

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50181/2023
(22) Anmeldetag: 10.03.2023
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2024

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04089** (2016.01)
F04F 5/46 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2020067112 A1
DE 102015216457 A1
KR 20120057996 A
XUE, H. et al. "Design and investigation of multi-nozzle ejector for PEMFC hydrogen recirculation" International Journal of Hydrogen Energy [online]. 21. Mai 2020 (21.05.2020). Bd. 45, Nr. 28, Seiten 14500–14516. [ermittelt am 9. Oktober 2023]. <doi:10.1016/j.ijhydene.2020.03.166>. Ermittelt von <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319920311563>>
CN 112855630 A
WO 2022112424 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
(72) Erfinder:
Pöschl Robert Dr.
8111 Gratwein-Straßengel (AT)
(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.techn.
8020 Graz (AT)

(54) **Ejektorvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ejektorvorrichtung (100) für eine Anodengasrezirkulation in einem Brennstoffzellensystem, aufweisend einen Düsenabschnitt (10) mit einem Treibdüsenabschnitt (11) und einer Saugdüse (12) zum Zusammenführen eines primären Fluidstroms und eines sekundären Fluidstroms in der Anodengasrezirkulation, sowie einem Mischabschnitt (20) zum Mischen des zugeführten primären Fluidstroms und des zugeführten sekundären Fluidstroms. Der Mischabschnitt (20) weist ferner auf: eine Mischkammer (21) mit einem verringerten Strömungsquerschnitt (D_{21}) innerhalb des Mischabschnitts (20), zum Impulsaustausch zwischen dem primären Fluidstrom und dem sekundären Fluidstrom, einen Diffusorabschnitt (22) mit einem zunehmenden Strömungsquerschnitt, zur Diffusion des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms durch Verringerung von deren Strömungsgeschwindigkeiten, und / oder einen Vereinigungsabschnitt (23) mit einem im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsquerschnitt (D_{23}), zum Vereinen des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms bei im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsgeschwindigkeiten.

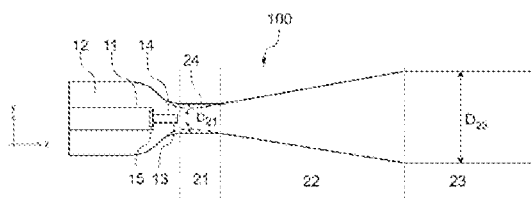


Fig. 3

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ejektorvorrichtung (100) für eine Anodengaszirkulation in einem Brennstoffzellensystem, aufweisend einen Düsenabschnitt (10) mit einem Treibdüsenabschnitt (11) und einer Saugdüse (12) zum Zusammenführen eines primären Fluidstroms und eines sekundären Fluidstroms in der Anodengaszirkulation, sowie einem Mischabschnitt (20) zum Mischen des zugeführten primären Fluidstroms und des zugeführten sekundären Fluidstroms. Der Mischabschnitt (20) weist ferner auf: eine Mischkammer (21) mit einem verringerten Strömungsquerschnitt (D_{21}) innerhalb des Mischabschnitts (20), zum Impulsaustausch zwischen dem primären Fluidstrom und dem sekundären Fluidstrom, einen Diffusorabschnitt (22) mit einem zunehmenden Strömungsquerschnitt, zur Diffusion des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms durch Verringerung von deren Strömungsgeschwindigkeiten, und / oder einen Vereinigungsabschnitt (23) mit einem im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsquerschnitt (D_{23}), zum Vereinen des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms bei im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsgeschwindigkeiten.

Fig. 3

Ejektorvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ejektorvorrichtung zur Dosierung eines Brennstoffgases und eines Anodenabgases in einer Anodengasrezirkulation eines Brennstoffzellensystem.

Die Ejektorvorrichtung findet Anwendung in der Brennstoffzellentechnik, wobei zur Verbesserung der Effizienz unverbrauchtes Brennstoffgas aus einem Abgas der Brennstoffzellenanode in einer Anodengasrezirkulation mit neuem Brennstoffgas dosiert angereichert und der Anode erneut zugeführt wird.

Es sind Ejektoren oder Strahlpumpen bekannt, die einen Primärfluidstrom beschleunigen und einen Sekundärfluidstrom mittels eines Unterdrucks ansaugen, der aus einer Differenz der Strömungsgeschwindigkeiten zwischen dem beschleunigten Primärfluidstrom und dem Sekundärfluidstrom resultiert. Auf diese Weise können zwei Ströme in einer nachgelagerten Mischkammer durch eine Vorrichtung ohne bewegte Teile effektiv vermengt werden, und der rezirkulierende Sekundärmengenstrom auf ein höheres Druckniveau gehoben werden, um die Strömungsverluste innerhalb des Brennstoffstapels ein weiteres mal überwinden zu können.

Insbesondere wenn durch Auswahl geeigneter Parameter Strömungscharakteristiken im Bereich der Schallgeschwindigkeit erzielt werden, tritt ferner ein strömungsmechanisches Phänomen auf, durch welches die Effizienz der Pumpenfunktion eines Ejektors im Sinne einer Strahlpumpe deutlich gesteigert wird. Das heißt, lediglich bei Einstellung einer Schallgeschwindigkeit des Primärfluidstroms in der Treibdüse wird eine gute Effizienz des Ejektors in der Funktion als Umwälzpumpe zur Rezirkulation des Anodenabgases und frischen Brenngases erzielt. Eine Dimensionierung der Ejektorgeometrie, insbesondere der Treibdüse, wird demnach herkömmlicherweise so ausgelegt, dass das strömungscharakteristisch günstige Regime unter Schallgeschwindigkeit unter Strömungsraten im Volllastbetrieb sichergestellt ist.

In Konsequenz führt diese Festlegung der Dimensionierung jedoch im Teillastbereich dazu, dass die Effizienz des Ejektors, insbesondere bei Betrieb mit geringer Last des Brennstoffzellensystems erheblich nachlässt. Denn eine axial verstellbare Düsennadel in der Treibdüse kann zwar in Reaktion auf eine Lastanforderung eine erforderliche

Durchflussmenge von Brennstoffgas anpassen, und durch Verstellung eines Ringspalt in der Düse auch einen begrenzten Einfluss auf die Austrittsgeschwindigkeit des Primärstroms erzielen. Bei geringen Strömungsrate ist jedoch auch eine kleinere Dimensionierung der Treibdüse, insbesondere ein kleinerer Durchmesser der Düsenöffnung erforderlich, um eine Beschleunigung der Austrittsgeschwindigkeiten des Primärfluidstroms im Bereich der Schallgeschwindigkeit zu erzielen.

Neben den Parametern eines Zufuhrdrucks des Primärfluidstroms und einer Regelung der Durchflussmenge, käme grundlegend noch eine variabel verstellbare Dimensionierung des ausgangsseitigen Düsendurchmessers der Düsenöffnung, aus der das Primärfluid stromabwärts der Düsennadel aus der Düse austritt, in Betracht. Eine zylindrisch variable Mechanik, die in Bezug auf einen Düsenspalt um die axial verstellbare Düsennadel herum sehr präzise einstellbar sein muss und in einem strömungsrelevanten, sehr kleinen und ringförmigen Bauraum zu realisieren wäre, erscheint jedoch, zumindest im Rahmen wirtschaftlicher Gesichtspunkte, bislang in keiner zur Serienfertigung geeigneten und in Kontakt mit Wasserstoff langlebigen technischen Umsetzung lösbar zu sein.

Mit Blick auf weitere Effekte im Brennstoffzellensystem wäre gerade im Teillastbereich eine hohe Pumpensaugleistung des Ejektors erforderlich, um eine Einschleppung von Feuchtigkeit in das Anodenabgas, die sich im dynamischen Teillastbetrieb noch verstärken kann, effektiv aus den Brennstoffzellen abzutransportieren. Demnach besteht Bedarf an neuartigen Ejektoren, die Abhilfe oder eine Verbesserung der Eigenschaften zu den genannten Problemen schaffen.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Technik für einen Ejektor in einer Anodengasrezirkulation zu schaffen, die über einen breiten Lastbereich einer Brennstoffzellenanwendung eine hohe Effizienz des Ejektors in der Funktion als Umwälzpumpe zur Rezirkulation des Anodenabgases und frischen Brenngases erzielt. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, einen Aufbau einer Treibdüse in einem Ejektor bereitzustellen, die bis in einen Betrieb der Brennstoffzellenanwendung bei geringer Teillast, d.h. bei einer geringen Strömungsrate des Primärfluidstrom, eine effiziente Strömungscharakteristik und einen hohen Wirkungsgrad als Strahlpumpe gewährleistet.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine Ejektorvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Die erfindungsgemäße Ejektorvorrichtung ist für eine Anodengasrezirkulation in einem Brennstoffzellensystem ausgelegt. Dazu weist die Ejektorvorrichtung einen Düsenabschnitt zum Zusammenführen eines primären Fluidstroms und eines sekundären Fluidstroms in der Anodengasrezirkulation sowie einen Mischabschnitt, in den der Düsenabschnitt einmündet, zum Mischen des zugeführten primären Fluidstroms und des zugeführten sekundären Fluidstroms auf. Der Mischabschnitt weist ferner eine Mischkammer mit einem verringerten Strömungsquerschnitt innerhalb des Mischabschnitts, zum Impulsaustausch zwischen dem primären Fluidstrom und dem sekundären Fluidstrom, einen Diffusorabschnitt mit einem zunehmenden Strömungsquerschnitt, zur Diffusion des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms durch Verringerung von deren Strömungsgeschwindigkeiten, und / oder einen Vereinigungsabschnitt mit einem im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsquerschnitt, zum Vereinen des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms bei im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsgeschwindigkeiten auf.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Mischkammergeometrie ist eine optimierte Ejektoranordnung geschaffen, welche insbesondere auch bei bestehenden Ejektoren nachrüstbar ist.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann in dem Mischabschnitt ein schlauchförmiges, strömungsführendes Membranelement angeordnet sein, das in der Mischkammer eine flexible Umfangsfläche mit einem variablen Durchmesser bildet. Als weiterer effektiver Parameter einer variablen Ejektorgeometrie zur Erweiterung eines effizienten Betriebsbereichs mit Wirkung auf den Sekundärfluidstrom, erweist sich prinzipiell eine Verstellmöglichkeit eines Strömungsdurchmessers in dem nachgelagerten Mischabschnitt, insbesondere an dessen kleinstem Strömungsquerschnitt in der Mischkammer.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann um das strömungsführende Membranelement herum ein ringförmiges, elastisches Element angeordnet sein, mittels dem das strömungsführende Membranelement flexibel gelagert an dem Mischabschnitts angeordnet ist.

Gemäß einem weitergehenden, vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann auch der Mischabschnitt mittels wenigstens eines strömungsführenden Elementes des Mischabschnittes, das wenigstens in einem Bereich der Mischkammer quer zur Strömungsrichtung verstellbar gelagert angeordnet ist, wenigstens ein kleinster Strömungsquerschnitt in der Mischkammer in wenigstens einer radialen Abmessung variabel eingerichtet sein.

