



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 021 866 A1** 2007.11.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 021 866.3**

(22) Anmeldetag: **09.05.2006**

(43) Offenlegungstag: **15.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01M 8/06** (2006.01)

(71) Anmelder:

J. Eberspächer GmbH & Co. KG, 73730 Esslingen, DE

(74) Vertreter:

Patentanwalts-Partnerschaft Rotermund + Pfusch + Bernhard, 70372 Stuttgart

(72) Erfinder:

Kaupert, Andreas, 73730 Esslingen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 199 08 905 C2

DE 198 56 499 C1

DE 199 28 102 B4

DE10 2005 001361 A1

DE10 2004 002337 A1

DE 103 15 255 A1

EP 17 39 777 A2

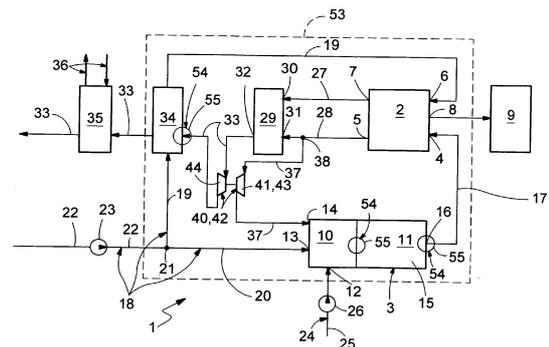
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellensystem**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, umfassend eine Brennstoffzelle (2) zur Stromerzeugung aus Brenngas und Oxidatorgas, einen Reformier (3) zur Brenngaserzeugung aus Kraftstoff und Oxidatorgas, eine Anodenabgasleitung (28), die an die Brennstoffzelle (2) angeschlossen ist, eine Reformieroxidatorleitung (20), die an den Reformier (3) angeschlossen ist, eine Rezirkulationsleitung (37), die eingangsseitig an die Anodenabgasleitung (28) und ausgangsseitig an den Reformier (3) angeschlossen ist, und eine Fördereinrichtung (40) zum Antreiben des Anodenabgases.

Vorteilhaft ist die Fördereinrichtung (40) mit einem Heißgasförderer (41) zum Antreiben von ungekühltem Anodenabgas ausgestattet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Ein derartiges Brennstoffzellensystem ist beispielsweise aus der DE 10 2004 002 337 A1 bekannt und umfasst eine Brennstoffzelle zur Stromerzeugung aus Oxidatorgas und Brenngas sowie einen Reformier zur Brenngaserzeugung aus Oxidatorgas und Kraftstoff. Des Weiteren ist eine Anodenabgasleitung zum Abführen von Anodenabgas aus der Brennstoffzelle vorgesehen, die eingangsseitig an die Brennstoffzelle angeschlossen ist. Eine Reformieroxidatorleitung zur Versorgung des Reformiers mit Oxidatorgas ist an den Reformier angeschlossen. Außerdem ist eine Rezirkulationsleitung zum Rückführen von Anodenabgas zum Reformier vorgesehen, die eingangsseitig an die Anodenabgasleitung und ausgangseitig an den Reformier angeschlossen ist. Zum Antreiben des Anodenabgases ist eine Fördereinrichtung vorgesehen, die beim bekannten Brennstoffzellensystem in die Rezirkulationsleitung eingebunden ist. Beim bekannten Brennstoffzellensystem ist außerdem ein Rezirkulationswärmeübertrager vorgesehen, der einerseits stromauf der Fördereinrichtung in die Rezirkulationsleitung und andererseits in eine an die Brennstoffzelle angeschlossene Brennstoffzellenoxidatorleitung zur Versorgung der Brennstoffzelle mit Oxidatorgas eingebunden ist. Mit Hilfe dieses Rezirkulationswärmeübertragers kann das rezirkulierte Anodenabgas gekühlt werden. Hierdurch ist es beim bekannten Brennstoffzellensystem möglich, die Fördereinrichtung als Niedertemperaturgaspumpe auszugestalten, die als solche vergleichsweise preiswert realisierbar ist.

[0003] Weitere Brennstoffzellensysteme sind beispielsweise aus der DE 103 15 255 A1 und aus der DE 10 2005 001 361 bekannt.

[0004] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für ein Brennstoffzellensystem der eingangs genannten Art, eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die sich insbesondere durch eine vergleichsweise preiswerte Realisierbarkeit auszeichnet.

[0005] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0006] Die Erfindung beruht bei einer ersten Lösung auf dem allgemeinen Gedanken, eine für hohe Temperaturen geeignete Fördereinrichtung, nämlich einen Heißgasförderer zu verwenden, der so ausgestaltet ist, dass er zum Antreiben von ungekühltem

Anodenabgas geeignet ist. Durch die Verwendung eines derartigen Heißgasförderers kann eine zusätzliche Kühlung des Anodenabgases entfallen. Insbesondere kann somit auf einen Rezirkulationswärmeübertrager verzichtet werden. Die damit einhergehende Kostenersparnis kann die Mehrkosten eines Heißgasförderers gegenüber einem Niedertemperaturgasförderer überkompensieren. Gleichzeitig hebt das dem Reformier im wesentlichen ungekühlt zugeführte Anodenabgas die Prozesstemperatur im Reformier an, was die Verdampfung des in der Regel flüssigen Kraftstoffs und die Gemischbildung im Reformier verbessert. Die Verwendung des Heißgasförderers kann somit zu einer Steigerung des Wirkungsgrads des gesamten Brennstoffzellenprozesses führen.

[0007] Geeignete Heißgasförderer finden sich z.B. bei aufgeladenen Brennkraftmaschinen. Dort kommen Frischgasladeeinrichtungen zum Einsatz, die sich auch frischgasseitig auf relativ hohe Temperaturen aufheizen können. Dementsprechend kann der Heißgasförderer des Brennstoffzellensystems bei einer bevorzugten Ausführungsform durch einen Verdichter einer solchen Frischgasladeeinrichtung gebildet oder zumindest nach Art eines derartigen Verdichters ausgestaltet sein. Auf diese Weise kann auf zuverlässige Konstruktionen zurückgegriffen werden, die in Abhängigkeit der zu fördernden Volumenströme entweder direkt anwendbar sind oder noch hinsichtlich des im Brennstoffzellensystem zu fördernden Volumenstrom modifiziert werden müssen. Beispielsweise kann es sich bei einer derartigen Frischgasladeeinrichtung um einen Abgasturbolader handeln, dessen Verdichter als Heißgasförderer verwendet wird und der im Brennstoffzellensystem mit oder ohne Turbine zur Anwendung kommt.

[0008] Alternativ kann der Heißgasförderer auch durch eine Saugstrahlpumpe gebildet sein, an deren Saugseite die Rezirkulationsleitung angeschlossen ist und die in Durchströmungsrichtung in die Reformieroxidationsleitung eingebunden ist. Eine derartige Saugstrahlpumpe kann durch die Verwendung entsprechender Materialien vergleichsweise preiswert mit der benötigten Hitzebeständigkeit ausgestattet werden, wodurch die Fördereinrichtung besonders preiswert realisierbar ist.

