

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50223/2023
(22) Anmeldetag: 27.03.2023
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2024

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

(56) Entgegenhaltungen:
US 2007196709 A1
US 2013089797 A1
DE 102021118047 A1

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
(72) Erfinder:
Weingrill Katharina B.Eng.
8152 Stallhofen (AT)
Weingrill David Dipl.-Ing.
8152 Stallhofen (AT)
(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.techn.
8020 Graz (AT)

(54) **Kontrollverfahren für eine Kontrolle einer Öffnungsdauer eines Ablaufventils eines Flüssigkeitsbehälters in einem Anodenabgasabschnitt eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kontrollverfahren für eine Kontrolle einer Öffnungsdauer (OD) eines Ablaufventils (142) eines Flüssigkeitsbehälters (140) in einem Anodenabgasabschnitt (124) eines Brennstoffzellensystems (100), wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:

- Öffnen des Ablaufventils (142) zum Ablassen von Flüssigkeit (F) aus dem Flüssigkeitsbehälter (140),
- Erfassen des Anodendrucks (AP) im Anodenabgasabschnitt (124) zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils (142),
- Setzen eines Anodendruck-Referenzwertes (APR) auf Basis des erfassten Anodendrucks (AP),
- Weiteres Überwachen des Anodendrucks (AP) während der Öffnungsdauer (OD) des Ablaufventils (142),
- Bestimmen einer Anodendruck-Abweichung (APA) des überwachten Anodendrucks (AP) vom gesetzten Anodendruck-Referenzwert (APR),
- Schließen des Ablaufventils (142) wenn die bestimmte Anodendruck-Abweichung (APA) einen Abweichungsgrenzwert (AG) überschreitet, wobei
- während der Öffnungsdauer (OD) und/oder im Anschluss an das Schließen des Ablaufventils (142) auf Basis der Öffnungsdauer (OD) eine

Ablaufmenge an Flüssigkeit (F) bestimmt wird, wobei die abgelassene und damit bestimmte Menge mit der jeweiligen Menge des letzten Öffnungsvorgangs verglichen wird.

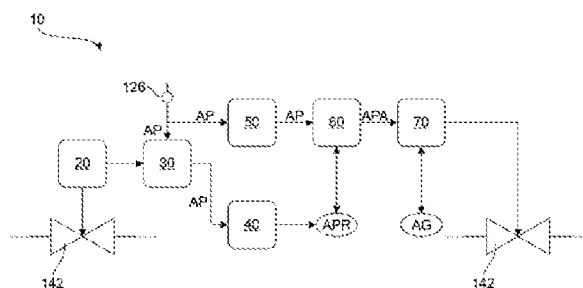


Fig. 3

Beschreibung

KONTROLLVERFAHREN FÜR EINE KONTROLLE EINER ÖFFNUNGSDAUER EINES AB- LAUFVENTILS EINES FLÜSSIGKEITSBEHÄLTERS IN EINEM ANODENABGASABSCHNITT EINES BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kontrollverfahren für eine Kontrolle einer Öffnungs-
dauer eines Ablaufventils eines Flüssigkeitsbehälters in einem Anodenabgasabschnitt eines
Brennstoffzellensystems, eine Kontrollvorrichtung zur Durchführung eines solchen Kontrollver-
fahrens, ein Computerprogrammprodukt zur Ausführung eines solchen Kontrollverfahrens sowie
ein Brennstoffzellensystem mit einer entsprechenden Kontrollvorrichtung.

[0002] Es ist bekannt, dass Brennstoffzellensysteme während ihres Betriebs zur Erzeugung von
elektrischem Strom unter anderem auch Feuchtigkeit erzeugen. Diese Feuchtigkeit liegt sowohl
in gasförmiger als auch in flüssiger Phase vor und wird mit dem Anodenabgas abtransportiert.
Dabei ist es notwendig, dass insbesondere bei der Rezirkulation von solchem Anodenabgas das
entstandene und kondensierte Wasser abgeschieden wird, um eine Beschädigung, insbesondere
durch ein Fluten von Gasleitungen für das Anodenabgas und/oder das Anodenzuführgas, zu ver-
meiden. Bekannte Brennstoffzellensysteme sind daher mit Wasserabscheidern ausgestattet, wel-
che kondensierte Wassertropfen aus dem Anodenabgas abscheiden und dieses damit trocknen.
Das abgeschiedene Wasser aus dem Anodenabgas wird bekannterweise in einem Flüssigkeits-
behälter aufgefangen und dort gesammelt. Dadurch, dass der Flüssigkeitsbehälter eine endliche
Größe hat, muss dieser in vorgegebenen Zeitabständen geleert werden, sodass die enthaltene
Flüssigkeit in Form des abgeschiedenen Wassers an die Umgebung abgelassen werden. Dieser
Vorgang kann auch als Drain-Vorgang bezeichnet werden. Auch bekannt ist es, dass neben dem
Ablassvorgang von abgeschiedenem Wasser ein Teil des rezirkulierten Anodenabgases an die
Umgebung ausgelassen wird, um die Zusammensetzung eines Anodenzuführgases in ge-
wünschter Weise zu beeinflussen und insbesondere den Brenngasgehalt zu variieren. Dieser
Vorgang des Ablassens von Anodenabgas kann als Purge-Vorgang bezeichnet werden.

[0003] Die bekannten Kontrollverfahren basieren darauf, dass bei einem definierten maximalen
Füllstand des Flüssigkeitsbehälters ein entsprechendes Ablaufventil geöffnet und die Flüssigkeit
abgelassen wird. Dabei wird sichergestellt, dass bei den bekannten Kontrollverfahren der Flüs-
sigkeitsbehälter sich im Wesentlichen vollständig leert, also die Flüssigkeit vollständig den Flüs-
sigkeitsbehälter verlässt. Dies führt dazu, dass am Ende dieses Ablassvorgangs zumindest für
einen kurzen Zeitraum keine Flüssigkeit mehr durch das Ablaufventil tritt. Zu diesem Zeitpunkt ist
keine Flüssigkeit mehr im Flüssigkeitsbehälter enthalten, das Ablaufventil jedoch noch geöffnet.
Dies führt dazu, dass über diese Restöffnungszeit des Ablaufventils Anodenabgas in gasförmiger
Weise das Ablaufventil durchströmt und in die Umgebung entweicht.

[0004] Weitere Kontrollverfahren sind beispielsweise aus der US 2007196709A1, der US
2013089797 A1 und der DE 102021118047 A1 bekannt.

[0005] Nachteilhaft bei bekannten Kontrollverfahren ist es, dass das Entweichen des Anodenab-
gases, nachdem der Flüssigkeitsbehälter vollständig entleert ist, unberücksichtigt für nachfol-
gende Purge-Vorgänge bleibt. Mit anderen Worten verliert das Brennstoffzellensystem bei jedem
Drain-Vorgang, also bei jedem Öffnungszyklus des Ablaufventils, nicht nur in der gewünschten
Weise die Flüssigkeit aus dem Flüssigkeitsbehälter, sondern darüber hinaus auch noch Ano-
denabgas, welches je nach Betriebszustand noch eine Restmenge an Brennstoff enthält. Dieser
für andere Kontrollschritte unberücksichtigte Verlust führt zu einer reduzierten Effizienz im Betrieb
des Brennstoffzellensystems.

[0006] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung die voranstehend beschriebenen Probleme
zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in
kostengünstiger und einfacher Weise den Verlust an Brennstoff bei Drain-Vorgängen zu reduzie-
ren.

