



(10) **DE 10 2017 202 904 A1** 2018.08.23

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 202 904.8**
(22) Anmeldetag: **23.02.2017**
(43) Offenlegungstag: **23.08.2018**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04089** (2016.01)
H01M 8/04746 (2016.01)
H01M 8/0612 (2016.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 10 2013 221 618 A1

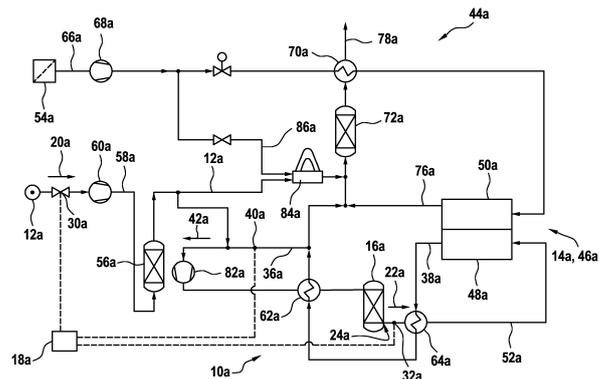
(72) Erfinder:
**Hering, Martin, 71229 Leonberg, DE; Wahl,
Stefanie, 71691 Freiberg, DE**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellenvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung geht aus von einer Brennstoffzellenvorrichtung (10a; 10b), welche dazu vorgesehen ist, mit einem Erdgas (12a; 12b) betrieben zu werden, mit einer Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) und mit einer Reformereinheit (16a; 16b), welche dazu vorgesehen ist, das Erdgas (12a; 12b) zumindest teilweise zu reformieren. Es wird vorgeschlagen, dass die Brennstoffzellenvorrichtung (10a; 10b) eine Regeleinheit (18a; 18b) aufweist, welche zumindest dazu vorgesehen ist, einen Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom (20a; 20b) des Erdgases (12a; 12b) in Abhängigkeit von zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom (22a; 22b) an einem Ausgang (24a; 24b) der Reformereinheit (16a; 16b) und/oder zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom (26a; 26b) an einem Anodenausgang (28a; 28b) der Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) zu regeln.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Es ist bereits eine Brennstoffzellenvorrichtung, welche dazu vorgesehen ist, mit einem Erdgas betrieben zu werden, mit einer Brennstoffzelleneinheit und mit einer Reformereinheit, welche dazu vorgesehen ist, das Erdgas zumindest teilweise zu reformieren, vorgeschlagen worden.

Offenbarung der Erfindung

[0002] Die Erfindung geht aus von einer Brennstoffzellenvorrichtung, welche dazu vorgesehen ist, mit einem Erdgas betrieben zu werden, mit einer Brennstoffzelleneinheit und mit einer Reformereinheit, welche dazu vorgesehen ist, das Erdgas zumindest teilweise zu reformieren.

[0003] Es wird vorgeschlagen, dass die Brennstoffzellenvorrichtung eine Regeleinheit aufweist, welche zumindest dazu vorgesehen ist, einen Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom des Erdgases in Abhängigkeit von zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Ausgang der Reformereinheit und/oder zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit zu regeln.

[0004] Unter einer „Brennstoffzellenvorrichtung“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein, insbesondere funktionstüchtiger, Bestandteil, insbesondere eine Konstruktions- und/oder Funktionskomponente, eines Brennstoffzellensystems verstanden werden. Unter einem „Brennstoffzellensystem“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein System zu einer stationären und/oder mobilen Gewinnung insbesondere elektrischer und/oder thermischer Energie unter Verwendung zumindest einer Brennstoffzelleneinheit verstanden werden. Unter einer „Brennstoffzelleneinheit“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Einheit mit zumindest einer Brennstoffzelle verstanden werden, welche dazu vorgesehen ist, zumindest eine chemische Reaktionsenergie zumindest eines, insbesondere kontinuierlich zugeführten, Brenngases, insbesondere Wasserstoff, und zumindest eines Oxidationsmittels, insbesondere Sauerstoff, insbesondere in elektrische Energie umzuwandeln. Die zumindest eine Brennstoffzelle kann insbesondere als Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC) ausgebildet sein. Vorzugsweise umfasst die zumindest eine Brennstoffzelleneinheit eine Vielzahl von Brennstoffzellen, welche insbesondere in einem Brennstoffzellenstapel angeordnet sind. Unter „vorgesehen“ soll insbesondere speziell programmiert, ausgelegt und/oder ausgestattet verstanden werden. Darunter, dass ein Objekt zu einer bestimmten Funktion vorgesehen ist, soll insbesondere verstanden werden, dass das Objekt diese bestimmte Funktion

in zumindest einem Anwendungs- und/oder Betriebszustand erfüllt und/oder ausführt.

[0005] Unter einem „Erdgas“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Gas und/oder Gasgemisch, insbesondere ein Naturgasgemisch, verstanden werden, welches zumindest ein Alkan, insbesondere Methan, Ethan, Propan und/oder Butan, umfasst. Ferner kann das Erdgas weitere Bestandteile aufweisen, wie insbesondere Kohlenstoffdioxid und/oder Stickstoff und/oder Sauerstoff und/oder Schwefelverbindungen. Alternativ oder zusätzlich ist es denkbar, die Brennstoffzellenvorrichtung mit einem anderen insbesondere gasförmigen Brennstoff und/oder flüssigen Brennstoff, beispielsweise LPG, Benzin oder Diesel, zu betreiben. Unter einer „Reformereinheit“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine chemisch-technische Einheit zu zumindest einer Aufbereitung zumindest eines kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffs, insbesondere des Erdgases, insbesondere durch eine Dampfreformierung, durch eine partielle Oxidation, durch eine autotherme Reformierung und/oder durch eine Kombination einer Dampfreformierung mit einer CO₂-Trockenreformierung, insbesondere zur Gewinnung des zumindest einen Brenngases, insbesondere Wasserstoff, und/oder zum Aufbrechen höherkettiger Alkene verstanden werden. Vorzugsweise ist die Reformereinheit zumindest teilweise als Dampfreformereinheit ausgebildet.

