(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 527036 B1 2024-10-15**

(12) # Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50474/2023
(22) Anmeldetag: 16.06.2023
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2024

(51) Int. Cl.: ***H01M 8/04746*** (2016.01)
H01M 8/04089 (2016.01)
B01F 23/10 (2022.01)
B01F 101/59 (2022.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102020202876 A1
DE 102019127002 A1
WO 2011059417 A1

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Lerch Matthias Dipl.-Ing. BSc.
8020 Graz (AT)
Pöschl Robert Dr.
8111 Gratwein-Straßengel (AT)
Sallai Christopher Ing.
8020 Graz (AT)
Körösi Michael Ing.
8181 St. Ruprecht (AT)

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

(54) **Gasmischsystem für ein Brennstoffzellensystem**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Gasmischsystem (10) zum Mischen von Gaskomponenten (GK1, GK2, GK3) eines Mischgases (MG). Das Gasmischsystem (10) weist zumindest zwei sich jeweils entlang einer Längserstreckungsachse (LA) erstreckende Rohrleitungen (11, 12, 13) zur Leitung der jeweils als Volumenströme in einer Hauptströmungsrichtung strömenden Gaskomponenten (GK1, GK2, GK3) auf. Ferner weist das Gasmischsystem (10) einen Rohrleitungsmischabschnitt (20, 21, 22) auf, um wenigstens zwei der Volumenströme in einer Mischzone (25) zu mischen. Hierzu werden die Volumenströme über einen Einleitabschnitt (23) in die Mischzone (25) eingeleitet und an einem Ausleitabschnitt (24) des Rohrleitungsmischabschnitts (20, 21, 22) als das Mischgas (MG) aus der Mischzone (25) ausgeleitet. Wenigstens eine der beiden vorgenannten Rohrleitungen (11, 12, 13) weist zur Anpassung eines sich über den Leitungsquerschnitt der Rohrleitung (11, 12, 13) einstellenden Strömungsgeschwindigkeitsprofils des Volumenstroms zwei Bauteile auf, nämlich ein Volumenstromführungselement (30), mit dem der Volumenstrom an einer bereitgestellten Überströmungsfläche (31) entlang der Längserstreckungsachse (LA) geführt wird, und ein Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42), von dem eine Durchtrittsfläche (DF) des Leitungsquerschnitts für den Volumenstrom angepasst wird. Das Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) ist hierzu zwischen dem Volumenstromführungselement (30) und dem Einleitabschnitt (23) angeordnet. Die Erfindung betrifft ferner ein Brennstoffzellensystem (100) mit dem erfindungsgemäßen Gasmischsystem (10).

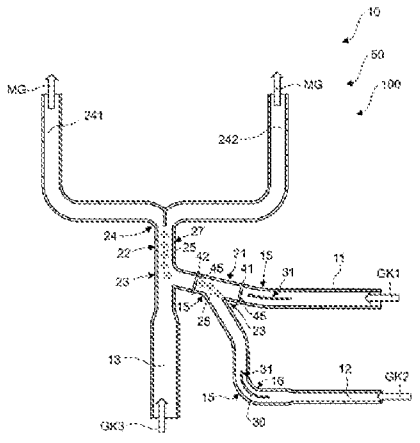


Fig. 2

AT 527036 B1 2024-10-15

Beschreibung

GASMISCHSYSTEM FÜR EIN BRENNSTOFFZELLENSYSTEM

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Gasmischsystem und eine Gasmischvorrichtung zum Mischen eines Mischgases aus Gaskomponenten, welche jeweils als ein Volumenstrom in einer Rohrleitung in einer Hauptströmungsrichtung strömen und beim Zusammenführen der Rohrleitungen gemischt werden. Die Erfindung betrifft ferner ein Brennstoffzellensystem mit dem erfindungsgemäßen Gasmischsystem.

[0002] In Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC) und Festoxid-Elektrolyseurzellen (SOEC) werden Gasgemische elektrochemisch umgesetzt. Um ein effizientes Reaktionsgeschehen zu ermöglichen, ist es oftmals erforderlich, dass die Komponenten des Gasgemisches beim Erreichen der Zellen kontinuierlich und zuverlässig jeweils in der gewünschten Menge verfügbar sind, homogen verteilt sind und gleiche Temperaturen aufweisen.

[0003] Dies stellt insbesondere Versorgungssysteme von Festoxid-Brennstoffzellen und Festoxid-Elektrolyseurzellen, die bei relativ hohen Temperaturen (650°C bis 1000°C) betrieben werden, vor sich teilweise widerstreitende technische Herausforderungen:

[0004] So ist es zur Verringerung von Wärme- und Leitungsverlusten oftmals erforderlich, dass die Durchmischung der Komponenten des Gasgemisches innerhalb einer kurzen Laufstrecke in der Zubringerleitung erreicht wird. Hierdurch lässt sich unter anderem das Risiko senken, dass die jeweiligen Komponenten bereits in der Zubringerleitung miteinander chemisch reagieren. Demgegenüber zeigt sich, dass die Homogenisierung eines Gasgemisches hinsichtlich Temperatur- und Stoffverteilung gerade durch Bereitstellen einer längeren Mischstrecke in der Rohrleitung (zum Beispiel eine Mischstrecke von mehr als dem Fünffachen des Rohrleitungsdurchmessers) verbessert werden kann.

[0005] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, die zu mischenden Komponenten eines Gasgemisches zum Mischen schlichtweg über eine einfache Rohrzusammenführung in einem gemeinsamen Rohrabschnitt zu vereinen. Wie bereits beschrieben, ist ein Nachteil derartiger Lösungen, dass relativ lange Rohrlauflängen notwendig werden (zum Beispiel das Fünffache des verwendeten Rohrleitungsdurchmessers), um eine ausreichende Durchmischung mit Bezug auf die stoffliche Zusammensetzung und Homogenisierung der Temperatur zu erreichen. Eine ideale Durchmischung einer Vielzahl von Komponenten des Gasgemisches würde entsprechend eine Erhöhung des Bauraums und Verschlechterung der Energieeffizienz mit sich bringen.

[0006] Derart lange Rohrlauflängen werden unter anderem auch daher benötigt, weil die einzelnen zu mischenden Komponenten oftmals unterschiedliche Geschwindigkeiten oder lokal über den Querschnitt variierende Geschwindigkeiten aufweisen können.

[0007] Geschwindigkeitsunterschiede beim Erreichen einer Rohrzusammenführung können dabei verschiedene Ursachen haben. So können die Komponenten bereits unter verschiedenen Drücken in das Rohrsystem eingespeist werden und entsprechend mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in der Rohrleitung strömen. Die Geschwindigkeitsunterschiede können jedoch auch konstruktionsbedingt sein, da sich aus dem Layout und dem Aufbau der Anlage Druckverluste in den Rohrleitungen einstellen können, durch die die Geschwindigkeit der einzelnen Komponente reduziert wird. Zum Beispiel kann jede Rohrverzweigung oder Rohrzusammenführung von Rohrleitungen eine Änderung der von der Komponente durchströmten Querschnittskontur mit sich führen, was einen Druckverlust nach sich ziehen kann. Auch Rohrkrümmungen sind üblicherweise mit kaum zu vermeidenden Druckverlusten verbunden, da in Rohrkrümmungen aufgrund der Umlenkung der Strömung Strömungsverluste auftreten, die zu einem Druckverlust in der Rohrleitung führen.

[0008] Ferner kann das Geschwindigkeitsprofil einer in der Rohrleitung strömenden Komponente durch Rohrkrümmungen, Rohrbögen, Querschnittsverengungen und Querschnittsaufweitungen verzerrt werden. Zum Beispiel muss eine Komponente in einer Rohrkrümmung um eine Kurve

strömen, so dass sich die Komponente auf der Außenseite der Kurve schneller bewegen muss als auf der Innenseite. Dies führt am stromabwärtigen Ende der Rohrkrümmung zu einem schiefen oder asymmetrischen Profil der Fließgeschwindigkeit über den Rohrquerschnitt. Werden verschiedene Komponenten mit derartig verzerrten Geschwindigkeitsprofilen ohne zusätzliche technische Maßnahme zusammengeführt, kann es zu einer ungleichmäßigen Vermischung und Bereitstellen eines Mischgases mit einem ebenfalls verzerrten Geschwindigkeitsprofil kommen. Dies ist jedoch für die Effizienz der Anlage sowie den anschließenden chemischen Prozess, für den das Mischgas benötigt wird, nachteilig.

[0009] Aus dem Stand der Technik ist es ferner beispielsweise auch bekannt, zum Mischen gasförmiger Komponenten spezielle Bauteile bereitzustellen, wie zum Beispiel statische Mischer oder aktiv (beispielsweise elektrisch) betriebene Mischer. Hierdurch kann eine Reduzierung der für die Mischstrecke notwendigen Rohrlauflänge erreicht werden. Nachteilig an derartigen Lösungen ist jedoch, dass die bereitgestellten Bauteile kostenintensiv sind und der Wartung bedürfen. Ferner sind derartige Bauteile auch nicht ohne Weiteres in jedem Rohrsystem anbringbar (beispielsweise aufgrund mangelnder Zugänglichkeit oder mangelnden Platzes) und für jede Stoffkombination einsetzbar. Gerade in Anlagen, in denen viele unterschiedliche Komponenten eines Mischgases an verschiedenen Stellen der Anlage zusammengeführt werden sollen (beispielsweise zur Erreichung energetischer Vorteile), kann eine Bereitstellung dieser Bauteile nicht mehr wirtschaftlich umgesetzt werden.