[0009] Entsprechend einer zweiten Lösung beruht die vorliegende Erfindung auf dem allgemeinen Gedanken, das Anodenabgas stromauf der Fördereinrichtung durch Zumischung zu dem dem Reformier zugeführten Oxidatorgas abzukühlen. Die Fördereinrichtung fördert dann ein Gemisch aus Oxidatorgas und Anodenabgas, dessen Temperatur gegenüber der Temperatur des ungekühlten Anodenabgases beträchtlich reduziert ist. Je nach Mischungsverhältnis ist es somit auch bei dieser Ausführungsform möglich, auf einen Rezirkulationswärmeübertrager

zu verzichten, wobei gleichzeitig die Fördereinrichtung nur auf vergleichsweise niedrige Gastemperaturen ausgelegt werden muss, so dass z.B. ein preiswerter Niedertemperaturgasförderer einsetzbar ist.

[0010] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0011] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0012] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen.

[0013] Es zeigen, jeweils schematisch,

[0014] [Fig. 1](#) bis [Fig. 8](#) jeweils eine stark vereinfachte, schaltplanartige Prinzipdarstellung eines Brennstoffzellensystems bei unterschiedlichen Ausführungsformen.

[0015] Entsprechend den [Fig. 1](#) bis [Fig. 8](#) umfasst ein Brennstoffzellensystem **1**, das bevorzugt in einem Kraftfahrzeug angeordnet sein kann, zumindest eine Brennstoffzelle **2** und einen Reformer **3**. Die Brennstoffzelle **2** dient zur Erzeugung von Strom, den sie in bekannter Weise aus einem Oxidatorgas und einem Brenngas erzeugt. Die Brennstoffzelle **2** kann beispielsweise als Festkörper-Brennstoffzelle (SOFC) und vorzugsweise als Hochtemperatur-Brennstoffzelle ausgebildet sein. Für die Stromerzeugung wird die Brennstoffzelle **2** kathodenseitig mit dem Oxidatorgas versorgt, das beispielsweise durch Luft oder durch reinen Sauerstoff gebildet ist. Außerdem wird die Brennstoffzelle **2** im Betrieb anodenseitig mit dem Brenngas versorgt, das wasserstoffhaltig ist. Dementsprechend weist die Brennstoffzelle **2** hier einen Anodeneingang **4**, einen Anodenausgang **5**, einen Kathodeneingang **6**, einen Kathodenausgang **7** und zumindest einen elektrischen Anschluss oder Stromanschluss **8** auf. Über den wenigstens einen Stromanschluss **8** ist zumindest ein elektrischer Verbraucher **9** an die Brennstoffzelle **2** bzw. an das Brennstoffzellensystem **1** angeschlossen bzw. anschließbar.

[0016] Bei einem in einem Kraftfahrzeug angeordneten Brennstoffzellensystem **1** handelt es sich bei den elektrischen Verbrauchern **9** vorzugsweise um solche, die für den normalen Fahrbetrieb des Fahr-

zeugs nicht erforderlich sind. Vielmehr dienen diese Verbraucher dem Fahrzeugführer zur Komfortsteigerung, wenn das Fahrzeug ruht, also wenn eine Brennkraftmaschine des Fahrzeugs ausgeschaltet ist. Das Brennstoffzellensystem **1** stellt im Fahrzeug demnach eine motorunabhängige Stromversorgung bereit. Verbraucher **9** können beispielsweise sein, eine Klimaanlage, ein Fernsehgerät, ein Kühlschrank, eine Kochstelle, eine Mikrowellenherd und das Brennstoffzellensystem **1** selbst. Insbesondere kann das Brennstoffzellensystem **1** im Fahrzeugbetrieb eine Lichtmaschine ersetzen, so dass sämtliche elektrische Verbraucher des Fahrzeugs dann mit der Brennstoffzelle **2** verbundene Verbraucher **9** sind.

[0017] Der Reformer **3** dient zur Erzeugung des wasserstoffhaltigen Brenngases, das er in bekannter Weise aus Oxidatorgas, vorzugsweise Luft oder Sauerstoff, und aus Kraftstoff, vorzugsweise Kohlenwasserstoffe, generiert. Bevorzugt, wird als Kraftstoff zur Versorgung des Reformers **3** derjenige Kraftstoff verwendet, der in dem mit dem Brennstoffzellensystem **1** ausgestatteten Fahrzeug zur Versorgung einer Brennkraftmaschine ohnehin zur Verfügung steht, also zum Beispiel Benzin, Diesel, Erdgas.

[0018] Der Reformer **3** umfasst einen Gemischbildungsabschnitt **10** und unmittelbar daran angrenzend einen Katalysatorabschnitt **11**. Im Gemischbildungsabschnitt **10** erfolgt die Bildung eines Gemischs aus Oxidatorgas und Kraftstoff. Gleichzeitig kann der Gemischbildungsabschnitt **10** auch als Verdampfer arbeiten, wenn ein flüssiger Kraftstoff verwendet wird. Am Gemischbildungsabschnitt **10** sind ein Kraftstoffeingang **12** und ein Oxidatoreingang **13** des Reformers **3** angeordnet. Bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) weist der Reformer **3** außerdem einen Rezirkulationseingang **14** auf.

[0019] Der Katalysatorabschnitt **11** dient zur Umsetzung des vom Gemischbildungsabschnitt **10** bereitgestellten Gemischs in wasserstoffhaltiges Brenngas. Hierzu umfasst der Katalysatorabschnitt **11** einen Katalysator **15** aus einem zur Herstellung eines derartigen Brenngases geeigneten Katalysatormaterial, das z.B. auf ein geeignetes Substrat, beispielsweise aus Keramik oder Metall aufgebracht ist. Am Katalysatorabschnitt **11** ist ein Brenngasausgang **16** des Reformers **3** ausgebildet, der über eine Brenngasleitung **17** mit dem Anodeneingang **4** verbunden ist.

[0020] Zur Versorgung der Brennstoffzelle **2** und des Reformers **3** mit Oxidatorgas ist zumindest eine Oxidatorversorgungseinrichtung **18** vorgesehen, die beispielsweise eine Brennstoffzellenoxidatorleitung **19**, die an den Kathodeneingang **6** angeschlossen ist, und eine Reformeroxidatorleitung **20** aufweist, die an den Oxidatoreingang **13** angeschlossen ist. Die beiden Oxidatorleitungen **19**, **20** zweigen beispiels-

weise bei **21** von einer gemeinsamen Oxidatorversorgungsleitung **22** ab, in der eine Pumpeinrichtung **23** zum Antreiben des Oxidatorgases zur Brennstoffzelle **2** bzw. zum Reformer **3** angeordnet ist. Die Abzweigstelle **21** kann durch eine Ventilanordnung gebildet sein, die den Durchfluss durch die eine und/oder durch die andere Oxidatorleitung **19**, **20** steuert bzw. regelt. Alternativ können auch zwei separate Oxidatorversorgungseinrichtungen **18** vorgesehen sein, die Reformer **3** und Brennstoffzelle **2** getrennt mit Oxidatorgas versorgen.

