

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50968/2018
(22) Anmeldetag: 12.11.2018
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2020

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04014** (2016.01)
F23D 14/72 (2006.01)
F23D 14/66 (2006.01)
H01M 8/0662 (2016.01)
H01M 8/0432 (2016.01)
H01M 8/124 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2007091160 A1
JP 2003002605 A

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Soukup Nikolaus Dipl.Ing. BSc
8010 Graz (AT)
Seidl Michael Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

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

(54) **Verfahren zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner (1) eines Brennstoffzellensystems (2), aufweisend die Schritte: Zuführen von Brennstoff und Luft in den Brenner (1) für eine Verbrennung eines Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner (1), Ermitteln einer Temperaturerhöhung an einem Gaseintrittsbereich (3) des Brenners (1), Vergleichen der ermittelten Temperaturerhöhung am Gaseintrittsbereich (3) mit einer Referenztemperaturerhöhung, und Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner (1) anhand des Vergleichs der ermittelten Temperaturerhöhung mit der Referenztemperaturerhöhung, wobei ab einer vorbestimmbaren Temperatur am Gaseintrittsbereich (3) des Brenners (1) eine zusätzliche Menge an Brennstoff in den Brenner (1) gefördert wird.

Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogramm (7), ein Speichermittel, einen Controller (8) sowie eine Verwendung des Controllers (8) in einem Brennstoffzellensystem 2, insbesondere in einem stationären Brennstoffzellensystem, zur Erkennung einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner (1).

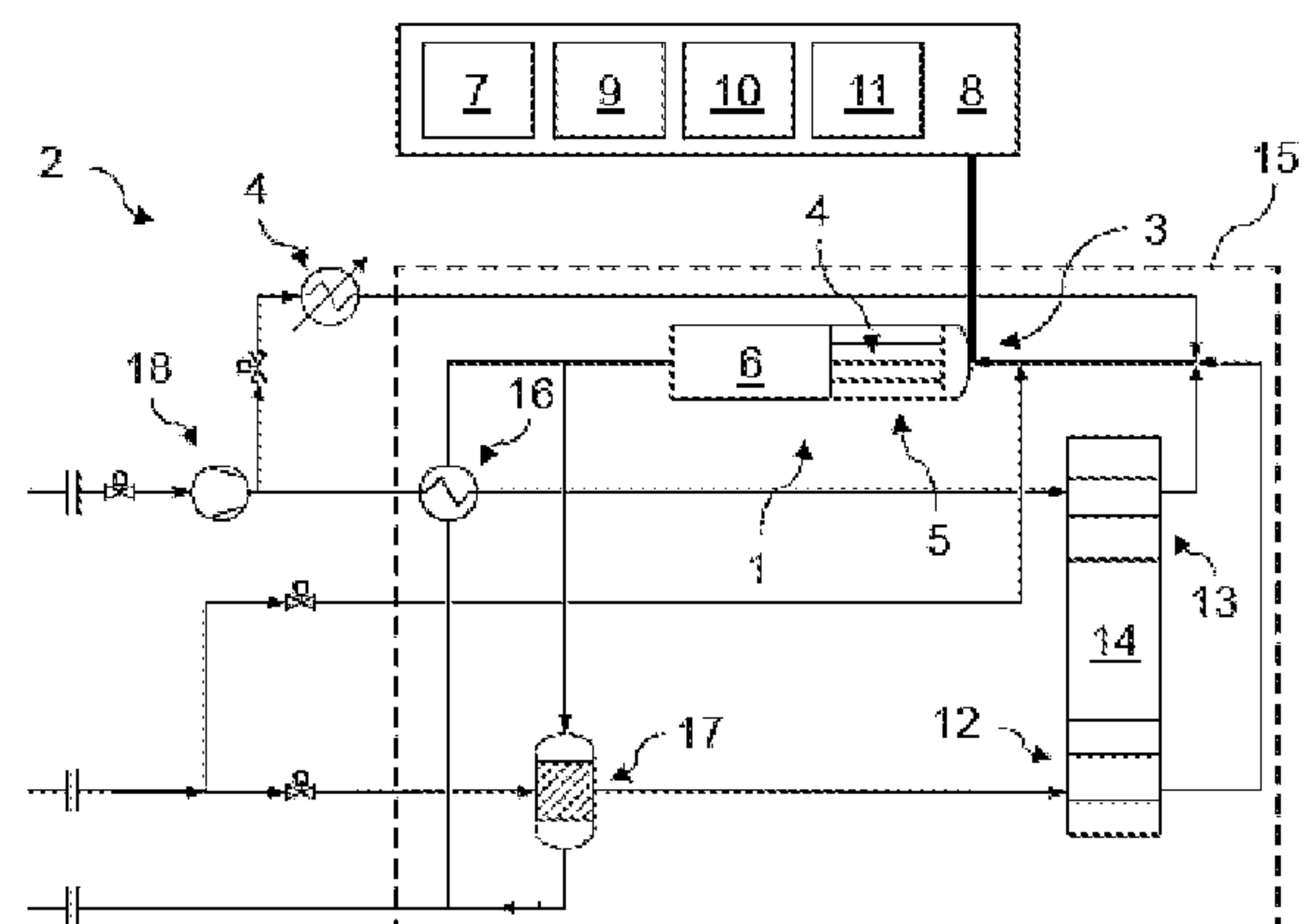


Fig. 1

Beschreibung

VERFAHREN ZUM ERKENNEN EINER ZÜNDUNG UND/ODER EINER VERBRENNUNG IN EINEM BRENNER EINES BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner eines Brennstoffzellensystems. Die Erfindung betrifft ferner ein Computerprogramm, ein Speichermittel, einen Controller sowie die Verwendung eines Controllers in einem Brennstoffzellensystem, insbesondere in einem SOFC-System, zur Erkennung einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner.