[0010] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Mischsystem, eine Mischvorrichtung und ein Brennstoffzellensystem bereitzustellen, mit denen die Temperatur und die Massenströme der verschiedenen Komponenten optimal zusammengeführt werden können. Ferner ist es ein Ziel, durch die erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Systeme, ein Mischgas, welches eine relativ hohe Homogenität hinsichtlich Temperatur- und Stoffdurchmischung sowie ein gleichförmiges Geschwindigkeitsprofil nach Durchmischung aufweist, unter Vermeidung oder Reduzierung von Druckverlusten und notwendigen Rohrlauflängen (Bauraum) bereitzustellen.

[0011] Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Gasmischsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Rohrleitung mit den Merkmalen des Anspruchs 15 sowie ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 16.

[0012] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Gasmischsystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird und Bezug genommen werden kann.

[0013] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Gasmischsystem zum Mischen von Gaskomponenten eines Mischgases, welche jeweils als ein Volumenstrom in einer Hauptströmungsrichtung strömen.

[0014] Dabei kann unter einem Gasmischsystem beispielsweise ein System verstanden werden, mit dem verschiedene Substanzen und/oder gleiche Substanzen mit unterschiedlichen Volumenströmen und/oder unterschiedlichen Temperaturen zusammengebacht und so miteinander vermengt werden können, dass sich eine bevorzugt einheitliche oder homogene Substanz und/oder eine einheitliche Temperatur im Gemisch ergeben kann. Unter einer Gaskomponente kann dabei beispielsweise ein Fluid, eine im Wesentlichen (überwiegend) gasförmige Substanz und/oder ein im Wesentlichen (überwiegend) gasförmiges Substanzgemisch verstanden werden. Natürlich kann eine Gaskomponente auch teilweise in anderen Aggregatszuständen vorliegen, wie beispielsweise flüssig. Bevorzugt kann mit den Gaskomponenten ein Synthesegas oder Elektrolysegas als das Mischgas gebildet werden. So kann zum Beispiel ein Gemisch aus Stickstoff und Wasserstoff, oder ein Gemisch aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff als das Mischgas gebildet werden. Zusätzlich oder alternativ ist mit einem erfindungsgemäßen Gasmischsystem auch

eine Vermischung von Volumenströmen unterschiedlicher Temperatur denkbar. So kann mit einem solchen Gasmischsystem zum Beispiel eine Vermischung unterschiedliche Luft-Volumenströme mit unterschiedlichen Temperaturen zu einem gemeinsamen Luft-Volumenstrom mit einer einheitlichen Mischtemperatur möglich sein. Auch eine Kombination der Vermischung unterschiedlicher Substanzen und unterschiedlicher Temperaturen der Volumenströme ist selbstverständlich denkbar. Als Volumenstrom kann beispielsweise eine sich mit einem Volumen durch eine Durchströmungsfläche, wie beispielsweise dem Querschnitt einer Leitung, bewegende und durch diese Fläche hindurchtretende Substanz (wie beispielsweise ein Fluid) verstanden werden. Dabei kann die Hauptströmungsrichtung beispielsweise als eine primäre Bewegungsrichtung der jeweiligen Substanz verstanden werden.

[0015] Das Gasmischsystem weist zumindest zwei Rohrleitungen zur Leitung der Volumenströme auf. Dabei erstrecken die Rohrleitungen sich jeweils mit einem Leitungsquerschnitt entlang einer Längserstreckungsachse.

[0016] Bevorzugt kann es sich bei den Rohrleitungen um wenigstens teilweise eigenständige Fluidkanäle mit jeweils einer zugehörigen und von anderen fluidkommunizierend getrennten Eintrittsöffnung zum Einleiten des korrespondierenden Volumenstroms handeln. Die Längserstreckungsachse kann dabei beispielweise eine Symmetrie- oder Zentralachse der Rohrleitung sein und beispielsweise überwiegend der Kontur der Rohrleitung entlang deren Querschnittsmittelpunkten folgen. So kann beispielsweise eine Stromlinie der strömenden Gaskomponente der Längserstreckungsachse folgen.

[0017] Das Gasmischsystem weist ferner einen Rohrleitungsmischabschnitt zum Mischen wenigstens zwei der Volumenströme in einer Mischzone auf. Dabei weist der Rohrleitungsmischabschnitt einen Einleitabschnitt zum Einleiten der Volumenströme von den zumindest zwei Rohrleitungen in die Mischzone auf. Ferner weist der Rohrleitungsmischabschnitt einen Ausleitabschnitt zum Ausleiten des Mischgases aus der Mischzone auf. Wenigstens eine der beiden vorgenannten Rohrleitungen weist ein Volumenstromführungselement auf, um ein sich über den Leitungsquerschnitt einstellendes Strömungsgeschwindigkeitsprofil des Volumenstroms anzupassen.

[0018] Dabei kann unter einem Strömungsgeschwindigkeitsprofil insbesondere eine lokale Geschwindigkeitsverteilung verstanden werden, also beispielsweise die Verteilung der verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten über den Leitungsquerschnitt. Die Anpassung des Strömungsgeschwindigkeitsprofils kann beispielsweise als ein Ändern der lokalen Geschwindigkeit und/oder der lokalen Bewegungsrichtung bevorzugt über den Leitungsquerschnitt verstanden werden.

[0019] Das Volumenstromführungselement weist eine Überströmungsfläche auf, die in der Rohrleitung entlang der Längserstreckungsachse angeordnet ist, um den Volumenstrom an der Überströmungsfläche entlang der Längserstreckungsachse zu führen.

[0020] Dabei kann unter einem Volumenstromführungselement insbesondere eine Struktur zur Gleichrichtung wenigstens der Bewegungsrichtungen des Volumenstromes über den Leitungsquerschnitt verstanden werden. So können beispielsweise diese Bewegungsrichtungen durch Umlenken an der Überströmungsfläche alle parallel ausgerichtet werden. Die Überströmungsfläche kann beispielsweise als eine einzelne flächige Erstreckung aber auch als Aggregation einzelner Flächenstücke aufgefasst werden. Es kann sowohl ein Fließen als auch ein Strömen beeinflusst werden.

[0021] Zudem weist die vorgenannte Rohrleitung ein Volumenstromkonditionierungselement zur Anpassung des sich über den Leitungsquerschnitt einstellenden Strömungsgeschwindigkeitsprofils des Volumenstroms auf. Das Volumenstromkonditionierungselement weist einen Durchtrittsabschnitt auf, der sich radial bezüglich der Längserstreckungsachse in der Rohrleitung wenigstens teilweise zwischen dem Leitungsquerschnitt erstreckt, um eine Durchtrittsfläche des Leitungsquerschnitts für den Volumenstrom anzupassen.

[0022] Dabei kann unter einem Volumenstromkonditionierungselement insbesondere eine Struktur zur Erzeugung lokaler Strömungsblockadestellen verstanden werden. Die Durchtrittsfläche kann beispielsweise als eine Durchströmungsfläche verstanden werden. So kann beispielsweise

ein Querschnitt einer Leitung, durch welchen der Volumenstrom hindurchströmen kann, als Durchtrittsfläche verstanden werden.

[0023] Das Volumenstromkonditionierungselement ist dabei zwischen dem Volumenstromführungselement und dem Einleitabschnitt angeordnet.

[0024] Mit dem erfindungsgemäßen Gasmischsystem können somit die Temperaturen und/oder die Massenströme der verschiedenen Volumenströme derart zusammengeführt werden, dass ein Mischgas mit einer homogenen Temperatur- und/oder Stoffverteilung sowie insbesondere einem gleichförmigen Strömungsgeschwindigkeitsprofil über den Leitungsquerschnitt erhaltbar wird. Im Unterschied zu den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen wird eine Steuerung und Anpassung des Strömungsprofils wenigstens einer Gaskomponente durch die erfindungsgemäße Kombination und Anordnung zweier spezieller Bauteile in einer der Zuleitungen zu dem Rohrleitungsmischabschnitt erreicht. So können beispielsweise die in einem Volumenstrom auftretenden Verwirbelungen von dem Volumenstromführungselement durch das Aufzwingen einer Bewegungsrichtung mittels der Überströmungsfläche entfernt werden, ohne dabei signifikant in den Querschnittsverlauf der Rohrleitung eingreifen zu müssen. Derart können auftretende Druckverluste gering gehalten werden. Das Volumenstromkonditionierungselement ermöglicht es, eine etwaige Verzerrung des Strömungsgeschwindigkeitsprofils zu bereinigen, indem dieses sich mit dem Durchtrittsabschnitt in den Leitungsquerschnitt hineinerstreckt und somit die Strömung zumindest lokal blockieren kann. Durch die gewählte Anordnung in der Rohrleitung wird eine zeitliche Abfolge der Korrekturmaßnahmen des Strömungsgeschwindigkeitsprofils vorgegeben, durch die überraschend besonders vorteilhafte Mischresultate erzielt werden können, da beim Aufeinandertreffen der Gaskomponenten zum Vermischen wenigstens eine der Gaskomponenten möglichst gleichförmig strömend bereitgestellt werden kann. Die Bereitstellung der Bauteile ermöglicht es ferner, Prozessanlagen freier planen und ausgestalten zu können, da der Einfluss des Verlaufs der Rohrleitungen der Gaskomponenten einen geringeren Einfluss auf das Mischergebnis des Mischgases hat.

