

(12)

Patentschrift

|      |                    |              |      |           |                     |           |
|------|--------------------|--------------|------|-----------|---------------------|-----------|
| (21) | Anmeldenummer:     | A 50972/2018 | (51) | Int. Cl.: | <b>H01M 8/0438</b>  | (2016.01) |
| (22) | Anmeldetag:        | 12.11.2018   |      |           | <b>H01M 8/0444</b>  | (2016.01) |
| (45) | Veröffentlicht am: | 15.10.2020   |      |           | <b>H01M 8/04492</b> | (2016.01) |
|      |                    |              |      |           | <b>G01N 21/61</b>   | (2006.01) |
|      |                    |              |      |           | <b>G01N 21/3504</b> | (2014.01) |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                                                                                                                                 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (56) | Entgegenhaltungen:<br>EP 2237355 A1<br>ABBOU, S. et al. "Local potential evolutions during proton exchange membrane fuel cell operation with dead-ended anode - Part I: Impact of water diffusion and nitrogen crossover" Journal of Power Sources, 2017, 340, 337-346.<br><doi:10.1016/j.jpowsour.2016.11.079> | (73) | Patentinhaber:<br>AVL List GmbH<br>8020 Graz (AT)                                                                                               |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (72) | Erfinder:<br>Orasche Gerbert Dipl.Ing.<br>8052 Graz (AT)<br>Dehne Tomas<br>8302 Nestelbach (AT)<br>Wanker Roland Dr.<br>8075 Hart bei Graz (AT) |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (74) | Vertreter:<br>Patentanwälte Pinter & Weiss OG<br>1040 Wien (AT)                                                                                 |

(54)

Verfahren zum Prüfen einer Brennstoffzelle auf einem Prüfstand

(57) Um eine Brennstoffzelle und/oder eine Betriebsstrategie einer Brennstoffzelle auf einem Prüfstand zu entwickeln oder weiterzuentwickeln ist vorgesehen, dass mit einem Gassensor (9) die Konzentration ( $K_{CO_2}$ ,  $K_{ppmCO_2}$ ) von Kohlendioxid und/oder die Konzentration ( $K_{CO}$ ,  $K_{ppmCO}$ ) von Kohlenmonoxid im Abgas ermittelt wird und die ermittelte Konzentration ( $K_{CO_2}$ ,  $K_{ppmCO_2}$ ,  $K_{CO}$ ,  $K_{ppmCO}$ ) für die Entwicklung der Brennstoffzelle (1) und/oder zur Steuerung des Prüfstandes (20) verwendet wird.

