

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50380/2019
(22) Anmeldetag: 26.04.2019
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2020

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04089** (2016.01)
H01M 8/04746 (2016.01)
H01M 8/0438 (2016.01)
H01M 8/124 (2016.01)
H01M 8/1018 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 3389126 A1
US 2004241511 A1
JP 2002237322 A

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
(72) Erfinder:
Neubauer Raphael Dr.
8010 Graz (AT)
Soukup Nikolaus Dipl.Ing. BSc
8010 Graz (AT)
(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Brennstoffzellensystem, Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems und Brennstoffzellenfahrzeug**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), einen Ejektor (5), eine Brennstoffgemischleitung (6) zum Leiten eines Brennstoffgemisches, das Primärbrennstoff und Sekundärbrennstoff aufweist, vom Ejektor (5) in Richtung des Anodenabschnitts (3), eine Primärbrennstoffleitung (7) zum Zuführen des Primärbrennstoffs zum Ejektor (5), und eine Rezirkulationsleitung (8) zum Rückführen des Sekundärbrennstoffs vom Anodenabschnitt (3) zum Ejektor (5), wobei der Ejektor (5) eine Düse (9), eine Mischkammer (10) zum Mischen des über die Primärbrennstoffleitung (7) und durch die Düse (9) in die Mischkammer (10) geführten Primärbrennstoffs mit dem über die Rezirkulationsleitung (8) vom Anodenabschnitt (3) in die Mischkammer (10) rückgeführten Sekundärbrennstoff, und einen Diffusor (11) zum druckbeaufschlagten Leiten des Brennstoffgemisches aus der Mischkammer (10) in die Brennstoffgemischleitung (5), aufweist, wobei wenigstens eine Diffusormesseinheit (12; 12a, 12b) zum Bestimmen eines Massenstroms im und/oder am Diffusor (11) zumindest teilweise im und/oder am Diffusor (11) ausgestaltet ist.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Bestimmen eines Massenstroms in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer Primärbrennstoffzufuhr zu einem Ejektor (5) in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d) sowie ein Fahrzeug (20) mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d).

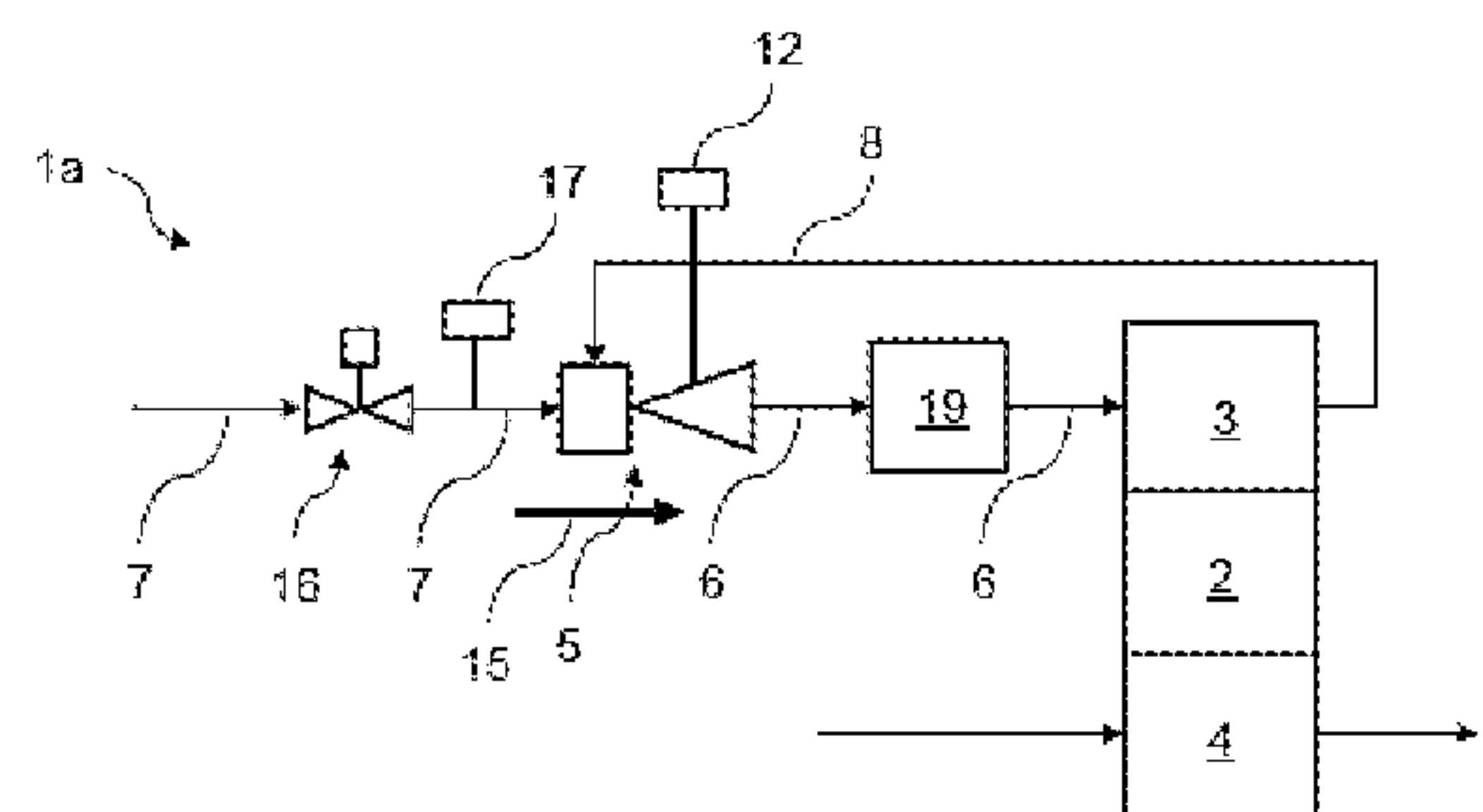


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), einen Ejektor (5), eine Brennstoffgemischleitung (6) zum Leiten eines Brennstoffgemisches, das Primärbrennstoff und Sekundärbrennstoff aufweist, vom Ejektor (5) in Richtung des Anodenabschnitts (3), eine Primärbrennstoffleitung (7) zum Zuführen des Primärbrennstoffs zum Ejektor (5), und eine Rezirkulationsleitung (8) zum Rückführen des Sekundärbrennstoffs vom Anodenabschnitt (3) zum Ejektor (5), wobei der Ejektor (5) eine Düse (9), eine Mischkammer (10) zum Mischen des über die Primärbrennstoffleitung (7) und durch die Düse (9) in die Mischkammer (10) geführten Primärbrennstoffs mit dem über die Rezirkulationsleitung (8) vom Anodenabschnitt (3) in die Mischkammer (10) rückgeführten Sekundärbrennstoff, und einen Diffusor (11) zum druckbeaufschlagten Leiten des Brennstoffgemisches aus der Mischkammer (10) in die Brennstoffgemischleitung (5), aufweist, wobei wenigstens eine Diffusormesseinheit (12; 12a, 12b) zum Bestimmen eines Massenstroms im und/oder am Diffusor (11) zumindest teilweise im und/oder am Diffusor (11) ausgestaltet ist.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Bestimmen eines Massenstroms in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer Primärbrennstoffzufuhr zu einem Ejektor (5) in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d) sowie ein Fahrzeug (20) mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d).

Fig. 1

Brennstoffzellensystem, Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems und Brennstoffzellenfahrzeug

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein SOFC-System, aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, einen Ejektor, eine Brennstoffgemischleitung zum Leiten eines Brennstoffgemisches, das Primärbrennstoff und Sekundärbrennstoff aufweist, vom Ejektor in Richtung des Anodenabschnitts, eine Primärbrennstoffleitung zum Zuführen des Primärbrennstoffs zum Ejektor, und zumindest eine Rezirkulationsleitung zum Rückführen des Sekundärbrennstoffs vom Anodenabschnitt zum Ejektor.

Im Stand der Technik sind verschiedene Systeme zum Zuführen von Brennstoff zu einem Anodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels bekannt. Insbesondere ist bekannt, dass der Brennstoff von einer Brennstoffquelle wie einem Brennstofftank mittels eines Gebläses, das sich in einer Brennstoffleitung zwischen der Brennstoffquelle und dem Anodenabschnitt befindet, zum Anodenabschnitt gefördert wird. Zum Einstellen der Betriebsweise des Gebläses sowie einer Brennstoffmengen Zufuhr zum Gebläse und/oder zur Ermittlung einer Wasserstoffleistung eines Reformers des Brennstoffzellensystems kann hierzu ein Massenstrom des Brennstoffs in der Brennstoffleitung, insbesondere im Gebläse, gemessen werden. Ein solches System kann der deutschen Patentanmeldung DE 10 2014 206 836 A1 entnommen werden. Problematisch bei diesem System ist jedoch, dass durch die Massenstrommessung im Gebläse ein Druckverlust in der Brennstoffleitung bzw. im gesamten Anodenpfad entsteht, welchen es grundsätzlich zu vermeiden gilt.