Gemäß einem darauf aufbauenden, vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann zumindest in Strömungsrichtung abschnittsweise, ein Profil des Mischabschnitts in zwei strömungsführende Elemente aufgeteilt sein, die zumindest an einer Lagerstelle durch eine lineare Führung und/oder durch eine zentrische Führung quer zur Strömungsrichtung verschiebbar gelagert sind. Diese Ausführungsform stellt eine Variante dar, bei der integrale Bestandteile eines Strömungskanals des Ejektors selbst im Sinne von zwei beweglichen Hälften eines geteilten Kanalprofils die Funktionalität der strömungsführenden Elemente einnehmen.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann das wenigstens eine strömungsführende Element des Mischabschnitts mittels wenigstens eines elastischen Elements in der Mischkammer, dem Diffusorabschnitt und/oder in dem Vereinigungsabschnitt flexibel gelagert ist an dem Mischabschnitts angeordnet sein. Analog zu dem ringförmigen elastischen Element für das schlauchförmige Membranelement, wird so eine radiale Verstellung mittels elastischer Rückstellkraft bereitgestellt, die sich in Reaktion auf eine sekundärseitige sowie primärseitige Strömungsrate oder Fluiddruck selbst reguliert.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann das wenigstens eine strömungsführende Element des Mischabschnitts zur Innenseite eine den Strömungsquerschnitt umschließende Dichtung aufweisen. Somit kann wiederum eine Integrität einer Innenfläche des strömungsführenden Elementes hergestellt oder im Bereich von dessen Lagerung verbessert werden.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann sich eine Verstellung des strömungsführenden Membranelementes und/oder des wenigstens einen strömungsführenden Elementes des Mischabschnitts mittels eines Gleichgewichts zwischen einer vordefinierten elastischen Rückstellkraft und einem Gesamtdruck aus dem primären

Fluidstrom und dem sekundären Fluidstrom, die durch den Mischabschnitt strömen, selbst regulieren.

Gemäß einem alternativen vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann eine Verstellung des strömungsführenden Membranelementes und/oder des wenigstens einen strömungsführenden Elements des Mischabschnitts mittels eines gekoppelten Stellglieds ansteuerbar sein. Ein Stellglied ermöglicht einen aktiven Eingriff einer Steuerung, um z.B. Maßnahmen einer Vorsteuerung oder eine Änderung zwischen Betriebsmodi einzuleiten.

Unter dem Begriff „strömungsführendes Membranelement“ oder „strömungsführendes Element“ definiert die vorliegende Offenbarung verschiedene Teile einer einen Fluidstrom umschließenden Struktur des Ejektors mit einer Fläche, insbesondere einer Innenfläche, die direkt oder indirekt z.B. mittelbar über eine dazwischen liegende Dichtungsschicht, zu der Fluidströmung exponiert sind und eine Richtung oder Umleitung des Fluidstroms durch die Form oder Ausrichtung der Fläche festlegen oder gezielt beeinflussen. Ferner umfasst die Definition von strömungsführenden Elementen nicht nur Elemente, die separat zu der den Fluidstrom umschließenden Struktur des Ejektors ausgebildet und an oder dieser angeordnet und gelagert sind, sondern ebenso Elemente, die selbst integraler Bestandteil der den Fluidstrom umschließenden Struktur des Ejektors sind, wie z.B. Teilstücke einer Kanalwand eines Strömungskanals.

Unter dem Wortlaut „quer zur Strömungsrichtung verstellbar gelagert“ definiert die vorliegende Offenbarung eine Beweglichkeit von strömungsführenden Elementen, die sowohl in einer senkrechten Ebene zum Fluidstrom, z.B. eine diametrale oder frontale Bewegung aufeinander zu, eine zangenartige Bewegung mit einem Schwenkverlauf, eine Bewegung im Sinne einer verstellbaren Verschlussblende, oder ein radiales gleichmäßiges Dehnungsverhalten eines flexiblen Umfangs in einer senkrecht zum Fluidstrom gerichteten Ebene, als auch eine Beweglichkeit in einer Ebene, die lediglich in Bezug auf eine Achse senkrecht zum Fluidstrom ausgerichtet ist. Ferner umfasst die Definition Schwenk- oder Kippbewegungen sowie elastische Verformungen, deren Rotationsachse oder zentrale Achse eines Biegeradius der Verformung senkrecht zum Fluidstrom ausgerichtet ist. Als „verstellbar gelagert“ sind Lagerungen zwischen zwei Elementen zu verstehen, die eine Beweglichkeit lediglich eines Elements zu einem benachbarten ortsfesten Element, oder eine Beweglichkeit beider oder aller

benachbarten Elemente gewähren, wie z.B. lineare oder gekrümmte Führungen, Aufhängungen mit einem oder mehreren Freiheitsgraden der Beweglichkeit, eine elastische Aufhängung, elastische Lagerung oder eine elastische Anlenkung als Teil einer teils elastischen und teils geführten Lagerung. Die zueinander beweglich gelagerten Elemente umfassen eine Beweglichkeit eines Elementes in sich, z.B. zwischen separaten Segmenten eines gegliederten Elementes oder zwischen kontinuierlich fortlaufenden Segmenten eines flexiblen Elementes wie z.B. Windungen einer spiralförmigen Feder.

Vorteilhaft kann es sein, wenn der Düsenabschnitt einen Treibdüsenabschnitt zum Zuführen und Erhöhen einer Strömungsgeschwindigkeit des primären Fluidstroms und einen Saugdüsenabschnitt mit einem Düsenpalt, der in einem radial äußeren Bereich des Düsenabschnitts, um den Treibdüsenabschnitt herum angeordnet ist, zum Ansaugen und Zuführen des sekundären Fluidstroms umfasst.

Der Treibdüsenabschnitt weist vorteilhaft eine oder mehrere Treibdüsen auf, wobei alle Treibdüsen gemeinsam einen Gesamtöffnungsquerschnitt des Treibdüsenabschnitts bilden. Insbesondere weist der Treibdüsenabschnitt wenigstens ein Sperrelement mit einer Sperrfläche auf, das entlang eines Verstellweges verstellbar gelagert, an dem Düsenabschnitt angeordnet ist. Für ein verstellbares Begrenzen des Gesamtströmungsquerschnittes des Treibdüsenabschnittes mittels einer variablen Überschneidung der Sperrfläche mit einem Strömungsquerschnitt von wenigstens einer Treibdüse entlang des Verstellweges, ist wenigstens eine der Treibdüsen innerhalb des Verstellweges in Überschneidung mit der Sperrfläche des wenigstens einen Sperrelementes angeordnet.

Dieser Aufbau stellt einen alternativen Lösungsweg zu der Anforderung an den technisch schwierig realisierbaren Ejektoraufbau mit einer variablen radialen Dimensionierung einer austrittsseitigen Düsenöffnung an einer mittels Düsennadel verstellbaren, herkömmlichen Treibdüse dar. Dabei legt dieser Aufbau für die betreffende Anwendung einer Anodengasrezirkulation ein neues funktionales Prinzip zugrunde, welches die Funktion der gewünschte Varianz einer radialen Dimensionierung der Düsenöffnung, durch eine variable Summe aus einer einstellbaren Anzahl oder eines Anteils von einer oder mehreren durchströmbaren Düsenöffnungen ersetzt.

Es wird vorteilhaft eine Mehrzahl gleicher oder ggf. Auswahl verschiedener Treibdüsen bereitgestellt, die jeweils in Relation zu einer einzigen herkömmlichen, für einen Vollastbetrieb ausgelegten Treibdüse, kleiner dimensioniert sind. Durch Einstellung des Primärstroms durch z.B. eine Treibdüse oder wenige Treibdüsen aus der Mehrzahl von Treibdüsen oder ggf. durch eine kleinste Treibdüse aus der Auswahl von verschiedenen Treibdüsen, wird auch bei einer geringen Strömungsrate des Primärfluids, eine hohe Austrittsgeschwindigkeit aus einer entsprechend kleinen Düsenöffnung erzielt.

Diese Funktion wird trotz eines Ejektoraufbaus mit starrer radialer Dimensionierung der einzelnen Treibdüsen realisiert, womit der Aufbau eine robuste, langlebige Konstruktion aufweist und günstig herstellbar ist.

Wie eingangs beschrieben wurde herkömmlicherweise eine Varianz der Strömungsraten durch eine axiale Verstellung der Düsennadel realisiert, wobei sich eine Ausweitung von Grenzen eines auszulegenden Strömungskennfeldes an den festen radialen Dimensionen der Strömungswege erschöpfte.

In Abkehr von diesem Prinzip, sieht ferner die Erfindung durch den neuen Aufbau erstmals den Wegfall der nach herkömmlicher Technik erforderlichen, axial beweglichen Strömungsmengeneinstellung mittels einer Düsennadel vor. Dadurch wird das Problem einer gegenseitigen Beeinflussung zwischen einer mittels der Düsennadel eingestellten Strömungsrate einerseits, und einer von dem Durchmesser der Düsenöffnung abhängigen Strömungsgeschwindigkeit des Primärfluids andererseits, im Bereich der konstruktiven Schnittstelle des herkömmlichen Ringspaltes zwischen Düsennadel und Düse, durch Wegfall desselben funktional entkoppelt.

Die erläuterten Merkmale tragen effektiv zu der Zielsetzung bei, einen strömungseffizienten Ejektor bei geringer Strömungsrate oder geringem Lastbetrieb zu schaffen. Dabei setzen die Merkmale am wirksamsten an den geringsten Strömungsquerschnitten entlang der Strömungswege des Ejektors an, d.h. am Strömungsquerschnitt der Treibdüse, zur Erzielung einer Überschall-Geschwindigkeit im Primärstrom.

