



(10) **DE 10 2018 210 187 A1** 2019.12.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 210 187.6**

(22) Anmeldetag: **22.06.2018**

(43) Offenlegungstag: **24.12.2019**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04119** (2016.01)

**H01M 8/04089** (2016.01)

(71) Anmelder:  
**AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE; VOLKSWAGEN  
AG, 38440 Wolfsburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Lucas, Christian, Dr., 38108 Braunschweig, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

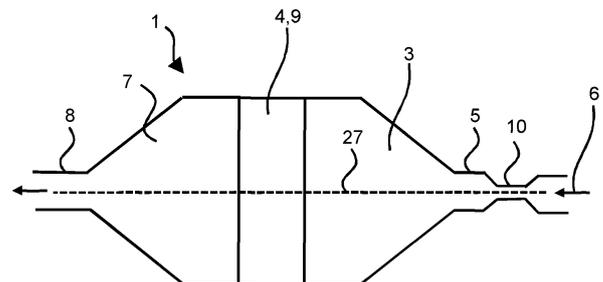
|    |                 |    |
|----|-----------------|----|
| DE | 103 28 628      | A1 |
| DE | 10 2005 060 396 | A1 |
| DE | 10 2014 223 906 | A1 |

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Befeuchtungssystem und Brennstoffzellensystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Befeuchtungssystem (1) zur Befeuchtung eines in einer Strömungsrichtung (6) strömenden Kathodengases eines Brennstoffzellensystems (2), mit einem zwischen einem einen Einlass (5) aufweisenden Einlasssammler (3) und einem einen Auslass (18) aufweisenden Auslasssammler (7) angeordneten Mittel zur weiteren Konditionierung (4) des Kathodengases, wobei dem Einlass (5) stromaufwärts ein einen Unterdruck erzeugendes Mittel (10) zum Ansaugen und Zerstäuben von Wasser vorgelagert ist. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Brennstoffzellensystem (2) mit einem Befeuchtungssystem (1).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Befeuchtungssystem zur Befeuchtung eines Reaktanten eines Brennstoffzellensystems. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Brennstoffzellensystem mit einem Befeuchtungssystem.

**[0002]** Brennstoffzellen müssen mit befeuchteter Luft betrieben werden. Dabei muss einerseits darauf geachtet werden, dass keine zu große Menge an Flüssigwasser in den Brennstoffzellenstapel gelangt, da dies zu Instabilitäten im Stapel führt. Gleichzeitig sollte der Wassereintrag in das Kathodengas und auch der Phasenübergang vom flüssigen Wasser in die Gasphase gleichmäßig erfolgen.

**[0003]** Im Stand der Technik ist eine Wasserzuführung über ein Proportionalventil oder eine Wassereinspritzung durch einen Drallerzeuger zur Überführung des Wassers in die Gasphase bekannt. Eine gleichmäßige Wasserzuführung ist allerdings mit dem Proportionalventil nicht möglich, da die anfallende Wassermenge unbekannt ist. Der Drallerzeuger verbessert zwar die Überführung des Wassers in die Gasphase, allerdings wird die Befeuchtung durch ihn nicht gleichmäßiger.

**[0004]** Die DE 10 2016 002 862 A1 zeigt ein Brennstoffzellensystem, in dem die Befeuchtung des Kathodengases über das Zerstäuben von abgeschiedenem Produktwasser mittels einer Venturidüse erfolgt.

**[0005]** Die DE 10 2015 204 620 A1 zeigt ein Brennstoffzellensystem, in dem das Kathodengas mittels Wasser befeuchtet wird, das durch eine Strahlpumpe in den Kathodengasstrom eingebracht wird.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Befeuchtungssystem und ein Brennstoffzellensystem so auszubilden, dass eine gleichmäßigere Befeuchtung des Kathodengases ermöglicht wird.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch ein Befeuchtungssystem mit den Merkmalen des Anspruches 1 und durch ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruches 9 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0008]** Dabei ist ein Befeuchtungssystem zur Befeuchtung eines in einer Strömungsrichtung strömenden Kathodengases eines Brennstoffzellensystems vorgesehen, mit einem zwischen einem Einlass aufweisenden Einlasssammler und einem Auslass aufweisenden Auslasssammler angeordneten Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases, wobei dem Einlass stromaufwärts ein einen Unterdruck erzeugendes Mittel zum Ansaugen

und Zerstäuben von Wasser vorgelagert ist. Das den Unterdruck erzeugende Mittel ermöglicht eine gleichmäßigere Befeuchtung und einen besseren Übergang des Flüssigwassers in die Gasphase. Der Einlasssammler ist bevorzugt als eine Hutze oder als ein Verteilerdeckel gebildet. Der Einlasssammler kann seitlich oder mittig bezüglich einer Mittellinie des Befeuchtungssystems angeströmt werden. Der Einlasssammler und der Auslasssammler ermöglichen eine Vergrößerung des Strömungsquerschnitts vom Einlass bzw. Auslass in Richtung des Mittels zur weiteren Konditionierung des Kathodengases. Die Vergrößerung des Strömungsquerschnitts und die daraus resultierende Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit des Kathodengases verbessert das Abscheiden von flüssigem Wasser.

**[0009]** Vorteilhafterweise werden der Einlasssammler und/oder der Auslasssammler zum Speichern von Wasser verwendet. Dadurch steht das Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases in direktem Kontakt mit dem Wasser.

**[0010]** Um ein Schwappen des angesammelten Wassers im Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases in Richtung eines Gasaustritts des Mittels zur weiteren Konditionierung des Kathodengases zu verhindern, ist es bevorzugt, wenn ein Schwappschutz, beispielsweise ein Blech, vorgesehen ist.

**[0011]** Das Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases kann als ein Befeuchter zur zusätzlichen Befeuchtung des Kathodengases gebildet sein. Alternativ ist das Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases als ein Ladeluftkühler zur Temperierung, das vorzugsweise zusätzlich als Kondensator agiert zur Anpassung einer relativen Feuchte des Kathodengases gebildet. Besonders bevorzugt ist das Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases als eine Kombination aus einem Befeuchter und einem dem Befeuchter stromaufwärts vorgelagerten Ladeluftkühler gebildet, so dass beide Bauteile baulich integriert sind und damit Bauraum einsparen.

**[0012]** Das den Unterdruck erzeugende Mittel ist besonders bevorzugt als eine Venturidüse gebildet. Alternativ kann sie auch als ein Coander oder als eine Strahlpumpe gebildet sein. Sie sind wirksame Mittel, um Feuchtigkeit in das Kathodengas einzubringen.

**[0013]** Zur Rückführung des Wassers von dem Mittel zur weiteren Konditionierung, ist eine Wasserrückführleitung vorgesehen, die mit dem den Unterdruck erzeugenden Mittel oder mit dem Einlass strömungsmechanisch verbunden ist. Die Wasserrückführleitung kann entweder innerhalb eines Gehäuses des Befeuchtungssystems, also zwischen dem Einlasssammler und dem Auslasssammler geführt werden,

oder auch außerhalb des Gehäuses des Befeuchtungssystems, also vom Einlasssammler nach außen und wieder von außen in den Auslasssammler geführt werden. Ist das Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases als ein Ladeluftkühler mit einem stromabwärts nachgelagerten Befeuchter gebildet, so ist es bevorzugt, wenn das Wasser stromabwärts des Befeuchters gespeichert und über die Wasserrückföhrleitung zu dem den Unterdruck erzeugenden Mittel geföhrt wird. Alternativ, wenn das Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases nur als Befeuchter gebildet ist, so wird das Wasser bevorzugt stromabwärts des Befeuchters in dem Auslasssammler oder in dem Wasserreservoir gespeichert und über die Wasserrückföhrleitung zu dem den Unterdruck erzeugenden Mittel geföhrt. Alternativ oder ergänzend kann das Wasser auch im Auslasssammler gespeichert werden.

**[0014]** Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Wasserrückföhrleitung mit dem Einlasssammler und/oder mit dem Auslasssammler strömungsmechanisch verbunden ist.

**[0015]** Alternativ, zur Speicherung des Wassers innerhalb des Einlasssammlers und/oder Auslasssammlers, ist vorzugsweise ein mit der Wasserrückföhrleitung strömungsmechanisch verbundenes Wasserreservoir vorgesehen, in dem das Wasser zwischengespeichert werden kann. Das Wasserreservoir kann innerhalb eines Gehäuses des Befeuchtungssystems oder innerhalb eines Gehäuses des den Unterdruck erzeugenden Mittels angeordnet sein. Durch das Wasserreservoir wird die Wasserspeicherkapazität erhöht, so dass bei hohen Lastpunkten Wasser in diesem Wasserreservoir gespeichert und für die Befeuchtung genutzt werden kann. Darüber hinaus kann ein Austreten des gespeicherten Wassers in Richtung eines Gasaustritts des Mittels zur weiteren Konditionierung des Kathodengases verhindert oder zumindest gemindert werden.

**[0016]** Zum Ablassen oder Abfließen von Wasser in das Wasserreservoir ist es sinnvoll, wenn das Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases von dem Einlasssammler und von dem Wasserreservoir räumlich derart beabstandet ist, dass eine Öffnung oder ein Freiraum zwischen dem Einlasssammler und dem Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases gebildet ist.

**[0017]** Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn dem Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases stromabwärts ein Abscheiderelement nachgelagert ist. Das Abscheiderelement kann als ein Prallblech oder als ein Gestrück gebildet sein.