Aktuell befinden sich Brennstoffzellensysteme in der Entwicklung, bei welchen ein Ejektor für das Zuführen von Brennstoff zum Anodenabschnitt verwendet wird. Durch den Ejektor kann rezirkulierter Brennstoff bzw. Anodenabgas durch eine Rezirkulationsleitung aus dem Anodenabschnitt als Sekundärbrennstoff zusammen mit Primärbrennstoff aus der Brennstoffquelle als Brennstoffgemisch dem Anodenabschnitt zugeführt werden. Um möglichst hohe Rezirkulationsraten zu erzielen, soll der Druckverlust im gesamten Anodenpfad einschließlich Rezirkulationsleitung so gering wie möglich gehalten werden. Trotzdem soll der

Massenstrom sowohl des Primärbrennstoffs als auch der des Sekundärbrennstoffs zuverlässig ermittelt werden. Dies gestaltet sich insbesondere bei höheren Temperaturen schwierig.

5 Die Ermittlung des Massenstroms ist wichtig, um beispielsweise einen Anteil an Sauerstoff und Wasser in einem Reformer des Brennstoffzellensystems bestimmen und/oder sicherstellen zu können, um in weiterer Folge Rußbildung im Reformer zu verhindern. Dazu müssen die Strömungen durch den Ejektor und über die Rezirkulationsleitung bekannt sein.

10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Brennstoffzellensystem zu schaffen, in welchem ein Massenstrom im Anodenpfad, dessen Wert zum Einstellen des Brennstoffzellensystems erlangt werden soll, mit möglichst geringem Druckverlust bestimmt werden kann. Weiterhin ist es eine Aufgabe, ein Verfahren zum Bestimmen
15 eines Massenstroms in einem solchen Brennstoffzellensystem, ein Verfahren zum Einstellen eines Massenstroms in einem solchen Brennstoffzellensystem sowie ein Brennstoffzellenfahrzeug mit einem solchen Brennstoffzellensystem zur Verfügung zu stellen.

20 Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 1, das Verfahren gemäß Anspruch 6, das Verfahren gemäß Anspruch 11 sowie das Brennstoffzellenfahrzeug gemäß Anspruch 12 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem
25 Brennstoffzellensystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Verfahren, dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellenfahrzeug und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

30 Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem mit wenigstens einem Brennstoffzellenstapel, der einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt aufweist, zur Verfügung gestellt. Das

Brennstoffzellensystem kann insbesondere ein SOFC-System oder ein PEM-System sein. Das Brennstoffzellensystem weist ferner einen Ejektor, eine Brennstoffgemischleitung zum Leiten eines Brennstoffgemisches, das Primärbrennstoff und Sekundärbrennstoff aufweist, vom Ejektor in Richtung des Anodenabschnitts, auf. Außerdem weist das Brennstoffzellensystem eine Primärbrennstoffleitung zum Zuführen des Primärbrennstoffs zum Ejektor, und zumindest eine Rezirkulationsleitung zum Rückführen des Sekundärbrennstoffs vom Anodenabschnitt zum Ejektor, auf. Der Ejektor weist erfindungsgemäß eine Düse, eine Mischkammer zum Mischen des über die Primärbrennstoffleitung und durch die Düse in die Mischkammer geführten Primärbrennstoffs mit dem über die zumindest eine Rezirkulationsleitung vom Anodenabschnitt in die Mischkammer rückgeführten Sekundärbrennstoff, und einen Diffusor zum druckbeaufschlagten Leiten des Brennstoffgemisches aus der Mischkammer in die Brennstoffgemischleitung, auf, wobei wenigstens eine Diffusormesseinheit zum Bestimmen eines Massenstroms im und/oder am Diffusor zumindest teilweise im und/oder am Diffusor ausgestaltet ist. Es kann auch eine weitere Rezirkulationsleitung vorgesehen sein.

Durch die Düse des Ejektors wird der Primärbrennstoff bzw. ein entsprechender Primärmassestrom des Primärbrennstoffs beschleunigt, der gemäß dem Wirkprinzip einer Strahlpumpe wiederum den Sekundärbrennstoff bzw. einen entsprechenden Sekundärmassestrom des Sekundärbrennstoffs beschleunigt. Der Diffusor, der in einem Endbereich bzw. Fluidausgangsabschnitt des Ejektors positioniert ist, kann die aufgebaute Geschwindigkeit wieder in Druck abbauen. Dadurch können die Massenströme effektiv durch die zumindest eine Rezirkulationsleitung und die Brennstoffgemischleitung bzw. durch entsprechende Leitungsabschnitte eines Anodenpfads getrieben werden. Konventionelle Massenstrommessenheiten konnten bisher nur mit zusätzlichem Druckverlust im Brennstoffzellensystem implementiert werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde jedoch erkannt, dass sich durch die Anordnung einer Massenstrommessenheit, vorliegend der Diffusormesseinheit, am und/oder im Diffusor eines Ejektors der Massestrom zumindest an dieser Stelle ohne weiteren Druckverlust messen lässt. Der Diffusor wirkt in diesem Fall als eine Art umgekehrtes Venturirohr. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das Brennstoffzellensystem mit der im Diffusor integrierten Diffusormesseinheit besonders kompakt realisiert werden kann. Die wenigstens eine Diffusormesseinheit kann wenigstens einen Massenstromsensor aufweisen oder in

Form von wenigstens einem Massenstromsensor bzw. einem Brennstoffgemisch-Massenstromsensor bereitgestellt sein. Darüber hinaus kann das beschriebene System problemlos in ein mobiles System wie ein Fahrzeug integriert werden.

Die vorteilhaften Effekte der erfindungsgemäßen Anordnung sind zudem relativ
5 überraschend. Aufgrund von möglichen Strömungsabrissen und/oder Partikelablagerungen an Teilen der Messeinheiten wurde bisher Abstand von derartigen Messungen in und/oder an einem Diffusor genommen.

Das Brennstoffzellensystem ist vorzugsweise in Form eines SOFC-Systems bzw. eines Hochtemperaturbrennstoffzellensystems ausgestaltet. Unter der
10 Brennstoffgemischleitung kann eine Fluidleitung verstanden werden, durch welche der Ejektor bzw. die Mischkammer mit dem Anodenabschnitt, genauer gesagt mit einem Anodeneingang des Anodenabschnitts, in Fluidverbindung steht. Der Ejektor muss durch die Brennstoffgemischleitung nicht direkt bzw. nicht ohne Zwischenelemente mit dem Anodenabschnitt verbunden sein. Vielmehr ist es
15 möglich, dass noch weitere Funktionsbauteile des Brennstoffzellensystems in Fluidrichtung zwischen dem Ejektor und dem Anodenabschnitt in der Brennstoffgemischleitung integriert sind. So kann in einem SOFC-System stromabwärts des Ejektors und stromaufwärts des Anodenabschnitts bzw. des Anodeneingangs des Anodenabschnitts ein Reformier zum Reformieren des
20 Brennstoffgemisches in bzw. an der Brennstoffgemischleitung integriert sein.

Das reformierte Brennstoffgemisch kann ebenfalls als Brennstoffgemisch betrachtet werden. Das Brennstoffgemisch stromaufwärts des Reformers bzw. in der Mischkammer kann den Primärbrennstoff in Form eines kohlenwasserstoffhaltigen Gases wie Methan oder beispielsweise auch dampfförmiges Methanol oder Diesel
25 sowie den vom Anodenabschnitt rezirkulierten, wasserstoffhaltigen Sekundärbrennstoff aufweisen. Das Brennstoffgemisch stromabwärts des Reformers kann reformiertes Synthesegas mit Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff aufweisen.

Neben dem Primärbrennstoff und dem Sekundärbrennstoff kann das Brennstoffgemisch noch weitere Stoffe aufweisen, wobei das Brennstoffgemisch
30 vorzugsweise im Wesentlichen aus dem Primärbrennstoff und dem Sekundärbrennstoff besteht.

Die Rezirkulationsleitung ist für eine Anodenabgasrezirkulation von einem Anodenausgang des Anodenabschnitts zum Ejektor bzw. zur Mischkammer des Ejektors ausgestaltet. In oder an der Rezirkulationsleitung können noch weitere Funktionsbauteile des Brennstoffzellensystems wie beispielsweise

- 5 Fluidfördervorrichtungen, Ventile, ein zusätzlicher Gaseinlass und/oder Wärmetauscher angeordnet sein.

Die Primärbrennstoffleitung kann als Brennstoffzuführleitung zum Zuführen des Primärbrennstoffs, beispielsweise in Form eines kohlenwasserstoffhaltigen Gases wie Methan, oder verdampfter Dieser, Methanol, Ethanol oder dergleichen, zum
10 Ejektor verstanden werden. In bzw. an der Primärbrennstoffleitung können noch weitere Funktionsbauteile des Brennstoffzellensystems angeordnet sein. So kann in der Primärbrennstoffleitung stromaufwärts der Düse des Ejektors ein Stellventil und bevorzugt ein zusätzlicher Gaseinlass zum kontrollierten Zuführen von Primärbrennstoff zum Ejektor bzw. in die Düse angeordnet sein.

