

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50624/2019
(22) Anmeldetag: 09.07.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2021

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04828** (2016.01)
H01M 8/0432 (2016.01)
H01M 8/0438 (2016.01)
H01M 8/04492 (2016.01)
H01M 8/04119 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
FR 2930842 A1
US 2010304234 A1

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

(72) Erfinder:
Schubert Thomas BSc
8323 St. Marein bei Graz (AT)
Trojer Stefan Dipl.Ing.
9909 Leisach (AT)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.
8020 Graz (AT)

(54) **Ermittlungsvorrichtung zum Berechnen eines Feuchtwertes in einem Brennstoffzellensystem**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ermittlungsvorrichtung (1; 1') für ein Brennstoffzellensystem (2; 2') mit einem Brennstoffzellenstapel (4), aufweisend einen virtuellen Feuchtesensor (7) zur Aufnahme vordefinierter Ermittlungswerte und eine Recheneinheit (10) zur Berechnung eines Feuchtwertes in einem Kathodeneinlassbereich (5) stromaufwärts eines Kathodenabschnitts des Brennstoffzellenstapels (4) anhand der aufgenommenen Ermittlungswerte. Ferner betrifft die Erfindung ein Brennstoffzellensystem (2; 2') mit einer solchen Ermittlungsvorrichtung (1; 1').

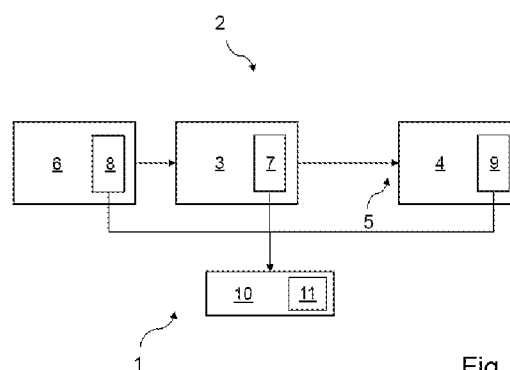


Fig. 1

Beschreibung

ERMITTLUNGSVORRICHTUNG ZUM BERECHNEN EINES FEUCHTEWERTES IN EINEM BRENNSTOFFZELLENSYSTEM

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ermittlungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem zum Berechnen eines Feuchtwertes in einem Kathodeneinlassbereich stromaufwärts eines Kathodenabschnitts eines Brennstoffzellenstapels in einem Brennstoffzellensystem.

[0002] Im Stand der Technik sind verschiedene Ansätze zum Wassermanagement in einem Brennstoffzellensystem bekannt. Hierbei gilt es unter anderem, einen Feuchtigkeitswert einer Elektrolytmembran im Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems auf einem gewünschten Wert zu halten und insbesondere vor dem Austrocknen zu bewahren. Dazu werden in der Regel verschiedene Sensoren wie Feuchtigkeitssensoren zur Ermittlung entsprechender Messwerte verwendet. Anhand der Messwerte kann anschließend auf den Feuchtigkeitszustand der Elektrolytmembran geschlossen werden. Außerdem kann anhand der Messwerte eine Vorhersage zu einem bevorstehenden Feuchtigkeitszustand der Elektrolytmembran getroffen werden. Ferner ist es bekannt, den Feuchtigkeitszustand der Elektrolytmembran mit Hilfe einer Impedanzspektroskopie zu ermitteln. Hierbei kann anhand eines gemessenen Spannungsabfalls auf den Feuchtigkeitszustand der Elektrolytmembran geschlossen werden.

[0003] Ein gattungsgemäßes Verfahren zur Ermittlung der Feuchte in einem Brennstoffzellensystem kann der US 2012/0148927 A1 entnommen werden. Gemäß dieser Patentanmeldung wird vorgeschlagen, die Feuchte anhand eines Massengleichgewichts und/oder anhand von Zustandswerten zu Temperaturen, Drücken und/oder Flussraten im Brennstoffzellensystem zu ermitteln.

[0004] Weitere Vorrichtungen und Verfahren zur Ermittlung einer Feuchte in einem Brennstoffzellensystem sind beispielsweise aus der FR 2930842 A1 und der US 2010304234 A1 bekannt.

[0005] Die im Stand der Technik bekannten Systeme können dem Wunsch nach einem möglichst einfachen, kostengünstigen und flexibel einsetzbaren System zur Ermittlung der Feuchte im Brennstoffzellensystem jedoch noch nicht abschließend Rechnung tragen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es demnach, eine entsprechend verbesserte Ermittlungsvorrichtung zum Berechnen eines Feuchtwertes in einem Brennstoffzellensystem zu schaffen. Ferner ist es eine Aufgabe, ein System zur Verfügung zu stellen, mit welchen eine Elektrolytmembran zuverlässig vor dem Austrocknen geschützt werden kann. Die voranstehenden Aufgaben werden durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere werden die voranstehenden Aufgaben durch die Ermittlungsvorrichtung gemäß Anspruch 1 und das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 5 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der Ermittlungsvorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem, den erfindungsgemäßen Verfahren, dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt, dem erfindungsgemäßen Speichermittel und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

[0007] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Ermittlungsvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem mit wenigstens einem Brennstoffzellenstapel vorgeschlagen. Die Ermittlungsvorrichtung umfasst einen virtuellen Feuchtesensor, der einen ersten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswertes, einen zweiten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Stapelauslass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, einen dritten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Stapelauslass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, einen vierten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Systemeinlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, einen fünften Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Systemeinlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, einen sechsten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Auf-

nahme eines Kathodeneinlass-Temperatur-Ermittlungswertes, einen siebten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswertes, einen achten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodeneinlass-Druck-Ermittlungswertes, und einen neunten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswertes, umfasst. Außerdem weist die Ermittlungsvorrichtung eine Recheneinheit zur Berechnung eines Feuchtwertes in einem Kathodeneinlassbereich stromaufwärts eines Kathodenabschnitts des Brennstoffzellenstapels anhand der aufgenommenen Ermittlungswerte auf, wobei physische Sensoren vorgesehen sind, über welche die neun Ermittlungswerte ermittelt und am virtuellen Feuchtesensor bereitgestellt sind.

