

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51022/2018
(22) Anmeldetag: 21.11.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2020

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04014** (2016.01)
H01M 8/0432 (2016.01)
H01M 8/04746 (2016.01)
B60L 50/72 (2019.01)
H01M 8/0612 (2016.01)
H01M 8/0662 (2016.01)
H01M 8/1246 (2016.01)
H01M 8/124 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2018123150 A1
CA 2941811 A1
AT 519860 A1
DE 102005001361 A1
EP 2824743 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Neubauer Raphael Dr.
8010 Graz (AT)
Krauss Thomas Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Seidl Michael Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Temperieren eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), einen Reform erwärmetauscher (5) mit einer kalten Seite stromaufwärts des Anodenabschnitts (3), die einen Reform (6) bildet, und einer heißen Seite stromabwärts des Kathodenabschnitts (4), die einen Wärmetauscher (7) bildet, und einen Nachbrenner (8) stromabwärts des Wärmetauschers (7) zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt (3) und/oder Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt (4), wobei der Wärmetauscher (7) direkt stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) ausgestaltet ist und durch eine Kathodenabgasleitung (9), zum vollständigen Leiten des Kathodenabgases durch den Wärmetauscher (7), in fluidkommunizierender Verbindung mit dem Kathodenabschnitt (4) steht. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Temperieren eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems (1a; 1b; 1c; 1d).

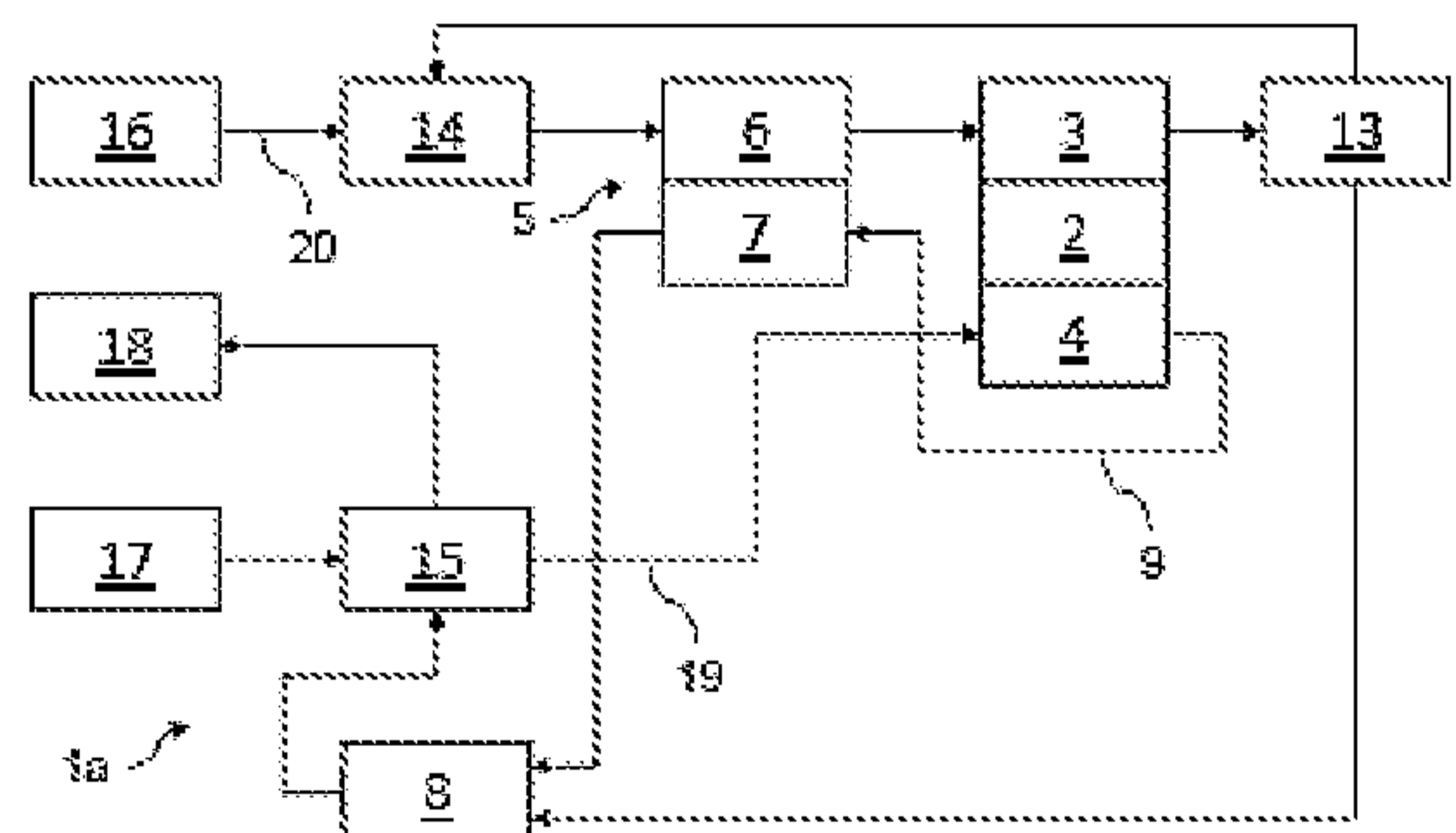


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), einen Reform erwärmetauscher (5) mit einer kalten Seite stromaufwärts des Anodenabschnitts (3), die einen Reformer (6) bildet, und einer heißen Seite stromabwärts des Kathodenabschnitts (4), die einen Wärmetauscher (7) bildet, und einen Nachbrenner (8) stromabwärts des Wärmetauschers (7) zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt (3) und/oder Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt (4), wobei der Wärmetauscher (7) direkt stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) ausgestaltet ist und durch eine Kathodenabgasleitung (9), zum vollständigen Leiten des Kathodenabgases durch den Wärmetauscher (7), in fluidkommunizierender Verbindung mit dem Kathodenabschnitt (4) steht.