[0006] Unter einer „Regeleinheit“ soll insbesondere eine Einheit mit zumindest einer Regelelektronik verstanden werden. Unter einer „Regelelektronik“ soll insbesondere eine Einheit mit einer Prozessoreinheit und mit einer Speichereinheit sowie mit einem in der Speichereinheit gespeicherten Betriebsprogramm verstanden werden. Insbesondere ist die Regeleinheit dazu vorgesehen einen Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom des Erdgases zur zumindest weitgehenden Kompensation von Schwankungen einer Erdgaszusammensetzung in Abhängigkeit von zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Ausgang der Reformereinheit und/oder zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit zu regeln. Die Erdgaszusammensetzung, insbesondere in Deutschland bzw. Europa, ist deutlichen zeitlichen sowie örtlichen Schwankungen unterworfen. Beim Endkunden ergeben sich je nach Herkunft des zugeführten Erdgases und deren Mischung im Netz schwankende Zusammensetzungen. Die Richtlinie DVGW 2012 zeigt unterschiedliche Durchschnittskonzentrationen von typischen Erdgasen der Kategorien H (hochkalorisch) und L (niederkalorisch). Diese Gase unterscheiden sich nicht nur im Energiegehalt sondern auch in den Konzentrationen der einzelnen Spezies. Die Regelung des Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms des Erdgases mittels der Regelein-

heit ist mit zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Ausgang der Reformereinheit und/oder zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit gekoppelt. Vorzugsweise ist die Regeleinheit dazu vorgesehen, den Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom des Erdgases derart zu regeln, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit und/oder der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit zumindest im Wesentlichen konstant ist. Für eine definierte Erdgaszusammensetzung sind jeweils Referenzwerte für den Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit und/oder für den Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit in Abhängigkeit einer Temperatur der Reformereinheit und/oder einer Temperatur der Brennstoffzelleneinheit definierbar. Die Referenzwerte sind insbesondere in einer Speichereinheit der Regeleinheit hinterlegt. Ein Gasspektrum kann entweder allgemein aus den oberen und unteren Grenzwerten in Deutschland, dem europäischen Raum oder individuell durch Messungen über einen längeren Zeitraum bestimmt werden. Der Eingangsvolumenstrom des Erdgases wird durch die Regeleinheit derart geregelt, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit und/oder zumindest der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit zumindest im Wesentlichen konstant ist und zumindest im Wesentlichen dem jeweiligen Referenzwert entspricht.

[0007] Durch eine derartige Ausgestaltung kann eine gattungsgemäße Brennstoffzellenvorrichtung mit verbesserten Betriebseigenschaften bereitgestellt werden. Insbesondere können Schwankungen einer Erdgaszusammensetzung vorteilhaft einfach zumindest weitgehend kompensiert werden. Hierdurch kann vorteilhaft auch bei schwankender Erdgaszusammensetzung eine deutliche Minimierung der Abweichungen zwischen Soll- und Istwert von charakteristischen Kenngrößen der Brennstoffzellenvorrichtung, wie dem Sauerstoff-zu-Kohlenstoff-Verhältnis in der Reformereinheit und dem Brennstoffnutzungsgrad, erreicht werden. Durch die Einhaltung des Sauerstoff-zu-Kohlenstoff-Verhältnisses in der Reformereinheit kann die Gefahr von Kohlenstoffablagerungen minimiert werden. Zusätzlich kann die Gefahr von Brennstoffverarmungen in der Brennstoffzelleneinheit durch die Reduktion der Abweichungen des Brennstoffnutzungsgrades beschränkt werden.

[0008] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass die Regeleinheit zumindest ein Regelventil aufweist, welches zu einer Einstellung des Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms des Erdgases in Abhängigkeit von dem Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit und/oder

dem Volumenstrom und/oder Massenstrom am Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit vorgesehen ist. Insbesondere kann das Regelventil als ein insbesondere elektromagnetisches und/oder elektromotorisches Proportionalventil ausgebildet sein. Insbesondere ist das Regelventil der Reformereinheit, strömungstechnisch vorgeschaltet. Das Regelventil ist in Abhängigkeit von dem Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit und/oder dem Volumenstrom und/oder Massenstrom am Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit mittelbar und/oder unmittelbar durch die Regeleinheit ansteuerbar. Insbesondere ist das Regelventil durch die Regeleinheit derart ansteuerbar, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit und/oder der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit zumindest im Wesentlichen konstant bleibt. Hierdurch kann eine vorteilhaft einfache Einstellung des Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms des Erdgases ermöglicht werden.

