

(12)

Patentschrift

(21)

Anmeldenummer:

A 50370/2018

(22)

Anmeldetag:

03.05.2018

(45)

Veröffentlicht am:

15.11.2020

(51)

Int. Cl.:

H01M 8/04537 (2016.01)

H01M 8/04746 (2016.01)

H01M 8/124 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen: US 2017260902 A1 WO 2011089082 A2 CA 3009462 A1 WO 2010044772 A1 DE 102015215927 A1	(73) Patentinhaber: AVL List GmbH 8020 Graz (AT) (72) Erfinder: Hauth Martin Dr. 8020 Graz (AT) (74) Vertreter: Kopetz Heinrich Dipl.Ing. 8020 Graz (AT)
---	--

(54)

Brennstoffzellensystem, stationäres Kraftwerk sowie Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1), aufweisend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (10) mit einem Anodenabschnitt (11) und einem Kathodenabschnitt (12), einen Kathodenzuführabschnitt (20) zum Zuführen von Kathodengas (30) zum Kathodenabschnitt (12), einen Anodenzuführabschnitt (21) zum Zuführen von Anodengas (31) zum Anodenabschnitt (11), einen Kathodenabgasabschnitt (22) zum Abführen von Kathodenabgas (32) vom Kathodenabschnitt (12), einen Anodenabgasabschnitt (23) zum Abführen von Anodenabgas (33) vom Anodenabschnitt (11), wobei der Kathodenabgasabschnitt (22) und der Anodenabgasabschnitt (23) in einen Abgasbrenner (40) zum zumindest teilweisen Verbrennen des Kathodenabgases (32) und des Anodenabgases (33) münden, sowie einen Abgasabfuhrabschnitt (24) zum Abführen von Brennstoffzellenabgas (34) vom Abgasbrenner (40). Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Stationäres Kraftwerk (100) zur Erzeugung elektrischer Energie, aufweisend ein Brennstoffzellensystem (1) sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1) oder eines stationären Kraftwerks (100) mit einem Brennstoffzellensystem (1), wobei das Brennstoffzellensystem (1) elektrische Energie für ein nachgeschaltetes elektrisches Verbrauchernetz (101) erzeugt.

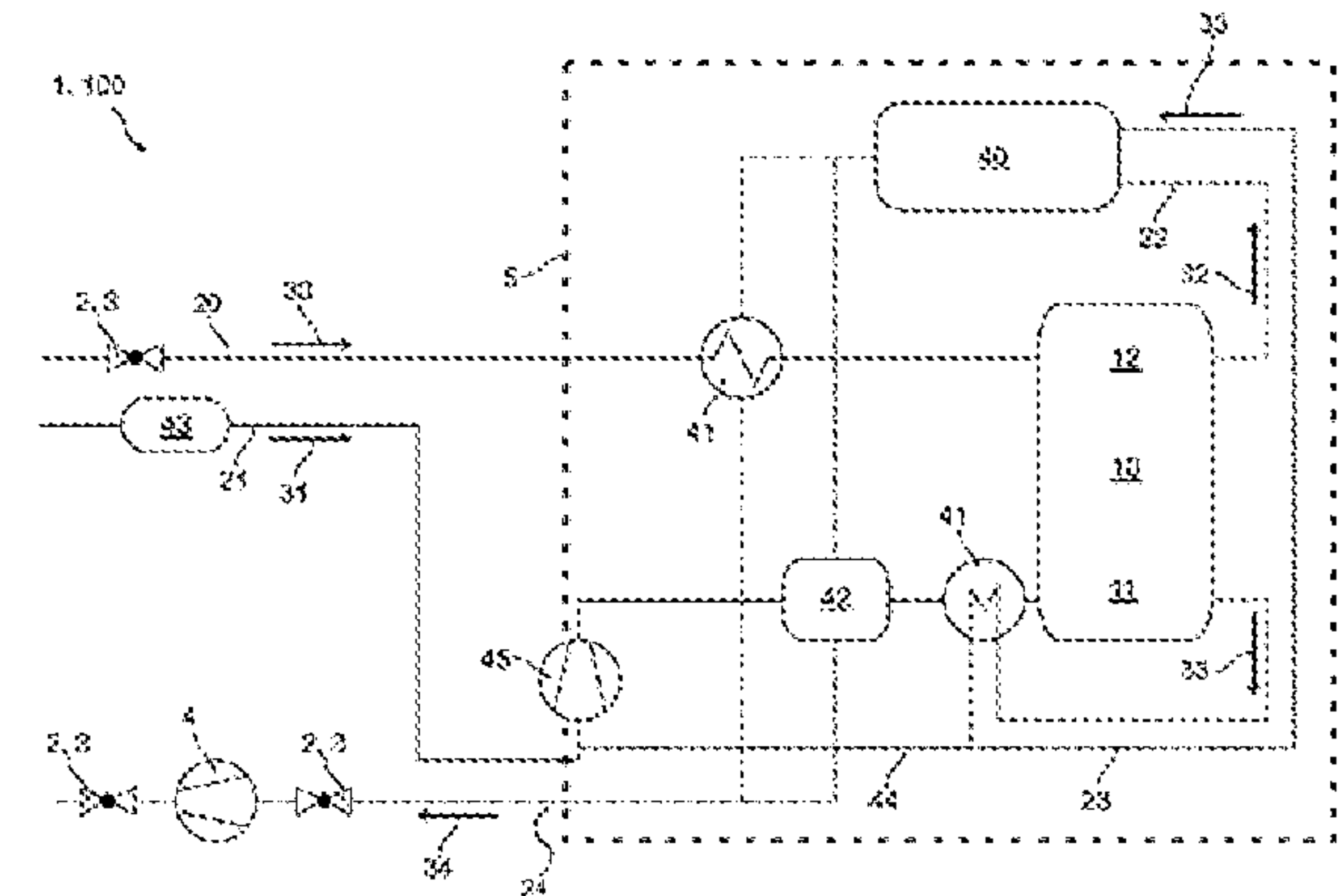


Fig. 1

Beschreibung

BRENNSTOFFZELLENSYSTEM, STATIONÄRES KRAFTWERK SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, aufweisend zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, einen Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodengas zum Kathodenabschnitt, einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodengas zum Anodenabschnitt, einen Kathodenabgasabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt, einen Anodenabgasabschnitt zum Abführen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt, wobei der Kathodenabgasabschnitt und der Anodenabgasabschnitt in einen Abgasbrenner zum zumindest teilweisen Verbrennen des Kathodenabgases und des Anodenabgases münden, sowie einen Abgasabfuhrabschnitt zum Abführen von Brennstoffzellenabgas vom Abgasbrenner. Ferner betrifft die Erfindung ein stationäres Kraftwerk zur Erzeugung elektrischer Energie, aufweisend ein Brennstoffzellensystem. Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems oder eines stationären Kraftwerks mit einem Brennstoffzellensystem, wobei das Brennstoffzellensystem elektrische Energie für ein nachgeschaltetes elektrisches Verbrauchernetz erzeugt.

[0002] In der modernen Technik werden Brennstoffzellensysteme, oftmals aufweisend einen oder mehrere Brennstoffzellenstapel mit jeweils einer Vielzahl an Brennstoffzellen, unter anderem in stationären Kraftwerken zur Erzeugung von elektrischer Energie für ein nachgeschaltetes Verbrauchernetz eingesetzt. Ein Brennstoffzellensystem ist insbesondere eine besonders energieeffiziente Möglichkeit, um elektrischen Strom zu erzeugen. Insbesondere Festoxidbrennstoffzellen (SOFC), die bei hohen Temperaturen betrieben werden, haben sich für diesen Einsatz als besonders geeignet erwiesen.

[0003] Ein Kraftwerk, welches zur Stromversorgung eines nachgeschalteten Verbrauchernetzes eingesetzt wird, muss gewährleisten, dass stets eine benötigte elektrische Leistung zur Verfügung steht. Dabei gibt es verschiedene Regelstufen (primär, sekundär, tertiär), welche angeben, innerhalb welcher Zeitspanne (Sekunden, 5 Minuten, 15 Minuten) auf Änderungen im Verbrauchernetz reagiert werden muss, um eine Frequenzstabilität im Verbrauchernetz sicherzustellen. Brennstoffzellen, insbesondere SOFCs, sind zumeist nicht dazu geeignet, in einer so kurzen Zeit ihre Leistung zu erhöhen oder zu reduzieren. Auch kann ein derartiges Brennstoffzellensystem im Wesentlichen nicht einfach ausgeschaltet und wieder eingeschaltet werden, da das Brennstoffzellensystem immer eine gewisse Betriebstemperatur braucht.

[0004] Aus dem Stand der Technik, beispielsweise der DE 10 2013 207 349 A1, ist bekannt, bei einem plötzlichen Einbruch der benötigten elektrischen Leistung im Verbrauchernetz, die freiwerdende elektrische Leistung einer Widerstandslast in Wärme umzuwandeln. Diese Wärme kann auf verschiedene Weisen verwendet werden, beispielsweise um das Brennstoffzellensystem auf einer Betriebstemperatur zu halten. Nachteilig hierbei kann jedoch sein, dass dieser Verbrauch von elektrischer Leistung in der Widerstandslast oftmals nicht schlagartig erfolgen kann und somit nur mit einer gewissen Verzögerung durchgeführt werden kann.