[0025] Ein erfindungsgemäßes Gasmischsystem kann als Teilabschnitt innerhalb eines Brennstoffzellensystems zum Beispiel der Vergleichmäßigung von Temperaturunterschieden dienen. Dies kann insbesondere in einem Luftpfad eines Brennstoffzellensystems zum Einsatz kommen und dient der Vermischung von Gasströmen unterschiedlicher Temperaturen. In einem solchen Teilabschnitt befindet also ein einzelner Rohrleitungsmischabschnitt stromabwärts von zwei Rohrleitungen, wobei wenigstens eine dieser beiden Rohrleitungen in der erfindungsgemäßen Weise eine Kombination aus Volumenstromführungselement und Volumenstromkonditionierungselement aufweist. Dabei kann auch eine Variante mit nur einem Volumenstromkonditionierungselement und damit ohne ein Volumenstromführungselement die erfindungsgemäßen Vorteile zumindest teilweise mit sich bringen.

[0026] Somit können mit dem erfindungsgemäßen Gasmischsystem die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zumindest teilweise überkommen werden.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann wenigstens eine der Rohrleitungen einen oder mehrere Leitungsabschnitte aufweisen, von denen einer, mehrere oder jeder eines von dem Volumenstromführungselement aufweisen kann. Die Leitungsabschnitte können dabei beispielsweise eine Rohrkrümmung aufweisen. Alternativ oder zusätzlich können die Leitungsabschnitte eine Rohrzusammenführung mit wenigstens einer weiteren Rohrleitung aufweisen.

[0028] Dadurch kann beispielsweise die von einer Rohrkrümmung hervorgerufene Verzerrung des Strömungsgeschwindigkeitsprofils (der Teil der Strömung am äußeren Krümmungsradius muss schneller strömen als der Teil der Strömung am inneren Krümmungsradius) gedämpft und gar unterdrückt werden. Dies wird möglich, da die Strömung gewissermaßen von der Überströmungsfläche aufgeteilt und zwischen jeweils einer Rohrseitenwand und der Überströmungsfläche geführt werden kann, wobei die Unterschiede zwischen den Krümmungsradien in den einzelnen Abschnitten geringer ausfallen. Derart kann beispielsweise ein Strömungsabriss in einer Rohrkrümmung verhindert und die dabei auftretenden Druckverluste können gering gehalten werden. Entsprechend können auch in Rohrzusammenführungen, welche oftmals eine plötzlich auftre-

tende Querschnittsänderung mit sich bringen, Druckverluste und Verzerrungen des Strömungsgeschwindigkeitsprofils unterdrückt oder abgedämpft werden. Damit kann das Volumenstromkonditionierungselement für die Bereinigung von Asymmetrien im Strömungsgeschwindigkeitsprofil vorgesehen und hierzu optimiert werden. Dadurch kann eine hohe Homogenität der betreffenden Gaskomponente erreicht werden. Dies kann das Mischergebnis begünstigen.

[0029] Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung kann der Durchtrittsabschnitt eine flächige Erstreckung aufweisen. Bevorzugt kann sich der Durchtrittsabschnitt vollständig über den Querschnitt der Rohrleitung erstrecken. Der Durchtrittsabschnitt kann wenigstes eine Durchströmöffnung aufweisen. Die Durchströmöffnung kann beispielsweise rechteckförmig oder rund sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Durchströmöffnung sich wenigstens teilweise entlang des Umfangs als eine längliche Durchströmöffnung erstrecken. So kann das Volumenstromkonditionierungselement bevorzugt derart in der Rohrleitung angeordnet sein, dass die längliche Durchströmöffnung bezüglich der Längserstreckungsachse auf derselben Seite vorgesehen ist wie eine durch die Rohrkrümmung definierte Krümmungsinnenseite.

[0030] Mit den vorgenannten Konfigurationen kann das Strömungsgeschwindigkeitsprofil eines Volumenstroms von dem Durchtrittsabschnitt definiert lokal beeinflusst und angepasst werden, indem beispielsweise ein Durchströmen und Weiterströmen entlang der Rohrleitung nur an bestimmten Stellen ermöglicht wird. Sind beispielsweise lokale Geschwindigkeitsspitzen an einem speziellen Abschnitt der Durchströmungsfläche zu erwarten, kann hier beispielsweise keine oder lediglich eine kleine Durchströmöffnung vorgesehen werden, wie es beispielweise nach Rohrkrümmungen oder Rohrzusammenführungen der Fall sein kann.

[0031] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann der Durchtrittsabschnitt mehrere Durchströmöffnungen aufweisen. Die Durchströmöffnungen können ein Lochmuster bilden. Das Lochmuster kann beispielsweise asymmetrisch oder symmetrisch sein.

[0032] Als Lochmuster kann dabei eine einem Anordnungsprinzip zugrundeliegende Anordnung von Löchern verstanden werden. So können Löcher beispielsweise Regeln folgend sich wiederholend angeordnet werden, oder auch zufällig angeordnet werden.

[0033] Die Durchströmöffnungen des Lochmusters können beispielsweise miteinander fluchtend in Spalten angeordnet sein. Die Spalten können bevorzugt selbst miteinander fluchtend und/oder zueinander versetzt angeordnet sein.

[0034] Dabei kann unter einer fluchtenden Anordnung insbesondere eine Anordnung der Löcher verstanden werden, bei der die Mittelpunkte der Löcher oder wenigstens eine diese definierende äußere Umfangskante in einer geraden Linie liegen.

[0035] Bevorzugt können dabei die Durchströmöffnungen des Lochmusters identische und/oder unterschiedliche Lochgrößen (also beispielsweise die die Lochgrößen bestimmenden Durchmesser) aufweisen. Das Lochmuster kann zum Beispiel eine Lochdichte aufweisen, die mit einem Krümmungsradius einer Rohrkrümmung und/oder einer Erstreckungslänge einer Rohrzusammenführung bevorzugt invers korreliert ist.

[0036] Mit den vorgenannten Ausgestaltungen können lokale Verzerrungen des Strömungsgeschwindigkeitsprofils abgeschwächt oder bereinigt werden, da das Lochmuster lokale Strömungsschnellen oder turbulente Strömungsanteile herausfiltern kann und somit zugleich auch zu einer Beruhigung des Volumenstroms, also zu einer Rückkehr in eine gleichförmige Strömung, beitragen kann. Derart kann wenigstens eine Gaskomponente mit einem gleichförmigen Strömungsgeschwindigkeitsprofil bereitgestellt werden.

[0037] Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung können das Volumenstromführungselement und das Volumenstromkonditionierungselement zueinander beabstandet vorgesehen sein. Bevorzugt können diese einen Abstand zueinander im Bereich von höchstens dem 2- bis 3-fachen des Rohrdurchmessers aufweisen. Alternativ oder zusätzlich können das Volumenstromkonditionierungselement und das Volumenstromführungselement in der Rohrleitung zueinander in Abhängigkeit von dem Krümmungsradius der Rohrkrümmung und/oder der Länge der Rohrzusammenführung angeordnet sein. Dabei verbessern enge Abstände insbesondere die ge-

wünschte Wirkung.

[0038] Durch die vorgenannte Feinabstimmung zwischen Volumenstromführungselement und Volumenstromkonditionierungselement können lokal auftretende Stromschnellen und Verwirbelungen effektiv reduziert oder bereinigt werden.

[0039] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann das Volumenstromkonditionierungselement mit dem Durchtrittsabschnitt senkrecht zu der Längserstreckungsachse oder unter einem Winkel zu der Längserstreckungsachse in der Rohrleitung angeordnet sein.

[0040] Derart kann eine Lenkung und Umlenkung des Volumenstroms erfolgen, mit der beispielsweise auf Störstellen für den Fluss des Volumenstroms reagiert werden kann. So kann eine Verzerrung des Strömungsgeschwindigkeitsprofils verringert werden.