**[0018]** Das Brennstoffzellensystem sieht ein Befeuchtungssystem und einen mehrere Brennstoffzellen sowie Kathodenräume und Anodenräume umfas-

senden Brennstoffzellenstapel vor, der kathodeneintrittsseitig zur Zuföhrung von befeuchtetem Kathodengas mit dem Auslass des Befeuchtungssystems strömungsmechanisch verbunden ist. Weiterhin sind eine die Anodenräume mit einem Brennstoffspeicher verbindende Anodenzuföhrleitung, eine Anodenrezirkulationsleitung, der ein Abscheider zugeordnet ist, sowie eine Flüssigkeitsleitung, welche den Abscheider mit dem Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases verbindet, vorgesehen bzw. vorhanden. Dies ermöglicht eine Föderung des Wassers von der Anode in das Kathodengas und föhrt zu einer Verbesserung des Übergangs des flüssigen Wassers in die Gasphase. Durch die kontinuierliche Wasserzuföhrung wird somit die Befeuchtung des Kathodengases gleichmäßiger.

**[0019]** In diesem Zusammenhang ist es von Vorteil, wenn die Flüssigkeitsleitung mit dem Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases stromabwärts oder stromaufwärts oder mit dem Unterdruck erzeugenden Mittel strömungsmechanisch verbunden ist.

**[0020]** Um den Übergang des Wassers in die Gasphase zu begünstigen, ist es weiterhin bevorzugt, wenn die Wasserrückföhrleitung und/oder das Wasserreservoir thermisch an eine Kühlmittleitung des Brennstoffzellensystems angeschlossen ist. Dies kann erfolgen, indem die Kühlmittleitung parallel zur Wasserrückföhrleitung geföhrt ist, oder am Wasserreservoir vorbei geföhrt ist oder um das Wasserreservoir herumgeföhrt wird und dieses so umspült. Das Wasser wird dadurch vorgewärmt, so dass ein schnellerer Übergang von der Flüssigphase in die Gasphase erfolgen kann. Darüber hinaus kann im Fall von tiefen Außentemperaturen oder im Falle von Frostbedingungen das Wasserreservoir und/oder die Wasserrückföhrleitung durch das Kühlmittel gewärmt und gefrorenes Wasser geschmolzen werden.

**[0021]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

**Fig. 1** ein Befeuchtungssystem mit einem Ladeluftkühler und mit einem mittig angeordneten, den Unterdruck erzeugenden Mittel,

**Fig. 2** ein Befeuchtungssystem mit einem Ladeluftkühler und mit einem aus der Mitte versetzten, den Unterdruck erzeugenden Mittel,

**Fig. 3** ein Brennstoffzellensystem mit einem Befeuchtungssystem nach **Fig. 1** oder **Fig. 2**,

**Fig. 4** ein Befeuchtungssystem nach **Fig. 1** mit einem Ladeluftkühler und mit einer Wasserrückföhrleitung,

**Fig. 5** ein Befeuchtungssystem nach **Fig. 4** mit einem Wasserreservoir,

**Fig. 6** ein Befeuchtungssystem nach **Fig. 5** mit einem Abscheiderelement,

**Fig. 7** ein Brennstoffzellensystem mit einem Befeuchtungssystem nach einem der **Fig. 4** bis **Fig. 6**,

**Fig. 8** ein weiteres Brennstoffzellensystem mit einem Befeuchtungssystem nach einem der **Fig. 4** bis **Fig. 6**,

**Fig. 9** ein weiteres Brennstoffzellensystem mit einem Befeuchtungssystem nach einem der **Fig. 4** bis **Fig. 6**,

**Fig. 10** ein Befeuchtungssystem mit einer Kombination aus Ladeluftkühler und stromabwärts nachgelagertem Befeuchter,

**Fig. 11** ein Befeuchtungssystem nach **Fig. 10** mit einer Wasserrückföhrleitung,

**Fig. 12** ein Befeuchtungssystem nach **Fig. 11** mit einem Wasserreservoir,

**Fig. 13** ein Befeuchtungssystem nach **Fig. 12** mit einem Abscheiderelement,

**Fig. 14** ein Brennstoffzellensystem mit einem Befeuchtungssystem nach einem der **Fig. 11** bis **Fig. 13** und

**Fig. 15** ein Befeuchtungssystem mit einem Befeuchter.

**[0022]** **Fig. 1** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Befeuchtungssystems **1** zur Befeuchtung eines in einer Strömungsrichtung **6** strömenden Kathodengases eines Brennstoffzellensystems **2**. Zwischen einem einen Einlass **5** aufweisenden Einlasssammler **3** und einem einen Auslass **8** aufweisenden Auslasssammler **7** ist ein als ein Ladeluftkühler **9** gebildetes Mittel zur weiteren Konditionierung **4** des Kathodengases angeordnet. Der Ladeluftkühler **9** temperiert das Kathodengas bzw. kühlt dieses. Dadurch kann unter anderem flüssiges Wasser auskondensiert und dadurch eine relative Feuchte des Kathodengases angepasst werden.

**[0023]** Dem Einlass **5** ist stromaufwärts ein einen Unterdruck erzeugendes Mittel **10** zum Ansaugen und Zerstäuben von Wasser vorgelagert. Das den Unterdruck erzeugende Mittel **10** kann dabei als ein Coander oder als eine Strahlpumpe gebildet sein. Besonders bevorzugt ist das den Unterdruck erzeugende Mittel **10** aber als eine Venturidüse gebildet. Das erfindungsgemäße Befeuchtungssystem **1** ermöglicht dabei Wasser mittels des den Unterdruck erzeugenden Mittels **10** anzusaugen und in das Kathodengas zu zerstäuben. Dies ermöglicht eine gleichmäßige Wasserzuföhrung und einen verbesserten Phasenübergang von der Flüssigphase in die Ga-

sphase. Dies führt wiederum zu einer gleichmäßigeren Befeuchtung des Kathodengases.

**[0024]** Der Einlasssammler **3** ist dabei als eine Hutze oder als ein Verteilerdeckel gebildet. Dies führt zu einer Vergrößerung des Strömungsquerschnitts des Befeuchtungssystems **2** in Richtung des Mittels zur weiteren Konditionierung **4** des Kathodengases bzw. des Ladeluftkühlers **9**, so dass die Strömungsgeschwindigkeit des Kathodengases im Befeuchtungssystem **1** reduziert und dadurch der Übergang von der Flüssigphase in die Gasphase verbessert wird. In **Fig. 1** ist der Einlass **5** symmetrisch, insbesondere koaxial bezüglich einer Mittellinie **27** des Befeuchtungssystems **1** angeordnet. Demgegenüber ist der Einlasssammler **3** in **Fig. 2** asymmetrisch geformt und der Einlass **5** ist gegenüber der Mittellinie **27** des Befeuchtungssystems **1** versetzt, insbesondere hochgesetzt angeordnet. Alternativ könnte der Einlass **5** auch gegenüber der Mittellinie **27** heruntergesetzt angeordnet sein.

**[0025]** **Fig. 3** zeigt ein Brennstoffzellensystem **2** mit einem Befeuchtungssystem **1** wie in **Fig. 1** oder in **Fig. 2** beschrieben und mit einem mehrere Brennstoffzellen sowie Kathodenräume und Anodenräume umfassenden Brennstoffzellenstapel **16**. **Fig. 3** zeigt dabei, dass der Auslass **8** des Befeuchtungssystems **1** mit einem Gaseinlass **14** eines Befeuchters **15** verbunden ist. Dem Ladeluftkühler **9** ist stromaufwärts, mithin auf seiner einer Zuföhrleitung **11** zugewandten Seite ein Verdichter **26** vorgeschaltet. Dieser Verdichter **26** saugt das Kathodengas (z.B. Luft oder Sauerstoff) an, wodurch es durch die Zuföhrleitung **11** über das den Unterdruck erzeugende Mittel **10** zum Einlasssammler **3** vor dem Ladeluftkühler **9** strömt.

**[0026]** Die Anodenräume sind über eine Anodenzuföhrleitung **20** mit einem den Brennstoff bereitstellenden Brennstoffspeicher **19** verbunden. Über eine Anodenrezirkulationsleitung **21** kann an den Anoden nicht abreagierter Brennstoff den Anodenräumen erneut zugeföhrt werden. Hierbei wird der Anodenrezirkulation vorzugsweise ein nicht näher dargestelltes Rezirkulationsgebläse zugeordnet bzw. fluidmechanisch in die Anodenrezirkulationsleitung **21** eingekoppelt. Zur Regelung der Zuföhr des Brennstoffes ist der Anodenzuföhrleitung **20** ein Brennstoffstellglied **28** zugeordnet bzw. in der Anodenzuföhrleitung **20** angeordnet. Dieses Brennstoffstellglied **28** ist vorzugsweise als ein Druckregelventil gebildet. Stromaufwärts des Druckregelventils ist ein Wärmeübertrager **29**, vorzugsweise in Form eines Rekuperators zur (Vor-)Erwärmung des Brennstoffes vorgesehen.

**[0027]** Im Anodenkreislauf ist vorliegend ein Abscheider **22**, vorzugsweise ein Wasserabscheider angeordnet, durch den Flüssigkeit angesammelt werden kann. Der Abfluss des Abscheiders **22** ist mit einer Flüssigkeitsleitung **23** verbunden, die den Ab-

scheider **22** mit der Zufuhrleitung **11** des Befeuchtungssystems **1** verbindet. Damit wird also die anodenseitig erzeugte Flüssigkeit dazu verwendet, um sie kathodenseitig für eine Befeuchtung oder eine Vorbefeuchtung des Kathodengases zu nutzen.

