

(12)

Patentschrift

(21)

Anmeldenummer:

A 50311/2017

(22)

Anmeldetag:

13.04.2017

(45)

Veröffentlicht am:

15.11.2020

(51)

Int. Cl.:

H01M 8/0612

H01M 8/04225

H01M 8/124

(2016.01)

(2016.01)

(2016.01)

(56)

Entgegenhaltungen:

EP 1754270 B1

WO 2013117948 A1

US 2004062956 A1

(73)

Patentinhaber:

AVL List GmbH

8020 Graz (AT)

(72)

Erfinder:

Lawlor Vincent Dr.

8510 Stainz (AT)

Reissig Michael Dipl.Ing. (FH)

9020 Klagenfurt (AT)

Mathé Jörg Dipl.Ing.

8020 Graz (AT)

Makinson Julian, B. Eng.

8044 Graz (AT)

Reiter Bernd BSc

8010 Kainbach bei Graz (AT)

Krauss Thomas Dipl.Ing.

8010 Graz (AT)

(74)

Vertreter:

Kopetz Heinrich Dipl.Ing.

8020 Graz (AT)

(54) Brennstoffzellensystem mit ringförmigem Reformer

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), einen Reformer (4) zum Zuführen von reformiertem Anodengas zum Anodenabschnitt (2), und einen Abgasbrenner (5) zum Verbrennen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt (2) und/oder Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt (3), wobei der Reformer (4) zumindest abschnittsweise ringförmig um den Abgasbrenner (5) herum angeordnet ist, wobei ein Innenwandabschnitt des Reformers (4) vollumfänglich oder zumindest im Wesentlichen vollumfänglich um einen Außenwandabschnitt des Abgasbrenners (5) herum angeordnet ist, wobei stromaufwärts des Abgasbrenners (5) ein Startbrenner (8) zum Erhitzen von Kathodenabgas und/oder Anodenabgas, das in Richtung des Abgasbrenners (5) strömt, angeordnet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum

Betreiben eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c) sowie ein Kraftfahrzeug (1000) mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c).

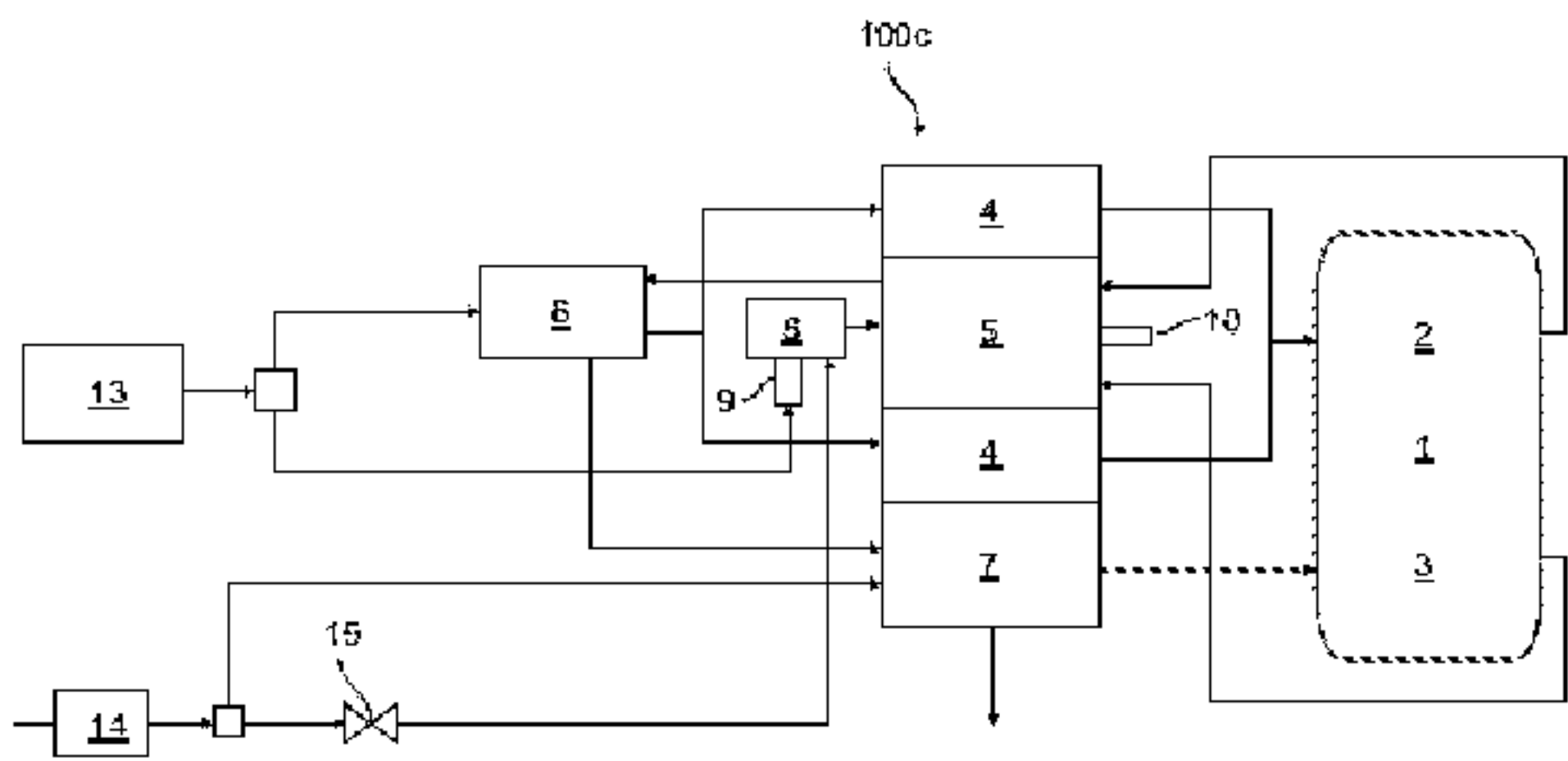


Fig. 4

Beschreibung

BRENNSTOFFZELLENSYSTEM MIT RINGFÖRMIGEM REFORMER

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein SOFC-System, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, einen Reformer zum Zuführen von reformiertem Anodengas zum Anodenabschnitt, und einen Abgasbrenner zum Verbrennen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt und/oder Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben eines SOFC-Systems sowie ein Kraftfahrzeug mit einem solchen SOFC-System.