[0009] Zudem wird vorgeschlagen, dass die Regeleinheit zumindest einen Durchflussmesser aufweist, welcher dazu vorgesehen ist, den Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit zu erfassen. Insbesondere ist der Durchflussmesser dazu vorgesehen, während eines Betriebs der Brennstoffzellenvorrichtung einen Volumenstrom und/oder Massenstrom eines aus der Reformereinheit ausströmenden Reformats zu erfassen. Der Durchflussmesser ist insbesondere dazu vorgesehen, den Volumenstrom und/oder Massenstrom des aus der Reformereinheit ausströmenden Reformats kontinuierlich oder quasikontinuierlich zu erfassen. Der Durchflussmesser ist insbesondere dazu vorgesehen, erfasste Durchflusswerte kontinuierlich oder quasikontinuierlich an eine Regelelektronik der Regeleinheit zu übermitteln. Hierdurch kann der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit vorteilhaft einfach und/oder zuverlässig als Größe für eine Regelung des Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms des Erdgases erfasst werden.

[0010] In einer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Regeleinheit zumindest einen Durchflussmesser aufweist, welcher dazu vorgesehen ist, den Volumenstrom und/oder Massenstrom am Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit zu erfassen. Insbesondere ist der Durchflussmesser dazu vorgesehen, während eines Betriebs der Brennstoffzellenvorrichtung einen Volumenstrom und/oder Massenstrom eines aus der Anode der Brennstoffzelleneinheit ausströmenden Anodenabgases zu erfassen. Der Durchflussmesser ist insbesondere dazu vorgesehen, den Volumenstrom und/oder Massenstrom des aus der Anode der Brennstoffzelleneinheit ausströmenden Anodenabgases kontinuierlich oder quasikontinuierlich zu erfassen. Der Durchfluss-

messer ist insbesondere dazu vorgesehen, erfasste Durchflusswerte kontinuierlich oder quasikontinuierlich an eine Regelelektronik der Regeleinheit zu übermitteln. Hierdurch kann der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit vorteilhaft einfach und/oder zuverlässig als Größe für eine Regelung des Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms des Erdgases erfasst werden.

[0011] Ferner wird vorgeschlagen, dass die Brennstoffzellenvorrichtung einen Rezirkulationskreis aufweist, welcher zu einer Rückführung eines Anodenabgases der Brennstoffzelleneinheit zu einer zumindest teilweisen Vermischung mit dem Erdgas vorgesehen ist, wobei die Regeleinheit dazu vorgesehen ist, eine Rezirkulationsrate zumindest im Wesentlichen konstant zu halten. Alternativ oder zusätzlich kann die Regeleinheit dazu vorgesehen sein, einen Volumen- und/oder Massenstrom im Rezirkulationskreis oder einem Eingang der Reformereinheit zumindest im Wesentlichen konstant zu halten. Unter einem „Rezirkulationskreis“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Verbindungseinheit verstanden werden, die zu einem Transport von insbesondere flüssigen und/oder gasförmigen Stoffen und/oder Stoffgemischen vorgesehen ist. Insbesondere umfasst der Rezirkulationskreis zumindest eine Hohlleitung, beispielsweise zumindest eine Rohr- und/oder Schlauchleitung. Der Rezirkulationskreis ist insbesondere dazu vorgesehen, der Reformereinheit einen insbesondere festgelegten Prozentsatz eines, insbesondere wasserstoff- und/oder wasserdampfhaltigen, Abgases der Brennstoffzelle, insbesondere eines Anodenabgases, zuzuführen. Unter einer „Rezirkulationsrate“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Verhältnis zwischen einem Rezirkulationsvolumenstrom und einem Anodenabgasvolumenstrom verstanden werden. Vorzugsweise weist die Regeleinheit zumindest einen Durchflussmesser auf, welcher dazu vorgesehen ist, insbesondere kontinuierlich oder quasikontinuierlich einen Volumenstrom und/oder Massenstrom innerhalb des Rezirkulationskreises zu erfassen. Hierdurch kann eine vorteilhafte Regelung des Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms des Erdgases erreicht werden.

[0012] Zudem wird ein Brennstoffzellensystem mit zumindest einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenvorrichtung vorgeschlagen. Neben der Brennstoffzellenvorrichtung kann das Brennstoffzellensystem insbesondere eine Entschwefelungseinheit umfassen. Unter einer „Entschwefelungseinheit“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Einheit verstanden werden, welche dazu vorgesehen ist, vorzugsweise durch zumindest ein physikalisches und/oder chemisches Adsorptionsverfahren und/oder Absorptionsverfahren, einen Volumen- oder Molanteil an Schwefelverbindungen in dem fluidischen Brenn-

stoff unter einen festgelegten Grenzwert zu senken und vorzugsweise zumindest im Wesentlichen aus dem fluidischen Brennstoff zu entfernen. Ferner kann das Brennstoffzellensystem eine Mehrzahl von Wärmeübertragern aufweisen, welche zu einer Temperierung von Prozessgasen vorgesehen sind. Unter einem „Wärmeübertrager“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Einheit verstanden werden, welche dazu vorgesehen ist, Wärme in Richtung eines Temperaturgefälles zwischen zumindest zwei insbesondere fluiden Stoffströmen zu übertragen, insbesondere in einem Gegenstrombetrieb, Kreuzstrombetrieb und/oder Gleichstromprinzip. Hierdurch kann ein Brennstoffzellensystem mit vorteilhaften Betriebsseigenschaften bereitgestellt werden.