**[0028]** Um die Menge der durch die Flüssigkeitszufuhr bereitgestellten Flüssigkeit einstellen zu können, ist der Flüssigkeitsleitung **23** ein Flüssigkeitsstellglied **24** zugeordnet bzw. in diese fluidmechanisch eingekoppelt. Dieses Flüssigkeitsstellglied **24** ermöglicht die Zufuhr der Flüssigkeit aus dem Abscheider **22** zum Kathodenkreislauf.

**[0029]** Im gezeigten Beispiel ist die Flüssigkeitsleitung **23** der Zufuhrleitung **11** des Befeuchtungssystems **1** zugeordnet (**Fig. 1**, **Fig. 2**). Eine solche Anordnung der Flüssigkeitsleitung **23** zwischen dem Verdichter **26** und dem Ladeluftkühler **9** ist vorteilhaft, denn das Kathodengas ist aufgrund seiner Verdichtung sehr warm, was die Feuchtigkeitsaufnahme verbessert. Beim Verdampfen der Flüssigkeit sinkt die Temperatur der Kathodengasströmung ab, was die Verwendung des Ladeluftkühlers **9** ermöglicht. Das stromaufwärts des Ladeluftkühlers **9** angeordnete, den Unterdruck erzeugende Mittel **10** saugt das von der Flüssigkeitsleitung **23** in die Zufuhrleitung **11** geführte Wasser an und zerstäubt es, um eine gleichmäßigere Befeuchtung des Kathodengases zu ermöglichen. In einer alternativen Ausführungsform ist die Flüssigkeitsleitung **23** direkt mit dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10** strömungsmechanisch verbunden. In einer weiteren alternativen Ausführungsform ist die Flüssigkeitsleitung **23** dem Befeuchtungssystem **1** zwischen dem Mittel zur weiteren Konditionierung **4** des Kathodengases und dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10** zugeordnet.

**[0030]** Im Befeuchter **15** befeuchtetes Kathodengas wird über einen Befeuchterauslass **18** abgegeben, der über eine Kathodenzufuhrleitung **30** mit den Kathodenräumen des Brennstoffzellenstapels **16** verbunden ist. Außerdem weist der Befeuchter **15** einen Befeuchtereinlass **17** auf, der ebenfalls über eine Kathodenabgasleitung **31** mit den Kathodenräumen des Brennstoffzellenstapels **16** verbunden ist, über die feuchtes Kathodenabgas zum Befeuchter **15** rückgeführt wird. Innerhalb des Befeuchters **15** ist eine wasserdampfermeable Membran angeordnet, die das zu befeuchtende Kathodengas von dem die Feuchtigkeit enthaltende Kathodenabgas trennt. Letztlich weist der Befeuchter **15** auch eine Abgasleitung **32** auf, über die Abgas an die Umgebung abgegeben werden kann.

**[0031]** Über die Kathodenräume wird das Kathodengas den Kathoden der Mehrzahl an im Brennstoffzellenstapel **16** angeordneten Brennstoffzellen zugeführt. Protonenleitfähige Membranen trennen die Kathoden von Anoden der Brennstoffzellen, wobei den

Anoden über Anodenräume Brennstoff (z.B. Wasserstoff) zugeführt werden kann.

**[0032]** In dem Befeuchtungssystem **1** nach **Fig. 4** dienen der Einlasssammler **3** und der Auslasssammler **7** selbst als ein Speicher für das Wasser. In **Fig. 4** ist ein Wasserspiegel **12** des zwischengespeicherten Wassers durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Somit ist das Mittel zur weiteren Konditionierung **4** bzw. der Ladeluftkühler **9** in direktem Kontakt mit dem Wasser. Zur Rückführung des Wassers vom Ladeluftkühler **9** zu dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10** ist eine Wasserrückführleitung **13** vorgesehen. Diese ist strömungsmechanisch mit dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10** und mit dem Auslasssammler **7** verbunden.

**[0033]** **Fig. 5** zeigt ein Befeuchtungssystem **1**, bei dem zusätzlich ein Wasserreservoir **25** vorgesehen ist. Dieses ist innerhalb eines nicht näher dargestellten Gehäuses des Befeuchtungssystems **1** angeordnet und mit der Wasserrückführleitung **13** strömungsmechanisch verbunden. Dabei ist das Mittel zur weiteren Konditionierung **4** des Kathodengases bzw. der Ladeluftkühler **9** von dem Einlasssammler **3** und von dem Wasserreservoir **25** räumlich derart beabstandet angeordnet, dass eine Öffnung **33** oder ein Freiraum zwischen dem Einlasssammler **3** und dem Ladeluftkühler **9** gebildet ist. Dies ermöglicht ein Ablassen oder auch Abfließen des Wassers entlang des schräg in Richtung des Wasserreservoirs **25** verlaufenden Einlasssammlers **3** in das Wasserreservoir **25**.

**[0034]** Dem Befeuchtungssystem **1** nach **Fig. 6** ist im Unterschied zu dem Befeuchtungssystem **1** nach **Fig. 5** zusätzlich ein Abscheiderelement **34** zugeordnet. Dieses ist dem Mittel zur weiteren Konditionierung **4** des Kathodengases bzw. dem Ladeluftkühler **9** stromabwärts nachgelagert und bevorzugt als eine Mehrzahl von Prallblechen oder Gestrieken gebildet.

**[0035]** **Fig. 7** zeigt ein Brennstoffzellensystem **2** mit einem Befeuchtungssystem **1** wie es in den **Fig. 4** bis **Fig. 6** dargestellt ist. Im Unterschied zum Brennstoffzellensystem **2** nach **Fig. 3** ist eine Wasserrückführleitung **13** vorgesehen, die das Mittel zur weiteren Konditionierung **4** des Kathodengases bzw. den Ladeluftkühler **9** mit dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10** verbindet.

**[0036]** Beim Brennstoffzellensystem **2** nach **Fig. 8** ist im Unterschied zu dem Brennstoffzellensystem **2** nach **Fig. 7** die Flüssigkeitsleitung **23** stromabwärts des den Unterdruck erzeugenden Mittels **10**, also zwischen dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10** und dem Mittel zur weiteren Konditionierung **4** des Kathodengases bzw. dem Ladeluftkühler **9**, mit dem Befeuchtungssystem **1** strömungsmechanisch verbunden. Im Brennstoffzellensystem **2** nach **Fig. 9** ist die Flüssigkeitsleitung **23** mit dem den Unterdruck

erzeugenden Mittel **10** und mit der Wasserrückföhrleitung **13** strömungsmechanisch verbunden.

**[0037]** Im Befeuchtungssystem **1** nach **Fig. 10** ist das Mittel zur weiteren Konditionierung **4** des Kathodengases als eine Kombination aus dem Befeuchter **15** und dem dem Befeuchter **15** stromaufwärts vorgelagerten Ladeluftkühler **9** gebildet. Das Wasser wird so stromabwärts des Befeuchters **15** gesammelt. Zum Rückföhren des Wassers weist das Ausführungsbeispiel nach **Fig. 11** wiederum eine Wasserrückföhrleitung **13** auf, die stromabwärts des Befeuchters **15** den Auslasssammler **7** mit dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10** strömungsmechanisch verbindet. Somit sammelt sich das Wasser sowohl im Befeuchter **15** als auch im Ladeluftkühler **9**. Dies kann zu einer Reduzierung der Befeuchterfläche föhren, da die Kanäle des Befeuchters **15** durch das gespeicherte Wasser blockiert werden. Allerdings kann die Membran des Befeuchters **15** das Wasser aufsaugen und über Kapillarkräfte im Befeuchter verteilen, so dass eine verbesserte Wasserübertragung in die Gasphase ermöglicht wird. Optional kann die Wasserrückföhrleitung **13** auch mit dem Einlasssammler **3** strömungsmechanisch verbunden sein, wie anhand der gestrichelten Linie in **Fig. 11** angedeutet ist.

**[0038]** Das Ausführungsbeispiel nach **Fig. 12** weist darüber hinaus stromabwärts des Befeuchters **15** ein Wasserreservoir **25** auf, welches am Auslasssammler **7** ausgebildet ist. Das Wasserreservoir **25** ist wiederum mit der Wasserrückföhrleitung **13** strömungsmechanisch verbunden.

**[0039]** Zur besseren Abscheidung von Wasser ist dem in **Fig. 13** dargestellten Ausführungsbeispiel zusätzlich ein stromabwärts des Befeuchters **15** angeordnetes Abscheiderelement **34** vorgesehen zur Abscheidung von Wasser und zu dessen Aufnahme in das Wasserreservoir **25**.

**[0040]** **Fig. 14** zeigt ein Brennstoffzellensystem **2** mit einem Befeuchtungssystem **1** nach **Fig. 12** oder **Fig. 13**. Die Wasserrückföhrleitung **13** föhrt stromabwärts des Befeuchters **15** zu dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10**. Der Auslass **8** des Befeuchtungssystems **1** ist wiederum mit den Kathodenzuföhrleitung **30** verbunden.