[0002] Um SOFC-Systeme, insbesondere stationäre SOFC-Systeme, auf Betriebstemperatur zu bringen, werden üblicherweise Brenner in Form von sogenannten Startbrennern/Nachbrennern, oder elektrische Heizmittel verwendet. Als Brenner werden häufig zweistufige Nachbrenner mit einer Katalysatorkammer und einer nachgeschalteten, katalysatorfreien Brennkammer verwendet. Wird ein solcher Nachbrenner verwendet, können eine Zündung und/oder eine Verbrennung von Brennstoff durch verschiedene im Stand der Technik verfügbare Systeme erkannt werden. Gemäß der deutschen Patentanmeldung DE 10 2011 089 530 A1 kann dies beispielsweise mit einem Temperatursensor zum Ermitteln einer im Brenner vorherrschenden Temperatur realisiert werden.

[0003] Gattungsgemäße Systeme zur Temperaturerkennung weisen beispielsweise Flammenwächter für sichtbare und/oder unsichtbare Strahlung, eine akustische Flammenüberwachung und/oder die Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Gasen in einer Brennkammer auf. Die Systeme sehen in der Regel vor, dass die Messung im Nachbrenner oder stromabwärts des Nachbrenners stattfindet.

[0004] Weitere Systeme zur Überwachung einer Verbrennung sind beispielsweise aus der WO 2007091160 A1 und der JP 2003002605 A bekannt.

[0005] Durch die Masse eines Nachbrenners ist es in der Brennkammer nach der Katalysatorkammer jedoch nicht möglich, die Zündung zeitnah über eine Temperaturänderung festzustellen, da die Masse und die Wärmekapazität des Katalysators bzw. der Katalysatorkammer die entstehende Wärme gleich zu Beginn der Verbrennung relativ stark aufnehmen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen.

[0007] Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Erkennung einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner eines Brennstoffzellensystems zu schaffen.

[0008] Ferner ist es ein Ziel, ein Computerprogramm, ein Speichermittel, einen Controller sowie eine Verwendung eines Controllers in einem Brennstoffzellensystem zur verbesserten Erkennung einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner des Brennstoffzellensystems zu schaffen.

[0009] Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Verfahren gemäß Anspruch 1, das Computerprogramm gemäß Anspruch 6, das Speichermittel gemäß Anspruch 7, den Controller gemäß Anspruch 8 sowie die Verwendung gemäß Anspruch 9 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Computerprogramm, dem erfindungsgemäßen Speichermittel, dem erfindungsgemäßen Controller, der erfindungsgemäßen Verwendung und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

[0010] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Erken-

nen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner eines Brennstoffzellensystems zur Verfügung gestellt. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- [0011]** - Zuführen von Brennstoff und Luft in den Brenner für eine Verbrennung eines Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner,
- [0012]** - Ermitteln einer Temperaturerhöhung an einem Gaseintrittsbereich des Brenners,
- [0013]** - Vergleichen der ermittelten Temperaturerhöhung am Gaseintrittsbereich mit einer Referenztemperaturerhöhung, und
- [0014]** - Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner anhand des Vergleichs der ermittelten Temperaturerhöhung mit der Referenztemperaturerhöhung,
wobei ab einer vorbestimmbaren Temperatur am Gaseintrittsbereich des Brenners eine zusätzliche Menge an Brennstoff in den Brenner gefördert wird.

[0015] Durch die Verbrennung des Brennstoffs entsteht im Brenner Wärme, die das Brennstoff/Luft-Gemisch im Gaseintrittsbereich bzw. im Brennstoff/Luft-Eintrittsbereich des Brenners stark erwärmt. Dadurch kommt es zu einem deutlich erkennbaren Temperaturanstieg im bzw. am Gaseintrittsbereich des Brenners, der einfach mit konventionellen Messsystemen messbar ist. Dies wurde im Rahmen der vorliegenden Erfindung erkannt und führte zum erfindungsgemäßen Verfahren. Genauer gesagt wurde überraschend festgestellt, dass eine Temperaturmessung am Gaseintrittsbereich eine schnellere und genauere Erkennung einer Temperaturveränderung innerhalb des Brenners zulässt als die bisher übliche Temperaturmessung innerhalb des Brenners oder stromabwärts des Brenners. Entsprechend kann durch das vorliegende Verfahren eine Zündung und/oder eine gesuchte Verbrennung im Brenner besonders schnell und zuverlässig erkannt werden.

[0016] Unter dem Gaseintrittsbereich ist ein Bereich, beispielsweise in Form einer Vorkammer oder eines Leitungsvolumens, stromaufwärts des Brenners bzw. einer Katalysatorkammer am Brenner, bevorzugt direkt am Brenner, zu verstehen. D.h., der Gaseintrittsbereich kann Bestandteil des Brenners sein oder separat dazu direkt am Brenner ausgestaltet sein. Unter der Ermittlung der Temperaturerhöhung kann eine Messung der Temperaturerhöhung verstanden werden. Die Ermittlung der Temperaturerhöhung wird vorzugsweise durch eine kontinuierliche oder zumindest regelmäßige Temperaturmessung im oder am Gaseintrittsbereich erreicht.

[0017] Mit der Ermittlung der Temperaturerhöhung ist es möglich, das Auftreten der Zündung im Katalysator und/oder einer gesuchten Verbrennung, insbesondere einer vollständigen Verbrennung, zu detektieren oder zumindest mit einfachen Mitteln herzuleiten. Bei umfangreichen Messungen, die im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführt wurden, wurde außerdem herausgefunden, dass es mit einem geeigneten Katalysatormaterial im Brenner in Kombination mit der nun möglichen schnellen Reaktion auf Temperaturveränderungen im Brenner und einer entsprechend schnellen Anpassung der Betriebsweise des Brennstoffzellensystems möglich ist, die Zündungstemperatur im Brenner dahingehend zu beeinflussen, dass eine vollständige Verbrennung des Brennstoffs im Brenner sichergestellt werden kann.