In diesem Zusammenhang bestehen zudem weitere Vorteile der Erfindung darin, dass im Teillastbetrieb nicht nur eine effizientere Pumpenleistung, sondern auch eine effizientere Durchmischung der Fluidströme in der Anodengasrezirkulation vor Einleitung in einen Brennstoffzellenstapel erreicht wird. Das führt zu einer gleichmäßigeren

elektrochemischen Umsetzung über alle katalytischen Flächen der Brennstoffzellen, zu einem schonenderen Betrieb, der eine längere Lebensdauer begünstigt, sowie zu einer gesteigerten Effizienz des Brennstoffgasverbrauchs.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung können alle Treibdüsen innerhalb des Verstellweges in Überschneidung mit der Sperrfläche von einem und demselben Sperrelement angeordnet sein, für ein verstellbares Begrenzen oder Verschließen des Gesamtströmungsquerschnittes des Treibdüsenabschnittes mittels variabler Überschneidung der Sperrfläche mit den Strömungsquerschnitten aller Treibdüsen entlang des Verstellweges. Dadurch wird ein Verstellbereich erheblich erweitert, von einer maximalen Durchströmung aller Treibdüsen bis hin zu einer Sperrung an allen Treibdüsen.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann zu einer Seite der Sperrfläche eine stufenförmige Kontur an dem wenigstens einen Sperrelement ausgebildet sein, wobei ein Abstand zwischen benachbarten Stufen der stufenförmigen Kontur im Wesentlichen einem Abstand zwischen benachbart angeordneten Treibdüsen entspricht, für ein stufenweises Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen. Dadurch wird beispielsweise eine Freigabe oder Sperrung einer Durchströmung einzelner Treibdüsen zur sequentiellen Verstellung einer ganzzahligen Anzahl von einzelnen Strömungsquerschnitten in der Summe des Gesamtströmungsquerschnitts erzielt.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann zu einer Seite der Sperrfläche eine Kontur mit gradueller Steigung an dem wenigstens einen Sperrelement ausgebildet sein, für ein graduelles Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen. Somit wird eine kontinuierliche Verstellung des Gesamtströmungsquerschnitts über alle einzelnen Strömungsquerschnitte erzielt.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann das wenigstens eine Sperrelement stromaufwärts von den Treibdüsen an dem Düsenabschnitt angeordnet und mit der Sperrfläche in einem Gleitkontakt mit Enden der Treibdüsen gelagert sein, für ein einlassseitiges Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen.

Gemäß einem alternativen, vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann das wenigstens eine Sperrelement stromabwärts von den Treibdüsen an dem Düsenabschnitt angeordnet und mit der Sperrfläche in einem Gleitkontakt mit Enden der Treibdüsen gelagert sein, für ein auslassseitiges Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung können die Treibdüsen auf einer Linie zueinander benachbart angeordnet sein, und das wenigstens eine Sperrelement mittels einer Führung verschiebbar gelagert an dem Düsenabschnitt angeordnet sein, für eine lineare Verstellbewegung des Sperrelementes in Bezug zu den Treibdüsen.

Gemäß einem darauf aufbauenden, vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann der Verstellweg in einem Winkel, insbesondere quer zu der Linie der benachbarten Treibdüsen verlaufend, ausgebildet sein. Somit kann eine besonders gleichmäßige Einstellung über die einzelnen Düsen erfolgen.

Gemäß einem alternativen, vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann das wenigstens eine Sperrelement mittels eines Drehpunktes verschwenkbar gelagert an dem Düsenabschnitt angeordnet sein, für eine verschwenkende Verstellbewegung des Sperrelementes in Bezug zu den Treibdüsen.

Gemäß einem alternativen, vorteilhaften Aspekt der Erfindung können die Treibdüsen konzentrisch zueinander angeordnet sein, und das wenigstens eine Sperrelement mittels eines konzentrischen Drehpunktes drehbar gelagert an dem Düsenabschnitt angeordnet sein, für eine drehende Verstellbewegung des Sperrelementes in Bezug zu den Treibdüsen.

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung kann das wenigstens eine Sperrelement mit einem Stellglied gekoppelt sein, für ein Einstellen des wenigstens einen Sperrelementes entlang des Verstellweges (S).

Gemäß einem vorteilhaften Aspekt der Erfindung können die Treibdüsen unterschiedliche Strömungsquerschnitte, insbesondere in einer Reihenfolge von benachbart angeordneten Treibdüsen zunehmende Strömungsquerschnitte, aufweisen. Somit ist eine weitere individuelle Abstimmung auf Lastbereiche und deren Strömungsraten des Primärfluides auf unterschiedliche Anwendungen und Spezifikationen möglich.

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 zwei schematische Längsschnitte in einer x-y Ebene und einer x-z Ebene durch in Strömungsrichtung zugeordnete Abschnitte eines Ejektors gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 2A einen schematischen Querschnitt in einer z-y Ebene durch einen Düsenabschnitt eines Ejektors mit einem stufenförmigen Sperrelement gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 2B einen schematischen Querschnitt in der z-y Ebene durch einen Düsenabschnitt eines Ejektors mit einem linearen Sperrelement gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 3 einen schematischen Längsschnitt in der x-y Ebene zur Darstellung des Ejektors mit einem schlauchförmigen, strömungsführenden Membranelementen, dessen Strömungsquerschnitt in der Mischkammer des Mischabschnitts flexibel verstellbar ist, gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 4 einen schematischen Längsschnitt in der x-y Ebene durch den Ejektor aus Fig. 3, der eine Krafteinwirkung auf das strömungsführende Membranelement zeigt;
- Fig. 5 einen schematischen Längsschnitt in der x-y Ebene zur Darstellung eines Profils des Mischabschnitts des Ejektors mit einem repräsentativen strömungsführenden Elementen, das über die gesamte Länge des Ejektors variabel verstellbar ist, gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 einen schematischen Querschnitt in der z-y Ebene des Mischabschnitts des Ejektors aus Fig. 5 mit zwei strömungsführenden Elementen, gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 7 einen schematischen Querschnitt in der z-y Ebene eines Mischabschnitts und von Strömungsquerschnitten, die sich aus einer Verstellung der

strömungsführenden Elemente resultieren, gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 8 einen schematischen Querschnitt in der z-y Ebene eines Mischabschnittes und von Strömungsquerschnitten, die sich aus einer Verstellung von alternativ geformten strömungsführenden Elemente resultieren, gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 1 zeigt oben schematisch einen entlang der Mittelachse halbierten Längsschnitt einer Kontur einer Ejektorvorrichtung 100 in einer x-y Ebene und unten, in einer senkrechten Ansicht hierzu, den vollen Längsschnitt der Kontur der Ejektorvorrichtung 100 in einer x-z Ebene. Die Ejektorvorrichtung 100 dient einerseits zur Dosierung und Eindüsung von frischem Brennstoffgas in einer Anodengasrezirkulation als auch als Strahlpumpe zur Umwälzung des Gasvolumens in der Anodengasrezirkulation. Die Kontur lässt sich in x-Richtung sowie funktional übergeordnet in zwei Abschnitte, d.h. einen Düsenabschnitt 10 und einen Mischabschnitt 20, unterteilen. Ferner lässt sich die Kontur des Mischabschnitts 20 in der x-Richtung sowie funktional in weitere Unterabschnitte, d.h. eine Mischkammer 21, einen Diffusorabschnitt 22 und einen Vereinigungsabschnitt 23 unterteilen, deren radiale Abmessungen des Querschnitts in der y-Richtung variieren, wie später weiter erläutert wird.

Der Düsenabschnitt 10 umfasst in einem radial zentralen Bereich einen Treibdüsenabschnitt 11 mit mehreren Treibdüsen 13, die parallel in einer Reihe in z-Richtung angeordnet sind, und deren Strömungsquerschnitte in Summe einen Gesamtströmungsquerschnitt des Treibdüsenabschnittes 11 bilden.

Aufgrund eines geringeren Strömungsquerschnitts der Treibdüsen 13 als in einem eingangsseitigen Teil des Treibdüsenabschnittes 11, wird ein eingeleiteter Primärfluidstrom beschleunigt, wobei zur Erlangung eines strömungsmechanischen Phänomens für eine größtmögliche Effizienz der Ejektorvorrichtung 100, der Primärfluidstrom beim jeweiligen Austritt aus den Treibdüsen 13 eine Strömungsgeschwindigkeit oberhalb der Schallgeschwindigkeit erreicht. Dabei sind die Strömungsquerschnitte und, ggf. im Durchmesser kleineren, endseitigen Düsenöffnungen der Treibdüsen 13 derart gewählt und aufeinander abgestimmt, dass sie jeweils für sich in einem vollständig geöffneten Zustand und bei einer Strömungsrate in Abhängigkeit eines

betriebsüblichen Zufuhrdruckbereichs eine Beschleunigung zum Austritt auf eine Strömungsgeschwindigkeit des Primärfluids oberhalb der Schallgeschwindigkeit erzielen.

Die eine Gesamtströmungsrate des Brennstoffgases oder Primärfluidstroms durch einen Gesamtströmungsquerschnitt aller Treibdüsen 13 des Treibdüsenabschnittes 11 sowie indirekt auch eine Beschleunigung in Abhängigkeit des Strömungsquerschnittes, lässt sich durch eine variable Verstellung eines Sperrelementes 15 einstellen, das quer zur Strömungsrichtung entlang eines Verstellweges S verschoben wird. Mit einer den Treibdüsen 13 zugewandten Sperrfläche 17 überdeckt das Sperrelement 15 die Strömungsquerschnitte der Treibdüsen 13, wobei eine teilweise oder vollständige Überschneidung der Strömungsquerschnitte und der Sperrfläche 17, und somit ein Durchfluss durch die einzelnen Treibdüsen 13 bei einer Verstellung des Sperrelementes 15 entlang eines Verstellweges S variabel begrenzt oder gesperrt wird.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausgestaltung verläuft der Verstellweg S entlang der Reihe der parallel angeordneten Treibdüsen 13, d.h. in z-Richtung der Darstellung, sodass diese in Reihenfolge nacheinander in Überschneidung mit der Sperrfläche 17 gelangen und begrenzt oder gesperrt werden.

Die Figuren 2A und 2B zeigen in einer z-y Ebene andere Ausführungsformen, bei denen das Sperrelement 15 mittels einer Führung linear verstellbar an dem Treibdüsenabschnitt 11 des Düsenabschnitts 10 geführt ist, wobei der Verstellweg S quer zu der Reihe der parallel angeordneten Treibdüsen 13, d.h. in y-Richtung der Darstellung ausgerichtet ist. Somit gelangen an einer Position des Verstellweges S, je nach Ausgestaltung des Sperrelementes 15, mehrere Treibdüsen zeitgleich und ggf. in unterschiedlichem Maße in Überschneidung mit der Sperrfläche 17. Dabei unterscheiden sich die dargestellten Ausführungsformen durch eine Kontur 16 an einer Seite oder Außenkante der zu den Treibdüsen 13 gewandten Sperrfläche 17.

An der in Fig. 2A gezeigten Ausführungsform ist eine im Wesentlichen stufenförmige Kontur 16A ausgebildet, deren Abstände zwischen den Stufen den Abständen zwischen den benachbarten Treibdüsen 13 entspricht. Somit ist eine stufenweise modulierte Überschneidung oder strömungsoptimierte Ausrichtung von Überschneidungen des Sperrelementes 15 und den Treibdüsen 13 entlang des Verstellweges S realisierbar.

An der in Fig. 2B gezeigten Ausführungsform ist eine im Wesentlichen linear ansteigende Kontur 16B ausgebildet, durch die je nach Steigung eine kontinuierliche Begrenzung allen oder an aufeinanderfolgenden Strömungsquerschnitten der benachbarten Treibdüsen 13 entlang des Verstellweges S bewirkt.

Wie in den Figuren 3 und 4 in der x-y Ebene gezeigt ist, umfasst der Düsenabschnitt 10 ferner in einem radial äußeren Bereich eine Saugdüse 12 mit einem ringförmigen Düsenpalt 14, der einen abnehmenden Strömungsquerschnitt, um die freien Enden der Treibdüsen 13 des Treibdüsenabschnitts 11 herum angeordnet, aufweist.