- 15 Unter einer Position der wenigstens einen Diffusormesseinheit im und/oder am Diffusor kann eine Position in einem Fluidleitabschnitt verstanden werden, der sich von direkt stromaufwärts des Diffusors am Diffusor durch den Diffusor bis direkt stromabwärts des Diffusors am Diffusor erstreckt. Die Messeinheit muss hierbei nicht vollständig innerhalb des Fluidleitabschnitts angeordnet sein. Vielmehr reicht es aus,
20 wenn ein Messkopf oder ein entsprechendes Sensorelement der Diffusormesseinheit an der gewünschten Stelle im Fluidleitabschnitt angeordnet ist.

Zum Bestimmen bzw. Ermitteln des Massenstroms kann die wenigstens eine Diffusormesseinheit wenigstens eine Temperaturmesseinheit zur Temperaturmessung des Brennstoffgemisches im und/oder am Diffusor und/oder
25 wenigstens eine Druckmesseinheit zur Druckmessung des Brennstoffgemisches im und/oder am Diffusor aufweisen. Darüber hinaus ist es günstig, wenn zumindest eine weitere Druckmesseinheit zur Druckmessung eines Umgebungsdruckes vorgesehen ist. Dies kann insbesondere ein Absolutdrucksensor sein. Durch die Druckmesseinheit zur Druckmessung des Brennstoffgemisches im und/oder am
30 Diffusor wird insbesondere ein Relativdruck zur Umgebung gemessen. Unter dem Bestimmen des Massenstroms ist diesbezüglich ein Bestimmen des Massenstroms des Brennstoffgemisches bzw. eines Brennstoffgemischmassenstroms zu verstehen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem der Diffusor einen Diffusorstartabschnitt mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor und einen Diffusorendabschnitt mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor aufweist, wobei der

5 Diffusorendabschnitt in einer Strömungsrichtung durch den Diffusor stromabwärts des Diffusorstartabschnitts angeordnet ist, eine erste Diffusormesseinheit zum Messen eines ersten Drucks stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts zumindest teilweise stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts am Diffusor angeordnet ist, und eine zweite Diffusormesseinheit zum Messen eines zweiten Drucks stromabwärts

10 des Diffusorendabschnitts zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorendabschnitts am Diffusor angeordnet ist. Insbesondere sind die Diffusormesseinheiten zum Messen eines statischen Drucks stromaufwärts und stromabwärts des Diffusorstartabschnitts ausgebildet und angeordnet. Aus einer Differenz dieser beiden Druckmessungen sind in weiterer Folge ein Volumsstrom

15 und dann ein Massenstrom bestimmbar. Insbesondere wird bei jeder Messstelle der statische Druck gemessen, wonach aus dem entsprechenden Verhältnis eine Änderung einer Geschwindigkeit ermittelt wird. Anschließend wird aus den ermittelten Geschwindigkeiten und Stoffwerten der Massenstrom, insbesondere nur einmal, ermittelt. Bei Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich

20 herausgestellt, dass die besten bzw. genauesten Messergebnisse erzielt werden können, wenn sich die beiden Diffusormesseinheiten möglichst weit stromabwärts von einem Sekundärbrennstoffeintritt der Mischkammer entfernt befinden und möglichst weit voneinander beabstandet sind. Mit der vorgeschlagenen Anordnung der Diffusormesseinheiten wird dem Rechnung getragen. Insbesondere wird dem

25 Wunsch des möglichst weiten Abstands zwischen den beiden Diffusormesseinheiten Rechnung getragen. Die erste Diffusormesseinheit ist hierbei stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts zumindest teilweise möglichst direkt am Diffusor, also im Fluidleitabschnitt stromaufwärts des Diffusors, angeordnet. Die zweite Diffusormesseinheit ist vorzugsweise stromabwärts des Diffusorendabschnitts

30 zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorendabschnitts möglichst direkt am Diffusor, also im Fluidleitabschnitt stromabwärts des Diffusors, angeordnet.

Ferner ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung der Diffusor einen Diffusorstartabschnitt mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor und einen Diffusorendabschnitt mit einem

maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt in einer Strömungsrichtung durch den Diffusor stromabwärts des Diffusorstartabschnitts angeordnet ist, eine erste Diffusormesseinheit zum Messen eines ersten Drucks stromabwärts des Diffusorstartabschnitts zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorstartabschnitts im Diffusor angeordnet ist, und eine zweite Diffusormesseinheit zum Messen eines zweiten Drucks stromabwärts des Diffusorendabschnitts zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorendabschnitts am Diffusor angeordnet ist. Mit dieser Anordnung wird insbesondere der Erkenntnis Rechnung getragen, dass sich die beiden Diffusormesseinheiten für ein genaues Messergebnis möglichst weit stromabwärts vom Sekundärbrennstoffeintritt der Mischkammer entfernt befinden sollen. Der Massenstrom wird auch hier wie oben beschrieben bestimmt. Folglich ist dieser im Diffusor insbesondere immer gleich groß. Die gemessenen Druckwerte stromabwärts und stromaufwärts des Diffusorstartabschnittes bzw. Diffusorendabschnittes unterscheiden sich natürlich bzw. sind in der Regel unterschiedlich groß. Insbesondere sind die Diffusormesseinheiten zum Messen eines statischen Drucks ausgebildet und angeordnet. Aus einer Differenz dieser beiden Druckmessungen ist in weiterer Folge ein Massenstrom bestimmbar.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem der Diffusor einen Diffusorstartabschnitt mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor und einen Diffusorendabschnitt mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt in einer Strömungsrichtung durch den Diffusor stromabwärts des Diffusorstartabschnitts angeordnet ist, eine erste Diffusormesseinheit zum Messen eines ersten Drucks stromabwärts des Diffusorstartabschnitts zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorstartabschnitts im Diffusor angeordnet ist, und eine zweite Diffusormesseinheit zum Messen eines zweiten Drucks stromaufwärts des Diffusorendabschnitts zumindest teilweise stromaufwärts des Diffusorendabschnitts im Diffusor angeordnet ist. Mit dieser Anordnung wird insbesondere der Erkenntnis Rechnung getragen, dass sich die beiden Diffusormesseinheiten für ein genaues Messergebnis möglichst innerhalb des Diffusors befinden sollen. Insbesondere sind die Diffusormesseinheiten zum Messen eines statischen Drucks ausgebildet und angeordnet. Aus einer Differenz dieser beiden Druckmessungen ist in weiterer Folge ein Massenstrom bestimmbar.

Darüber hinaus hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem stromaufwärts der Düse in der Primärbrennstoffleitung ein Stellventil zum Steuern und/oder Regeln der Brennstoffzufuhr zur Düse angeordnet ist, wobei im und/oder am Stellventil

5 zumindest teilweise wenigstens eine Stellventilmesseinheit zum Bestimmen eines Massenstroms im und/oder am Stellventil angeordnet ist. Eine weitere Massenstrommessung ist nicht nötig, da der Massenstrom in der Rezirkulationsleitung anhand der Messwerte im und/oder am Stellventil sowie im und/oder am Diffusor berechnet werden kann. Es kann allerdings auch eine weitere

10 Massenstrommessung vorgesehen sein. Hierfür kann das Brennstoffzellensystem eine geeignete Recheneinheit aufweisen. Ferner kann das Brennstoffzellensystem eine Einstelleinheit zum Einstellen des Stellventils zum Steuern und/oder Regeln einer Primärbrennstoffzufuhr zum Ejektor anhand des gemessenen Brennstoffgemischmassenstroms, des gemessenen Primärbrennstoffmassenstroms

15 und/oder des berechneten Sekundärmassestroms aufweisen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Bestimmen eines Massenstroms in einem wie vorstehend beschriebenen Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt, wobei der Massenstrom durch die wenigstens eine Diffusormesseinheit im und/oder am Diffusor bestimmt wird. Damit

20 bringt ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem beschrieben worden sind.

Bei einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Verfahren durch die erste Diffusormesseinheit ein erster Druck bzw.

25 ein erster Brennstoffgemischdruck stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts am Diffusor gemessen wird und durch die zweite Diffusormesseinheit ein zweiter Druck bzw. ein zweiter Brennstoffgemischdruck stromabwärts des Diffusorendabschnitts am Diffusor gemessen wird. Außerdem ist es möglich, dass durch die erste Diffusormesseinheit ein erster Druck stromabwärts des Diffusorstartabschnitts im

30 Diffusor gemessen wird und durch die zweite Diffusormesseinheit ein zweiter Druck stromabwärts des Diffusorendabschnitts am Diffusor gemessen wird. Darüber hinaus können durch die erste Diffusormesseinheit ein erster Druck stromabwärts des Diffusorstartabschnitts im Diffusor und durch die zweite Diffusormesseinheit ein

zweiter Druck stromaufwärts des Diffusorendabschnitts im Diffusor gemessen werden. Weiterhin ist es möglich, dass durch die wenigstens eine Stellventilmesseinheit ein Massenstrom im und/oder am Stellventil bestimmt wird. Damit können die bereits vorstehend zum Brennstoffzellensystem beschriebenen Vorteile erzielt werden. Insbesondere sind die jeweiligen Diffusormesseinheiten zum
5 jeweiligen Messen eines entsprechenden statischen Drucks ausgebildet und angeordnet. Aus einer Differenz dieser beiden Druckmessungen wird in weiterer Folge ein Massenstrom bestimmt (Querschnittsflächen sind bekannt). Insbesondere wird bei jeder Messstelle der statische Druck gemessen, wonach aus dem
10 entsprechenden Verhältnis eine Änderung einer Geschwindigkeit an unterschiedlichen Stellen ermittelt wird. Anschließend wird aus den ermittelten Geschwindigkeiten und Stoffwerten der Massenstrom, insbesondere nur einmal, ermittelt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum
15 Steuern und/oder Regeln einer Primärbrennstoffzufuhr zu einem Ejektor in einem wie vorstehend im Detail beschriebenen Brennstoffzellensystem vorgeschlagen, wobei die Primärbrennstoffzufuhr zum Ejektor anhand bzw. unter anderem anhand eines Massenstroms, der durch ein wie vorstehend beschriebenes Verfahren bestimmt wird, gesteuert und/oder geregelt wird. Damit können die Primärbrennstoffzufuhr und
20 somit auch die Sekundärbrennstoffzufuhr zum Ejektor und folglich zum Anodenabschnitt bzw. zu einem etwaigen Reformer stromaufwärts des Anodenabschnitts bei möglichst geringen Druckverlusten im Anodenpfad gesteuert und/oder geregelt werden.