[0041] Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung kann sich das Volumenstromführungselement mit der Überströmungsfläche entlang der Längserstreckungsachse flächig erstrecken. Das Volumenstromführungselement kann beispielsweise als Platte ausgebildet sein. Bevorzugt kann die Überströmungsfläche eine definierte Oberflächenkontur oder ein Oberflächenmerkmal aufweisen. Das Oberflächenmerkmal kann beispielsweise eine Rippe, ein Flügel oder ein Falz sein. Ferner ist es auch vorstellbar, als Oberflächenmerkmal eine Oberfläche mit einer höheren Oberflächenrauheit als die der Rohrinnenwand vorzusehen. Es ist ferner vorstellbar, das Volumenstromführungselement in der Rohrleitung zu der Längserstreckungsachse versetzt anzuordnen oder auf der Längserstreckungsachse selbst anzuordnen.

[0042] Derart kann mit dem Volumenstromführungselement eine möglichst große Fläche entlang der Längserstreckungsachse bereitgestellt werden und derart eine laminare Strömungsführung entlang dieser Achsenrichtung ermöglichen. Zudem kann durch die Oberflächenkonturierung und durch das Vorsehen von Oberflächenmerkmalen eine weitere Steuerungsmöglichkeit auf die Gestalt des Strömungsgeschwindigkeitsprofils über den Rohrquerschnitt ermöglicht werden. Derart können beispielsweise anlagenbedingt komplizierte (beispielsweise verschlungene) Rohrführungswege ermöglicht werden, ohne dabei hohe Druckverluste in Kauf nehmen zu müssen.

[0043] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann der Rohrleitungsmischabschnitt einen geraden Abschnitt zur Durchmischung der zu mischenden Volumenströme aufweisen. Bevorzugt kann der gerade Abschnitt dabei eine Länge im Bereich von höchstens dem 2- bis 3-fachen des Rohrdurchmessers aufweisen. Auch längere Ausbildungen sind denkbar. Je länger die Erstreckung ist, umso gleichförmiger wird die geführte Strömung, umso mehr Bauraum ist jedoch notwendig. Die vorliegende Erfindung erzielt diese Vergleichmäßigung daher mit deutlich verkürzten Längen. Die Vorteile treten insbesondere bereits bei einer Länge im Bereich von 4 bis 5 Rohrdurchmessern auf. Dies gilt insbesondere bei einer Anwendung der Erfindung für ein thermisches Vermischen.

[0044] Somit kann ein Abschnitt zum Mischen der Gaskomponenten bereitgestellt werden, welcher einerseits eine schnelle und gute Durchmischung der Stoffe und/oder der Temperaturen ermöglicht und andererseits eine schnelle Rückkehr des sich hieraus ergebenden Mischgases in eine vergleichmäßigte Strömung. Zugleich können trotz des Mischvorgangs deutliche Druckverluste in diesem Leitungsabschnitt vermieden werden.

[0045] Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung kann der Ausleitabschnitt des Rohrleitungsmischabschnitts eine Rohrverzweigung aufweisen, um das Mischgas über ein oder mehrere Ausleitungsrohre bevorzugt in gleich große Volumenströme aufzuspalten und auszuleiten.

[0046] Derart kann eine Versorgung mehrerer Anlagenkomponenten mit dem Mischgas ermöglicht werden.

[0047] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung können die Rohrleitungen wenigstens teilweise einen konstanten Querschnitt aufweisen. Alternativ oder zusätzlich können die Rohrleitungen wenigstens teilweise einen entlang der Längserstreckungsachse variablen Querschnitt aufweisen. Bevorzugt kann eine der Rohrleitungen den Rohrleitungsmischabschnitt aufweisen.

[0048] Derart kann das Gasmischsystem durch einfache Bauteile bereitgestellt werden, so dass

die Anschaffungskosten niedrig gehalten werden können.

[0049] Gemäß einer ferner bevorzugten Ausgestaltung kann das Gasmischsystem drei Rohrleitungen aufweisen. Dabei kann eine erste Rohrleitung mit einer zweiten Rohrleitung über einen ersten Rohrleitungsmischabschnitt verbunden sein und eine dritte Rohrleitung mit der zweiten Rohrleitung über einen zweiten Rohrleitungsmischabschnitt verbunden sein. Die dritte Rohrleitung kann ferner mit der ersten Rohrleitung über den ersten Rohrleitungsmischabschnitt fluidkommunizierend verbunden sein. Der erste Rohrleitungsmischabschnitt kann sich dabei zwischen einem ersten Volumenstromkonditionierungselement der ersten Rohrleitung und einem zweiten Volumenstromkonditionierungselement der zweiten Rohrleitung erstrecken. Bevorzugt kann das erste Volumenstromkonditionierungselement ein erstes Lochmuster aufweisen und das zweite Volumenstromkonditionierungselement ein zweites Lochmuster aufweisen, welche sich voneinander durch eine abweichende Lochgröße der Lochmuster unterscheiden. Alternativ oder zusätzlich kann sich das erste Lochmuster von dem zweiten Lochmuster durch eine davon abweichende Form der Durchströmöffnungen unterscheiden.

[0050] Derart kann eine effiziente und homogene Mischung dreier Gaskomponenten zu einem Mischgas erreicht werden. Hierbei können die sich aus der Bereitstellung von Volumenstromkonditionierungselement und Volumenstromführungselement in sowohl der ersten als auch der zweiten Rohrleitung ergebenden Vorteile genutzt werden. So wird es möglich, dass nach einer Mischung der ersten Gaskomponente mit der zweiten Gaskomponente das sich daraus ergebende Zwischenmischgas zur Mischung mit der dritten Gaskomponente mit einem gleichförmigen Strömungsgeschwindigkeitsprofil und mit nahezu dem initialen Versorgungsdruck der beiden Gaskomponenten bereitgestellt werden kann. Entsprechend kann - wie auch für die Mischung der ersten Gaskomponente mit der zweiten Gaskomponente - die Mischlänge für die Mischung des Zwischenmischgases mit der dritten Gaskomponente verringert werden.

[0051] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann das Gasmischsystem als eine Gasmischvorrichtung vorgesehen sein. Bevorzugt kann die Gasmischvorrichtung als eine integrale Einheit ausgebildet sein. Dabei können bevorzugt wenigstens das Volumenstromführungselement und das Volumenstromkonditionierungselement reversibel anbringbar vorgesehen sein.

[0052] Die Gasmischvorrichtung kann auch einen eigenen Aspekt der Erfindung bilden. Unter einer Gasmischvorrichtung kann beispielsweise eine speziell für das Mischen von Gaskomponenten hergestellte Apparatur oder Struktur verstanden werden.

[0053] Somit wird es möglich, das Gasmischsystem als eine integrale Einheit bereitzustellen und in Anlagen zu integrieren.

[0054] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Rohrleitung für ein erfindungsgemäßes Gasmischsystem. Diese Rohrleitung weist zur Anpassung eines sich über den Leitungsquerschnitt einstellenden Strömungsgeschwindigkeitsprofils des Volumenstroms ein Volumenstromführungselement mit einer in der Rohrleitung entlang der Längserstreckungsachse angeordneten Überströmungsfläche auf, um den Volumenstrom an der Überströmungsfläche entlang der Längserstreckungsachse zu führen. Zusätzlich oder alternativ ist ein Volumenstromkonditionierungselement vorgesehen mit einem Durchtrittsabschnitt, welcher sich radial bezüglich der Längserstreckungsachse in der Rohrleitung wenigstens teilweise zwischen dem Leitungsquerschnitt erstreckt, um eine Durchtrittsfläche des Leitungsquerschnitts für den Volumenstrom anzupassen. Dabei ist das Volumenstromkonditionierungselement zwischen dem Volumenstromführungselement und dem Einleitabschnitt eines Rohrleitungsmischabschnitt angeordnet, wobei der Einleitabschnitt zum Einleiten der Volumenströme von den zumindest zwei Rohrleitungen in die Mischzone ausgebildet ist. Eine solche Rohrleitung ist insbesondere ein gebogener Abschnitt und kann somit auch als Rohrbogen oder Rohrleitungsbogen bezeichnet werden.

[0055] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem. Das Brennstoffzellensystem weist ein Gasmischsystem in einer der vorgenannten Konfigurationen auf. Ferner weist das Brennstoffzellensystem einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und mit einem Kathodenabschnitt auf. Eine Vielzahl von Brennstoffzellen sind stapelförmig in dem Brenn-

stoffzellenstapel angeordnet. Der Kathodenabschnitt weist einen Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas und einen Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas auf. Der Anodenabschnitt weist einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodenzuführgas und einen Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas auf. Dabei sind der Anodenzuführabschnitt und/oder der Kathodenzuführabschnitt und der Ausleitabschnitt miteinander (fluidkommunizierend) verbunden, um den Anodenabschnitt und/oder den Kathodenzuführabschnitt mit dem Mischgas zu versorgen. Dies gilt in gleichem Maße auch für einen möglicherweise vorhanden Rezirkulationsabschnitt, welcher einer Rezirkulation von Anodenabgas und/oder Kathodenabgas dient. Bevorzugt kann das Brennstoffzellensystem sowohl zur Synthese als auch zur Elektrolyse verwendet werden. Ferner bevorzugt kann das Brennstoffzellensystem ein Elektrolyseurzellensystem mit einer Vielzahl von Festoxid-Elektrolyseurzellen sein, wobei die Festoxid-Elektrolyseurzellen stapelförmig als der Brennstoffzellenstapel angeordnet sein können. Beispielsweise kann das Elektrolyseurzellensystem zur Elektrolyse von Kohlendioxid eingerichtet sein.