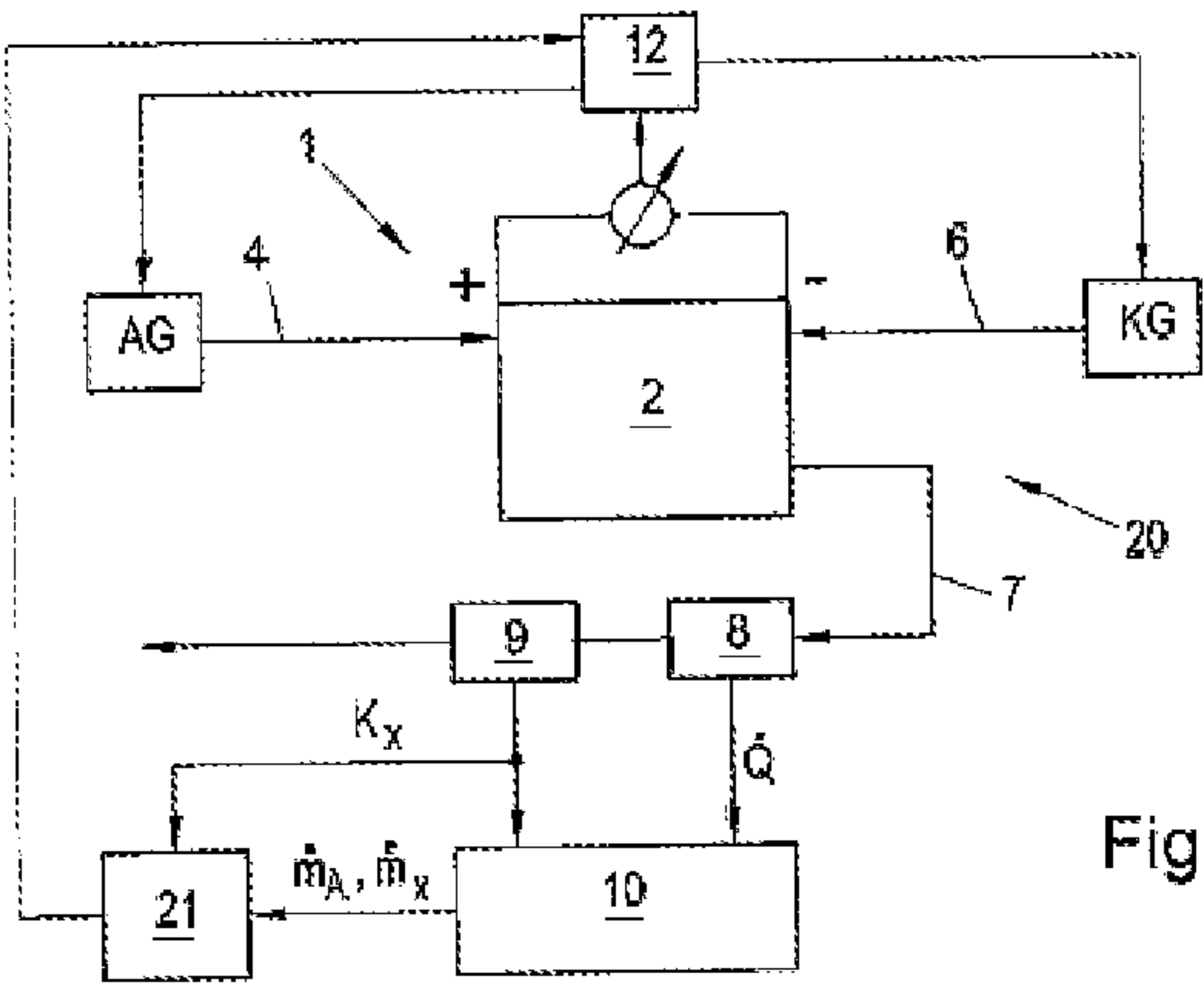


Fig. 2

## Beschreibung

### VERFAHREN ZUM PRÜFEN EINER BRENNSTOFFZELLE AUF EINEM PRÜFSTAND

**[0001]** Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen einer Brennstoffzelle auf einem Prüfstand, wobei die Brennstoffzelle auf dem Prüfstand betrieben wird und das Abgas der Brennstoffzelle ausgewertet wird.

**[0002]** Für den Betrieb einer Brennstoffzelle ist der Massenfluss der Betriebsmedien auf der Anodenseite und Kathodenseite (in der Regel Kraftstoff und Sauerstoff) eine wichtige Größe. Übliche Brennstoffzellen verwenden für die elektrochemische Reaktion als Betriebsmedien Wasserstoff  $H_2$  auf der Anodenseite und Sauerstoff  $O_2$  (in der Regel in der Form von Luft) auf der Kathodenseite. Der Wasserstoff kann dabei auf verschiedene Weise zugeführt werden, entweder als reiner Wasserstoff, wie beispielsweise bei einer Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle (PEMFC), oder in einer chemischen Verbindung, wie beispielsweise bei einer Phosphorsäure-Brennstoffzelle (PAFC) oder Direktmethanol-Brennstoffzelle (DMFC). Für den Betrieb der Brennstoffzelle ist es wichtig, die zugeführten Gasströme exakt zu regeln, da falsche Gasmengen oder falsch konditionierte (insbesondere Druck, Temperatur, Feuchte) Gase, insbesondere auf der Kathodenseite, zur Beschädigung oder gar Zerstörung der Brennstoffzelle, führen können. Das gilt im Wesentlichen für jeden Typ einer Brennstoffzelle.

**[0003]** Oftmals ist es auch erwünscht, die Masse eines Abgasstromes der Brennstoffzelle zu ermitteln, beispielsweise für eine Stoffbilanz der Brennstoffzelle zwischen zugeführter und abgeführter Masse. Die Summe aus zugeführtem Sauerstoff  $O_2$ , bzw. Luft, und Kraftstoff, z.B. Wasserstoff  $H_2$ , sollte dem Massenstrom des Abgases entsprechen. Die Stoffbilanz ist damit ebenfalls ein wichtiger Indikator für den Betrieb einer Brennstoffzelle. Beispielsweise können damit Leckagen in der Brennstoffzelle (mehr zugeführte Masse als abgeführte Masse) entdeckt werden.