[0008] Mit Hilfe des virtuellen Feuchtesensors und der erfindungsgemäß aufgenommenen bzw. berücksichtigten Ermittlungswerte lässt sich der gesuchte Feuchtwert relativ genau berechnen. Der berechnete Feuchtwert kann als relative Kathodeneinlass-Feuchte betrachtet werden.

[0009] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde erkannt, dass mit Hilfe der vorgenannten Ermittlungswerte auf einen spezifischen, physischen Feuchtesensor zur Bestimmung des Feuchtwertes verzichtet werden kann. Erfindungsgemäß wird die ohnehin vorhandene Sensorik des Brennstoffzellensystems genutzt, um über den virtuellen Feuchtesensor die ausgewählten Ermittlungswerte zu erlangen, um basierend darauf den Feuchtwert zu berechnen. Die Ermittlungsvorrichtung kann entsprechend als Feuchteberechnungseinheit verstanden werden.

[0010] Der virtuelle Feuchtesensor benötigt keine separaten, physischen Bauteile. Damit kann der virtuelle Feuchtesensor kostengünstig, gewicht- sowie platzsparend in einem Brennstoffzellensystem implementiert werden. Darüber hinaus können der virtuelle Feuchtesensor sowie die gesamte Ermittlungsvorrichtung flexibel in bestehende Brennstoffzellensysteme integriert werden.

[0011] Unter dem Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert der relativen Feuchte, genauer gesagt einer relativen Feuchte eines Fluids, am Kathodenauslass zu verstehen. Unter dem Stapelauslass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert eines Wassermassenflusses bzw. Wassermassenstromes am Stapelauslass zu verstehen. Unter dem Stapelauslass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes ist ein ermittelter Wert eines Luftmassenflusses am Stapelauslass bzw. am Brennstoffzellenstapelauslass zu verstehen. Unter dem Systemeinlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert eines Wassermassenflusses am Systemeinlass bzw. an einem Brennstoffzellensystemeinlass zu verstehen. Unter dem Systemeinlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert eines Luftmassenflusses bzw. Luftmassenstromes am Systemeinlass bzw. am Brennstoffzellensystemeinlass zu verstehen. Unter dem Systemeinlass kann ein Bereich des Brennstoffzellensystems verstanden werden, durch welchen Umgebungsluft in das Brennstoffzellensystem, insbesondere zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels, eingebracht wird. Unter dem Kathodeneinlass-Temperatur-Ermittlungswert kann ein ermittelter Wert einer Temperatur, insbesondere einer Fluidtemperatur, am Kathodeneinlass verstanden werden. Unter einem Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswert kann ein ermittelter Wert einer Temperatur, insbesondere einer Fluidtemperatur, am Kathodenauslass verstanden werden. Unter einem Kathodeneinlass-Druck-Ermittlungswert kann ein ermittelter Wert eines Druckes, insbesondere eines Fluiddruckes, am Kathodeneinlass verstanden werden. Unter einem Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswert kann ein ermittelter Wert eines Druckes, insbesondere eines Fluiddruckes, am Kathodenauslass verstanden werden. Die Werte können mit Hilfe von vorhandenen Sensoren oder Rechenmodellen ermittelt und am virtuellen Feuchtesensor bereitgestellt werden.

[0012] Im Rahmen der Erfindung kann die Ermittlungsvorrichtung ein virtuelles Sensorsystem mit mehreren virtuellen Sensoren, zu welchen der virtuelle Feuchtesensor gezählt werden kann, umfassen. Zur Berechnung des Feuchtwertes bzw. zur Übertragung der aufgenommenen Ermittlungswerte an die Recheneinheit steht der virtuelle Feuchtesensor mit der Recheneinheit in Signalverbindung. Die Recheneinheit kann in Form eines Computers, einer CPU oder eines anderen, geeigneten Prozessors ausgestaltet sein.

[0013] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass

eine Ermittlungsvorrichtung einen virtuellen Systemeintrassensor umfasst, der einen ersten Systemeintrassensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Umgebungstemperatur-Ermittlungswertes, einen zweiten Systemeintrassensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Umgebungsdruck-Ermittlungswertes, einen dritten Systemeintrassensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Umgebungsfeuchte-Ermittlungswertes, und einen vierten Systemeintrassensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Systemeintrass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, aufweist. Die Recheneinheit ist in diesem Fall zur Berechnung des Systemeintrass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes anhand dieser aufgenommenen Ermittlungswerte, also anhand des aufgenommenen Umgebungstemperatur-Ermittlungswertes, des aufgenommenen Umgebungsdruck-Ermittlungswertes, des aufgenommenen Umgebungsfeuchte-Ermittlungswertes sowie des aufgenommenen Systemeintrass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, konfiguriert. Damit können ein präziser Systemeintrass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert berechnet und der Feuchtwert im Kathodeneintrassbereich entsprechend genau ermittelt werden. Unter dem Umgebungstemperatur-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert der Umgebungstemperatur in der Umgebung des Brennstoffzellensystems zu verstehen. Unter dem Umgebungsdruck-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert des Umgebungsdrucks in der Umgebung des Brennstoffzellensystems zu verstehen. Unter dem Umgebungsfeuchte-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert der Umgebungsfeuchte, insbesondere der relativen Umgebungsfeuchte, in der der Umgebung des Brennstoffzellensystems, insbesondere in der Luft in der Umgebung des Brennstoffzellensystems, zu verstehen. Unter dem Systemeintrass-Luftmassenfluss-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert eines Luftmassenflusses am Systemeintrass bzw. an einem wie vorstehend beschriebenen Brennstoffzellensystemeintrass zu verstehen.

