

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50667/2021
(22) Anmeldetag: 17.08.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2022

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04303** (2016.01)
H01M 8/04537 (2016.01)
H01M 8/04664 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102017205038 A1
DE 102012102282 A1
US 2003039869 A1
WO 2016087086 A1

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

(72) Erfinder:
Aldrian David Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)
Weingrill Katharina B. Eng.
8020 Graz (AT)

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

(54) **Diagnoseverfahren für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Diagnoseverfahren für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Empfangen eines Betriebsstopp-Signals (BSS) für einen Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems (100),
- Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt (130) des Brennstoffzellenstapels (110),
- Vorgabe eines Entladestroms (IE) zum Entladen des Brennstoffzellenstapels (110),
- Überwachen einer Zellspannung (UZ) am Brennstoffzellenstapel (110),
- Beenden der Vorgabe des Entladestroms (IE) bei Erreichen einer Diagnose-Startspannung (UDS) am Brennstoffzellenstapel (110),
- Erfassen einer Diagnosezeitspanne (DZ) vom Diagnose-Startzeitpunkt (DZS) bei Erreichen der Diagnose-Startspannung (UDS) bis zum Diagnose-Endzeitpunkt (DZE) bei Erreichen einer Diagnose-Endspannung (UDE).

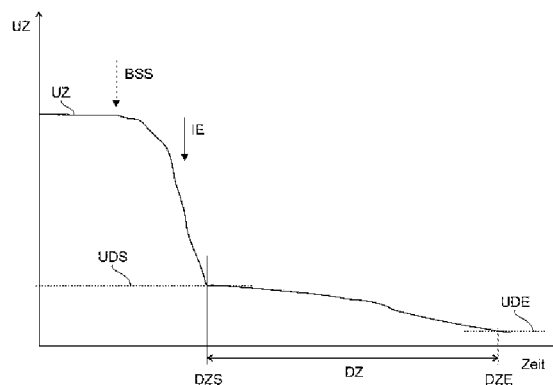


Fig. 3

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Diagnoseverfahren für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- Empfangen eines Betriebsstopp-Signals (BSS) für einen Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems (100),
- Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt (130) des Brennstoffzellenstapels (110),
- Vorgabe eines Entladestroms (IE) zum Entladen des Brennstoffzellenstapels (110),
- Überwachen einer Zellspannung (UZ) am Brennstoffzellenstapel (110),
- Beenden der Vorgabe des Entladestroms (IE) bei Erreichen einer Diagnose-Startspannung (UDS) am Brennstoffzellenstapel (110),
- Erfassen einer Diagnosezeitspanne (DZ) vom Diagnose-Startzeitpunkt (DZS) bei Erreichen der Diagnose-Startspannung (UDS) bis zum Diagnose-Endzeitpunkt (DZE) bei Erreichen einer Diagnose-Endspannung (UDE).

Fig. 3

Diagnoseverfahren für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Diagnoseverfahren für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems, eine Diagnosevorrichtung für die Durchführung eines solchen Diagnoseverfahrens sowie ein Brennstoffzellensystem mit einer solchen Diagnosevorrichtung.

Die vorliegende Erfindung beruht auf der bekannten Diagnosemöglichkeit Schädigungen von Brennstoffzellen in einem Brennstoffzellensystem zu erkennen. Dabei handelt es sich insbesondere um Schädigungen der Membran innerhalb von Brennstoffzellen, welche die Kathodenseite von der Anodenseite einer Brennstoffzelle trennt. Über einen andauernden Betrieb von Brennstoffzellen kann es vorkommen, dass die Membran ausdünnst und insbesondere an lokalen Stellen so dünn wird, dass sogenannte Pin-Holes entstehen. Dies kann dazu führen, dass eine Undichtigkeit zwischen der Kathodenseite und der Anodenseite auftritt, welche zum Defekt dieser Brennstoffzelle führen kann. Auch ist es bekannt, dass Undichtigkeiten bei der Einspannung der Membran, aber auch in die Umgebung mit fortdauerndem Betrieb entstehen können, sodass eine Diagnose gewünscht ist, um diesen fortdauernden Schädigungsprozess zu überwachen.

Es ist bekannt, die voranstehend beschriebenen Schädigungen mit einem sogenannten Bleed-Down zu diagnostizieren. Hierfür wird das Brennstoffzellensystem in einen speziellen Betriebsmodus überführt. Dabei wird die Gaszufuhr auf die Kathodenseite gestoppt und anschließend abgewartet, wie sich die Spannungsverhältnisse an der einzelnen Brennstoffzelle, mehreren Brennstoffzellen oder einem Brennstoffzellenstapel entwickeln. Sinkt die Spannung über einen definierten Zeitraum ab, so kann eine Diagnosezeitspanne bestimmt werden, deren Länge eine Aussage über die aktuelle Schädigungssituation gibt. Ist die Diagnosezeitspanne sehr kurz, so kann von einer beschädigten Membran oder einer Undichtigkeit im Brennstoffzellenstapel ausgegangen werden. Liegt der Diagnosezeitraum in einem vordefinierten längeren Zeithorizont, so kann dies zum Rückschluss auf eine intakte Membran und ein Fehlen einer Undichtigkeit führen.

Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass solche Diagnosen nur auf Prüfständen für Brennstoffzellen durchgeführt werden können. Dies beruht insbe-

sondere auf der Tatsache, dass während der Durchführung einer solchen Diagnose keine Stromproduktion des Brennstoffzellensystems möglich ist. Darüber hinaus ist die Zeitdauer für die Durchführung einer solchen Diagnose relativ lang und liegt beispielsweise im Bereich von einer oder mehreren Minuten. Dies führt dazu, dass bei bekannten Lösungen Brennstoffzellensysteme auf Prüfständen vor deren späteren Einsatz überprüft werden und Informationen über die Schädigungsprozesse später in Kennfeldern in dem realen Betrieb, beispielsweise beim Einsatz des Brennstoffzellensystems in einem Fahrzeug, Verwendung finden. Eine reale Bestimmung und eine Diagnose im Betrieb in einem Fahrzeug sind mit den bekannten Lösungen daher nicht möglich. Ungenauigkeiten der Kennfelder, aber auch Variationen in der Betriebsweise des Brennstoffzellensystems können daher bei den bisherigen Lösungen nicht oder nur sehr begrenzt berücksichtigt werden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine Diagnose des Brennstoffzellensystems in den Fahrzeugbetrieb zu integrieren.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst, durch ein Diagnoseverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Diagnosevorrichtung 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 Diagnoseverfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Diagnosevorrichtung sowie dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Erfindungsgemäß soll ein Diagnoseverfahren eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems mit einem Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt ermöglichen. Dieses Diagnoseverfahren ist vorzugsweise eingesetzt für den Betrieb in einem Fahrzeug. Ein solches Diagnoseverfahren zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:

- Empfangen eines Betriebsstopp-Signals für einen Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems,
- Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels,
- Vorgabe eines Entladestroms zum Entladen des Brennstoffzellenstapels,
- Überwachen einer Zellspannung am Brennstoffzellenstapel,
- Beenden der Vorgabe des Entladestroms bei Erreichen einer Diagnose-Startspannung am Brennstoffzellenstapel,
- Erfassen einer Diagnosezeitspanne vom Diagnose-Startzeitpunkt beim Erreichen der Diagnose-Startspannung bis zum Diagnose-Endzeitpunkt bei Erreichen einer Diagnose-Endspannung.

Der Kerngedanke eines erfindungsgemäßen Diagnoseverfahrens liegt darin, dass es in dem Betrieb des Brennstoffzellensystem beispielsweise für den Antrieb eines Fahrzeugs integriert werden kann. Wird ein Brennstoffzellensystem für den Antrieb eines Fahrzeugs verwendet, so geschieht dies beispielsweise für eine hybride Antriebsfunktionalität. Dabei wird eine Batterievorrichtung mit einem Elektromotor gekoppelt, wobei das Brennstoffzellensystem zusätzlich zur Batterievorrichtung elektrische Leistung für den Elektromotor zur Verfügung stellen kann. Gleichzeitig ist auch ein Aufladen der Batterievorrichtung aus dem Brennstoffzellensystem möglich.

Unter dem Empfangen eines Betriebsstopp-Signals kann im Rahmen der Erfindung bevorzugt auch ein Signal eines Unterschreitens einer Leistungsanforderung eines vorbestimmten Limits verstanden werden.

Unter der Endspannung wird im Rahmen der Erfindung bevorzugt eine Einzelzellspannung, eine Zellgruppenspannung und/oder eine Brennstoffzellenstapelspannung verstanden werden. Die Diagnosezeitspannung kann im Rahmen der Erfindung bevorzugt auch konstant sein, wobei dann eine Spannungsdifferenz als Maß verwendet wird.

Neben einer Maximalbegrenzung für die Leistungserzeugung mit Brennstoffzellensystemen sind üblicherweise auch minimale Leistungsabgaben vorgegeben, welche im effizienten Betrieb des Brennstoffzellensystem nicht unterschritten werden sollen

oder dürfen. Üblicherweise liegt eine minimale Leistungsbegrenzung im Bereich von ca. 10% der maximal möglichen Leistung eines solchen Brennstoffzellensystems. Sinkt nun beim Betrieb des Fahrzeugs die Leistungsanforderung unter einen solchen Betriebs-Minimalwert ab, so führt dies bei bekannten Brennstoffzellensystemen in Fahrzeugen zu einem Betriebsstopp des Brennstoffzellensystems, um ineffizienten Betrieb zu vermeiden. Bei einem solchen Übergang in einen Betriebsstopp besteht jedoch die Gefahr einer Degradation der Membran der einzelnen Brennstoffzellen im Brennstoffzellenstapel. Dies beruht insbesondere auf der Tatsache, dass sich nach dem Ausschalten der Gaszufuhr ein hohes elektrisches Potenzial an den Membranen der Brennstoffzellen ausbildet, welches zu einer Membranschädigung führen kann. Um dies zu vermeiden, wird in einem erfindungsgemäßen ersten Schritt ein Entladestrom vorgegeben. Dieser Entladestrom führt nun dazu, dass in einer Betriebsstoppsituation nach dem Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt der Entladestrom ein schnelles Absenken des elektrischen Potenzials und damit der Spannung an den einzelnen Brennstoffzellen die Folge ist. Damit wird es möglich, dass die Entladung der Brennstoffzellen im Brennstoffzellenstapel möglichst schnell erfolgt, um den Zeitraum, in welchem ein hohes elektrisches Potenzial einen Schädigungsmechanismus vorantreibt, sehr kurzgehalten wird.