Darüber hinaus wird ein Brennstoffzellenfahrzeug mit einem wie vorstehend
25 beschriebenen Brennstoffzellensystem zur Bereitstellung elektrischer Energie und wenigstens einem Elektromotor zum Antreiben des Brennstoffzellenfahrzeugs unter zumindest teilweiser Verwendung der elektrischen Energie, die durch das Brennstoffzellensystem bereitgestellt wird, zur Verfügung gestellt. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellenfahrzeug die vorstehend beschriebenen
30 Vorteile mit sich.

Es kann auch günstig sein, wenn beispielsweise ein Flugzeug, eine Drohne oder beliebige andere Anwendung mit einem wie vorstehend beschriebenen Brennstoffzellensystem zur Bereitstellung elektrischer Energie und wenigstens einem

Elektromotor zum Antreiben des entsprechenden Fahrzeugs unter zumindest teilweiser Verwendung der elektrischen Energie, die durch das Brennstoffzellensystem bereitgestellt wird, zur Verfügung gestellt wird. Darüber hinaus kann das Brennstoffzellensystem auch ein stationäres Brennstoffzellensystem
5 sein.

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

Es zeigen jeweils schematisch:

- 10 Figur 1 ein Blockdiagramm zum Beschreiben eines Brennstoffzellensystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 2 einen detaillierten Ausschnitt aus einem Brennstoffzellensystem gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 3 einen detaillierten Ausschnitt aus einem Brennstoffzellensystem gemäß
15 einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 4 einen detaillierten Ausschnitt aus einem Brennstoffzellensystem gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 5 ein Flussdiagramm zum Beschreiben eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und
- 20 Figur 6 ein Brennstoffzellenfahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 6 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

- Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm zum Erläutern eines Brennstoffzellensystems 1a
25 gemäß einer ersten Ausführungsform. Das dargestellte Brennstoffzellensystem 1a weist einen Brennstoffzellenstapel 2 mit einem Anodenabschnitt 3 und einem Kathodenabschnitt 4, einen Ejektor 5, eine Brennstoffgemischleitung 6 zum Leiten eines Brennstoffgemisches, das Primärbrennstoff und Sekundärbrennstoff aufweist, vom Ejektor 5 in Richtung des Anodenabschnitts 3, eine Primärbrennstoffleitung 7

zum Zuführen des Primärbrennstoffs zum Ejektor 5, und eine Rezirkulationsleitung 8 bzw. Sekundärbrennstoffleitung zum Rückführen des Sekundärbrennstoffs in Form von Anodenabgas vom Anodenabschnitt 3 zum Ejektor 5, auf. Stromaufwärts des Anodenabschnitts 3 ist ein Reformer 19 zum Reformieren des Brennstoffgemisches vom Ejektor 5 und zum Bereitstellen des reformierten Brennstoffgemisches für den Anodenabschnitt 3 ausgestaltet. Das Brennstoffzellensystem 1a ist entsprechend in Form eines SOFC-Systems bereitgestellt. Das Brennstoffzellensystem 1a kann aber auch ein PEM-System sein. Es können auch weitere Leitungen vorgesehen sein, beispielsweise um Massenströme in die Primärbrennstoffleitung 7 und/oder Rezirkulationsleitung 8 einzuleiten. Ebenso kann zusätzlich oder alternativ eine zweite Rezirkulationsleitung 8 vorgesehen sein.

Der Ejektor 5 weist eine Düse 9, eine Mischkammer 10 und einen Diffusor 11 auf, die in einer Strömungsrichtung 15 durch den Ejektor 5 in dieser Reihenfolge hintereinander angeordnet sind. Die Mischkammer 10 ist zum Mischen des über die Primärbrennstoffleitung 7 und durch die Düse 9 in die Mischkammer 10 geführten Primärbrennstoffs mit dem über die Rezirkulationsleitung 8 vom Anodenabschnitt 3 in die Mischkammer 10 rückgeführten Sekundärbrennstoff ausgestaltet. Durch diesen Mischvorgang wird das Brennstoffgemisch hergestellt. Der Diffusor 11 ist zum druckbeaufschlagten Leiten des Brennstoffgemisches aus der Mischkammer 10 in die Brennstoffgemischleitung 6 konfiguriert. Wie in Fig. 1 dargestellt, ist gemäß der ersten Ausführungsform im Diffusor 11 eine Diffusormesseinheit 12 zum Bestimmen eines Massenstroms im Diffusor 11 ausgestaltet. Insbesondere ist im Diffusor 11 ein Sensorkopf der Diffusormesseinheit 12 zum Bestimmen eines Brennstoffgemischmassenstroms im Diffusor 11 ausgestaltet.

Fig. 2 zeigt einen detaillierten Ausschnitt aus einem Brennstoffzellensystem 1b gemäß einer zweiten Ausführungsform. Zunächst kann in Fig. 2 erkannt werden, dass der Diffusor 11 einen Diffusorstartabschnitt 13 mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor 11 und einen Diffusorendabschnitt 14 mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor 11 aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt 14 in einer Strömungsrichtung 15 durch den Diffusor 11 stromabwärts des Diffusorstartabschnitts 13 angeordnet ist. Gemäß der zweiten Ausführungsform ist eine erste Diffusormesseinheit 12a zum Messen eines ersten Drucks stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts 13 stromaufwärts des

Diffusorstartabschnitts 13 am Diffusor 11 angeordnet. Außerdem ist eine zweite Diffusormesseinheit 12b zum Messen eines zweiten Drucks stromabwärts des Diffusorendabschnitts 14 stromabwärts des Diffusorendabschnitts 14 am Diffusor 11 angeordnet. Ferner ist in Fig. 2 gezeigt, dass stromaufwärts der Düse 9 in der

5 Primärbrennstoffleitung 7 ein Stellventil 16 zum Steuern und/oder Regeln der Brennstoffzufuhr zur Düse 9 angeordnet ist, wobei am Stellventil 16, genauer gesagt stromabwärts des Stellventils 16 in der Primärbrennstoffleitung 7 in der Nähe des Stellventils 16 zum Bestimmen eines Primärmassenstroms in der

10 Primärbrennstoffleitung 7 eine Stellventilmesseinheit 17 angeordnet ist. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Stellventilmesseinheit 17 stromaufwärts vom Stellventil 16 angeordnet ist.

Fig. 3 zeigt einen detaillierten Ausschnitt aus einem Brennstoffzellensystem 1c gemäß einer dritten Ausführungsform. Das in Fig. 3 dargestellte Brennstoffzellensystem 1c entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 2 dargestellten

15 Brennstoffzellensystem 1b. Entscheidender Unterschied ist, dass die erste Diffusormesseinheit 12a zum Messen des ersten Drucks stromabwärts des Diffusorstartabschnitts 13 entsprechend stromabwärts des Diffusorstartabschnitts 13 im Diffusor 11 bzw. in einem Diffusorleitkanal bzw. einem entsprechenden Fluidleitabschnitt zum Leiten des Brennstoffgemisches durch den Diffusor 11

20 angeordnet ist.

Fig. 4 zeigt einen detaillierten Ausschnitt aus einem Brennstoffzellensystem 1d gemäß einer vierten Ausführungsform. Das in Fig. 4 dargestellte Brennstoffzellensystem 1d entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 3 dargestellten Brennstoffzellensystem 1b. Entscheidender Unterschied ist, dass die zweite

25 Diffusormesseinheit 12b zum Messen eines zweiten Drucks stromaufwärts des Diffusorendabschnitts 14 stromaufwärts des Diffusorendabschnitts 14 im Diffusor 11 angeordnet ist.