[0005] Weitere Brennstoffzellensysteme, welcher dieser Problematik Rechnung tragen, sind beispielsweise aus der US 2017260902 A1, der WO 2011089082 A2, der CA 3009462 A1 und der WO 2010044772 A1 bekannt.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen beziehungsweise zumindest alternative Lösungsmöglichkeiten zu schaffen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Brennstoffzellensystem, ein stationäres Kraftwerk sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems zu schaffen, die in besonders einfacher und kostengünstiger Art und Weise ein Brennstoffzellensystem, ein stationäres Kraftwerk sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems dahingehend verbessern, dass eine freiwerdende elektrische Leistung insbeson-

dere besonders schnell verbraucht werden kann, um einen Betrieb des Brennstoffzellensystems mit konstanter oder zumindest im Wesentlichen konstanter elektrischer Ausgangsleistung zu ermöglichen.

[0007] Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Brennstoffzellensystem gemäß dem unabhängigen Anspruch 1, durch das stationäre Kraftwerk gemäß dem nebengeordneten Anspruch 9 sowie durch das Verfahren gemäß dem nebengeordneten Anspruch 10 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 erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen stationären Kraftwerk sowie dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

[0008] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch ein Brennstoffzellensystem, aufweisend zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, einen Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodengas zum Kathodenabschnitt, einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodengas zum Anodenabschnitt, einen Kathodenabgasabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt, einen Anodenabgasabschnitt zum Abführen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt, wobei der Kathodenabgasabschnitt und der Anodenabgasabschnitt in einen Abgasbrenner zum zumindest teilweisen Verbrennen des Kathodenabgases und des Anodenabgases münden, sowie einen Abgasabfuhrabschnitt zum Abführen von Brennstoffzellenabgas vom Abgasbrenner. Ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem ist dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasabfuhrabschnitt ein Strömungselement zum Variieren eines Strömungswiderstands für das strömende Gas und ein Gebläse zum Fördern des Brennstoffzellenabgases aufweist, wobei das Strömungselement ein ansteuerbares Drosselement umfasst.

[0009] Ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem weist zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt auf. Für eine Erzeugung elektrischer Energie werden dem Kathodenabschnitt durch einen Kathodenzuführabschnitt ein Kathodengas, insbesondere ein sauerstoffhaltiges Gas wie beispielsweise Luft, sowie dem Anodenabschnitt durch einen Anodenzuführabschnitt ein Anodengas, insbesondere ein wasserstoffhaltiges Gas, zugeführt. Das Anodengas kann insbesondere auch besonders aufbereitet sein, beispielsweise durch einen Reformer als Teil des Brennstoffzellensystems. Durch einen derartigen Reformer kann zum Beispiel Erdgas, insbesondere das im Erdgas enthaltene Methan, unter Beifügung von Wasser und Wärme derart aufbereitet werden, dass als Anodengas ein wasserstoffhaltiges Gasgemisch entsteht. In der stromerzeugenden Reaktion im Brennstoffzellenstapel diffundieren zumeist Sauerstoffionen vom Kathodenabschnitt durch einen Elektrolyten zum Anodenabschnitt und reagieren dort mit dem Anodengas. Nicht verbrauchtes Kathodengas wird als Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt durch einen Kathodenabgasabschnitt abgeleitet, entsprechend werden nicht verbrauchtes Anodengas sowie die entstandenen Reaktionsprodukte als Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt durch einen Anodenabgasabschnitt abgeleitet. Stromabwärts münden sowohl der Kathodenabgasabschnitt als auch der Anodenabgasabschnitt in einem Abgasbrenner, in dem zumindest teilweise das Kathodenabgas zusammen mit dem Anodenabgas verbrannt wird. Dies kann beispielsweise eine weitere Reinigung des gesamten Abgases des Brennstoffzellensystems, aber auch eine zusätzliche thermische Verwertung des Kathodenabgases und des Anodenabgases zur Steigerung der totalen Energieeffizienz bereitstellen. Anschließend an den Abgasbrenner wird das im Abgasbrenner erzeugte Brennstoffzellenabgas in einem Abgasabfuhrabschnitt abgeführt.

[0010] Der Betrieb eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems erfordert zumindest im Wesentlichen konstante oder wenigstens ansatzweise konstante Bedingungen. Insbesondere ein schnelles Ändern der elektrischen Ausgangsleistung, sowohl hinsichtlich einer Steigerung als auch hinsichtlich einer Verringerung, ist nicht ohne weiteres möglich. Insbesondere ein plötzliches Absinken eines Bedarfs an elektrischer Leistung kann sich insbesondere bei einem Einsatz eines

erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems zum Erzeugen der elektrischen Energie als problematisch herausstellen.

[0011] Es ist daher bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem vorgesehen, die insbesondere bei einem Absinken eines Bedarfs an elektrischer Leistung freiwerdende elektrische Leistung zumindest teilweise intern im Brennstoffzellensystem selbst zu verbrauchen. Erfindungswesentlich weist der Abgasabfuhrabschnitt dafür ein Strömungselement zum Variieren eines Strömungswiderstands für das jeweils strömende Gas sowie ein Gebläse zum Fördern des Brennstoffzellenabgases auf. Durch das Strömungselement kann ein Strömungswiderstand erhöht werden, wobei das Gebläse für eine zumindest teilweise Kompensation dieser Erhöhung mit gesteigerter Leistung betrieben werden kann. Diese Leistungssteigerung geht mit einem vermehrten Verbrauch an elektrischer Energie einher, die bevorzugt vom Brennstoffzellensystem selbst direkt oder indirekt bereitgestellt wird. Eine zumindest teilweise Kompensation der bei einem Absinken eines Bedarfs an elektrischer Leistung freiwerdenden elektrischen Leistung kann auf diese Weise bereitgestellt werden. Ein konstanter oder zumindest im Wesentlichen konstanter Betrieb des Brennstoffzellensystems kann somit auf diese Weise ermöglicht werden.

[0012] Mit anderen Worten wird im Strömungspfad, der aus Kathodenzuführabschnitt, Kathodenabschnitt, Kathodenabgasabschnitt, Abgasbrenner und Abgasabfuhrabschnitt fluidkommunizierend gebildet ist, ein Strömungselement angeordnet, durch das ein Strömungswiderstand im gesamten Strömungspfad variiert, insbesondere erhöht werden kann. Gleichzeitig ist ein Gebläse angeordnet, durch das eine Förderung des Brennstoffzellenabgases bereitgestellt werden kann. Das Gebläse ist im Rahmen der Erfindung als Abgasgebläse ausgebildet und im Abgasabfuhrabschnitt angeordnet. Alternativ kann auch zusätzlich ein Kathodengebläse ausgebildet und im Kathodenzuführabschnitt angeordnet sein. Grundsätzlich ist es also denkbar, dass sowohl der Kathodenzuführabschnitt als auch der Abgasabfuhrabschnitt ein Gebläse aufweisen. Wie oben bereits beschrieben, sind der Kathodenzuführabschnitt, der Kathodenabschnitt, der Kathodenabgasabschnitt, der Abgasbrenner und der Abgasabfuhrabschnitt fluidkommunizierend als ein gemeinsamer Strömungspfad verbunden. Das Gebläse ist somit insbesondere auch zum Fördern des Kathodengases im Kathodenzuführabschnitt sowie des Kathodenabgases im Kathodenabgasabschnitt ausgebildet. Für diese Aufgabe kann das Gebläse insbesondere als ein Sauggebläse ausgebildet sein. Mit anderen Worten erzeugt das Gebläse im Abgasabfuhrabschnitt einen Unterdruck, der sowohl das Brennstoffzellenabgas im Abgasabfuhrabschnitt, als auch das Kathodenabgas im Kathodenabgasabschnitt sowie das Kathodengas im Kathodenzuführabschnitt fördert. Das Gebläse ist im Abgasabfuhrabschnitt angeordnet. Das Anordnen des Gebläses im Abgasabfuhrabschnitt bringt hierbei insbesondere den Vorteil mit sich, dass die Gase im Strömungspfad, insbesondere das Kathodengas im Kathodenzuführabschnitt, das Kathodenabgas im Kathodenabgasabschnitt sowie das Brennstoffzellenabgas im Abgasabfuhrabschnitt, durch den Strömungspfad gezogen beziehungsweise gesaugt werden. Besonders gute Strömungseigenschaften, insbesondere ein Vermeiden von Stauungen der strömenden Gase und damit einhergehende Druckspitzen, können auf diese Weise bereitgestellt werden.

