum Abführen von Kathodenabgas (KAG), wobei das Brennstoffzellensystem (100) eine Rezirkulationsvorrichtung (140) aufweist für eine Rezirkulation von Anodenabgas (AAG) als Rezirkulationsgas (RG) über eine Rezirkulationsleitung (142) in den Anodenzuführabschnitt (122), **dadurch gekennzeichnet, dass** weiter in dem Anodenzuführabschnitt (122) eine Strahlpumpenvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 5 angeordnet ist und die Rezirkulationsleitung (142) im Sauganschluss (30) der Strahlpumpenvorrichtung (10) mündet, und weiter eine Brennstoffzufuhrleitung (152) von einer Brennstoffquelle (150) in dem Treibanschluss (20) der Strahlpumpenvorrichtung (10) mündet.
7. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Rezirkulationsleitung (142) eine Aufteilverrichtung (144) angeordnet ist für ein Aufteilen des Rezirkulationsgases (RG) auf eine erste Teil-Rezirkulationsleitung (146) und eine zweite Teil-Rezirkulationsleitung (148), wobei in wenigstens der ersten Teil-Rezirkulationsleitung (146) die Strahlpumpenvorrichtung (10) mit den Merkmalen der Ansprüche 1 bis 5 angeordnet ist.
8. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der zweiten Teil-Rezirkulationsleitung (148) wenigstens eine der folgenden Vorrichtungen angeordnet ist:
 - Strahlpumpenvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 5

- Normale Strahlpumpenvorrichtung
- Gebläsevorrichtung (176)