[0007] Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Kontrollverfahren mit den Merkmalen

des Anspruchs 1, eine Kontrollvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 11 sowie ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung, dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt sowie dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

[0008] Ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren dient einer Kontrolle einer Öffnungsdauer eines Ablaufventils eines Flüssigkeitsbehälters in einem Anodenabgasabschnitt eines Brennstoffzellensystems. Ein solches Kontrollverfahren zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:

- Öffnen des Ablaufventils zum Ablassen von Flüssigkeit aus dem Flüssigkeitsbehälter,
- Erfassen des Anodendrucks im Anodenabgasabschnitt zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils,
- Setzen eines Anodendruck-Referenzwertes auf Basis des erfassten Anodendrucks,
- Weiteres Überwachen des Anodendrucks während der Öffnungsdauer des Ablaufventils,
- Bestimmen einer Anodendruck-Abweichung des überwachten Anodendrucks vom gesetzten Anodendruck-Referenzwert,
- Schließen des Ablaufventils, wenn die bestimmte Anodendruck-Abweichung einen Abweichungsgrenzwert überschreitet.

[0009] Ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren basiert auf der grundsätzlichen Notwendigkeit, dass Flüssigkeit, welche aus dem Anodenabgas in einen Flüssigkeitsbehälter abgeschieden und dort gesammelt worden ist, aus diesem Flüssigkeitsbehälter ausgelassen werden soll. Hierfür ist das Brennstoffzellensystem, wie es später beschrieben ebenfalls Teil der vorliegenden Erfindung ist, mit einem Flüssigkeitsbehälter ausgestattet. Dieser Flüssigkeitsbehälter dient dazu, Wasser, welches in flüssiger Form aus dem Anodenabgas abgeschieden wird, aufzunehmen und zu sammeln. Das Öffnen des Ablaufventils kann in erfindungsgemäßer Weise gemäß dem Stand der Technik erfolgen, beispielsweise basierend auf einer Füllstandüberwachung im Flüssigkeitsbehälter. Sobald das Ablaufventil geöffnet wird, wird Flüssigkeit aus dem Flüssigkeitsbehälter durch das Ablaufventil hindurchtreten. Dabei kann ein direktes Ablassen an die Umgebung, aber auch ein Ablassen für andere Nachbehandlungen oder Nutzungen im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein. Mit anderen Worten definiert der Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils den Start des Öffnungsvorgangs des Ablaufventils und im Sinne der vorliegenden Erfindung den Beginn der Öffnungsdauer dieses Ablaufventils.

[0010] Sobald das Ablaufventil geöffnet worden ist, wird der Anodendruck zu diesem Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils erfasst. Der Anodendruck wird dabei insbesondere im Anodenabgasabschnitt insbesondere stromaufwärts des Drain-Ventils oder insbesondere unmittelbar beim Anodenausgang erfasst. Jedoch ist auch eine indirekte Bestimmung, beispielsweise im Anodenzuführabschnitt, denkbar, um eine indirekte Erfassung oder Bestimmung des Anodendrucks zu gewährleisten. Der Anodendruck zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils ist also die aktuelle Drucksituation, welche zu dieser definierten Betriebssituation vorliegt, wenn die Öffnungsdauer und damit der Öffnungsvorgang des Ablaufventils beginnt. Da es sich hierbei um die Referenzsituation handelt, welche spezifisch für die aktuelle Betriebssituation des Brennstoffzellensystems ist, wird bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren genau dieser zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils erfasste Anodendruck als Basis für einen Anodendruck-Referenzwert verwendet. Im einfachsten Fall wird direkt der erfasste Anodendruck als Anodendruck-Referenzwert gesetzt. Jedoch können auch weitere Verarbeitungen vorgesehen sein, beispielsweise die Verwendung des Anodendrucks ergänzt um einen Sicherheitsaufschlag, um den Anodendruck-Referenzwert zu setzen.

[0011] Sobald der Anodendruck-Referenzwert für die spezifische Betriebssituation des Brenn-

stoffzellensystems nun gesetzt ist, erfolgt eine weitere Überwachung des Anodendrucks über die Öffnungsdauer des Ablaufventils hinweg. Mit anderen Worten wird der Anodendruck zum Start des Öffnungsvorgangs einmalig zum Setzen des Anodendruck-Referenzwertes verwendet und anschließend vorzugsweise kontinuierlich weiter überwacht. Diese weitere Überwachung des Anodendrucks dient dazu, eine Anodendruck-Abweichung von dem gesetzten Anodendruck-Referenzwert ebenfalls vorzugsweise kontinuierlich zu bestimmen. Mit anderen Worten wird nun erkennbar, inwieweit der Anodendruck über den Öffnungsvorgang hinweg sich von dem gesetzten Anodendruck-Referenzwert verändert. Sobald die Anodendruck-Abweichung einen definierten Abweichungsgrenzwert überschreitet, führt dies dazu, dass das Ablaufventil wieder geschlossen wird. Dieser Schließmechanismus durch den Vergleich beruht darauf, dass davon ausgegangen werden kann, dass am Ende des Öffnungsvorgangs der Flüssigkeitsbehälter sich im leeren Zustand befindet. Sobald die letzte Restmenge an Flüssigkeit aus dem Flüssigkeitsbehälter durch das Ablaufventil abgelassen worden ist, sinkt der Anodendruck, welcher kontinuierlich weiter überwacht wird, rapide ab. Dies beruht darauf, dass nun keine verbleibende Restflüssigkeit im Flüssigkeitsbehälter mehr eine Druckblockade gegen den Anodenabgasabschnitt ausbildet, sondern vielmehr nun zu diesem Zeitpunkt das Anodenabgas im gasförmigen Zustand durch das Ablaufventil beginnt in die Umgebung auszutreten. Dieser Austritt führt dazu, dass nun der überwachte Anodendruck im Vergleich zum Anodendruck-Referenzwert absinkt und entsprechend die Anodendruck-Abweichung ansteigen wird. Dieser Anstieg wird erkannt und durch den Vergleich mit dem Abweichungsgrenzwert dazu verwendet, zu diesem Zeitpunkt das Ablaufventil zu schließen.

[0012] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird insbesondere nicht der Druck selbst in Betracht gezogen, sondern nur eine Ausgabe des Druckcontrollers. Dieser versucht seinen Soll-Wert einzuregeln. Wenn eine Gasphase detektiert wird, regelt der Druckcontroller also die Gaszufuhr nach, um den Druck konstant zu halten.

[0013] Erfindungsgemäß dient also das Kontrollverfahren weiter dazu, die primäre Funktion des rechtzeitigen Entleerens des Flüssigkeitsbehälters zu gewährleisten. Im Gegensatz zu den bekannten Kontrollverfahren ist jedoch die Öffnungsdauer variabel ausgebildet, nämlich als funktionaler Zusammenhang zwischen dem Anodendruck und einer aktuellen Betriebssituation des Brennstoffzellensystems in Form des Anodendruck-Referenzwertes. Hier sind zwei wesentliche Vorteile der vorliegenden Erfindung gut zu erkennen. Zum einen reagiert der Drain-Vorgang aktiv auf die tatsächliche Betriebssituation im Flüssigkeitsbehälter, also in Abhängigkeit davon, wieviel Flüssigkeit im Flüssigkeitsbehälter vorhanden ist und wie lange das Abfließen bis zum vollständigen Entleeren des Flüssigkeitsbehälters tatsächlich dauert. Zum anderen wird auch die aktuelle Betriebssituation des Brennstoffzellensystems berücksichtigt, insbesondere die je nach Betriebssituation variierenden Parameterwerte für den sich einstellenden Anodendruck. Somit kann kostengünstig und einfach und trotzdem flexibel der Drain-Vorgang so variiert werden, dass immer eine maximale Entleerung des Flüssigkeitsbehälters mit einem minimalen Gasaustritt an Anodenabgas kombiniert werden kann.