[0013] Darüber hinaus ist das Gebläse wie oben beschrieben bevorzugt derart ansteuerbar, dass die durch das Strömungselement erzeugte Variation des Strömungswiderstands im Strömungspfad zumindest teilweise kompensiert werden kann. Dieses Kompensieren ermöglicht einen zumindest im Wesentlichen unveränderten Betrieb des Brennstoffzellensystems, zumindest hinsichtlich des Gassystems des Brennstoffzellensystems. Ferner führt es zu einem erhöhten Verbrauch an elektrischer Energie im Gebläse. Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Variation, insbesondere die Erhöhung, des Strömungswiderstands durch das Strömungselement derart ausgeführt wird, dass die durch das Gebläse vermehrt benötigte elektrische Energie derjenigen elektrischen Energie entspricht oder zumindest im Wesentlichen entspricht, die bei einem Absinken eines Bedarfs an elektrischer Leistung frei wird. Auf diese Weise kann auch hinsichtlich der durch das Brennstoffzellensystem bereitgestellten elektrischen Leistung ein zumindest im Wesentlichen konstanter Betrieb des Brennstoffzellensystems ermöglicht werden.

[0014] Zusammenfassend kann bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem besonders einfach, kostengünstig und insbesondere zeitlich schnell ein internes Verbrauchen der frei-

werdenden elektrischen Energie, die bei einer Verringerung einer Lastanforderung auftritt, bereitgestellt werden. Dies kann insbesondere durch das Zusammenspiel des Strömungselements und des Gebläses des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems ermöglicht werden.

[0015] Günstig ist es, wenn der Kathodenzuführabschnitt ein Gebläse zum Fördern des Brennstoffzellenabgases aufweist. Das Gebläse kann im Rahmen der Erfindung als Abgasgebläse ausgebildet und im Abgasabfuhrabschnitt angeordnet sein. Alternativ kann dieses auch als Kathodengebläse ausgebildet und im Kathodenzuführabschnitt angeordnet sein. Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass sowohl der Kathodenzuführabschnitt als auch der Abgasabfuhrabschnitt ein Gebläse aufweisen.

[0016] Ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem kann ferner dahingehend ausgebildet sein, dass ein Strömungselement im Kathodenabschnitt angeordnet ist und zumindest ein ansteuerbares Drosselement umfasst. Ein derartiges ansteuerbares Drosselement stellt eine mechanisch besonders einfache Möglichkeit dar, um ein Strömungselement zu realisieren. Insbesondere können bevorzugt auch geeignete ansteuerbare Drosselemente als Strömungselement im Sinne der Erfindung verwendet werden, die bereits im Kathodenzuführabschnitt vorhanden sind. Durch die Möglichkeit der Ansteuerung kann der Strömungswiderstand im Strömungspfad, in dieser Ausgestaltungsform insbesondere im Kathodenzuführabschnitt, gezielt und insbesondere reversibel eingestellt werden. Eine besonders bedarfsgerechte und -angepasste Einstellung des Strömungswiderstands des gesamten Strömungspfades kann auf diese Weise bereitgestellt werden. Ist das Gebläse im Kathodenzuführabschnitt angeordnet, kann das ansteuerbare Drosselventil mit Vorteil stromaufwärts des Gebläses angeordnet sein. Günstig kann es auch sein, wenn zwei ansteuerbare Drosselventile im Kathodenzuführabschnitt vorgesehen sind, wobei ein erstes Drosselventil stromaufwärts und ein zweites Drosselventil stromabwärts des Gebläses angeordnet ist.

[0017] Es ist günstig, wenn das Drosselement im Abgasabfuhrabschnitt stromabwärts des Gebläses angeordnet ist. Hierbei ist das Gebläse im Abgasabfuhrabschnitt angeordnet. Auch in dieser Ausgestaltungsform stellt ein ansteuerbares Drosselement eine mechanisch besonders einfache Möglichkeit dar, um ein Strömungselement zu realisieren. Ferner können bevorzugt auch geeignete ansteuerbare Drosselemente als Strömungselement im Sinne der Erfindung verwendet werden, die bereits im Abgasabfuhrabschnitt vorhanden sind. Durch die Möglichkeit der Ansteuerung kann der Strömungswiderstand im Strömungspfad, in dieser Ausgestaltungsform insbesondere im Abgasabfuhrabschnitt, gezielt und insbesondere reversibel eingestellt werden. Eine besonders bedarfsgerechte und -angepasste Einstellung des Strömungswiderstands des gesamten Strömungspfades kann auch auf diese Weise bereitgestellt werden. Auch wenn das Gebläse im Kathodenzuführabschnitt angeordnet ist, kann mit Vorteil ein ansteuerbares Drosselement im Abgasabfuhrabschnitt vorgesehen sein.

[0018] Alternativ oder zusätzlich kann ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem dahingehend ausgebildet sein, dass das ansteuerbare Drosselement im Abgasabfuhrabschnitt stromaufwärts des Abgassauggebläses angeordnet ist. Dabei ist das Gebläse insbesondere als Abgasgebläse ausgebildet und im Abgasabfuhrabschnitt angeordnet. Diese Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems stellt eine weitere alternative oder zusätzliche Möglichkeit dar, um das erfindungsgemäße Strömungselement im Strömungspfad zu platzieren. Sämtliche Vorteile, die in Bezug auf das Strömungselement an anderen Orten im Strömungspfad beschrieben worden sind, können auch in dieser Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems bereitgestellt werden.

[0019] Zusammenfassend können ein oder mehrere Strömungselemente im Strömungspfad, umfassend insbesondere den Kathodenzuführabschnitt und den Abgasabfuhrabschnitt, angeordnet werden. Auf diese Weise kann insbesondere eine besonders bedarfsgerechte und -angepasste Platzierung des Strömungselements und dadurch auch eine besonders bedarfsgerechte und -angepasste Beeinflussung des Strömungswiderstands bereitgestellt werden.

[0020] Ferner kann bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem vorgesehen sein, dass der Abgasabfuhrabschnitt mit einem Wärmetauscherelement im Kathodenzuführabschnitt

zur Abgabe von Wärmeenergie an das Kathodenzuführgas verbunden ist. Das Brennstoffzellenabgas, das bei dem zumindest teilweisen Verbrennen des Kathodenabgases mit dem Anodenabgas im Abgasbrenner entsteht, weist zumeist eine hohe Temperatur auf. Durch ein Wärmetauscherelement kann die somit im Brennstoffzellenabgas gespeicherte Wärmeenergie zumindest teilweise an das Kathodengas transferiert werden. Heizelemente zum Aufheizen des Kathodengases können auf diese Weise entfallen oder zumindest kleiner dimensioniert werden. Insgesamt kann somit auf diese Weise eine Energieeffizienz eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems gesteigert werden.

[0021] Darüber hinaus kann alternativ oder zusätzlich ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem ferner derart ausgebildet sein, dass der Abgasabfuhrabschnitt mit einem Reformer im Anodenzufuhrabschnitt zur Bereitstellung von Wärmeenergie verbunden ist. In einem derartigen Reformer kann, wie oben bereits beschrieben, das Anodengas aufbereitet werden, beispielsweise durch eine Reformierung von Erdgas, insbesondere des im Erdgas enthaltenen Methans, unter Beifügung von Wasser und Wärme derart, dass ein wasserstoffhaltiges Gasgemisch als Anodengas entsteht. Durch eine Verbindung des Abgasabfuhrabschnitts mit dem Reformer im Anodenzufuhrabschnitt kann die zur Aufbereitung notwendige Wärmeenergie zumindest teilweise durch das heiße Brennstoffzellenabgas bereitgestellt werden. Heizelemente zum Aufheizen des Reformers können auf diese Weise entfallen oder zumindest kleiner dimensioniert werden. Insgesamt kann somit auch auf diese Weise eine Energieeffizienz eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems gesteigert werden.

[0022] Ferner kann bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem vorgesehen sein, dass das Brennstoffzellensystem ein elektrisches Verbindungselement zum direkten und/oder indirekten Versorgen des Gebläses mit elektrischer Energie des Brennstoffzellenstapels aufweist. Auf diese Weise kann, insbesondere durch das elektrische Verbindungselement, besonders einfach ein Bereitstellen der durch das Gebläse benötigten elektrischen Energie durch das Brennstoffzellensystem selbst sichergestellt werden. Ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem erzeugt zumeist elektrische Energie in Form von Gleichstrom. Bei einem Gebläse, das ebenfalls elektrische Energie in Form von Gleichstrom benötigt, kann somit erfindungsgemäß durch das elektrische Verbindungselement bevorzugt direkt die benötigte elektrische Energie an das Gebläse geleitet werden. Bei einem alternativen Gebläse, das elektrische Energie in Form von Wechselstrom benötigt, kann es vorteilhaft sein, durch das elektrische Verbindungselement die elektrische Energie nach einem Gleichstrom-Wechselstrom-Konverter zu entnehmen, wie er beispielsweise bei einem Anschluss an ein nachgeschaltetes Verbrauchernetz zumeist vorhanden ist. Insbesondere kann somit durch ein entsprechend ausgebildetes elektrisches Verbindungselement für alle möglichen Kombinationen aus durch das Brennstoffzellensystem bereitgestellter elektrischer Energieform und der durch das Gebläse benötigten elektrischen Energieform eine sichere Bereitstellung der durch das Gebläse benötigten elektrischen Energie durch das Brennstoffzellensystem selbst ermöglicht werden.