[0018] Demnach kann durch das erfindungsgemäße Verfahren zudem auf einfache Weise zuverlässig eine vollständige Verbrennung in geeigneten Katalysatoren sowie eine eventuelle Nachverbrennung in einer möglichen zweiten Stufe des Brenners diagnostiziert werden. Ein solcher zweistufiger Brenner kann eine dedizierte Katalysatorkammer sowie eine dedizierte katalysatorfreie Brennkammer aufweisen. Der Brenner kann vorliegend jedoch sowohl einstufig als auch zweistufig ausgestaltet sein.

[0019] Bei dem vorliegenden Verfahren wird die Temperatur bzw. die Temperaturerhöhung am Gaseintrittsbereich vorzugsweise mit einem Temperaturfühler gemessen. Durch die Ermittlung der Temperaturerhöhung stromaufwärts bzw. am Gaseintritt des Brenners wird sozusagen ein Verfahren zur indirekten Erkennung der Zündung und/oder der vollständigen Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner zur Verfügung gestellt. Mit dem vorgeschlagenen Verfah-

ren ist es möglich, die mit der Zündung und/oder vollständigen Verbrennung im Brenner korrespondierende Wärmeentwicklung in einer Zeit von weniger als 10 Sekunden zu erkennen. Damit kann beispielsweise vermieden werden, dass größere Mengen an unverbranntem Brennstoff durch das Brennstoffzellensystem strömen.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren wird insbesondere während eines Startvorgangs bzw. eines Aufheizvorgangs des Brennstoffzellensystems durchgeführt. Als Brennstoff wird vorzugsweise ein gasförmiger Brennstoff, bevorzugt ein Erdgasgemisch, welches hauptsächlich aus Methan besteht, verwendet. Unter Erdgas ist insbesondere ein Erdgasgemisch zu verstehen, wobei dieses auch ausschließlich oder annähernd ausschließlich aus Methan bestehen kann. Die Luft wird insbesondere in Form von Umgebungsluft verwendet, wobei der Brennstoff selbstverständlich auch unter Zugabe oder Beimischung eines anderen sauerstoffhaltigen Fluids verbrannt werden kann. Grundsätzlich kann als Brennstoff auch ein flüssiger Brennstoff verwendet werden, welcher jedoch vor einem Zuleiten zum Brenner oder zum stromaufwärts angeordneten Brennstoffzellenstapel verdampft werden muss. Deshalb ist es besonders günstig, wenn das Verfahren mit bereits gasförmigen Betriebsfluiden durchgeführt wird.

[0021] Mit Hilfe des Verfahrens können die Zündung und/oder die Verbrennung im Brenner anhand des Vergleichs der ermittelten Temperaturerhöhung mit der Referenztemperaturerhöhung automatisch erkannt werden. D.h., ein Auslesen und/oder eine Deutung des Vergleichs zur Erkennung bzw. Bestimmung der Zündung und/oder der Verbrennung können beispielsweise automatisch durch einen Computer durchgeführt werden.

[0022] Der Brenner ist vorzugsweise zum Verbrennen von Kathodenabgas aus einem Kathodenabschnitt und/oder von Anodenabgas aus einem Anodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels während eines Normalbetriebs, also nach dem Startvorgang zum Aufheizen des Brennstoffzellensystems, ausgestaltet.

[0023] Das Verfahren wird bevorzugt in einem stationären Brennstoffzellensystem, insbesondere in einem stationären SOFC-System, durchgeführt. Dabei kann der Brenner sowohl als Startbrenner als auch als Nachbrenner oder als integrales Bauteil für einen Startbrenner und oder Nachbrenner ausgebildet sein.

[0024] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Verfahren beim Zuführen von Brennstoff und Luft in den Brenner ein Verbrennungsluftverhältnis λ , im Brenner auf einen Wert zwischen 1 und 2 eingestellt wird. Durch die Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches entsteht im Brenner Wärme, die das Brennstoff/Luft-Gemisch im Einlassbereich des Brenners stark erwärmt. Mit der Wahl eines passenden Verbrennungsluftverhältnisses kann der Gradient einer Temperaturerhöhung im Gaseintrittsbereich beeinflusst werden. Bei umfangreichen Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich herausgestellt, dass ein Verbrennungsluftverhältnis bei der Zündung zwischen 1 und 2 besonders vorteilhaft ist. D.h., erfindungsgemäß wird mindestens der notwendige Sauerstoff für die vollständige Verbrennung zur Verfügung gestellt, aber maximal die doppelte notwendige Menge.

[0025] Ferner ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der Brenner, beim Zuführen von Brennstoff und Luft, durch eine elektrische Heizvorrichtung zumindest für eine vorbestimmbare Zeitdauer und/oder auf eine vorbestimmbare Temperatur, insbesondere auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur, vorgeheizt wird. Als Betriebstemperatur kann im Rahmen der Erfindung eine Temperatur verstanden werden, ab welcher eine vollständige Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches möglich ist. Die Heizvorrichtung kann zum Heizen des Brenners direkt am Brenner angeordnet sein. Bevorzugt ist die Heizvorrichtung jedoch beabstandet vom Brenner angeordnet und heizt diesen entsprechend indirekt durch ein Betriebsfluid, insbesondere Luft, auf, das bzw. die durch die Heizvorrichtung stromaufwärts des Brenners aufgeheizt und dem Brenner anschließend zugeführt wird. Die Heizvorrichtung ist bevorzugt außerhalb einer sogenannten Hotbox des Brennstoffzellensystems angeordnet, in welcher sich der Brenner befindet. Demnach wird das Betriebsfluid zum Heizen des Brenners bevorzugt außerhalb der Hotbox erhitzt und auch von dort aus dem Brenner zugeführt. Bei Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich überraschend herausgestellt, dass ein Verlegen der Heizvorrichtung von einer

Position direkt am Brenner innerhalb der Hotbox an eine Position außerhalb der Hotbox kaum zu einer Beeinträchtigung der Heizfunktion der Heizvorrichtung für den Brenner führt. D.h., obwohl die Heizvorrichtung außerhalb der Hotbox angeordnet war, konnte der Brenner weiterhin wie gewünscht geheizt bzw. mit der erforderlichen Heizluft versorgt werden. Dabei ist die Heizvorrichtung außerhalb der Hotbox deutlich niedrigeren Temperaturen als innerhalb der Hotbox ausgesetzt. Dadurch ist es nicht mehr nötig, aufwändige Hitzeschutzmaßnahmen für die Heizvorrichtung vorzunehmen. Kosten hierfür können entsprechend eingespart werden. Mit Hilfe der Heizvorrichtung kann der Brenner, beim Zuführen von Brennstoff und Luft, durch ein Temperierfluid zumindest für eine vorbestimmbare Zeitdauer und/oder auf eine vorbestimmbare Temperatur, insbesondere auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur, vorgeheizt werden.