[0002] Aus der AT 513 932 A1 geht eine Katalysatoreinheit für ein Hochtemperatur-Brennstoffzellensystem bzw. ein SOFC-System mit einem Reformerkatalysator eines Reformers zur Aufbereitung eines Kraftstoffs für eine Brennstoffzelle und einem Oxidationskatalysator eines Abgasbrenners für die Abgasnachbehandlung der Brennstoffzelle hervor. Gemäß AT 513 932 A1 ist der Oxidationskatalysator ringförmig um den zylindrisch ausgeführten Reformerkatalysator angeordnet. Die Gaspfade des Oxidationskatalysators und des Reformerkatalysators sind durch ein den Reformerkatalysator aufnehmendes Metallrohr getrennt, wobei das Metallrohr eine Hülse aufweist, die ein Gehäuse für den Reformerkatalysator bildet, sowie ein Innenrohr, das die Innenwand des ringförmigen Oxidationskatalysators bildet. Durch eine solche Anordnung kann auf kompakte Weise ein effektiver Wärmetransport zwischen dem Reformerkatalysator und dem Oxidationskatalysator bzw. zwischen dem Reformer und dem Abgasbrenner realisiert werden. Für ein zusätzliches Erhitzen des Oxidationskatalysators ist in dem Brennstoffzellensystem ein Startbrenner angeordnet, der den Oxidationskatalysator insbesondere bei einem Startbetrieb des Brennstoffzellensystems zusätzlich erhitzen oder vorheizen kann. Dabei ist es, insbesondere für mobile Zwecke, wünschenswert, die Bauteilanzahl und somit die Größe und das Gewicht eines Brennstoffzellensystems möglichst klein bzw. gering zu halten.

[0003] Aus der WO 2013/187154 A1 geht ein Brennstoffzellenmodul mit einem Abgasbrenner und einem Reformer hervor. Der Reformer weist mehrere Reformerleitungen auf, die parallel zu einer Längsrichtung des Abgasbrenners von diesem beabstandet verlaufen. Das Brennstoffzellenmodul weist ferner einen Verdampfer sowie einen Wärmetauscher auf, die über ein Leitungssystem miteinander in Fluid- und/oder Wärmeverbindung stehen. Der Abgasbrenner, der Reformer, der Verdampfer und der Wärmetauscher erfordern ein relativ komplexes Leitungssystem und einen entsprechend komplizierten Aufbau des Brennstoffzellenmoduls.

[0004] Die EP 1754270 B1 und die WO 2013117945 A1 offenbaren jeweils ein Brennstoffzellensystem mit einem Abgasbrenner und einem ringförmig um diesen herum angeordneten Reformer.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Brennstoffzellensystem, ein Verfahren zum Betreiben des Brennstoffzellensystems sowie ein Kraftfahrzeug mit dem Brennstoffzellensystem zu schaffen, bei welchen auf kompakte und einfache Weise ein effektiver Wärmetransport zwischen Abgasbrenner, Reformer, Wärmetauscher und/oder Verdampfer realisiert werden kann, wodurch das Brennstoffzellensystem insbesondere bei einem Startvorgang auf schnelle und effiziente Weise auf Betriebstemperatur gebracht werden kann.

[0006] Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 1, das Verfahren gemäß Anspruch 7 sowie das Kraftfahrzeug gemäß Anspruch 9 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem Brennstoffzellensystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, dem erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

[0007] Gemäß eines ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem mit einem Brennstoffzellenstapel zur Verfügung gestellt, der einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt aufweist. Das Brennstoffzellensystem weist ferner einen Reformer zum Zuführen von reformiertem Anodengas zum Anodenabschnitt und einen Abgasbrenner zum Verbrennen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt und/oder Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt auf. Der Reformer ist zumindest abschnittsweise ringförmig um den Abgasbrenner herum angeordnet, wobei ein Innenwandabschnitt des Reformers vollumfänglich oder zumindest im Wesentlichen vollumfänglich um einen Außenwandabschnitt des Abgasbrenners herum angeordnet ist.

[0008] Bei Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich überraschend herausgestellt, dass die vorstehend beschriebene direkte Anordnung des Reformers um den Abgasbrenner herum zu einer vorteilhaften Heizanordnung im Brennstoffzellensystem führt. Insbesondere für einen Startvorgang des Brennstoffzellensystems kann zwischen dem Abgasbrenner und dem direkt ringförmig um diesen herum angeordneten Reformer ein effektiver Wärmetransport vom Abgasbrenner in den Reformer realisiert werden. Der Reformer grenzt dabei bevorzugt zumindest abschnittsweise, besonders bevorzugt vollumfänglich direkt an den Abgasbrenner an. D.h., der Abgasbrenner und der Reformer sind lediglich durch einen Trennwandabschnitt des Reformers und/oder des Abgasbrenners voneinander getrennt.

[0009] Erfindungsgemäß ist weiter vorgesehen, dass bei einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung stromaufwärts des Abgasbrenners ein Startbrenner zum Erhitzen von Kathodenabgas und/oder Anodenabgas, das in Richtung des Abgasbrenners strömt, angeordnet ist. Unter Verwendung des Startbrenners kann der Abgasbrenner bzw. Abgas im Abgasbrenner bei einem Startvorgang besonders schnell erhitzt werden. Entsprechend schnell und effizient lässt sich ein Startvorgang des Brennstoffzellensystems durchführen. Bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem lässt sich der Startbrenner besonders leicht am zylinderförmigen Abgasbrenner positionieren. Es ist auch denkbar, den Startbrenner in den Abgasbrenner zu integrieren, welcher innerhalb des Reformerrings platziert ist.