**[0004]** Eine Variation der eingangsseitigen Zugabe von Wasserstoff  $H_2$  im Betrieb der Brennstoffzelle bewirkt Änderungen des Wassergehalts im Abgas. Aufgrund des sich ändernden Wassergehalts im Abgas kann jedoch nicht von einer konstanten molaren Masse des Abgases ausgegangen werden, was die Ermittlung der Masse des Abgasstromes schwierig macht, weil der Wassergehalt im Abgas natürlich nicht bekannt ist. Damit kann ein Abgasmassenstrom auch nicht einfach aus dem Volumenstrom des Abgases abgeleitet werden kann. Man könnte aber mittels Feuchtesensoren die Feuchtigkeit des Abgases messen und damit auf den Wassergehalt im Abgas schließen, was die Ermittlung des Abgasmassenstromes ermöglichen würde. Allerdings sind Feuchtesensoren eher ungenau und auch nicht in der Lage raschen Änderungen des Wassergehalts, wie sie im Betrieb einer Brennstoffzelle auftreten können, zu folgen.

**[0005]** Ebenso kann anhand der Analyse des Abgasstromes einer Brennstoffzelle auf unerwünschte chemische Reaktionen in der Brennstoffzelle geschlossen werden. Ein Beispiel hierfür ist die sogenannte Kohlenstoff-Korrosion einer PEMFC. Dabei reagiert in gewissen Betriebszuständen, insbesondere beim Ein- und Ausschalten der Brennstoffzelle, der Kohlenstoff der Elektrode der Kathodenseite mit Wasser oder dem Sauerstoff  $O_2$  zu Kohlendioxid  $CO_2$  und/oder Kohlenmonoxid  $CO$ . Die Konzentrationen von Kohlendioxid  $CO_2$  und/oder Kohlenmonoxid  $CO$  im Abgas sind dabei allerdings so gering, dass die Massen dieser Stoffe kaum messbar sind. Das dabei entstehende  $CO_2$  und/oder  $CO$  wird mit dem Abgas abgeführt. Durch die Kohlenstoff-Korrosion wird die Brennstoffzelle über die Betriebsdauer geschädigt, was den Wirkungsgrad reduziert und bei andauernder Schädigung auch zum Ausfall der Brennstoffzelle führen kann. Kohlenstoff-Korrosion tritt bekanntermaßen insbesondere bei Start/Stop-Vorgängen auf, wie Untersuchungen gezeigt haben, beispielsweise in A.B. Ofstad, et al., „Carbon Corrosion of PEMFC During Shutdown/Start-up when using an Air Purge Procedure“, ECS Transactions, 16 (2) 1301-1311 (2008). Um die Kohlenstoff-Korrosion zu erfassen wird die Konzentration von  $CO$  und  $CO_2$  im Abgas mittels eines nichtdispersiven Infrarot Sensors (NDIR) gemessen.

**[0006]** Die Zusammensetzung des Abgasstromes einer Brennstoffzelle ist daher für den Betrieb einer Brennstoffzelle eine interessante Größe, sowohl für eine Brennstoffzelle auf einem Prüf-

stand zur Entwicklung oder Weiterentwicklung, als auch in der Anwendung der Brennstoffzelle selbst, beispielsweise in einem Fahrzeug. Insbesondere für die Entwicklung auf dem Prüfstand ist das Erkennen der Kohlenstoff-Korrosion wichtig, um die zulässigen Betriebsparameter zu bestimmen oder um den Aufbau der Brennstoffzelle oder Betriebsstrategien selbst zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Hierfür ist insbesondere die Konzentration von Kohlendioxid und/oder Kohlenmonoxid im Abgas, als Maß der Schädigung der Brennstoffzelle, eine interessante Kenngröße für den Betrieb der Brennstoffzelle auf dem Prüfstand. Die Messung der Zusammensetzung des Abgasstromes einer Brennstoffzelle ist jedoch durchaus schwierig. Zum einen weil diese nur in sehr geringen Mengen im Abgas enthalten sind. Zum anderen weil bestimmte Abgasbestandteile einer direkten Messung nicht oder nur unzureichend zugänglich sind.