[0056] Unter einem Brennstoffzellensystem im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere auch ein Elektrolyseur zu verstehen, wobei sich durch die Nutzung für die Elektrolyse entsprechend die elektrische Anode und Kathode umdrehen. Bei einem Einsatz zur Elektrolyse mündet der Auslassabschnitt daher insbesondere in einen Anodenzuführabschnitt und bei der Nutzung zur Stromerzeugung in einen Kathodenzuführabschnitt.

[0057] Durch die vorgenannten Konfigurationen des Brennstoffzellensystems können dieselben technischen Effekte und Vorteile erreicht werden, die bereits für das Gasmischsystem beschrieben wurden. Ferner kann beispielsweise auch die Effizienz des Brennstoffzellensystems verbessert werden, da ein Mischgas höherer Homogenität (Temperatur und Stoffzusammensetzung) und mit einem gleichförmigen Strömungsgeschwindigkeitsprofil bereitgestellt werden kann, durch den ein verbesserter Betrieb des Brennstoffzellensystems ermöglicht werden kann.

[0058] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Verwendung des zuvor beschriebenen Gasmischsystems zur Stoffhomogenisierung, zur Temperaturangleichung, und/oder zur Strömungsgeschwindigkeitsangleichung von Gaskomponenten eines Gasgemisches.

[0059] 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 werden.

[0060] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Gasmischsystems und Brennstoffzellensystems.

[0061] Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung des Gasmischsystems und Brennstoffzellensystems aus Figur 1.

[0062] Fig. 3 zeigt eine schematische Vorderansicht einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Volumenstromkonditionierungselements.

[0063] Fig. 4 zeigt eine schematische Vorderansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Volumenstromkonditionierungselements.

[0064] Fig. 5 zeigt eine schematische Vorderansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Volumenstromkonditionierungselements.

[0065] Die Figuren 1 und 2 zeigen beispielhaft das erfindungsgemäße Gasmischsystem 10 zur Herstellung eines Mischgases MG aus Gaskomponenten GK1, GK2, GK3.

[0066] Anhand der in diesen Figuren dargestellten beispielhaften Konfiguration kann jedoch auch eine Implementation einer Gasmischvorrichtung 50 oder eines Brennstoffzellensystems 100 mit dem erfindungsgemäßen Gasmischsystem 10 beschrieben werden.

[0067] Nachfolgend wird Figur 1 insbesondere dazu herangezogen, den Aufbau des Gasmischsystems 10 beispielhaft zu erläutern.

[0068] Das Gasmischsystem 10 aus Figur 1 weist drei Rohrleitungen 11, 12, 13 zur Leitung der

Volumenströme auf, wobei die genannte Anzahl als nicht einschränkend aufzufassen ist. Die Rohrleitungen 11, 12, 13 erstrecken sich jeweils mit ihrem Leitungsquerschnitt entlang einer Längserstreckungsachse LA. Wie in der Figur 1 dargestellt, kann der jeweilige Leitungsquerschnitt dabei wenigstens abschnittsweise einen entlang der Längserstreckungsachse LA variablen Querschnitt aufweisen. So verjüngt sich beispielsweise eine dritte Rohrleitung 13 mit zunehmenden Abstand von einem stromabwärtigen Ende der dritten Rohrleitung 13.

[0069] Die einzelnen Rohrleitungen 11, 12, 13 werden von jeweils einer der Gaskomponenten GK1, GK2, GK3 in einer Hauptströmungsrichtung als ein Volumenstrom durchströmt. So kann beispielsweise Erdgas und ein Brennstoffzellenrestgas als Volumenstrom durch die Rohrleitungen 11, 12, 13 geführt werden. Auch identische oder ähnliche Gase mit unterschiedlichen Temperaturen können geführt werden, um ein Angleichen der unterschiedlichen Temperaturen zur einer Mischtemperatur zu erreichen. Dies ist in Figur 1 exemplarisch durch Pfeile an den jeweiligen Rohrleitungseingängen angedeutet. Entsprechend verlässt auch das Mischgas MG das Gasmischsystem 10 als ein oder mehrere Volumenströme, wie in Figur 1 durch zwei abströmende Pfeile angedeutet ist.

[0070] Aus Figur 1 wird ferner deutlich, dass die jeweiligen Rohrleitungen 11, 12, 13 an unterschiedlichen Stellen in Rohrleitungsmischabschnitten 20, 21, 22 zum Mischen zusammengeführt werden. So sind eine erste Rohrleitung 11 und eine zweite Rohrleitung 12 über einen ersten Rohrleitungsmischabschnitt 21 verbunden, um dort die Volumenströme einer ersten Gaskomponente GK1 und einer zweiten Gaskomponente GK2 innerhalb eines geraden Abschnitts 27 miteinander zu mischen. Ferner wird die dritte Rohrleitung 13 mit der zweiten Rohrleitung 12 an einem zweiten Rohrleitungsmischabschnitt 22 verbunden, um dort die Volumenströme einer dritten Gaskomponente GK3 und der bereits miteinander vermischten ersten und zweiten Gaskomponente GK1, GK2 zu mischen. Die zweite Rohrleitung 12 weist dabei den ersten Rohrleitungsmischabschnitt 22 integral auf.

[0071] Die Rohrleitungsmischabschnitte 20, 21, 22 weisen jeweils einen Einleitabschnitt 23, an dem die Volumenströme eingeleitet werden, und einen Ausleitabschnitt 24, an dem das resultierende Mischgas MG aus dem Rohrleitungsmischabschnitt 20, 21, 22 ausgeleitet wird, auf. Hierzu können beispielsweise zwei Ausleitungsrohre 241, 242 vorgesehen sein, um das Mischgas MG als zwei Volumenströme auszuleiten. Dies ist jedoch nicht als einschränkend aufzufassen. Natürlich kann das Mischgas MG auch beliebig auf beliebig viele Zweige aufgeteilt werden.

[0072] In Figur 1 sind ferner sowohl für die erste Rohrleitung 11 als auch für die zweite Rohrleitung 12 Bauteile zur Anpassung eines sich über den Leitungsquerschnitt einstellenden Strömungsgeschwindigkeitsprofils des jeweiligen Volumenstroms dargestellt. So finden sich in den beiden vorgenannten Rohrleitungen 11, 12 jeweils ein Volumenstromführungselement 30 und ein Volumenstromkonditionierungselement 40.

[0073] Das Volumenstromführungselement 30 weist eine in der Rohrleitung 11, 12 jeweils entlang der Längserstreckungsachse LA angeordnete Überströmungsfläche 31 auf, mit der ein Volumenstrom entlang der Längserstreckungsachse LA geführt werden kann. Bevorzugt kann das Volumenstromführungselement 30 in Leitungsabschnitten 15 vorgesehen werden, welche aufgrund ihrer Geometrie als Störstellen für den gleichmäßigen und gleichförmigen Fluss des Volumenstroms angesehen werden können. So weisen die beiden Rohrleitungen 11, 12 jeweils eine Rohrkrümmung auf, welche sich an ihrer Krümmungsinnenseite 16 zu der Längserstreckungsachse LA hin, also zum Rohrinneren hin nach Innen krümmt (konkaver Abschnitt).

[0074] Mit dem Volumenstromkonditionierungselement 40, 41, 42 wird eine im Leitungsinneren für den Volumenstrom verfügbare Fläche zum Durchströmen (also eine Durchströmungsfläche) mittels eines Durchtrittsabschnitts 45 angepasst, welcher nachfolgend noch im Detail erläutert wird.

[0075] Nachfolgend wird zur Erläuterung der Funktionsweise des Gasmischsystems 10, des Brennstoffzellensystems 100 und der Gasmischvorrichtung 50 Bezug auf Figur 2 genommen.

[0076] In Figur 2 wird (wie auch in Figur 1) die erste Gaskomponente GK1 über eine Eintrittsöff-

nung an der ersten Rohrleitung 11 (fluidkommunizierend) getrennt von der zweiten Gaskomponente GK2 in das Gasmischsystem 10 eingeleitet. Beim Durchströmen der ersten Rohrleitung 11 bildet sich über den Rohrleitungsquerschnitt ein Strömungsgeschwindigkeitsprofil aus. In dem Rohrleitungsabschnitt 15, welcher eine Rohrkrümmung aufweist, wird das Strömungsgeschwindigkeitsprofil verzerrt, da der Volumenstrom aufgrund der Radialbewegung an der Krümmungsinnenseite 16 mit verminderter Geschwindigkeit zu der Rohrkrümmungsaußenseite strömt. Zur Reduzierung dieser Verzerrungseffekte ist in dem Rohrleitungsabschnitt 15 ein erstes Volumenstromführungselement 30 vorgesehen, das mit der Überströmungsfläche 31 den Rohrquerschnitt in (bevorzugt zwei) Abschnitte aufteilt, so dass auf jeder Seite der Überströmungsfläche 31 eine Radialbewegung mit geringeren Unterschieden im Strömungsradius auszuführen ist. Ferner kann durch die Überströmungsfläche 31 das Risiko eines Strömungsabrisses in der Rohrkrümmung verringert werden. Für das in der zweiten Rohrleitung 12 vorgesehene weitere Volumenstromführungselement 30 gilt das Vorgenannte entsprechend. Auch können derartige vorteilhafte Effekte in Rohrzusammenführungen erreicht werden, welche - wie in Figur 2 dargestellt - ebenfalls eine Ausgestaltung des Rohrleitungsabschnitts 15 sein können.