[0014] Im Vergleich zu den bekannten Lösungen mit fest eingestellten Drain-Vorgängen in Ablassventilen führt dies dazu, dass deutlich weniger Anodenabgas bei jedem Öffnungsvorgang des Ablaufventils verloren geht und damit die Effizienz des gesamten Brennstoffzellensystems im Betrieb bei der Erzeugung elektrischen Stroms deutlich verbessert werden kann. Ein Nebenvorteil kann es sein, dass die Anzahl der notwendigen Öffnungen reduziert werden kann, da immer nur die variable notwendige Öffnungsdauer für die vollständige Entleerung des Flüssigkeitsbehälters verwendet werden muss. Auch kann, wie später noch erläutert wird, eine Rückführung der Information über die abgelassene Menge an Flüssigkeit dazu verwendet werden, die Periode bis zum nächsten Öffnungsvorgang so anzupassen, dass für jedes Öffnen des Ablaufventils eine optimierte Öffnungsdauer und/oder eine optimierte Periodendauer erzielt werden kann. Die Anzahl der Öffnungsvorgänge und insbesondere die Dauer zwischen den Öffnungsvorgängen kann auf diese Weise optimiert werden. Darüber hinaus werden auch Verluste weiter reduziert. Da die Funktion auf der Detektion der Gasphase basiert, strömt nämlich auch immer ein Teil des Gases mit aus. Bei einer Optimierung der Öffnungsvorgänge kann das Ablaufventil schon geschlossen

werden bevor die Funktion anspricht.

[0015] Auch ist noch darauf hinzuweisen, dass der Abweichungsgrenzwert sowohl eine feste Vorgabe sein kann als auch eine variable Ausführung darstellen kann. So kann der Abweichungsgrenzwert zum Beispiel in einem funktionalen Zusammenhang auf der Betriebssituation des Brennstoffzellensystems oder aber auf dem vorherigen Füllstand des Flüssigkeitsbehälters basieren.

[0016] Es kann vorteilhaft sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren eine maximale Öffnungsdauer vorgegeben wird, wobei das Ablaufventil geschlossen wird, wenn die maximale Öffnungsdauer erreicht wird. Dies führt zu einer zusätzlichen Bedingung hinsichtlich des Öffnungsvorgangs. So kann beispielsweise hinsichtlich einer Nachbehandlung, aber auch hinsichtlich einer Stabilität des Betriebszustandes des Brennstoffzellensystems gewünscht sein, dass eine maximale Dauer des Öffnungsvorgangs nicht überschritten wird. Durch das Vorsehen einer maximalen Öffnungsdauer wird nun sichergestellt, dass auch dann das Ablaufventil geschlossen wird, wenn diese maximale Öffnungsdauer erreicht ist, jedoch der Flüssigkeitsbehälter sich noch nicht vollständig entleert hat und er damit die Anodendruck-Abweichung noch nicht den Abweichungsgrenzwert überschritten hat. Damit wird eine zusätzliche Bedingung zur Verfügung gestellt, die die Betriebsstabilität, insbesondere des Brennstoffzellensystems, weiter verbessern kann. In einem solchen Fall kann beispielsweise die Periode bis zur nächsten Öffnung des Ablaufventils aktiv verkürzt werden.

[0017] Ebenfalls Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einem Kontrollverfahren gemäß dem voranstehenden Absatz die maximale Öffnungsdauer auf Basis wenigstens eines Betriebsparameters des Brennstoffzellensystems vorgegeben wird. Da die maximale Öffnungsdauer sich insbesondere auf eine Erhöhung der Stabilität im Betrieb des Brennstoffzellensystems bezieht, kann hier eine variable Ausgestaltung die tatsächliche aktuelle Betriebssituation des Brennstoffzellenstapels in Betracht ziehen. Dabei sind insbesondere Betriebsparameter wie der vom Brennstoffzellenstapel erzeugte Strom, die Temperatur im Brennstoffzellenstapel und/oder die unterschiedlichen Drücke im Brennstoffzellenstapel relevante Einflussparameter auf eine maximale Öffnungsdauer. Selbstverständlich kann auch die Periode, wie häufig beziehungsweise zu welchem Zeitpunkt der Öffnungsvorgang des Ablaufventils gestartet wird, in die Anpassung der maximalen Öffnungsdauer mit einfließen.

[0018] Weiter von Vorteil ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren eine minimale Öffnungsdauer vorgegeben wird, wobei das Ablaufventil mindestens über die minimale Öffnungszeit geöffnet bleibt. Hierbei handelt es sich konträr zur maximalen Öffnungsdauer als Obergrenze um eine Untergrenze, welche eine Mindestöffnungszeit zur Verfügung stellt. Mit anderen Worten wird nun nach einem Öffnen des Ablaufventils dieses Ablaufventil zumindest so lange geöffnet bleiben, bis die minimale Öffnungszeit auch tatsächlich überschritten wird. Dies gilt auch dann, wenn bereits früher die Anodendruck-Abweichung den Abweichungsgrenzwert überschreitet, sodass auf diese Weise sichergestellt wird, dass kein unnötig schnelles Schalten des Ablaufventils z. B. aufgrund von hoher Dynamik, insbesondere in einer das Ventil schädigenden Weise, stattfinden kann. Dies kann kombiniert oder separat von Einsatz der maximalen Öffnungsdauer erfolgen.

[0019] Beim einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren wird weiter während der Öffnungsdauer und/oder im Anschluss an das Schließen des Ablaufventils auf Basis der Öffnungsdauer eine Ablaufmenge an Flüssigkeit bestimmt wird, wobei die abgelassene und damit bestimmte Menge mit der jeweiligen Menge des letzten Öffnungsvorgangs verglichen wird, sodass eine Korrektur der Öffnungsperiode möglich wird, um sicherzustellen, dass die Gesamtanzahl der Öffnungsvorgänge wie auch die Periode zwischen den einzelnen Öffnungsvorgängen für das Kontrollverfahren noch weiter optimiert werden kann. Nicht nur eine qualitative Überwachung und Kontrolleingriffe, sondern auch eine quantitative Kontrolle ist hier möglich. So kann auf Basis der gesamten Öffnungsdauer nun, insbesondere auf Basis der bekannten Geometrie des Ablaufventils, eine Bestimmung durchgeführt werden, welcher Volumenstrom und damit welche Gesamtmenge an Flüssigkeit während der Öffnungsdauer durch das Ablaufventil abgelassen worden ist.

Dabei wird insbesondere auf einen bekannten Volumenstrom durch eine bekannte Öffnungsgeometrie des Ablaufventils zurückgegriffen. Jedoch können auch zusätzliche physikalische Parameter, insbesondere die Triebkraft für das Ablassen, welche beispielsweise eine durch die Schwerkraft bedingte Ablassfunktion oder aber auf Basis des Anodendrucks auch eine unter Druck stehende Triebkraft für die Ablassfunktion verwendet.

[0020] Darüber hinaus bringt es Vorteile mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren der Anodendruck-Referenzwert exakt dem erfassten Anodendruck zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils entspricht. Darunter ist zu verstehen, dass keine zusätzliche algorithmische Bearbeitung des Anodendrucks mehr notwendig ist, da dieser direkt und exakt als Anodendruck-Referenzwert gesetzt werden kann. Alternativ dazu ist eine variable oder flexible Ausgestaltung des Anodendruck-Referenzwertes, aber auch die nachfolgend noch beschriebene algorithmische Korrelation zum erfassten Anodendruck. Bei einem Festsetzen des Anodendruck-Referenzwertes wird insbesondere kein Nachführen des Anodendrucks bei veränderter Betriebsituation während des Öffnungsvorgangs mehr durchgeführt, sondern vielmehr der Anodendruck-Referenzwert auch bei unterschiedlichen und sich veränderten Betriebssituationen des Brennstoffzellensystems über den Öffnungsvorgang hinweg konstant gehalten.