Mit Blick auf die Figuren 1 bis 4 können ferner Verfahren zum Bestimmen von Massenströmen in den dort gezeigten Brennstoffzellensystemen 1a, 1b, 1c, 1d

30 erkannt werden. So wird in Fig. 1 ein Brennstoffgemischmassenstrom durch die eine Diffusormesseinheit 12 im Diffusor 11 bestimmt. Gemäß Fig. 2 werden die Brennstoffgemischmassenströme durch die erste Diffusormesseinheit 12a stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts 13 am Diffusor 11 und durch die zweite

Diffusormesseinheit 12b stromabwärts des Diffusorendabschnitts 14 am Diffusor 11 bestimmt. Gemäß Fig. 3 werden die Brennstoffgemischmassenströme durch die erste Diffusormesseinheit 12a stromabwärts des Diffusorstartabschnitts 13 im Diffusor 11 und durch die zweite Diffusormesseinheit 12b stromabwärts des Diffusorendabschnitts 14 am Diffusor 11 bestimmt. Gemäß Fig. 4 werden die Brennstoffgemischmassenströme durch die erste Diffusormesseinheit 12a stromabwärts des Diffusorstartabschnitts 13 im Diffusor 11 und durch die zweite Diffusormesseinheit 12b stromaufwärts des Diffusorendabschnitts 14 im Diffusor 11 bestimmt. Ferner kann gemäß den in Fig. 1 bis Fig. 4 dargestellten Brennstoffzellensystemen 1a, 1b, 1c, 1d durch die wenigstens eine Stellventilmesseinheit 17 ein Primärmassenstrom am Stellventil 16 bestimmt werden.

Mit Bezug auf Fig. 6 wird anschließend ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer Primärbrennstoffzufuhr zu einem Ejektor 5 in einem wie vorstehend beschriebenen Brennstoffzellensystem 1a, 1b, 1c, 1d beschrieben. In einem ersten Schritt S1 wird hierbei zunächst ein Brennstoffgemischmassenstrom, wie vorstehend im Detail beschrieben, mittels der wenigstens einen Diffusormesseinheit 12, 12a, 12b im und/oder am Diffusor 11 bestimmt. In einem zweiten Schritt S2 wird der Primärbrennstoffmassenstrom in der Primärbrennstoffleitung 7 mittels der Stellventilmesseinheit 17 im und/oder am Stellventil 16 bestimmt. In einem dritten Schritt S3 wird der Sekundärbrennstoffmassenstrom in der Rezirkulationsleitung 8 anhand des bestimmten Brennstoffgemischmassenstroms sowie des bestimmten Primärbrennstoffmassenstroms berechnet. Anschließend wird die Primärbrennstoffzufuhr zum Ejektor 5 in einem vierten Schritt S4 anhand der bestimmten sowie berechneten Massenströme durch eine entsprechende Ansteuerung des Stellventils 16 eingestellt.

Fig. 6 zeigt ein Brennstoffzellenfahrzeug 20 mit einem wie vorstehend beschriebenen Brennstoffzellensystem 1a zur Bereitstellung elektrischer Energie und einem Elektromotor 18 zum Antreiben des Brennstoffzellenfahrzeugs 20 unter Verwendung der elektrischen Energie, die durch das Brennstoffzellensystem 1a bereitgestellt wird. Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D. h. die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden.

Bezugszeichenliste

1a-1d	Brennstoffzellensystem
2	Brennstoffzellenstapel
3	Anodenabschnitt
4	Kathodenabschnitt
5	Ejektor
6	Brennstoffgemischleitung
7	Primärbrennstoffleitung
8	Rezirkulationsleitung
9	Düse
10	Mischkammer
11	Diffusor
12	Diffusormesseinheit
12a, 12b	Diffusormesseinheit
13	Diffusorstartabschnitt
14	Diffusorendabschnitt
15	Strömungsrichtung
16	Stellventil
17	Stellventilmesseinheit
18	Elektromotor
19	Reformer
20	Brennstoffzellenfahrzeug

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), einen Ejektor (5), eine Brennstoffgemischleitung (6) zum Leiten eines Brennstoffgemisches, das Primärbrennstoff und Sekundärbrennstoff aufweist, vom Ejektor (5) in Richtung des Anodenabschnitts (3), eine Primärbrennstoffleitung (7) zum Zuführen des Primärbrennstoffs zum Ejektor (5), und zumindest eine Rezirkulationsleitung (8) zum Rückführen des Sekundärbrennstoffs vom Anodenabschnitt (3) zum Ejektor (5),
dadurch gekennzeichnet, dass
der Ejektor (5) eine Düse (9), eine Mischkammer (10) zum Mischen des über die Primärbrennstoffleitung (7) und durch die Düse (9) in die Mischkammer (10) geführten Primärbrennstoffs mit dem über die zumindest eine Rezirkulationsleitung (8) vom Anodenabschnitt (3) in die Mischkammer (10) rückgeführten Sekundärbrennstoff, und einen Diffusor (11) zum druckbeaufschlagten Leiten des Brennstoffgemisches aus der Mischkammer (10) in die Brennstoffgemischleitung (5), aufweist, wobei wenigstens eine Diffusormesseinheit (12; 12a, 12b) zum Bestimmen eines Massenstroms im und/oder am Diffusor (11) zumindest teilweise im und/oder am Diffusor (11) ausgestaltet ist.
2. Brennstoffzellensystem (1b) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Diffusor (11) einen Diffusorstartabschnitt (13) mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) und einen Diffusorendabschnitt (14) mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt (14) in einer Strömungsrichtung (15) durch den Diffusor (11) stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) angeordnet ist, und eine erste Diffusormesseinheit (12a) zum Messen eines ersten Drucks stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts (13) zumindest teilweise stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts (13) am Diffusor (11) angeordnet ist und eine zweite Diffusormesseinheit (12b) zum Messen eines zweiten Drucks stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) am Diffusor (11) angeordnet ist.

3. Brennstoffzellensystem (1c) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Diffusor (11) einen Diffusorstartabschnitt (13) mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) und einen Diffusorendabschnitt (14) mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt (14) in einer Strömungsrichtung (15) durch den Diffusor (11) stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) angeordnet ist, und eine erste Diffusormesseinheit (12a) zum Messen eines ersten Drucks stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) im Diffusor (11) angeordnet ist und eine zweite Diffusormesseinheit (12b) zum Messen eines zweiten Drucks stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) am Diffusor (11) angeordnet ist.
4. Brennstoffzellensystem (1d) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Diffusor (11) einen Diffusorstartabschnitt (13) mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) und einen Diffusorendabschnitt (14) mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt (14) in einer Strömungsrichtung (15) durch den Diffusor (11) stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) angeordnet ist, und eine erste Diffusormesseinheit (12a) zum Messen eines ersten Drucks stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) im Diffusor (11) angeordnet ist und eine zweite Diffusormesseinheit (12b) zum Messen eines zweiten Drucks stromaufwärts des Diffusorendabschnitts (14) zumindest teilweise stromaufwärts des Diffusorendabschnitts (14) im Diffusor (11) angeordnet ist.
5. Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts der Düse (9) in der Primärbrennstoffleitung (7) ein Stellventil (16) zum Steuern und/oder Regeln der Brennstoffzufuhr zur Düse (9) angeordnet ist, wobei im und/oder am Stellventil (16) zumindest teilweise wenigstens eine

- Stellventilmesseinheit (17) zum Bestimmen eines Massenstroms im und/oder am Stellventil (16) angeordnet ist.
6. Verfahren zum Bestimmen eines Massenstroms in einem Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Massenstrom durch die wenigstens eine Diffusormesseinheit (12; 12a, 12b) im und/oder am Diffusor (11) bestimmt wird.
 7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch die erste Diffusormesseinheit (12a) ein erster Druck stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts (13) am Diffusor (11) gemessen wird und durch die zweite Diffusormesseinheit (12b) ein zweiter Druck stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) am Diffusor (11) gemessen wird.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch die erste Diffusormesseinheit (12a) ein erster Druck stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) im Diffusor (11) gemessen wird und durch die zweite Diffusormesseinheit (12b) ein zweiter Druck stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) am Diffusor (11) gemessen wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch die erste Diffusormesseinheit (12a) ein erster Druck stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) im Diffusor (11) gemessen wird und durch die zweite Diffusormesseinheit (12b) ein zweiter Druck stromaufwärts des Diffusorendabschnitts (14) im Diffusor (11) gemessen wird.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch die wenigstens eine Stellventilmesseinheit (17) ein Massenstrom im und/oder am Stellventil (16) bestimmt wird.
 11. Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer Primärbrennstoffzufuhr zu einem Ejektor (5) in einem Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Primärbrennstoffzufuhr zum Ejektor (5) anhand

eines Massenstroms, der durch ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 10 bestimmt wird, gesteuert und/oder geregelt wird.

12. Brennstoffzellenfahrzeug (20) mit einem Brennstoffzellensystem (1a) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Bereitstellung elektrischer Energie und wenigstens einem Elektromotor (18) zum Antreiben des Brennstoffzellenfahrzeugs (20) unter zumindest teilweiser Verwendung der elektrischen Energie, die durch das Brennstoffzellensystem (1a) bereitgestellt wird.