[0023] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe durch ein stationäres Kraftwerk zur Erzeugung elektrischer Energie, aufweisend ein Brennstoffzellensystem gelöst. Ein erfindungsgemäßes stationäres Kraftwerk ist dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ausgebildet ist. Sämtliche Vorteile, die ausführlich in Bezug auf ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung beschrieben worden sind, können somit auch durch ein stationäres Kraftwerk gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung bereitgestellt werden, dessen Brennstoffzellensystem gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ausgebildet ist.

[0024] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung oder eines stationären Kraftwerks mit einem Brennstoffzellensystem gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung, wobei das Brennstoffzellensystem elektrische Energie für ein nachgeschaltetes elektrisches Verbrauchernetz erzeugt. Ein erfindungsgemäßes Verfahren ist durch folgende Schritte gekennzeichnet:

- [0025] a) Erkennen eines Lastabfalls im nachgeschalteten Verbrauchernetz,
[0026] b) Erhöhen eines Strömungswiderstands durch das Strömungselement,
[0027] c) Erhöhen einer Pumpleistung des Gebläses zur zumindest teilweisen Kompensation des in Schritt b) erhöhten Strömungswiderstands durch wenigstens teilweises Zuleiten von durch das Brennstoffzellensystem erzeugter elektrischer Energie, welche durch den in Schritt a) erkannten Lastabfall frei wird.

[0028] Durch ein erfindungsgemäßes Verfahren wird ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung oder ein stationäres Kraftwerk gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung betrieben. Sämtliche Vorteile, die ausführlich in Bezug auf ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung beziehungsweise in Bezug auf ein stationäres Kraftwerk gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung beschrieben worden sind, können somit auch durch ein Verfahren gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung bereitgestellt werden, das zum Betreiben eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung oder eines stationären Kraftwerks gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ausgebildet ist.

[0029] Durch ein erfindungsgemäßes Verfahren wird ein Brennstoffzellensystem beziehungsweise ein stationäres Kraftwerk mit einem Brennstoffzellensystem betrieben. Insbesondere wird durch das Brennstoffzellensystem, direkt oder als bevorzugt primärer Stromerzeuger im Kraftwerk, elektrische Energie für ein nachgeschaltetes elektrisches Verbrauchernetz erzeugt. Ein derartiges Verbrauchernetz kann insbesondere bevorzugt als ein lokales, regionales und/oder überregionales Stromnetz ausgebildet sein.

[0030] Ein derartiges nachgeschaltetes elektrisches Verbrauchernetz kann mitunter großen Schwankungen im Bedarf an elektrischer Energie unterworfen sein, bis hin zu einem völligen Lastabwurf, bei dem plötzlich, insbesondere innerhalb weniger Minuten oder gar Sekunden, der Bedarf an elektrischer Energie völlig oder zumindest im Wesentlichen völlig auf null zurückgeht. Um auf derartige Schwankungen reagieren zu können wird im ersten Schritt a) eines erfindungsgemäßen Verfahrens ein Lastabfall im nachgeschalteten Verbrauchernetz erkannt. Ein Erkennen im Sinne der Erfindung umfasst insbesondere die dafür notwendigen Maßnahmen, beispielsweise ein bevorzugt wiederholtes Messen des angeforderten Bedarfs beziehungsweise eine Auswertung dieser Messungen. Mit anderen Worten steht nach Durchführung des Schritts a) eines erfindungsgemäßen Verfahrens die Information zur Verfügung, dass im nachgeschalteten Verbrauchernetz ein Lastabfall aufgetreten ist.

[0031] In den nächsten beiden Schritten b) und c) eines erfindungsgemäßen Verfahrens werden Maßnahmen ergriffen, um diesen Lastabfall zumindest teilweise zu kompensieren und gleichzeitig das Brennstoffzellensystem, insbesondere den Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems, möglichst unverändert weiter zu betreiben. Dafür wird im nächsten Schritt b) eines erfindungsgemäßen Verfahrens ein Strömungswiderstand durch das Strömungselement des Brennstoffzellensystems erhöht. Ein derartig erhöhter Strömungswiderstand würde zu einer verminderten Zufuhr von Kathodengas zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels führen. Um dies zumindest teilweise zu kompensieren wird, zeitlich nachgeschaltet oder bevorzugt gleichzeitig, im Schritt c) eines erfindungsgemäßen Verfahrens eine Pumpleistung des Gebläses des Brennstoffzellensystems erhöht. Auf diese Weise kann die Versorgung des Brennstoffzellenstapels mit Kathodengas zumindest ansatzweise, insbesondere ausreichend, konstant gehalten werden. Dieses Erhöhen der Pumpleistung geht automatisch mit einem gesteigerten Bedarf des Gebläses an elektrischer Energie einher. Um diesen vermehrten Energiebedarf des Gebläses zu bedienen, wird dafür erfindungswesentlich wenigstens ein Teil der durch das Brennstoffzellensystem erzeugten elektrischen Energie, welche durch den in Schritt a) erkannten Lastabfall frei wird, verwendet.

[0032] Auf diese Weise ergeben sich mehrere Vorteile eines erfindungsgemäßen Verfahrens. So kann durch die zumindest teilweise Kompensation des erhöhten Strömungswiderstands im Strömungspfad durch die gleichzeitige Erhöhung der Pumpleistung des Gebläses der Betrieb des

Brennstoffzellensystems hinsichtlich Versorgung mit Kathodengas zumindest im Wesentlichen ohne Veränderung weitergeführt werden. Zugleich wird die durch den Brennstoffzellenstapel erzeugte elektrische Energie durch den vermehrten Bedarf des Gebläses zumindest teilweise intern im Brennstoffzellensystem verbraucht, so dass auch der verminderte Bedarf an elektrischer Energie im nachgeschalteten Verbrauchernetz zumindest teilweise kompensiert werden kann. Dies kann durch den Einsatz des Gebläses als Verbraucher der freiwerdenden elektrischen Energie insbesondere besonders schnell und mit keiner oder nur geringer zeitlicher Verzögerung zum in Schritt a) festgestellten Lastabfall bereitgestellt werden. Mit anderen Worten kann das Brennstoffzellensystem, insbesondere der Brennstoffzellenstapel, mit einer zumindest im Wesentlichen konstanten Erzeugungsrate an elektrischer Energie betrieben werden, unabhängig von einem Bedarf an elektrischer Energie im nachgeschalteten Verbrauchernetz.

[0033] Ferner kann bei einem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass in Schritt c) zum Erhöhen der Pumpleistung die gesamte oder zumindest im Wesentlichen die gesamte durch den in Schritt a) erkannten Lastabfall freiwerdende elektrischer Energie dem Gebläse zugeführt wird. Eine vollständige oder zumindest im Wesentlichen vollständige Kompensation des in Schritt a) festgestellten Lastabfalls durch den erhöhten Verbrauch an elektrischer Energie durch das Gebläse kann auf diese Weise bereitgestellt werden.

[0034] Alternativ oder zusätzlich kann ein erfindungsgemäße Verfahren ferner dahingehend ausgebildet sein, dass in Schritt c) durch die Erhöhung der Pumpleistung des Gebläses der in Schritt b) erhöhte Strömungswiderstand vollständig oder zumindest im Wesentlichen vollständig kompensiert wird. Mit anderen Worten ändert sich der Volumenstrom an Kathodengas im Kathoden-zuführabschnitt beziehungsweise an Brennstoffzellenabgas im Abgasabführabschnitt nicht oder zumindest nicht wesentlich, auch wenn der Strömungswiderstand in Schritt b) durch das Strömungselement erhöht worden ist. Ein Betrieb des Brennstoffzellensystems hinsichtlich Versorgung mit Kathodengas kann auf diese Weise ohne Veränderung oder zumindest im Wesentlichen ohne Veränderung weitergeführt werden.

[0035] Besonders bevorzugt kann bei einem erfindungsgemäßen Verfahren ferner vorgesehen sein, dass Schritt a) eine kontinuierliche oder zumindest im Wesentlichen kontinuierliche Überwachung des nachgeschalteten Verbrauchernetzes umfasst. Auf diese Weise können Schwankungen des Bedarfs an elektrischer Energie im Verbrauchernetz, insbesondere Lastabfälle bis hin zu einem vollständigen Lastabwurf, besonders schnell und zeitnah festgestellt werden. Eine Kompensation der freiwerdenden elektrischen Energie durch einen Verbrauch im Gebläse kann somit ebenfalls besonders schnell und zeitnah eingeleitet werden.

[0036] Auch kann ein erfindungsgemäßes Verfahren dahingehend ausgebildet sein, dass in Schritt c) die freiwerdende elektrische Energie direkt vom Brennstoffzellenstapel dem Gebläse als Gleichstrom zugeleitet wird. Ein direktes Zuleiten der elektrischen Energie im Sinne der Erfindung umfasst insbesondere ein Zuleiten als Gleichstrom, ohne dass eine Umwandlung in Wechselstrom vorgenommen wird. Bevorzugt kann dafür ein entsprechend ausgebildetes Verbindungselement eingesetzt werden. Insbesondere bei einem Gebläse, dass elektrische Energie in Form von Gleichstrom benötigt, ist diese Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft, da dadurch ein besonders einfaches Zuleiten der elektrischen Energie an das Gebläse bereitgestellt werden kann.