[0021] Alternativ zum voranstehenden Absatz ist es möglich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren der Anodendruck-Referenzwert dem erfassten Anodendruck zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils mit einem Sicherheitsaufschlag entspricht. Mit anderen Worten wird hier der erfasste Anodendruck verwendet, ein Sicherheitsaufschlag addiert und anschließend diese Kombination als Anodendruck-Referenzwert gesetzt. Dabei können zum Beispiel zu erwartende Schwankungen, Latenzen oder Messungenauigkeiten direkt berücksichtigt und sozusagen vorab kompensiert werden sowie in den auf diese Weise optimierten Anodendruck-Referenzwert integriert werden.

[0022] Weiter von Vorteil ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren der Anodendruck-Referenzwert über die Öffnungsdauer auf Basis eines Anodenzuführdrucks in einem Anodenzuführabschnitt des Brennstoffzellensystems variiert wird. Dadurch, dass nun der Anodendruck abhängig davon ist, in welchem Betriebszustand sich das Brennstoffzellensystem befindet, kann bei längeren Öffnungsdauern des Ablaufventils ein Nachführen des Anodendruck-Referenzwertes Vorteile mit sich bringen. Wird beispielsweise im Anodenzuführabschnitt über eine Überwachung eines Anodenzuführdrucks erkannt, dass das Brennstoffzellensystem seine Betriebssituation verändert mit damit zum Beispiel erhöhtem Anodenzuführdruck, so kann entsprechend davon ausgegangen werden, dass sich auch der Anodendruck im Bereich des Anodengasabschnitts damit erhöht. Der zu Beginn des Öffnens des Ablaufventils gesetzte Anodendruck-Referenzwert passt nun nicht mehr zu dieser veränderten Betriebssituation des Brennstoffzellensystems. Durch das Einbeziehen eines sich ändernden Anodenzuführdrucks in ein Nachführen des Anodendruck-Referenzwertes wird sichergestellt, dass auch bei hochdynamischen Lastsituationen mit sich schnell ändernden Betriebssituationen des Brennstoffzellensystems die Vorteile eines erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens weiter relevant sind und erzielt werden können.

[0023] Ebenfalls Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren bei einem Überschreiten des Abweichungsgrenzwertes das Ablaufventil sofort geschlossen wird. Alternativ zu einem sofortigen Verschließen ist auch ein definiertes Nachlaufen, um insbesondere über diese Nachlaufzeit, wie später noch erläutert, eine Bestimmung eines definierten Gasverlust an Anodenabgas bestimmen zu können. Das sofortige Schließen führt jedoch zu einer weiteren Optimierung hinsichtlich des Vorteils der gesteigerten Effizienz im Betrieb des Brennstoffzellensystems, da die Menge an Verlust hinsichtlich Anodenabgas auf ein Minimum reduziert werden kann.

[0024] Besonders vorteilhaft kann es sein, wenn bei einem Überschreiten des Abweichungsgrenzwertes die Funktion ausgesetzt wird und stattdessen eine Referenzöffnungsdauer oder eine maximale Öffnungsdauer verwendet wird.

[0025] Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren

eine Nachlaufdauer bestimmt wird, von Überschreiten des Abweichungsgrenzwertes bis zum wieder Unterschreiten des Abweichungsgrenzwertes nach dem Schließen des Ablaufventils, wobei insbesondere auf Basis der bestimmten Nachlaufdauer eine Verlustgasmenge an Anodenabgas durch das geöffnete Ablaufventil bestimmt wird. Hier ist gut zu erkennen, wie auch hinsichtlich der Gasphase eine quantitative Auswertung des Kontrollverfahrens und eine entsprechende Rückkopplung in die Kontrollschleife möglich wird. Dadurch, dass die Nachlaufdauer bekannt ist hinsichtlich des Überschwingens in der Regelung, also die Dauer bis der Regelungsschritt in Form des Schließens des Ablaufventils seine Wirkung in Form des Unterschreitens des Abweichungsgrenzwertes erzielt, kann eine definierte Nachlaufdauer bestimmt werden. Über die bekannte Geometrie des Ablaufventils ist es nun möglich, auch über diese Nachlaufdauer verloren gegangene Verlustgasmenge an Anodenabgas zu bestimmen, sodass beispielsweise für den nächsten Purge-Vorgang diese berücksichtigt werden kann. Mit anderen Worten wird nicht nur die Verlustgasmenge an Anodenabgas minimiert, sondern auch die tatsächlich entstandene Verlustgasmenge an Anodenabgas bestimmbar. Diese Bestimmung führt dazu, dass die Effizienz noch weiter gesteigert werden kann, da eine Berücksichtigung für die folgenden Purge-Vorgänge möglich ist.

[0026] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Kontrollvorrichtung für eine Kontrolle einer Öffnungsdauer eines Ablaufventils eines Flüssigkeitsbehälters in einem Anodenabgasabschnitt eines Brennstoffzellensystems. Eine solche Kontrollvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass ein Öffnungsmodul zum Öffnen des Ablaufventils zum Ablassen von Flüssigkeit aus dem Flüssigkeitsbehälter vorgesehen ist. Weiter ist ein Erfassungsmodul vorgesehen, zum Erfassen des Anodendrucks in einem Anodenabgasabschnitt zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils. Mithilfe eines Setzmoduls wird ein Anodendruck-Referenzwert gesetzt auf Basis des erfassten Anodendrucks. Die Kontrollvorrichtung ist weiter mit einem Überwachungsmodul ausgestattet zum weiteren Überwachen des Anodendrucks während der Öffnungsdauer des Ablaufventils. Mithilfe eines Bestimmungsmoduls erfolgt ein Bestimmen einer Anodendruck-Abweichung des überwachten Anodendrucks vom gesetzten Anodendruck-Referenzwert. Darüber hinaus ist ein Schließmodul vorgesehen zum Schließen des Ablaufventils, wenn die bestimmte Anodendruck-Abweichung einen Abweichungsgrenzwert überschreitet. Das Öffnungsmodul, das Erfassungsmodul, das Setzmodul, das Überwachungsmodul, das Bestimmungsmodul und/oder das Schließmodul sind für die Ausführung eines erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens ausgebildet. Damit bringt eine erfindungsgemäße Kontrollvorrichtung die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren erläutert worden sind.

[0027] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens durchzuführen. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren erläutert worden sind.

[0028] Darüber hinaus ist ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Brennstoffzellensystem für eine Erzeugung von elektrischem Strom. Dieses Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt auf. Der Anodenabschnitt ist mit einem Anodenzuführabschnitt für ein Zuführen von Anodenzuführgas sowie einem Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas ausgestattet. Der Kathodenabschnitt ist mit einem Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas und einem Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas ausgebildet. Ein solches Brennstoffzellensystem zeichnet sich dadurch aus, dass im Anodenabführabschnitt ein Flüssigkeitsbehälter angeordnet ist zum Sammeln von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Anodenabgas mit einem Ablassventil zum Ablassen der gesammelten Flüssigkeit. Ebenfalls ist dort eine Kontrollvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung angeordnet. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren erläutert worden sind.