[0077] Verbleibende Asymmetrien im Strömungsgeschwindigkeitsprofil können (nach derartigen von den vorgenannten Rohrleitungsabschnitten 15 gebildeten Störstellen) in den Rohrleitungen 11, 12, 13 durch ein nachgeordnetes (stromabwärtiges) Volumenstromkonditionierungselement 40, 41, 42 verringert werden.

[0078] Das Volumenstromkonditionierungselement 40, 41, 42 ist hierzu bevorzugt mit dem Durchtrittsabschnitt 45 als Platte oder Scheibe ausgestaltet, wie in den Figuren 3 bis 5 beispielhaft gezeigt wird. Der Durchtrittsabschnitt 45 erstreckt sich bevorzugt vollständig über die durch den Rohrleitungsquerschnitt bereitgestellte verfügbare durchströmbare Fläche, also wenigstens über die Durchtrittsfläche DF. Ferner kann der Durchtrittsabschnitt 45 auch einen Befestigungsabschnitt 43 aufweisen, mittels dessen das Volumenstromkonditionierungselement 40, 41, 42 mit der Rohrleitung 11, 12, 13 entsprechend verbunden werden kann. Der Durchtrittsabschnitt 45 weist in einem bevorzugt mit der Durchtrittsfläche DF korrespondierenden (oder auch diesem zugeordneten) Abschnitt eine oder mehrere Durchströmöffnungen 46, 47 auf. Die Durchströmöffnungen 46, 47 können beispielsweise als ein Lochmuster angeordnet sein. Die Figuren 3 bis 5 zeigen Beispiele, in denen die Durchströmöffnungen 46, 47 mit identischer Lochgröße und Rechteckform miteinander fluchtend in zueinander versetzt angeordneten Spalten angeordnet sind. Entlang des Umfangs der Durchtrittsfläche DF können beispielsweise kleinere oder eine längliche Durchströmöffnung 47 mit größerer Lochgröße als die Lochgrößen der Durchströmöffnungen 46 des Lochmusters (Figur 4) vorgesehen sein. Durch derartige Ausgestaltungen kann das Volumenstromkonditionierungselement 40, 41, 42 wie ein Filter oder Sieb auf das Strömungsgeschwindigkeitsprofil einwirken, indem bestimmte Strömungskomponenten des Strömungsquerschnitts lokal wahlweise abgelenkt, blockiert (beispielsweise im Fall von überhöhten oder unerwünscht schräg oder quer laufenden Strömungsgeschwindigkeitsbestandteilen) oder verstärkt durchgelassen (beispielsweise zur Vermeidung von Druckverlusten) werden können.

[0079] Es ist dabei ein besonderer Vorteil des Volumenstromkonditionierungselements 40, 41, 42, dass die Anzahl, Größe, Form und Lage der Durchströmöffnungen 46, 47 beliebig an die jeweilige Anlage und Anwendung angepasst werden kann. So kann beispielsweise das Lochmuster mit einer Lochdichte bereitgestellt werden, die mit einem Krümmungsradius einer Rohrkrümmung invers korreliert ist. Dies ist in Figur 2 gezeigt, in der entsprechend den Krümmungsradien der Rohrkrümmung in der ersten und zweiten Rohrleitung 11, 12 das erste Volumenstromkonditionierungselement 41 eine Lochdichte aufweist, die kleiner ist als die des zweiten Volumenstromkonditionierungselements 42. Zusätzlich weist das erste Volumenstromkonditionierungselement 41 noch die längliche Durchströmöffnung 47 entlang des Umfangs der Durchtrittsfläche DF auf. Das zweite Volumenstromkonditionierungselement 42 kann mit der länglichen Durchströmöffnung 47 auf derselben (bezüglich der Längserstreckungsachse LA) Seite vorgesehen sein wie die Krümmungsinnenseite 16 der Rohrkrümmung der zweiten Rohrleitung 12.

[0080] In Figur 2 ist ferner dargestellt, dass sich Mischzonen 25 unmittelbar stromabwärts der Volumenstromkonditionierungselemente 41, 42 in den Rohrleitungsmischabschnitten 21, 22 aus-

bilden. Die von den Volumenstromkonditionierungselementen 41, 42 beruhigten Volumenströme können dabei besonders vorteilhaft mit weiteren Volumenströmen vermischt werden. Dies geschieht bevorzugt innerhalb des in den Rohrleitungsmischabschnitten 21, 22 vorgesehenen geraden Abschnitts 27. Figur 2 verdeutlicht einen Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung und Kombination von Volumenstromkonditionierungselement 40 und Volumenstromführungselement 30, indem zum Mischen Abschnitte der Rohrleitungen 11, 12, 13 (in den Figuren 1 und 2 insbesondere der zweiten und dritten Rohrleitung 12, 13), nämlich die Rohrleitungsmischabschnitte 20, 21, 22, vorgesehen werden können und somit keine speziellen Bauteile für den Mischvorgang bereitzustellen sind (wie beispielsweise statische Mischer oder speziell ausgestaltete Rohrverbinder).

[0081] Nach Durchlaufen des geraden Abschnitts 27 kann das resultierende Mischgas MG ausgeleitet werden. Hierbei ist es vorstellbar, das Mischgas MG auf die beiden Ausleitungsrohre 241, 242 aufzuteilen und so beispielsweise den Anoden zweier Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems 100 als Prozessgas (wie zum Beispiel Synthese oder auch Elektrolyse) zuzuleiten. Zusätzlich oder alternativ kann auch ein Einsatz bei Luftpfaden möglich sein, so dass insbesondere ein Vermischen von Luftströmen unterschiedliche Temperatur erfolgt. Bei einem solchen Einsatz ergibt sich durch die Vermischung ein Misch-Luftstrom mit einer im Wesentlichen einheitlichen Mischtemperatur.

[0082] Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

BEZUGSZEICHENLISTE

10	Gasmischsystem
11	(erste) Rohrleitung
12	(zweite) Rohrleitung
13	(dritte) Rohrleitung
15	Leitungsabschnitt
16	Krümmungsinnenseite
20	Rohrleitungsmischabschnitt
21	(erster) Rohrleitungsmischabschnitt
22	(zweiter) Rohrleitungsmischabschnitt
23	Einleitabschnitt
24	Ausleitabschnitt
241, 242	Ausleitungsrohr
25	Mischzone
27	gerader Abschnitt
30	Volumenstromführungselement
31	Überströmungsfläche
40	Volumenstromkonditionierungselement
41	(erstes) Volumenstromkonditionierungselement
42	(zweites) Volumenstromkonditionierungselement
43	Befestigungsabschnitt
45	Durchtrittsabschnitt
46	Durchströmöffnung
47	(längliche) Durchströmöffnung
50	Gasmischvorrichtung
100	Brennstoffzellensystem
LA	Längserstreckungsachse
DF	Durchtrittsfläche
MG	Mischgas
GK1, GK2, GK3	Gaskomponente

Patentansprüche

1. Gasmischsystem (10) zum Mischen von Gaskomponenten (GK1, GK2, GK3) eines Mischgases (MG), welche jeweils als ein Volumenstrom in einer Hauptströmungsrichtung strömen, aufweisend

   zumindest zwei Rohrleitungen (11, 12, 13) zur Leitung der Volumenströme, wobei die Rohrleitungen (11, 12, 13) sich jeweils mit einem Leitungsquerschnitt entlang einer Längserstreckungsachse (LA) erstrecken, und

   einen Rohrleitungsmischabschnitt (20, 21, 22) zum Mischen wenigstens zwei der Volumenströme in einer Mischzone (25), wobei der Rohrleitungsmischabschnitt (20, 21, 22) einen Einleitabschnitt (23) zum Einleiten der Volumenströme von den zumindest zwei Rohrleitungen (11, 12, 13) in die Mischzone (25) und einen Ausleitabschnitt (24) zum Ausleiten des Mischgases (MG) aus der Mischzone (25) aufweist,

   gekennzeichnet dadurch, dass

   wenigstens eine der zumindest zwei Rohrleitungen (11, 12, 13) zur Anpassung eines sich über den Leitungsquerschnitt einstellenden Strömungsgeschwindigkeitsprofils des Volumenstroms aufweist:

   ein Volumenstromführungselement (30) mit einer in der Rohrleitung (11, 12, 13) entlang der Längserstreckungsachse (LA) angeordneten Überströmungsfläche (31), um den Volumenstrom an der Überströmungsfläche (31) entlang der Längserstreckungsachse (LA) zu führen, und

   ein Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) mit einem Durchtrittsabschnitt (45), welcher sich radial bezüglich der Längserstreckungsachse (LA) in der Rohrleitung (11, 12, 13) wenigstens teilweise zwischen dem Leitungsquerschnitt erstreckt, um eine Durchtrittsfläche (DF) des Leitungsquerschnitts für den Volumenstrom anzupassen,

   wobei das Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) zwischen dem Volumenstromführungselement (30) und dem Einleitabschnitt (23) angeordnet ist.