[0021] Zur Versorgung des Reformers **3** mit Kraftstoff ist eine Kraftstoffversorgungseinrichtung **24** vorgesehen, die eine an den Kraftstoffeingang **12** angeschlossene Kraftstoffversorgungsleitung **25** sowie eine darin angeordnete Pumpeinrichtung **26** aufweist.

[0022] An den Kathodenausgang **7** ist eine Kathodenabgasleitung **27** zum Abführen von Kathodenabgas angeschlossen. An den Anodenausgang **5** ist eine Anodenabgasleitung **28** zum Abführen von Anodenabgas angeschlossen. Bei den hier gezeigten, bevorzugten Ausführungsformen ist das Brennstoffzellensystem **1** außerdem mit einem Restgasbrenner **29** ausgestattet, in dem eine Verbrennungsreaktion stattfindet, um im Anodenabgas vorhandenes restliches Brenngas mit im Kathodenabgas vorhandenem Oxidatorgas zu verbrennen. Der Restgasbrenner **29** weist eingangsseitig einen Kathodenabgaseingang **30** sowie einen Anodenabgaseingang **31** auf. Ausgangsseitig besitzt der Restgasbrenner **29** einen Brennerabgasausgang **32**. Die Kathodenabgasleitung **27** ist an den Kathodenabgaseingang **30** angeschlossen, während die Anodenabgasleitung **28** an den Anodenabgaseingang **31** angeschlossen ist. An den Brennerabgasausgang **32** ist eine Brennerabgasleitung **33** angeschlossen. Zur Ausnutzung der im Brennerabgas enthaltenen Wärme kann das Brennstoffzellensystem **1** außerdem mit einem Wärmeübertrager **34** ausgestattet sein, der im folgenden auch als Hauptwärmeübertrager **34** bezeichnet wird. Der Hauptwärmeübertrager **34** ist einerseits in die Brennerabgasleitung **33** stromab des Restgasbrenners **29** und andererseits in die Brennstoffzellenoxidatorleitung **19** eingebunden. Der Hauptwärmeübertrager **34** ermöglicht somit eine wärmeübertragende Kopplung zwischen dem Brennerabgas und dem der Brennstoffzelle **2** zugeführten Oxidatorgas.

[0023] Des Weiteren kann das Brennstoffzellensystem **1** optional mit einem weiteren Wärmeübertrager **35** ausgestattet sein, der im folgenden auch als Zusatzwärmeübertrager **35** bezeichnet wird. Der Zusatzwärmeübertrager **35** ist einerseits in die Brennerabgasleitung **33** stromab des Hauptwärmeübertragers **34** und andererseits in einen Abwärmepfad **36** eingebunden. Der Abwärmepfad **36** dient ebenfalls zur Nutzung von im Brennerabgas enthaltener Wär-

me. Beispielsweise ist der Abwärmepfad **36** durch eine Kühlmittleitung eines Kühlmittelkreises der Brennkraftmaschine des Fahrzeugs gebildet. Das Brennstoffzellensystem **1** kann dann beispielsweise als Zuheizung für die Brennkraftmaschine genutzt werden. Alternativ kann der Abwärmepfad **36** durch eine Warmluftleitung einer Innenraumheizung des Fahrzeugs gebildet sein. Das Brennstoffzellensystem **1** lässt sich dann als Standheizung für das Fahrzeug verwenden, wenn ein Gebläse der Innenraumheizung einen der Verbraucher **9** bildet.

[0024] Das Brennstoffzellensystem **1** ist außerdem mit einer Rezirkulationsleitung **37** ausgestattet, die eingangsseitig über eine Anschlussstelle **38** an die Anodenabgasleitung **28** angeschlossen ist. Ausgangsseitig ist die Rezirkulationsleitung **37** bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) über den Rezirkulationseingang **14** an den Reformer **3** und bei den Ausführungsformen der [Fig. 2](#) und [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) über eine Anschlussstelle **39** an die Reformeroxidatorleitung **20** angeschlossen. Die Rezirkulationsleitung **37** ermöglicht somit eine direkte oder indirekte Rückführung von Anodenabgas in den Reformer **3**.

[0025] Das Brennstoffzellensystem **1** weist außerdem eine Fördereinrichtung **40** auf, die zum Antreiben des Anodenabgases dient.

[0026] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#) weist die Fördereinrichtung **40** einen Heißgasförderer **41** auf, der so ausgestaltet ist, dass er sich zum Antreiben von ungekühltem Anodenabgas eignet. Bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) und [Fig. 6](#) ist die Fördereinrichtung **40** durch einen Abgasturbolader **42** gebildet, der in üblicher Weise einen Verdichter **43** und eine damit antriebsgekoppelte Turbine **44** aufweist. Der Verdichter **43** des Abgasturboladers **42** bildet den Heißgasförderer **41** der Fördereinrichtung **40**. Die Turbine **44** ist in die Brennerabgasleitung **33** eingebunden. Bei den in den [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsformen ist die Turbine **44** stromauf des Hauptwärmeübertragers **34** in die Brennerabgasleitung **33** eingebunden. Bei der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform ist die Turbine **44** stromab des Hauptwärmeübertragers **34** in die Brennerabgasleitung **33** eingebunden. Die in [Fig. 2](#) gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform dadurch, dass bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform die Rezirkulationsleitung **37** eingangsseitig über den Rezirkulationseingang **14** an den Reformer **3** angeschlossen ist, während sie bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) über die Anschlussstelle **39** an die Reformeroxidatorleitung **20** angeschlossen ist. Bei der in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsform erfolgt somit innerhalb der Reformeroxidatorleitung **20** stromab der Anschlussstelle **39** eine Gemischbildung zwischen Oxidatorgas und Anodenabgas.

[0027] Bei der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform ist die Rezirkulationsleitung **37** analog zur Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#) an den Reformer **3** angeschlossen. Ebenso ist es analog zur Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) möglich, auch hier die Rezirkulationsleitung **37** an die Reformeroxidatorleitung **20** anzuschließen.

[0028] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) ist der Heißgasförderer in die Rezirkulationsleitung **37** eingebunden, während er bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 6](#) in die Reformeroxidatorleitung **20** stromab der Anschlussstelle **39** eingebunden ist. Bei dieser Ausführung wird dem Verdichter **43** saugseitig ein Gemisch aus Oxidatorgas und Anodenabgas zugeführt, das jedenfalls kälter ist als das ungekühlte Anodenabgas. Die Ausführungsform gemäß [Fig. 6](#) entspricht dabei weitgehend einer Abwandlung der Ausführung gemäß [Fig. 1](#). Analoge Abwandlungen sind auch zu den Ausführungen der [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) möglich, um den Verdichter **43** durch Zumischung zum Reformeroxidatorgas mit gekühltem Anodenabgas zu beaufschlagen.