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Temperieren eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems (1a; 1b; 1c; 1d).

Fig. 1

Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Temperieren eines Brennstoffzellensystems

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, insbesondere in Form eines SOFC-Systems, aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, einen Reform erwärmetauscher mit einer kalten Seite stromaufwärts des Anodenabschnitts, die einen Reformer bildet, und einer heißen Seite stromabwärts des Kathodenabschnitts, die einen Wärmetauscher bildet, und einen Nachbrenner stromabwärts des Wärmetauschers zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt und/oder Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Temperieren eines gattungsgemäßen Brennstoffzellensystems.

Bei gattungsgemäßen SOFC-Systemen ist stromaufwärts des Anodenabschnitts ein Reformer angeordnet, durch welchen Brennstoff bzw. ein Brennstoffgemisch reformiert wird, um es anschließend dem Anodenabschnitt zuzuführen. Für einen effizienten Betrieb des Reformers, muss dieser auf eine bestimmte Betriebstemperatur gebracht werden bzw. auf dieser gehalten werden. Hierzu sind verschiedene Ansätze bekannt. Gemäß einem Ansatz ist am Reformer ein Wärmetauscher angeordnet. Genauer gesagt ist der Reformer in diesem Fall als Reform erwärmetauscher ausgestaltet, bei welchem die kalte Seite des Reform erwärmetauschers den Reformer bildet und die heiße Seite des Reform erwärmetauschers den Wärmetauscher bildet. Der Wärmetauscher kann in diesem Fall stromabwärts des Kathodenabschnitts angeordnet sein, sodass der Reformer durch erhitztes Kathodenabgas temperiert bzw. geheizt werden kann.

Da das Kathodenabgas direkt stromabwärts des Kathodenabschnitts eine relativ hohe Temperatur aufweist, wird es bei bekannten Systemen nicht vollständig oder zumindest nicht direkt der heißen Seite des Reform erwärmetauschers zugeführt. Damit ist ein entsprechender Aufwand bezüglich der Fluidführung, beispielsweise mit Hilfe von Strömungstrennern, und des Temperaturmanagements stromabwärts des Kathodenabschnitts verbunden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Brennstoffzellensystem sowie ein Verfahren mit einem

verbesserten bzw. für ein verbessertes Temperaturmanagement zur Temperierung des Reformers zur Verfügung zu stellen.

Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 1, das Verfahren gemäß Anspruch 5 sowie die Verwendung gemäß 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 Brennstoffzellensystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem, der erfindungsgemäßen Verwendung und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt, aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, einen Reformerwärmtauscher mit einer kalten Seite stromaufwärts des Anodenabschnitts, die einen Reformer bildet, und einer heißen Seite stromabwärts des Kathodenabschnitts, die einen Wärmetauscher bildet, und einen Nachbrenner stromabwärts des Wärmetauschers zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt und/oder Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt. Der Wärmetauscher ist direkt stromabwärts des Kathodenabschnitts ausgestaltet und/oder angeordnet und steht durch eine Kathodenabgasleitung, zum vollständigen Leiten des Kathodenabgases durch den Wärmetauscher, in fluidkommunizierender Verbindung mit dem Kathodenabschnitt.

Das Brennstoffzellensystem entspricht insbesondere einem Hochtemperatur-Brennstoffzellensystem und bevorzugt einem SOFC-System. Bei solchen Systemen ist man bisher davon ausgegangen, dass die Betriebstemperaturen in dem wenigstens einen Brennstoffzellenstapel zu hoch seien, um Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt während des Betriebs des Brennstoffzellensystems direkt in einen gattungsgemäßen Wärmetauscher stromabwärts des wenigstens einen Brennstoffzellenstapels am Reformer zu führen. Genauer gesagt wurde bislang von einem zu starken negativen Einfluss auf den Reformerwärmtauscher bei einer solchen Ausgestaltungsmöglichkeit ausgegangen. Deshalb wurde das Kathodenabgas stromab-

wärts des Kathodenabschnitts bisher entweder zumindest teilweise abgezweigt, bevor es zum Wärmetauscher geführt wurde, oder durch weitere Wärmetauscher abgekühlt, bevor es dem Wärmetauscher am Reformer zugeführt wurde.

Bei umfangreichen Versuchen, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführt wurden, hat sich nun allerdings überraschend herausgestellt, dass es unter Abwägung verschiedener Faktoren durchaus möglich ist, bzw. auch von Vorteil sein kann, das Kathodenabgas vollständig dem Wärmetauscher am Reformer bzw. der heißen Seite des Reformerwärmetauschers zuzuführen. Zunächst ist es von Vorteil, dass keine Strömungsteiler stromabwärts des Kathodenabschnitts nötig sind. Strömungsteiler führen zu einem komplexen Systemaufbau, für welchen entsprechend komplexe Funktionsbauteile erforderlich sind. Diese sind nicht nur teuer, sondern schlagen sich auch im Gewicht nieder, welches es insbesondere bei mobilen Anwendungen stets zu reduzieren gilt. Darüber hinaus müssen durch die Verwendung von Strömungsteilern komplexe Steuerungs- und Regelungsschritte in das Brennstoffzellensystem implementiert werden. Darauf kann verzichtet werden, wenn das Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt direkt und unverzweigt, also vollständig, zum Wärmetauscher am Reformer geleitet wird.

Ohne Strömungsteiler stromabwärts des Kathodenabschnitts und stromaufwärts des Wärmetauschers ist es zudem möglich, das gesamte Brennstoffzellensystem einzig über die Luftzufuhr bzw. Kathodengaszufuhr zum Kathodenabschnitt zu regeln. Bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystemen kann die Brennstoff- bzw. Anodengaszufuhr, abhängig von einer gewünschten vom Brennstoffzellenstapel abzugreifenden Leistung, fest vorgegeben sein, während nur die Luft- bzw. Sauerstoffmenge für den Kathodenabschnitt verändert wird.