[0014] Ferner ist es möglich, dass eine erfindungsgemäße Ermittlungsvorrichtung einen virtuellen Stapelsensor umfasst, der einen ersten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodeneintrass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, einen zweiten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodeneintrass-Temperatur-Ermittlungswertes, einen dritten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswertes, einen vierten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodeneintrass-Druck-Ermittlungswertes, einen fünften Stapelsensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswertes, und einen sechsten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang zur Aufnahme eines Systemeintrass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, aufweist. Die Recheneinheit ist zur Berechnung des Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswertes anhand dieser Ermittlungswerte, also anhand des aufgenommenen Kathodeneintrass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, des Kathodeneintrass-Temperatur-Ermittlungswertes, des Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswertes, des Kathodeneintrass-Druck-Ermittlungswertes, des Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswertes sowie des Systemeintrass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, konfiguriert. Damit können ein präziser Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswert berechnet und der Feuchtwert im Kathodeneintrassbereich entsprechend genau ermittelt werden. Unter dem Kathodeneintrass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert ist ein ermittelter Wert eines Wassermassenflusses am Kathodeneintrass zu verstehen.

[0015] Außerdem ist es bei einer Ermittlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, dass die Recheneinheit zur Berechnung des Kathodeneintrass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes anhand der gemäß dem ersten Aspekt aufgenommenen Ermittlungswerte konfiguriert ist. Damit kann eine Feedback-Schleife geschaffen werden, mit welcher eine effiziente Ermittlung des Feuchtwertes ermöglicht wird.

[0016] Es kann dabei vorgesehen sein, dass zu einem Zeitpunkt Null mit Initialwerten gerechnet wird und/oder diese als Startwerte angenommen werden. Diese können dann von einem vorherigen Abschalten des Systems gespeichert werden. Für den Betrieb ist dies durch das Verwenden von Verzögerern geregelt, da sowohl Gas als auch Wasser erst durch die einzelnen Pfade strömen müssen und nicht unmittelbar vom Systemeingang zum Kathodeneingang gelangen können.

[0017] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem mit einer, wie vorstehend im Detail beschriebenen, Ermittlungsvorrichtung zur Ermittlung eines Feuchtwertes im Kathodeneintrassbereich stromaufwärts des Kathodenabschnitts des

Brennstoffzellenstapels zur Verfügung gestellt. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf die erfindungsgemäße Ermittlungsvorrichtung beschrieben worden sind.

[0018] Von Vorteil ist es dabei, wenn das Brennstoffzellensystem einen Systemeingang aufweist, wobei stromabwärts des Systemeingangs ein Luftbefeuchter angeordnet ist. Insbesondere ist dem Luftbefeuchter ein virtueller Feuchtesensor zugeordnet. Der Luftbefeuchter kann als aktiver Luftbefeuchter oder als passiver Luftbefeuchter ausgebildet sein.

[0019] Günstig ist es, wenn der Brennstoffzellenstapel stromabwärts des Luftbefeuchters ist.

[0020] Vorteilhaft ist es, wenn ein Bypass vorgesehen ist, wobei der Luftbefeuchter durch den Bypass umgehbar ist. Dabei ist der Luftbefeuchter insbesondere als passiver Luftbefeuchter ausgebildet. Dabei wird bevorzugt das Signal zum Ansteuern eines entsprechenden Ventils im virtuellen Sensor implementiert und verarbeitet.

[0021] Zudem wird ein Verfahren zum Berechnen eines Feuchtwertes in einem Kathodeneinlassbereich stromaufwärts eines Kathodenabschnitts eines Brennstoffzellenstapels in einem Brennstoffzellensystem geschaffen. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

[0022] - Aufnahme eines Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswertes, eines Stapelauslass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, eines Stapelauslass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, eines Systemeinlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, eines Systemeinlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, eines Kathodeneinlass-Temperatur-Ermittlungswertes, eines Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswertes, eines Kathodeneinlass-Druck-Ermittlungswertes, und eines Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswertes durch einen virtuellen Feuchtesensor wobei diese Ermittlungswerte durch physische Sensoren aufgenommen werden, und

[0023] - Berechnen des Feuchtwertes anhand der aufgenommenen Ermittlungswerte durch eine Recheneinheit.

[0024] Damit bringt ein solches Verfahren ebenfalls die mit Bezug auf die Ermittlungsvorrichtung beschriebenen Vorteile mit sich.

[0025] Bei einem Verfahren ist es möglich, dass ein Umgebungstemperatur-Ermittlungswert, ein Umgebungsdruck-Ermittlungswert, ein Umgebungsfeuchte-Ermittlungswert und ein Systemeinlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswert durch einen virtuellen Systemeinlasssensor aufgenommen werden, und der Systemeinlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert anhand dieser Ermittlungswerte durch eine Recheneinheit berechnet wird. Ferner ist es möglich, dass ein Kathodeneinlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert, ein Kathodeneinlass-Temperatur-Ermittlungswert, ein Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswert, ein Kathodeneinlass-Druck-Ermittlungswert, ein Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswert und ein Systemeinlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswert durch einen virtuellen Stapelsensor aufgenommen werden, und der Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswert anhand dieser Ermittlungswerte durch eine Recheneinheit berechnet wird. Darüber hinaus kann anhand der einleitend zum Verfahren beschriebenen Ermittlungswerte der Kathodeneinlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert durch die Recheneinheit berechnet werden.

[0026] Weiter wird ein Verfahren zur Vorhersage eines Feuchtigkeitszustandes einer Elektrolytmembran des Brennstoffzellenstapels anhand eines Feuchtwertes in einem Kathodeneinlassbereich stromaufwärts eines Kathodenabschnitts eines Brennstoffzellenstapels in einem Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt, wobei der Feuchtwert gemäß einem wie vorstehend beschriebenen Verfahren berechnet wird. Die Vorhersage des Feuchtigkeitszustandes kann einfach, kostengünstig, platz- und gewichtssparend realisiert werden.