2. Gasmischsystem (10) gemäß Anspruch 1, wobei wenigstens eine der Rohrleitungen (11, 12, 13) einen oder mehrere Leitungsabschnitte (15) mit einer Rohrkrümmung und/oder mit einer Rohrzusammenführung mit wenigstens einer weiteren Rohrleitung (11, 12, 13) aufweist, wobei einer, mehrere oder jeder der Leitungsabschnitte (15) eines von dem Volumenstromführungselement (30) aufweist.

3. Gasmischsystem (10) gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der Durchtrittsabschnitt (45) eine flächige Erstreckung aufweist und sich bevorzugt vollständig über den Querschnitt der Rohrleitung (11, 12, 13) erstreckt, und

   wobei der Durchtrittsabschnitt (45) wenigstens eine Durchströmöffnung (46, 47) aufweist, welche bevorzugt rechteckförmig oder rund ist, oder sich wenigstens teilweise entlang des Umfangs als eine längliche Durchströmöffnung (47) erstreckt.

4. Gasmischsystem (10) gemäß Anspruch 2 und Anspruch 3, wobei das Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) derart in der Rohrleitung (11, 12, 13) angeordnet ist, dass die längliche Durchströmöffnung (47) bezüglich der Längserstreckungsachse (LA) auf derselben Seite vorgesehen ist wie eine durch die Rohrkrümmung definierte Krümmungsinnenseite (16).

5. Gasmischsystem (10) gemäß Anspruch 3 oder Anspruch 4, wobei der Durchtrittsabschnitt (45) mehrere der Durchströmöffnungen (46, 47) aufweist, welche ein bevorzugt asymmetrisches oder symmetrisches Lochmuster bilden,

   wobei bevorzugt die Durchströmöffnungen (46, 47) des Lochmusters identische und/oder unterschiedliche Lochgrößen aufweisen, und/oder

   wobei bevorzugt das Lochmuster eine Lochdichte aufweist, die mit einem Krümmungsradius

einer Rohrkrümmung und/oder einer Erstreckungslänge einer Rohrzusammenführung bevorzugt invers korreliert ist, und/oder

wobei die Durchströmöffnungen (46, 47) des Lochmusters miteinander fluchtend in Spalten angeordnet sind, wobei bevorzugt die Spalten miteinander fluchtend und/oder zueinander versetzt angeordnet sind.

6. Gasmischsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) mit dem Durchtrittsabschnitt (45) senkrecht zu der Längserstreckungsachse (LA) oder unter einem Winkel zu der Längserstreckungsachse (LA) in der Rohrleitung (11, 12, 13) angeordnet ist.

7. Gasmischsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Volumenstromführungselement (30) sich mit der Überströmungsfläche (31) entlang der Längserstreckungsachse (LA) flächig erstreckt und bevorzugt als Platte ausgebildet ist, wobei ferner bevorzugt die Überströmungsfläche (31) eine definierte Oberflächenkontur aufweist, und/oder

wobei das Volumenstromführungselement (30) in der Rohrleitung (11, 12, 13) zu der Längserstreckungsachse (LA) versetzt oder auf der Längserstreckungsachse (LA) angeordnet ist.

8. Gasmischsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Volumenstromführungselement (30) und das Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) zueinander beabstandet vorgesehen sind, bevorzugt einen Abstand zueinander im Bereich von höchstens dem 2- bis 3-fachen des Rohrdurchmessers aufweisen.

9. Gasmischsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Rohrleitungsmischabschnitt (20, 21, 22) einen geraden Abschnitt (27) zur Durchmischung der zu mischenden Volumenströme aufweist, wobei der gerade Abschnitt (27) eine Länge im Bereich von höchstens dem 2- bis 3fachen des Rohrdurchmessers aufweist.

10. Gasmischsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend drei Rohrleitungen (11, 12, 13),

wobei eine erste Rohrleitung (11) mit einer zweiten Rohrleitung (12) über einen ersten Rohrleitungsmischabschnitt (21) verbunden ist,

wobei eine dritte Rohrleitung (13) mit der zweiten Rohrleitung (12) über einen zweiten Rohrleitungsmischabschnitt (22) verbunden ist,

wobei die dritte Rohrleitung (13) mit der ersten Rohrleitung (11) über den ersten Rohrleitungsmischabschnitt (21) fluidkommunizierend verbunden ist, und

wobei der erste Rohrleitungsmischabschnitt (21) sich zwischen einem ersten Volumenstromkonditionierungselement (41) der ersten Rohrleitung (11) und einem zweiten Volumenstromkonditionierungselement (42) der zweiten Rohrleitung (12) erstreckt.

11. Gasmischsystem (10) gemäß Anspruch 5 und Anspruch 10, wobei das erste Volumenstromkonditionierungselement (41) ein erstes Lochmuster aufweist und das zweite Volumenstromkonditionierungselement (42) ein zweites Lochmuster aufweist,

wobei sich das erste Lochmuster von dem zweiten Lochmuster durch eine davon abweichende Lochgröße unterscheidet, und/oder wobei sich das erste Lochmuster von dem zweiten Lochmuster durch eine davon abweichende Form der Durchströmöffnungen (46, 47) unterscheidet.

12. Gasmischsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ausleitabschnitt (24) des Rohrleitungsmischabschnitts (20, 21, 22) eine Rohrverzweigung aufweist, um das Mischgas (MG) über ein oder mehrere Ausleitungsrohre (241, 242) bevorzugt in gleich große Volumenströme aufzuspalten und auszuleiten.

13. Gasmischsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rohrleitungen (11, 12, 13) wenigstens teilweise einen konstanten und/oder einen entlang der Längserstreckungsachse (LA) variablen Querschnitt aufweisen, und/oder

    wobei eine der Rohrleitungen (11, 12, 13) den Rohrleitungsmischabschnitt (20, 21, 22) aufweist.

14. Gasmischsystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Gasmischsystem (10) als Gasmischvorrichtung (50) vorgesehen ist, welche als eine integrale Einheit ausgebildet ist, wobei bevorzugt das Volumenstromführungselement (30) und das Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) reversibel anbringbar vorgesehen sind.

15. Rohrleitung (11, 12, 13) für ein Gasmischsystem (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese Rohrleitung (11, 12, 13) zur Anpassung eines sich über den Leitungsquerschnitt einstellenden Strömungsgeschwindigkeitsprofils des Volumenstroms aufweist:

    ein Volumenstromführungselement (30) mit einer in der Rohrleitung (11, 12, 13) entlang der Längserstreckungsachse (LA) angeordneten Überströmungsfläche (31), um den Volumenstrom an der Überströmungsfläche (31) entlang der Längserstreckungsachse (LA) zu führen, und/oder

    ein Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) mit einem Durchtrittsabschnitt (45), welcher sich radial bezüglich der Längserstreckungsachse (LA) in der Rohrleitung (11, 12, 13) wenigstens teilweise zwischen dem Leitungsquerschnitt erstreckt, um eine Durchtrittsfläche (DF) des Leitungsquerschnitts für den Volumenstrom anzupassen,

    wobei das Volumenstromkonditionierungselement (40, 41, 42) zwischen dem Volumenstromführungselement (30) und dem Einleitabschnitt (23) eines Rohrleitungsmischabschnitt (20, 21, 22) angeordnet ist, wobei der Einleitabschnitt (23) zum Einleiten der Volumenströme von den zumindest zwei Rohrleitungen (11, 12, 13) in die Mischzone (25) ausgebildet ist.