[0026] Bei der vorliegenden Erfindung ist bei einem Verfahren weiter vorgesehen, dass ab einer vorbestimmbaren Temperatur am Gaseintrittsbereich des Brenners eine zusätzliche Menge an Brennstoff in den Brenner gefördert werden. Erreicht die Gastemperatur am Eintritt in eine Katalysatorkammer des Brenners eine gewisse Temperatur, beispielsweise in einem Bereich zwischen 600°C und 900°C, insbesondere zwischen 700°C und 800°C, so kann eine zusätzliche Menge an Brennstoff, also zusätzlich zu einer bereits geförderten Brennstoffmenge, in den Brenner gefördert werden, mit der das gewählte Verbrennungsluftverhältnis erreicht bzw. auf den gewünschten Wert eingestellt werden kann. Diese Vorgehensweise ist aufgrund der vorliegend schnellen Reaktionsmöglichkeit auf sich verändernde Temperaturen im Brenner besonders effektiv umsetzbar.

[0027] Weiterhin ist es möglich, dass bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ab einer vorbestimmbaren Temperatur am Gaseintrittsbereich des Brenners eine zusätzliche Menge an Luft in den Brenner gefördert wird. Durch die erhöhte Zufuhr von Luft bzw. von einem anderen sauerstoffhaltigen Fluid kann die Temperatur zuverlässig auf einem Wert unterhalb einer zulässigen maximalen Betriebstemperatur des Brenners, insbesondere einer Katalysatorkammer bzw. eines Katalysators in der Katalysatorkammer des Brenners, gehalten werden. Auf diese Weise können die Zündung und/oder die Verbrennung im Brenner auf besonders betriebsschonende und sichere Weise für das Brennstoffzellensystem erkannt werden. Alternativ ist es möglich, das Verbrennungsluftverhältnis entsprechend so einzustellen, dass eine berechnete Flammentemperatur im Brenner nicht über einer maximalen Betriebstemperatur des Brenners liegen kann.

[0028] Von besonderem Vorteil ist es, wenn bei einem Verfahren der Brenner eine Katalysatorkammer und eine der Katalysatorkammer nachgelagerte katalysatorfreie Brennkammer aufweist, wobei ab einer vorbestimmbaren Temperatur am Gaseintrittsbereich des Brenners eine zusätzliche Menge an Luft, zur Erhöhung einer Gasströmungsgeschwindigkeit im Brenner zur wenigstens teilweisen Verlagerung einer Verbrennung, insbesondere der vollständigen Verbrennung, des Brennstoff/Luft-Gemisches von der Katalysatorkammer in die Brennkammer, in den Brenner gefördert wird. Durch die zweistufige Ausführung des Brenners und die Anwendung der beschriebenen Verfahrensschritte ist eine stufenweise und entsprechend kontrollierte Verbrennung möglich, wodurch eine Austrittstemperatur des verbrannten Brennstoff/Luft-Gemisches aus dem Brenner erreicht wird, welche größer ist als eine sonst für die Katalysatorkammer zulässige Temperatur. Durch die erfindungsgemäße Aufteilung des Brenners ist es möglich, eine Temperatur in der Katalysatorkammer geringer zu halten, wodurch eine katalytische Beschichtung derselben geschont wird. Darüber hinaus ist es durch das erfindungsgemäße Verfahren möglich, den ohnehin im System notwendigen Brenner auch als Startbrenner zu verwenden. Unter dem Brenner können ein Nachbrenner und/oder ein Startbrenner verstanden werden.

[0029] Zur Implementierung eines Nachbrenners sowie eines Startbrenners ist also nur mehr der eine Brenner notwendig, welcher abhängig von einem Betriebsmodus des Brennstoffzellensystems als Startbrenner oder Nachbrenner verwendet wird. Die Strömungsgeschwindigkeit kann dabei mit der Erhöhung der Luft so weit erhöht werden, dass die vollständige Verbrennung nicht im Katalysator bzw. einer entsprechenden Katalysatorkammer, sondern erst in der nachgeschalteten, katalysatorfreien Brennkammer passiert. Von weiterem Vorteil ist es, wenn die Strömungsgeschwindigkeit des Brennstoff/Luft-Gemisches so weit erhöht wird, dass diese eine Flammengeschwindigkeit überschreitet. Damit kann eine Rückzündung in den Gaseintrittsbereich des

Brenners bzw. in einen entsprechenden Mischraum stromaufwärts des Brenners verhindert werden.

[0030] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Computerprogramm zur Verfügung gestellt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, das vorstehend im Detail beschriebene Verfahren auszuführen. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Computerprogramm die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben worden sind.

[0031] Das Computerprogramm kann als computerlesbarer Anweisungscode in jeder geeigneten Programmiersprache wie beispielsweise in JAVA, C++ und/oder C# implementiert sein. Das Computerprogramm kann auf einem computerlesbaren Speichermedium, wie einer Datendisk, einem Wechsellaufwerk, einem flüchtigen oder nichtflüchtigen Speicher oder einem eingebauten Speicher/Prozessor abgespeichert sein. Der Anweisungscode kann einen Computer oder andere programmierbare Geräte, wie einen Controller derart programmieren, dass die gewünschten Funktionen ausgeführt werden. Ferner kann das Computerprogramm in einem Netzwerk, wie beispielsweise dem Internet, bereitgestellt werden bzw. sein, von dem es bei Bedarf von einem Nutzer heruntergeladen werden kann. Das Computerprogramm kann sowohl mittels einer Software als auch mittels einer oder mehrerer spezieller elektronischer Schaltungen, d.h. in Hardware, oder in beliebig hybrider Form, d.h. mittels Software-Komponenten und Hardware-Komponenten, realisiert werden bzw. sein.