[0029] Zur Realisierung des Abgasturboladers **42** ist es insbesondere möglich, auf eine als Abgasturbolader ausgestaltete Frischgasladeeinrichtung einer Brennkraftmaschine zurückzugreifen. Hierdurch ist es möglich, bestehende und in der Praxis bewährte Abgasturbolader zum Antreiben des Anodenabgases zu verwenden. In Abhängigkeit des im jeweiligen konkreten Brennstoffzellensystem **1** zu fördernden Volumenstroms von Anodenabgas ist es grundsätzlich möglich, einen tatsächlich existierenden Turbolader, der an sich zur Aufladung einer Brennkraftmaschine dient, im Brennstoffzellensystem **1** zu verwenden. Alternativ kann eine funktionsfähige Konstruktion vergleichsweise einfach an den zu fördernden Volumenstrom adaptiert werden. Im einfachsten Fall kann der jeweilige Abgasturbolader **42** mit seiner Turbine verwendet werden. Auf diese Weise können beispielsweise die in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) und [Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsformen realisiert werden.

[0030] Bei der in [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsform umfasst die Fördereinrichtung **40** einen Elektroantrieb **45** zum Antreiben des Heißgasförderers **41**. Zur Realisierung des Heißgasförderers **41** kann grundsätzlich wieder auf an sich bekannte Frischgasladeeinrichtungen von Brennkraftmaschinen zurückgegriffen werden. Beispielsweise kann der Heißgasförderer **43** wieder durch einen Verdichter eines Abgasturboladers gebildet werden, der hier ohne seine Turbine zum Einsatz kommt. Die Turbine ist dabei durch den Elektroantrieb **45** ersetzt. Alternativ sind für aufgeladene Brennkraftmaschinen auch Frischgasladeeinrichtungen mit einem, elektrisch oder mechanisch angetriebenen Lader **46** bekannt, wobei dann besagter Lader **46** als Heißgasförderer **41** verwendet werden kann.

[0031] Auch bei der in [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsform ist die Rezirkulationsleitung **37** über den Rezirkulationseingang **14** an den Reformer **3** angeschlossen. Alternativ ist auch hier denkbar, die Rezirkulationsleitung **37** ausgangsseitig an die Reformeroxidatorleitung **20** anzuschließen.

[0032] Die in den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) und [Fig. 6](#) verwendeten Heißgasförderer **41** können somit grundsätzlich nach Art eines Verdichters **43** ausgestaltet werden, wie er an sich aus Frischgasladeeinrichtungen von Brennkraftmaschinen bekannt ist. Die Erfindung ist jedoch nicht auf derartige Ausführungsformen beschränkt, sondern soll grundsätzlich jeglichen geeigneten Heißgasförderer **41** erfassen.

[0033] Bei der in [Fig. 5](#) gezeigten Ausführungsform ist der Heißgasförderer **41** durch eine Saugstrahlpumpe **47** gebildet. Die Saugstrahlpumpe **47** weist ein Venturi-Rohr **48** auf, das einen Einlass **49**, einen Auslass **50** und einen seitlichen Sauganschluss **51** der Saugstrahlpumpe **47** definiert. Die Saugstrahlpumpe **47** ist in die Reformeroxidatorleitung **20** eingebunden. Hierzu ist die Reformeroxidatorleitung **20** an den Einlass **49** und den Auslass **50** angeschlossen. Die Rezirkulationsleitung **47** ist ausgangsseitig an den Sauganschluss **51** angeschlossen. Die Saugstrahlpumpe **47** lässt sich besonders einfach durch Verwendung entsprechender Materialien mit der erforderlichen Heißgasbeständigkeit versehen und lässt sich dadurch besonders preiswert realisieren. Bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 5](#) ist die Rezirkulationsleitung **37** über die Fördereinrichtung **40** an die Reformeroxidatorleitung **20** angeschlossen.

[0034] Bei den Ausführungsformen der [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) ist die Fördereinrichtung **40** in die Reformeroxidatorleitung **20** eingebunden. Des Weiteren ist bei diesen Ausführungsformen die Rezirkulationsleitung **37** stromauf der Fördereinrichtung **40** über die Anschlussstelle **39** an die Reformeroxidatorleitung **20** angeschlossen. Bei diesen Ausführungsformen kommt es in der Reformeroxidatorleitung **20** stromab der Anschlussstelle **39** zu einer Durchmischung zwischen Anodenabgas und dem Reformer **3** zugeführten Oxidatorgas. Hierdurch kommt es zu einer Abkühlung des Anodenabgases bis das Gemisch die Saugseite der Fördereinrichtung **40** erreicht. Dementsprechend ist es bei dieser Ausführungsform grundsätzlich möglich, die Fördereinrichtung **40** für vergleichsweise niedrige Temperaturen auszuliegen, so dass sie insgesamt vergleichsweise preiswert ausgestaltet werden kann. Die in [Fig. 8](#) gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der in [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsform dadurch, dass gemäß [Fig. 8](#) optional ein Rezirkulationswärmeübertrager **52** vorgesehen sein kann, der einerseits in die Rezirkulationseinheit **37** und andererseits in die Brenn-

stoffzellenoxidatorleitung **19** eingebunden ist. Der Rezirkulationswärmeübertrager **52** realisiert dadurch eine wärmeübertragende Kopplung zwischen dem rückgeführten Anodenabgas und dem der Brennstoffzelle **2** zugeführten Oxidatorgas, wodurch das Anodenabgas signifikant abgekühlt werden kann. Im gezeigten Beispiel ist der Rezirkulationswärmeübertrager **52** stromauf des Hauptwärmeübertragers **34** in die Brennstoffzellenoxidatorleitung **19** eingebunden.

[0035] Alternativ ist auch eine Ausführungsform möglich, bei welcher der Rezirkulationswärmeübertrager **52** stromauf der Anschlussstelle **39** in die Reformeroxidatorleitung **20** eingebunden ist.