Erfindungsgemäß ist der Nachbrenner separat zum und beabstandet vom Reformerwärmetauscher angeordnet. Dem Nachbrenner wird für die Verbrennung Luft bzw. ein sauerstoffhaltiges Fluid zugeführt. Bei dem erfindungsgemäßen Reformerwärmetauscher kann auf eine Luftzufuhr zu dem oder an den Reformer verzichtet werden. Der Nachbrenner kann beispielsweise als Flammenbrenner oder als katalytischer Brenner ausgebildet sein.

Gegebenenfalls kann es günstig sein, dem Reformer beim Hochfahren des Brennstoffzellensystems, das heißt bei einer Startphase des Brennstoffzellensystems, Luft zuzuführen.

Der Reformerwärmetauscher ist vorzugsweise in Form eines Plattenwärmetauschers 5
ausgestaltet, wobei die kalte, den Reformer bildende Seite, katalytisch beschichtet sein kann. Grundsätzlich kann der Reformerwärmetauscher allerdings beliebig ausgebildet sein, wie beispielsweise als Rohrbündelwärmetauscher. Es kann auch günstig sein, wenn sowohl die kalte Seite als auch die warme Seite des Reformerwärmetauschers katalytisch beschichtet ist. Dadurch kann beispielsweise, wenn auch während 10
eines Betriebes Luft zugeführt wird, ein Temperaturniveau im Reformerwärmetauscher direkt geregelt werden.

Unter der Anordnung des Wärmetauschers direkt stromabwärts des Kathodenabschnitts ist zu verstehen, dass in Strömungsrichtung vom Kathodenabschnitt zum 15
Wärmetauscher keine Funktionsbauteile, wie weitere Wärmetauscher, Strömungsteiler, Ventile oder dergleichen, angeordnet sind. Dadurch, dass die Kathodenabgasleitung zum vollständigen Leiten des Kathodenabgases vom Kathodenabschnitt zu dem bzw. durch den Wärmetauscher ausgestaltet ist, kann das Kathodenabgas vollständig zum Wärmetauscher geleitet werden, ohne vorher bzw. dazwischen abgezweigt zu werden.

20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass ein Startbrenner zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids zum Nachbrenner bereitgestellt ist, wobei der Nachbrenner stromaufwärts einer heißen Seite eines Kathodengaswärmetauschers angeordnet ist, dessen kalte Seite stromaufwärts des Kathodenabschnitts in einer Kathodenzuführgasleitung zum Zuführen von Kathodenzuführgas zum Kathodenabschnitt angeordnet ist. Bei einem erfindungsgemäßen 25
Brennstoffzellensystem liegt die Betriebstemperatur von Kathodenabgas am Ausgang des wenigstens einen Brennstoffzellenstapels in einem Bereich von ca. 550 °C, insbesondere ca. 600 °C bis ca. 620 °C. Am Wärmetauscher soll eine Temperatur von ca. 500 °C, insbesondere ca. 520 °C bis ca. 540 °C erreicht werden. Für den 30
Fall, dass die Temperatur des Kathodenabgases nicht ausreicht, um den Wärmetauscher auf die gewünschte Temperatur zu erhitzen, kann dem Kathodenabschnitt durch den Wärmetauscher dosiert bzw. gezielt Wärme zugeführt werden. Genauer gesagt wird in diesem Fall das Heizfluid durch den Startbrenner zunächst dem

Nachbrenner zugeführt. Dabei kann das Heizfluid in oder zumindest an den Nachbrenner geführt werden. Vom Nachbrenner kann das Heizfluid weiter in Richtung der heißen Seite des Kathodengaswärmetauschers geleitet werden, um dort Kathodenzuführgas, insbesondere Luft, das bzw. die zum Kathodenabschnitt geleitet wird, aufzuheizen. Dadurch werden entsprechend der Kathodenabschnitt und später der Wärmetauscher am Reformer erhitzt. Mithin können durch die Anordnung des Startbrenners am Nachbrenner auf einfache Weise mehrere Systemkomponenten des Brennstoffzellensystems aufgeheizt werden. Dies kann insbesondere bei einem Startbetrieb des Brennstoffzellensystems von Vorteil sein.

10 Unter Heizfluid ist im Rahmen der Erfindung ein gasförmiges und/oder flüssiges Fluid zu verstehen, insbesondere vorab im Startbrenner zumindest teilweise, bevorzugt unter Zuführung von Luft, verbrannter Brennstoff.

Weiterhin ist es bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem möglich, dass ein Kathodenabgas-Startbrenner zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids in die Kathodenabgasleitung bereitgestellt ist. Durch das Zugeben von Heizfluid in die Kathodenabgasleitung kann eine gewünschte Temperaturerhöhung im Wärmetauscher am Reformer direkt und schnell realisiert werden. Wärmeverluste können weitestgehend vermieden werden.

Außerdem ist es möglich, dass bei einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung stromaufwärts des Kathodenabschnitts eine Kathodenzuführgasleitung zum Zuführen von Kathodenzuführgas zum Kathodenabschnitt ausgestaltet ist und ein Kathodenzuführgas-Startbrenner zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids in die Kathodenzuführgasleitung bereitgestellt ist. Damit ist der Kathodenzuführgas-Startbrenner direkt stromaufwärts des Kathodenabschnitts angeordnet und es kann entsprechend schnell auf gewünschte Temperaturerhöhungen im Kathodenabschnitt reagiert werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Temperieren eines, wie vorstehend im Detail beschriebenen, Brennstoffzellensystems vorgeschlagen. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

30 - Zuführen von Kathodenzuführgas durch die Kathodenzuführgasleitung zum Kathodenabschnitt, und

- Zuführen des gesamten Kathodenabgases stromabwärts des Kathodenabschnitts durch die Kathodenabgasleitung direkt zum Wärmetauscher.