[0032] Ferner wird ein Speichermittel mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm, das zum Durchführen eines wie vorstehend beschriebenen Verfahrens konfiguriert und ausgestaltet ist, zur Verfügung gestellt. Unter dem Speichermittel ist insbesondere ein computerlesbares Speichermittel, wie eine Datendisk, ein Wechsellaufwerk, ein flüchtiges oder ein nichtflüchtiges Speichermittel zu verstehen. Zudem kann ein Controller mit einem darin installierten Computerprogramm zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner eines Brennstoffzellensystems bereitgestellt werden, aufweisend eine Ermittlungsvorrichtung zum Ermitteln einer Temperaturerhöhung an einem Gaseintrittsbereich des Brenners, eine Vergleichsvorrichtung zum Vergleichen der ermittelten Temperaturerhöhung am Gaseintrittsbereich mit einer Referenztemperaturerhöhung sowie eine Erkennungsvorrichtung zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner anhand des Vergleichs der ermittelten Temperaturerhöhung mit der Referenztemperaturerhöhung. Die Ermittlungsvorrichtung, die Vergleichsvorrichtung und/oder die Erkennungsvorrichtung können jeweils in Form von Software- und/oder Hardware-Komponenten bereitgestellt sein. Der Controller kann vorliegend als Speichermittel verstanden werden, wohingegen das Speichermittel in der Regel keinen Controller umfasst. Darüber hinaus wird im Rahmen der Erfindung die Verwendung eines solchen Controllers in einem Brennstoffzellensystem zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner des Brennstoffzellensystems vorgeschlagen. Damit können durch das Speichermittel, den Controller und die Verwendung des erfindungsgemäßen Controllers ebenfalls die vorstehend beschriebenen Vorteile erzielt werden.

[0033] 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:

[0034] Figur 1 ein Blockdiagramm zum Erläutern einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und

[0035] Figur 2 ein Kurvendiagramm zum Erläutern einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0036] In Fig. 1 ist schematisch ein Brennstoffzellensystem 2 in Form eines stationären SOFC-Systems dargestellt. Das Brennstoffzellensystem 2 weist einen Brennstoffzellenstapel 14 mit einem Anodenabschnitt 12 und einem Kathodenabschnitt 13 auf. Durch den Brennstoffzellenstapel 14 kann im Rahmen einer elektrochemischen Reaktion elektrische Leistung erzeugt werden. Das

Brennstoffzellensystem 2 weist ferner einen Reformer 17 zum Reformieren eines Brennstoffgemisches in ein Anodenzuführgas zum Anodenabschnitt 12 auf. Außerdem weist das Brennstoffzellensystem 2 einen Brenner 1 auf, der vorliegend sowohl zum Verbrennen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt 12 und Kathodenabgas vom Kathodenabschnitt 13 als auch als Startbrenner zum Aufheizen des Brennstoffzellensystems 2 während eines Startvorgangs bzw. Aufheizevorgangs des Brennstoffzellensystems 2 betrieben werden kann. Der Brenner 1 umfasst eine erste Kammer in Form einer Katalysatorkammer 5 sowie eine zweite Kammer in Form einer Brennkammer 6. Die Katalysatorkammer 5 umfasst ein katalytisches Material, welches beispielsweise als Gewebe ausgebildet ist, wohingegen die Brennkammer 6 einen in Fig. 1 nicht dargestellten Flammenbrenner umfasst. Die Katalysatorkammer 5 und die Brennkammer 6 schließen in Fließrichtung unmittelbar aneinander an, wobei ein Brennstoff/Luft-Gemisch während eines Betriebs des Brennstoffzellensystems 2 zuerst die erste Katalysatorkammer 5 und anschließend die Brennkammer 6 durchströmt. Die Fließrichtung ist gemäß Fig. 1 also von rechts nach links angegeben. Die Katalysatorkammer 5 kann vorliegend ebenso als Brennkammer zum Verbrennen, insbesondere zum katalytischen Verbrennen, des Brennstoff/Luft-Gemisches verstanden werden.

[0037] Wie in Fig. 1 dargestellt, weist das Brennstoffzellensystem 2 außerdem eine elektrische Heizvorrichtung 4 zum Vorheizen des Brenners 1 während des Startvorgangs des Brennstoffzellensystems 2 auf. Der Brennstoffzellenstapel 14, der Reformer 17 und der Brenner 1 sind innerhalb einer Hotbox 15 des Brennstoffzellensystems 2 angeordnet. Die Heizvorrichtung 4 ist hingegen außerhalb der Hotbox 15 an dieser angeordnet. Innerhalb der Hotbox 15 ist außerdem ein Wärmetauscher 16 angeordnet, der mit seiner kalten Seite stromaufwärts zum Kathodenabschnitt 13 und mit seiner heißen Seite stromabwärts zum Brenner 1 angeordnet ist. Stromaufwärts der Heizvorrichtung 4 ist ein Gebläse 18 zum Beaufschlagen der Heizvorrichtung 4 mit der dem Brenner 1 zuzuführenden Luft angeordnet.