[0036] Bei den hier gezeigten Ausführungsformen ist das Brennstoffzellensystem **1** außerdem mit einer thermisch isolierenden Isolationsbox **53** ausgestattet, die hier durch eine unterbrochene Linie angedeutet ist. Innerhalb dieser Isolationsbox **53** sind die besonders heißen Komponenten des Brennstoffzellensystems **1** angeordnet. In jedem Fall sind im Inneren der Isolationsbox **53** die Brennstoffzelle **2** und – soweit vorhanden – der Restgasbrenner **29** und der Hauptwärmeübertrager **34** angeordnet. Bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#) ist außerdem die Fördereinrichtung **40** zumindest teilweise innerhalb der Isolationsbox **53** angeordnet. Beispielsweise kann der Elektroantrieb **45** gemäß [Fig. 4](#) außerhalb der Isolationsbox **53** angeordnet sein. Ebenso kann bei diesen Ausführungsformen der Reformier **3** innerhalb der Isolationsbox **53** angeordnet sein. Im Unterschied dazu ist bei den Ausführungsformen der [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) die Fördereinrichtung **40** außerhalb der Isolationsbox **53** angeordnet. Hierdurch benötigt die Fördereinrichtung **40** nur eine vergleichsweise geringe Hitzebeständigkeit, wodurch sie sich vergleichsweise preiswert realisieren lässt. Ebenso kann bei diesen Ausführungsformen der Reformier **3** bevorzugt außerhalb der Isolationsbox **53** angeordnet sein. Bei allen Ausführungsformen sind vorzugsweise der Zusatzwärmeübertrager **35** und der jeweilige Verbraucher **9** außerhalb der Isolationsbox **53** angeordnet. Das Brennstoffzellensystem **1** kann außerdem eine Sensorik **54** aufweisen, die im vorliegenden Fall durch mehrere Temperatursensoren **55** gebildet ist, die an geeigneten Messstellen angeordnet sind. Beispielsweise befindet sich ein Temperatursensor **54** zwischen dem Gemischbildungsabschnitt **10** und dem Katalysatorabschnitt **11** des Reformiers **11**. Ein weiterer Temperatursensor **55** ist am Brenngasausgang **16** angeordnet. Ein Temperatursensor **55** kann außerdem am Brennerabgasausgang **32** oder am Eingang des Hauptwärmeübertragers **34** angeordnet sein. Ferner kann auch am Anodenausgang **5** ein weiterer Temperatursensor **55** angeordnet sein.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem, insbesondere für ein Kraftfahrzeug,
 – mit einer Brennstoffzelle (**2**) zur Stromerzeugung aus Brenngas und Oxidatorgas,
 – mit einem Reformier (**3**) zur Brenngaserzeugung aus Kraftstoff und Oxidatorgas,
 – mit einer Anodenabgasleitung (**28**) zum Abführen von Anodenabgas aus der Brennstoffzelle (**2**), die an die Brennstoffzelle (**2**) angeschlossen ist,
 – mit einer Reformieroxidatorleitung (**20**) zur Versorgung des Reformiers (**3**) mit Oxidatorgas, die an den Reformier (**3**) angeschlossen ist,
 – mit einer Rezipulationsleitung (**37**) zum Rückführen von Anodenabgas zum Reformier (**3**), die eingangsseitig an die Anodenabgasleitung (**28**) und ausgangssseitig an den Reformier (**3**) oder an die Reformieroxidatorleitung (**20**) angeschlossen ist,
 – mit einer Fördereinrichtung (**40**) zum Antreiben des Anodenabgases,
dadurch gekennzeichnet,
 dass die Fördereinrichtung (**40**) einen Heißgasförderer (**41**) zum Antreiben von ungekühltem Anodenabgas aufweist.

2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Heißgasförderer (**41**) durch einen Verdichter (**43**) einer Frischgasladeeinrichtung (**42**) einer Brennkraftmaschine gebildet oder nach Art eines derartigen Verdichters (**43**) ausgestaltet ist.

3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
 – dass die Frischgasladeeinrichtung ein Abgasturbolader (**42**) mit oder ohne Turbine (**44**) ist, oder
 – dass die Frischgasladeeinrichtung ein elektrisch oder mechanisch angetriebener Lader (**46**) ist.

4. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
 – dass ein Restgasbrenner (**29**) vorgesehen ist, der eingangsseitig an die Anodenabgasleitung (**28**) sowie an eine an die Brennstoffzelle (**2**) angeschlossene Kathodenabgasleitung (**27**) und ausgangssseitig an eine Brennerabgasleitung (**33**) angeschlossen ist,
 – dass die Fördereinrichtung (**40**) durch einen Abgasturbolader (**42**) gebildet ist, dessen Verdichter (**43**) den Heißgasförderer (**41**) bildet und dessen Turbine (**44**) den Verdichter (**43**) antreibt und in die Brennerabgasleitung (**33**) eingebunden ist.

5. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
 – dass in die Brennerabgasleitung (**33**) ein Wärmeübertrager (**34**) eingebunden ist,
 – dass die Turbine (**44**) des Abgasturboladers (**42**) stromauf oder stromab des Wärmeübertragers (**34**)

in die Brennerabgasleitung (33) eingebunden ist.

6. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördereinrichtung (40) einen Elektroantrieb (45) zum Antreiben des Heißgasförderers (41) aufweist.

7. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Heißgasförderer (41) in die Rezirkulationsleitung (37) eingebunden ist.

8. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Heißgasförderer (41) durch eine Saugstrahlpumpe (47) gebildet ist, die in die Reformeroxidatorleitung (20) eingebunden ist und über die die Rezirkulationsleitung (37) an die Reformeroxidatorleitung (20) angeschlossen ist.

9. Brennstoffzellensystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet,
– dass die Fördereinrichtung (40) in die Reformeroxidatorleitung (20) eingebunden ist,
– dass die Rezirkulationsleitung (37) stromauf der Fördereinrichtung (40) an die Reformeroxidatorleitung (20) angeschlossen ist.

10. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in die Rezirkulationsleitung (37) ein Rezirkulationswärmeübertrager (52) eingebunden ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