Im Gegensatz zu bekannten Lösungen, bei welchem der Betriebsstopp mit einem Entladestrom zu einem möglichst vollständigen und schnellen Entladen der einzelnen Brennstoffzellen führt, stoppt jedoch ein erfindungsgemäßes Diagnoseverfahren die Vorgabe des Entladestroms, sobald eine Diagnose-Startspannung erreicht ist. Eine solche Diagnose-Startspannung ist größer als 0 Volt und insbesondere mit einem vordefinierten Abstand vom Nullpunkt bei 0 Volt vorgegeben. Somit wird es möglich, zum einen in einem ersten Schritt ein elektrisches Potenzial an den einzelnen Brennstoffzellen des Brennstoffzellenstapels durch die Vorgabe des Entladestroms sehr schnell zu reduzieren. Jedoch wird ein Restpotenzial beibehalten, welches, wie dies später noch erläutert wird, vorzugsweise unter einer Schädigungsgrenze liegt, um nachfolgend ein Diagnoseverfahren durchzuführen.

Das Diagnoseverfahren läuft ähnlich dem bekannten Bleed-Down-Verfahren ab. So wird eine Zeitspanne gemessen, welche als Diagnosezeitspanne die Zeit zwischen einem Diagnose-Startzeitpunkt und einem Diagnose-Endzeitpunkt erfasst. Der Diagnose-Startzeitpunkt ist das Starten eines entsprechenden Timers, wenn die Zellspannung am Brennstoffzellenstapel nach der Vorgabe des Entladestroms die

Diagnose-Startspannung erreicht hat. Nun wird abgewartet, wie ohne ein Aufprägen eines Entladestroms oder externer Potenzialreduzierungen, sich die Spannung an den Brennstoffzellen des Brennstoffzellenstapels entwickelt. Ein Absinken über die Zeit führt dazu, dass nach einer Diagnosezeitspanne eine unterhalb der Diagnose-Startspannung liegende Diagnose-Endspannung erreicht wird. Je länger diese Diagnosezeitspanne zwischen diesem Diagnose-Startzeitpunkt und dem Diagnose-Endzeitpunkt ist, umso höher ist die Dichtigkeit innerhalb des Brennstoffzellenstapels. Somit können, wie dies ebenfalls später noch erläutert wird, Grenzwerte vorgegeben werden, welche entweder positiv eine Beschädigung der Membran innerhalb des Brennstoffzellenstapels und/oder negativ eine Intaktheit der Membran in dem Brennstoffzellensystem diagnostizieren können.

Es ist noch darauf hinzuweisen, dass die Zellspannung bei einzelnen Brennstoffzellen, bei einzelnen Gruppen von Brennstoffzellen, aber auch stapelübergreifend für alle Brennstoffzellen in einem Brennstoffzellenstapel überwacht werden kann. Vorzugsweise erfolgt die Überwachung der Zellspannung sowohl nach dem Empfang des Betriebsstopp-Signals, bis zum Erreichen der Diagnose-Startspannung und voranschreitend weiter bis zum Erreichen der Diagnose-Endspannung.

Ein erfindungsgemäßes Diagnoseverfahren bringt nun diverse Vorteile mit sich. Zum einen wird es möglich, Stoppsituationen im realen Betrieb in einem Fahrzeug für das Brennstoffzellensystem zusätzlich für ein Diagnoseverfahren zu nutzen. Dies erlaubt es, neben der Nutzung bekannter Kennfelder, welche am Prüfstand für Brennstoffzellensysteme ermittelt werden, auch eine Diagnostik in den Betrieb des Fahrzeugs zu integrieren, um auf diese Weise noch genauer eine Überwachung von Schädigungssituationen im Brennstoffzellensystem zu erlauben.

Darüber hinaus wird die Diagnose integriert in eine Stoppsituation des Brennstoffzellensystems, welche im Wesentlichen zwei Kerngedanken erfüllt. Im ersten Schritt erfolgt ein möglichst schnelles Absenken unter ein Schädigungspotenzial, während im zweiten Schritt eine relativ langsame Diagnose stattfindet. Die langsame Diagnose hat darüber hinaus den Vorteil, dass einfache und kostengünstige Sensoren und Messdiagnostik eingesetzt werden können, sodass der Kostenaufwand für die Überwachung und die Durchführung eines erfindungsgemäßen Diagnoseverfahrens überschaubar bleibt oder sogar mit in bestehenden Brennstoffzellen vorhandenen Sensoren möglich ist.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren die Diagnose-Startspannung unterhalb einer Schädigungsspannung für den Brennstoffzellenstapel liegt. Je nach Materialwahl und konstruktiver Ausgestaltung der jeweiligen Brennstoffzelle kann eine definierte Schädigungsspannung vorgegeben werden, oberhalb welcher ohne Leistungsabnahme, also in einer Stoppsituation für diese Brennstoffzelle, eine insbesondere irreversible Schädigung der Membran eintreten könnte. Diese Schädigungsspannung kann auch als Grenzwert verstanden werden, unter welchen der Entladestrom das Potenzial dieser Brennstoffzelle in einer Stoppsituation bringen muss, um eine Schädigung zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren. Die Korrelation dieser Ausführungsform, nämlich das die Diagnose-Startspannung unterhalb der Schädigungsspannung liegt, führt zu den genannten Vorteilen, nämlich das ein schnelles Absenken der Spannung an der jeweiligen Brennstoffzelle unter die Schädigungsspannung zum Schutz derselben möglich wird. Anschließend wird unterhalb einer Schädigungsgefahr die Diagnose mithilfe der Diagnose-Startspannung bis zur Diagnose-Endspannung durchgeführt. Die Schädigungsspannung liegt also oberhalb der Diagnose-Startspannung, wobei die Diagnose-Startspannung noch hoch genug ist, um das erläuterte Bleed-Down-Diagnoseverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung durchzuführen. Vorzugsweise liegt zwischen der Diagnose-Startspannung und der Schädigungsspannung ein Sicherheitsabstand von beispielsweise 10% bis 20%. So ist es möglich, dass die Diagnose-Startspannung bei ca. 90% oder ca. 80% der Schädigungsspannung vorgegeben wird.