[0027] Außerdem wird ein Verfahren zur Kontrolle der Feuchtigkeit in einem Brennstoffzellensystem anhand eines vorhergesagten Feuchtigkeitszustandes einer Elektrolytmembran des Brennstoffzellenstapels vorgeschlagen, wobei der Feuchtigkeitszustand durch ein, wie vorstehend beschriebenes, Verfahren vorhergesagt wird. Mit Hilfe eines solchen Verfahrens können bevorstehende Probleme wie eine Austrocknung der Elektrolytmembran rechtzeitig erkannt werden. An-

schließlich können entsprechend frühzeitig geeignete Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Hierzu können das Brennstoffzellensystem bzw. die einzelnen Funktionsbauteile des Brennstoffzellensystems entsprechend eingestellt werden. D. h., das Brennstoffzellensystem kann anhand des vorhergesagten Feuchtigkeitszustandes der Elektrolytmembran auf einen vordefinierbaren Sollzustand eingestellt werden. Damit kann die Elektrolytmembran rechtzeitig vor dem Austrocknen sowie einem unerwünschten Feuchtigkeitszustand geschützt werden.

[0028] Weiterhin wird ein Computerprogrammprodukt zur Verfügung gestellt, welches Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Computerprogrammprodukts durch einen Computer diesen veranlassen, ein, wie vorstehend beschriebenes, Verfahren auszuführen. Zudem kann ein Speichermittel mit einem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt bereitgestellt werden. Das Speichermittel kann als Controller mit einem darin installierten Computerprogrammprodukt zur Verfügung gestellt werden. Damit bringen ein Computerprogrammprodukt und ein Speichermittel ebenfalls die vorstehend beschriebenen Vorteile mit sich.

[0029] Das Computerprogrammprodukt kann als computerlesbarer Anweisungscode in jeder geeigneten Programmiersprache wie beispielsweise in JAVA, C++, C# und/oder Python implementiert sein. Das Computerprogrammprodukt 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 derart programmieren, dass die gewünschten Funktionen ausgeführt werden. Ferner kann das Computerprogrammprodukt in einem Netzwerk wie beispielsweise dem Internet bereitgestellt werden bzw. sein, von dem es bei Bedarf von einem Nutzer heruntergeladen werden kann. Das Computerprogrammprodukt kann sowohl mittels eines Computerprogramms, d. h. 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.

[0030] 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:

[0031] Figur 1 ein Brennstoffzellensystem mit einer darin installierten Ermittlungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0032] Figur 2 ein Brennstoffzellensystem mit einer darin installierten Ermittlungsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0033] Figur 3 einen virtuellen Feuchtesensor gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0034] Figur 4 einen virtuellen Systemeinklssensor gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0035] Figur 5 einen virtuellen Stapelsensor gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und

[0036] Figur 6 ein Flussdiagramm zum Erläutern eines Verfahrens gemäß einer ersten Ausführungsform.

[0037] Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 6 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0038] In Fig. 1 ist schematisch ein Brennstoffzellensystem 2 mit einer darin installierten Ermittlungsvorrichtung 1 gemäß einer ersten Ausführungsform dargestellt. Das Brennstoffzellensystem 2 weist einen Systemeingang 6, einen stromabwärts des Systemeingangs 6 angeordneten Luftbefeuchter 3 und einen stromabwärts des Luftbefeuchters 3 angeordneten Brennstoffzellenstapel 4 auf. Der Brennstoffzellenstapel 4 weist einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt auf, wobei zwischen dem Anodenabschnitt und dem Kathodenabschnitt eine Elektrolytmembran (nicht dargestellt) angeordnet ist. Gemäß dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist dem Systemeingang 6 ein virtueller Systemeinklssensor 8 zugeordnet. Dem Luftbefeuchter 3 ist ein

virtueller Feuchtesensor 7 zugeordnet. Dem Brennstoffzellenstapel 4 ist ein virtueller Stapelsensor 9 zugeordnet. Der Systemeingangssensor 8, der Feuchtesensor 7 und der Stapelsensor 9 stehen jeweils in Signalverbindung mit einer Recheneinheit 10 des Brennstoffzellensystems 2. In der Recheneinheit 10 ist ein Computerprogrammprodukt 11 installiert.

[0039] In Fig. 2 ist ein Brennstoffzellensystem 2' mit einer Ermittlungsvorrichtung 1' gemäß einer zweiten Ausführungsform dargestellt. Die zweite Ausführungsform entspricht im Wesentlichen der ersten Ausführungsform. Unterscheidungsmerkmal ist eine Rückführleitung 12, durch welche vom Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels 4 Kathodenabgas und somit Wasserbestandteile in den Luftbefeuchter 3 rückgeführt werden können.

[0040] In Fig. 1 und Fig. 2 ist jeweils eine Systemübersicht dargestellt, deren Subsysteme anschließend mit Bezug auf die Figuren 3 bis 5 im Detail erläutert werden.

[0041] Der in Fig. 3 dargestellte virtuelle Feuchtesensor 7 weist einen ersten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7a zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswertes, einen zweiten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7b zur Aufnahme eines Stapelauslass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, einen dritten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7c zur Aufnahme eines Stapelauslass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, einen vierten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7d zur Aufnahme eines Systemeingang-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, einen fünften Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7e zur Aufnahme eines Systemeingang-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, einen sechsten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7f zur Aufnahme eines Kathodeneingang-Temperatur-Ermittlungswertes, einen siebten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7g zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswertes, einen achten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7h zur Aufnahme eines Kathodeneingang-Druck-Ermittlungswertes, und einen neunten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang 7i zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswertes, auf.