Durch einen Geschwindigkeitsunterschied zwischen der Strömungsgeschwindigkeit des beschleunigten Primärfluidstroms aus dem Treibdüsenabschnitt 11 und einer Strömungsgeschwindigkeit, insbesondere eingangsseitigen Rezirkulationsgeschwindigkeit des Sekundärfluidstroms, entsteht ein Unterdruckfeld, das zu einem Ansaugen des rezirkulierenden Anodenabgases, d.h. des Sekundärfluidstroms durch den ringförmigen Düsenpalt 14 der Saugdüse 12 führt.

Eine erforderliche Differenz oder Überschuss der Strömungsraten zwischen dem Primärfluidstrom und dem Sekundärfluidstrom in dem Düsenabschnitt 10 bestimmt dabei die Dosierung von zugeführtem frischem Brennstoffgas in dem Anodenabgas. Eine Differenz der Strömungsgeschwindigkeiten zwischen dem Primärfluidstrom und dem Sekundärfluidstrom in dem Düsenabschnitt 10 bestimmt eine Pumpenleistung nach dem Strahlpumpenprinzip zur Umwälzung des rezirkulierenden Anodenabgases, wobei eine Effizienz des Ejektors basierend auf einem strömungsmechanischen Phänomen maßgeblich davon abhängt, ob die Strömungsgeschwindigkeit des aus der Treibdüse 11 austretenden Primärfluidstroms mindestens Schallgeschwindigkeit erreicht.

Wie in Fig. 3 und Fig. 4 gezeigt ist, mündet der Düsenabschnitt 10 stromabwärts in den Mischabschnitt 20 ein. An den Düsenabschnitt 10 schließt sich zunächst in Form eines kurzen, annähernd zylindrischen Abschnitts eine Mischkammer 21 des Mischabschnittes 20 an, welche in der y-Richtung der Darstellung den geringsten Strömungsquerschnitt D_{21} in dem Mischabschnitt 20 aufweist, wodurch ein Impulsaustausch zwischen dem zentral austretenden Primärstrom und dem umgebenden Sekundärstrom intensiviert wird. Danach folgt ein Diffusorabschnitt 22 des Düsenabschnitts 20, der in der dargestellten Ausführungsform einen in y-Richtung gleichförmig zunehmenden Strömungsquerschnitt aufweist. Aufgrund des zunehmenden Strömungsquerschnitts

wird die Strömungsgeschwindigkeit des gemeinsamen Gasvolumens beider Fluidströme expandiert, was zu unterschiedlichen Verzögerungen der individuellen Strömungsgeschwindigkeiten der beiden Fluidströme führt und infolgedessen zu einer Umwandlung der unterschiedlich hohen kinetischen Energien in gemeinsame Druckenergie oder strömungsdynamischen Durchmischung der Fluide zwischen dem Primärfluidstrom und dem Sekundärfluidstrom führt.

An den Diffusorabschnitt 22 des Mischabschnittes 20 schließt sich in Strömungsrichtung ein Vereinigungsabschnitt 23 an, der mit einem im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsquerschnitt D_{23} ausgestaltet ist. In dem Vereinigungsabschnitt 23 schreitet eine in dem Diffusorabschnitt 22 eingeleitete Vergleichmäßigung der Strömung und Durchmischung fort, während die beiden Fluidströme in einem gemeinsamen Gasvolumen zum Austritt in die Anodenabgasrezirkulation vereint werden. Der Vereinigungsabschnitt 23 bildet somit einen ausgangsseitigen Teilabschnitt der Ejektorvorrichtung 100 mit moderaten Strömungsgeschwindigkeit um eine nicht weiter dargestellte Umlenkung zu Eintritt in den Brennstoffstapel in verlustarmer Weise zu ermöglichen.

Fig. 3 zeigt ebenfalls die längs der Strömungsrichtung angeschnittene Kontur der Ejektorvorrichtung 100 in Bezug auf eine Ausführungsform, bei der innerhalb der Mischkammer 21 ein schlauchförmiges, strömungsführendes Membranelement 24 mit einer flexiblen Kontur vorgesehen ist. Das schlauchförmige strömungsführende Membranelement 24 stellt zusätzlich zu dem verstellbaren Treibdüsenabschnitt 11 auch eine radiale Verstellung des kleinsten Strömungsquerschnitts D_{21} des Mischabschnittes 20 bereit. Dadurch wird der Teillastbetrieb begünstigt, indem man für kleine Mengenströme das Geschwindigkeitsniveau in der Mischkammer 21 erhöht, und auch den Sekundärmassenstrom näher an den Primärmassenstrom aus der Treibdüse 13 bringt, um eine Energieübertragung zu begünstigen.

Hierzu ist das Membranelement 24 mit einem nicht näher dargestellten ringförmigen, elastischen Element umgeben oder einem umgreifenden Stellglied gekoppelt.

In Fig. 4 ist ein Kräftegleichgewicht dargestellt, das bei der genannten Ausführungsform auftritt, wenn das schlauchförmige Membranelement 24 mit einem elastisch dehnbaren oder elastisch kompressiblen, ringförmigen Element zur Einstellung des Strömungsquerschnittes umgeben ist. Dabei stehen sich eine radial nach außen gerichtete Ausbreitungskraft F_P eines Förderdrucks des Fluidstromes und eine radial

nach innen gerichtete, Rückstellkraft F_R eines entsprechend gewählten, elastischen Materials entgegen. Die bewusste Veränderung des Kräftegleichgewichtes sorgt für eine kontrollierte Einstellung des Strömungsquerschnittes in Abhängigkeit der äußeren Rückstellkraft, wie z.B. ein Steuerdruck oder eine Verformungskraft. Dieserart ist auch eine selbstregulierende Ausführung realisierbar, wobei im Vollastbetrieb hohe Mengenströme unter höheren Mediendrücken betrieben werden, die eine Aufweitung des schlauchförmigen Membranelementes 24 gegen eine voreingestellte Rückstellkraft einer elastischen Hülle oder gegen ein äußeres konstantes Luftpolster bewirken.

Fig. 5 zeigt im Längsschnitt eine alternative Ausführungsform, welche eine gemeinsame Verstellung aller Strömungsquerschnitte des Mischabschnittes 20 einschließlich D_{21} und D_{23} , d.h. in einer radialen Abmessung über die gesamte Länge einer Innenkontur der Ejektorvorrichtung 100 gleichermaßen, bereitstellt. Diese erfolgt über wenigstens zwei als Hälften eines Injektorkörpers ausgebildeten, strömungsführenden Elementen 24A und 24B, 24C und 24D, oder 24E und 24F, die in der einen variablen radialen Abmessung linear zueinander verstellbar sind, wie im Zusammenhang mit den nachfolgenden Figuren 6 bis 8 erläutert wird.

Fig. 6 zeigt ein Profil des Mischabschnittes 20, das im Diffusorabschnitt 22 oder auch im Vereinigungsabschnitt 23 angeordnet sein kann. Dabei ist das Profil eines Strömungskanals in zwei Hälften, d.h. als zwei strömungsführenden Elemente 24A, 24B aufgeteilt, die durch Führungen 26, 27 zueinander verschiebbar gelagert sind. Zu illustrativen Zwecken möglicher Varianten von Führungen 26, 27 wurde dabei an den beiden Lagerstellen eine lineare Führung 26 einerseits und eine zentrische oder gekrümmte Lagerung 27 gewählt. Als Teil der Führungen 26, 27 ist ein elastisches Element 25 wie, z.B. eine Zugfeder oder eine mittels eines Führungsstifts beaufschlagte Druckfeder eingesetzt, deren Rückstellkraft einer strömungsbedingten Aufweitung des Strömungsquerschnitts entgegenwirkt.

Allerdings kann gemäß einer alternativen Ausführungsform zur Verstellung eines Strömungsquerschnitts sowohl mit dem Sperrelement 15, mit dem Membranelement 24 als auch insbesondere vorzugsweise im Bereich der Mischkammer 21 des Mischabschnittes 20 anstelle eines elastischen Elementes 25 ebenso ein Stellglied, wie ein elektromagnetisches Stellglied, ein Bimetall-Element, ein hygrophobisches-Element,

ein Piezoelement oder dergleichen verwendet werden, um zwischen verschiedenen Zuständen der linearen Verstellung in einer radialen Abmessung aktiv umzuschalten.

Fig. 7 zeigt ein ähnliches Profil eines Strömungskanals des Mischabschnitts 20 aus Fig. 6, dessen Innenflächen der strömungsführenden Elemente 24C, 24D so gewählt sind, dass sich in einem Teillastbetrieb des Brennstoffzellensystems eine kreisrunde Kontur des Strömungsquerschnitts D_{21} in der Mischkammer 21 oder des Strömungsquerschnitts D_{23} in dem Vereinigungsabschnitt 23 ergibt. Nach einer Verstellung der strömungsführenden Elemente 24C, 24D im Vollastbetrieb des Brennstoffzellensystems ergibt sich die Kontur eines Langlochs.

Fig. 8 zeigt ein entsprechendes Profil des Strömungskanals des Mischabschnitts 20, dessen Innenflächen der strömungsführenden Elemente 24E, 24F alternativ als Kreisbögen mit größerem Radius gewählt sind. Dabei ergibt sich sowohl im Teillastbetrieb als auch nach einer Verstellung der strömungsführenden Elemente 24E, 24F im Vollastbetrieb des Brennstoffzellensystems eine zur Trennungsachse symmetrische Kontur des Strömungsquerschnitts D_{21} in der Mischkammer 21 oder des Strömungsquerschnitts D_{23} in dem Vereinigungsabschnitt 23, die im Vergleich zur Formgebung aus Fig. 7 ähnlicher einem Kreisquerschnitt kommt und damit eine größere Durchlassfläche bei ähnlich kompakten Außenabmessungen oder geringerem Verstellweg zulässt.

Eine radiale Verstellung der strömungsführenden Elemente 24A-F kann in einer beliebigen Richtung in der dargestellten Querschnittsebene, vorzugsweise wie in Fig. 8 dargestellt, in einer Richtung senkrecht in Bezug zu der Reihenanzordnung der Treibdüsen 13, d.h. in Bezug zu der Konfiguration in den Figuren 2A und 2B in der y-Richtung erfolgen.

Fig. 7 und Fig 8 sind auch mit einer einzelnen Treibdüse 13 ausführbar, mit dem eingeschränkten Vorteil einer geringeren Mischkammerdimension im Teillastbetrieb.

In einer alternativen, nicht weiter dargestellten Ausführungsform können zu den Figuren 1 bis 4 abweichende Anordnungen der Treibdüsen 13 und einer Form sowie Lagerung des Sperrelementes 15 ausgestaltet sein.