Vorteile bringt es weiter mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren die Zellspannung für mehrere Brennstoffzellen und/oder für mehrere Brennstoffzellengruppen des Brennstoffzellenstapels separat überwacht wird, wobei insbesondere die minimale Zellspannung aller überwachten Zellspannungen für die Erfassung der Diagnosezeitspanne und/oder die maximale Zellspannung für die Beendigung der Vorgabe verwendet wird. Bei dieser Ausführungsform wird nochmals ersichtlich, dass mehrere unterschiedliche Zellspannungen für einzelne Brennstoffzellen oder Brennstoffzellengruppen erfassbar sind. Damit ergeben sich entsprechend auch für jede erfasste Brennstoffzelle und/oder für jede überwachte Brennstoffzellengruppe, einzelne Werte für die Zellspannung. Erfindungsgemäß wird nun zum Beispiel die minimale Zellspannung aller überwachten Zellspannung oder beispielsweise die Standardabweichung oder andere statische Auswertemethoden dafür verwendet, dass die Diagnosezeitspanne erfasst wird. Mit anderen Worten wird der Di-

agnose-Startzeitpunkt durch das Erreichen der Diagnose-Startspannung durch die minimale Zellspannung gestartet und auch der Diagnose-Endzeitpunkt definiert, durch das Erreichen der minimalen Zellspannung bei der Diagnose-Endspannung. Dies erlaubt es, die Überwachung für die Zelle durchzuführen, welche insbesondere als erstes den Diagnose-Endzeitpunkt erreicht und damit die größte Gefahr für eine Schädigung der Membran mit sich bringt. Die Alternative oder zusätzliche Verwendung der maximalen Zellspannung aller überwachten Zellspannungen für die Vorgabe führt dazu, dass insbesondere in Kombination mit einer Schädigungsspannung gemäß dem voranstehenden Absatz sichergestellt wird, dass alle einzeln überwachten Brennstoffzellen oder Brennstoffzellengruppen auch sicher unterhalb dieser Schädigungsgrenze liegen.

Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren das Betriebsstopp-Signal empfangen wird, wenn bei einem Vergleich einer erfassten Leistungsanforderung mit einem Betriebs-Minimalwert für die Betriebsleistung des Brennstoffzellensystems, die erfasste Leistungsanforderung unterhalb des Betriebs-Minimalwerts liegt. Dies erlaubt es, dass bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren ein sogenannter Stop-Mode für einen temporären Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems mit dem Diagnoseverfahren kombiniert wird. Wie bereits eingangs erläutert worden ist, kann so das Diagnoseverfahren durchgeführt werden, wenn die Leistungsanforderung so gering ist, dass ein Stopp des Brennstoffzellensystems erfolgen soll. Dieses Betriebsstopp-Signal kann in einem solchen Fall von Extern zur Verfügung gestellt, aber auch im Rahmen des erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren selbst erzeugt werden.

Weiter von Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren eine Prognose und/oder eine Simulation einer Betriebsstopp-Dauer erfolgt, wobei die Schritte des Beendens der Vorgabe des Erfassens und des Erfassens der Diagnosezeitspanne in wenigstens einem der folgenden Fälle blockiert werden:

- Betriebsstopp-Dauer ist kürzer als eine Beschädigt-Diagnosezeitspanne,
- Betriebsstopp-Dauer ist kürzer als eine Intakt-Diagnosezeitspanne.