[0013] Ferner wird ein Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzellenvorrichtung vorgeschlagen, welche dazu vorgesehen ist, mit einem Erdgas betrieben zu werden, mit einer Brennstoffzelleneinheit und mit einer Reformereinheit, welche dazu vorgesehen ist, das Erdgas zumindest teilweise zu reformieren, wobei ein Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom des Erdgases in Abhängigkeit von zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Ausgang der Reformereinheit und/oder zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit geregelt wird. Vorzugsweise wird der Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom des Erdgases derart geregelt, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Ausgang der Reformereinheit und/oder der Volumenstrom und/oder Massenstrom am Anodenausgang der Brennstoffzelleneinheit zumindest im Wesentlichen konstant gehalten werden. Hierdurch können Schwankungen einer Erdgaszusammensetzung vorteilhaft einfach zumindest weitgehend kompensiert werden. Insbesondere kann vorteilhaft auch bei schwankender Erdgaszusammensetzung eine deutliche Minimierung der Abweichungen zwischen Soll- und Istwert von charakteristischen Kenngrößen der Brennstoffzellenvorrichtung, wie dem Sauerstoff-zu-Kohlenstoff-Verhältnis in der Reformereinheit und dem Brennstoffnutzungsgrad, erreicht werden. Durch die Einhaltung des Sauerstoff-zu-Kohlenstoff-Verhältnis in der Reformereinheit kann die Gefahr von Kohlenstoffablagerungen minimiert werden. Zusätzlich kann die Gefahr von Brennstoffverarmungen in der Brennstoffzelleneinheit durch die Reduktion der Abweichungen des Brennstoffnutzungsgrades beschränkt werden.

[0014] Die erfindungsgemäße Brennstoffzellenvorrichtung soll hierbei nicht auf die oben beschriebene Anwendung und Ausführungsform beschränkt sein. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Brennstoffzellenvorrichtung zu einer Erfüllung einer hierin beschriebenen Funktionsweise eine von einer hierin genannten Anzahl von einzelnen Elementen, Bauteilen und Einheiten abweichende Anzahl aufweisen.

Figurenliste

[0015] Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Zeichnung, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

[0016] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems mit einer Regeleinheit zur Regelung eines Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms eines Erdgases in Abhängigkeit von einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Ausgang einer Reformereinheit und

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems mit einer Regeleinheit zur Regelung eines Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms eines Erdgases in Abhängigkeit von einem Volumenstrom und/oder Massenstrom an einem Anodenausgang einer Brennstoffzelleneinheit.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0017] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems **44a** mit einer Brennstoffzellenvorrichtung **10a**. Die Brennstoffzellenvorrichtung **10a** ist dazu vorgesehen, mit einem Erdgas **12a** betrieben zu werden. Die Brennstoffzellenvorrichtung **10a** weist eine Brennstoffzelleneinheit **14a** auf. Ferner weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10a** eine Reformereinheit **16a** auf, welche dazu vorgesehen ist, das Erdgas **12a** zumindest teilweise zu reformieren. Die Brennstoffzelleneinheit **14a** ist hier vereinfacht als eine Brennstoffzelle **46a** dargestellt. Zweckmäßig ist jedoch eine Ausbildung einer Brennstoffzelleneinheit als ein Brennstoffzellenstack mit einer Vielzahl von Brennstoffzellen. Die Brennstoffzelleneinheit **14a** weist eine Anode **48a** und eine Kathode **50a** auf. Der Anode **48a** wird während eines Betriebs der Brennstoffzelleneinheit **14a** ein aus dem Erdgas **12a** gewonnenes Reformat **52a** zugeführt. Der Kathode **50a** wird während eines Betriebs der Brennstoffzelleneinheit **14a** ein Kathodengas **54a**, insbesondere Luftsauerstoff, zugeführt. Ferner weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10a** eine der Brennstoffzelleneinheit **14a** strömungstechnisch vorgeschaltete Entschwefelungseinheit **56a** auf. Die Entschwefelungseinheit **56a** ist dazu vorgesehen, das Erdgas **12a** zumindest teilweise zu entschwefeln. Die Reformereinheit **16a** ist der Entschwefelungseinheit **56a** strömungstechnisch nachgeschaltet.

[0018] Das Erdgas **12a** wird während eines Betriebs der Brennstoffzelleneinheit **14a** über eine Versorgungsleitung **58a** in das Brennstoffzellensystem **44a** eingespeist. Das Erdgas **12a** wird mittels eines Verdichters **60a** gefördert. Vor Eintritt in die Reformereinheit **16a** wird das entschwefelte Erdgas **12a** mittels eines Wärmeübertragers **62a** auf eine Prozesstemperatur erwärmt. Das aus der Reformereinheit **16a** austretende Reformat **52a** wird vor Eintritt in die Anode **48a** der Brennstoffzelleneinheit **14a** mittels eines weiteren Wärmeübertragers **64a** temperiert. Das Kathodengas **54a** wird über eine weitere Versorgungsleitung **66a** in das Brennstoffzellensystem **44a** eingespeist. Das Kathodengas **54a** wird mittels eines Verdichters **68a** gefördert. Vor Eintritt in die Kathode **50a** der Brennstoffzelleneinheit **14a** wird das Kathodengas **54a** mittels eines weiteren Wärmeübertragers **70a** erwärmt.