Damit bringt ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem beschrieben worden sind. Erfindungsgemäß wird das Brennstoffzellensystem mit einer Kathodenausgangstemperatur von unter 700 °C, insbesondere mit einer Kathodenausgangstemperatur von ca. 560 °C, insbesondere ca. 600 °C bis ca. 620 °C, betrieben. Dieser Temperaturbereich hat sich als vorteilhafter Kompromiss zwischen ausreichend heiß für den wenigstens einen Brennstoffzellenstapel und nicht zu heiß für das Kathodenabgas für den Wärmetauscher am Reformierherausgestellt. Damit kann das Brennstoffzellensystem zumindest während eines Normalbetriebs mit einer bevorzugten Reformierwärmetauschertemperatur von ca. 500 °C bis ca. 560 °C, insbesondere mit einer Reformierwärmetauschertemperatur von ca. 520 °C bis ca. 540 °C, betrieben werden.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann das Brennstoffzellensystem, wie vorstehend bereits erwähnt, einzig durch die Luftzufuhr zum Kathodenabschnitt geregelt werden. D.h., bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung wird zur Regelung der Temperatur im Brennstoffzellensystem das Zuführen des Kathodenzuführungsgases, insbesondere ausschließlich das Zuführen des Kathodenzuführungsgases, geregelt. Hierzu kann wenigstens ein Temperatursensor zur Ermittlung wenigstens einer Temperatur im Brennstoffzellensystem bereitgestellt sein. Wird erkannt, dass die ermittelte Temperatur unter oder über einem vordefinierbaren Schwellenwert liegt, wird die Kathodenzuführungsmenge entsprechend geregelt. Damit kann ein einfaches und kostengünstiges Temperaturmanagement für das Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt werden.

Darüber hinaus kann bei einem erfindungsgemäßen Verfahren während der Temperierung des Brennstoffzellensystems, abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers, durch den Startbrenner Heizfluid zum Nachbrenner und von dort weiter zu der heißen Seite des Kathodenwärmetauschers, dessen kalte Seite stromaufwärts des Kathodenabschnitts in der Kathodenzuführungsgasleitung angeordnet ist, zugeführt werden. Zusätzlich oder alternativ ist es möglich, dass während der Temperierung des Brennstoffzellensystems, abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers, durch den Kathodenabgas-Startbrenner Heizfluid in die Kathodenabgasleitung

und/oder durch den Kathodenzuführgas-Startbrenner Heizfluid in die Kathodenzuführgasleitung zugeführt werden. Damit können die bereits vorstehend beschriebenen Vorteile bezüglich einer schnellen und direkten Temperierung der gewünschten Funktionsbauteile erzielt werden.

- 5 Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Verwendung eines, wie vorstehend beschriebenen, Brennstoffzellensystems zur Bereitstellung elektrischer Energie in einem Kraftfahrzeug. Damit bringt auch die erfindungsgemäße Verwendung die vorstehend beschriebenen Vorteile mit sich.

10 Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Es zeigen jeweils schematisch:

- Figur 1 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- 15 Figur 2 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 3 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 4 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- 20 Figur 5 ein Flussdiagramm zum Erläutern eines Verfahrens gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform.

Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 4 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

25 Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines Brennstoffzellensystems 1a in Form eines SOFC-Systems gemäß einer bevorzugten Ausführungsform. Das in Fig. 1 dargestellte Brennstoffzellensystem 1a weist einen Brennstoffzellenstapel 2 mit einem Anodenabschnitt 3 und einem Kathodenabschnitt 4 auf. Das Brennstoffzellensystem 1a weist ferner einen Reform erwärmetauscher 5 mit einer kalten Seite stromaufwärts des Anodenabschnitts 3, die einen Reformer 6 bildet, und einer heißen Seite strom-

abwärts des Kathodenabschnitts 4, die einen Wärmetauscher 7 bildet, auf. Mit anderen Worten bildet der Reformer 6 die kalte Seite des Reformerwärmetauschers 5 und der Wärmetauscher 7 bildet die heiße Seite des Reformerwärmetauschers 5. Der Reformerwärmetauscher 5 ist gemäß der dargestellten Ausführungsvariante als Plattenwärmetauscher ausgestaltet, bei welchem der Reformer 6 katalytisch beschichtet ist.

Weiterhin weist das Brennstoffzellensystem 1a einen Nachbrenner 8 stromabwärts des Wärmetauschers 7 zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt 3 und/oder Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt 4 auf. Wie in Fig. 1 zu erkennen, ist der Wärmetauscher 7 direkt stromabwärts des Kathodenabschnitts 4 ausgestaltet und steht durch eine Kathodenabgasleitung 9 zum vollständigen Leiten des Kathodenabgases zu dem bzw. durch den Wärmetauscher 7 in fluidkommunizierender Verbindung mit dem Kathodenabschnitt 4.

Direkt stromabwärts des Anodenabschnitts 3 ist ein Abzweigabschnitt 13 zum Abzweigen eines Teils von Anodenabgas in den Nachbrenner 8 sowie zum Abzweigen bzw. Rückführen eines anderen Teils des Anodenabgases zu einem Gabelabschnitt 14, durch welchen das Anodenabgas zurück in eine Anodenzuführgasleitung 20 geführt werden kann.

Durch die Anodenzuführgasleitung 20 kann Anodenzuführgas in Form eines Brennstoffs oder eines Brennstoffgemisches von einer Anodenzuführgasquelle 16 über den Gabelabschnitt 14 und den Reformer 6 zum Anodenabschnitt geleitet werden. Kathodenzuführgas kann in Form von Luft von einer Kathodenzuführgasquelle 17 über den Kathodengaswärmetauscher 15 bzw. dessen kalte Seite durch die Kathodenzuführgasleitung 19 zum Kathodenabschnitt geführt werden. Abgas, bzw. zumindest teilweise verbrauchtes Prozessgas, kann über den Nachbrenner 8 und die heiße Seite des Kathodengaswärmetauschers 15 durch einen Fluidauslass 18 in die Umgebung des Brennstoffzellensystems 1a geführt werden.