[0042] Der virtuelle Feuchtesensor 7 weist außerdem einen Signalausgang 7k zur Übermittlung der aufgenommenen Ermittlungswerte an die Recheneinheit 10 auf. Anhand der durch den Feuchtesensor 7 aufgenommenen Ermittlungswerte kann die Recheneinheit 10 einen Feuchtewert in einem Kathodeneingangsbereich 5 stromaufwärts des Kathodenabschnitts des Brennstoffzellenstapels 4 berechnen.

[0043] Der in Fig. 4 dargestellte virtuelle Systemeingangssensor 8 weist einen ersten Systemeingangssensor-Ermittlungswerteingang 8a zur Aufnahme eines Umgebungstemperatur-Ermittlungswertes, einen zweiten Systemeingangssensor-Ermittlungswerteingang 8b zur Aufnahme eines Umgebungsdruck-Ermittlungswertes, einen dritten Systemeingangssensor-Ermittlungswerteingang 8c zur Aufnahme eines Umgebungsfeuchte-Ermittlungswertes, und einen vierten Systemeingangssensor-Ermittlungswerteingang 8d zur Aufnahme eines Systemeingang-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, auf. Der virtuelle Systemeingangssensor 8 weist außerdem einen Signalausgang 8e zur Übermittlung der aufgenommenen Ermittlungswerte an die Recheneinheit 10 auf. Anhand der durch den Systemeingangssensor 8 aufgenommenen Ermittlungswerte kann die Recheneinheit 10 den Systemeingang-Wassermassenfluss-Ermittlungswert berechnen.

[0044] Der in Fig. 5 gezeigte virtuelle Stapelsensor 9 weist einen ersten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang 9a zur Aufnahme eines Kathodeneingang-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes, einen zweiten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang 9b zur Aufnahme eines Kathodeneingang-Temperatur-Ermittlungswertes, einen dritten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang 9c zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswertes, einen vierten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang 9d zur Aufnahme eines Kathodeneingang-Druck-Ermittlungswertes, einen fünften Stapelsensor-Ermittlungswerteingang 9e zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswertes, und einen sechsten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang 9f zur Aufnahme eines Systemeingang-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes, auf. Der virtuelle Stapelsensor 9 weist außerdem einen Signalausgang 9g zur Übermittlung der aufgenommenen Ermittlungswerte an die Recheneinheit 10 auf. Anhand der durch den Stapelsensor 9 aufgenommenen Ermittlungswerte kann die Recheneinheit 10 den Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswert sowie den Kathodeneingang-Wassermassenfluss-Ermittlungswert berechnen.

[0045] Mit Bezug auf Fig. 6 soll ein Verfahren zum Berechnen des Feuchtwertes im Kathodeneinlassbereich 5 erläutert werden. Hierzu werden in einem ersten Schritt S1 zunächst der Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswert, der Stapelauslass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert, der Stapelauslass-Luftmassenfluss-Ermittlungswert, der Systemeinzlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert, der Systemeinzlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswert, der Kathodeneinzlass-Temperatur-Ermittlungswert, der Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswert, der Kathodeneinzlass-Druck-Ermittlungswert, und der Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswert mittels des virtuellen Feuchtesensors 7 aufgenommen bzw. erkannt. In einem zweiten Schritt S2 werden anschließend anhand dieser aufgenommenen bzw. berücksichtigten Ermittlungswerte durch die Recheneinheit 10 der Feuchtwert sowie der Kathodeneinzlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert berechnet.

[0046] 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.

[0047] So können im Rahmen des Verfahrens der Umgebungstemperatur-Ermittlungswert, der Umgebungsdruck-Ermittlungswert, der Umgebungsfeuchte-Ermittlungswert und der Systemeinzlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswert durch den virtuellen Systemeinzlasssensor 8 aufgenommen werden. Der Systemeinzlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert kann anschließend anhand dieser Ermittlungswerte durch die Recheneinheit 10 berechnet werden.

[0048] Außerdem können der Kathodeneinzlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswert, der Kathodeneinzlass-Temperatur-Ermittlungswert, der Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswert, der Kathodeneinzlass-Druck-Ermittlungswert, der Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswert und der Systemeinzlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswert durch den virtuellen Stapelsensor 9 aufgenommen werden. Der Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswert kann anschließend anhand dieser Ermittlungswerte durch die Recheneinheit 10 berechnet werden.

[0049] Mit anderen Worten, anhand von Signalen des Luftmassenflusses am Systemeingang 6, sowie den Drücken, den Temperaturen und der relativen Feuchtwerte am Brennstoffzellenstapel 4 kann der Wassermassenanteil des Luftstromes im Kathodenpfad berechnet werden. Die relative Luftfeuchtigkeit am Kathodenauslass sowie der Wassermassenfluss am Systemeingang 6 werden als ergänzende Eingangssignale für den virtuellen Feuchtesensor verwendet. Der Feuchteübergang kann anschließend dynamisch über Parameter des Luftbefeuchters 3 wie eine Membrandicke, eine Membranfläche und/oder eine Membrandichte des Luftbefeuchters 3 sowie die relativen Feuchten auf der trockenen und der feuchten Seite des Luftbefeuchters 3 ermittelt werden. Mithilfe der explizit ausgewählten Temperaturwerte, Druckwerte und Massenflusswerte kann der Wert der relativen Feuchte am Kathodeneingang relativ genau berechnet werden. Der gesamte Massenfluss an Wasser aus dem Brennstoffzellensystem 2, 2' wird im Brennstoffzellensystem 2, 2' durch das einströmende Wasser, das erzeugte Wasser und den Teil des Wassers, der zur Anode diffundiert, berechnet. Als zusätzlicher Signaleingang kann neben der erzeugten Wassermasse auch eine Stromanforderung an das System verwendet werden.