[0029] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfol-

genden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

- [0030]** Fig. 1 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,
- [0031]** Fig. 2 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,
- [0032]** Fig. 3 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung,
- [0033]** Fig. 4 ein möglicher Durchlauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- [0034]** Fig. 5 ein weiterer möglicher Durchlauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- [0035]** Fig. 6 ein weiterer möglicher Durchlauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0036] Die Figur 1 zeigt schematisch ein Brennstoffzellensystem 100 mit einem Brennstoffzellenstapel 110. Dieser Brennstoffzellenstapel 110 ist schematisch unterteilt in einen Anodenabschnitt 120 und einen Kathodenabschnitt 130. Über einen Anodenzuführabschnitt 122 wird Anodenzuführgas AZG dem Anodenabschnitt 120 zugeführt. Das Anodenzuführgas AZG weist hier insbesondere einen definierten Anteil an Brennstoff auf, welcher innerhalb des Brennstoffzellenstapels 110 nun mit über den Kathodenzuführabschnitt 132 zugeführtem Kathodenzuführgas KZG in definierter Weise unter Erzeugung von Strom chemisch reagieren kann. Dabei entsteht Kathodenabgas KAG, welches über den Kathodenabführabschnitt 134 insbesondere an die Umgebung abgeführt werden kann. Das entstehende Anodenabgas AAG wird über den Anodenabführabschnitt 124 aus dem Anodenabschnitt 120 des Brennstoffzellenstapels 110 hinausgeführt und über einen Rezirkulationsabschnitt 128 zurückgeführt. Das rezirkulierte Anodenabgas AAG, welches auch als Rezirkulationsgas bezeichnet werden kann, ist durch die chemischen Reaktionsvorgänge innerhalb des Brennstoffzellenstapels 110 mit Wasser beladen. Dieses Wasser kann sowohl in flüssiger als auch in gasförmiger Phase vorliegen. Um nun zumindest das flüssige Wasser abzuscheiden ist ein Wasserabscheider (nicht dargestellt) vorgesehen, welcher insbesondere in den Flüssigkeitsbehälter 140 integriert ist. Der Flüssigkeitsbehälter 140 dient also zumindest dem Aufnehmen und Sammeln der Flüssigkeit F, insbesondere jedoch auch dem Abscheiden dieser Flüssigkeit aus dem Anodenabgas AAG in dem Rezirkulationsabschnitt 128. Da der Flüssigkeitsbehälter 140 ein endliches Sammelvolumen aufweist, kann die gesammelte Flüssigkeit F über ein Ablassventil 142 hier an die Umgebung abgelassen werden. Um diesen Vorgang, welcher auch als Drain-Vorgang bezeichnet werden kann, zu kontrollieren, ist eine Kontrollvorrichtung 10 vorgesehen, welche zum Beispiel gemäß der Figur 3 ausgebildet sein kann. Als ein Eingangsparameter ist daher die Kontrollvorrichtung 10 hier signalkommunizierend nicht nur mit dem Ablassventil 142, sondern darüber hinaus auch mit einem Anodendruck-Sensor 126 verbunden.

[0037] Die Figur 2 basiert auf der Ausführungsform der Figur 1 und zeigt ebenfalls ein ähnliches Brennstoffzellensystem 100. Dieses ist jedoch dahingehend ergänzt, dass nun in den Rezirkulationsabschnitt 128, hier am Ende des wasserabscheidenden Flüssigkeitsbehälters 140, auch ein Entgasungsventil 144 für einen durchzuführenden separaten Purge-Vorgang vorgesehen ist. Insbesondere ist es also möglich, über zwei Separate Ventile sowohl den Purge-Vorgang in Form des Entgasungsventils 144 als auch den Drain-Vorgang über das Ablaufventil 142 durchzuführen. Weiter ist bei der Ausführungsform der Figur 2 nun eine indirektere Bestimmung vorgesehen, da nun der Anodendruck-Sensor 126 nicht in den Rezirkulationsabschnitt 128, sondern direkt am Auslass des Brennstoffzellenstapels 110 in den Anodenabführabschnitt 124 integriert ist.

[0038] Anhand einer Kontrollvorrichtung 10 der Figur 3 wird nun schematisch der Durchlauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert. Das links und rechts dargestellte Ablassventil 142 ist hier jeweils dasselbe, wobei auf der linken Seite der Figur 3 der Öffnungsvorgang und auf der rechten Seite der Figur 3 der Schließvorgang dargestellt ist.

[0039] Gemäß der Figur 3 startet die Kontrollvorrichtung 10 damit, dass zum Beispiel auf externe Vorgabe, beispielsweise auf Basis eines definierten maximalen Füllstandes innerhalb des Flüssigkeitsbehälters 140, das Öffnungsmodul 20 das Ablassventil 142 öffnet. So kann nun zum Bei-

spiel mittels Schwerkraft oder durch den Überdruck im Anodenabführabschnitt 124 die Flüssigkeit F über das Ablassventil 142 den Flüssigkeitsbehälter 140 verlassen. Zu diesem Zeitpunkt, nämlich exakt zum Zeitpunkt des Öffnens mithilfe des Öffnungsmoduls 20, wird der Anodendruck AP hier über den Anodendruck-Sensor 126 vom Erfassungsmodul 30 erfasst. Dieser erfasste Anodendruck AP wird weitergegeben an ein Setzmodul 40 und dort entweder direkt oder mit einem Sicherheitsaufschlag als Anodendruck-Referenzwert APR gesetzt.

[0040] Über den weiteren Öffnungsvorgang erfolgt ein vorzugsweise kontinuierliches Überwachen des Anodendrucks AP wieder über den Anodendruck-Sensor 126 nun mit Hilfe des Überwachungsmoduls 50. Das Überwachungsmodul 50 übergibt den erfassten und kontinuierlich überwachten Anodendruck AP nun an ein Bestimmungsmodul 60, welches im Vergleich mit dem gesetzten Anodendruck-Referenzwert APR eine Anodendruck-Abweichung APA ebenfalls in kontinuierlicher Weise bestimmen kann. Im abschließenden Schritt wird nun mit Hilfe des Schließmoduls ein Vergleich des bestimmten der Anodendruck-Abweichung APA von einem Anodendruck-Abweichungsgrenzwert AG bestimmt und ein Schließbefehl an das Ablassventil 142 gesetzt, sobald die Anodendruck-Abweichung APA den vorgegebenen Anodendruck-Grenzwert überschreitet. Diese Zeitkorrelation ist unterschiedlich und abhängig von der tatsächlichen Betriebsweise des Brennstoffzellensystems und wird insbesondere mit Bezug auf die nachfolgenden Figuren nochmals näher erläutert.

[0041] In der Figur 4 ist ein möglicher Verlauf der Parameter bei einem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren dargestellt. Von links nach rechts sind jeweils die Zeitachsen aufgetragen, wobei unterschiedliche Parameter betrachtet sind. Im oberen Diagramm ist der Verlauf des Anodendrucks AP dargestellt. Die linke gestrichelte senkrechte Linie stellt den Start des Öffnungsvorgangs und damit den Beginn der Öffnungsdauer OD dar. Zu diesem Zeitpunkt wird der exakt zum Öffnungszeitpunkt erfasste Anodendruck AP hier ohne jeglichen Aufschlag als Anodendruck-Referenzwert APR gesetzt, wie dies im oberen Diagramm zu erkennen ist. Über den weiteren Verlauf steigt der Anodendruck AP leicht an und sinkt dann ab einer gewissen Dauer stark ab. Diese jeweilige Differenz wird als Anodendruck-Abweichung APA kontinuierlich überwacht und ist separat im unteren Diagramm über die gleiche Zeitdauer aufgetragen. Über den Beginn der Öffnungsdauer OD verläuft der Anodendruck AP knapp oberhalb beziehungsweise knapp unterhalb des Anodendruck-Referenzwert APR, sodass entsprechend auch die Anodendruck-Abweichung APA im Wesentlichen konstant bleibt. Sobald die Anodendruck-Abweichung APA deutlich größer wird, steigt diese so weiter an, sodass ein Abweichungsgrenzwert AG überschritten wird, wie dies im unteren Diagramm zu erkennen ist. Der Zeitpunkt des Überschreitens des Abweichungsgrenzwertes AG stellt nun das Signal dar, welches zum Schließen des Ablassventils 142 und damit zum Beenden der Öffnungsdauer OD führt. Hier ist gut zu erkennen, dass nach dem Schließen des Ablaufventils 142 der Anodendruck AP wieder ansteigt und entsprechend die Anodendruck-Abweichung APA wieder absinkt.