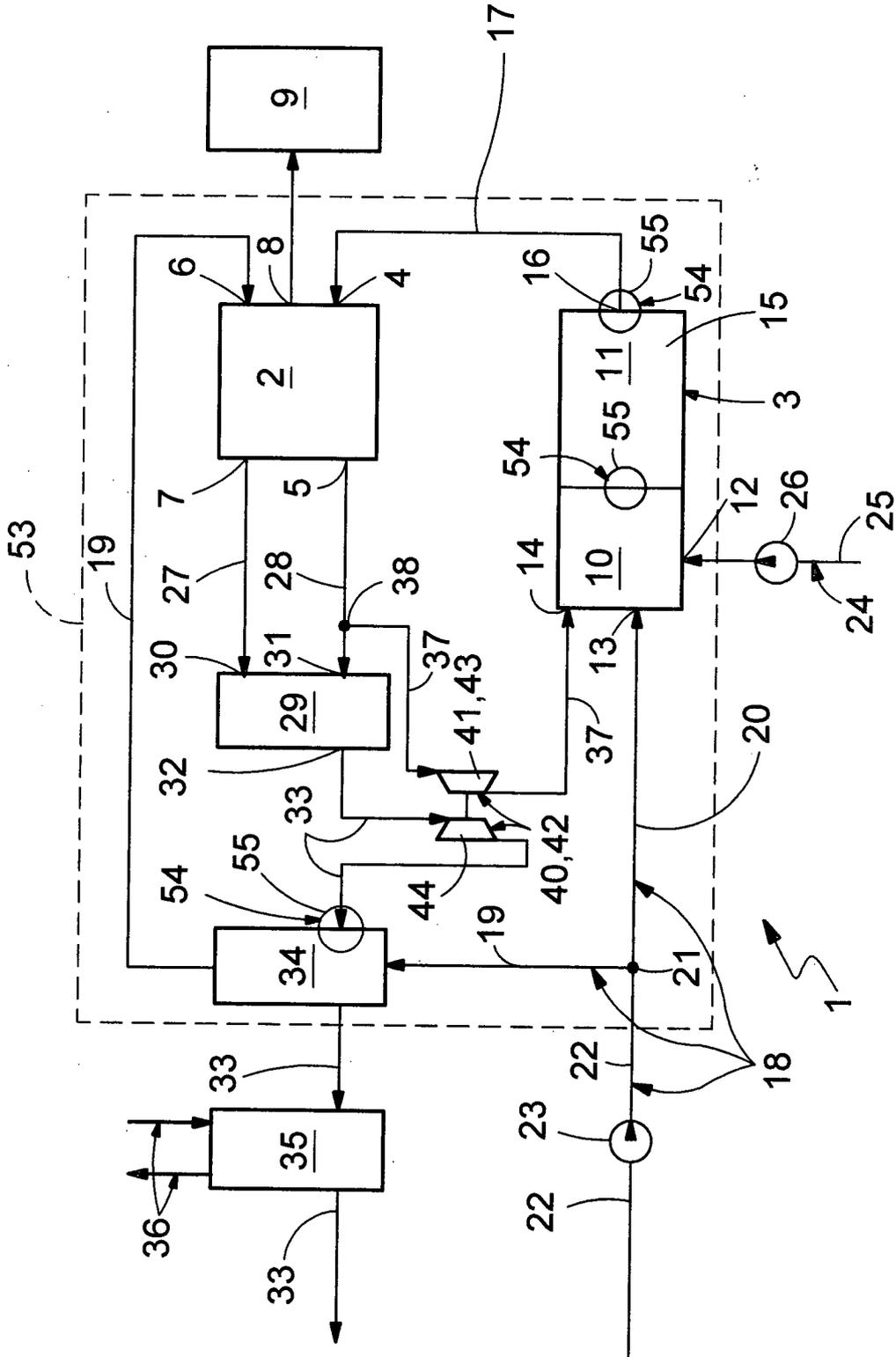


Fig.1

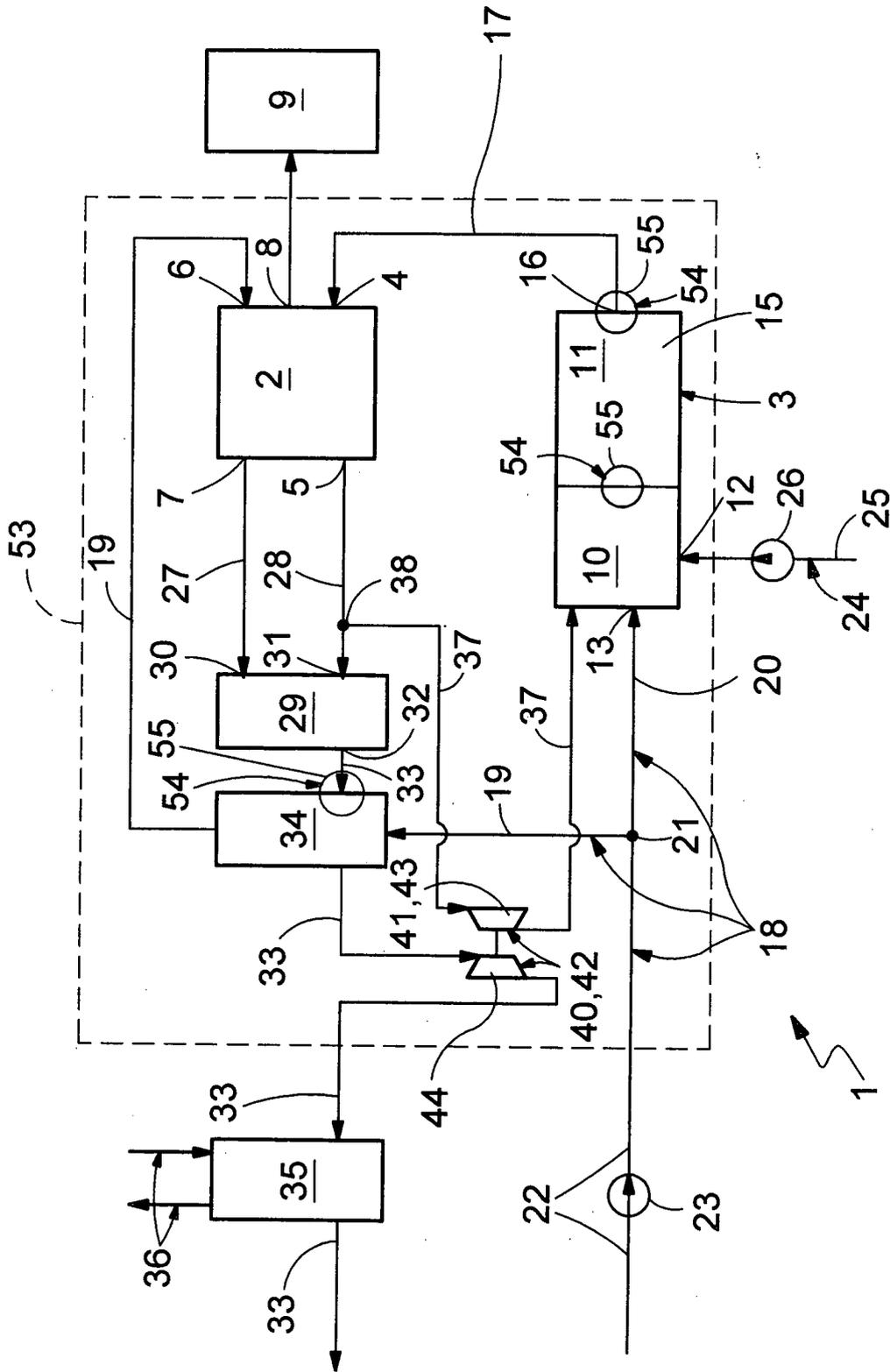


Fig.3