**[0007]** Es ist daher eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung ein Verfahren zum Prüfen einer Brennstoffzelle auf einem Prüfstand anzugeben, das es ermöglicht, den Massenstrom einer Abgaskomponente möglichst einfach zu ermitteln, um die Brennstoffzelle und/oder eine Betriebsstrategie zu entwickeln oder weiterzuentwickeln.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass mit einem Gassensor die Konzentration von Kohlendioxid und/oder die Konzentration von Kohlenmonoxid im Abgas ermittelt wird und die ermittelte Konzentration für die Entwicklung der Brennstoffzelle und/oder zur Steuerung des Prüfstandes verwendet wird, wobei mit dem Gassensor zusätzlich auch die Konzentration von Wasser im Abgas ermittelt wird und mit einem ermittelten Volumenstrom des Abgases ein Massenstrom verschiedener Abgasbestandteile, insbesondere Wasser und/oder Kohlendioxid und/oder Kohlenmonoxid, im Abgas ermittelt wird. Die Konzentrationen von Kohlendioxid und/oder Kohlenmonoxid im Abgas sind wichtige Indikatoren für den Betrieb der Brennstoffzelle, insbesondere als Hinweis für eine schädigende Kohlenstoff-Korrosion in der Brennstoffzelle. Damit können bestimmte Betriebsstrategien der Brennstoffzelle, wie beispielsweise Start/Stopp-Vorgänge, oder die Brennstoffzelle selbst am Prüfstand unter reproduzierbaren Bedingungen getestet und entwickelt werden. Diese Größen können aber auch verwendet werden, um den Prüfstand oder den Prüflauf selbst zu steuern, beispielsweise durch das Implementieren von Notabschaltprozeduren oder durch das Eingreifen in den Prüflauf, z.B. das Anpassen von getesteten Betriebspunkten der Brennstoffzelle. Die Massenströme verschiedener Abgasbestandteile können ebenfalls für die Entwicklung der Brennstoffzelle und/oder für die Steuerung des Prüfstandes verwendet werden. Der Volumenstrom lässt sich besonders einfach und sicher ermitteln, wenn die Geschwindigkeit des Abgases in einer Abgasleitung erfasst wird und daraus mit einer bekannten Querschnittsfläche der Abgasleitung der Volumenstrom ermittelt wird. Der Volumenstrom kann so unbeeinflusst von den Abgasbestandteilen ermittelt werden.

**[0009]** Mit einem bekannten Massenstrom eines Hauptbestandteils (entweder das Kathodengas oder das Anodengas) des Abgases und dem Massenstrom des Wassers kann vorteilhafterweise auch ein gesamter Abgasmassenstrom des Abgases ermittelt werden, was sich insbesondere auch für eine Stoffbilanz der Brennstoffzelle nutzen lässt.

**[0010]** Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

**[0011]** Fig.1 eine Brennstoffzelle mit Ermittlung des Abgasmassenstromes eines Abgasbestandteils und der Konzentration eines Abgasbestandteils und

**[0012]** Fig.2 einen Prüfstand für eine Brennstoffzelle zur Entwicklung der Brennstoffzelle.

**[0013]** Fig.1 zeigt eine typische Anordnung einer Brennstoffzelle 1 mit einem Brennstoffzellen-Stack 2 mit einer Anzahl von Zellen, in dem in bekannter Weise die elektrochemische Reaktion erfolgt. Die Erfindung wird am Beispiel einer PEMFC als Brennstoffzelle 1 beschrieben, wobei natürlich auch andere Brennstoffzellentypen denkbar sind. Anodenseitig wird Wasserstoff  $H_2$ , beispielsweise aus einem Wasserstofftank 3, über eine geeignete Zuführleitung 4 als Kraftstoff zugeführt. Der überschüssige Wasserstoff  $H_2$  kann abgeführt oder der Zuführung über eine Rückführleitung 11 rückgeführt werden. Kathodenseitig wird Sauerstoff  $O_2$ , auch als Luft, über eine