[0037] Alternativ oder zusätzlich kann bei einem erfindungsgemäßen Verfahren ferner vorgesehen sein, dass in Schritt c) die freiwerdende elektrische Energie des Brennstoffzellenstapels in Wechselstrom konvertiert wird und anschließend dem Gebläse zugeleitet wird. Dies stellt im Sinne der Erfindung ein indirektes Zuleiten der elektrischen Energie an das Gebläse dar. Auch hierbei kann ein entsprechend ausgebildetes Verbindungselement eingesetzt werden. Insbesondere bei einem Gebläse, das elektrische Energie in Form von Wechselstrom benötigt, ist diese Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft, da dadurch ein besonders einfaches Zuleiten der elektrischen Energie an das Gebläse bereitgestellt werden kann. Insbesondere kann die elektrische Energie auch dem nachgeschalteten Verbrauchernetz entnommen werden.

[0038] Besonders bevorzugt kann ein erfindungsgemäßes Verfahren dahingehend weiterentwickelt sein, dass eine durch die erhöhte Pumpleistung erzeugte vermehrte Abwärme des Gebläses zumindest teilweise einem Wärmeverbraucher und/oder einem Wärmespeicher zugeführt wird. Eine erhöhte Pumpleistung im Gebläse geht zumeist auch mit einer vermehrten Verlustleistung im Gebläse einher. Dies führt oftmals zu einer Steigerung der durch das Gebläse erzeugten Abwärme. Durch ein Zuführen dieser Abwärme zu einem Wärmeverbraucher, beispielsweise als mögliche Wärmequelle zum Aufheizen des Brennstoffzellenstapels, und/oder zu einem Wärmespeicher, beispielsweise für eine spätere Nutzung der Wärmeenergie, kann eine Verwendung dieser Abwärme bereitgestellt werden. Eine Energieeffizienz beim Betreiben eines Brennstoffzellensystems kann auf diese Weise gesteigert werden.

[0039] Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 5 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0040] Es zeigen jeweils schematisch:

- [0041]** Figur 1 eine Ansicht eines erfindungsgemäßen Kraftwerks;
- [0042]** Figur 2 eine erste Ausgestaltungsform eines Verbindungselements;
- [0043]** Figur 3 eine zweite Ausgestaltungsform eines Verbindungselements;
- [0044]** Figur 4 ein erfindungsgemäßes Verfahren;
- [0045]** Figur 5 eine Ansicht eines nicht erfindungsgemäßen Kraftwerks.

[0046] In Fig. 1 ist schematisch ein erfindungsgemäßes Kraftwerk 100 beziehungsweise ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem 1 dargestellt. Durch ein derartiges Kraftwerk 100 beziehungsweise Brennstoffzellensystem 1 kann ein erfindungsgemäßes Verfahren, das beispielhaft in Fig. 4 gezeigt ist, ausgeführt werden. Die einzelnen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens a), b) und c) sind in Fig. 4 jeweils mit Großbuchstaben gekennzeichnet. Die beiden Figuren werden daher im Folgenden gemeinsam beschrieben, wobei auf die einzelnen Figuren gesondert eingegangen wird.

[0047] Ein erfindungsgemäßes stationäres Kraftwerk 100 weist als zentrales Element ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem 1 auf. Das Brennstoffzellensystem 1 erzeugt elektrische Energie, die einem nachgeschalteten Verbrauchernetzwerk 101 (nicht mit abgebildet) eingespeist wird. Fig. 1 zeigt die wesentlichen Bauteile eines derartigen Brennstoffzellensystems 1. In einem Brennstoffzellenstapel 10 wird die Erzeugung von elektrischer Energie vorgenommen. Dafür weist der Brennstoffzellenstapel 10 einen Anodenabschnitt 11 und einen Kathodenabschnitt 12 auf. Der Kathodenabschnitt 12 wird über einen Kathodenzuführabschnitt 20 mit Kathodengas 30, bevorzugt einem sauerstoffhaltigen Gas wie beispielsweise Luft, versorgt. Analog wird dem Anodenabschnitt 11 durch einen Anodenzuführabschnitt 21 ein Anodengas 31, bevorzugt ein wasserstoffhaltiges Gas, zugeführt. Für eine Reinigung des Anodengases 31 von Schwefelbestandteilen ist im Anodenzuführabschnitt 21 ein Entschwefelungselement 43 angeordnet. Eine Anodengasfördereinheit 45, beispielsweise ein Gebläse, stellt eine Förderung des Anodengases 31 sicher. Das Anodengas 31 kann auch, wie dargestellt, in einem Reformer 42 aufbereitet werden, in dem beispielsweise Erdgas, insbesondere Methan, zusammen mit Wasser und unter Wärmezufuhr in ein wasserstoffhaltiges Gasgemisch aufgespalten wird. Im Brennstoffzellenstapel 10 sind der Kathodenabschnitt 12 und der Anodenabschnitt 11 durch einen Elektrolyten getrennt, der zumeist für Sauerstoffionen durchgängig ist. In der stromerzeugenden Reaktion im Brennstoffzellenstapel 10 diffundieren Sauerstoffionen vom Kathodenabschnitt 12 durch den Elektrolyten zum Anodenabschnitt 11 und reagieren dort mit dem Anodengas 31. Nicht verbrauchtes Kathodengas 30 wird als Kathodenabgas 32 aus dem Kathodenabschnitt 12 durch einen Kathodenabgasabschnitt 22 abgeleitet, entsprechend werden nicht verbrauchtes Anodengas 31 sowie die entstandenen Reaktionsprodukte als Anodenabgas 33 aus dem Anodenabschnitt 11 durch einen Anodenabgasabschnitt 23 abgeleitet. Stromabwärts münden sowohl der Kathodenabgas-

abschnitt 22 als auch der Anodenabgasabschnitt 23 in einem Abgasbrenner 40. Ein Teil des Anodenabgases 33 wird ferner durch einen Anodenabgasrückführabschnitt 44 in den Anodenzuführabschnitt 21 eingeleitet. Dadurch kann insbesondere nicht verbrauchtes Anodengas 31 als Teil des Anodenabgases 33 wiederverwendet werden. Da das Anodenabgas 33 durch die Reaktionen im Anodenabschnitt 11 aufgeheizt ist, ist im Anodenabführabschnitt 23 ein Wärmetauscherelement 41 angeordnet, um im Anodenzuführabschnitt 21 geleitetes Anodengas 31 vor Eintritt in den Anodenabschnitt 11 zu erwärmen beziehungsweise aufzuheizen. Die Reaktionen im Brennstoffzellenstapel 10 können auf diese Weise unterstützt werden. Im Abgasbrenner 40 wird zumindest teilweise das Kathodenabgas 32 zusammen mit dem Anodenabgas 33 verbrannt. Dies kann beispielsweise eine weitere Reinigung des gesamten Abgases des Brennstoffzellensystems 1, aber zum Beispiel auch eine zusätzliche thermische Verwertung des Kathodenabgases 32 und des Anodenabgases 33 zur Steigerung der totalen Energieeffizienz bereitstellen. Anschließend an den Abgasbrenner 40 wird das im Abgasbrenner 40 erzeugte Brennstoffzellenabgas 34 in einem Abgasabfuhrabschnitt 24 abgeführt. Um die Wärmeenergie des Brennstoffzellenabgases 34 weiter zu nutzen, ist im Abgasabfuhrabschnitt 24 sowohl ein Wärmetauscherelement 41 des Kathodenzuführabschnitts 20 angeordnet, als auch der Abgasabfuhrabschnitt 24 mit dem Reformier 42 verbunden. Auf diese Weise kann sowohl das Kathodengas 30 aufgeheizt, als auch dem Reformier 42 Wärmeenergie zugeführt werden. Insgesamt sind, neben weiteren, nicht dargestellten Bauelementen eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 1, insbesondere der Brennstoffzellenstapel 10, der Abgasbrenner 40 und der Reformier 42 in einer Heißzelle 5 angeordnet. Die für einen effizienten Betrieb des Brennstoffzellensystem 1 nötigen hohen Temperaturen, oftmals mehrere hundert Grad Celsius, sind besonders einfach bereitstellbar. Weitere mögliche Elemente eines Brennstoffzellensystems 1, beispielsweise eine Wasserver- und entsorgung, direkte Versorgungsleitungen zum Bereitstellen von Kathodengas 30 und Anodengas 31 für ein Starten des Abgasbrenners 40 sind zur Steigerung der Übersichtlichkeit nicht mit dargestellt.