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Eine Blockade der Schritte des Beendens der Vorgabe und des Erfassens der Diagnosezeitspanne führt demnach zu einem Blockieren der Diagnoseschritte bei ei-

nem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren. Dies ist selbstverständlich dann sinnvoll, wenn die Diagnose durch die erfolgte Prognose oder Simulation, nicht erfolgreich durchgeführt werden könnte. Dies ist dann der Fall, wenn die erwartete Betriebsstopp-Dauer kürzer als eine Beschädigt-Diagnosezeitspanne ist. Eine Beschädigt-Diagnosezeitspanne ist die Diagnosezeitspanne, bei deren Unterschreiten die Brennstoffzelle als beschädigt erkannt wird. Im Gegensatz dazu, ist eine Intakt-Diagnosezeitspanne die Diagnosezeitspanne, bei deren Überschreiten die Brennstoffzelle als intakt definiert wird. Damit kann die Beschädigt-Diagnosezeitspanne und deren Unterschreiten als ein Positivtest für die Beschädigungssituation und ein Überschreiten der Intakt-Diagnosezeitspanne als ein Positivtest für eine Intaktheit der Brennstoffzelle verstanden werden. Das Blockieren, wenn die Betriebsstopp-Dauer kürzer als eine dieser beiden Diagnosezeitspannen ist, führt dazu, dass sichergestellt wird, dass eine Diagnose nur dann durchgeführt wird, wenn zumindest einer dieser beiden Tests auch tatsächlich mit dem Erhalt einer Vergleichsaussage mit wenigstens einer der beiden Zeitspannen durchgeführt werden kann.

Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren der Entladestrom in Abhängigkeit der Zellspannung vorgegeben wird, insbesondere direkt proportional. Ein solcher Entladestrom dient, wie erläutert worden ist, dem möglichst schnellen Reduzieren der Zellspannung am Brennstoffzellenstapel. Eine hohe Spannung an den jeweiligen Brennstoffzellen beim Ausschalten führt bei dieser Ausführungsform zu einem höheren Entladestrom als eine entsprechend niedrigere Zellspannung bei der Ausschaltsituation. Dies führt insbesondere dazu, dass die Geschwindigkeit, mit welcher der Entladestrom eine Reduktion der Zellspannung erzielt, an die zu überbrückende Differenz zwischen der Zellspannung in der Ausschaltsituation und der Diagnose-Startspannung angepasst wird. Eine solche Einstellbarkeit führt zu einer Einstellbarkeit der Geschwindigkeit der Reduktion der Zellspannung, sodass die Schutzmechanismen entsprechend an die jeweilige Betriebssituation vor dem Ausschalten angepasst werden können.

Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren der Entladestrom bis zum Erreichen der Diagnose-Startspannung konstant oder im Wesentlichen konstant gehalten wird. Ein Nachregeln erfolgt also vorzugsweise nicht. Dies führt zu einer sehr einfachen Kontrollierbarkeit des Entladestroms, da dessen Wert als Sollwert vorgegeben und beibehalten wird. Auch die

Sicherheit bei der Durchführung dieser Entladeschritte für die Brennstoffzellen wird auf diese Weise erhöht.

Weitere Vorteile sind erzielbar, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren für die Diagnosezeitspanne der Entladestrom vollständig oder im Wesentlichen vollständig blockiert wird. Dies kann beispielsweise durch ein elektrisches Trennen möglicher Stromabnahmen am Brennstoffzellenstapel zur Verfügung gestellt werden. Auch eine Maximierung elektrischer Widerstände am Brennstoffzellenstapel kann diesen Effekt mit sich bringen. Insbesondere wird auf diese Weise eine Verfälschung der Diagnose vermieden, da parallele Entladungsvorgänge an dem Brennstoffzellenstapel durch Stromabnahme möglichst vollständig ausgeschlossen oder zumindest auf ein Minimum reduziert werden.

Vorteilhaft ist es weiter, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren die erfasste Diagnosezeitspanne geprüft wird auf ein Unterschreiten einer Beschädigt-Diagnosezeitspanne und/oder auf ein Überschreiten einer Intakt-Diagnosezeitspanne. Dieses Diagnoseergebnis als Ergebnis dieses Vergleichs kann nun in einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren als Diagnosesignal ausgegeben werden. Unterschreitet die erfasste Diagnosezeitspanne eine Beschädigt-Diagnosezeitspanne, so ist die Zellspannung am Brennstoffzellenstapel so schnell abgesunken, dass von einer beschädigten Membran oder einer Leckage auszugehen ist. Überschreitet jedoch die Diagnosezeitspanne eine Intakt-Diagnosezeitspanne, so kann mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer Intaktheit der Membran und von einem Fehlen jeglicher Leckage am Brennstoffzellenstapel ausgegangen werden. Beim Überschreiten der Intakt-Diagnosezeitspanne kann vorzugsweise die Erfassung der Diagnosezeitspanne abgebrochen werden, auch wenn zu diesem Zeitpunkt noch nicht die Diagnose-Endspannung erreicht worden ist.

Vorteilhaft ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Diagnoseverfahren wenigstens einer der folgenden Parameter einstellbar ausgebildet ist:

- Diagnose-Startspannung
- Diagnose-Endspannung

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich können auch Auswertungen oder die bereits erläuterten Zeit-

spannen, welche zum Vergleich herangezogen werden sollen, entsprechend angepasst und variiert werden.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Diagnosevorrichtung für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems mit einem Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt. Eine solche Diagnosevorrichtung weist ein Empfangsmodul für ein Empfangen eines Betriebsstopp-Signals für einen Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems auf. Weiter ist ein Stoppmodul für ein Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels vorgesehen. Mithilfe eines Vorgabemoduls ist eine Vorgabe eines Entladestroms zum Entladen des Brennstoffzellenstapels sowie zum Beenden der Vorgabe des Entladestroms beim Erreichen einer Diagnose-Startspannung am Brennstoffzellenstapel möglich. Ein Überwachungsmodul ist vorgesehen, für eine Überwachung der Zellspannung am Brennstoffzellenstapel. Abschließend ist ein Erfassungsmodul vorhanden, zum Erfassen einer Diagnosezeitspanne vom Diagnose-Startzeitpunkt bei Erreichen der Diagnose-Startspannung bis zum Diagnose-Endzeitpunkt bei Erreichen einer Diagnose-Endspannung. Dabei sind das Empfangsmodul, das Stoppmodul, das Vorgabemodul, das Überwachungsmodul und/oder das Erfassungsmodul insbesondere für eine Ausführung eines erfindungsgemäßen Diagnoseverfahrens ausgebildet. Damit bringt eine erfindungsgemäße Diagnosevorrichtung die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Diagnoseverfahren erläutert worden sind.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Brennstoffzellensystem mit wenigstens einem Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt. Der Anodenabschnitt weist einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodenzuführgas und einen Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas auf. Der Kathodenabschnitt ist mit einem Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas und mit einem Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas ausgestattet. Weiter weist das Brennstoffzellensystem eine Diagnosevorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung auf. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Diagnosevorrichtung sowie mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Diagnoseverfahren erläutert worden sind.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Diagnosevorrichtung,
- Fig. 2 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,
- Fig. 3 ein möglicher Durchlauf eines erfindungsgemäßen Diagnoseverfahrens,
- Fig. 4 ein weiterer möglicher Durchlauf eines erfindungsgemäßen Diagnoseverfahrens und
- Fig. 5 eine Leistungskurve an einem Brennstoffzellensystem.

Figur 1 zeigt schematisch eine Diagnosevorrichtung 10 wie sie bei Brennstoffzellensystemen 100 bei der Anwendung in einem Fahrzeug eingesetzt werden kann. Die Diagnosevorrichtung 10 ist in der Lage, ein erfindungsgemäßes Diagnoseverfahren mit dem Empfangen eines Betriebsstopp-Signals BSS zu starten. Hierfür ist ein Empfangsmodul 20 vorgesehen, welches dieses Betriebsstopp-Signal BSS erhält oder sogar selbst erzeugt, beispielsweise in Abhängigkeit von einer Leistungsanforderung LAF wie es die Figur 5 zeigt. Eine Weitergabe an ein Stoppmodul 30 führt dazu, dass nun in der Kontrolle des Brennstoffzellensystems 100 die Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt 130 des Brennstoffzellenstapels 110 gestoppt wird. Um anschließend eine Schädigung der Membran der einzelnen Brennstoffzellen im Brennstoffzellenstapel 110 zu vermeiden, weist die Diagnosevorrichtung 10 ein Vorgabemodul 40 auf, welches nun einen Entladestrom IE dem Brennstoffzellenstapel 110 vorgibt und diesen damit beaufschlagt. Der Entladestrom IE reduziert die Zellspannung UZ, welche vom Überwachungsmodul 50 kontinuierlich überwacht wird.

Sobald das Überwachungsmodul 50 bei der Überwachung der Zellspannung UZ feststellt, dass eine Diagnose-Startspannung UDS unterschritten wird, führt dies im Wesentlichen zu zwei weiteren Aktionen. Zum einen erfolgt ein Stopp der Vorgabe des Entladestroms IE durch das Vorgabemodul 40. Zum anderen wird vom Erfas-

sungsmodul 60 ein Timer gestartet, um bei fortdauernder Überwachung der Zellspannung UZ die Diagnosezeitspanne DZ bis zum Erreichen der Diagnose-Endspannung UDE zu erfassen.

In der Figur 2 ist schematisch ein Einsatz einer solchen Diagnosevorrichtung 10 an einem Brennstoffzellensystem 100 dargestellt. Hier ist ein Teil des Brennstoffzellensystems 100 mit einem Brennstoffzellenstapel 110 dargestellt, welcher in einen Anodenabschnitt 120 und einen Kathodenabschnitt 130 aufgeteilt ist. Dem Anodenabschnitt 120 wird Anodenzuführgas über einen Anodenzuführabschnitt 122 und dem Kathodenabschnitt 130 Kathodenzuführgas über einen Kathodenzuführabschnitt 132 zugeführt. Anodenabgas wird über den Anodenabführabschnitt 124 und Kathodenabgas über den Kathodenabführabschnitt 134 abgeführt. Nicht näher dargestellt sind weitere Funktionsbestandteile eines solchen Brennstoffzellensystems 100, wie Reformervorrichtungen, Wärmetauschervorrichtungen, Rezirkulationsvorrichtungen oder Ähnliches. Die Diagnosevorrichtung 10 ist vorzugsweise gemäß der Ausführungsform der Figur 1 ausgestaltet und ist, hier mit gestrichelten Linien dargestellt, in der Lage einen Signalaustausch mit dem Brennstoffzellenstapel 110, dem Anodenzuführabschnitt 122 und/oder dem Kathodenzuführabschnitt 132 für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Diagnoseverfahrens durchzuführen.