[0042] In der Figur 5 ist eine ähnliche Situation wie in der Figur 4 dargestellt, jedoch sinkt der Anodendruck AP nicht so weit ab, dass eine Anodendruck-Abweichung APA den Abweichungsgrenzwert AG übersteigen würde. Trotzdem schließt ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren nach einer definierten Öffnungsdauer OD nun das Ablassventil 142, nämlich dann, wenn die maximale Öffnungsdauer von OD-MAX erreicht worden ist. Zusätzlich ist hier noch eine Mindestöffnungszeitdauer OD-MIN angegeben, sodass bei dieser Ausführungsform des Kontrollverfahrens eine minimale OD-MIN und eine maximale Öffnungszeitdauer OD-MAX jeweils als eingrenzender Korridor für das Kontrollverfahren vorgegeben sind.

[0043] Auch die Figur 6 zeigt eine Weiterbildung eines erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens hinsichtlich mehrerer Merkmale, die selbstverständlich frei untereinander kombiniert werden können. So wird hier nun zu Beginn des Öffnungsvorgangs und damit beim Starten der Öffnungszeitdauer OD im oberen Diagramm nicht der zu diesem Öffnungszeitpunkt vorherrschende Anodendruck AP direkt als Anodendruck-Referenzwert APR gesetzt. Vielmehr wird ein Sicherheitsaufschlag vorgesehen und der Anodendruck-Referenzwert APR liegt entsprechend um diesen Sicherheitsaufschlag höher als der zu diesem Öffnungszeitpunkt erfasste Anodendruck AP. Dies führt dazu, dass sich über den gesamten Verlauf auch eine höhere Anodendruck-Abweichung

APA einstellt, welche diesen Sicherheitsaufschlag inkludiert und zu einem früheren Zeitpunkt gemäß dem unteren Diagramm in der Figur 6 den Anodengrenzwert AG, im Vergleich zur Figur 4, überschritten wird. Die Öffnungsdauer OD ist dementsprechend kürzer als in der Figur 4.

[0044] Darüber hinaus wird bei dieser Ausführungsform zusätzlich noch eine Nachlaufdauer ND erfasst, nämlich der Zeitraum, welcher nach dem Überschreiten der Abweichungsgrenze AG und dem damit einhergehenden Schließen des Ablassventils 142 verbleibenden Zeitdauer bis die Anodendruck-Abweichung APA den Abweichungsgrenzwert AG wieder unterschreitet.

[0045] Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

BEZUGSZEICHENLISTE

10	Kontrollvorrichtung
20	Öffnungsmodul
30	Erfassungsmodul
40	Setzmodul
50	Überwachungsmodul
60	Bestimmungsmodul
70	Schließmodul
100	Brennstoffzellensystem
110	Brennstoffzellenstapel
120	Anodenabschnitt
122	Anodenzuführabschnitt
124	Anodenabführabschnitt
126	Anodendruck-Sensor
128	Rezirkulationsabschnitt
130	Kathodenabschnitt
132	Kathodenzuführabschnitt
134	Kathodenabführabschnitt
140	Flüssigkeitsbehälter
142	Ablassventil
144	Entgasungsventil
OD	Öffnungsdauer
OD-MAX	maximale Öffnungsdauer
OD-MIN	minimale Öffnungsdauer
AP	Anodendruck
APR	Anodendruck-Referenzwert
APA	Anodendruck-Abweichung
AG	Abweichungsgrenzwert
ND	Nachlaufdauer
F	Flüssigkeit
AZG	Anodenzuführgas
AAG	Anodenabgas
KZG	Kathodenzuführgas
KAG	Kathodenabgas

Patentansprüche

1. Kontrollverfahren für eine Kontrolle einer Öffnungsdauer (OD) eines Ablaufventils (142) eines Flüssigkeitsbehälters (140) in einem Anodenabgasabschnitt (124) eines Brennstoffzellensystems (100), wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:
 - Öffnen des Ablaufventils (142) zum Ablassen von Flüssigkeit (F) aus dem Flüssigkeitsbehälter (140),
 - Erfassen des Anodendrucks (AP) im Anodenabgasabschnitt (124) zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils (142),
 - Setzen eines Anodendruck-Referenzwertes (APR) auf Basis des erfassten Anodendrucks (AP),
 - Weiteres Überwachen des Anodendrucks (AP) während der Öffnungsdauer (OD) des Ablaufventils (142),
 - Bestimmen einer Anodendruck-Abweichung (APA) des überwachten Anodendrucks (AP) vom gesetzten Anodendruck-Referenzwert (APR),
 - Schließen des Ablaufventils (142) wenn die bestimmte Anodendruck-Abweichung (APA) einen Abweichungsgrenzwert (AG) überschreitet,
 - **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Öffnungsdauer (OD) und/oder im Anschluss an das Schließen des Ablaufventils (142) auf Basis der Öffnungsdauer (OD) eine Ablaufmenge an Flüssigkeit (F) bestimmt wird, wobei die abgelassene und damit bestimmte Menge mit der jeweiligen Menge des letzten Öffnungsvorgangs verglichen wird.
2. Kontrollverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine maximale Öffnungsdauer (OD-MAX) vorgegeben wird, wobei das Ablaufventil (142) geschlossen wird, wenn die maximale Öffnungsdauer (OD-MAX) erreicht wird.
3. Kontrollverfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die maximale Öffnungsdauer (OD-MAX) auf Basis wenigstens eines Betriebsparameters des Brennstoffzellensystems (100) vorgegeben wird.
4. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine minimale Öffnungsdauer (OD-MIN) vorgegeben wird, wobei das Ablaufventil (142) mindestens über die minimale Öffnungszeit (OD-MIN) geöffnet bleibt.
5. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anodendruck-Referenzwert (APR) exakt dem erfassten Anodendruck (AP) zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils (142) entspricht.
6. Kontrollverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anodendruck-Referenzwert (APR) dem erfassten Anodendruck (AP) zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils (142) mit einem Sicherheitsaufschlag entspricht.
7. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anodendruck-Referenzwert (APR) über die Öffnungsdauer (OD) auf Basis eines Anodenzuführ-Drucks in einem Anodenzuführabschnitt (122) des Brennstoffzellensystems (100) variiert wird.
8. Kontrollverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Nachlaufdauer (ND) bestimmt wird, von dem Überschreiten des Abweichungsgrenzwerts (AG) bis zum wieder Unterschreiten des Abweichungsgrenzwerts (AG) nach dem Schließen des Ablaufventils (142), wobei insbesondere auf Basis der bestimmten Nachlaufdauer (ND) eine Verlustgasmenge an Anodenabgas (AAG) durch das geöffnete Ablaufventil (142) bestimmt wird.