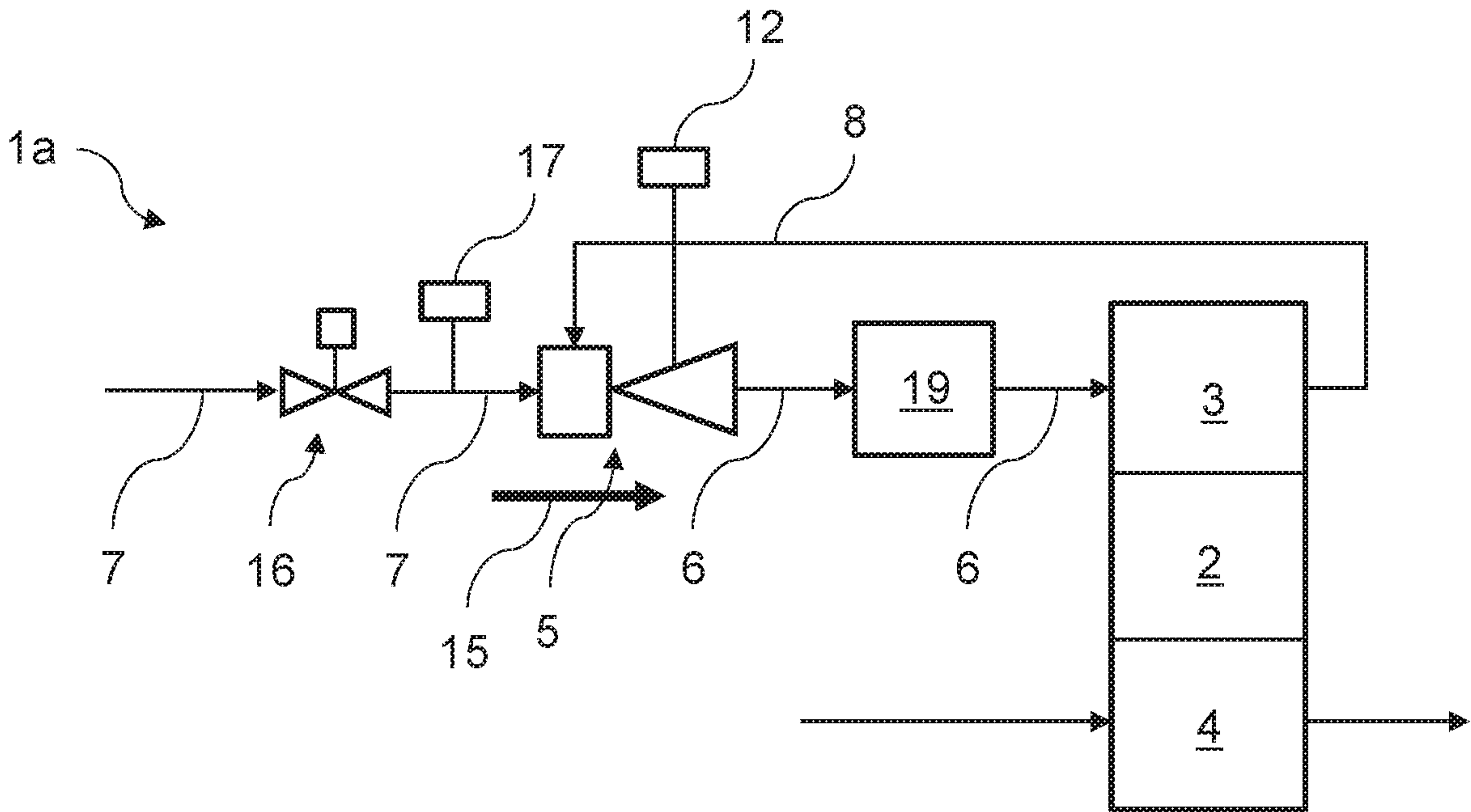


Fig. 1

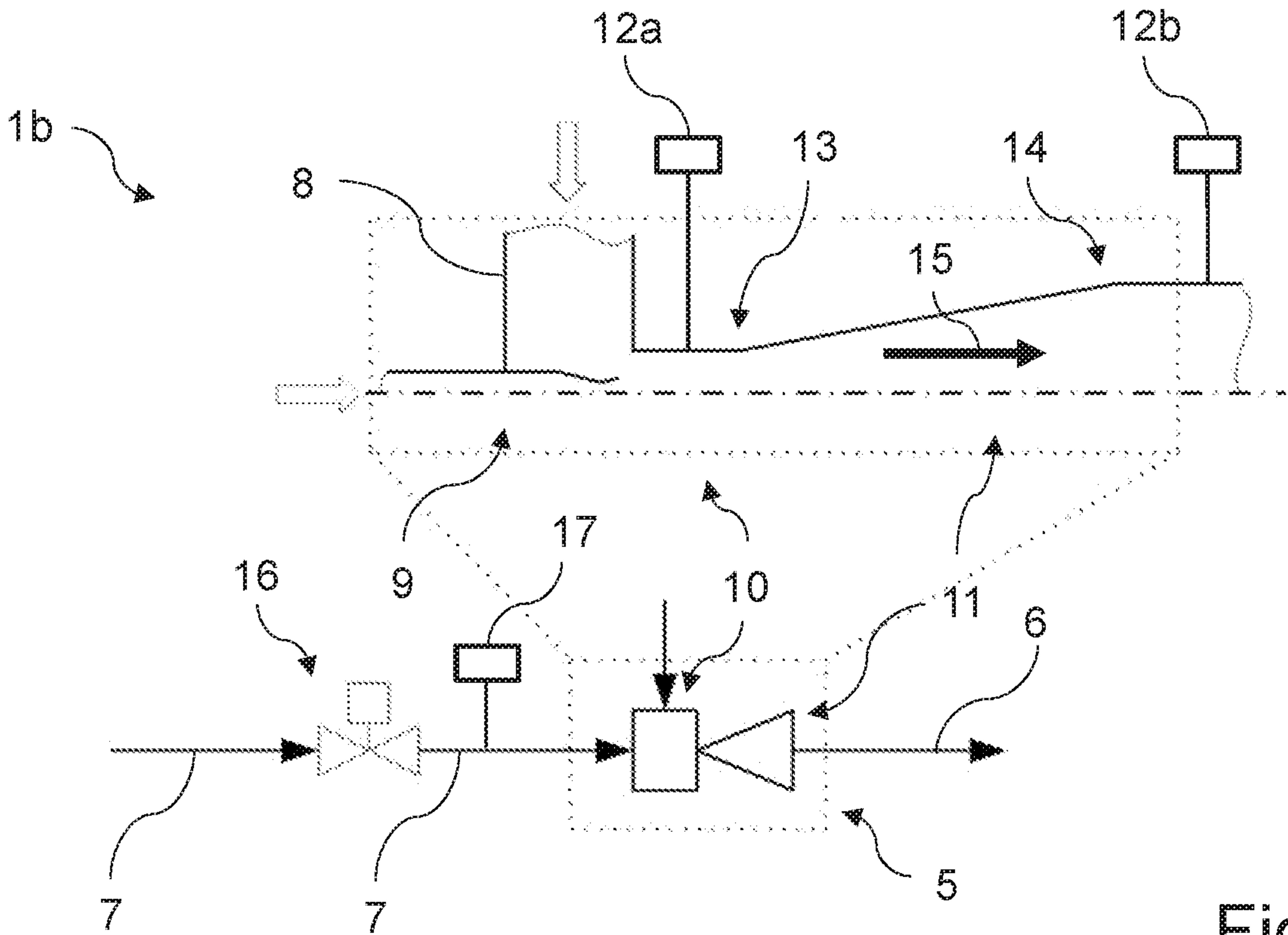