[0010] Der Abgasbrenner ist vorzugsweise zylinderförmig ausgestaltet. Der Reformer ist vorzugsweise hohlzylinderförmig ausgestaltet und zumindest abschnittsweise passgenau ringförmig um den Abgasbrenner herum angeordnet. D.h., der zylinderförmige Abgasbrenner weist einen Außenumfangsabschnitt auf, der korrespondierend zu einem Innenumfangsabschnitt des hohlzylinderförmigen Reformers ausgestaltet ist, wobei dieser Außenumfangsabschnitt des Abgasbrenners am korrespondierend ausgestalteten Innenumfangsabschnitt des Reformers angeordnet ist. Dadurch kann nicht nur eine kompakte Bauform der Abgasbrenner-Reformer-Einheit erzielt werden. Außerdem kann dadurch auch ein effektiver Wärmetransport zwischen dem Reformer und dem Abgasbrenner ermöglicht werden. Der Abgasbrenner ist bevorzugt zumindest abschnittsweise in Form eines geraden Kreiszylinders oder im Wesentlichen in Form eines geraden Kreiszylinders ausgestaltet. Der Reformer weist bevorzugt einen Hohlzylinder mit einem entsprechenden Aufnahmeabschnitt zum Aufnehmen des Abgasbrenners darin auf. Gleichwohl sind der Reformer und der Abgasbrenner nicht auf die Form eines geraden Kreiszylinders bzw. einen dazu korrespondierenden Hohlzylinder beschränkt.

[0011] Darunter, dass der Reformer zumindest abschnittsweise ringförmig um den Abgasbrenner herum angeordnet ist, ist insbesondere zu verstehen, dass der Reformer nicht über die ganze Länge des Abgasbrenners um diesen herum und zumindest abschnittsweise in Axialrichtung des Abgasbrenners um den gesamten Umfang des Abgasbrenners herum, angeordnet ist.

[0012] Das Brennstoffzellensystem ist vorzugsweise in Form eines SOFC-Systems mit einer Brennstoffquelle und einer Sauerstoffquelle ausgestaltet. Die Brennstoffquelle ist zum Bereitstellen von Brennstoff für den Anodenabschnitt angeordnet. Die Sauerstoffquelle ist zum Bereitstellen von Sauerstoff für den Kathodenabschnitt angeordnet.

[0013] Der Brennstoffzellenstapel kann mehrere Stapeleinheiten aufweisen. D.h., die vorliegende Erfindung ist nicht auf ein Brennstoffzellensystem mit einem einzigen Brennstoffzellenstapel beschränkt. Vielmehr kann das Brennstoffzellensystem eine Mehrzahl von Brennstoffzellen-

stapel aufweisen.

[0014] Der Abgasbrenner kann an einer Außenumfangsfläche des Abgasbrenners Wärmeleitelemente aufweisen, die von der Außenumfangsfläche des Abgasbrenners vorsprungartig in den Reformer bzw. in einen Fluidleitabschnitt des Reformers ragen. Dadurch kann ein Wärmetransport zwischen dem Reformer und dem Abgasbrenner verbessert werden. Die Wärmeleitelemente können in Form von Finnen und/oder Rippen ausgestaltet sein. Durch Rippen und/oder Finnen an der Außenumfangsfläche des Abgasbrenners kann der Wärmetransport zwischen dem Reformer und dem Abgasbrenner auf einfache und kostengünstige Weise verbessert werden. Alternativ oder zusätzlich zu den Rippen und/oder den Finnen kann am Abgasbrenner eine helixförmige Rippe angeordnet sein, die den Abgasbrenner an der Außenumfangsfläche des Abgasbrenners in Axialrichtung des Abgasbrenners vollumfänglich umläuft. Dadurch kann der Weg, den Anodengas am heißen Abgasbrenner zurücklegt, verlängert und ein entsprechend effektiver Wärmetransport zwischen dem Abgasbrenner und dem Reformer realisiert werden.

[0015] Gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem stromabwärts des Abgasbrenners und stromaufwärts des Reformers ein Verdampfer zum Verdampfen von Anodengas angeordnet ist und stromabwärts des Verdampfers ein Wärmetauscher angeordnet ist, wobei der Wärmetauscher, zum Erhitzen des Reformers bzw. von Anodengas im Reformer, am Reformer oder in der Nähe des Reformers angeordnet ist. Der Verdampfer ist vorzugsweise direkt hinter bzw. nach dem Abgasbrenner angeordnet. Durch die Anordnung des Verdampfers direkt stromabwärts des Abgasbrenners kann das Anodengas, das über den Verdampfer in Richtung des Reformers strömt, effektiv erhitzt bzw. überhitzt werden. Dadurch, dass das Abgas aus dem Abgasbrenner über den Verdampfer zum Wärmetauscher, der am Reformer angeordnet ist, geleitet wird, kann das Anodengas durch das Abgas aus dem Abgasbrenner auch dort erhitzt bzw. überhitzt werden, bevor das Abgas in die Umgebung des Brennstoffzellensystems heraus geleitet wird. Zum Erhitzen des Anodengases durch das Abgas des Abgasbrenners steht ein erster Fluidleitungsabschnitt des Verdampfers, durch welchen das Abgas aus dem Abgasbrenner strömt, mit einem zweiten Fluidleitungsabschnitt des Verdampfers, durch welchen das Anodengas strömt, in thermischer Verbindung.

[0016] Unter Anodengas ist insbesondere ein flüssiger oder gasförmiger Kohlenwasserstoff zu verstehen, der dem Reformer von einer Brennstoffquelle über den Verdampfer zugeführt wird, um vom Reformer weiter zum Anodenabschnitt gefördert zu werden. Der Brennstoff kann z. B. Wasserstoff, Ethanol, Methan, oder Diesel aufweisen. Darüber hinaus wird unter Abgas im Rahmen der vorliegenden Offenbarung Anoden- und/oder Kathodenabgas verstanden, welche im Abgasbrenner verbrannt werden, wodurch Wärme generiert wird, die anschließend im Verdampfer als Wärmequelle bereit steht. Nach dem Verdampfer wird das Abgas über einen Wärmetauscher geführt, der dem (verbrannten) Abgas ebenfalls Wärme entzieht, und an die Umgebung abgegeben. Das Anodenabgas enthält nach dem Brennstoffzellenstapel noch nicht umgesetzten Brennstoff und andere Bestandteile, die im Abgasbrenner umgesetzt werden.

[0017] Weiterhin kann es bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem von Vorteil sein, wenn der Startbrenner einen Startbrenner-Injektor zum Einspritzen von Brennstoff in den Startbrenner aufweist. Dadurch lässt sich ein Brennstoff-Luft-Gemisch im Startbrenner schnell und einfach auf ein gewünschtes stöchiometrisches Mischungsverhältnis einstellen. So kann während eines Startvorgangs des Brennstoffzellensystems ein erstes, beispielsweise unterstöchiometrisches Mischungsverhältnis, eingestellt werden und anschließend auf einfache und schnelle Weise ein zweites, beispielsweise stöchiometrisches oder überstöchiometrisches Mischungsverhältnis, eingestellt werden. Mit Hilfe des Startbrenner-Injektors kann auf einfache Weise ein schneller und effizienter Startvorgang des Brennstoffzellensystems begünstigt werden. Unter Brennstoff ist vorliegend vorzugsweise ein wasserstoff- oder kohlenwasserstoffhaltiges Fluid zu verstehen.