9. Kontrollvorrichtung (10) für eine Kontrolle einer Öffnungsdauer (OD) eines Ablaufventils (142) eines Flüssigkeitsbehälters (140) in einem Anodenabgasabschnitt (124) eines Brennstoffzellensystems (100), **gekennzeichnet durch** ein Öffnungsmodul (20) zum Öffnen des Ablaufventils (142) zum Ablassen von Flüssigkeit (F) aus dem Flüssigkeitsbehälter (140), ein Erfassungsmodul (30) zum Erfassen des Anodendrucks (AP) im Anodenabgasabschnitt (124) zum Zeitpunkt des Öffnens des Ablaufventils (142), ein Setzmodul (40) zum Setzen eines Anodendruck-Referenzwertes (APR) auf Basis des erfassten Anodendrucks (AP), ein Überwachungsmodul (50) zum weiteren Überwachen des Anodendrucks (AP) während der Öffnungsdauer (OD) des Ablaufventils (142), ein Bestimmungsmodul (60) zum Bestimmen einer Anodendruck-Abweichung (APA) des überwachten Anodendrucks (AP) vom gesetzten Anodendruck-Referenzwert (APR) und ein Schließmodul (70) zum Schließen des Ablaufventils (142) wenn die bestimmte Anodendruck-Abweichung (APA) einen Abweichungsgrenzwert (AG) überschreitet, wobei das Öffnungsmodul (20), das Erfassungsmodul (30), das Setzmodul (40), das Überwachungsmodul (50), das Bestimmungsmodul (60) und/oder das Schließmodul (70) für eine Ausführung eines der Kontrollverfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist.
10. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines Kontrollverfahrens mit Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 8 auszuführen.
11. Brennstoffzellensystem (100) für die Erzeugung von elektrischem Strom, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), wobei der Anodenabschnitt (120) einen Anodenzuführabschnitt (122) für ein Zuführen von Anodenzuführgas (AZG) und einen Anodenabführabschnitt (124) zum Abführen von Anodenabgas (AAG) aufweist, wobei weiter der Kathodenabschnitt (130) einen Kathodenzuführabschnitt (132) zum Zuführen von Kathodenzuführgas (KZG) und einen Kathodenabführabschnitt (134) zum Abführen von Kathodenabgas (KAG) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Anodenabführabschnitt (124) ein Flüssigkeitsbehälter (140) angeordnet ist zum Sammeln von abgeschiedener Flüssigkeit (F) aus dem Anodenabgas (AAG) mit einem Ablassventil (142) zum Ablassen der gesammelten Flüssigkeit (F) und eine Kontrollvorrichtung (10) mit den Merkmalen des Anspruchs 9.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