[0048] Erfindungsgemäß weist das dargestellte Brennstoffzellensystem 1 ein Gebläse 4 auf, das im Abgasabfuhrabschnitt 24 angeordnet ist. Das Anordnen des Gebläses 4 im Abgasabfuhrabschnitt 24 bringt hierbei insbesondere den Vorteil mit sich, dass die Gase im Strömungspfad, insbesondere das Kathodengas 30 im Kathodenzuführabschnitt 20, das Kathodenabgas 32 im Kathodenabgasabschnitt 22 sowie das Brennstoffzellenabgas 34 im Abgasabfuhrabschnitt 24, durch den Strömungspfad gezogen beziehungsweise gesaugt werden. Besonders gute Strömungseigenschaften, insbesondere ein Vermeiden von Stauungen der strömenden Gase und der damit einhergehenden Druckspitzen, können auf diese Weise bereitgestellt werden. Ferner weist ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem 1 zumindest ein Strömungselement 2 auf, das in der Darstellung als ansteuerbares Drosselement 3 ausgebildet und an drei möglichen Anordnungspositionen, im Kathodenzuführabschnitt 20 und im Abgasabfuhrabschnitt 24 stromaufwärts sowie stromabwärts vom Gebläse 4 gezeigt ist. In anderen Ausgestaltungsformen können auch nur ein oder zwei Strömungselemente 2 an jeweils einer dieser Anordnungspositionen vorgesehen sein.

[0049] Ein erfindungsgemäßes Verfahren, wie es in Fig. 4 gezeigt ist, ist für ein Betreiben eines in Fig. 1 beispielhaft gezeigten Brennstoffzellensystems 1 vorgesehen. Insbesondere wird durch das Brennstoffzellensystem 1 elektrische Energie für ein nachgeschaltetes elektrisches Verbrauchernetz 101 erzeugt. In einem ersten Schritt a), in Fig. 4 mit A bezeichnet, wird dieses elektrische Verbrauchernetz 101 überwacht, um einen Leistungsabfall zu erkennen. Um dies möglichst schnell und zeitnah bereitstellen zu können, kann bevorzugt Schritt a) kontinuierlich oder zumindest im Wesentlichen kontinuierlich ausgeführt werden. Ein Leistungsabfall kann insbesondere deshalb problematisch sein, da der Betrieb des Brennstoffzellensystems 1, insbesondere hinsichtlich der von ihm erzeugten elektrischen Energie, im Wesentlichen keine schnellen Änderungen zulässt. Somit wird bei einem Lastabfall im nachgeschalteten elektrischen Verbrauchernetz 101 elektrische Energie frei. Um dies zu kompensieren, bevorzugt vollständig oder zumindest im Wesentlichen vollständig zu kompensieren, wird in Schritt b) eines erfindungsgemäßen Verfahrens, in Fig. 4 mit B bezeichnet, das Strömungselement 2 derart angesteuert, dass ein Strömungswiderstand im Strömungspfad erhöht wird. Anschließend oder bevorzugt sogar gleichzeitig

wird in Schritt c) eines erfindungsgemäßen Verfahrens, in Fig. 4 mit C bezeichnet, eine Pumpleistung des Gebläses 4 erhöht, um den erhöhten Strömungswiderstand zumindest teilweise, bevorzugt vollständig oder zumindest im Wesentlichen vollständig, zu kompensieren. Ein zumindest hinsichtlich einer Gasversorgung unveränderter Betrieb des Brennstoffzellensystems 1 kann dadurch bereitgestellt werden. Erfindungswesentlich wird die Erhöhung der Pumpleistung des Gebläses 4 dadurch erreicht, dass dem Gebläse 4 zumindest ein Teil der durch den Lastabfall im Verbrauchernetz 101 freigewordenen elektrischen Energie, die vom Brennstoffzellenstapel 10 erzeugt wird, zugeführt wird. Bevorzugt kann zum Erhöhen der Pumpleistung die gesamte oder zumindest im Wesentlichen die gesamte freigewordene elektrische Energie dem Gebläse 4 zugeführt werden. Zusätzlich kann auch eine durch die Erhöhung der Pumpleistung ebenfalls erhöhte Abwärme des Gebläses 4 genutzt werden, beispielsweise durch eine Zuführung dieser Abwärme an einen Wärmeverbraucher und/oder einen Wärmespeicher. Eine gesamte Energieeffizienz eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 1 beziehungsweise eines erfindungsgemäßen Kraftwerks 100 kann dadurch weiter gesteigert werden.

[0050] Zusammenfassend kann bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem 1 beziehungsweise durch ein erfindungsgemäßes Verfahren somit besonders einfach, kostengünstig und insbesondere zeitlich schnell ein internes Verbrauchen der freiwerdenden elektrischen Energie, die bei einem Lastabfall im nachgeschalteten elektrischen Verbrauchernetz 101 auftritt, bereitgestellt werden. Dies kann insbesondere durch das Zusammenspiel des Strömungselements 2 und des Gebläses 4 des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 1 bereitgestellt werden.

[0051] Die Fig. 2 und 3 zeigen zwei Möglichkeiten, um dem Gebläse 4 elektrische Energie, die vom Brennstoffzellenstapel 10 eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 1 beziehungsweise eines erfindungsgemäßen Kraftwerks 100 erzeugt und die durch einen Lastabfall im nachgeschalteten elektrischen Verbrauchernetz 101 frei wird, zuzuleiten. Dafür wird jeweils ein entsprechend ausgebildetes elektrisches Verbindungselement 50 eingesetzt. In den Figuren sind nur die wesentlichen Komponenten dargestellt, insbesondere der Brennstoffzellenstapel 10 sowie das Gebläse 4. Ferner ist das nachgeschaltete elektrische Verbrauchernetz 101 gezeigt, in das über einen Wechselstromwandler 102 die vom Brennstoffzellenstapel 10 erzeugte elektrische Energie eingespeist wird. In Fig. 2 ist der Fall dargestellt, dass das Gebläse 4 elektrische Energie in Form von Gleichstrom benötigt. Da der Brennstoffzellenstapel 10 elektrische Energie bereits in Form von Gleichstrom erzeugt, kann durch das entsprechend ausgebildete elektrische Verbindungselement 50 diese elektrische Energie direkt dem Gebläse 4 zugeführt werden. Alternativ dazu kann, bevorzugt wenn das Gebläse 4 elektrische Energie in Form von Wechselstrom benötigt, das elektrische Verbindungselement 50 dem Wechselstromwandler 102 nachgeschaltet angeordnet sein, siehe Fig. 3. Dies kann noch intern im Brennstoffzellensystem 1, aber auch bereits als Teil des nachgeschalteten Verbrauchernetzes 101 realisiert sein. Insgesamt stellt dies eine indirekte Zuleitung der durch den Lastabfall freiwerdenden elektrischen Energie dar. Insbesondere kann somit durch ein entsprechend ausgebildetes elektrisches Verbindungselement 50 für alle möglichen Kombinationen aus durch das Brennstoffzellensystem 1 bereitgestellter elektrischer Energieform und der durch das Gebläse 4 benötigten elektrischen Energieform eine sichere Bereitstellung der durch das Gebläse 4 benötigten elektrischen Energie durch das Brennstoffzellensystem 1 selbst ermöglicht werden.

[0052] In Fig. 5 ist schematisch ein weiteres Kraftwerk 100 beziehungsweise ein Brennstoffzellensystem 1 dargestellt, welches nicht unter den Schutzzumfang der Erfindung fällt. Die Elemente, welche jenen des in Fig. 1 gezeigten Kraftwerks 100 entsprechen und die selbe Funktion aufweisen, werden nicht nochmal beschrieben. Das heißt, all jene Elemente die nicht beschrieben werden, entsprechen jenen aus Fig. 1 bzw. Fig. 2. Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Fig. 1 ist das Gebläse 4 im Kathodenzuführabschnitt 20 angeordnet. Ferner weist auch dieses Brennstoffzellensystem 1 zumindest ein Strömungselement 2 auf, das in der Darstellung als ansteuerbares Drosselement 3 ausgebildet und an einer möglichen Anordnungsposition, im Kathodenzuführabschnitt 20 stromaufwärts des Gebläses 4 angeordnet ist. Grundsätzlich kann das Drosselement 3 auch im Abgasabführabschnitt 24 angeordnet sein. In anderen Ausgestaltungsformen können auch zwei Strömungselemente 2 im Kathodenzuführabschnitt 20 stromaufwärts und

stromabwärts des Gebläses 4 oder ein Strömungselement 2 stromabwärts des Gebläses 4 im Kathodenzuführabschnitt 20 angeordnet sein.