**[0041]** **Fig. 15** zeigt ein Befeuchtungssystem **1**, in dem das Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases **4** als ein Befeuchter **15** gebildet ist. Auf einen Ladeluftkühler **9** wird in dieser Ausführungsform verzichtet. Er kann dem Befeuchtungssystem **1** vorgelagert sein. Die Wasserrückföhrleitung **13** ist mit dem Auslasssammler **7** und dem den Unterdruck erzeugenden Mittel **10** strömungsmechanisch verbunden. Optional kann die Wasserrückföhrleitung **13** auch mit dem Einlasssammler **3** strömungsmecha-

nisch verbunden sein, wie wiederum durch eine gestrichelte Linie illustriert ist.

#### Bezugszeichenliste

|           |   |
|-----------|---|
| <b>1</b>  | Befeuchtungssystem                                    |
| <b>2</b>  | Brennstoffzellensystem                                |
| <b>3</b>  | Einlasssammler  |
| <b>4</b>  | Mittel zur weiteren Konditionierung des Kathodengases |
| <b>5</b>  | Einlass   |
| <b>6</b>  | Strömungsrichtung                                     |
| <b>7</b>  | Auslasssammler  |
| <b>8</b>  | Auslass   |
| <b>9</b>  | Ladeluftkühler  |
| <b>10</b> | Unterdruck erzeugendes Mittel                         |
| <b>11</b> | Zuföhrleitung   |
| <b>12</b> | Wasserspiegel   |
| <b>13</b> | Wasserrückföhrleitung                                 |
| <b>14</b> | Gaseinlass  |
| <b>15</b> | Befeuchter  |
| <b>16</b> | Brennstoffzellenstapel                                |
| <b>17</b> | Befeuchtereinlass                                     |
| <b>18</b> | Befeuchterauslass                                     |
| <b>19</b> | Brennstoffspeicher                                    |
| <b>20</b> | Anodenzuföhrleitung                                   |
| <b>21</b> | Anodenrezirkulationsleitung                           |
| <b>22</b> | Abscheider  |
| <b>23</b> | Flüssigkeitsleitung                                   |
| <b>24</b> | Flüssigkeitsstellglied                                |
| <b>25</b> | Wasserreservoir                                       |
| <b>26</b> | Verdichter  |
| <b>27</b> | Mittellinie   |
| <b>28</b> | Brennstoffstellglied                                  |
| <b>29</b> | Wärmeübertrager                                       |
| <b>30</b> | Kathodenzuföhrleitung                                 |
| <b>31</b> | Kathodenabgasleitung                                  |
| <b>32</b> | Abgasleitung  |
| <b>33</b> | Öffnung   |
| <b>34</b> | Abscheiderelement                                     |

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102016002862 A1 [0004]
- DE 102015204620 A1 [0005]

### Patentansprüche

1. Befeuchtungssystem (1) zur Befeuchtung eines in einer Strömungsrichtung (6) strömenden Kathodengases eines Brennstoffzellensystems (1), mit einem zwischen einem einen Einlass (5) aufweisenden Einlasssammler (3) und einem einen Auslass (8) aufweisenden Auslasssammler (7) angeordneten Mittel zur weiteren Konditionierung (4) des Kathodengases, wobei dem Einlass (5) stromaufwärts ein einen Unterdruck erzeugendes Mittel (10) zum Ansaugen und Zerstäuben von Wasser vorgelagert ist.

2. Befeuchtungssystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mittel zur weiteren Konditionierung (4) des Kathodengases als ein Befeuchter (15) oder als ein Ladeluftkühler (9) oder als eine Kombination aus einem Befeuchter (15) und einem dem Befeuchter (15) stromaufwärts vorgelagerten Ladeluftkühler (9) gebildet ist.

3. Befeuchtungssystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das den Unterdruck erzeugende Mittel (10) als eine Venturidüse als ein Coander oder als eine Strahlpumpe gebildet ist.

4. Befeuchtungssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wasserrückführleitung (13) vorgesehen ist, die mit dem den Unterdruck erzeugenden Mittel (10) oder mit dem Einlass (5) strömungsmechanisch verbunden ist.

5. Befeuchtungssystem (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wasserrückführleitung (13) mit dem Einlasssammler (3) und/oder mit dem Auslasssammler (7) strömungsmechanisch verbunden ist.

6. Befeuchtungssystem (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein mit der Wasserrückführleitung (13) strömungsmechanisch verbundenes Wasserreservoir (25) vorgesehen ist.

7. Befeuchtungssystem (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mittel zur weiteren Konditionierung (4) des Kathodengases von dem Einlasssammler (3) und von dem Wasserreservoir (25) räumlich derart beabstandet ist, dass eine Öffnung zwischen dem Einlasssammler (3) und dem Mittel zur weiteren Konditionierung (4) des Kathodengases gebildet ist, um Wasser in das Wasserreservoir (25) abzulassen.

8. Befeuchtungssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Mittel zur weiteren Konditionierung (4) des Kathodengases stromabwärts ein Abscheider (34) nachgelagert ist.

9. Brennstoffzellensystem (2) mit einem Befeuchtungssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und mit einem mehrere Brennstoffzellen sowie Kathodenräume und Anodenräume umfassenden Brennstoffzellenstapel (16), der kathodeneintrittsseitig zur Zuführung von befeuchtetem Kathodengas mit dem Auslass (8) des Befeuchtungssystems (1) strömungsmechanisch verbunden ist, mit einer die Anodenräume mit einem Brennstoffspeicher verbindenden Anodenzufuhrleitung (20), mit einer Anodenrezirkulationsleitung (21), der ein Abscheider (22) zugeordnet ist, sowie mit einer Flüssigkeitsleitung (23), welche den Abscheider (22) mit dem Mittel zur weiteren Konditionierung (4) des Kathodengases verbindet.

10. Brennstoffzellensystem (2) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flüssigkeitsleitung (23) mit dem Mittel zur weiteren Konditionierung (4) des Kathodengases stromabwärts oder stromaufwärts oder mit dem Unterdruck erzeugenden Mittel (10) strömungsmechanisch verbunden ist.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