[0019] Ferner weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10a** einen Nachbrenner **72a** auf. Der Nachbrenner **72a** ist der Brennstoffzelleneinheit **14a** strömungstechnisch nachgeschaltet. Dem Nachbrenner **72a** wird ein Teil eines Anodenabgases **38a** der Brennstoffzelleneinheit **14a** zugeführt. Der Nachbrenner **72a** ist dazu vorgesehen, in dem Anodenabgas **38a** der Brennstoffzelleneinheit **14a** verbliebene brennbare Stoffe, insbesondere nicht umgesetzten Wasserstoff, zu verbrennen. Ein für einen Betrieb des Nachbrenners **72a** benötigter Sauerstoff wird dem Nachbrenner **72a** in Form eines Kathodenabgases **76a** der Brennstoffzelleneinheit **14a** zugeführt. Ein Abgas **78a** des Nachbrenners **72a** wird aus dem Brennstoffzellensystem **44a** ausgeleitet. Die Brennstoffzellenvorrichtung **10a** weist ferner einen Rezirkulationskreis **36a** auf, welcher zu einer teilweisen Rezirkulation des wasserstoff- und wasserhaltigen Anodenabgases **38a** der Brennstoffzelleneinheit **14a** vorgesehen ist. Der Rezirkulationskreis **36a** ist insbesondere dazu vorgesehen, das Anodenabgas **38a** der Brennstoffzelleneinheit **14a** zumindest teilweise zur Vermischung mit dem Erdgas **12a** zurückzuführen. Ferner ist ein Verdichter **82a** in dem Rezirkulationskreis **36a** angeordnet. Durch die Rezirkulation eines Anodenabgases **38a** kann Wasserdampf aus einem Reaktionsvorgang in der Brennstoffzelleneinheit **14a** zur Reformierung des Erdgases **12a** innerhalb der Reformereinheit **16a** verwendet werden. Ferner kann nicht umgesetzter Wasserstoff in die Brennstoffzelleneinheit **14a** zurückgeführt werden, wodurch ein Brennstoffnutzungsgrad erhöht werden kann. Des Weiteren weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10a** einen Startbrenner **84a** auf. Während eines Hochfahrens der Brennstoffzelleneinheit **14a** wird das Erdgas **12a** und Luft **86a** dem Startbrenner **84a**, welcher dazu vorgesehen ist, das Kathodengas **54a** während des Hochfahrens aufzuheizen, zugeführt. Über das aufgeheizte Kathodengas **54a** wird die Brennstoffzellenvorrichtung **10a**, insbesondere die Brennstoffzelleneinheit **14a**, auf eine Betriebstemperatur erwärmt.

[0020] Ferner weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10a** eine Regeleinheit **18a** auf, welche dazu vorgesehen ist, einen Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom **20a** des Erdgases **12a** in Abhängigkeit von einem Volumenstrom und/oder Massenstrom **22a** an einem Ausgang **24a** der Reformereinheit **16a** zu regeln. Vorzugsweise ist die Regeleinheit **18a** dazu vorgesehen, den Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom **20a** des Erdgases **12a** derart zu regeln, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom **22a** am Ausgang **24a** der Reformereinheit **16a** zumindest im Wesentlichen konstant ist. Die Regeleinheit **18a** weist ein Regelventil **30a** auf, welches zu einer Einstellung des Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms **20a** des Erdgases **12a** in Abhängigkeit von dem Volumenstrom und/oder Massenstrom **22a** am Ausgang **24a** der Reformereinheit **16a** vorgesehen ist. Das Regelventil **30a** ist mittelbar und/oder unmittelbar durch die Regeleinheit **18a** ansteuerbar. Die Regeleinheit **18a** weist einen Durchflussmesser **32a** auf, welcher dazu vorgesehen ist, den Volumenstrom und/oder Massenstrom **22a**, insbesondere einen Volumenstrom und/oder Massenstrom des Reformats **52a**, am Ausgang **24a** der Reformereinheit **16a** zu erfassen. Ferner ist die Regeleinheit **18a** dazu vorgesehen, eine Rezirkulationsrate innerhalb des Rezirkulationskreises **36a** zumindest im Wesentlichen konstant zu halten. Die Regeleinheit **18a** weist einen Durchflussmesser **40a** auf, welcher dazu vorgesehen ist, einen Volumenstrom und/oder Massenstrom **42a** innerhalb des Rezirkulationskreises **36a** zu erfassen. Eine Zusammensetzung des Erdgases **12a** kann zeitliche und/oder örtliche Schwankungen aufweisen. Für eine definierte Zusammensetzung des Erdgases **12a** sind jeweils Referenzwerte für den Volumenstrom und/oder Massenstrom **22a** am Ausgang **24a** der Reformereinheit **16a** in Abhängigkeit einer Temperatur der Reformereinheit **16a** definierbar. Die Referenzwerte sind insbesondere in einer Speichereinheit der Regeleinheit **18a** hinterlegt. Der Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom **20a** des Erdgases **12a** wird durch die Regeleinheit **18a** derart geregelt, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom **22a** am Ausgang **24a** der Reformereinheit **16a** zumindest im Wesentlichen konstant ist und zumindest im Wesentlichen dem jeweiligen Referenzwert entspricht.

[0021] In **Fig. 2** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Die nachfolgenden Beschreibungen und die Zeichnungen beschränken sich im Wesentlichen auf die Unterschiede zwischen den Ausführungsbeispielen, wobei bezüglich gleich bezeichneter Bauteile, insbesondere in Bezug auf Bauteile mit gleichen Bezugszeichen, grundsätzlich auch auf die Zeichnung und/oder die Beschreibung der anderen Ausführungsbeispiele, insbesondere der **Fig. 1**, verwiesen werden kann. Zur Unterscheidung der Ausführungsbeispiele ist der Buchstabe a den Bezugszeichen des Ausführungsbeispiels in **Fig. 1**

nachgestellt. In dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 2** ist der Buchstabe a durch den Buchstaben b ersetzt.