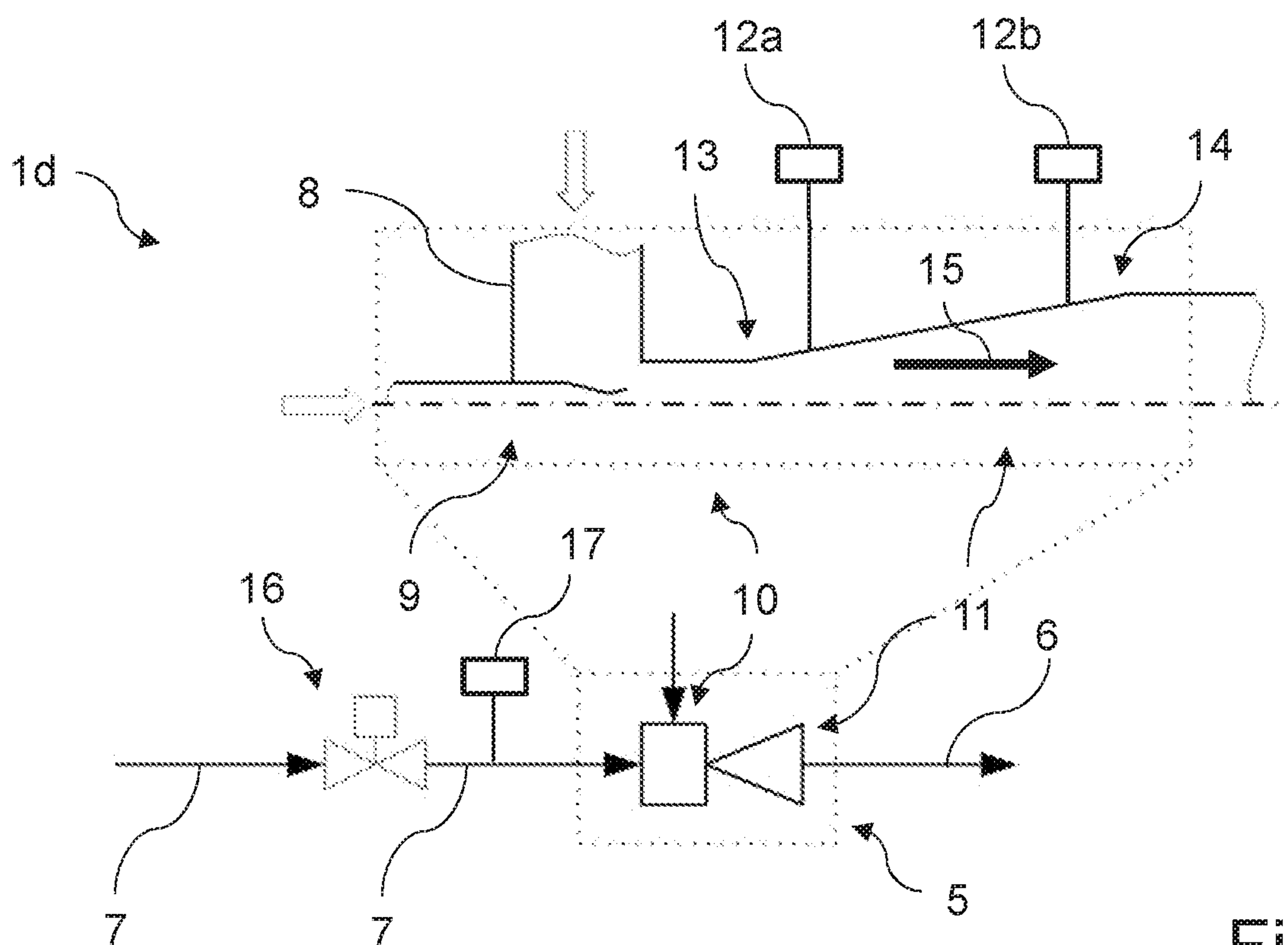
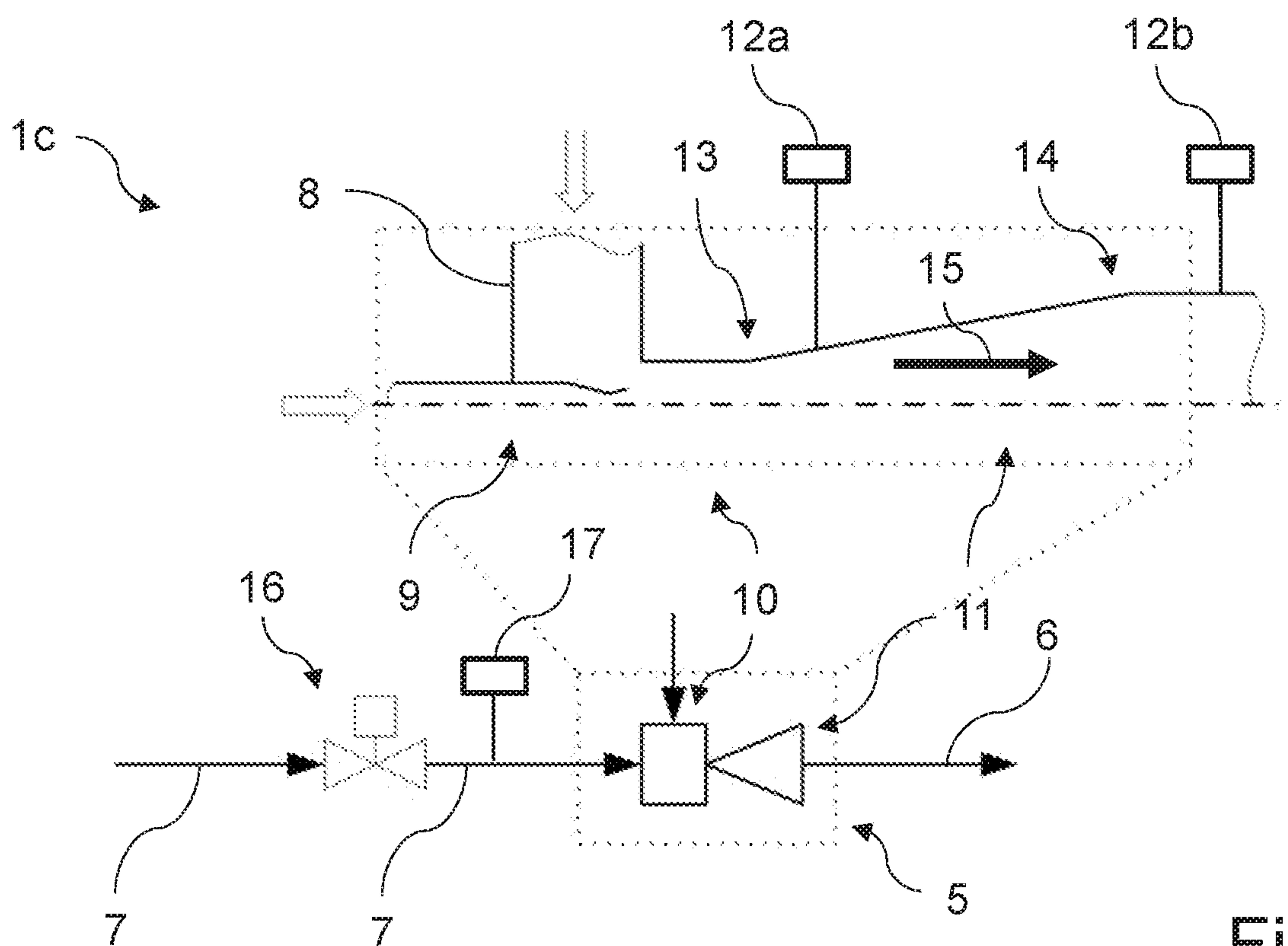