[0053] Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D. h. die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Brennstoffzellensystem
2	Strömungselement
3	Drosselement
4	Gebläse
5	Heißzelle
10	Brennstoffzellenstapel
11	Anodenabschnitt
12	Kathodenabschnitt
20	Kathodenzuführabschnitt
21	Anodenzuführabschnitt
22	Kathodenabgasabschnitt
23	Anodenabgasabschnitt
24	Abgasabfuhrabschnitt
30	Kathodengas
31	Anodengas
32	Kathodenabgas
33	Anodenabgas
34	Brennstoffzellenabgas
40	Abgasbrenner
41	Wärmetauscherelement
42	Reformer
43	Entschwefelungselement
44	Anodenabgasrückfuhrabschnitt
45	Anodengasfördereinheit
50	Verbindungselement
100	Kraftwerk
101	Verbrauchernetz
102	Wechselstromwandler

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1), aufweisend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (10) mit einem Anodenabschnitt (11) und einem Kathodenabschnitt (12), einen Kathodenzuführabschnitt (20) zum Zuführen von Kathodengas (30) zum Kathodenabschnitt (12), einen Anodenzuführabschnitt (21) zum Zuführen von Anodengas (31) zum Anodenabschnitt (11), einen Kathodenabgasabschnitt (22) zum Abführen von Kathodenabgas (32) vom Kathodenabschnitt (12), einen Anodenabgasabschnitt (23) zum Abführen von Anodenabgas (33) vom Anodenabschnitt (11), wobei der Kathodenabgasabschnitt (22) und der Anodenabgasabschnitt (23) in einen Abgasbrenner (40) zum zumindest teilweisen Verbrennen des Kathodenabgases (32) und des Anodenabgases (33) münden, sowie einen Abgasabfuhrabschnitt (24) zum Abführen von Brennstoffzellenabgas (34) vom Abgasbrenner (40),
dadurch gekennzeichnet, dass
der Abgasabfuhrabschnitt (24) ein Strömungselement (2) zum Variieren eines Strömungswiderstands für das strömende Gas und ein Gebläse (4) zum Fördern des Brennstoffzellenabgases (34) aufweist, wobei das Strömungselement (2) ein ansteuerbares Drosselement (3) umfasst.
2. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kathodenzuführabschnitt (20) ein Gebläse (4) zum Fördern des Brennstoffzellenabgases (34) aufweist.
3. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Strömungselement (2) im Kathodenzuführabschnitt (20) angeordnet ist und zumindest ein ansteuerbares Drosselement (3) umfasst.
4. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das ansteuerbare Drosselement (3) im Abgasabfuhrabschnitt (24) stromabwärts des Gebläses (4) angeordnet ist.
5. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das ansteuerbare Drosselement (3) im Abgasabfuhrabschnitt (24) stromaufwärts des Gebläses (4) angeordnet ist.
6. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abgasabfuhrabschnitt (24) mit einem Wärmetauscherelement (41) im Kathodenzuführabschnitt (20) zur Abgabe von Wärmeenergie an das Kathodengas (30) verbunden ist.
7. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abgasabfuhrabschnitt (24) mit einem Reformer (42) im Anodenzuführabschnitt (21) zur Bereitstellung von Wärmeenergie verbunden ist.
8. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensystem (1) ein elektrisches Verbindungselement (50) zum direkten und/oder indirekten Versorgen des Gebläses (4) mit elektrischer Energie des Brennstoffzellenstapels (10) aufweist.
9. Stationäres Kraftwerk (100) zur Erzeugung elektrischer Energie, aufweisend ein Brennstoffzellensystem (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensystem (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche ausgebildet ist.
10. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder eines stationären Kraftwerks (100) mit einem Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 9, wobei das Brennstoffzellensystem (1) elektrische Energie für ein nachgeschaltetes elektrisches Verbrauchernetz (101) erzeugt, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
 - a) Erkennen eines Lastabfalls im nachgeschalteten Verbrauchernetz (101),
 - b) Erhöhen eines Strömungswiderstands durch das Strömungselement (2),
 - c) Erhöhen einer Pumpleistung des Gebläses (4) zur zumindest teilweisen Kompensation des in Schritt b) erhöhten Strömungswiderstands durch wenigstens teilweises Zuleiten

von durch das Brennstoffzellensystem (1) erzeugter elektrischer Energie, welche durch den in Schritt a) erkannten Lastabfall frei wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) zum Erhöhen der Pumpleistung die gesamte oder zumindest im Wesentlichen die gesamte durch den in Schritt a) erkannten Lastabfall freiwerdende elektrische Energie dem Gebläse (4) zugeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) durch die Erhöhung der Pumpleistung des Gebläses (4) der in Schritt b) erhöhte Strömungswiderstand vollständig oder zumindest im Wesentlichen vollständig kompensiert wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass Schritt a) eine kontinuierliche oder zumindest im Wesentlichen kontinuierliche Überwachung des nachgeschalteten Verbrauchernetzes (101) umfasst.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) die freiwerdende elektrische Energie direkt vom Brennstoffzellenstapel (10) dem Gebläse (4) als Gleichstrom zugeleitet wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) die freiwerdende elektrische Energie des Brennstoffzellenstapels (10) in Wechselstrom konvertiert wird und anschließend dem Gebläse (4) zugeleitet wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine durch die erhöhte Pumpleistung erzeugte vermehrte Abwärme des Gebläses (4) zumindest teilweise einem Wärmeverbraucher und/oder einem Wärmespeicher zugeführt wird.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