[0022] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems **44b** mit einer alternativen Brennstoffzellenvorrichtung **10b**. Die Brennstoffzellenvorrichtung **10b** ist dazu vorgesehen, mit einem Erdgas **12b** betrieben zu werden. Die Brennstoffzellenvorrichtung **10b** weist eine Brennstoffzelleneinheit **14b** auf. Ferner weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10b** eine Reformereinheit **16b** auf, welche dazu vorgesehen ist, das Erdgas **12b** zumindest teilweise zu reformieren.

[0023] Die Brennstoffzelleneinheit **14b** ist hier vereinfacht als eine Brennstoffzelle **46b** dargestellt. Zweckmäßig ist jedoch eine Ausbildung einer Brennstoffzelleneinheit als ein Brennstoffzellenstack mit einer Vielzahl von Brennstoffzellen. Die Brennstoffzelleneinheit **14b** weist eine Anode **48b** und eine Kathode **50b** auf. Der Anode **48b** wird während eines Betriebs der Brennstoffzelleneinheit **14b** ein aus dem Erdgas **12b** gewonnenes Reformat **52b** zugeführt. Der Kathode **50b** wird während eines Betriebs der Brennstoffzelleneinheit **14b** ein Kathodengas **54b**, insbesondere Luftsauerstoff, zugeführt. Ferner weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10b** eine der Brennstoffzelleneinheit **14b** strömungstechnisch vorgeschaltete Entschwefelungseinheit **56b** auf. Die Entschwefelungseinheit **56b** ist dazu vorgesehen, das Erdgas **12b** zumindest teilweise zu entschwefeln. Die Reformereinheit **16b** ist der Entschwefelungseinheit **56b** strömungstechnisch nachgeschaltet.

[0024] Das Erdgas **12b** wird während eines Betriebs der Brennstoffzelleneinheit **14b** über eine Versorgungsleitung **58b** in das Brennstoffzellensystem **44b** eingespeist. Das Erdgas **12b** wird mittels eines Verdichters **60b** gefördert. Vor Eintritt in die Reformereinheit **16b** wird das entschwefelte Erdgas **12b** mittels eines Wärmeübertragers **62b** auf eine Prozesstemperatur erwärmt. Das aus der Reformereinheit **16b** austretende Reformat **52b** wird vor Eintritt in die Anode **48b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** mittels eines weiteren Wärmeübertragers **64b** temperiert. Das Kathodengas **54b** wird über eine weitere Versorgungsleitung **66b** in das Brennstoffzellensystem **44b** eingespeist. Das Kathodengas **54b** wird mittels eines Verdichters **68b** gefördert. Vor Eintritt in die Kathode **54b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** wird das Kathodengas **50b** mittels eines weiteren Wärmeübertragers **70b** erwärmt.

[0025] Ferner weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10b** einen Nachbrenner **72b** auf. Der Nachbrenner **72b** ist der Brennstoffzelleneinheit **14b** strömungstechnisch nachgeschaltet. Dem Nachbrenner **72b** wird ein Teil eines Anodenabgases **38b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** zugeführt. Der Nachbrenner **72b** ist dazu vorgesehen, in dem Anodenabgas **38b**

der Brennstoffzelleneinheit **14b** verbliebene brennbare Stoffe, insbesondere nicht umgesetzten Wasserstoff, zu verbrennen. Ein für einen Betrieb des Nachbrenners **72b** benötigter Sauerstoff wird dem Nachbrenner **72b** in Form eines Kathodenabgases **76b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** zugeführt. Ein Abgas **78b** des Nachbrenners **72b** wird aus dem Brennstoffzellensystem **44b** ausgeleitet. Die Brennstoffzellenvorrichtung **10b** weist ferner einen Rezirkulationskreis **36b** auf, welcher zu einer teilweisen Rezirkulation des wasserstoff- und wasserhaltigen Anodenabgases **38b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** vorgesehen ist. Der Rezirkulationskreis **36b** ist insbesondere dazu vorgesehen, das Anodenabgas **38b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** zumindest teilweise zur Vermischung mit dem Erdgas **12b** zurückzuführen. Ferner ist ein Verdichter **82b** in dem Rezirkulationskreis **36b** angeordnet. Durch die Rezirkulation des Anodenabgases **38b** kann Wasserdampf aus einem Reaktionsvorgang in der Brennstoffzelleneinheit **14b** zur Reformierung des Erdgases **12b** innerhalb der Reformereinheit **16b** verwendet werden. Ferner kann nicht umgesetzter Wasserstoff in die Brennstoffzelleneinheit **14b** zurückgeführt werden, wodurch ein Brennstoffnutzungsgrad erhöht werden kann. Des Weiteren weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10b** einen Startbrenner **84b** auf. Während eines Hochfahrens der Brennstoffzelleneinheit **14b** wird das Erdgas **12b** und Luft **86b** dem Startbrenner **84b**, welcher dazu vorgesehen ist, das Kathodengas **54b** während des Hochfahrens aufzuheizen, zugeführt. Über das aufgeheizte Kathodengas **54b** wird die Brennstoffzellenvorrichtung **10b**, insbesondere die Brennstoffzelleneinheit **14b**, auf eine Betriebstemperatur erwärmt.