[0050] Das Verfahren kann in einem Befeuchtermodell außerdem einfach zu einem System mit externer Befeuchtung mittels Wasserinjektion adaptiert werden. Das Befeuchtermodell ist insbesondere derart aufgebaut, dass dieses nicht auf eine passive Befeuchtung beschränkt ist, sondern dieses auch auf Systeme mit einer aktiven Befeuchtung anwendbar ist.

[0051] Zudem kann das Verfahren auch zur Vorhersage eines Feuchtigkeitszustandes einer Elektrolytmembran des Brennstoffzellenstapels 4 anhand des Feuchtwertes im Kathodeneinzlassbereich 5 stromaufwärts des Kathodenabschnitts des Brennstoffzellenstapels 4 im Brennstoffzellensystem 2 weiterentwickelt werden, wobei der Feuchtwert, wie vorstehend beschrieben, berechnet wird. Darüber hinaus ist es möglich, dass ein Verfahren zur Kontrolle der Feuchtigkeit in einem Brennstoffzellensystem 2 anhand eines vorhergesagten Feuchtigkeitszustandes in einer Elektrolytmembran des Brennstoffzellenstapels 4 durchgeführt wird, wobei der Feuchtigkeitszustand durch ein, wie vorstehend beschriebenes, Verfahren vorhergesagt wird.

[0052] Die Berechnung des Feuchtwertes kann ferner abhängig von der aktuellen Leistungsanforderung des Brennstoffzellensystems durchgeführt werden. D. h., wird viel Leistung benötigt kann von einem entsprechend erhöhten Lufteingang ausgegangen werden.

[0053] Abhängig von diesem Leistungsbedarf oder Strombedarf steigt auch die produzierte Wassermenge im Brennstoffzellenstapel 4, was sich auf die Menge an Wasser, die die Kathode verlässt und in den Befeuchter fließt, niederschlägt. Dies hat im Befeuchter eine bessere Befeuchtung und damit wieder eine höhere Luftfeuchte am Kathodeneingang zur Folge.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1, 1' Ermittlungsvorrichtung
- 2, 2' Brennstoffzellensystem
- 3 Luftbefeuchter
- 4 Brennstoffzellenstapel
- 5 Kathodeneinlassbereich
- 6 Systemeingang
- 7 Virtueller Feuchtesensor
- 7a-7i Feuchtesensor-Ermittlungswerteingänge
- 8 Virtueller Systemeinsensor
- 8a-8d Systemeinsensor-Ermittlungswerteingänge
- 9 Virtueller Stapelsensor
- 9a-9g Stapelsensor-Ermittlungswerteingang
- 10 Recheneinheit
- 11 Computerprogrammprodukt
- 12 Rückführleitung

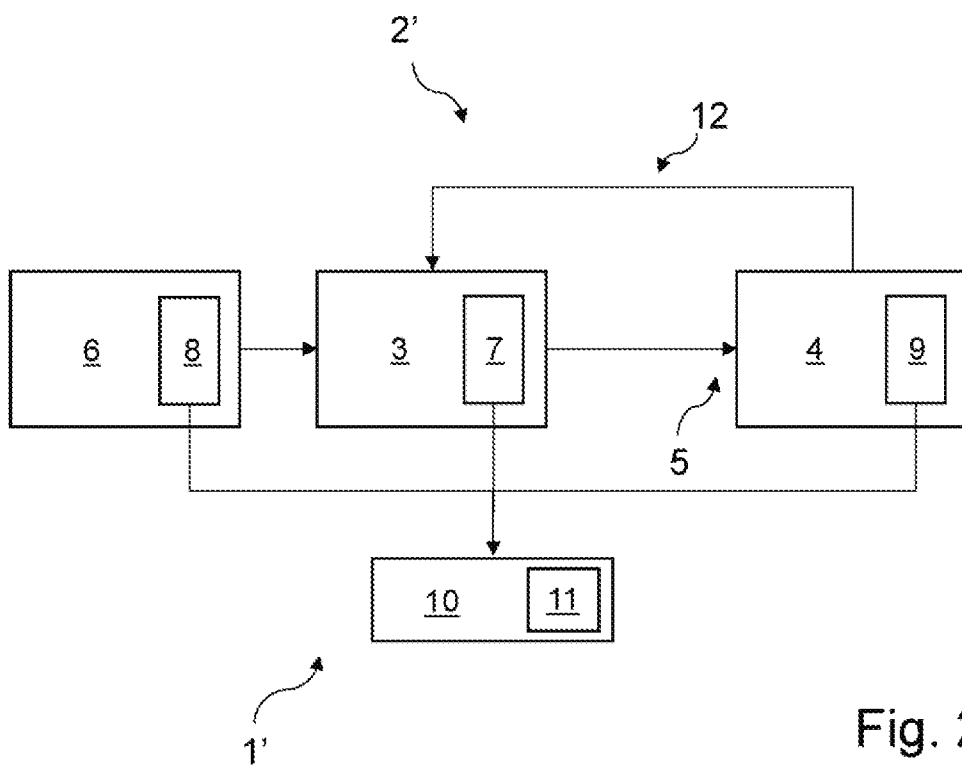
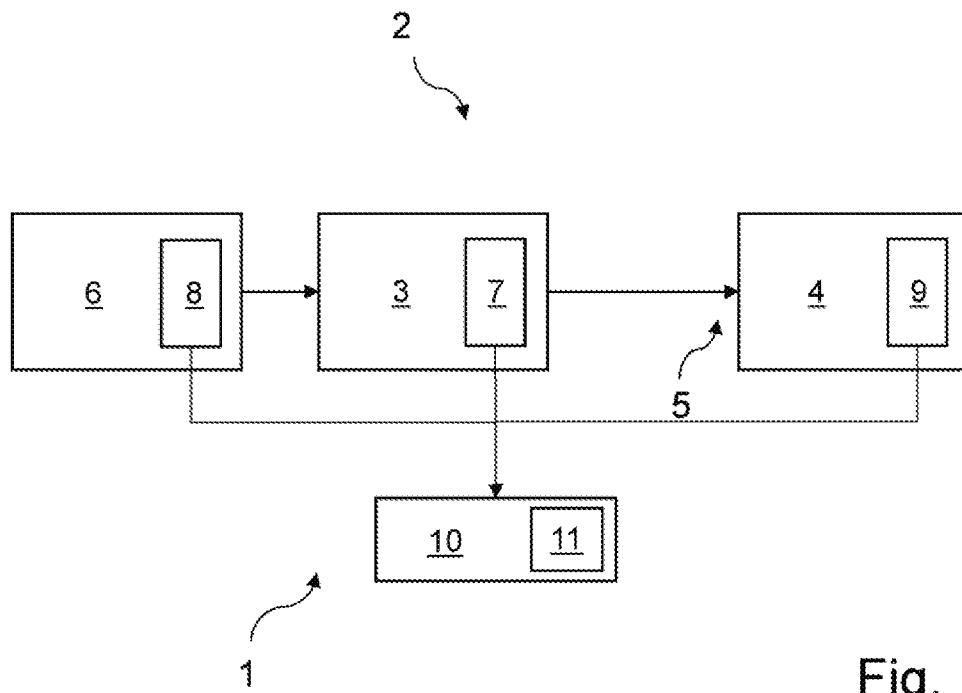
Patentansprüche