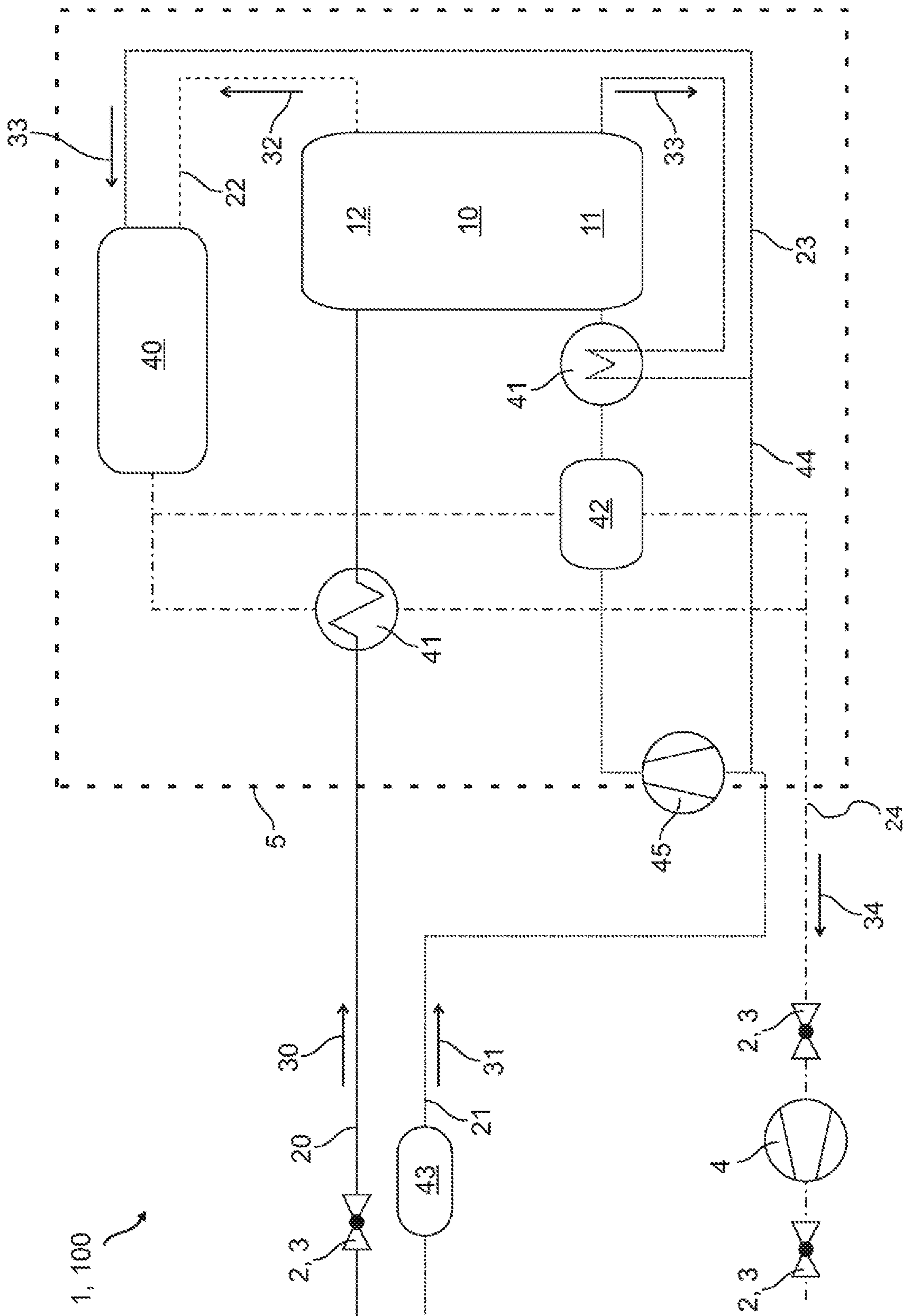


Fig. 1

2/4

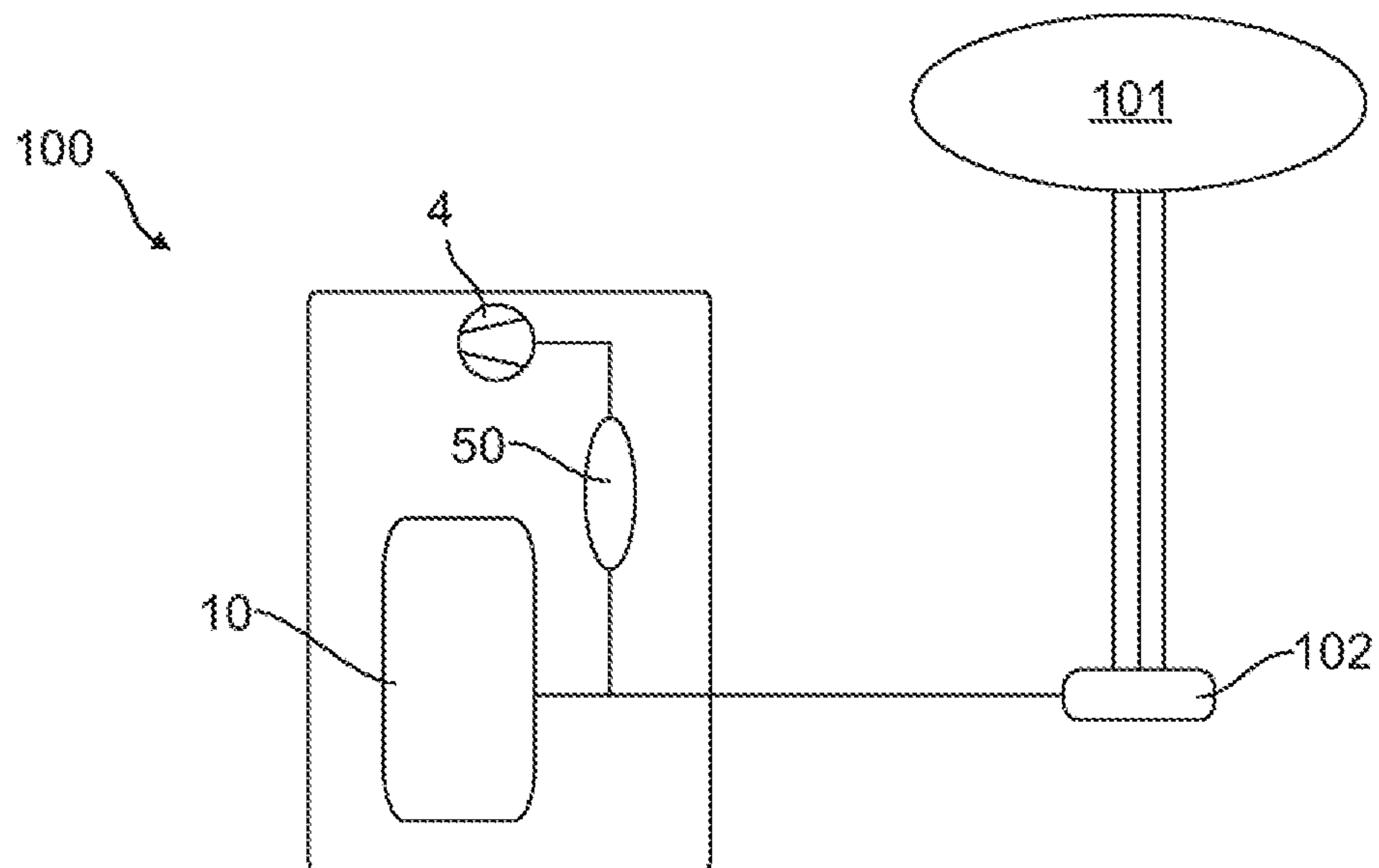


Fig. 2

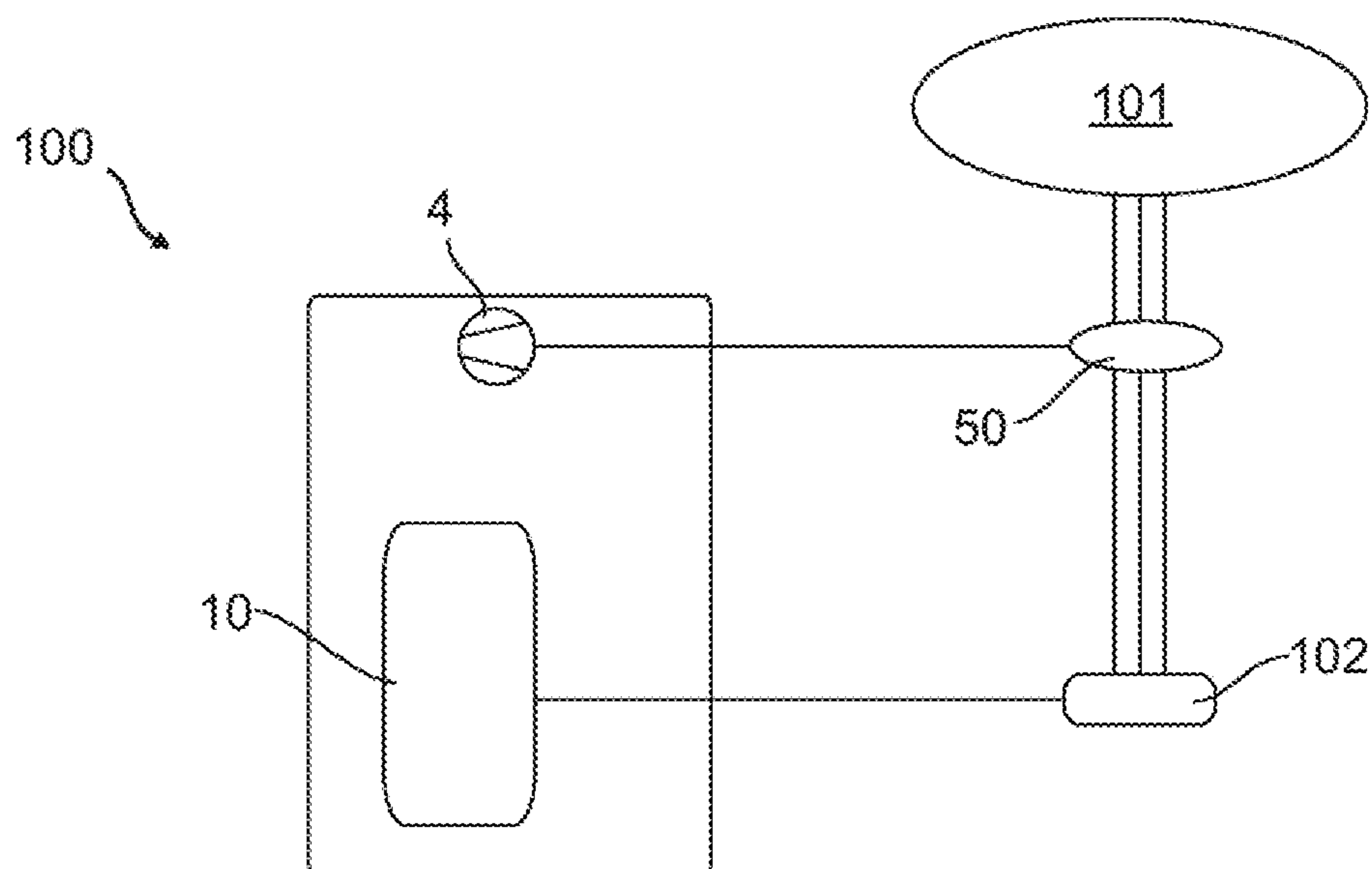


Fig. 3

3/4

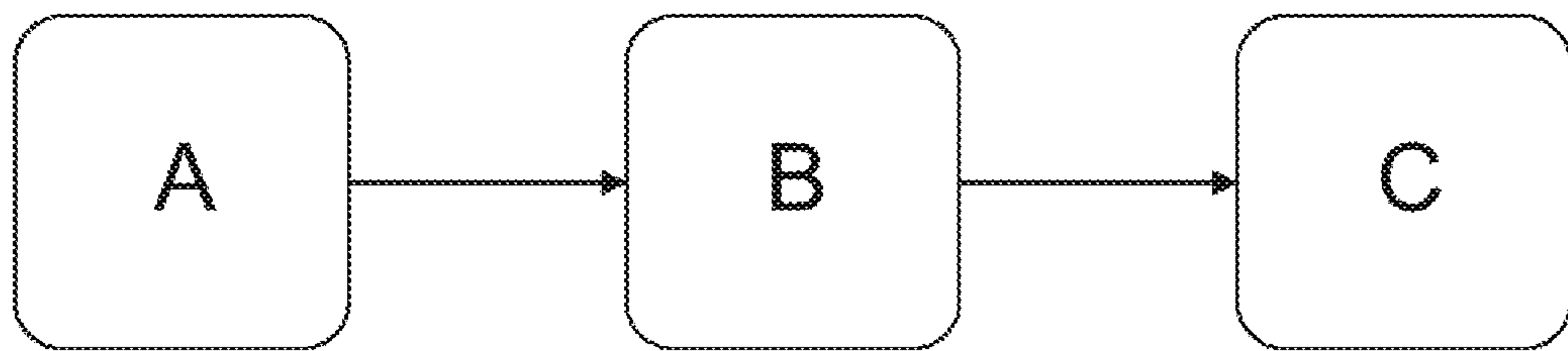


Fig. 4