[0018] Darüber hinaus ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung der Abgasbrenner für die Verbrennung des Anodenabgases und/oder des Kathodenabgases einen Abgasbrenner-Katalysator, insbesondere einen zylinderförmigen Oxidati-

onskatalysator, aufweist. Unter Verwendung des Abgasbrenner-Katalysators kann der Abgasbrenner grundsätzlich autark oder im Wesentlichen autark funktionieren. Demnach könnte auf Hilfsmittel wie Zuführleitungen zum Abgasbrenner für die Verbrennung des Abgases verzichtet werden. Dadurch kann der Abgasbrenner besonders platzsparend bereitgestellt werden. Weiterhin lässt sich dadurch der Komplexitätsgrad des Brennstoffzellensystems niedrig halten. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat es sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn der Abgasbrenner neben dem Abgasbrenner-Katalysator noch ein elektrisches Heizmittel zum zusätzlichen Erhitzen des Anodenabgases und/oder des Kathodenabgases aufweist. Durch das elektrische Heizmittel kann der Abgasbrenner zunächst auf eine vordefinierte Betriebstemperatur gebracht werden, um anschließend mit entsprechender Effizienz funktionieren zu können. Bei einer bevorzugten Ausgestaltungsvariante kann der Abgasbrenner-Katalysator als Beschichtung des elektrischen Heizmittels ausgestaltet sein. Dadurch kann der Abgasbrenner besonders platzsparend zu Verfügung gestellt werden.

[0019] Bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem kann es weiterhin von Vorteil sein, wenn der Reformer für die Reformierung des Anodengases einen Reformer-Katalysator, insbesondere einen ringförmigen Oxidationskatalysator, der zumindest abschnittsweise um den Abgasbrennerabschnitt und/oder den Abgasbrenner-Katalysator herum angeordnet ist, aufweist. Hinsichtlich der Vorteile des Reformer-Katalysators gilt das vorstehend zum Abgasbrenner-Katalysator geschriebene in analoger Weise. Bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem ist es von besonderem Vorteil, wenn der ringförmige Reformer-Katalysator, der im entsprechend ausgestalteten Reformer angeordnet ist, ringförmig um den zylinderförmigen Abgasbrenner-Katalysator, der im entsprechend ausgestalteten Abgasbrenner angeordnet ist, positioniert ist, d.h., wenn der Reformer-Katalysator zumindest abschnittsweise coaxial zum Abgasbrenner-Katalysator angeordnet ist. Bei einer solchen Anordnung kann ein besonders wirksamer Wärmetransport zwischen den entsprechenden Abschnitten des Abgasbrenners und des Reformers realisiert werden.

[0020] Bei einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem der Abgasbrenner für die Verbrennung des Anodenabgases und/oder des Kathodenabgases einen Abgasbrenner-Injektor zum Einspritzen von Brennstoff in den Abgasbrenner aufweist. Mittels des Abgasbrenner-Injektors lässt sich ein Brennstoff-Luft-Gemisch im Abgasbrenner schnell und einfach auf ein gewünschtes stöchiometrisches Mischungsverhältnis einstellen. Insbesondere ist es möglich, dosiert Brennstoff in den Abgasbrenner einzuspritzen, um eine Verbrennungstemperatur im Abgasbrenner beispielsweise während eines Startvorgangs des Brennstoffzellensystems temporär zu erhöhen. Bei einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung ist es hierbei auf besonders einfache Weise möglich, den Abgasbrenner-Injektor am zylinderförmigen Abgasbrenner zu positionieren.

[0021] Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Betreiben eines wie vorstehend im Detail beschriebenen Brennstoffzellensystems zur Verfügung gestellt. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem beschrieben worden sind. Im Rahmen des Verfahrens wird im Startbrenner in einem vordefinierten Zeitfenster während eines Startbetriebs des Brennstoffzellensystems ein unterstöchiometrisches Brennstoff-Luft-Gemisch verbrannt. Dadurch kann der Abgasbrenner effizient erhitzt werden.

[0022] Außerdem ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Verfahren im Reformer in einem vordefinierten Zeitfenster während eines Startbetriebs des Brennstoffzellensystems im Rahmen einer katalytischen partiellen Oxidation ein unterstöchiometrisches Brennstoff-Luft-Gemisch verbrannt wird. Dadurch wird dem Reformer zusätzlich Hitze zugeführt, wodurch der Reformer insbesondere während des Startvorgangs des Brennstoffzellensystems besonders effektiv erhitzt werden kann. Zudem kann die Anode durch den CPOX-Betrieb bzw. durch die katalytische partielle Oxidation im Reformer vor Oxidation durch Luft bzw. Sauerstoff geschützt werden.

[0023] Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Kraftfahrzeug mit einem wie vorstehend im Detail beschriebenen Brennstoffzellensystem zur Energieversorgung we-

nigstens einer Antriebseinheit des Kraftfahrzeugs zur Verfügung gestellt. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug die gleichen Vorteile mit sich, wie sie vorstehend ausführlich beschrieben worden sind.

[0024] Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind.

[0025] Es zeigen jeweils schematisch:

[0026] Figur 1 ein Brennstoffzellensystem gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0027] Figur 2 eine Abgasbrenner-Reformer-Einheit mit einem integrierten Verdampfer in einem Brennstoffzellensystem gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0028] Figur 3 ein Brennstoffzellensystem gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0029] Figur 4 ein Brennstoffzellensystem gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und

[0030] Figur 5 ein Kraftfahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0031] Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 5 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0032] In Fig. 1 ist schematisch ein Brennstoffzellensystem 100a gemäß einer ersten Ausführungsform dargestellt. Das Brennstoffzellensystem 100a ist in Form eines SOFC-Systems ausgestaltet und weist eine Brennstoffquelle 13 in Form eines Brennstofftanks sowie eine Sauerstoffquelle 14 in Form eines Gebläses auf.