Fig. 2



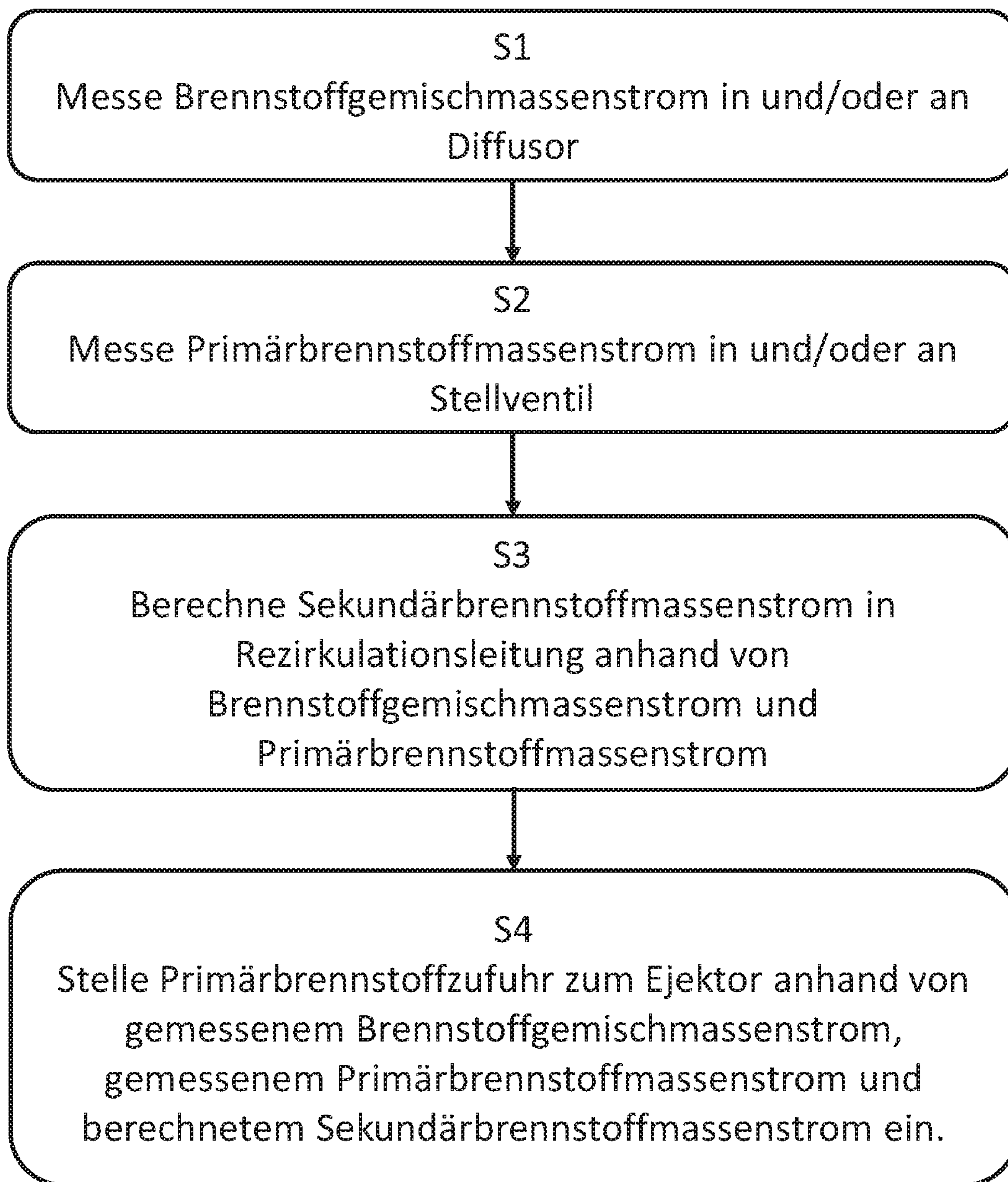


Fig. 5

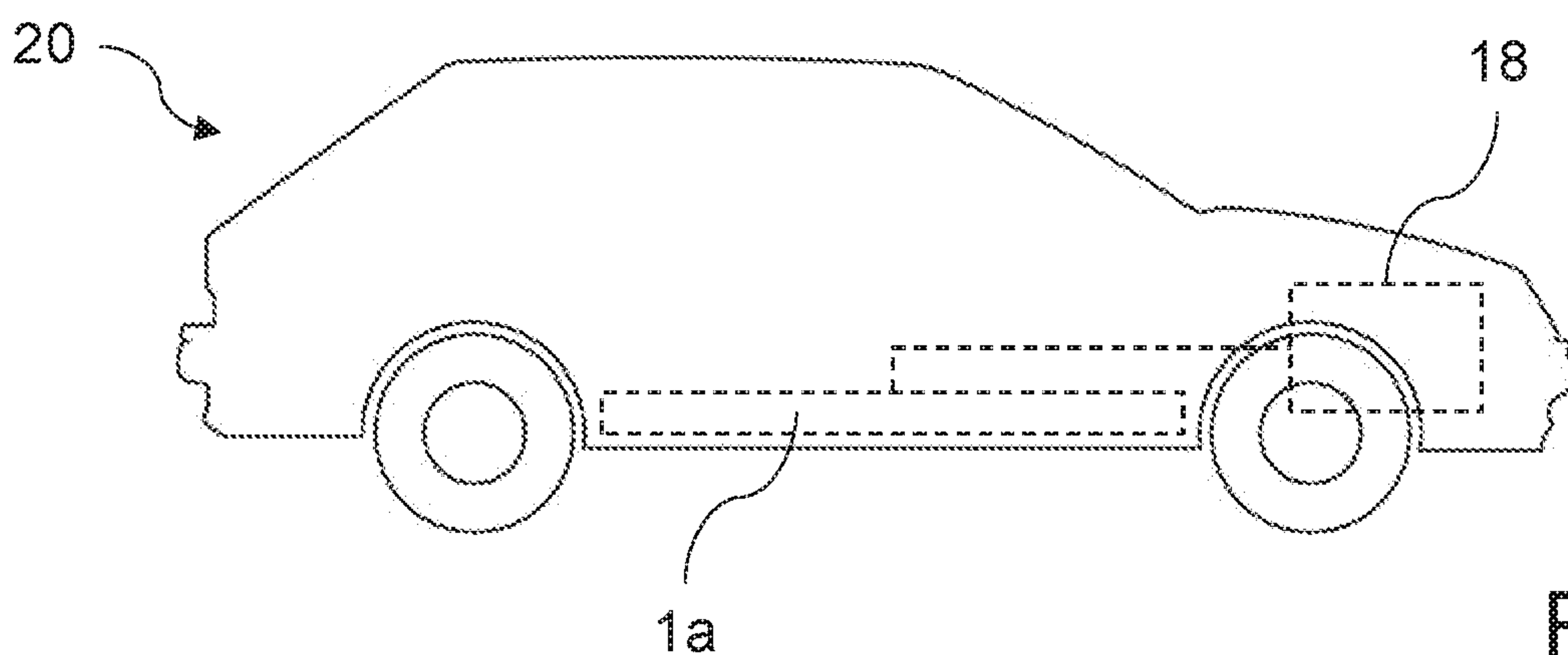


Fig. 6

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), einen Ejektor (5), eine Brennstoffgemischleitung (6) zum Leiten eines Brennstoffgemisches, das Primärbrennstoff und Sekundärbrennstoff aufweist, vom Ejektor (5) in Richtung des Anodenabschnitts (3), eine Primärbrennstoffleitung (7) zum Zuführen des Primärbrennstoffs zum Ejektor (5), und zumindest eine Rezirkulationsleitung (8) zum Rückführen des Sekundärbrennstoffs vom Anodenabschnitt (3) zum Ejektor (5),
dadurch gekennzeichnet, dass
der Ejektor (5) eine Düse (9), eine Mischkammer (10) zum Mischen des über die Primärbrennstoffleitung (7) und durch die Düse (9) in die Mischkammer (10) geführten Primärbrennstoffs mit dem über die zumindest eine Rezirkulationsleitung (8) vom Anodenabschnitt (3) in die Mischkammer (10) rückgeführten Sekundärbrennstoff, und einen Diffusor (11) zum druckbeaufschlagten Leiten des Brennstoffgemisches aus der Mischkammer (10) in die Brennstoffgemischleitung (5), aufweist, wobei wenigstens eine Diffusormesseinheit (12; 12a, 12b) zum Bestimmen eines Massenstroms im und/oder am Diffusor (11) zumindest teilweise im und/oder am Diffusor (11) ausgestaltet ist.
2. Brennstoffzellensystem (1b) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Diffusor (11) einen Diffusorstartabschnitt (13) mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) und einen Diffusorendabschnitt (14) mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt (14) in einer Strömungsrichtung (15) durch den Diffusor (11) stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) angeordnet ist, und eine erste Diffusormesseinheit (12a) zum Messen eines ersten Drucks stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts (13) zumindest teilweise stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts (13) am Diffusor (11) angeordnet ist und eine zweite Diffusormesseinheit (12b) zum Messen eines zweiten Drucks stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) am Diffusor (11) angeordnet ist.

3. Brennstoffzellensystem (1c) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Diffusor (11) einen Diffusorstartabschnitt (13) mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) und einen Diffusorendabschnitt (14) mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt (14) in einer Strömungsrichtung (15) durch den Diffusor (11) stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) angeordnet ist, und eine erste Diffusormesseinheit (12a) zum Messen eines ersten Drucks stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) im Diffusor (11) angeordnet ist und eine zweite Diffusormesseinheit (12b) zum Messen eines zweiten Drucks stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) am Diffusor (11) angeordnet ist.
4. Brennstoffzellensystem (1d) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Diffusor (11) einen Diffusorstartabschnitt (13) mit einem minimalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) und einen Diffusorendabschnitt (14) mit einem maximalen Öffnungsquerschnitt im Diffusor (11) aufweist, wobei der Diffusorendabschnitt (14) in einer Strömungsrichtung (15) durch den Diffusor (11) stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) angeordnet ist, und eine erste Diffusormesseinheit (12a) zum Messen eines ersten Drucks stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) zumindest teilweise stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) im Diffusor (11) angeordnet ist und eine zweite Diffusormesseinheit (12b) zum Messen eines zweiten Drucks stromaufwärts des Diffusorendabschnitts (14) zumindest teilweise stromaufwärts des Diffusorendabschnitts (14) im Diffusor (11) angeordnet ist.
5. Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts der Düse (9) in der Primärbrennstoffleitung (7) ein Stellventil (16) zum Steuern und/oder Regeln der Brennstoffzufuhr zur Düse (9) angeordnet ist, wobei im und/oder am Stellventil (16) zumindest teilweise wenigstens eine

- Stellventilmesseinheit (17) zum Bestimmen eines Massenstroms im und/oder am Stellventil (16) angeordnet ist.
6. Verfahren zum Bestimmen eines Massenstroms in einem Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Massenstrom durch die wenigstens eine Diffusormesseinheit (12; 12a, 12b) im und/oder am Diffusor (11) bestimmt wird.
 7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch die erste Diffusormesseinheit (12a) ein erster Druck stromaufwärts des Diffusorstartabschnitts (13) am Diffusor (11) gemessen wird und durch die zweite Diffusormesseinheit (12b) ein zweiter Druck stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) am Diffusor (11) gemessen wird.
 8. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch die erste Diffusormesseinheit (12a) ein erster Druck stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) im Diffusor (11) gemessen wird und durch die zweite Diffusormesseinheit (12b) ein zweiter Druck stromabwärts des Diffusorendabschnitts (14) am Diffusor (11) gemessen wird.
 9. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch die erste Diffusormesseinheit (12a) ein erster Druck stromabwärts des Diffusorstartabschnitts (13) im Diffusor (11) gemessen wird und durch die zweite Diffusormesseinheit (12b) ein zweiter Druck stromaufwärts des Diffusorendabschnitts (14) im Diffusor (11) gemessen wird.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
durch die wenigstens eine Stellventilmesseinheit (17) ein Massenstrom im und/oder am Stellventil (16) bestimmt wird.
 11. Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer Primärbrennstoffzufuhr zu einem Ejektor (5) in einem Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Primärbrennstoffzufuhr zum Ejektor (5) anhand

eines Massenstroms, der durch ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 10 bestimmt wird, gesteuert und/oder geregelt wird.

12. Brennstoffzellenfahrzeug (20) mit einem Brennstoffzellensystem (1a) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Bereitstellung elektrischer Energie und wenigstens einem Elektromotor (18) zum Antreiben des Brennstoffzellenfahrzeugs (20) unter zumindest teilweiser Verwendung der elektrischen Energie, die durch das Brennstoffzellensystem (1a) bereitgestellt wird.