Die Figur 3 zeigt schematisch die Durchführung und Wirkung einer Möglichkeit eines erfindungsgemäßen Diagnoseverfahrens. Das in der Figur 3 dargestellte Diagramm trägt die Zellspannung UZ auf der Y-Achse über die Zeit entlang der X-Achse auf. Zu Beginn ist die Zellspannung UZ auf einem hohen Niveau während eines regulären Betriebs zum Erzeugen von elektrischem Strom bis ein Betriebsstopp-Signal BSS einen anstehenden Betriebsstopp des Brennstoffzellensystems 100 ankündigt. Im Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 folgt diesem Betriebsstopp-Signal BSS der Stopp der Zufuhr von Gas über den Kathodenabschnitt 130, sodass nun diese hohe Zellspannung UZ ein Schädigungspotential für die Schädigung der jeweiligen Brennstoffzellen mit sich bringen würde. Um dieses Schädigungspotential zu reduzieren wird ein Entladestrom IE vorgegeben, welcher in der Figur 3 dahingehend wirkt, dass die Zellspannung UZ über eine kurze Zeitspanne schnell abgesenkt wird. Dieses Absenken in aktiver Weise durch die Vorgabe des Entladestroms IE wird gestoppt, sobald die Zellspannung UZ eine Diagnose-Startspannung UDS erreicht hat. Zu diesem Zeitpunkt wird vorzugsweise jede Vorgabe eines Entladestroms IE vollständig blockiert, insbesondere der Brennstoffzellenstapel 110 sogar elektrisch isoliert, so-

dass die nun beginnende Reduktion der Zellspannung UZ ausschließlich durch Prozesse innerhalb des Brennstoffzellenstapels 110 erfolgt. Das Erreichen der Diagnose-Startspannung UDS setzt einen Timer in Gang, wobei dieser Startzeitpunkt als Diagnose-Startzeitpunkt DZS definiert wird. Bei der fortdauernden kontinuierlichen Überwachung der Zellspannung UZ wird erkannt, wenn eine tieferliegende Diagnose-Endspannung UDE erreicht wird. Dieser Erreichenszeitpunkt wird als Diagnose-Endzeitpunkt DZE gesetzt und der Timer gestoppt. Damit kann die Differenz zwischen Diagnose-Startzeitpunkt DZS und Diagnose-Endzeitpunkt DZE als Diagnosezeitspanne DZ definiert sein.

Wie voranstehend erläutert worden ist, erfolgt das Absinken der Zellspannung UZ über die Diagnosezeitspanne DZ ausschließlich oder im Wesentlichen ausschließlich aufgrund interner Prozesse im Brennstoffzellenstapel 130. Somit kann rückgeschlossen werden, dass bei einem schnellen Absinken auf die Diagnose-Endspannung UDE entsprechend eine Leckage oder eine Schädigung der Membran vorliegen muss. Ist die Diagnosezeitspanne DZ lang, insbesondere länger als eine Intakt-Diagnosezeitspanne DZI, so kann von einer Intaktheit der Membran und einem Fehlen einer lokalen Leckage ausgegangen werden.

Die Figur 4 zeigt noch, wie eine Überwachung von mehr als einer Zellspannung UZ, hier einer minimalen Zellspannung UZ min und einer maximalen Zellspannung UZ max durchgeführt wird. Dabei wird die maximale Zellspannung UZ max verwendet, um sicherzustellen, dass auch diese maximale Zellspannung UZ zu Beginn des Diagnoseverfahrens am Diagnose-Startzeitpunkt DZS unterhalb einer Schädigungsspannung US liegt. Darüber hinaus wird sichergestellt, dass die Diagnoseschritte selbst an der minimalen Zellspannung UZ min hindurchgeführt werden, insbesondere was den Diagnose-Endzeitpunkt DZE betrifft.

Die Figur 5 zeigt den Betriebsverlauf anhand der Betriebsleistung BL eines Brennstoffzellensystems 100 beim Durchlauf eines Diagnoseverfahrens der vorliegenden Erfindung. So schwankt eine Leistungsanforderung LAF über den Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 je nach Betriebsweise des Fahrzeugs. In einem Teillast- oder Niedriglastbetrieb sinkt diese Leistungsanforderung LAF unter einen Betriebs-Minimalwert BM ab, was in diesem Fall ein Betriebsstopp-Signal BSS auslöst. Zu diesem Zeitpunkt wird es nun möglich, ein erfindungsgemäßes Diagnoseverfahren durchzuführen, also in einem ersten Schritt sehr schnell über den Entladestrom IE

eine Schädigungsspannung US zu unterstreiten. Bei der Ausführungsform der Figur 5 wird zusätzlich noch vor der Durchführung der Diagnoseschritte mithilfe einer Prognose und/oder einer Simulation geprüft, ob die gesamte Betriebsstopp-Dauer BSD lang genug ist, um eine erfolgreiche Diagnose durchzuführen. Bei der Figur 5 ist dies der Fall, da sowohl eine Beschädigt-Diagnosezeitspanne DZB als auch eine Intakt-Diagnosezeitspanne DZI kürzer als die Betriebsstopp-Dauer BSD sind.