Beispielsweise kann das Sperrelement 15 über eine Lagerung an einem Drehpunkt an dem Treibdüsenabschnitt oder dem Düsenabschnitt 10 schwenkbar befestigt sein, wodurch der Verstellweg S einen Kreisbogen beschreibt. Ferner können alternativ die

Treibdüsen in mehreren Reihen und über- und untereinander sowie nebeneinander, versetzt, oder einer sonstigen beliebigen zweidimensionalen Anordnungen in Bezug zu einer Ebene der Sperrfläche 17 benachbart angeordnet sein.

Alternativ können eine Anordnung der Treibdüsen 13 sowie ein Drehpunkt zur Lagerung des Sperrelementes und dessen Verstellweg S konzentrisch zueinander ausgerichtet sein, ähnlich einer Konfiguration eines Revolvers.

Alternativ können die Treibdüsen eine Auswahl verschiedener, insbesondere in einer benachbarten Reihenfolge zunehmender Strömungsquerschnitte aufweisen.

Zudem können alternativ mehrere, insbesondere gemeinsam gekoppelte Sperrelemente 15 für die Mehrzahl von Treibdüsen 13 entlang eines gemeinsamen oder eines jeweiligen Verstellweges S bewegt werden. Zudem kann die Sperrfläche 17 des Sperrelementes 15 Öffnungen im Sinne einer Lochblende aufweisen, deren Durchmesser auf eine Freigabe oder Begrenzung von gleichen oder verschiedenen Strömungsquerschnitten der Treibdüsen 13 abgestimmt sind.

Ergänzend wird angemerkt, dass sich der ringförmige Strömungsquerschnitt der dargestellten Saugdüse 12 verjüngt, wodurch die Strömungscharakteristik der Ejektorvorrichtung 100 begünstigt wird. Diese Ausgestaltung ist jedoch prinzipiell für das Funktionsprinzip einer Strahlpumpe nicht zwingend notwendig, sodass in einer alternativen Ausführungsform auch ein abnehmender Strömungsquerschnitt im Bereich der Saugdüse 12 und ein zunehmender Strömungsquerschnitt im Bereich des Diffusorabschnitts 22 unter Kompromissen der resultierende Strömungscharakteristik entfallen kann.

Die voranstehenden Erläuterungen der Ausführungsformen beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

Bezugszeichenliste

10	Düsenabschnitt
11	Treibdüsenabschnitt
12	Saugdüse
13	Treibdüsen
14	Düsenspalt
15	Sperrelement
16	Kontur des Sperrelementes
17	Sperrfläche des Sperrelementes
20	Mischabschnitt
21	Mischkammer
22	Diffusorabschnitt
23	Vereinigungsabschnitt
24	strömungsführendes Membranelement
24A	strömungsführendes Element des Mischabschnitts
24B	strömungsführendes Element des Mischabschnitts
24C	strömungsführendes Element des Mischabschnitts
24D	strömungsführendes Element des Mischabschnitts
24E	strömungsführendes Element des Mischabschnitts
24F	strömungsführendes Element des Mischabschnitts
25	elastisches Element
26	lineare Führung
27	zentrisch gekrümmte Führung
100	Ejektorvorrichtung
D ₂₁	Strömungsquerschnitt in der Mischkammer
D ₂₃	Strömungsquerschnitt im Vereinigungsabschnitt
S	Verstellweg des Sperrelementes

Patentansprüche

1. Ejektorvorrichtung (100) für eine Anodengasrezirkulation in einem Brennstoffzellensystem, aufweisend:

einen Düsenabschnitt (10) zum Zusammenführen eines primären Fluidstroms und eines sekundären Fluidstroms in der Anodengasrezirkulation, mit:

einem Treibdüsenabschnitt (11) zum Zuführen und Erhöhen einer Strömungsgeschwindigkeit des primären Fluidstroms, und

einem Saugdüsenabschnitt (12) mit einem Düsenpalt (14), der in einem äußeren Bereich des Düsenabschnitts (10), um den Treibdüsenabschnitt (11) herum angeordnet ist, zum Ansaugen und Zuführen des sekundären Fluidstroms; sowie

einen Mischabschnitt (20), in den der Düsenabschnitt (10) einmündet, zum Mischen des zugeführten primären Fluidstroms und des zugeführten sekundären Fluidstroms,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Mischabschnitt (20) ferner aufweist:

eine Mischkammer (21) mit einem verringerten Strömungsquerschnitt (D_{21}) innerhalb des Mischabschnitts (20), zum Impulsaustausch zwischen dem primären Fluidstrom und dem sekundären Fluidstrom,

einen Diffusorabschnitt (22) mit einem zunehmenden Strömungsquerschnitt, zur Diffusion des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms durch Verringerung von deren Strömungsgeschwindigkeiten, und / oder

einen Vereinigungsabschnitt (23) mit einem im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsquerschnitt (D_{23}), zum Vereinen des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms bei im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsgeschwindigkeiten.

2. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei im Mischabschnitt (20) ein schlauchförmiges, strömungsführendes Membranelement (24) angeordnet ist, das in der Mischkammer (21) eine flexible Umfangsfläche mit einem variablen Durchmesser bildet.
3. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 2, wobei um das strömungsführende Membranelement (24) herum ein ringförmiges, elastisches Element angeordnet ist, mittels dem das strömungsführende Membranelement (24) flexibel gelagert an dem Mischabschnitts (20) angeordnet ist.
4. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Mischabschnitt (20) mittels wenigstens eines strömungsführenden Elementes (24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20), das wenigstens in einem Bereich der Mischkammer (21) quer zur Strömungsrichtung verstellbar gelagert angeordnet ist, wenigstens ein kleinster Strömungsquerschnitt (D_{21}) in der Mischkammer (21) in wenigstens einer radialen Abmessung variabel eingerichtet ist.
5. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 4, wobei, zumindest in Strömungsrichtung abschnittsweise, ein Profil des Mischabschnitts (20) in zwei strömungsführende Elemente (24A,B; 24C,D; 24E,F) aufgeteilt ist, die zumindest an einer Lagerstelle durch eine lineare Führung (26) und/oder durch eine zentrische Führung (27) quer zur Strömungsrichtung verschiebbar gelagert sind.
6. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 4 oder 5, wobei das wenigstens eine strömungsführende Element (24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20) mittels wenigstens eines elastischen Elements (25) in der Mischkammer (21), in dem Diffusorabschnitt (22) und/oder in dem Vereinigungsabschnitt (23) flexibel gelagert an dem Mischabschnitts (20) angeordnet ist.
7. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei das wenigstens eine strömungsführende Element (24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20) zur Innenseite eine den Strömungsquerschnitt (D_{21} , D_{23}) umschließende Dichtung aufweist.
8. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 4 oder 7, wobei sich eine Verstellung des strömungsführenden Membranelementes (24) und/oder des wenigstens einen strömungsführenden Elementes (24A,B; 24C,D; 24E,F) des

Mischabschnitts (20) mittels eines Gleichgewichts zwischen einer vordefinierten elastischen Rückstellkraft des elastischen Elementes (25) und einem Gesamtdruck aus dem primären Fluidstrom und dem sekundären Fluidstrom, die durch den Mischabschnitt (20) strömen, selbst reguliert.

9. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 oder 5, wobei eine Verstellung des strömungsführenden Membranelementes (24) und/oder des wenigstens einen strömungsführenden Elements (24, 24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20) mittels eines gekoppelten Stellglieds ansteuerbar ist.
10. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Treibdüsenabschnitt (11) eine oder mehrere Treibdüsen (13) aufweist, wobei alle Treibdüsen (13) gemeinsam einen Gesamtöffnungsquerschnitt des Treibdüsenabschnitts (11) bilden, wobei wenigstens ein Sperrelement (15) mit einer Sperrfläche (17), entlang eines Verstellweges (S) verstellbar gelagert, an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet ist; wobei wenigstens eine der Treibdüsen (13), innerhalb des Verstellweges (S) in Überschneidung mit der Sperrfläche (17) des wenigstens einen Sperrelementes (15) angeordnet ist, für ein verstellbares Begrenzen des Gesamtströmungsquerschnittes des Treibdüsenabschnittes (11) mittels variabler Überschneidung der Sperrfläche (17) mit einem Strömungsquerschnitt der wenigstens einen Treibdüse (13) entlang des Verstellweges (S).
11. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei alle Treibdüsen (13) innerhalb des Verstellweges (S) in Überschneidung mit der Sperrfläche (17) von einem und demselben Sperrelement (15) angeordnet sind, für ein verstellbares Begrenzen oder Verschließen des Gesamtströmungsquerschnittes des Treibdüsenabschnittes (11) mittels variabler Überschneidung der Sperrfläche (17) mit den Strömungsquerschnitten aller Treibdüsen (13) entlang des Verstellweges (S).
12. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei zu einer Seite der Sperrfläche (17) eine stufenförmige Kontur (16A) an dem wenigstens einen Sperrelement (15) ausgebildet ist, wobei ein Abstand zwischen benachbarten Stufen der stufenförmigen Kontur (16A) im Wesentlichen einem Abstand

zwischen benachbart angeordneten Treibdüsen (13) entspricht, für ein stufenweises Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen (13).

13. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei zu einer Seite der Sperrfläche (17) eine Kontur (16B) mit gradueller Steigung an dem wenigstens einen Sperrelement (15) ausgebildet ist, für ein graduelles Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen (13).
14. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei das wenigstens eine Sperrelement (15) stromaufwärts von den Treibdüsen (13) an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet und mit der Sperrfläche (17) in einem Gleitkontakt mit Enden der Treibdüsen (13) gelagert ist, für ein einlassseitiges Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen (13).
15. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei das wenigstens eine Sperrelement (15) stromabwärts von den Treibdüsen (13) an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet und mit der Sperrfläche (17) in einem Gleitkontakt mit Enden der Treibdüsen gelagert ist, für ein auslassseitiges Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen (13).
16. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Treibdüsen (13) auf einer Linie zueinander benachbart angeordnet sind, und das wenigstens eine Sperrelement (15) mittels einer Führung verschiebbar gelagert an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet ist, für eine lineare Verstellbewegung des Sperrelementes (15) in Bezug zu den Treibdüsen (13).
17. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 16, wobei der Verstellweg (S) in einem Winkel, insbesondere quer zu der Linie der benachbarten Treibdüsen (13) verlaufend, ausgebildet ist.
18. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei das wenigstens eine Sperrelement (15) mittels eines Drehpunktes verschwenkbar gelagert an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet ist, für eine verschwenkende Verstellbewegung des Sperrelementes (15) in Bezug zu den Treibdüsen (13).

19. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Treibdüsen (13) konzentrisch zueinander angeordnet sind, und das wenigstens ein Sperrelement (15) mittels eines konzentrischen Drehpunktes drehbar gelagert an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet ist, für eine drehende Verstellbewegung des Sperrelementes (15) in Bezug zu den Treibdüsen (13).
20. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei das wenigstens ein Sperrelement (15) mit einem Stellglied gekoppelt ist, für ein Einstellen des wenigstens einen Sperrelementes (15) entlang des Verstellweges (S).
21. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei die Treibdüsen (13) unterschiedliche Strömungsquerschnitte, insbesondere in einer Reihenfolge von benachbart angeordneten Treibdüsen (13) zunehmende Strömungsquerschnitte aufweisen.