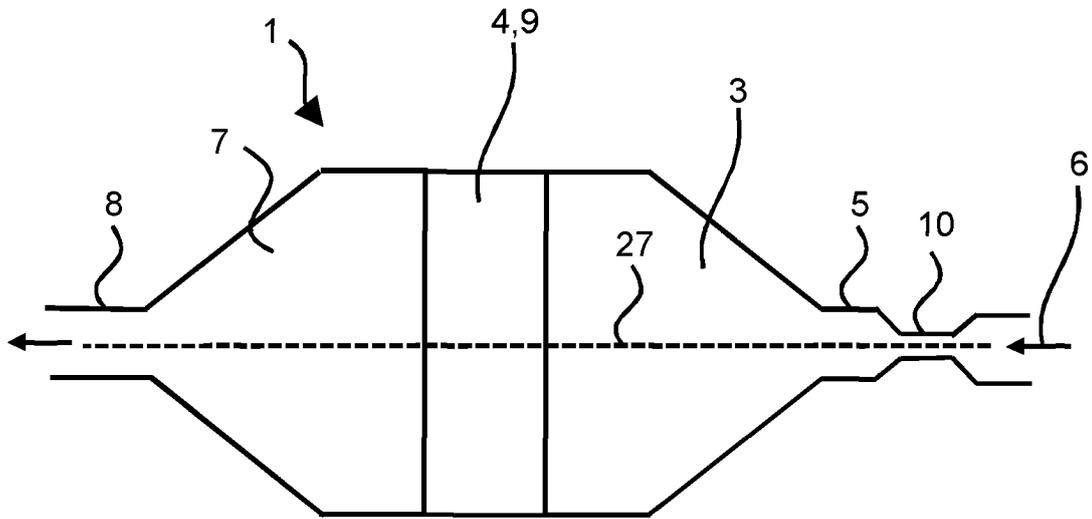


Fig. 1

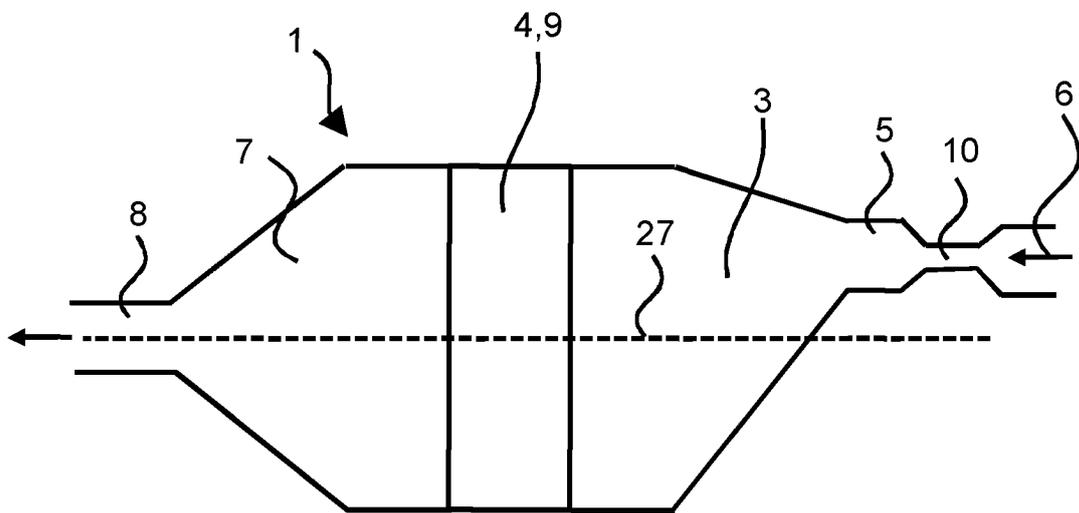


Fig. 2

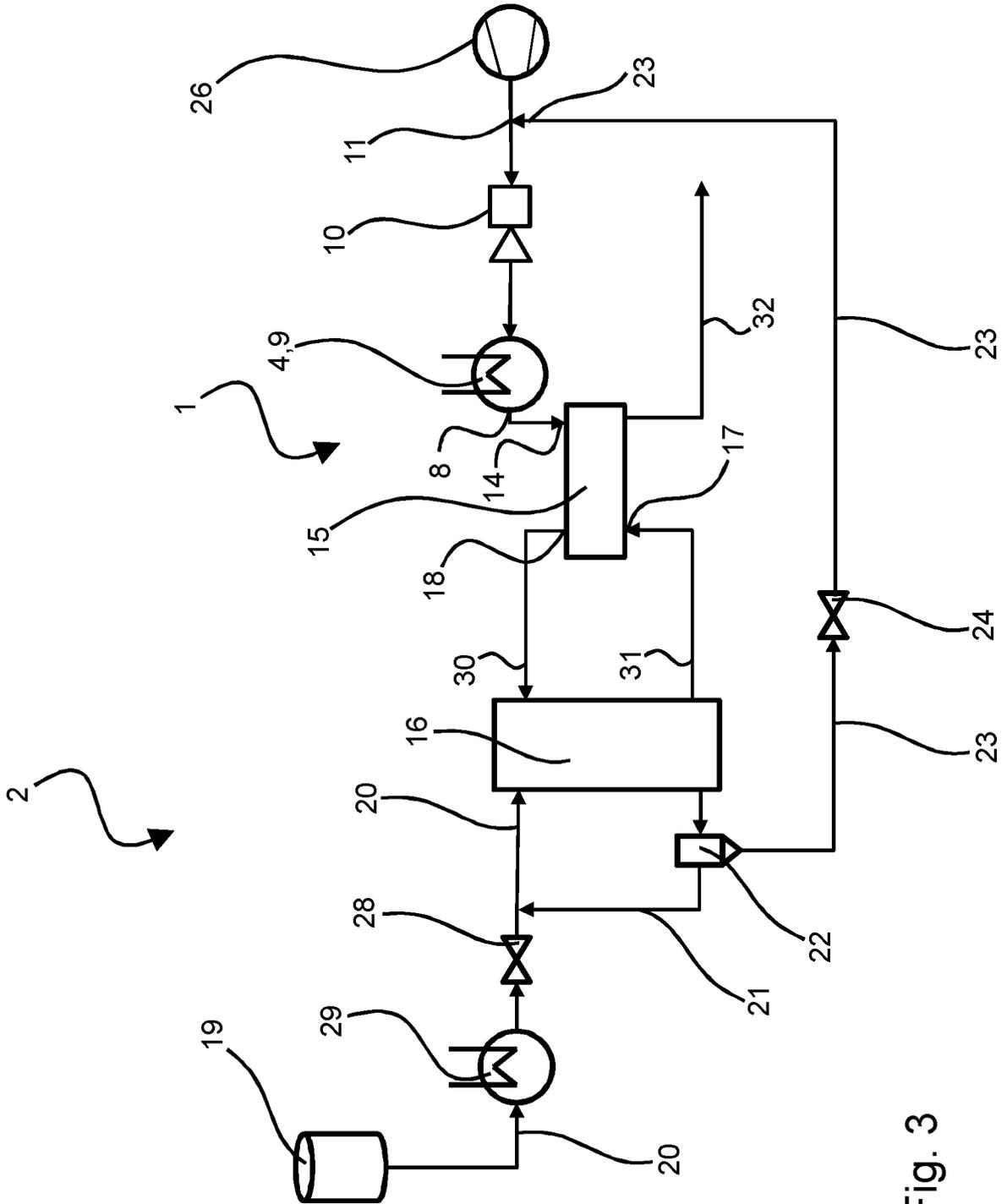
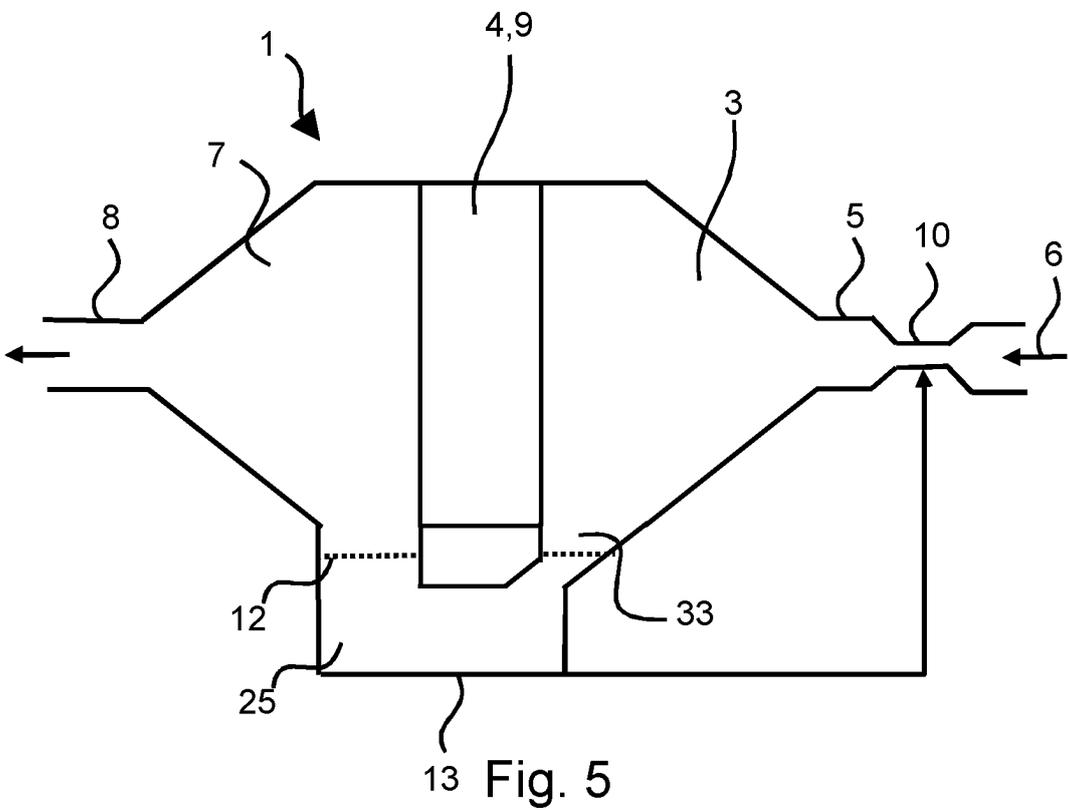
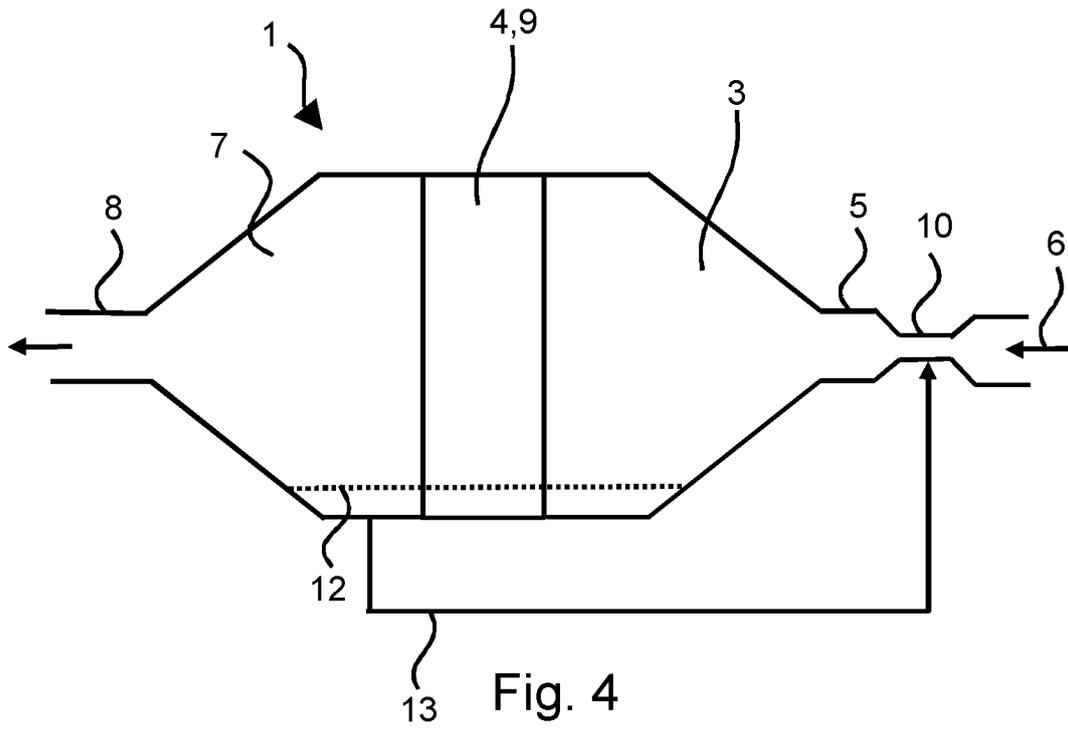