geeignete Zuführleitung 6 zugeführt. Dazu kann in der Zuführleitung 6 für den Sauerstoff  $O_2$  auch ein Gebläse 5 zum Fördern des Sauerstoffes  $O_2$  vorgesehen sein. Das Abgas der Brennstoffzelle 1, hier an der Kathodenseite, wird über eine Abgasleitung 7 abgeführt. Im Abgas ist als Hauptbestandteil das jeweilige Betriebsmedium der Brennstoffzelle 1, hier beispielsweise das Kathodengas (Luft, Sauerstoff), enthalten, es enthält aber auch als weiteren wesentlichen Abgasbestandteil Wasser  $H_2O$ , und eventuell weitere gasförmige Abgasbestandteile, die sich aus dem Betrieb der Brennstoffzelle 1 ergeben, beispielsweise  $CO$  oder  $CO_2$  im Falle einer Kohlenstoff-Korrosion. Hierbei ist es ein Problem, dass weder der Wassergehalt, noch die Menge von gasförmigen Abgasbestandteilen bekannt ist. Der Wassergehalt als Abgasbestandteil ändert sich dynamisch im laufenden Betrieb, wobei durchaus auch sehr rasche Änderungen möglich sind. Damit ist der Wassergehalt im Abgas, und damit auch dessen spezifisches Gewicht, nicht konstant. Das gleiche gilt im Wesentlichen auch für die Menge von gasförmigen Abgasbestandteilen. Folglich ist die Konzentration solcher Abgasbestandteile, und damit die sich ergebende Masse bzw. der Abgasmassenstrom  $\dot{m}_A$  des Abgases, nicht bekannt.

**[0014]** Um den Abgasmassenstrom  $\dot{m}_A$  des Abgases trotzdem ermitteln zu können, ist in der Abgasleitung 7 ein Volumenstromsensor 8 angeordnet, mit dem der Volumenstrom  $\dot{Q}$  des Abgases ermittelt wird. In der Abgasleitung 7 ist auch ein Gassensor 9 angeordnet, mit dem die Konzentration  $K$  (beispielsweise in ppm (parts per million)) zumindest eines Abgasbestandteils des Abgases, beispielsweise Wasser  $H_2O$  und/oder  $CO_2$  und/oder  $CO$ , ermittelt wird. Hierbei ist es an sich egal in welcher Reihenfolge der Volumenstromsensor 8 und der Gassensor 9 in der Abgasleitung 7 angeordnet sind. Im beschriebenen Ausführungsbeispiel mit einer PEMFC als Brennstoffzelle 1 wird das Abgas auf der Kathodenseite untersucht. Es kann aber andere Brennstoffzellentypen geben, wo das Abgas der Anodenseite untersucht wird.

**[0015]** Als Volumenstromsensor 8 wird beispielsweise ein hinlänglich bekannter Pitot-Durchflusssensor verwendet, der die Geschwindigkeit des Abgases (beispielsweise in m/s) in der Abgasleitung 7 bestimmt. Ein Pitot-Durchflusssensor ist unempfindlich gegenüber Wasser im Abgas, weshalb ein solcher Sensor in dieser Anwendung besonders vorteilhaft ist. Mit der bekannten Querschnittsfläche (beispielsweise in  $m^2$ ) der Abgasleitung 7 kann dann einfach auf den Volumenstrom  $\dot{Q}$  (beispielsweise in  $m^3/s$ ) umgerechnet werden. Das kann im Volumenstromsensor 8 erfolgen, oder auch erst in der Auswerteeinheit 10, wobei im letzteren Fall die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases vom Volumenstromsensor 8 an die Auswerteeinheit 10, in der die Querschnittsfläche bekannt ist, übergeben wird. Selbstverständlich kommen auch andere geeignete Volumenstromsensoren 8 in Frage, mit denen der Volumenstrom  $\dot{Q}$  unbeeinflusst von Abgasbestandteilen, insbesondere Wasser, ermittelt werden kann.

**[0016]** Als Gassensor 9 wird beispielsweise ein optischer Sensor verwendet, wie z.B. ein Sensor der nach dem Prinzip der Spektroskopie arbeitet, wie beispielsweise ein nichtdispersiver Infrarotsensor (NDIR). Selbstverständlich kommen auch andere geeignete Gassensoren 9 in Frage. Der Gassensor 9 misst die Konzentration  $K_{ppmx}$  des Abgasbestandteils  $x$  beispielsweise in ppm, bezogen auf das Volumen.