1. Ermittlungsvorrichtung (1; 1') für ein Brennstoffzellensystem (2; 2') mit einem Brennstoffzellenstapel (4), aufweisend einen virtuellen Feuchtesensor (7), der
 - einen ersten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7a) zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswertes,
 - einen zweiten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7b) zur Aufnahme eines Stapel-auslass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes,
 - einen dritten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7c) zur Aufnahme eines Stapelauslass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes,
 - einen vierten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7d) zur Aufnahme eines Systemeinlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes,
 - einen fünften Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7e) zur Aufnahme eines Systemeinlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes,
 - einen sechsten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7f) zur Aufnahme eines Kathodeneinlass-Temperatur-Ermittlungswertes,
 - einen siebten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7g) zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswertes,
 - einen achten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7h) zur Aufnahme eines Kathodeneinlass-Druck-Ermittlungswertes, und
 - einen neunten Feuchtesensor-Ermittlungswerteingang (7i) zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswertes, umfasst,und eine Recheneinheit (10) zur Berechnung eines Feuchtwertes in einem Kathodeneinlassbereich (5) stromaufwärts eines Kathodenabschnitts des Brennstoffzellenstapels (4) anhand der aufgenommenen Ermittlungswerte,
dadurch gekennzeichnet, dass physische Sensoren vorgesehen sind, über welche die neun Ermittlungswerte ermittelt und am virtuellen Feuchtesensor (7) bereitgestellt sind.
2. Ermittlungsvorrichtung (1; 1') nach Anspruch 1,
gekennzeichnet durch
einen virtuellen Systemeintrasssensor (8), der
 - einen ersten Systemeintrasssensor-Ermittlungswerteingang (8a) zur Aufnahme eines Umgebungstemperatur-Ermittlungswertes,
 - einen zweiten Systemeintrasssensor-Ermittlungswerteingang (8b) zur Aufnahme eines Umgebungsdruck-Ermittlungswertes,
 - einen dritten Systemeintrasssensor-Ermittlungswerteingang (8c) zur Aufnahme eines Umgebungsfeuchte-Ermittlungswertes, und
 - einen vierten Systemeintrasssensor-Ermittlungswerteingang (8d) zur Aufnahme eines Systemeintrass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertesaufweist, wobei die Recheneinheit (10) zur Berechnung des Systemeintrass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes anhand der gemäß Anspruch 2 aufgenommenen Ermittlungswerte konfiguriert ist.
3. Ermittlungsvorrichtung (1; 1') nach einem der voranstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
einen virtuellen Stapelsensor (9), der
 - einen ersten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang (9a) zur Aufnahme eines Kathodeneintrass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes,
 - einen zweiten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang (9b) zur Aufnahme eines Kathodeneintrass-Temperatur-Ermittlungswertes,
 - einen dritten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang (9c) zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Temperatur-Ermittlungswertes,
 - einen vierten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang (9d) zur Aufnahme eines Kathodeneintrass-Druck-Ermittlungswertes,
 - einen fünften Stapelsensor-Ermittlungswerteingang (9e) zur Aufnahme eines Kathodenauslass-Druck-Ermittlungswertes, und

- einen sechsten Stapelsensor-Ermittlungswerteingang (9f) zur Aufnahme eines System-einlass-Luftmassenfluss-Ermittlungswertes,
aufweist, wobei die Recheneinheit (10) zur Berechnung des Kathodenauslass-Feuchte-Ermittlungswertes anhand der gemäß Anspruch 3 aufgenommenen Ermittlungswerte konfiguriert ist.
- 4. Ermittlungsvorrichtung (1; 1') nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinheit (10) zur Berechnung des Kathodeneinlass-Wassermassenfluss-Ermittlungswertes anhand der gemäß Anspruch 1 aufgenommenen Ermittlungswerte konfiguriert ist.
- 5. Brennstoffzellensystem (2; 2') mit einer Ermittlungsvorrichtung (1; 1') nach einem der voranstehenden Ansprüche zur Ermittlung eines Feuchtwertes im Kathodeneinlassbereich (5) stromaufwärts des Kathodenabschnitts des Brennstoffzellenstapels (4).
- 6. Brennstoffzellensystem (2, 2') nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensystem (2, 2') einen Systemeingang (6) aufweist, wobei stromabwärts des Systemeingangs (6) ein Luftbefeuchter (3) angeordnet ist.
- 7. Brennstoffzellensystem (2, 2') nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Brennstoffzellenstapel (4) stromabwärts des Luftbefeuchters (3) ist.
- 8. Brennstoffzellensystem (2, 2') nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Bypass vorgesehen ist, wobei der Luftbefeuchter (3) durch den Bypass umgehbar ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3