Fig. 3



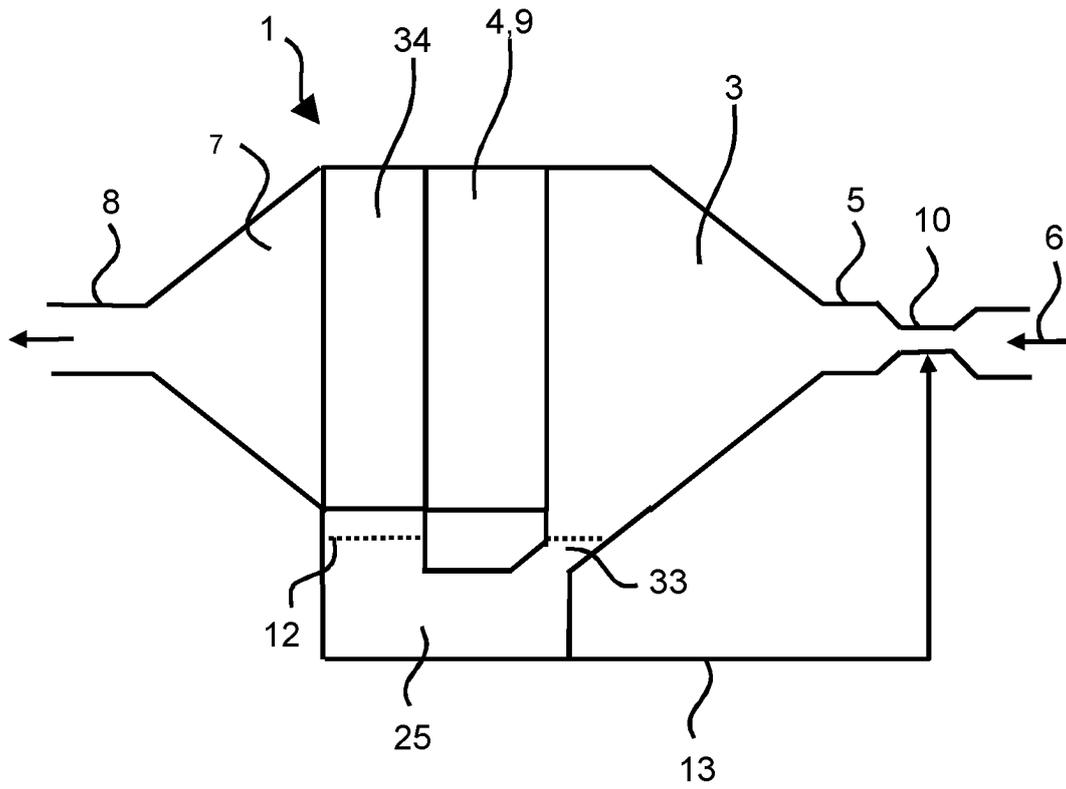


Fig. 6

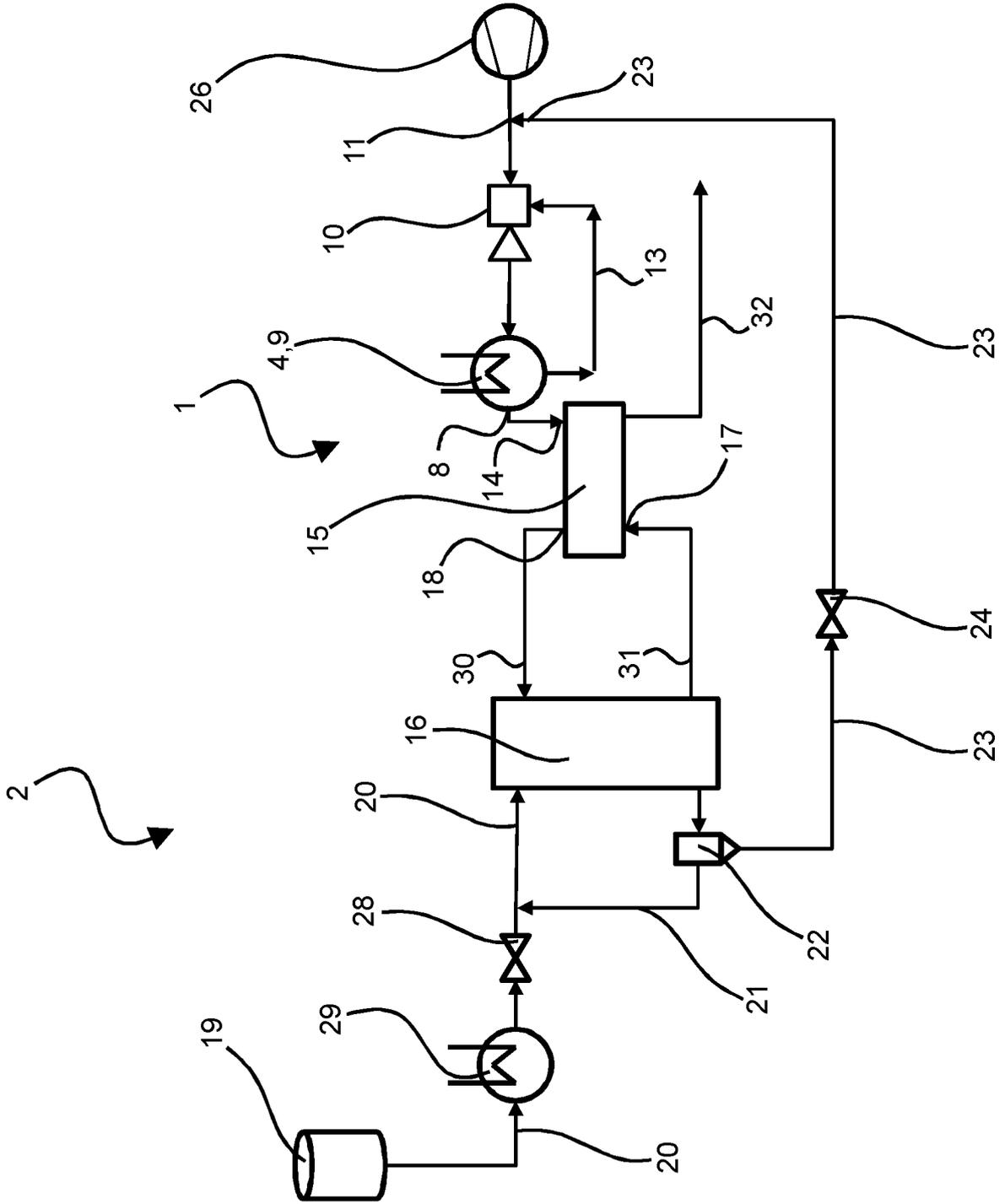


Fig. 7

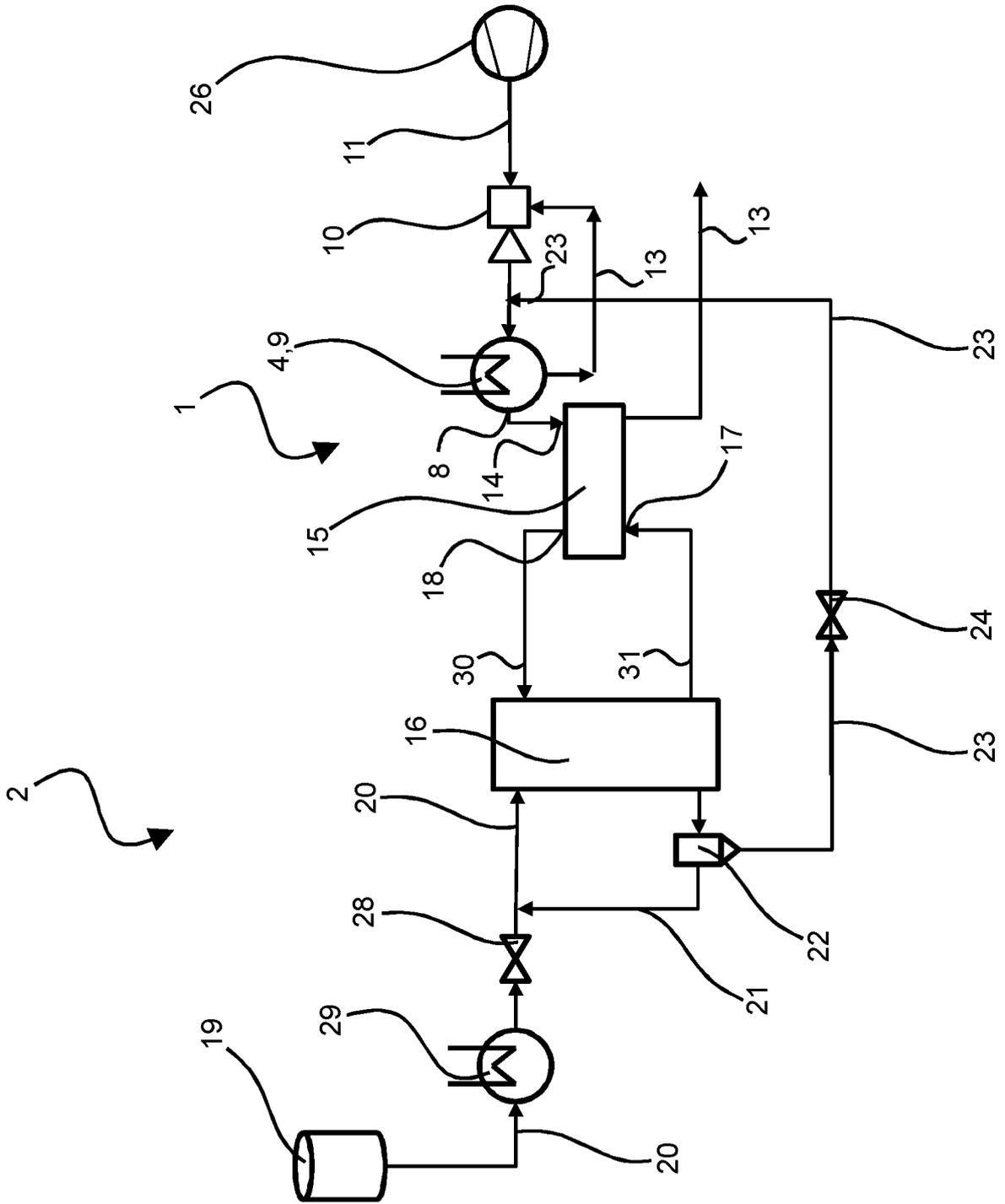