In Fig. 2 ist ein Brennstoffzellensystem 1b gemäß einer zweiten Ausführungsform dargestellt. Das in Fig. 2 dargestellte Brennstoffzellensystem 1b entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystem 1a und unterscheidet sich durch einen Startbrenner 10 zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids zum Nachbrenner 8. Mit Hilfe des Startbrenners 10 können der Nachbrenner 8 direkt oder

im Wesentlichen direkt und der Kathodengaswärmetauscher 15, der Kathodenabschnitt 4 sowie angrenzende Funktionsbauteile indirekt auf eine gewünschte Betriebstemperatur aufgeheizt werden.

In Fig. 3 ist ein Brennstoffzellensystem 1c gemäß einer dritten Ausführungsform dargestellt. Das in Fig. 3 dargestellte Brennstoffzellensystem 1c entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystem 1a und unterscheidet sich durch einen Kathodenabgas-Startbrenner 11 zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids in die Kathodenabgasleitung 9. Durch den Kathodenabgas-Startbrenner 11 können der Wärmetauscher 7 direkt oder im Wesentlichen direkt und der Nachbrenner 8, der Kathodengaswärmetauscher 15 sowie angrenzende Funktionsbauteile indirekt auf eine gewünschte Betriebstemperatur aufgeheizt werden.

In Fig. 4 ist ein Brennstoffzellensystem 1d gemäß einer vierten Ausführungsform dargestellt. Das in Fig. 4 dargestellte Brennstoffzellensystem 1d entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystem 1a und unterscheidet sich durch den Kathodenzuführgas-Startbrenner 12 zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids in die Kathodenzuführgasleitung 19. Durch den Kathodenzuführgas-Startbrenner 12 können der Kathodenabschnitt 4 direkt oder im Wesentlichen direkt und der Wärmetauscher 7, der Nachbrenner 8, der Kathodengaswärmetauscher 15 sowie angrenzende Funktionsbauteile indirekt auf eine gewünschte Betriebstemperatur aufgeheizt werden.

Mit Bezug auf Fig. 5 wird anschließend ein Verfahren zum Temperieren eines wie in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystems 1a beschrieben. In einem ersten Schritt S1 wird zunächst der Betrieb des Brennstoffzellensystems 1a gestartet. Hierzu wird gemäß einem zweiten Schritt S2 Kathodenzuführgas in Form von Luft durch die Kathodenzuführgasleitung 19 über die kalte Seite des Kathodengaswärmetauschers 15 zum Kathodenabschnitt 4 geleitet. In einem dritten Schritt S3 wird das gesamte Kathodenabgas stromabwärts des Kathodenabschnitts 4 durch die Kathodenabgasleitung 9 direkt zum Wärmetauscher 7 geleitet. Verfahrensgemäß kann zur Regelung der Temperatur im Brennstoffzellensystem 1a zumindest zeitweise einzig die Zufuhr des Kathodenzuführgases zum Kathodenabschnitt 4 geregelt werden.

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. So kann im Rahmen des Verfahrens während der Temperierung des Brennstoffzellensystems 1b, abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers 6, durch den Startbrenner 10 Heizfluid zum Nachbrenner 8 und von dort weiter zu der heißen Seite des Kathodenwärmetauschers 15, dessen kalte Seite stromaufwärts des Kathodenabschnitts 4 in der Kathodenzuführgasleitung 19 angeordnet ist, zugeführt werden. Ferner ist es möglich, dass während der Temperierung des Brennstoffzellensystems 1c, abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers 6, durch den Kathodenabgas-Startbrenner 11 Heizfluid in die Kathodenabgasleitung 9 zugeführt wird. Darüber hinaus kann während der Temperierung des Brennstoffzellensystems 1d, abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers 6, durch den Kathodenzuführgas-Startbrenner 12 Heizfluid in die Kathodenzuführgasleitung 19 zugeführt werden. Die in den Figuren 2 bis 4 dargestellten Startbrenner 10, 11, 12 können in beliebiger Kombination in einer einzigen Ausführungsform zusammen verwendet werden.

15

Bezugszeichenliste

- 1a-1d Brennstoffzellensystem
- 2 Brennstoffzellenstapel
- 3 Anodenabschnitt
- 4 Kathodenabschnitt
- 5 Reform erwärmetauscher
- 6 Reformer
- 7 Wärmetauscher
- 8 Nachbrenner
- 9 Kathodenabgasleitung
- 10 Startbrenner
- 11 Kathodenabgas-Startbrenner
- 12 Kathodenzuführ gas-Startbrenner
- 13 Abzweigabschnitt
- 14 Gabelabschnitt
- 15 Kathodengaswärmetauscher
- 16 Anodenzuführ gasquelle
- 17 Kathodenzuführ gasquelle
- 18 Fluidauslass
- 19 Kathodenzuführ gasleitung
- 20 Anodenzuführ gasleitung

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), einen Reformerwärmetauscher (5) mit einer kalten Seite stromaufwärts des Anodenabschnitts (3), die einen Reformer (6) bildet, und einer heißen Seite stromabwärts des Kathodenabschnitts (4), die einen Wärmetauscher (7) bildet, und einen Nachbrenner (8) stromabwärts des Wärmetauschers (7) zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt (3) und/oder Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt (4),
dadurch gekennzeichnet, dass
der Wärmetauscher (7) direkt stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) ausgestaltet ist und durch eine Kathodenabgasleitung (9), zum vollständigen Leiten des Kathodenabgases durch den Wärmetauscher (6), in fluidkommunizierender Verbindung mit dem Kathodenabschnitt (4) steht.
2. Brennstoffzellensystem (1b) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Startbrenner (10) zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids zum Nachbrenner (8) bereitgestellt ist, wobei der Nachbrenner (8) stromaufwärts einer heißen Seite eines Kathodengaswärmetauschers (15) angeordnet ist, dessen kalte Seite stromaufwärts des Kathodenabschnitts (4) in einer Kathodenzuführgasleitung (19) zum Zuführen von Kathodenzuführgas zum Kathodenabschnitt (4) angeordnet ist.
3. Brennstoffzellensystem (1c) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Kathodenabgas-Startbrenner (11) zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids in die Kathodenabgasleitung (9) bereitgestellt ist.
4. Brennstoffzellensystem (1d) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts des Kathodenabschnitts (4) eine Kathodenzuführgasleitung (19) zum Zuführen von Kathodenzuführgas zum Kathodenabschnitt (4) ausgestaltet ist und ein Kathodenzuführgas-Startbrenner (12) zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids in die Kathodenzuführgasleitung (19) bereitgestellt ist.