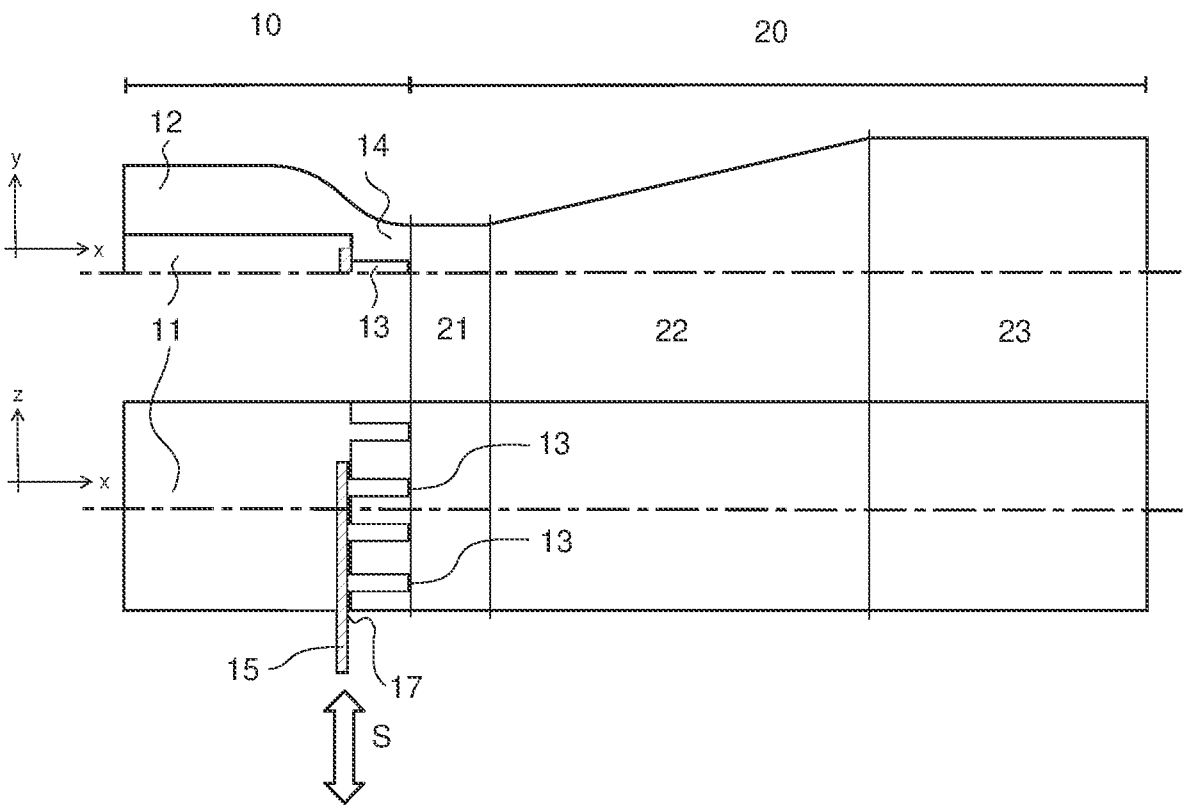
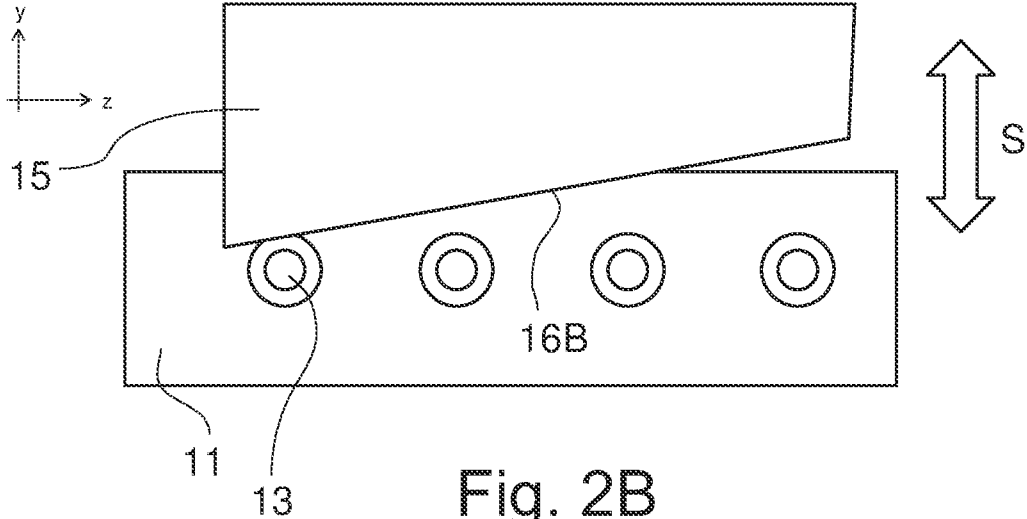
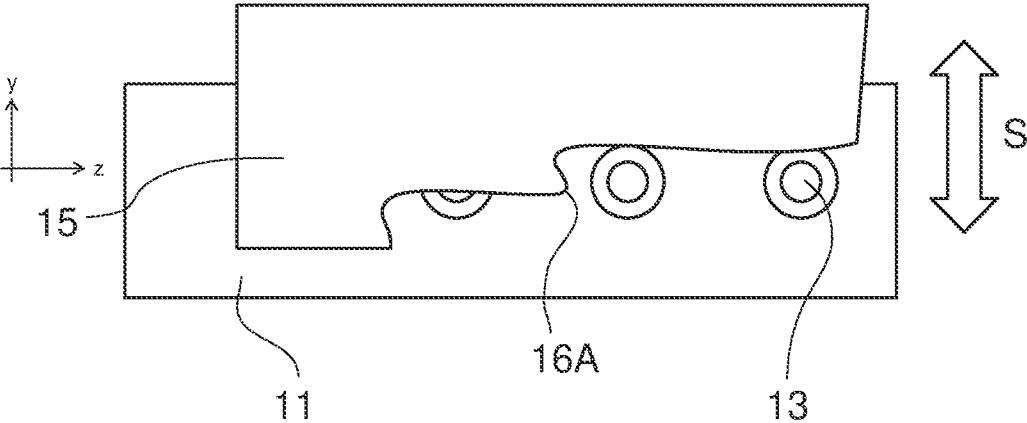