Fig. 8



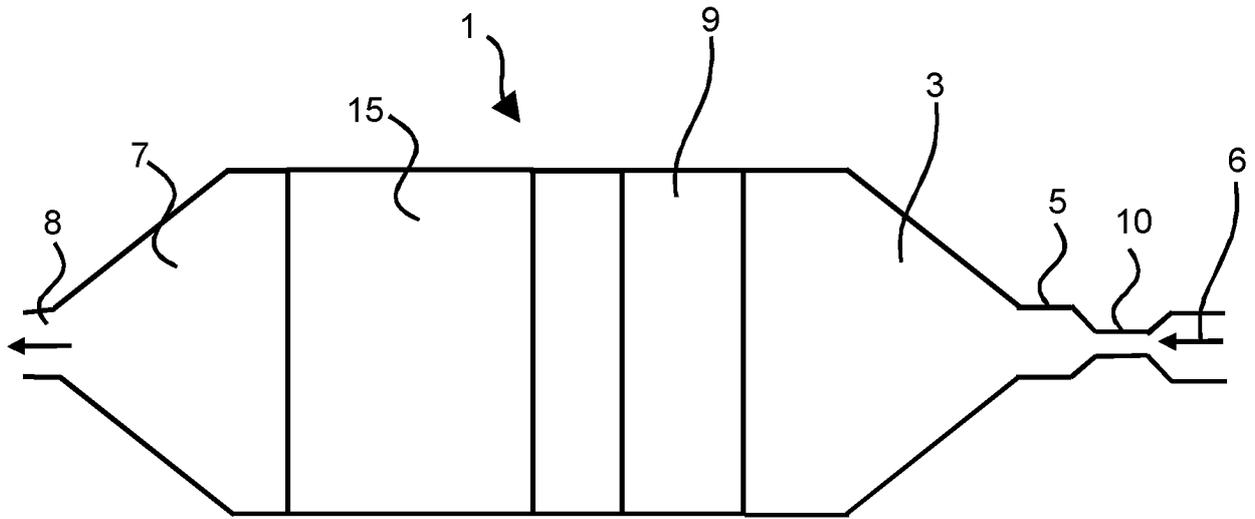


Fig. 10

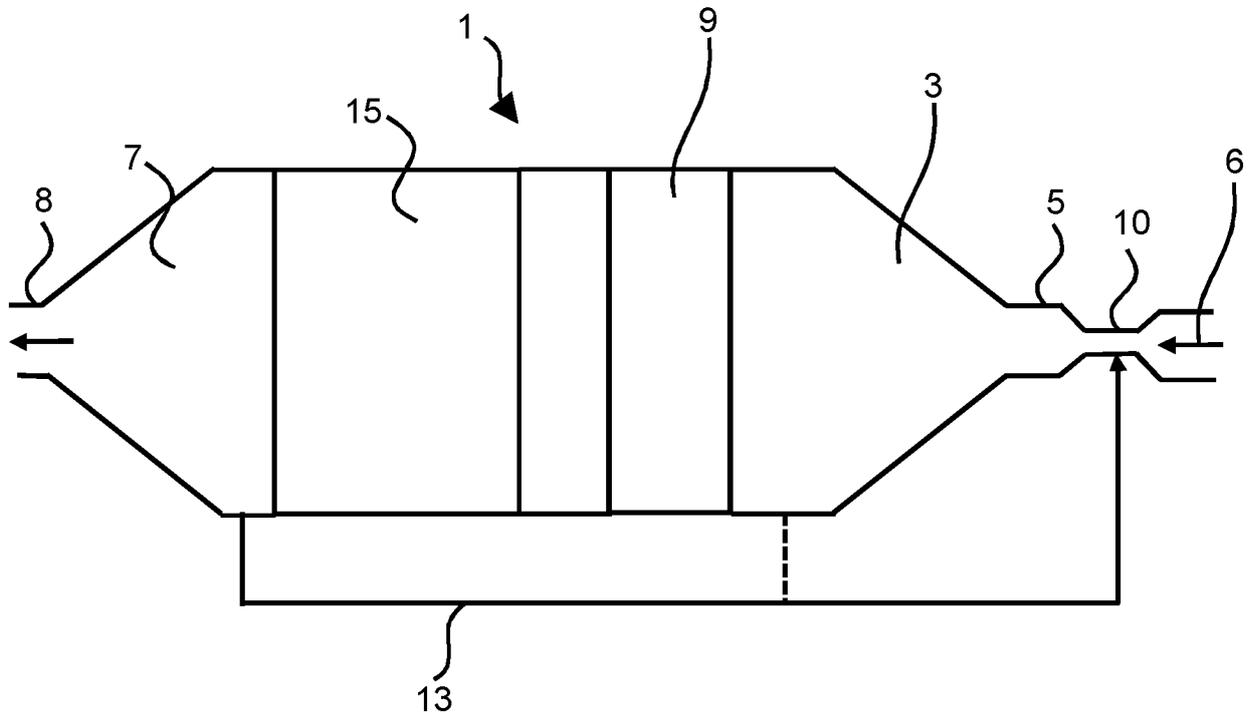


Fig. 11

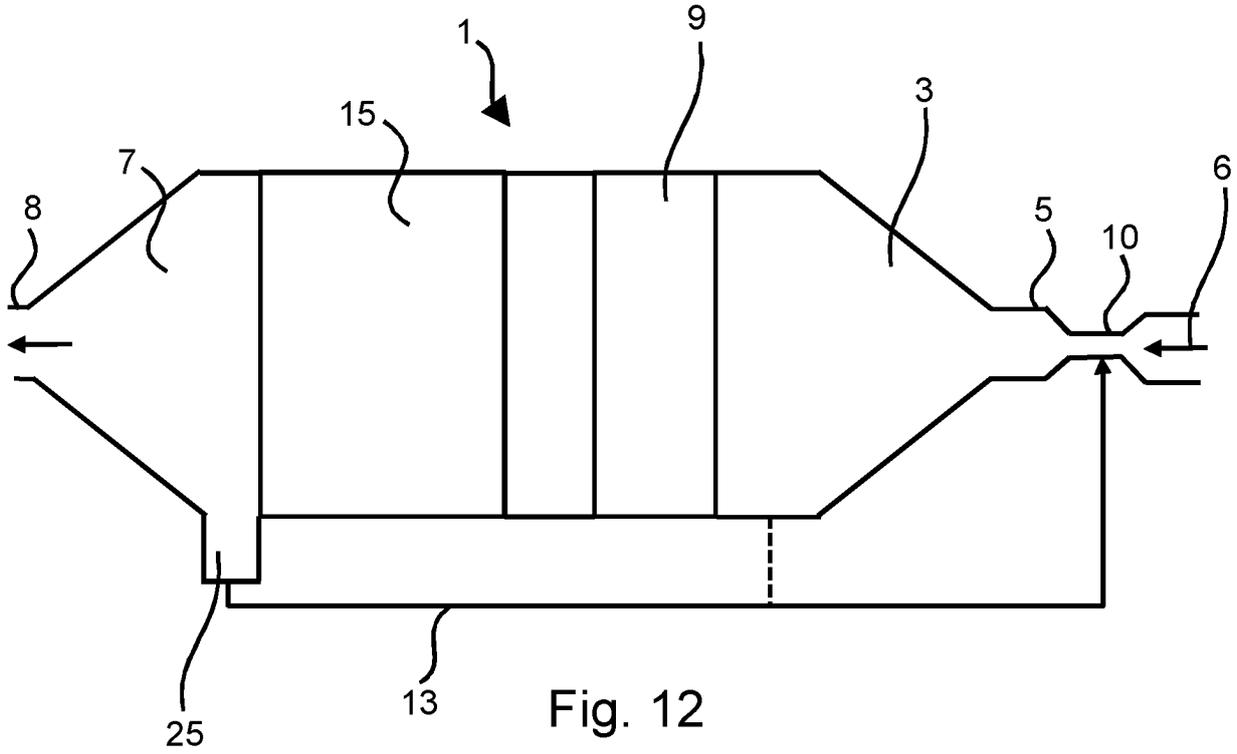


Fig. 12