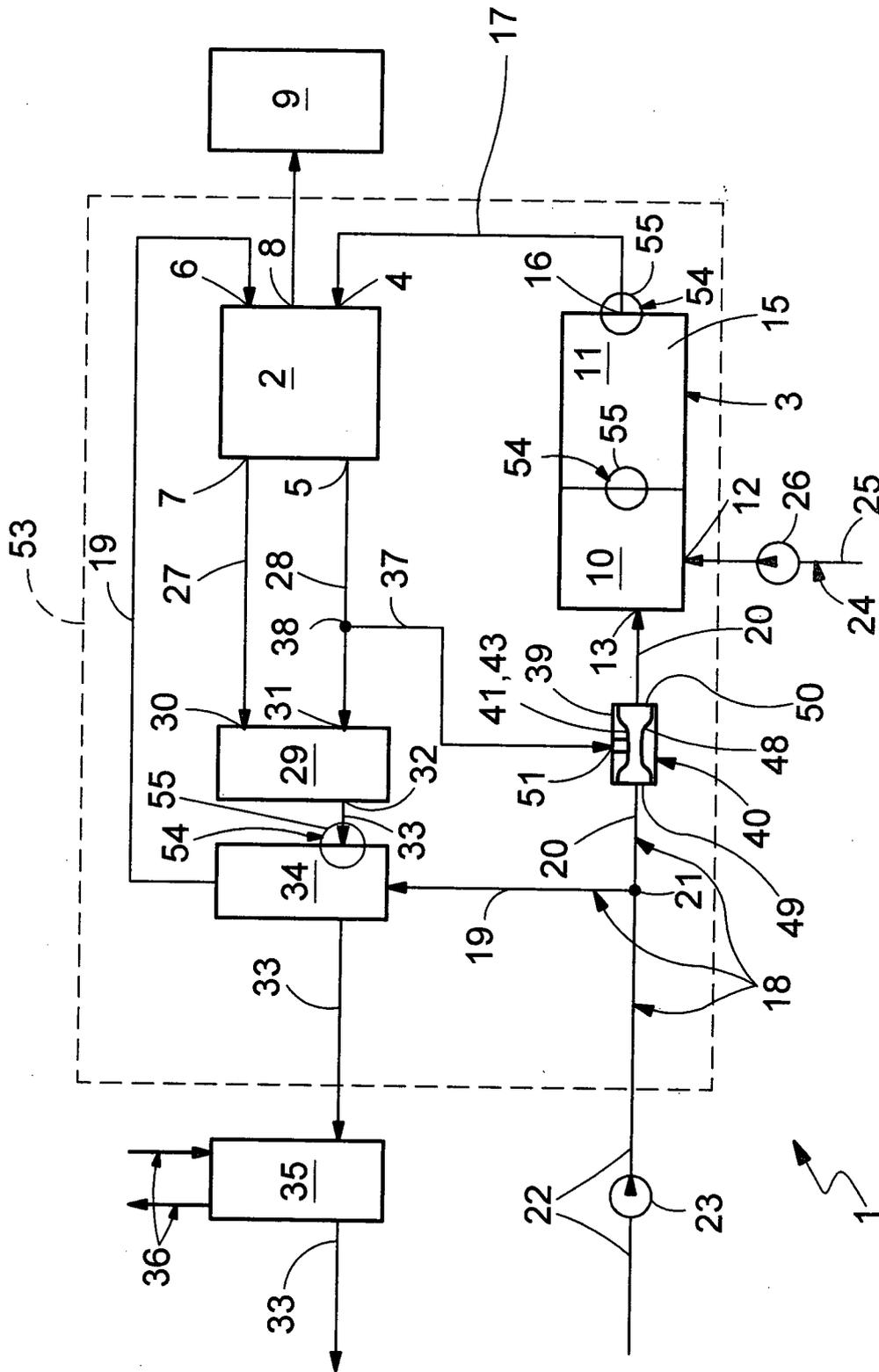


Fig.5

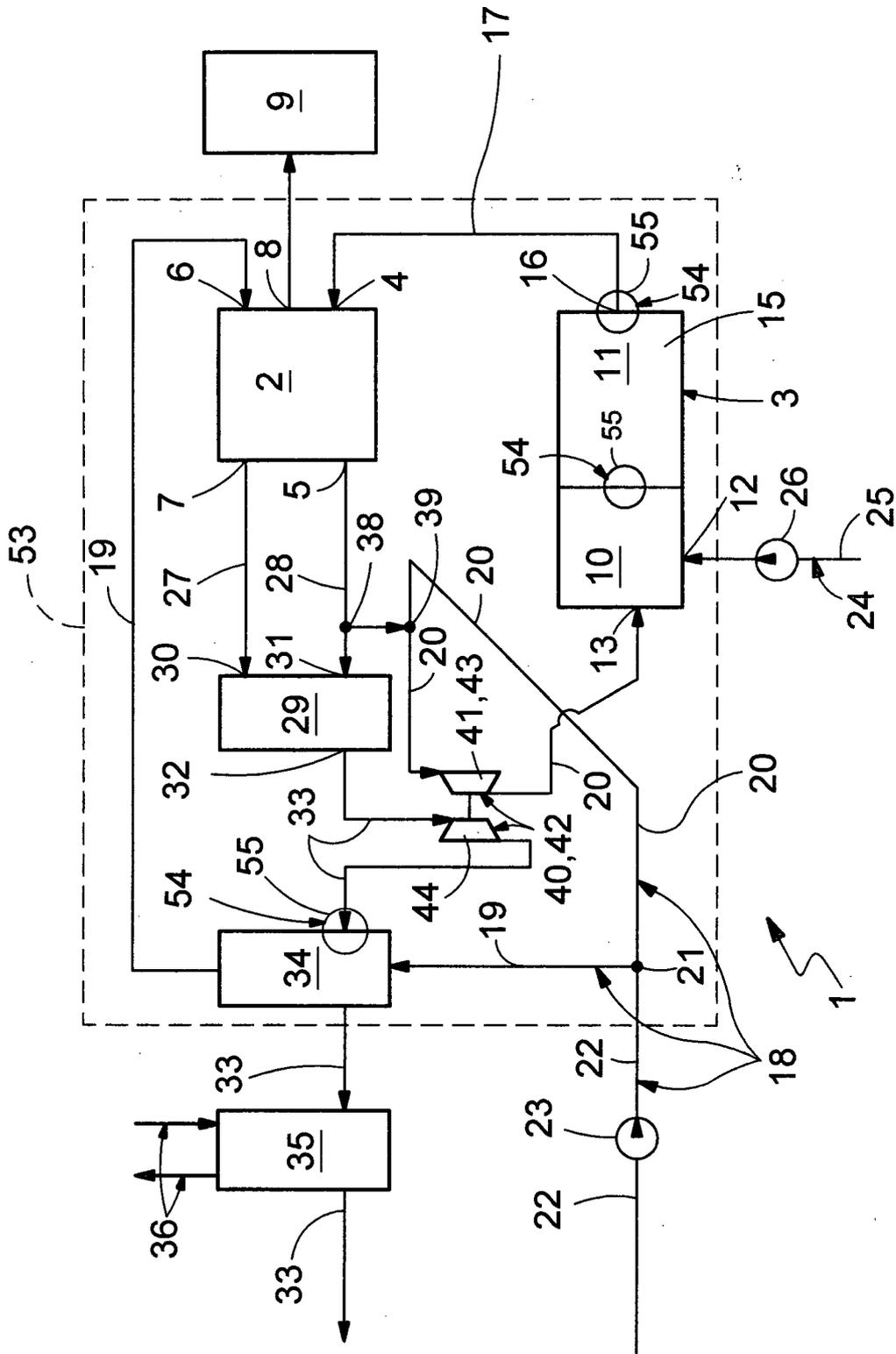


Fig.6