1/6

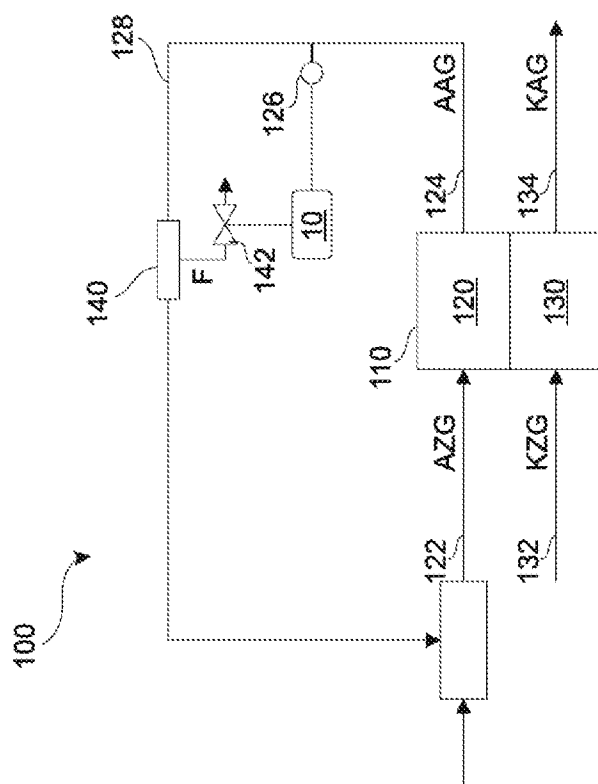


Fig. 1

2/6

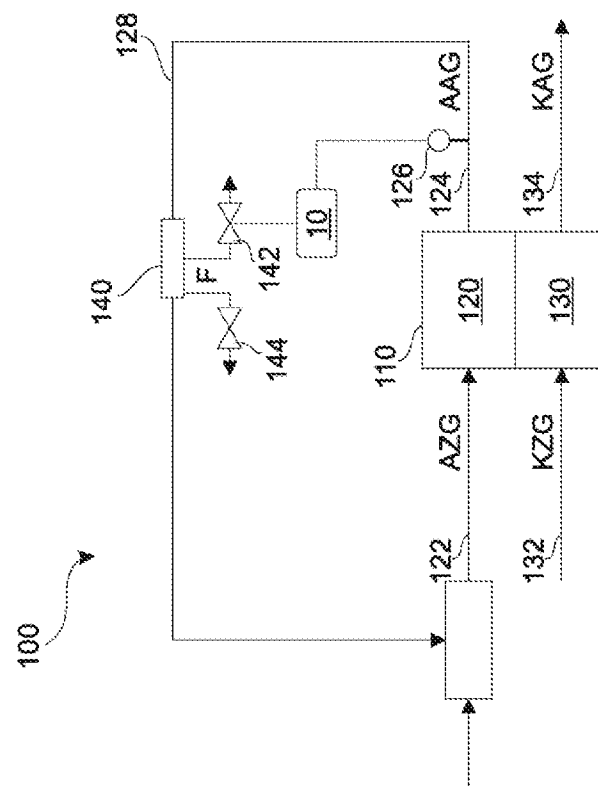


Fig. 2

3/6

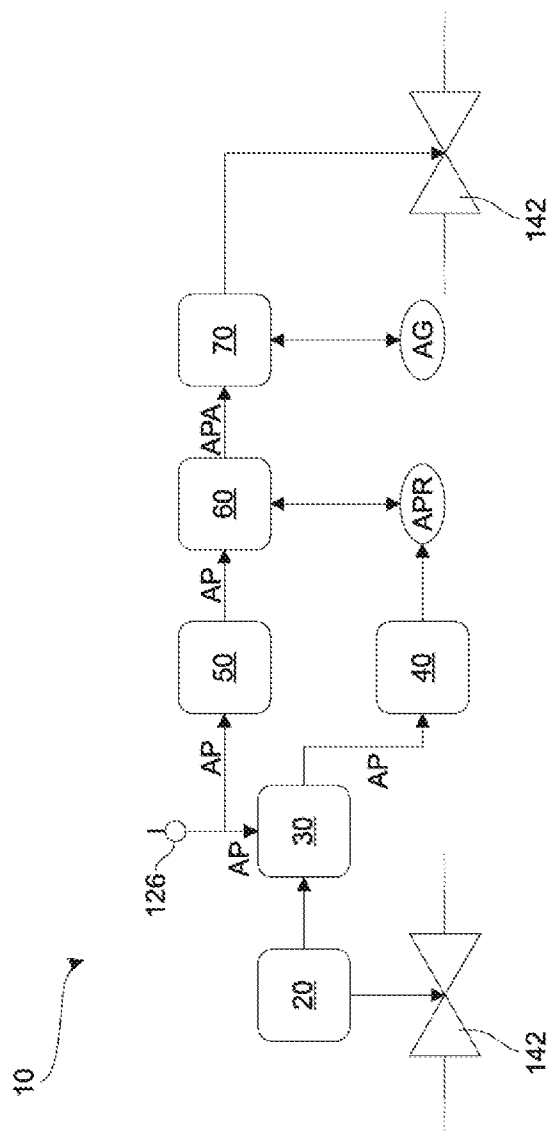


Fig. 3

4/6

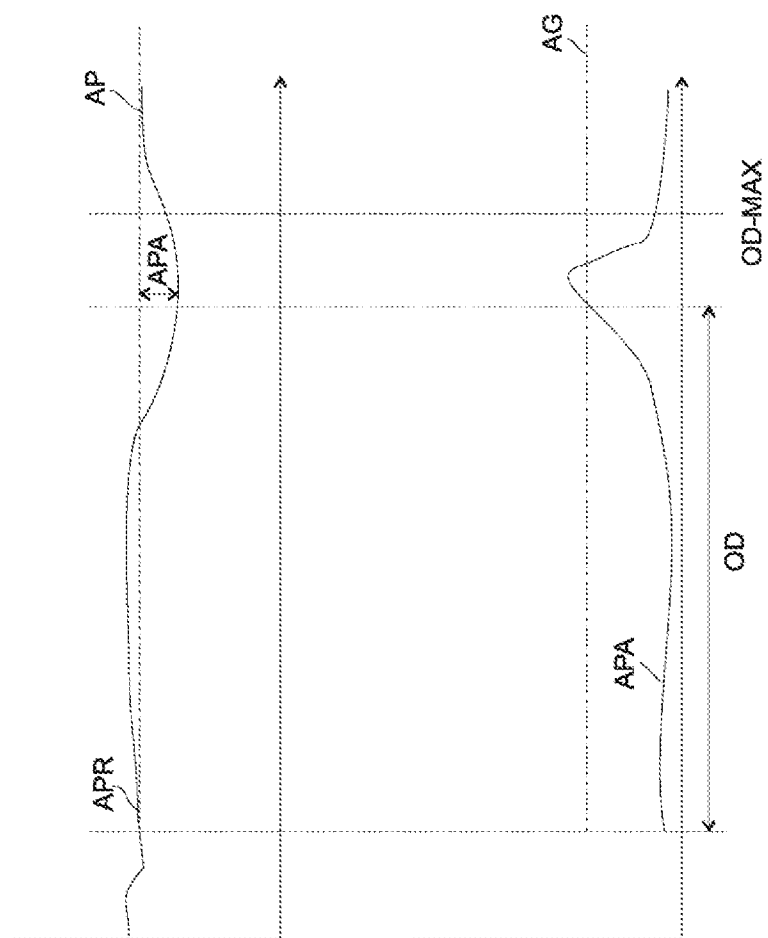


Fig. 4

5/6

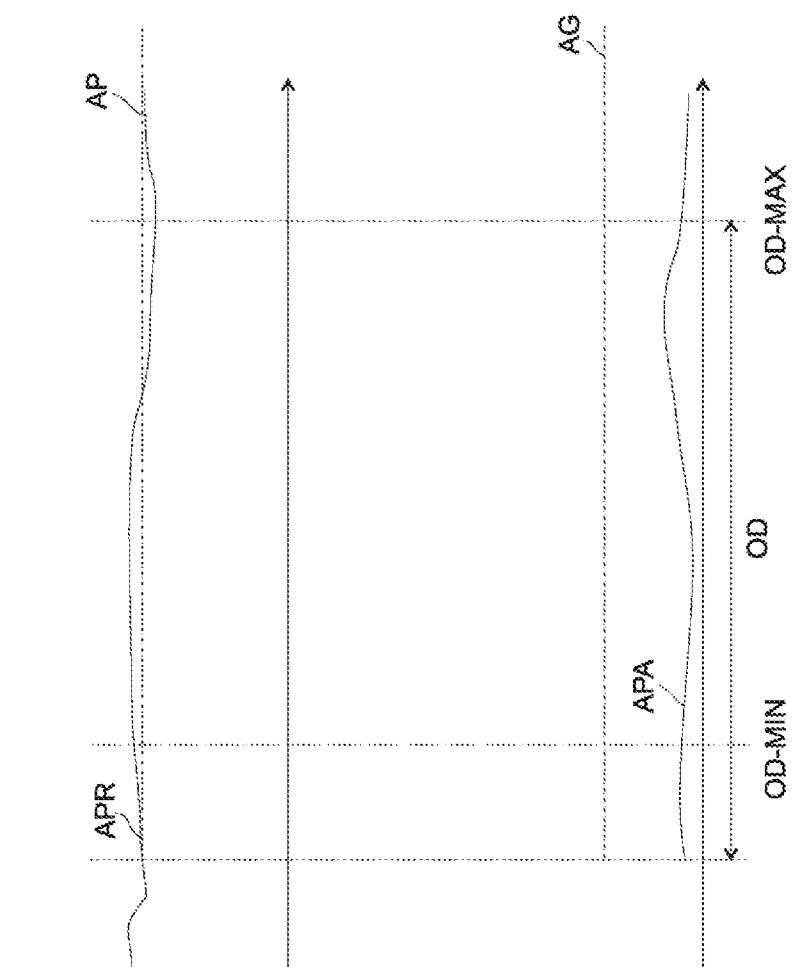


Fig. 5

6/6

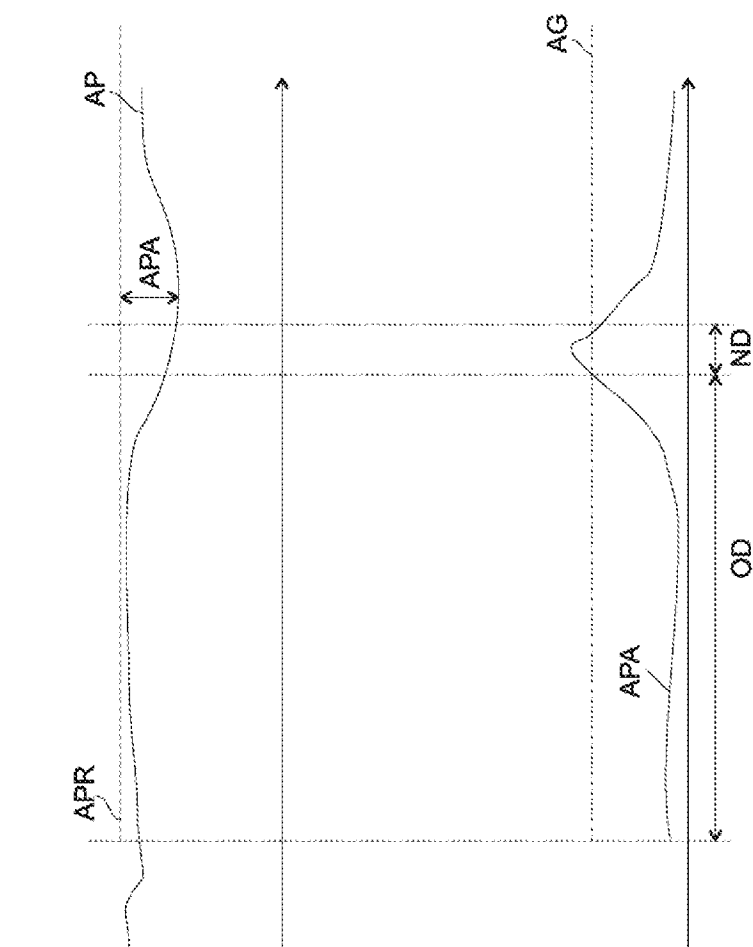


Fig. 6