[0033] Das Brennstoffzellensystem 100a weist ferner einen Brennstoffzellenstapel 1 mit einem Anodenabschnitt 2 und einem Kathodenabschnitt 3, einen Reformer 4 zum Zuführen von reformiertem Anodengas zum Anodenabschnitt 2, und einen Abgasbrenner 5 zum Verbrennen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt 2 und von Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt 3 auf. Der Reformer 4 ist ringförmig um den Abgasbrenner 5 herum angeordnet, wobei ein Innenwandabschnitt des Reformers 4 vollumfänglich oder zumindest im Wesentlichen vollumfänglich um einen Außenwandabschnitt des Abgasbrenners 5 herum angeordnet ist (wird mit Bezug auf Fig. 2 näher erläutert).

[0034] Wie in Fig. 1 dargestellt, ist stromabwärts des Abgasbrenners 5 und stromaufwärts des Reformers 4 ein Verdampfer 6 zum Verdampfen von Anodengas angeordnet. Stromabwärts des Verdampfers 6 ist ein Wärmetauscher 7 angeordnet, wobei der Wärmetauscher 7 zum Erhitzen des Reformers 4 bzw. von Anodengas im Reformer 4, am Reformer 4 angeordnet ist. Gemäß der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform kann somit Abgas aus dem Abgasbrenner 5 direkt über den Verdampfer 6 zum Wärmetauscher 7, und von dort in die Umgebung des Brennstoffzellensystems 100a gefördert werden.

[0035] Brennstoff bzw. Anodengas kann von der Brennstoffquelle 13 über den Verdampfer 6 zum ringförmigen Reformer 4 und von dort als reformiertes Anodengas zum Anodenabschnitt 2 gefördert werden. Luft bzw. ein sauerstoffhaltiges Fluid kann von der Sauerstoffquelle 14 über den Wärmetauscher 7 zum Kathodenabschnitt 3 gefördert werden.

[0036] In Fig. 2 sind der Reformer 4, der Abgasbrenner 5 sowie der Verdampfer 6 gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsvariante schematisch dargestellt. Wie in Fig. 2 zu erkennen, ist der Verdampfer 6 direkt stromabwärts des Abgasbrenners 5 angeordnet. Ferner kann Fig. 2 entnommen werden, dass der Reformer 4 einen ringförmigen Reformer-Katalysator 12 aufweist, der korrespondierend zu einem Durchgangsvolumen des Reformers 4 in diesem angeordnet ist. Außerdem ist dargestellt, dass der Abgasbrenner 5 zum Verbrennen des Anodenabgases und des Ka-

thodenabgases einen zylinderförmigen Abgasbrenner-Katalysator 11 in Form eines Oxidationskatalysators aufweist, der korrespondierend zu einem Durchgangsvolumen des Abgasbrenners 5 in diesem angeordnet ist. Der Abgasbrenner-Katalysator 11 und der Reformer-Katalysator 12 sind lediglich durch eine Trennwand des Reformers 4 bzw. des Abgasbrenners 5 voneinander getrennt. Der Reformer-Katalysator 12 ist über seine gesamte Länge um den Abgasbrenner-Katalysator 11 herum angeordnet. Dadurch kann ein besonders guter Wärmetransport vom Abgasbrenner 5 bzw. vom Abgasbrenner-Katalysator 11 auf den Reformer 4 bzw. den Reformer-Katalysator 12 realisiert werden.

[0037] Mit Bezug auf Fig. 3 wird anschließend ein Brennstoffzellensystem 100b gemäß einer zweiten Ausführungsform beschrieben. Das Brennstoffzellensystem 100b gemäß der zweiten Ausführungsform entspricht im Wesentlichen dem Brennstoffzellensystem 100a gemäß der ersten Ausführungsform. Zur Vermeidung einer redundanten Beschreibung werden anschließend nur die Unterscheidungsmerkmale gemäß der zweiten Ausführungsform beschrieben.

[0038] In dem in Fig. 3 dargestellten Brennstoffzellensystem 100b weist der Abgasbrenner 5 für die Verbrennung des Anodenabgases und des Kathodenabgases einen Abgasbrenner-Injektor 10 zum Einspritzen von Brennstoff in den Abgasbrenner 5 auf.

[0039] Mit Bezug auf Fig. 4 wird anschließend ein Brennstoffzellensystem 100c gemäß einer dritten Ausführungsform beschrieben. Das Brennstoffzellensystem 100c gemäß der dritten Ausführungsform entspricht im Wesentlichen dem Brennstoffzellensystem 100a gemäß der ersten Ausführungsform sowie dem Brennstoffzellensystem 100b gemäß der zweiten Ausführungsform. Zur Vermeidung einer redundanten Beschreibung werden anschließend nur die Unterscheidungsmerkmale gemäß der dritten Ausführungsform beschrieben.

[0040] Bei dem in Fig. 4 dargestellten Brennstoffzellensystem 100c ist stromaufwärts des Abgasbrenners 5 ein Startbrenner 8 zum Erhitzen von Kathodenabgas und Anodenabgas, das in Richtung des Abgasbrenners 5 strömt, angeordnet. Der Startbrenner 8 weist einen Startbrenner-Injektor 9 zum Einspritzen von Brennstoff in den Startbrenner 8 auf. Der Startbrenner 8 bzw. der Startbrenner-Injektor 9 kann mit Brennstoff von der Brennstoffquelle 13 und mit Sauerstoff von der Sauerstoffquelle 14 versorgt werden. Für ein dosiertes Zuführen von Sauerstoff von der Sauerstoffquelle 14 zum Startbrenner 8 ist in einer Sauerstoffleitung stromaufwärts des Startbrenners 8 und stromabwärts der Sauerstoffquelle 14 ein Dosierventil 15 angeordnet.

[0041] Mit Bezug auf Fig. 4 wird anschließend ein Verfahren zum Betreiben des dargestellten Brennstoffzellensystems 100c während eines Startvorgangs des Brennstoffzellensystems 100c beschrieben.