5. Verfahren zum Temperieren eines Brennstoffzellensystems (1a; 1b; 1c; 1d), das nach einem der voranstehenden Ansprüche ausgestaltet ist, aufweisend die Schritte:
 - Zuführen von Kathodenzuführgas durch die Kathodenzuführgasleitung (19) zum Kathodenabschnitt (4) und
 - Zuführen des gesamten Kathodenabgases stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) durch die Kathodenabgasleitung (9) direkt zum Wärmetauscher (7).
6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Regelung der Temperatur im Brennstoffzellensystem (1a) das Zuführen des Kathodenzuführgases, insbesondere ausschließlich das Zuführen des Kathodenzuführgases, geregelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
während der Temperierung des Brennstoffzellensystems (1b), abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers (6), durch den Startbrenner (10) Heizfluid zum Nachbrenner (8) und von dort weiter zu der heißen Seite des Kathodengaswärmetauschers (15), dessen kalte Seite stromaufwärts des Kathodenabschnitts (4) in der Kathodenzuführgasleitung (19) angeordnet ist, zugeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
während der Temperierung des Brennstoffzellensystems (1c), abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers (6), durch den Kathodenabgas-Startbrenner (11) Heizfluid in die Kathodenabgasleitung (9) zugeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
während der Temperierung des Brennstoffzellensystems (1d), abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers (6), durch den Kathodenzuführgas-Startbrenner (12) Heizfluid in die Kathodenzuführgasleitung (19) zugeführt wird.

10. Verwendung eines Brennstoffzellensystems (1a; 1b; 1c; 1d) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Bereitstellung elektrischer Energie in einem Kraftfahrzeug.