**[0017]** Aus der Konzentration  $K_{ppmx}$  (in ppm) und dem Volumenstrom  $\dot{Q}$  (z.B. in  $m^3/s$ ) kann dann in der Auswerteeinheit 10 der Massenstrom  $\dot{m}_x$  (z.B. in g/s) des Abgasbestandteils  $x$  ermittelt werden.

**[0018]** Die Konzentration  $K_x$  in  $g/m^3$  des Abgasbestandteils  $x$  kann bekanntermaßen nach dem Zusammenhang  $K_x = \frac{K_{ppmx} \cdot m_{molx}}{V_{mol} \cdot 10^6}$  berechnet werden, mit der Molmasse  $m_{molx}$  des Abgasbestandteils  $x$  und dem Molvolumen  $V_{mol}$ . Das Molvolumen ist bei Normalbedingungen (273,15 °K, 101325 Pa) 22,414 Liter, also  $22,414 \cdot 10^{-3} m^3$ . Beispielsweise ist die Molmasse von Kohlendioxid  $CO_2$  44,01 g/mol, von Kohlenmonoxid  $CO$  28,01 g/mol und von Wasser 18,01528 g/mol. Multipliziert man das mit dem Volumenstrom  $\dot{Q}$  ergibt sich der Massenstrom  $\dot{m}_x$  (z.B. in g/s) des jeweiligen Abgasbestandteils  $x$ , insbesondere für Wasser  $H_2O$ , Kohlendioxid  $CO_2$  und/oder Kohlenmonoxid  $CO$ .

**[0019]** Der derart ermittelte Massenstrom  $\dot{m}_x$  kann dann beispielsweise für eine Stoffbilanz ge-

nutzt werden. Die Menge (z.B. in g/s) der zugeführten Stoffe muss im Normalbetrieb der Menge (z.B. in g/s) der abgeführten Stoffe entsprechen. Die Menge der der Brennstoffzelle 1 zugeführten Betriebsmedien, beispielsweise Wasserstoff  $H_2$  und Sauerstoff  $O_2$  (Luft), kann als bekannt vorausgesetzt werden, weil diese typischerweise durch einen Regler der Brennstoffzelle 1 eingestellt werden und von diesem zur Verfügung gestellt werden können. Gegebenenfalls können diese Mengen vor dem Eingang in die Brennstoffzelle 1 auch gemessen werden. Die prinzipielle Zusammensetzung des Abgases der Brennstoffzelle 1 ist natürlich ebenfalls bekannt und besteht aus einem Hauptbestandteil und zumindest einem Abgasbestandteil. Für eine PEMFC besteht das Abgas auf der Kathodenseite im Wesentlichen als Hauptbestandteil aus Sauerstoff  $O_2$  (Luft) und Wasser  $H_2O$  als wesentlichen Abgasbestandteil. Nachdem der Volumenstrom  $\dot{Q}$  durch die Messung mit dem Volumenstromsensor 8 bekannt ist, kann beispielsweise über die bekannte Dichte des Hauptbestandteiles (Sauerstoff  $O_2$  (Luft)) auf den Massenstrom des Hauptbestandteiles des Abgases geschlossen werden. Dazu wird der ermittelte Massenstrom  $\dot{m}_x$  des zumindest einen Abgasbestandteiles  $x$  addiert und man erhält den gesamten Abgasmassenstrom  $\dot{m}_A$  des Abgases. Damit kann die Stoffbilanz laufend überprüft werden.

**[0020]** Natürlich können für eine Stoffbilanz auch noch weitere Abgasbestandteile berücksichtigt werden. Nachdem aber beispielsweise die Konzentration von CO und  $CO_2$  in einer PEMFC üblicherweise sehr gering ist, können diese für eine hinreichend genaue Stoffbilanz einer PEMFC Brennstoffzelle 1 auch unberücksichtigt bleiben.

**[0021]** Die Stoffbilanz kann dann beispielsweise verwendet werden, um eine Leckage in der Brennstoffzelle 1 zu detektieren. Zu diesem Zweck wird man zumindest die Konzentration  $K_{ppmH_2O}$  von Wasser  $H_2O$  als Abgasbestandteil  $x$  ermitteln. Ist der damit ermittelte Abgasmassenstrom  $\dot{m}_A$  geringer, als die Summe aus zugeführtem Kraftstoff und Sauerstoff pro Zeiteinheit (wobei auch ein gewisses Toleranzband definiert sein kann), kann auf eine Leckage geschlossen werden. Das kann sowohl auf einem Prüfstand 20 für die Brennstoffzelle 1 oder auch im normalen Einsatz der Brennstoffzelle 1, beispielsweise in einem Fahrzeug, verwendet werden, um allfällige Fehlerzustände zu erkennen. Die Auswerteeinheit 10 kann hierzu auch in einer Steuereinheit der Brennstoffzelle 1 integriert sein.