[0038] Zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung im Brenner 1 ist ein Controller 8 bereitgestellt. Unter dem Controller 8 kann ein Steuer- und/oder Regelsystem verstanden werden. Der Controller 8 weist eine Ermittlungsvorrichtung 9 zum Ermitteln einer Temperaturerhöhung an einem Gaseintrittsbereich 3 des Brenners 1, eine Vergleichsvorrichtung 10 zum Vergleichen der ermittelten Temperaturerhöhung am Gaseintrittsbereich 3 mit einer Referenztemperaturerhöhung sowie eine Erkennungsvorrichtung 11 zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner 1 anhand des Vergleichs der ermittelten Temperaturerhöhung mit der Referenztemperaturerhöhung auf. D.h., wird beispielsweise erkannt, dass die Temperaturerhöhung stärker als die Referenztemperaturerhöhung ist, kann auf eine Zündung und/oder eine Verbrennung im Brenner geschlossen werden. Wird hingegen erkannt, dass die Temperaturerhöhung schwächer als die Referenztemperaturerhöhung ist, kann davon ausgegangen werden, dass noch keine Zündung und/oder auch nicht die gesuchte Verbrennung vorliegen.

[0039] In dem Controller 8 ist ein Computerprogramm 7 installiert, welches Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Computerprogramms 7 durch einen Computer bzw. den Controller 8 diesen veranlassen, ein nachfolgend mit Bezug auf Fig. 1 und Fig. 2 beschriebenes Verfahren zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in dem Brenner auszuführen. In Fig. 2 stehen S1 für die Temperatur der durch die Heizvorrichtung 4 zugeführten Luft, S2 für die Temperatur des Brennstoff/Luft-Gemisches im Gaseintrittsbereich 3 und S3 für die Temperatur des verbrannten Brennstoff/Luft-Gemisches stromabwärts des Brenners 1. Z1 steht für einen ersten Zeitpunkt, in welchem Brennstoff in Form von Methan zum Brenner 1 geführt wird. Z2 steht für einen zweiten Zeitpunkt, in welchem die Zündung erkannt wird. Mit der Erkennung der Zündung wird die Heizvorrichtung 4 deaktiviert und die Luftzufuhr zum Brenner 1 kann zur weiteren Regelung der Temperatur im Katalysator erhöht werden. Z3 steht für einen dritten Zeitpunkt, in welchem die Brennstoffzufuhr zum Brenner 1 erhöht wird. Dieser Zeitpunkt kann von der gewünschten Regelung beeinflusst werden. Der Zeitpunkt Z3 markiert grundsätzlich einen Punkt im Verfahrensablauf, ab dem es möglich ist, die Brennstoffmenge weiter zu erhöhen, damit mehr thermische Leistung bereitgestellt werden kann. Entsprechend der gewünschten Betriebstemperatur

werden die Brennstoffmenge und die Luftmenge in weiterer Folge eingestellt. Die linearen Verläufe sollen jedoch nur eine grundsätzliche Möglichkeit darstellen und andere Aufheizstrategien nicht ausschließen. Beispielsweise kann die Brenngasmenge auch reduziert werden, um einen langsameren Aufheizvorgang zu realisieren. Die notwendige Luftmenge wird dabei immer in Abhängigkeit zur Brenngasmenge und der in dem Betriebspunkt gewünschten Betriebstemperatur des Katalysators eingestellt.

[0040] V1 steht für den zum Brenner 1 geführten Luftvolumenstrom und V2 steht für den zum Brenner 1 geführten Brennstoffvolumenstrom.

[0041] Nachfolgend wird an dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel ein mögliches Aufheizszenario genauer beschrieben. Dabei werden dem Brenner 1 vor dem Zeitpunkt Z1 16.000 NI/h Luft zugeführt, wobei diese Menge bzw. dieser Volumenstrom ab dem Zeitpunkt Z2 auf 35.000 NI/h erhöht wird. Ab dem Zeitpunkt Z1, sobald der Brenner 1 auf die gewünschte Selbstzündungstemperatur des Erdgases von ca. 670°C vorgeheizt ist, wird dem Brenner 1 1000 NI/h Brennstoff zugeführt. Ab dem Zeitpunkt Z3 wird diese Menge bzw. der Volumenstrom auf 1.500 NI/h erhöht.

[0042] Verfahrensgemäß wird in einem ersten Schritt somit zunächst durch die Heizvorrichtung 4 vorgeheizte Luft in den Brenner 1 geführt, um den Brenner 1 auf eine gewünschte Temperatur vorzuheizen. Sobald die gewünschte Temperatur zum Zeitpunkt Z1 erreicht ist, wird dem Brenner 1 noch Brennstoff hinzugefügt. Zum Zeitpunkt Z2 wird die Zündung erkannt und damit der Luftstrom zum Brenner 1 erhöht. D.h., ab dem Erkennen der Zündung des Brennstoffes im Brenners 1 wird eine zusätzliche Menge an Luft, zur Erhöhung einer Gasströmungsgeschwindigkeit im Brenner 1 gefördert. Damit wird ein Rückzünden in den Mischraum vor dem Katalysator verhindert. Wird die Strömungsgeschwindigkeit weit genug erhöht, kann es zu einer wenigstens teilweisen Verlagerung einer Verbrennung, insbesondere der vollständigen Verbrennung, des Brennstoff/Luft-Gemisches von der Katalysatorkammer 5 in die Brennkammer 6, in den Brenner 1 kommen.

[0043] Sobald anhand des Temperatursprungs bezüglich der Temperatur des Brennstoff/Luft-Gemisches im Gaseintrittsbereich 3 die Zündung sowie die Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner 1 erkannt wurde, wird die Heizvorrichtung 4 deaktiviert. Die gesuchte Temperaturerhöhung bzw. der Temperatursprung wird durch einen Vergleich der kontinuierlich ermittelten Temperatur am Gaseintrittsbereich mit einer Referenztemperatur erkannt. Mit anderen Worten, die Zündung und die gesuchte Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner 1 werden anhand eines Vergleichs einer ermittelten Temperaturerhöhung am Gaseintrittsbereich 3 mit einer Referenztemperaturerhöhung erkannt.