Fig. 1



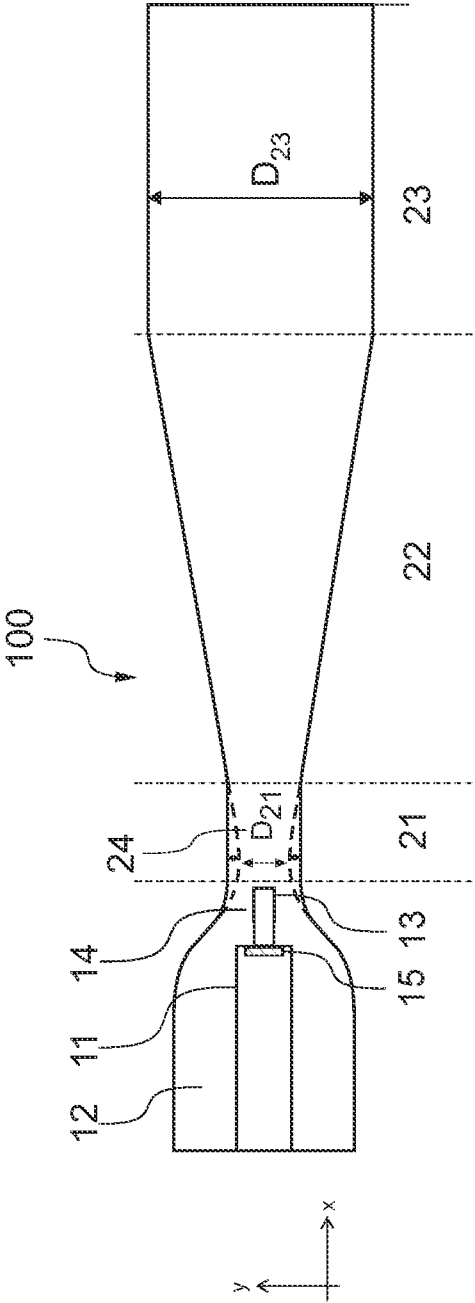


Fig. 3

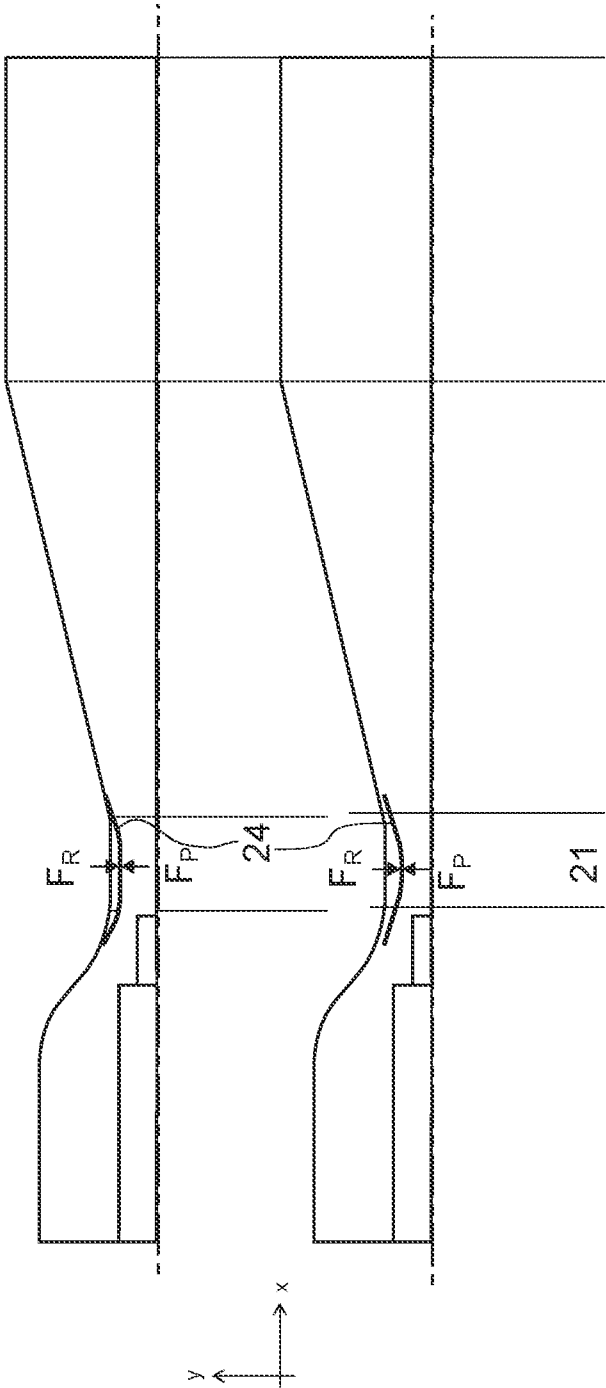


Fig. 4

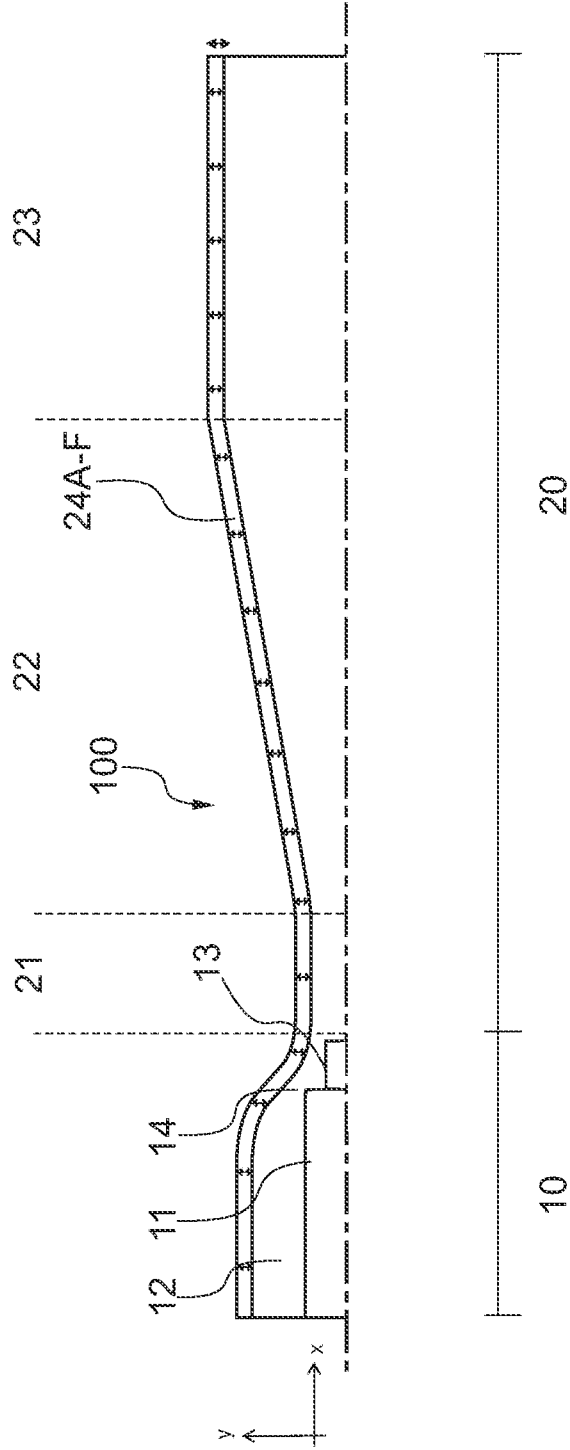
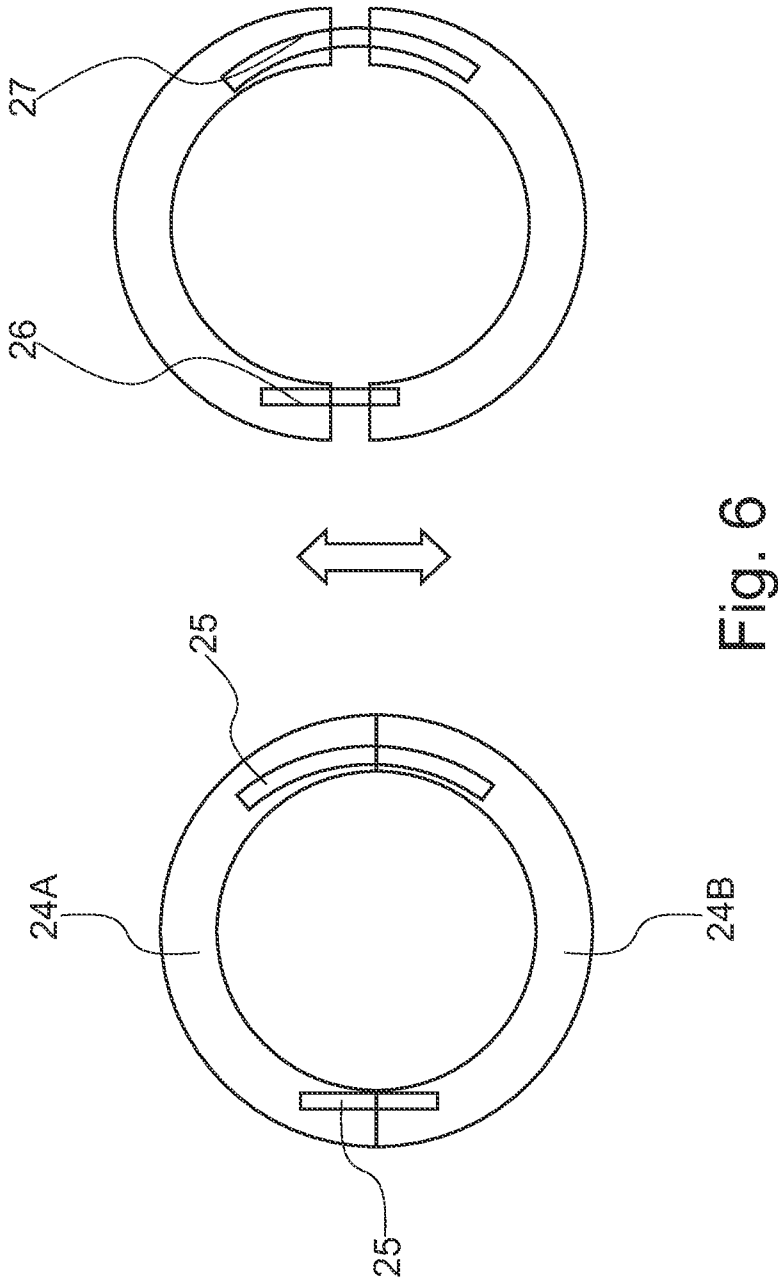