**[0022]** Wird mit dem Gassensor 9 die Konzentration  $K_{ppmCO_2}$  (in ppm) oder  $K_{CO_2}$  (in  $g/m^3$ ) von Kohlendioxid  $CO_2$  und/oder die Konzentration  $K_{ppmCO}$  (in ppm) oder  $K_{CO}$  (in  $g/m^3$ ) von Kohlenmonoxid CO bestimmt, dann kann diese Konzentration auch unabhängig von der Ermittlung des Abgasmassenstromes  $\dot{m}_A$  oder eines Massenstromes  $\dot{m}_x$  eines Abgasbestandteiles  $x$  verwendet werden. Das Vorhandensein von Kohlendioxid  $CO_2$  und/oder Kohlenmonoxid im Abgas deutet auf schädliche Kohlenstoff-Korrosion hin. Wird die Konzentration  $K_{ppmCO_2}$  von Kohlendioxid  $CO_2$  und/oder die Konzentration  $K_{ppmCO}$  von Kohlenmonoxid CO im Abgas über die Zeit erfasst, kann auf eine fortschreitende Schädigung des Brennstoffzellenstacks 2 geschlossen werden. Auch das kann sowohl auf einem Prüfstand für die Brennstoffzelle 1 oder auch im Einsatz, beispielsweise in einem Fahrzeug, verwendet werden. Die Konzentration  $K_{ppmCO_2}$  von Kohlendioxid  $CO_2$  und/oder die Konzentration  $K_{ppmCO}$  von Kohlenmonoxid CO im Abgas, oder auch die Summe über die Zeit, kann dabei auch als Wert, beispielsweise als Maß der Schädigung, ausgegeben werden.

**[0023]** In Fig.2 ist ein Prüfstand 20 für eine Brennstoffzelle 1 dargestellt. Am Prüfstand 20 ist die Brennstoffzelle 1 aufgebaut und wird am Prüfstand 20 betrieben. Die Brennstoffzelle 1 wird mit einer Brennstoffzellen-Steuereinheit 12 gesteuert, beispielsweise durch Regeln des Kathodengases KG und Anodengases AG, z.B. der Massenstrom, die Temperatur, der Druck, die relative Feuchtigkeit, usw. Die Brennstoffzellen-Steuereinheit 12 kann dazu auch eine Ausgangsgröße der Brennstoffzelle 1, beispielsweise eine elektrische Spannung oder einen elektrischen Strom, verarbeiten, wie in Fig.2 angedeutet. Die Brennstoffzellen-Steuereinheit 12 kann zum Steuern der Brennstoffzelle 1 auch Steuerbefehle von extern erhalten, beispielsweise von einer Prüfstandsteuereinheit 21. Die Prüfstandsteuereinheit 21 kann einen ermittelten Abgasmassenstrom  $\dot{m}_A$  und/oder einen Massenstrom  $\dot{m}_x$  eines Abgasbestandteiles  $x$  und/oder eine Konzentration  $K_x$ ,  $K_{ppmx}$  eines Abgasbestandteiles  $x$  verarbeiten oder auswerten, insbesondere zur Entwicklung der Brennstoffzelle 1, was auch die Entwicklung von Betriebsstrategien, z.B. wie die Betriebsmedien gesteuert werden, umfassen kann. Dazu kann die Auswerteeinheit 10 auch in der Prüfstandsteu-

ereinheit 21 integriert sein.