2/3

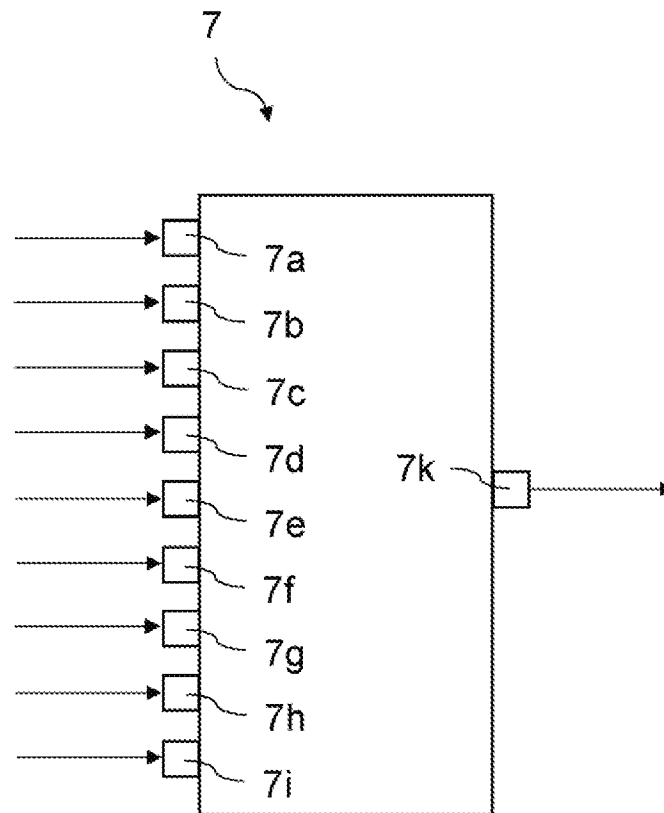


Fig. 3

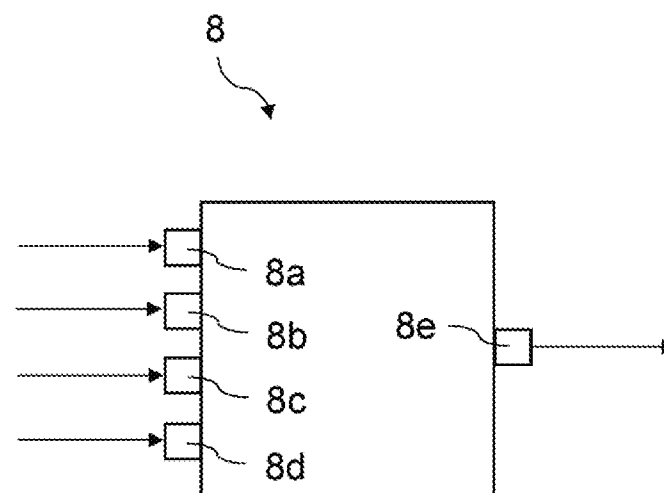


Fig. 4

3/3

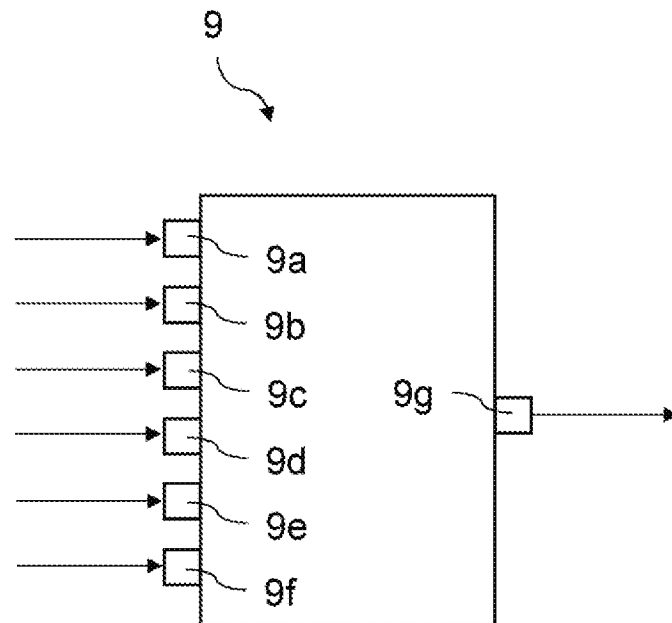


Fig. 5

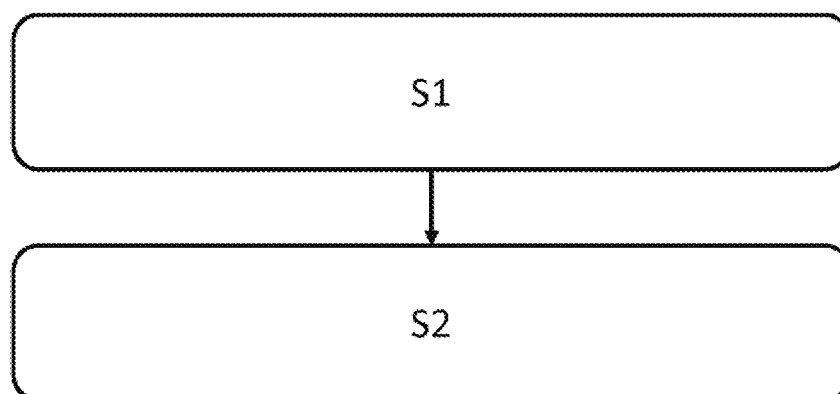


Fig. 6