[0026] Ferner weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10b** eine Regeleinheit **18b** auf, welche dazu vorgesehen ist, einen Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom **20b** des Erdgases **12b** in Abhängigkeit von einem Volumenstrom und/oder Massenstrom **26b** an einem Anodenausgang **28b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** zu regeln. Vorzugsweise ist die Regeleinheit **18b** dazu vorgesehen, den Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom **20b** des Erdgases **12b** derart zu regeln, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom **26b** am Anodenausgang **28b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** zumindest im Wesentlichen konstant ist. Die Regeleinheit **18b** weist ein Regelventil **30b** auf, welches zu einer Einstellung des Eintrittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms **20b** des Erdgases **12b** in Abhängigkeit von dem Volumenstrom und/oder Massenstrom **26b** am Anodenausgang **28b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** vorgesehen ist. Das Regelventil **30b** ist mittelbar und/oder unmittelbar durch die Regeleinheit **18b** ansteuerbar. Die Regeleinheit **18b** weist einen Durchflussmesser **34b** auf, welcher dazu vorgesehen ist, den Volumenstrom und/oder Massenstrom **26b**, insbesondere einen Volumenstrom und/oder Massenstrom des Anodenabgases **38b**, am

Anodenausgang **28a** der Brennstoffzelleneinheit **14a** zu erfassen. Ferner ist die Regeleinheit **18b** dazu vorgesehen, eine Rezirkulationsrate innerhalb des Rezirkulationskreises **36b** zumindest im Wesentlichen konstant zu halten. Die Regeleinheit **18b** weist einen Durchflussmesser **40b** auf, welcher dazu vorgesehen ist, einen Volumenstrom und/oder Massenstrom **42b** innerhalb des Rezirkulationskreises **36b** zu erfassen. Eine Zusammensetzung des Erdgases **12b** kann zeitliche und/oder örtliche Schwankungen aufweisen. Für eine definierte Zusammensetzung des Erdgases **12b** sind jeweils Referenzwerte für den Volumenstrom und/oder Massenstrom **26b** am Anodenausgang **28b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** in Abhängigkeit einer Temperatur der Brennstoffzelleneinheit **14b** definierbar. Die Referenzwerte sind insbesondere in einer Speichereinheit der Regeleinheit **18b** hinterlegt. Der Eingangsvolumenstrom **20b** des Erdgases **12b** wird durch die Regeleinheit **18b** derart geregelt, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom **26b** am Anodenausgang **28b** der Brennstoffzelleneinheit **14b** zumindest im Wesentlichen konstant ist und zumindest im Wesentlichen dem jeweiligen Referenzwert entspricht.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellenvorrichtung, welche dazu vorgesehen ist, mit einem Erdgas (12a; 12b) betrieben zu werden, mit einer Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) und mit einer Reformereinheit (16a; 16b), welche dazu vorgesehen ist, das Erdgas (12a; 12b) zumindest teilweise zu reformieren, **gekennzeichnet durch** eine Regeleinheit (18a; 18b), welche zumindest dazu vorgesehen ist, einen Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom (20a; 20b) des Erdgases (12a; 12b) in Abhängigkeit von zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom (22a; 22b) an einem Ausgang (24a; 24b) der Reformereinheit (16a; 16b) und/oder zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom (26a; 26b) an einem Anodenausgang (28a; 28b) der Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) zu regeln.
2. Brennstoffzellenvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinheit (18a; 18b) dazu vorgesehen ist, den Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom (20a; 20b) des Erdgases (12a; 12b) derart zu regeln, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom (22a; 22b) am Ausgang (24a; 24b) der Reformereinheit (16a; 16b) und/oder der Volumenstrom und/oder Massenstrom (26a; 26b) am Anodenausgang (28a; 28b) der Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) zumindest im Wesentlichen konstant ist.
3. Brennstoffzellenvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinheit (18a; 18b) zumindest ein Regelventil (30a; 30b) aufweist, welches zu einer Einstellung des Ein-

trittsvolumenstroms und/oder Eintrittsmassenstroms (20a; 20b) des Erdgases (12a; 12b) in Abhängigkeit von dem Volumenstrom und/oder Massenstrom (22a; 22b) am Ausgang (24a; 24b) der Reformereinheit (16a; 16b) und/oder dem Volumenstrom und/oder Massenstrom (26a; 26b) am Anodenausgang (28a; 28b) der Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) vorgesehen ist.

4. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinheit (18a) zumindest einen Durchflussmesser (32a) aufweist, welcher dazu vorgesehen ist, den Volumenstrom und/oder Massenstrom (22a) am Ausgang (24a) der Reformereinheit (16a) zu erfassen.

5. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinheit (18b) zumindest einen Durchflussmesser (34b) aufweist, welcher dazu vorgesehen ist, den Volumenstrom und/oder Massenstrom (26b) am Anodenausgang (28b) der Brennstoffzelleneinheit (14b) zu erfassen.

6. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Rezirkulationskreis (36a; 36b), welcher zu einer Rückführung eines Anodenabgases (38a; 38b) der Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) zu einer zumindest teilweisen Vermischung mit dem Erdgas (12a; 12b) vorgesehen ist, wobei die Regeleinheit (18a; 18b) dazu vorgesehen ist, eine Rezirkulationsrate zumindest im Wesentlichen konstant zu halten.

7. Brennstoffzellenvorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinheit (18a; 18b) zumindest einen Durchflussmesser (40a; 40b) aufweist, welcher dazu vorgesehen ist, einen Volumenstrom und/oder Massenstrom (42a; 42b) innerhalb des Rezirkulationskreises (36a; 36b) zu erfassen.

8. Brennstoffzellensystem mit zumindest einer Brennstoffzellenvorrichtung (10a; 10b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

9. Verfahren zum Betrieb einer Brennstoffzellenvorrichtung (10a; 10b), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche dazu vorgesehen ist, mit einem Erdgas (12a; 12b) betrieben zu werden, mit einer Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) und mit einer Reformereinheit (16a; 16b), welche dazu vorgesehen ist, das Erdgas (12a; 12b) zumindest teilweise zu reformieren, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom (20a; 20b) des Erdgases (12a; 12b) in Abhängigkeit von zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom (22a; 22b) an einem Ausgang (24a; 24b) der Reformereinheit (16a; 16b)

und/oder zumindest einem Volumenstrom und/oder Massenstrom (26a; 26b) an einem Anodenausgang (28a; 28b) der Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) geregelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Eintrittsvolumenstrom und/oder Eintrittsmassenstrom (20a; 20b) des Erdgases (12a; 12b) derart geregelt wird, dass der Volumenstrom und/oder Massenstrom (22a; 22b) am Ausgang (24a; 24b) der Reformereinheit (16a; 16b) und/oder der Volumenstrom und/oder Massenstrom (26a; 26b) am Anodenausgang (28a; 28b) der Brennstoffzelleneinheit (14a; 14b) zumindest im Wesentlichen konstant gehalten werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

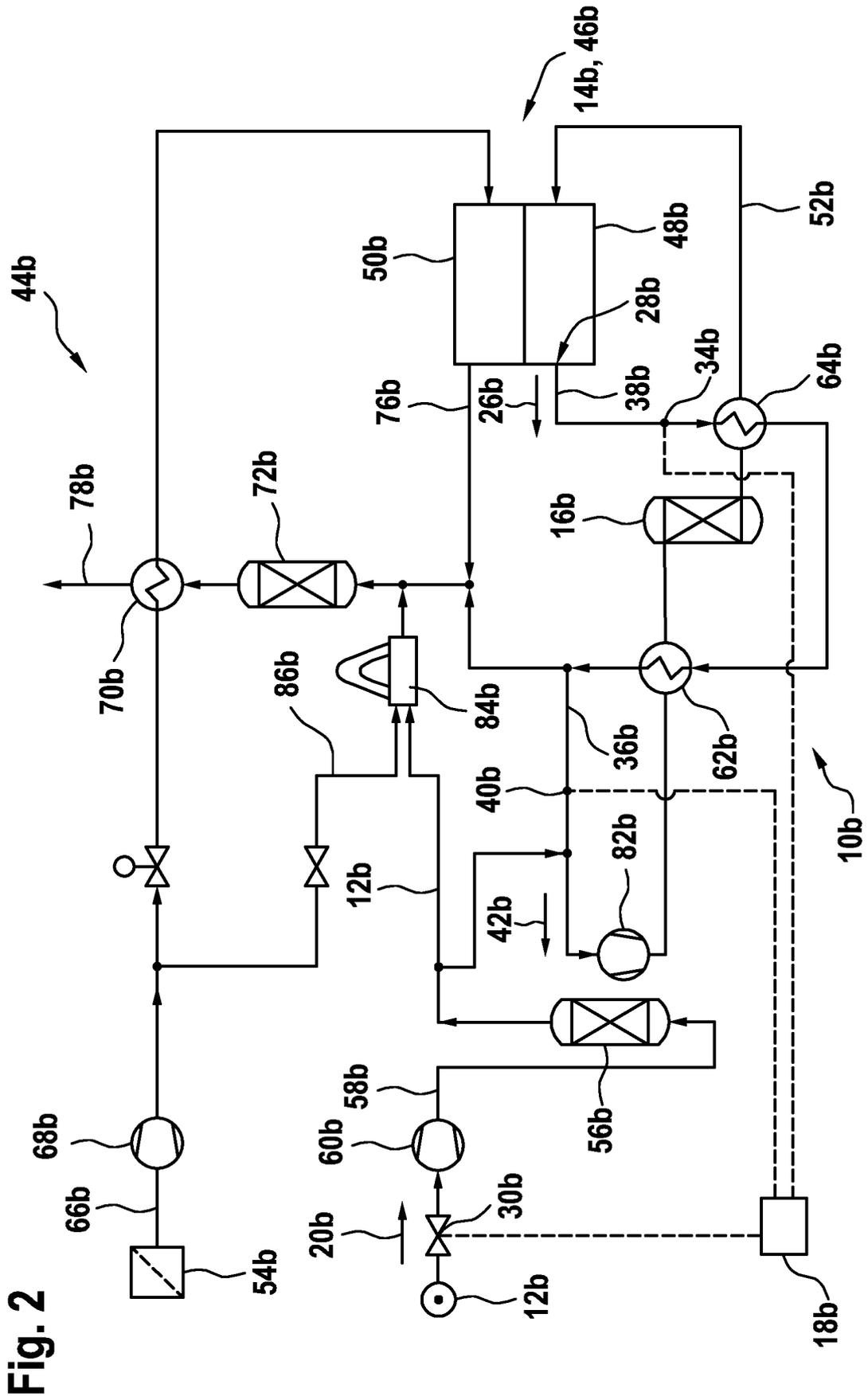


Fig. 2