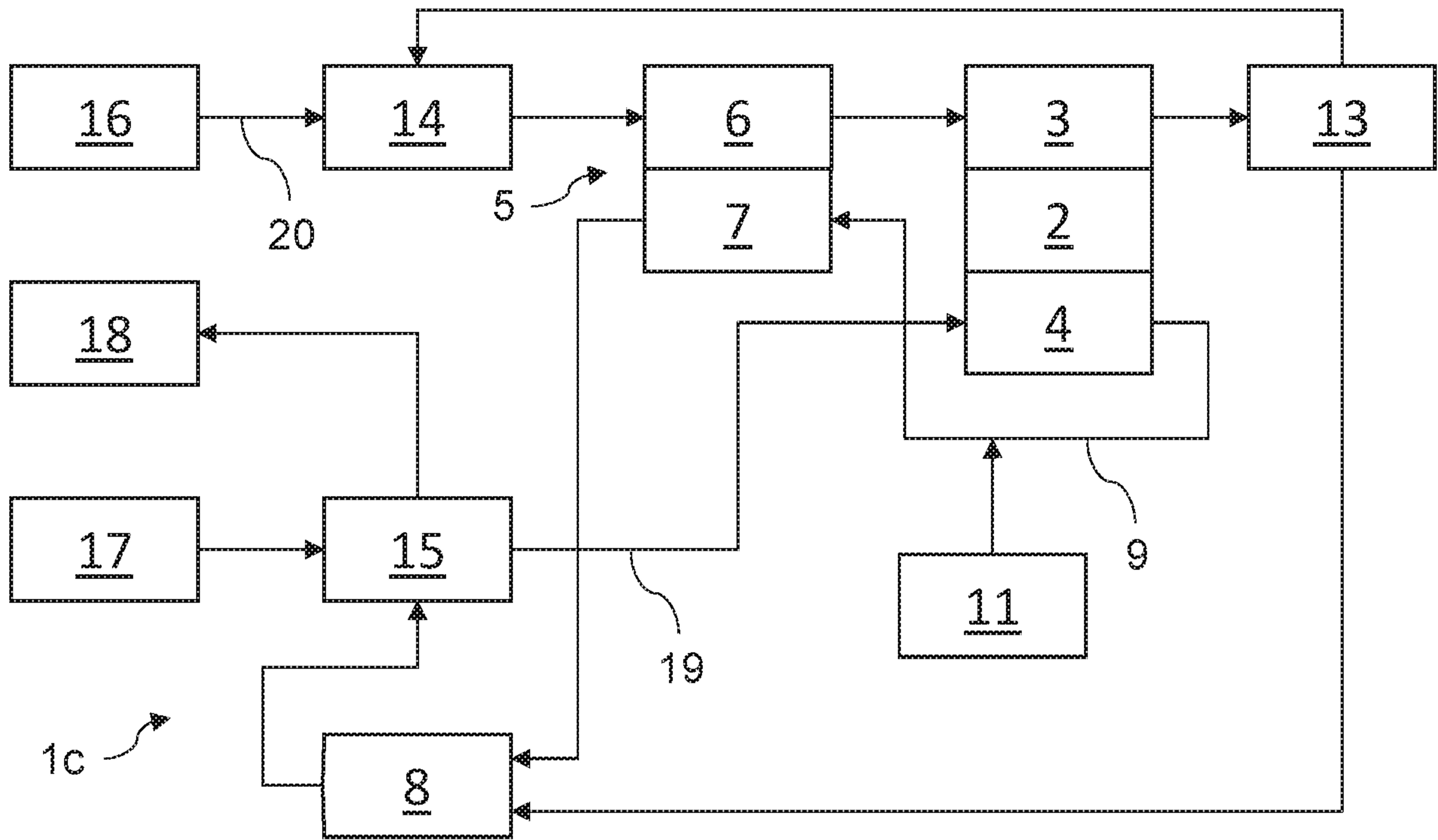


Fig. 3

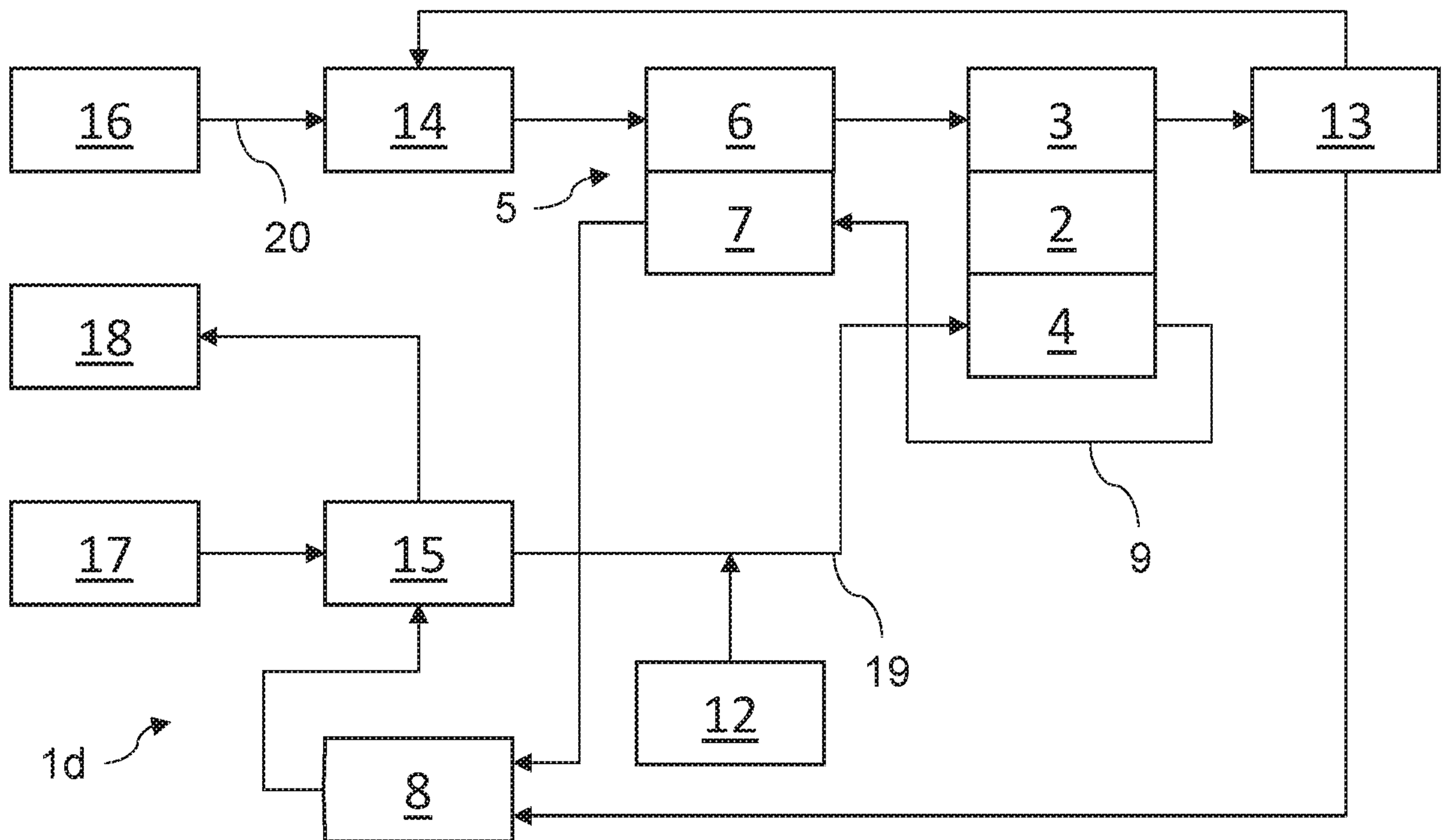


Fig. 4

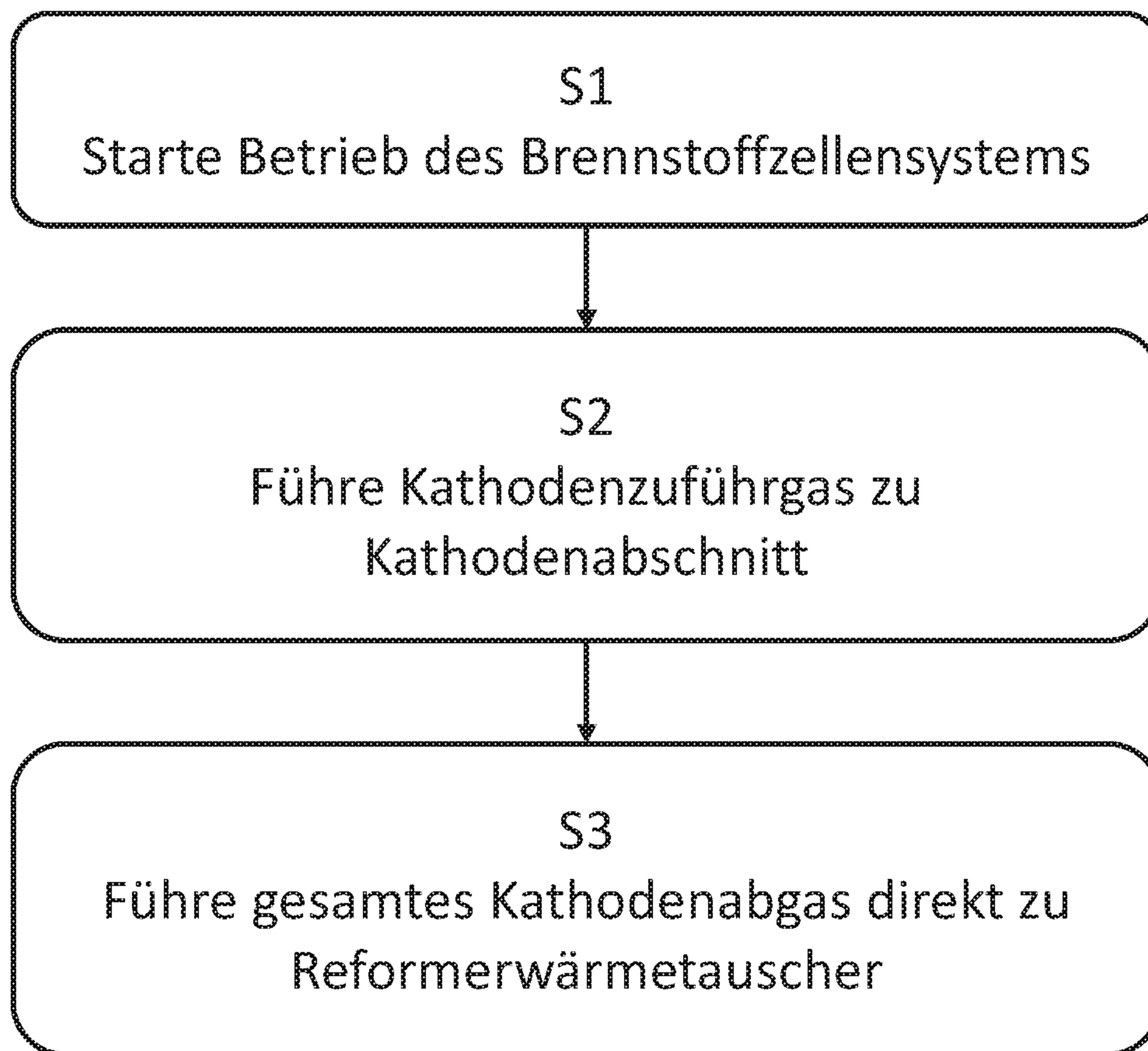


Fig. 5

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1a; 1b; 1c; 1d), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), einen Reformerwärmetauscher (5) mit einer kalten Seite stromaufwärts des Anodenabschnitts (3), die einen Reformer (6) bildet, und einer heißen Seite stromabwärts des Kathodenabschnitts (4), die einen Wärmetauscher (7) bildet, und einen Nachbrenner (8) stromabwärts des Wärmetauschers (7) zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt (3) und/oder Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt (4), wobei der Wärmetauscher (7) direkt stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) ausgestaltet ist und durch eine Kathodenabgasleitung (9), zum vollständigen Leiten des Kathodenabgases durch den Wärmetauscher (7), in fluidkommunizierender Verbindung mit dem Kathodenabschnitt (4) steht, wobei stromaufwärts des Kathodenabschnitts (4) eine Kathodenzuführgasleitung (19) zum Zuführen von Kathodenzuführgas zum Kathodenabschnitt (4) ausgestaltet ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kathodenabgas-Startbrenner (11) und/oder ein Kathodenzuführgas-Startbrenner (12) zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids in die Kathodenabgasleitung (9) und/oder in die Kathodenzuführgasleitung (19) bereitgestellt ist.
2. Brennstoffzellensystem (1b) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Startbrenner (10) zum dosierbaren Zuführen eines Heizfluids zum Nachbrenner (8) bereitgestellt ist, wobei der Nachbrenner (8) stromaufwärts einer heißen Seite eines Kathodengaswärmetauschers (15) angeordnet ist, dessen kalte Seite stromaufwärts des Kathodenabschnitts (4) in einer Kathodenzuführgasleitung (19) zum Zuführen von Kathodenzuführgas zum Kathodenabschnitt (4) angeordnet ist.