[0044] 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 | Brenner |
| 2 | Brennstoffzellensystem |
| 3 | Gaseintrittsbereich |
| 4 | elektrische Heizvorrichtung |
| 5 | Katalysatorkammer |
| 6 | Brennkammer |
| 7 | Computerprogramm |
| 8 | Controller |
| 9 | Ermittlungsvorrichtung |
| 10 | Vergleichsvorrichtung |
| 11 | Erkennungsvorrichtung |
| 12 | Anodenabschnitt |
| 13 | Kathodenabschnitt |
| 14 | Brennstoffzellenstapel |
| 15 | Hotbox |
| 16 | Wärmetauscher |
| 17 | Reformer |
| 18 | Gebälse |
| | |
| S1 | Temperaturverlauf der durch die Heizvorrichtung zugeführten Luft |
| S2 | Temperaturverlauf im Gaseintrittsbereich |
| S3 | Temperaturverlauf stromabwärts des Brenners |
| | |
| Z1 | erster Zeitpunkt |
| Z2 | zweiter Zeitpunkt |
| Z3 | dritter Zeitpunkt |
| | |
| V1 | Volumenstrom Luft |
| V2 | Volumenstrom Brennstoff |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner (1) eines Brennstoffzellensystems (2), aufweisend die Schritte:
 - Zuführen von Brennstoff und Luft in den Brenner (1) für eine Verbrennung eines Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner (1),
 - Ermitteln einer Temperaturerhöhung an einem Gaseintrittsbereich (3) des Brenners (1),
 - Vergleichen der ermittelten Temperaturerhöhung am Gaseintrittsbereich (3) mit einer Referenztemperaturerhöhung, und
 - Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner (1) anhand des Vergleichs der ermittelten Temperaturerhöhung mit der Referenztemperaturerhöhung,

dadurch gekennzeichnet, dass ab einer vorbestimmbaren Temperatur am Gaseintrittsbereich (3) des Brenners (1) eine zusätzliche Menge an Brennstoff in den Brenner (1) gefördert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

beim Zuführen von Brennstoff und Luft in den Brenner (1) ein Verbrennungsluft-Verhältnis λ , im Brenner (1) auf einen Wert zwischen 1 und 2 eingestellt wird.
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Brenner (1), beim Zuführen von Brennstoff und Luft, durch eine elektrische Heizvorrichtung (4) zumindest für eine vorbestimmbare Zeitdauer und/oder auf eine vorbestimmbare Temperatur vorgeheizt wird.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

ab einer vorbestimmbaren Temperatur am Gaseintrittsbereich (3) des Brenners (1) eine zusätzliche Menge an Luft in den Brenner (1) gefördert wird.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Brenner (1) eine Katalysatorkammer (5) und eine der Katalysatorkammer (5) nachgelagerte katalysatorfreie Brennkammer (6) aufweist, wobei ab einer vorbestimmbaren Temperatur am Gaseintrittsbereich (3) des Brenners (1) eine zusätzliche Menge an Luft, zur Erhöhung einer Gasströmungsgeschwindigkeit im Brenner (1) zur wenigstens teilweisen Verlagerung einer Verbrennung, insbesondere der vollständigen Verbrennung, des Brennstoff/Luft-Gemisches von der Katalysatorkammer (5) in die Brennkammer (6), in den Brenner (1) gefördert wird.
6. Computerprogramm (7), umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms (7) durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche auszuführen.
7. Speichermittel mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm (7), das zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 konfiguriert und ausgestaltet ist.
8. Controller (8) mit einem darin installierten Computerprogramm (7) nach Anspruch 6 zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner (1) eines Brennstoffzellensystems (2), aufweisend eine Ermittlungsvorrichtung (9) zum Ermitteln einer Temperaturerhöhung an einem Gaseintrittsbereich (3) des Brenners (1), eine Vergleichsvorrichtung (10) zum Vergleichen der ermittelten Temperaturerhöhung am Gaseintrittsbereich (3) mit einer Referenztemperaturerhöhung, sowie eine Erkennungsvorrichtung (11) zum Erkennen ei-

ner Zündung und/oder einer Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches im Brenner (1) anhand des Vergleichs der ermittelten Temperaturerhöhung mit der Referenztemperaturerhöhung.

9. Verwendung eines Controllers (8) nach Anspruch 8 in einem Brennstoffzellensystem (2) zum Erkennen einer Zündung und/oder einer Verbrennung in einem Brenner (1) des Brennstoffzellensystems (2).