[0042] Beim Starten des Brennstoffzellensystems werden dem Startbrenner 8 von der Brennstoffquelle 13 Brennstoff und von der Sauerstoffquelle 14 ein sauerstoffhaltiges Fluid, insbesondere Luft, zugeführt. Dadurch kann im Startbrenner 8 zum Erhitzen des Abgasbrenners 5 ein entsprechendes Brennstoff-Luft-Gemisch verbrannt werden. Während des Startbetriebs des Brennstoffzellensystems wird im Startbrenner 8 ein unterstöchiometrisches Brennstoff-Luft-Gemisch verbrannt. In einem vordefinierten Zeitfenster während des Startbetriebs des Brennstoffzellensystems 100c wird im Rahmen einer katalytischen partiellen Oxidation außerdem ein unterstöchiometrisches Brennstoff-Luft-Gemisch im Reformer 4 verbrannt. Hierbei wird die Temperatur im Brennstoffzellensystem 100c, insbesondere am Reformer 4, am Abgasbrenner 5 und/oder am Brennstoffzellenstapel 1 ermittelt. Sobald die ermittelte Temperatur am Reformer 4, am Abgasbrenner 5 und/oder am Brennstoffzellenstapel 1 über einem vordefinierten Schwellenwert liegt, wird der Startbrenner 8 deaktiviert. D.h., ein Zuführen von Brennstoff und Sauerstoff wird eingestellt.

[0043] In Fig. 5 ist ein Kraftfahrzeug 1000 mit einem Brennstoffzellensystem 100a zur Energieversorgung einer Antriebseinheit 200 in Form eines Elektromotors des Kraftfahrzeugs 1000 dargestellt.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Brennstoffzellenstapel
- 2 Anodenabschnitt
- 3 Kathodenabschnitt
- 4 Reformer
- 5 Abgasbrenner
- 6 Verdampfer
- 7 Wärmetauscher
- 8 Startbrenner
- 9 Startbrenner-Injektor
- 10 Abgasbrenner-Injektor
- 11 Abgasbrenner-Katalysator
- 12 Reformer-Katalysator
- 13 Brennstoffquelle
- 14 Sauerstoffquelle
- 15 Dosierventil

- 100a - 100b Brennstoffzellensystem
- 200 Antriebseinheit
- 1000 Kraftfahrzeug

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), einen Reformer (4) zum Zuführen von reformiertem Anodengas zum Anodenabschnitt (2), und einen Abgasbrenner (5) zum Verbrennen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt (2) und/oder Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt (3), wobei der Reformer (4) zumindest abschnittsweise ringförmig um den Abgasbrenner (5) herum angeordnet ist, wobei ein Innenwandabschnitt des Reformers (4) vollumfänglich oder zumindest im Wesentlichen vollumfänglich um einen Außenwandabschnitt des Abgasbrenners (5) herum angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts des Abgasbrenners (5) ein Startbrenner (8) zum Erhitzen von Kathodenabgas und/oder Anodenabgas, das in Richtung des Abgasbrenners (5) strömt, angeordnet ist.
2. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromabwärts des Abgasbrenners (5) und stromaufwärts des Reformers (4) ein Verdampfer (6) zum Verdampfen von Anodengas angeordnet ist und stromabwärts des Verdampfers (6) ein Wärmetauscher (7) angeordnet ist, wobei der Wärmetauscher (7), zum Erhitzen des Reformers (4) bzw. von Anodengas im Reformer (4), am Reformer (4) oder in der Nähe des Reformers (4) angeordnet ist.
3. Brennstoffzellensystem (100c) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Startbrenner (8) einen Startbrenner-Injektor (9) zum Einspritzen von Brennstoff in den Startbrenner (8) aufweist.
4. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Abgasbrenner (5) für die Verbrennung des Anodenabgases und/oder des Kathodenabgases einen Abgasbrenner-Katalysator (11), insbesondere einen zylinderförmigen Oxidationskatalysator, aufweist.
5. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Reformer (4) für die Reformierung des Anodengases einen Reformer-Katalysator (12), insbesondere einen ringförmigen Oxidationskatalysator, der zumindest abschnittsweise um den Abgasbrenner (5) und/oder den Abgasbrenner-Katalysator (11) herum angeordnet ist, aufweist.
6. Brennstoffzellensystem (100b; 100c) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Abgasbrenner (5) für die Verbrennung des Anodenabgases und/oder des Kathodenabgases einen Abgasbrenner-Injektor (10) zum Einspritzen von Brennstoff in den Abgasbrenner (5) aufweist.
7. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (100c) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
im Startbrenner (8) in einem vordefinierten Zeitfenster während eines Startbetriebs des Brennstoffzellensystems (100c) ein unterstöchiometrisches Brennstoff-Luft-Gemisch verbrannt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
im Reformer (4) in einem vordefinierten Zeitfenster während eines Startbetriebs des Brennstoffzellensystems (100a; 100b; 100c) im Rahmen einer katalytischen partiellen Oxidation ein unterstöchiometrisches Brennstoff-Luft-Gemisch verbrannt wird.

9. Kraftfahrzeug (1000) mit einem Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c) zur Energieversorgung wenigstens einer Antriebseinheit (200) des Kraftfahrzeugs (1000), wobei das Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgestaltet ist.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