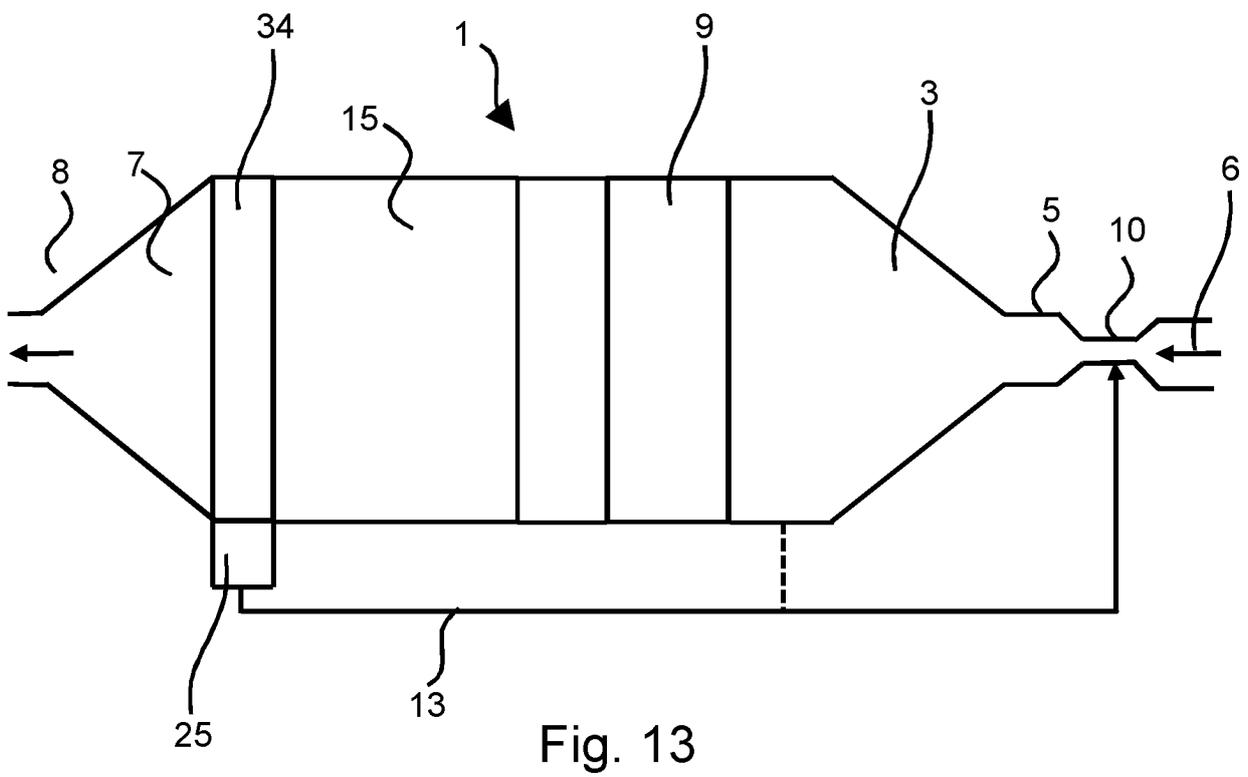


Fig. 13

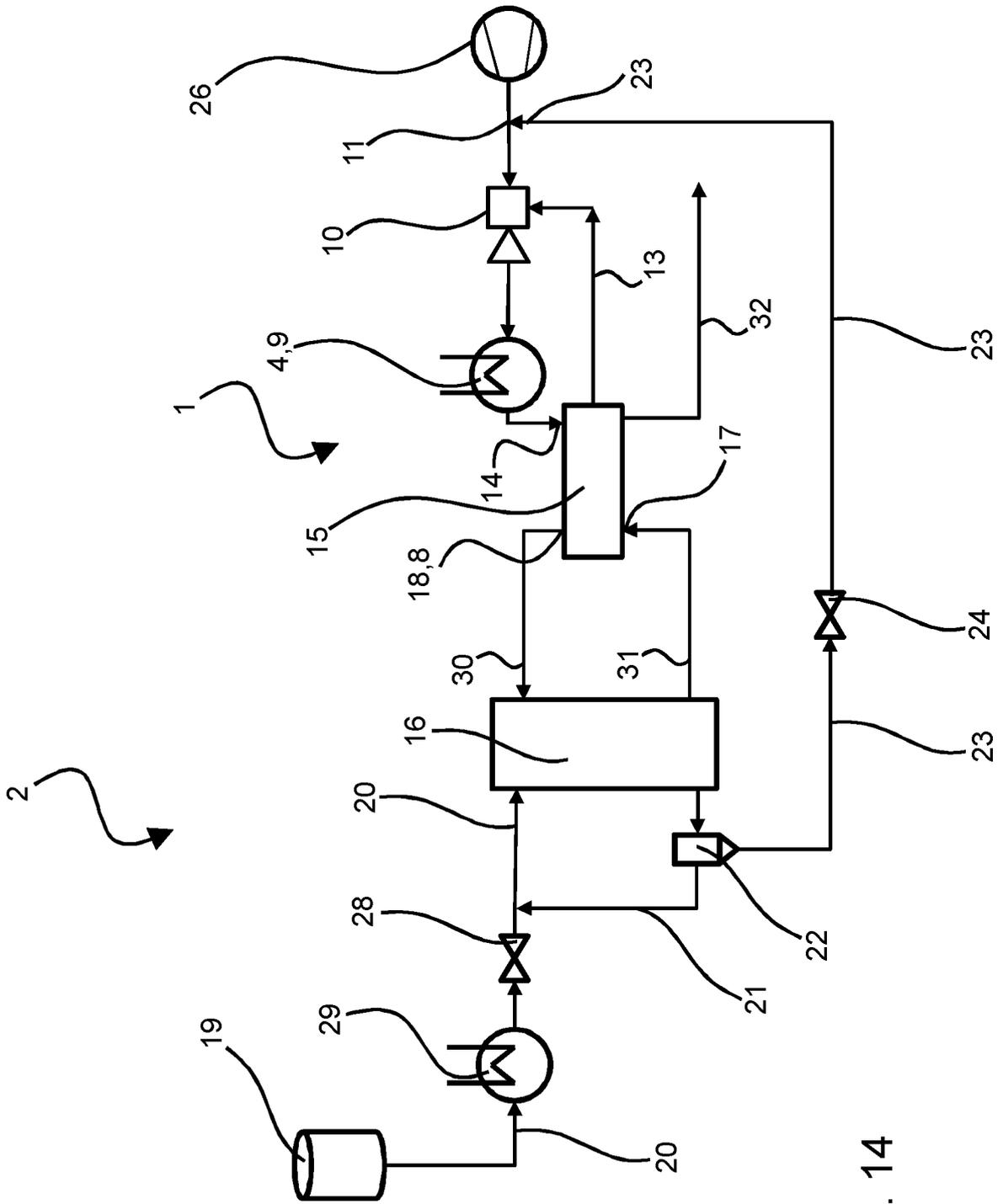


Fig. 14

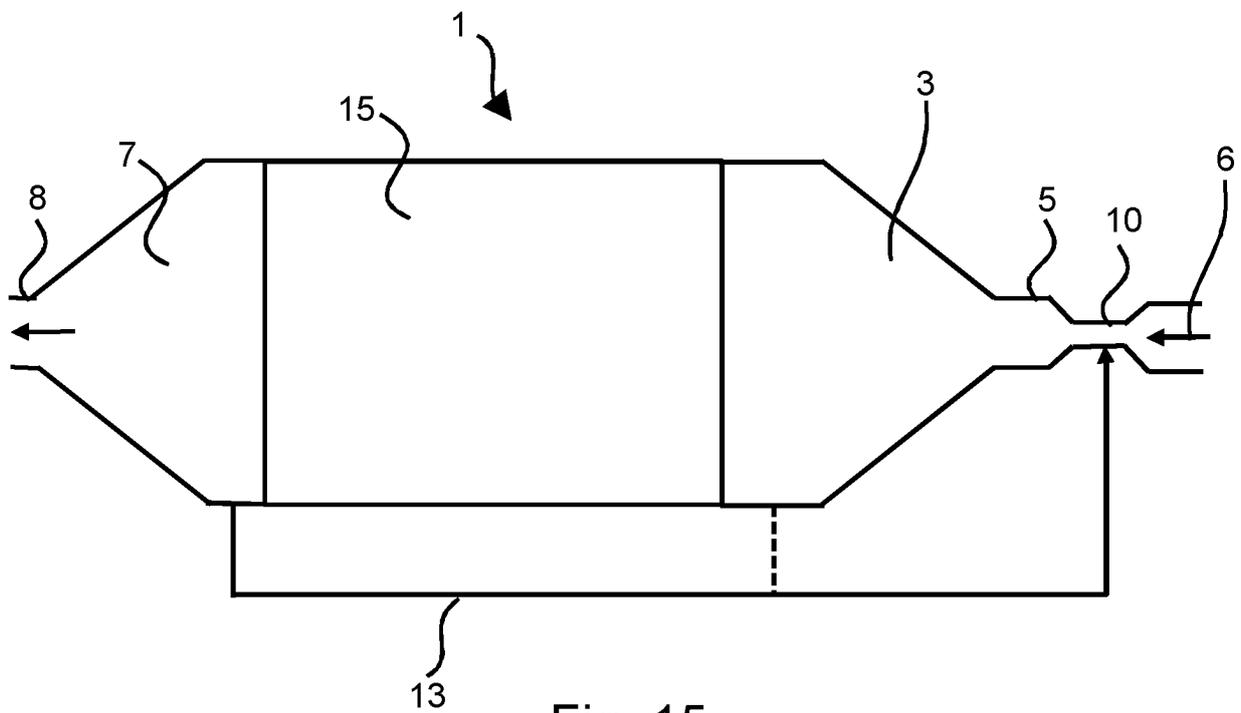


Fig. 15