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

1/1

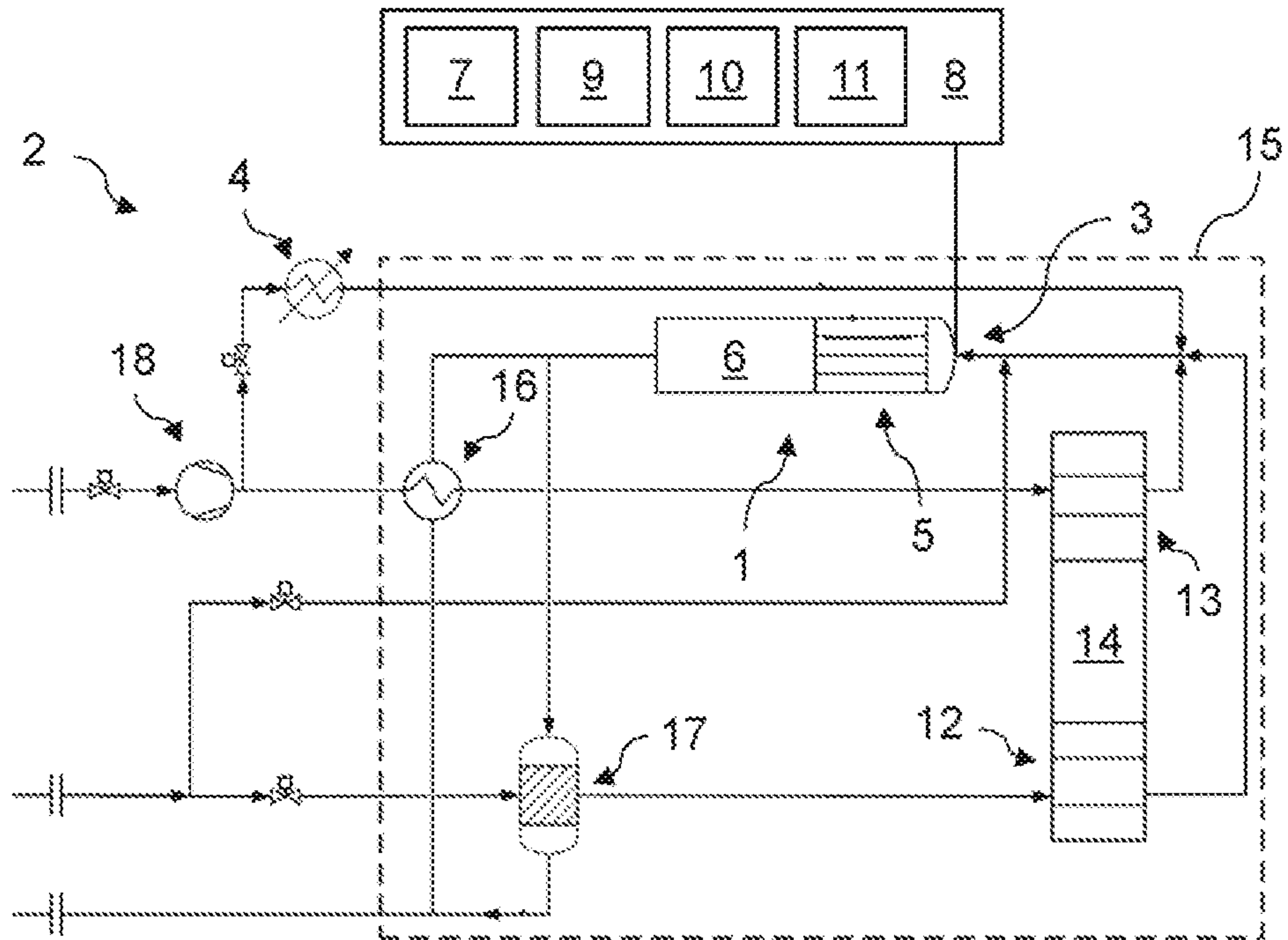


Fig. 1

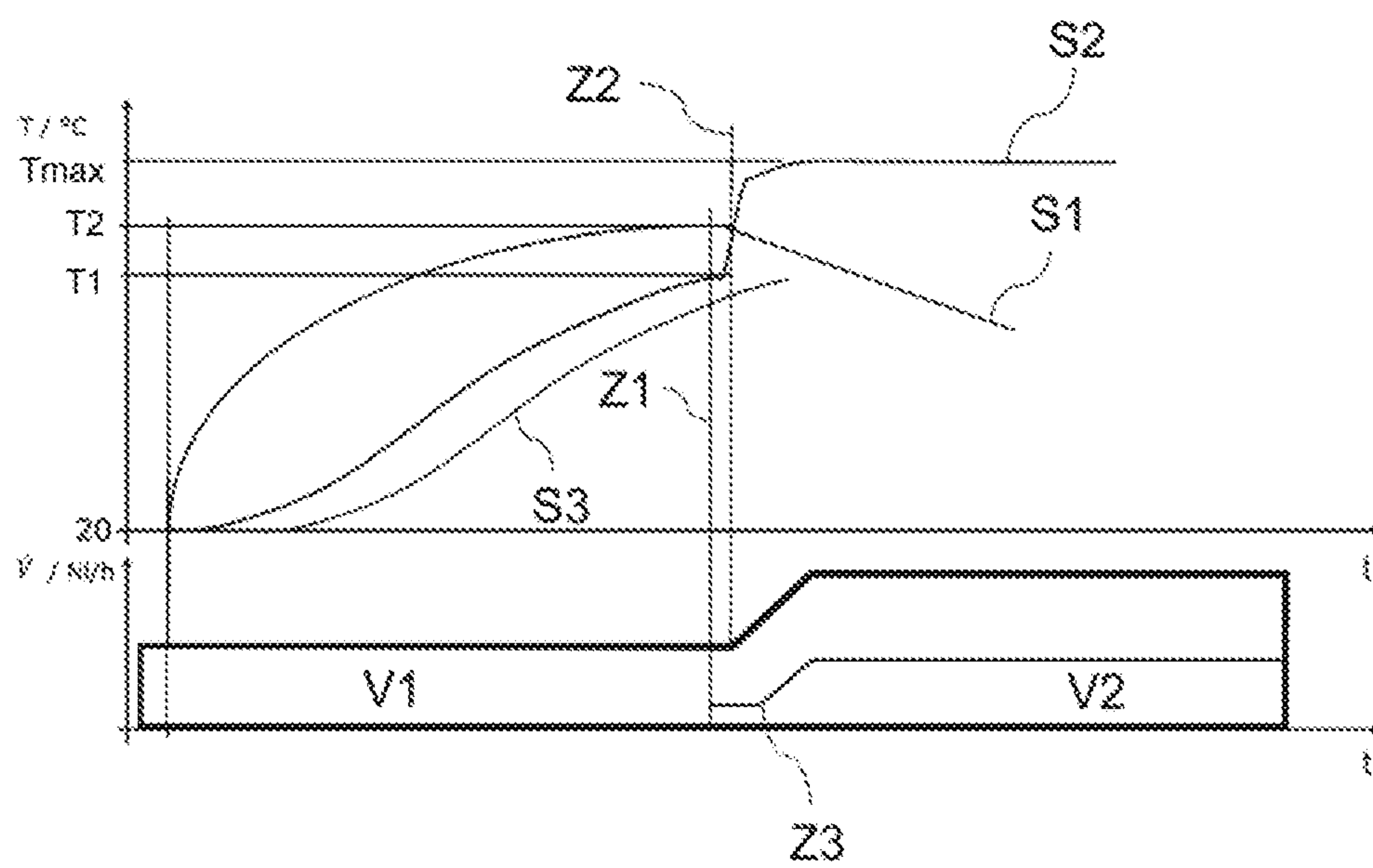


Fig. 2