16. Brennstoffzellensystem (100) aufweisend:

    ein Gasmischsystem (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14,

    einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und mit einem Kathodenabschnitt,

    wobei eine Vielzahl von Brennstoffzellen stapelförmig in dem Brennstoffzellenstapel angeordnet sind, wobei der Anodenabschnitt einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodenzuführgas und einen Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas aufweist, und

    wobei der Kathodenabschnitt einen Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas und einen Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas aufweist,

    wobei der Ausleitabschnitt (24) mit dem Anodenzuführabschnitt und/oder dem Kathodenzuführabschnitt verbunden ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

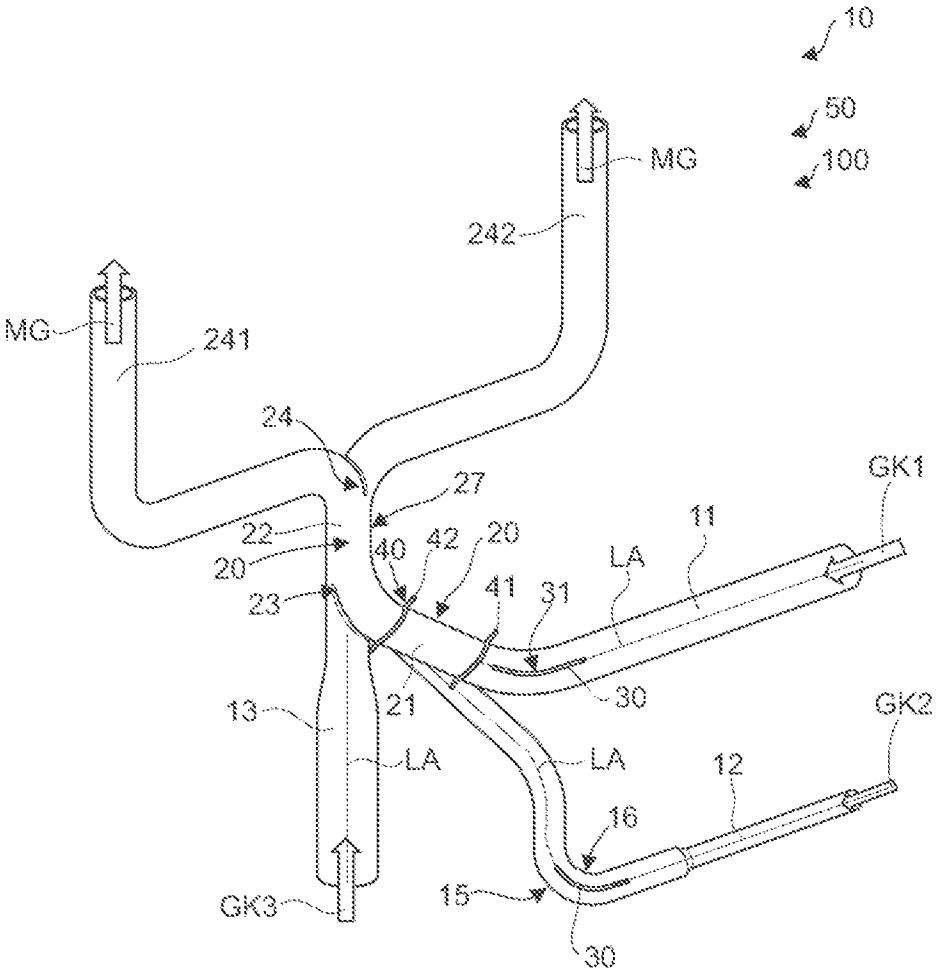

10
50
100
MG
242
MG
241
24
27
22
20
40
42
20
41
31
LA
11
GK1
23
13
21
30
LA
LA
12
GK2
16
GK3
15
30

Fig. 1

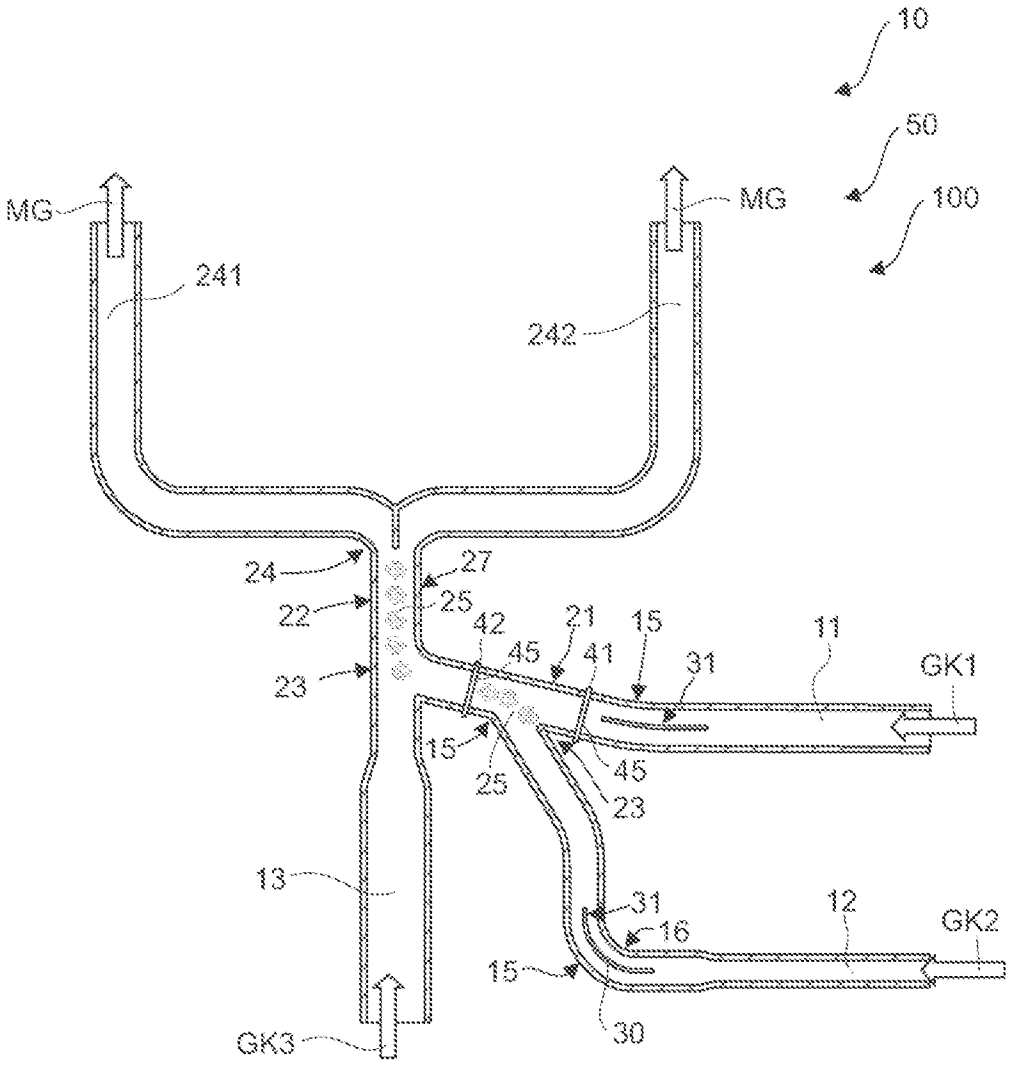

10
50
100
MG
MG
241
242
24
22
23
27
25
42
45
21
41
15
31
11
GK1
15
25
45
23
13
31
16
12
GK2
15
30
GK3

Fig. 2

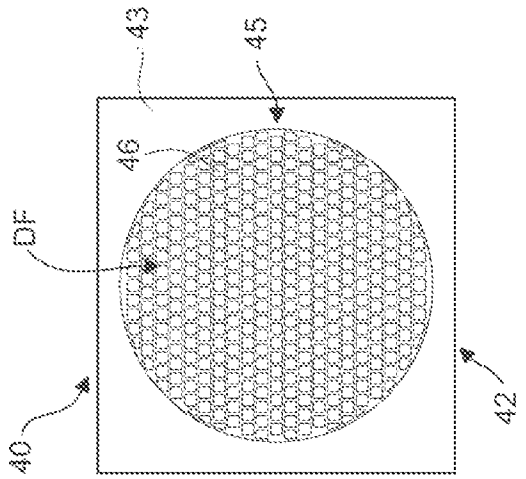


Fig. 5

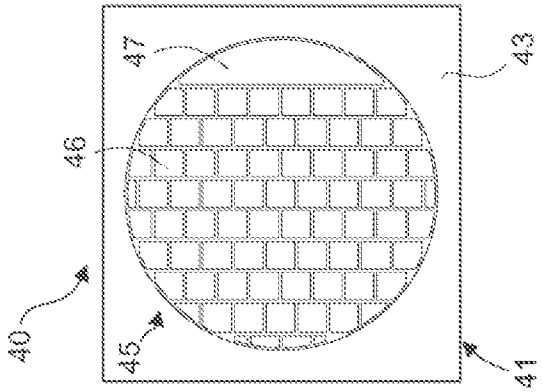


Fig. 4

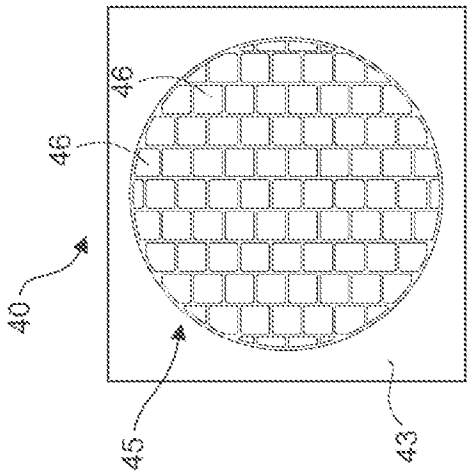


Fig. 3