1/5

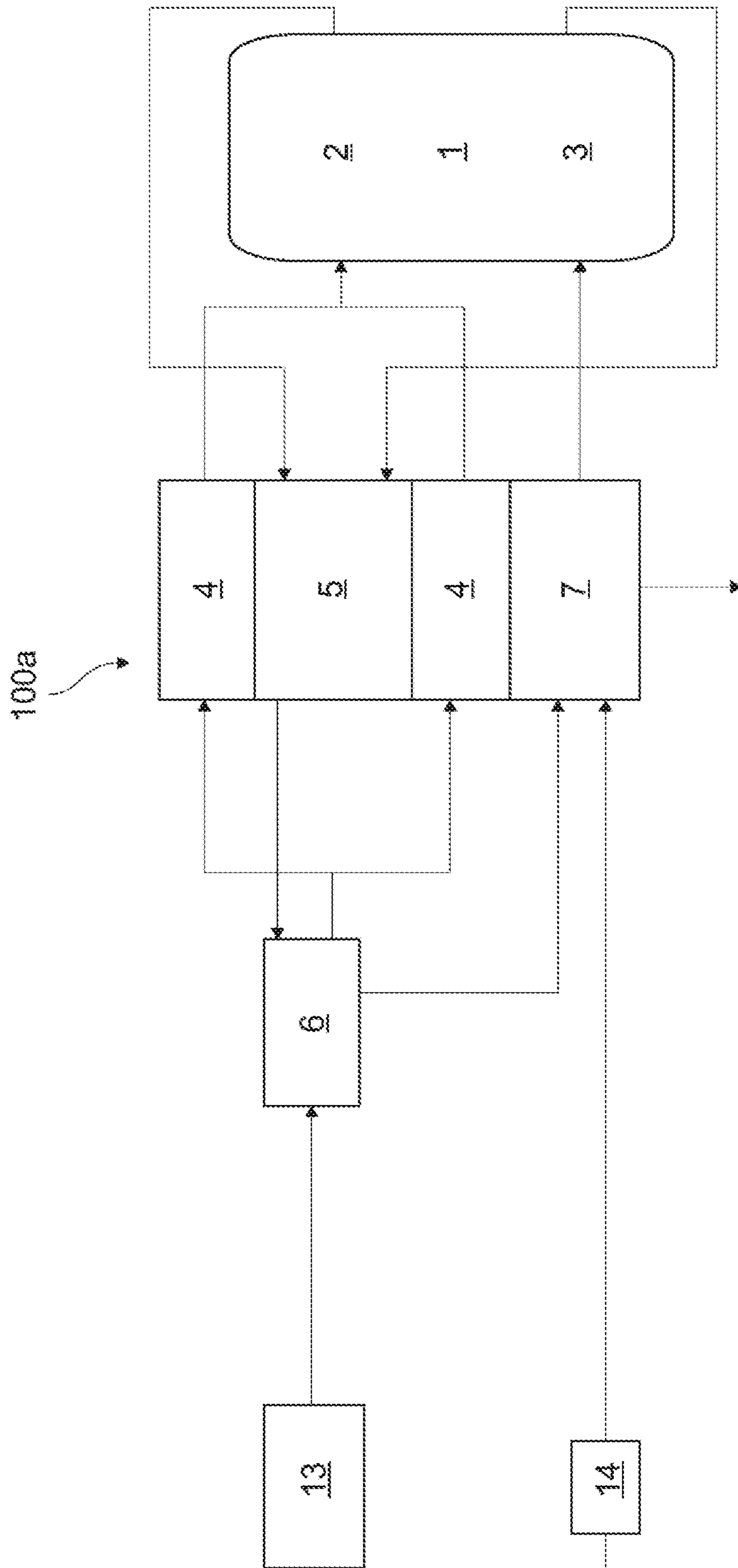


Fig. 1

3/5

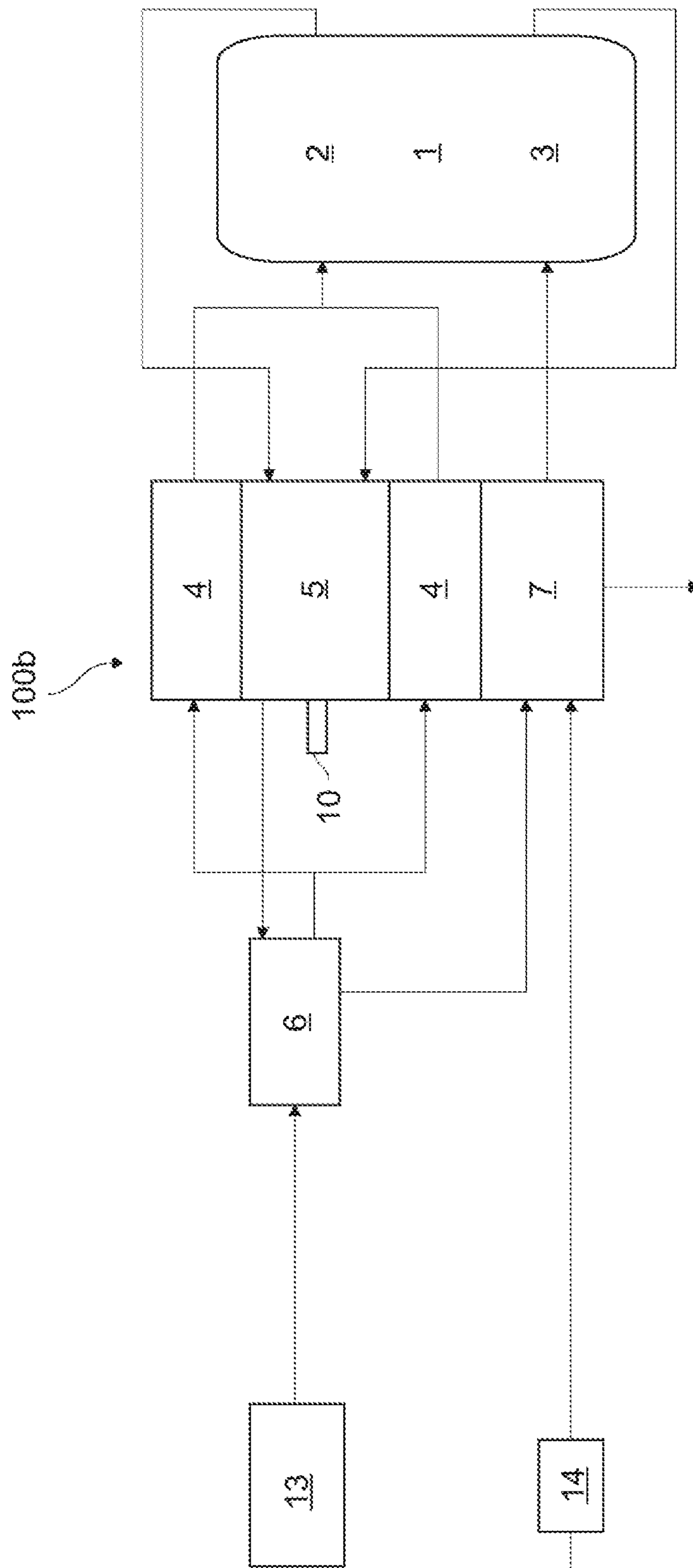


Fig. 3