3. Verfahren zum Temperieren eines Brennstoffzellensystems (1a; 1b; 1c; 1d), das nach einem der voranstehenden Ansprüche ausgestaltet ist, aufweisend die Schritte:
 - Zuführen von Kathodenzuführgas durch die Kathodenzuführgasleitung (19) zum Kathodenabschnitt (4) und

- Zuführen des gesamten Kathodenabgases stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) durch die Kathodenabgasleitung (9) direkt zum Wärmetauscher (7),

dadurch gekennzeichnet, dass während der Temperierung des Brennstoffzellensystems (1c), abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers (6), durch den Kathodenabgas-Startbrenner (11) und/oder den Kathodenzuführungsgas-Startbrenner (12) Heizfluid in die Kathodenabgasleitung (9) und/oder in die in die Kathodenzuführungsgasleitung (19) zugeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Regelung der Temperatur im Brennstoffzellensystem (1a) das Zuführen des Kathodenzuführungsgases, insbesondere ausschließlich das Zuführen des Kathodenzuführungsgases, geregelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
während der Temperierung des Brennstoffzellensystems (1b), abhängig von einer ermittelten Temperatur des Reformers (6), durch den Startbrenner (10) Heizfluid zum Nachbrenner (8) und von dort weiter zu der heißen Seite des Kathodengaswärmetauschers (15), dessen kalte Seite stromaufwärts des Kathodenabschnitts (4) in der Kathodenzuführungsgasleitung (19) angeordnet ist, zugeführt wird.
6. Verwendung eines Brennstoffzellensystems (1a; 1b; 1c; 1d) nach einem der Ansprüche 1 bis 2 zur Bereitstellung elektrischer Energie in einem Kraftfahrzeug.