**[0024]** Bevorzugt wird am Prüfstand 20 die Konzentration  $K_{CO_2}$ ,  $K_{ppmCO_2}$  von Kohlendioxid und/oder Kohlenmonoxid  $K_{CO}$ ,  $K_{ppmCO}$ , als Maß für die Schädigung der Brennstoffzelle, unter bestimmten Betriebszuständen der Brennstoffzelle 1 ermittelt und für die Entwicklung der Brennstoffzelle 1 verwendet. Besonders vorteilhaft können damit Ein- und Ausschaltprozeduren der Brennstoffzelle 1 als besondere Betriebsstrategie optimiert werden, weil Kohlenstoff-Korrosion bekanntermaßen insbesondere bei Start/Stop-Vorgängen auftritt. Auf dem Prüfstand 20 kann das unter reproduzierbaren Bedingungen durchgeführt werden. Die ermittelte Konzentration  $K_x$ ,  $K_{ppmx}$  eines Abgasbestandteiles  $x$  und/oder eine Stoffbilanz und/oder bestimmte Massenströme können am Prüfstand 20 auch zur Steuerung des Prüfstandes 20, in diesem Sinne auch zur Steuerung der Durchführung eines Prüflaufs, verwendet werden. Damit kann beispielsweise eine Notabschaltung des Prüfstandes 20 implementiert werden, um eine dauerhafte Schädigung oder gar eine Zerstörung der Brennstoffzelle 1 zu verhindern. Am Prüfstand 20 kann es durchaus vorkommen, dass durch den durchgeführten Prüflauf die Brennstoffzelle 1 in einem unzulässigen Betriebsbereich betrieben wird, was dadurch abgefangen werden kann. Dazu könnten beispielsweise Grenzwerte für bestimmte Konzentrationen  $K_x$ ,  $K_{ppmx}$  und/oder Massenströme  $\dot{m}_x$  eines Abgasbestandteiles  $x$  und/oder eine Stoffbilanz überwacht werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen einer Brennstoffzelle (1) auf einem Prüfstand (20), wobei die Brennstoffzelle (1) auf dem Prüfstand (20) betrieben wird und das Abgas der Brennstoffzelle (1) ausgewertet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit einem Gassensor (9) die Konzentration ( $K_{CO_2}$ ,  $K_{ppmCO_2}$ ) von Kohlendioxid und/oder die Konzentration ( $K_{CO}$ ,  $K_{ppmCO}$ ) von Kohlenmonoxid im Abgas ermittelt wird und die ermittelte Konzentration ( $K_{CO_2}$ ,  $K_{ppmCO_2}$ ,  $K_{CO}$ ,  $K_{ppmCO}$ ) für die Entwicklung der Brennstoffzelle (1) und/oder zur Steuerung des Prüfstandes (20) verwendet wird, wobei ein Volumenstrom ( $\dot{Q}$ ) des Abgases gemessen wird und mit dem Gassensor (9) die Konzentration ( $K_{H_2O}$ ,  $K_{ppmH_2O}$ ) von Wasser im Abgas ermittelt wird und mit dem Volumenstrom ( $\dot{Q}$ ) des Abgases und der ermittelten Konzentration ( $K_{H_2O}$ ,  $K_{ppmH_2O}$ ) von Wasser und/oder der ermittelten Konzentration ( $K_{CO_2}$ ,  $K_{ppmCO_2}$ ) von Kohlendioxid und/oder der ermittelten Konzentration ( $K_{CO}$ ,  $K_{ppmCO}$ ) von Kohlenmonoxid auf einen Massenstrom ( $\dot{m}_{H_2O}$ ) des Wassers und/oder auf einen Massenstrom ( $\dot{m}_{CO_2}$ ) des Kohlendioxids und/oder auf einen Massenstrom ( $\dot{m}_{CO}$ ) des Kohlenmonoxids im Abgases umgerechnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Gassensor (9) ein nicht-dispersiver Infrarotsensor verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Geschwindigkeit des Abgases in einer Abgasleitung (6) erfasst wird und daraus mit einer bekannten Querschnittsfläche der Abgasleitung (6) der Volumenstrom ( $\dot{Q}$ ) ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit einem bekannten Massenstrom eines Hauptbestandteils des Abgases und dem Massenstrom ( $\dot{m}_{H_2O}$ ) des Wassers ein Abgasmassenstrom ( $\dot{m}_A$ ) des Abgases ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der bekannten Dichte des Hauptbestandteils des Abgases und dem Volumenstrom ( $\dot{Q}$ ) der Massenstrom des Hauptbestandteils des Abgases ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abgasmassenstrom für eine Stoffbilanz zwischen der Menge der der Brennstoffzelle (1) zugeführten Stoffe und der mit dem Abgas abgeführten Stoffe verwendet wird.

## Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

1/1