4/5

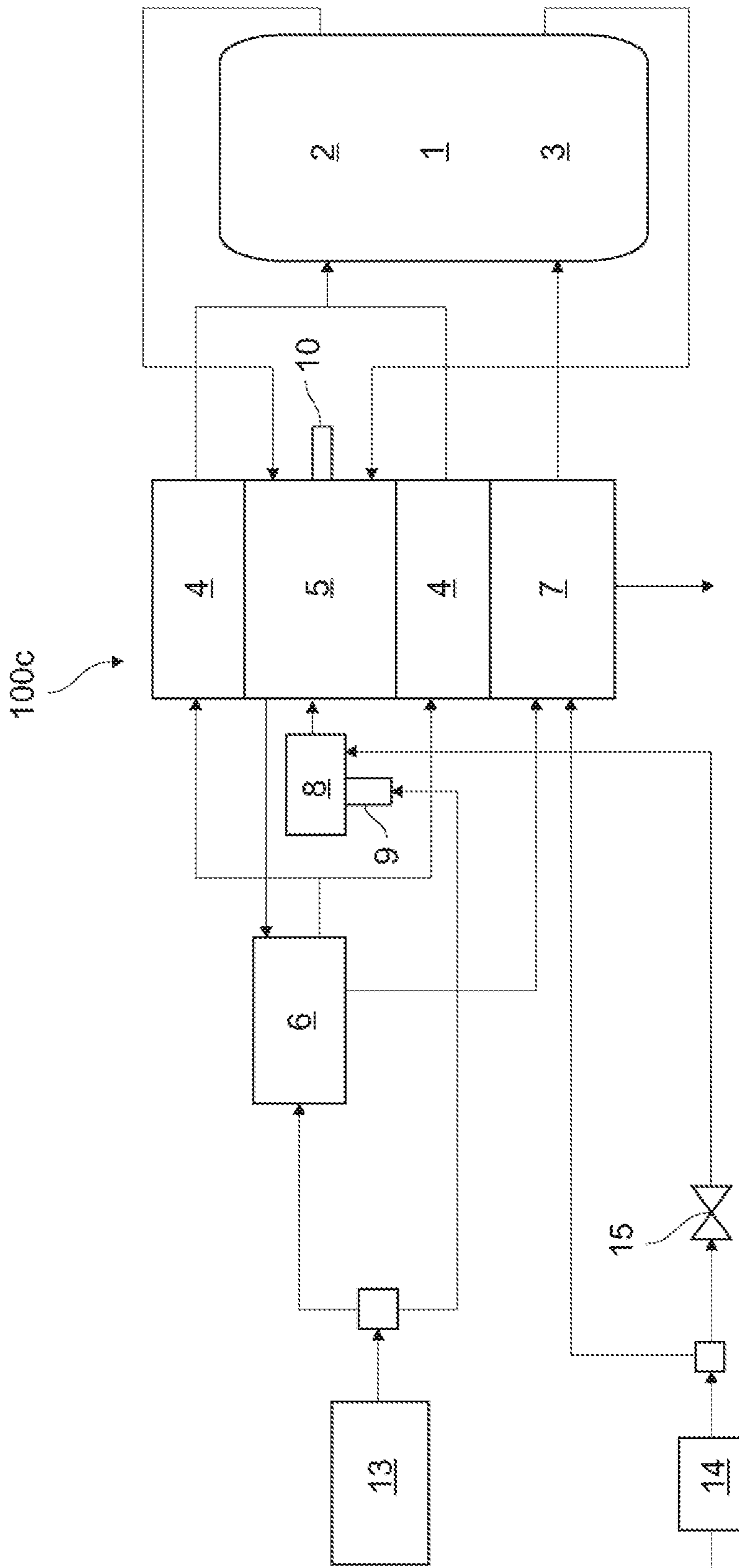


Fig. 4

5/5

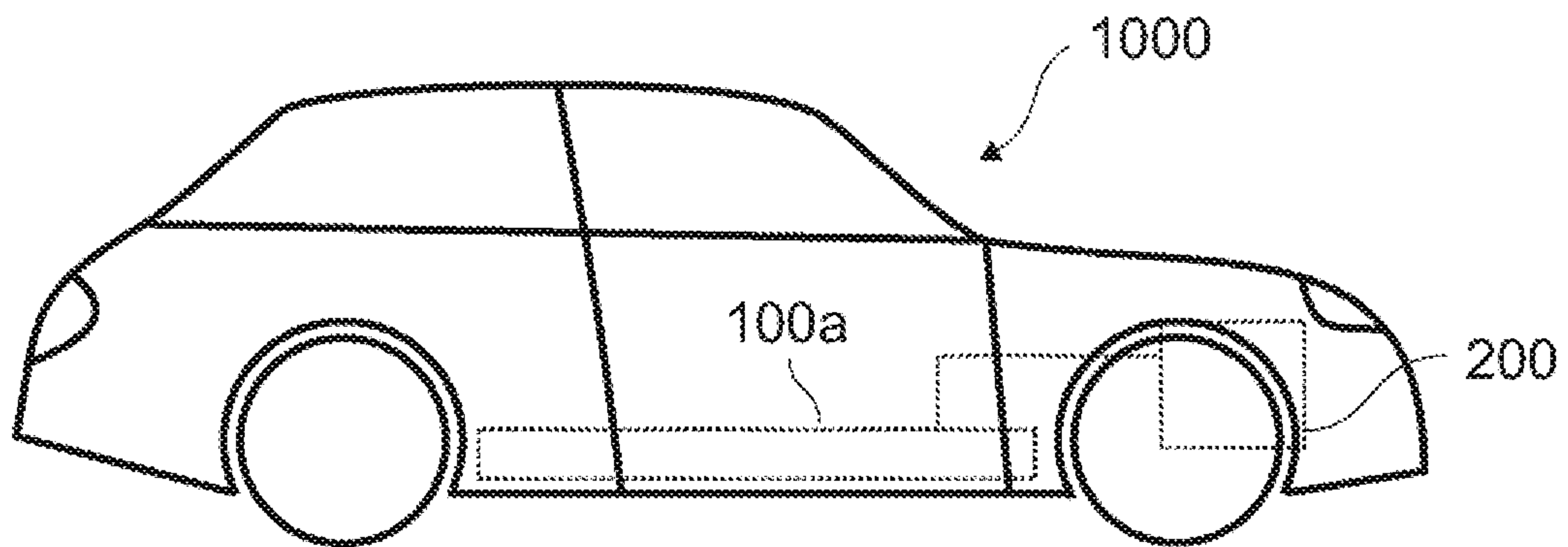


Fig. 5