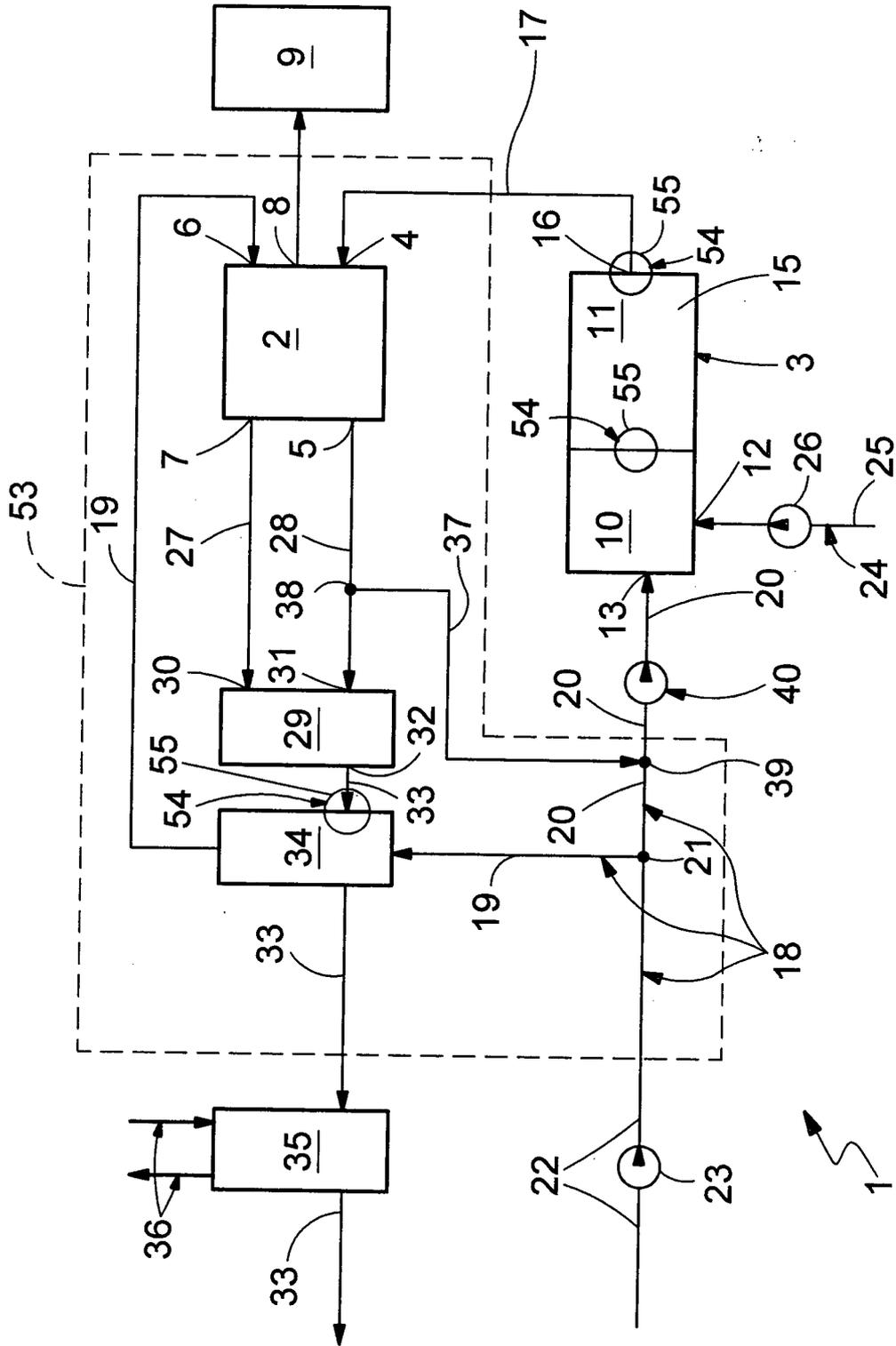


Fig.7

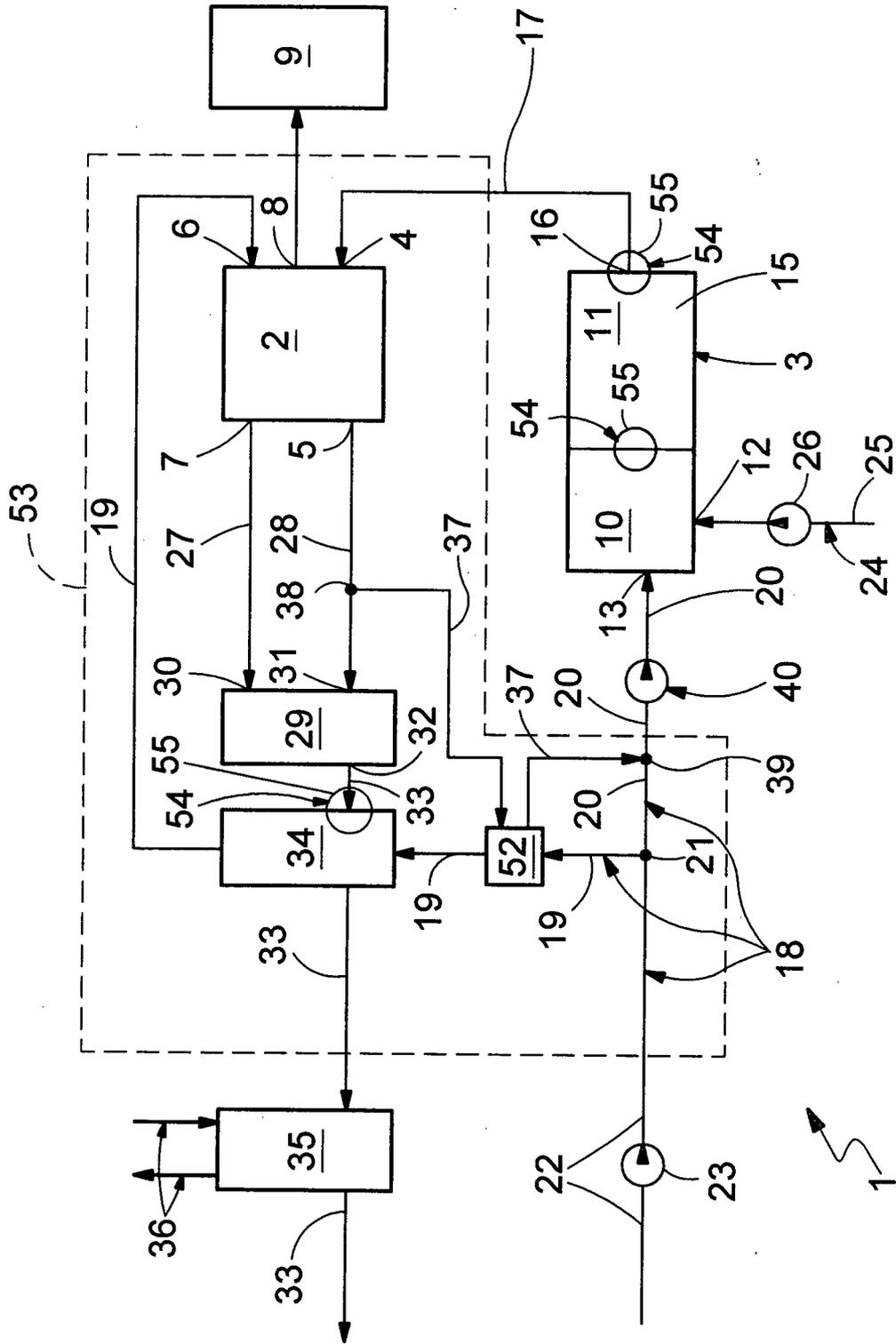


Fig.8