Fig. 5



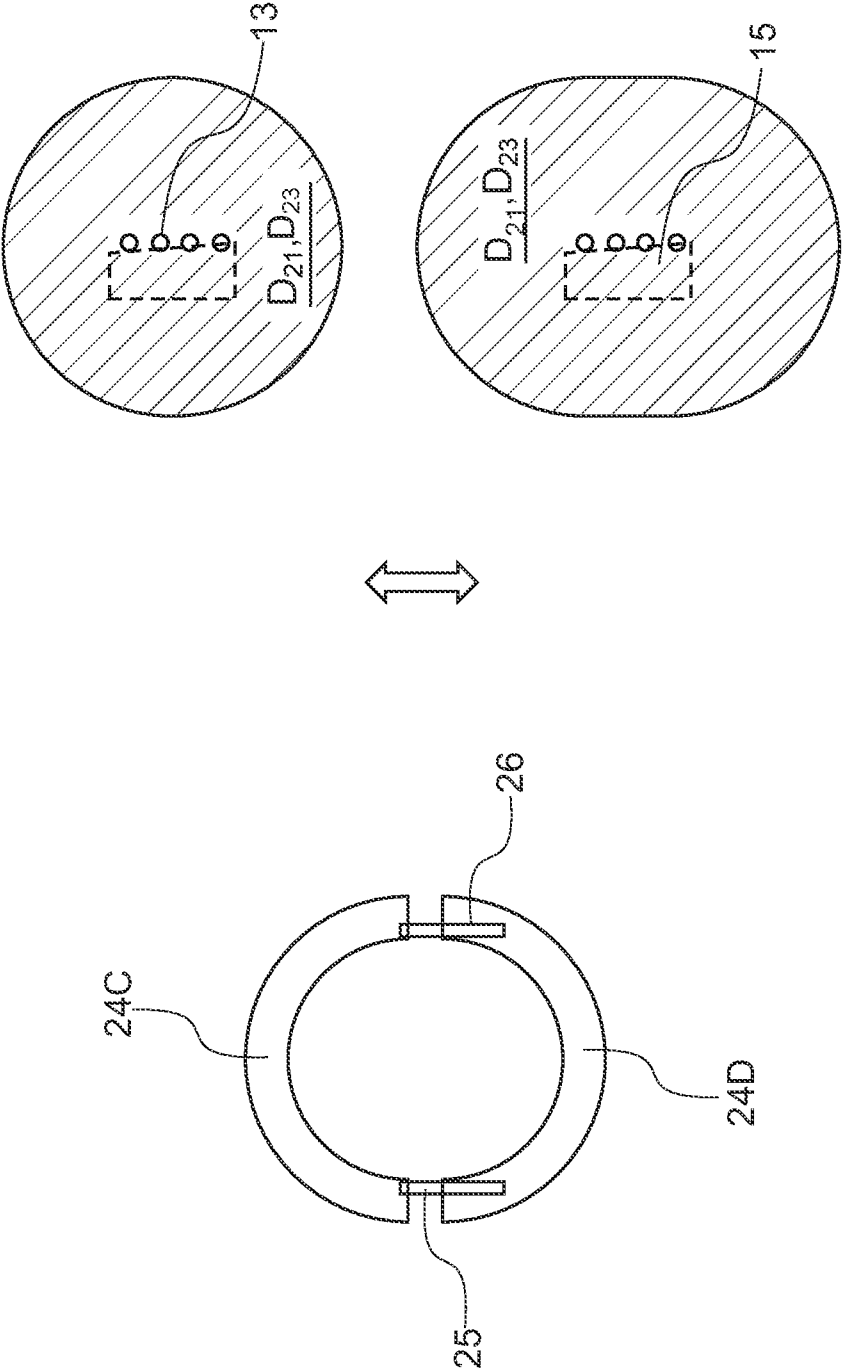


Fig. 7

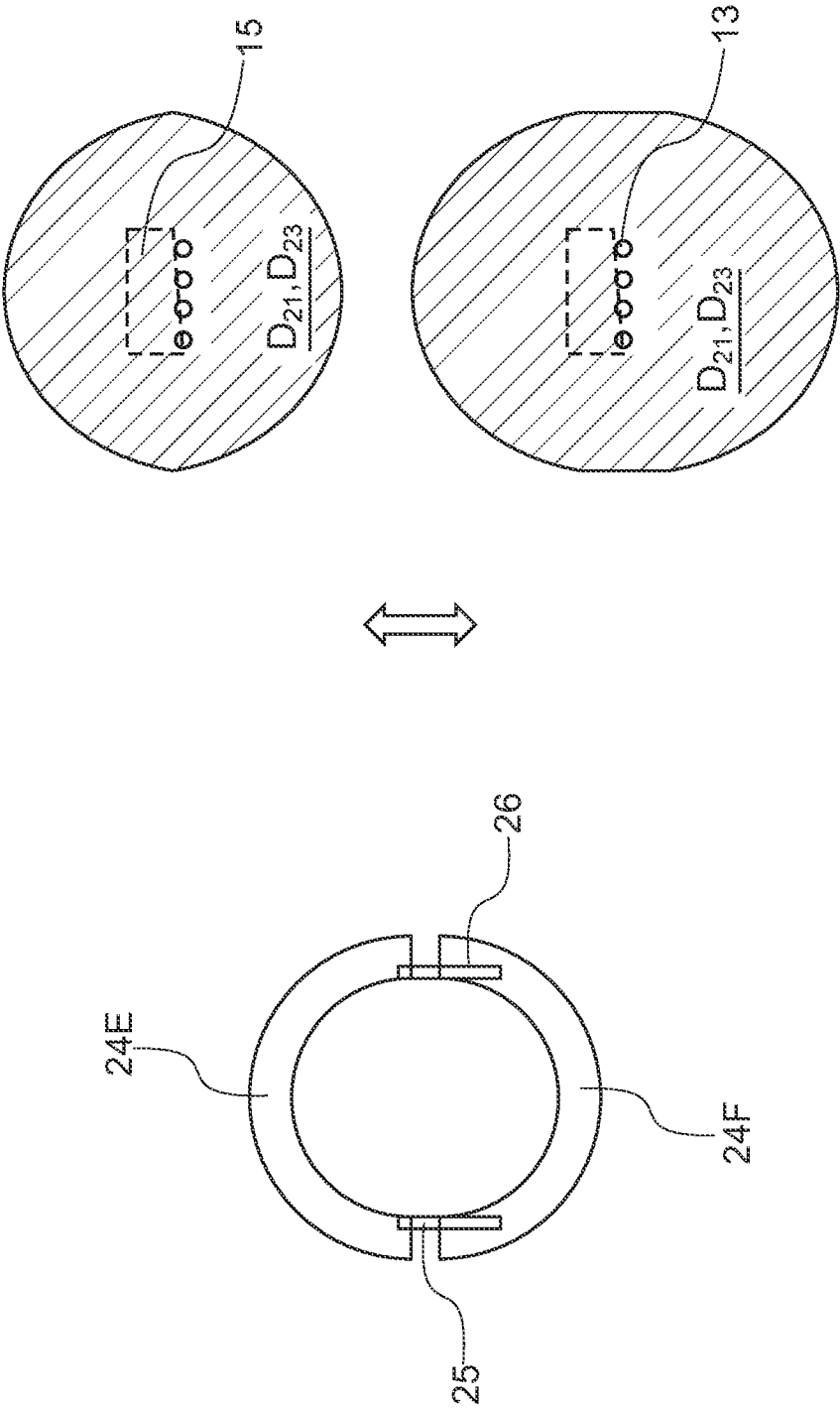


Fig. 8

Patentansprüche

1. Ejektorvorrichtung (100) für eine Anodengasrezirkulation in einem Brennstoffzellensystem, aufweisend:

einen Düsenabschnitt (10) zum Zusammenführen eines primären Fluidstroms und eines sekundären Fluidstroms in der Anodengasrezirkulation, mit:

einem Treibdüsenabschnitt (11) zum Zuführen und Erhöhen einer Strömungsgeschwindigkeit des primären Fluidstroms, und

einem Saugdüsenabschnitt (12) mit einem Düsenpalt (14), der in einem äußeren Bereich des Düsenabschnitts (10), um den Treibdüsenabschnitt (11) herum angeordnet ist, zum Ansaugen und Zuführen des sekundären Fluidstroms; sowie

einen Mischabschnitt (20), in den der Düsenabschnitt (10) einmündet, zum Mischen des zugeführten primären Fluidstroms und des zugeführten sekundären Fluidstroms, wobei

der Mischabschnitt (20) ferner aufweist:

eine Mischkammer (21) mit einem verringerten Strömungsquerschnitt (D_{21}) innerhalb des Mischabschnitts (20), zum Impulsaustausch zwischen dem primären Fluidstrom und dem sekundären Fluidstrom,

einen Diffusorabschnitt (22) mit einem zunehmenden Strömungsquerschnitt, zur Diffusion des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms durch Verringerung von deren Strömungsgeschwindigkeiten, und / oder

einen Vereinigungsabschnitt (23) mit einem im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsquerschnitt (D_{23}), zum Vereinen des primären Fluidstroms und des sekundären Fluidstroms bei im Wesentlichen gleichbleibenden Strömungsgeschwindigkeiten, wobei

wobei der Mischabschnitt (20) mittels wenigstens eines strömungsführenden Elementes (24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20), das wenigstens in einem Bereich der Mischkammer (21) quer zur Strömungsrichtung verstellbar

gelagert angeordnet ist, wenigstens ein kleinster Strömungsquerschnitt (D_{21}) in der Mischkammer (21) in wenigstens einer radialen Abmessung variabel eingerichtet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass,

zumindest in Strömungsrichtung abschnittsweise, ein Profil des Mischabschnitts (20) in zwei strömungsführende Elemente (24A,B; 24C,D; 24E,F) aufgeteilt ist, die zumindest an einer Lagerstelle durch eine lineare Führung (26) und/oder durch eine zentrische Führung (27) quer zur Strömungsrichtung verschiebbar gelagert sind.

2. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei im Mischabschnitt (20) ein schlauchförmiges, strömungsführendes Membranelement (24) angeordnet ist, das in der Mischkammer (21) eine flexible Umfangsfläche mit einem variablen Durchmesser bildet.
3. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 2, wobei um das strömungsführende Membranelement (24) herum ein ringförmiges, elastisches Element angeordnet ist, mittels dem das strömungsführende Membranelement (24) flexibel gelagert an dem Mischabschnitts (20) angeordnet ist.
4. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das wenigstens eine strömungsführende Element (24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20) mittels wenigstens eines elastischen Elements (25) in der Mischkammer (21), in dem Diffusorabschnitt (22) und/oder in dem Vereinigungsabschnitt (23) flexibel gelagert an dem Mischabschnitts (20) angeordnet ist.
5. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das wenigstens eine strömungsführende Element (24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20) zur Innenseite eine den Strömungsquerschnitt (D_{21} , D_{23}) umschließende Dichtung aufweist.
6. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei sich eine Verstellung des strömungsführenden Membranelementes (24) und/oder des wenigstens einen strömungsführenden Elementes (24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20) mittels eines Gleichgewichts zwischen einer vordefinierten

- elastischen Rückstellkraft des elastischen Elementes (25) und einem Gesamtdruck aus dem primären Fluidstrom und dem sekundären Fluidstrom, die durch den Mischabschnitt (20) strömen, selbst reguliert.
7. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Verstellung des strömungsführenden Membranelementes (24) und/oder des wenigstens einen strömungsführenden Elements (24, 24A,B; 24C,D; 24E,F) des Mischabschnitts (20) mittels eines gekoppelten Stellglieds ansteuerbar ist.
 8. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Treibdüsenabschnitt (11) mehrere Treibdüsen (13) aufweist, wobei alle Treibdüsen (13) gemeinsam einen Gesamtöffnungsquerschnitt des Treibdüsenabschnitts (11) bilden, wobei wenigstens ein Sperrelement (15) mit einer Sperrfläche (17), entlang eines Verstellweges (S) verstellbar gelagert, an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet ist; wobei wenigstens eine der Treibdüsen (13), innerhalb des Verstellweges (S) in Überschneidung mit der Sperrfläche (17) des wenigstens einen Sperrelementes (15) angeordnet ist, für ein verstellbares Begrenzen des Gesamtströmungsquerschnittes des Treibdüsenabschnittes (11) mittels variabler Überschneidung der Sperrfläche (17) mit einem Strömungsquerschnitt der wenigstens einen Treibdüse (13) entlang des Verstellweges (S).
 9. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 8, wobei alle Treibdüsen (13) innerhalb des Verstellweges (S) in Überschneidung mit der Sperrfläche (17) von einem und demselben Sperrelement (15) angeordnet sind, für ein verstellbares Begrenzen oder Verschließen des Gesamtströmungsquerschnittes des Treibdüsenabschnittes (11) mittels variabler Überschneidung der Sperrfläche (17) mit den Strömungsquerschnitten aller Treibdüsen (13) entlang des Verstellweges (S).
 10. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, wobei zu einer Seite der Sperrfläche (17) eine stufenförmige Kontur (16A) an dem wenigstens einen Sperrelement (15) ausgebildet ist, wobei ein Abstand zwischen benachbarten Stufen der stufenförmigen Kontur (16A) im Wesentlichen einem Abstand zwischen benachbart angeordneten Treibdüsen (13) entspricht, für ein stufenweises Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen (13).

11. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, wobei zu einer Seite der Sperrfläche (17) eine Kontur (16B) mit gradueller Steigung an dem wenigstens einen Sperrelement (15) ausgebildet ist, für ein graduelles Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen (13).
12. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei das wenigstens eine Sperrelement (15) stromaufwärts von den Treibdüsen (13) an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet und mit der Sperrfläche (17) in einem Gleitkontakt mit Enden der Treibdüsen (13) gelagert ist, für ein einlassseitiges Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen (13).
13. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das wenigstens eine Sperrelement (15) stromabwärts von den Treibdüsen (13) an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet und mit der Sperrfläche (17) in einem Gleitkontakt mit Enden der Treibdüsen gelagert ist, für ein auslassseitiges Begrenzen oder Verschließen von Strömungsquerschnitten der Treibdüsen (13).
14. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei die Treibdüsen (13) auf einer Linie zueinander benachbart angeordnet sind, und das wenigstens eine Sperrelement (15) mittels einer Führung verschiebbar gelagert an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet ist, für eine lineare Verstellbewegung des Sperrelementes (15) in Bezug zu den Treibdüsen (13).
15. Ejektorvorrichtung (100) nach Anspruch 14, wobei der Verstellweg (S) in einem Winkel, insbesondere quer zu der Linie der benachbarten Treibdüsen (13) verlaufend, ausgebildet ist.
16. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei das wenigstens eine Sperrelement (15) mittels eines Drehpunktes verschwenkbar gelagert an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet ist, für eine verschwenkende Verstellbewegung des Sperrelementes (15) in Bezug zu den Treibdüsen (13).
17. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei die Treibdüsen (13) konzentrisch zueinander angeordnet sind, und das wenigstens ein Sperrelement (15) mittels eines konzentrischen Drehpunktes drehbar gelagert an dem Düsenabschnitt (10) angeordnet ist, für eine drehende Verstellbewegung des Sperrelementes (15) in Bezug zu den Treibdüsen (13).

18. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 17, wobei das wenigstens eine Sperrelement (15) mit einem Stellglied gekoppelt ist, für ein Einstellen des wenigstens einen Sperrelementes (15) entlang des Verstellweges (S).
19. Ejektorvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 18, wobei die Treibdüsen (13) unterschiedliche Strömungsquerschnitte, insbesondere in einer Reihenfolge von benachbart angeordneten Treibdüsen (13) zunehmende Strömungsquerschnitte aufweisen.