Die voranstehenden Erläuterungen zu den Ausführungsformen beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

Bezugszeichenliste

10	Diagnosevorrichtung
20	Empfangsmodul
30	Stoppmodul
40	Vorgabemodul
50	Überwachungsmodul
60	Erfassungsmodul
100	Brennstoffzellensystem
110	Brennstoffzellenstapel
120	Anodenabschnitt
122	Anodenzuführabschnitt
124	Anodenabführabschnitt
130	Kathodenabschnitt
132	Kathodenzuführabschnitt
134	Kathodenabführabschnitt
BSS	Betriebsstopp-Signal
BSD	Betriebsstopp-Dauer
LAF	Leistungsanforderung
BM	Betriebs-Minimalwert
BL	Betriebsleistung
IE	Entladestrom
UZ	Zellspannung
US	Schädigungsspannung
UDS	Diagnose-Startspannung
UDE	Diagnose-Endspannung
DZ	Diagnosezeitspanne
DZB	Beschädigt-Diagnosezeitspanne
DZI	Intakt-Diagnosezeitspanne
DZS	Diagnose-Startzeitpunkt
DZE	Diagnose-Endzeitpunkt

Patentansprüche

1. Diagnoseverfahren für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - Empfangen eines Betriebsstopp-Signals (BSS) für einen Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems (100),
 - Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt (130) des Brennstoffzellenstapels (110),
 - Vorgabe eines Entladestroms (IE) zum Entladen des Brennstoffzellenstapels (110),
 - Überwachen einer Zellspannung (UZ) am Brennstoffzellenstapel (110),
 - Beenden der Vorgabe des Entladestroms (IE) bei Erreichen einer Diagnose-Startspannung (UDS) am Brennstoffzellenstapel (110),
 - Erfassen einer Diagnosezeitspanne (DZ) vom Diagnose-Startzeitpunkt (DZS) bei Erreichen der Diagnose-Startspannung (UDS) bis zum Diagnose-Endzeitpunkt (DZE) bei Erreichen einer Diagnose-Endspannung (UDE).
2. Diagnoseverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diagnose-Startspannung (UDS) unterhalb einer Schädigungsspannung (US) für den Brennstoffzellenstapel (110) liegt.
3. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zellspannung (UZ) für mehrere Brennstoffzellen und/oder für mehrere Brennstoffzellengruppen des Brennstoffzellenstapels (110) separat überwacht wird, wobei insbesondere die minimale Zellspannung (UZ min) aller überwachten Zellspannungen (UZ) für die Erfassung der Diagnosezeitspanne (DZ) und/oder die maximale Zellspannung (UZ max) für die Beendigung der Vorgabe verwendet wird.

4. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betriebsstopp-Signal (BSS) empfangen wird, wenn bei einem Vergleich einer erfassten Leistungsanforderung (LAF) mit einem Betriebs-Minimalwert (BM) für die Betriebsleistung (BL) des Brennstoffzellensystems (100), die erfasste Leistungsanforderung (LAF) unterhalb des Betriebs-Minimalwertes (BM) liegt.
5. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Prognose oder eine Simulation einer Betriebsstopp-Dauer (BSD) erfolgt, wobei die Schritte des Beendens der Vorgabe und des Erfassens der Diagnosezeitspanne (DZ) in wenigstens einem der folgenden Fälle blockiert werden:
 - Betriebsstopp-Dauer (BSD) ist kürzer als eine Beschädigt-Diagnosezeitspanne (DZB)
 - Betriebsstopp-Dauer (BSD) ist kürzer als eine Intakt-Diagnosezeitspanne (DZI)
6. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entladestrom (IE) in Abhängigkeit der Zellspannung (UZ) vorgegeben wird, insbesondere direkt proportional.
7. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entladestrom (IE) bis zum Erreichen der Diagnose-Startspannung (UDS) konstant oder im Wesentlichen konstant gehalten wird.
8. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Diagnosezeitspanne (DZ) der Entladestrom (IE) vollständig oder im Wesentlichen vollständig blockiert wird.
9. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erfasste Diagnosezeitspanne (DZ) geprüft wird auf ein Unterschreiten einer Beschädigt-Diagnosezeitspanne (DZB) und/oder auf ein Überschreiten einer Intakt-Diagnosezeitspanne (DZI).

10. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der folgenden Parameter einstellbar ausgebildet ist:
- Diagnose-Startspannung (UDS)
 - Diagnose-Endspannung (UDE)
11. Diagnosevorrichtung (10) für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), aufweisend ein Empfangsmodul (20) für ein Empfangen eines Betriebsstopp-Signals (BSS) für einen Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems (100), ein Stoppmodul (30) für ein Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt (130) des Brennstoffzellenstapels (110), ein Vorgabemodul (40) für eine Vorgabe eines Entladestroms (IE) zum Entladen des Brennstoffzellenstapels (110) und zum Beenden der Vorgabe des Entladestroms (IE) bei Erreichen einer Diagnose-Startspannung (UDS) am Brennstoffzellenstapel (110), ein Überwachungsmodul (50) für ein Überwachen der Zellspannung (UZ) am Brennstoffzellenstapel (100) und ein Erfassungsmodul (60) zum Erfassen einer Diagnosezeitspanne (DZ) vom Diagnose-Startzeitpunkt (DZS) bei Erreichen der Diagnose-Startspannung (UDS) bis zum Diagnose-Endzeitpunkt (DZE) bei Erreichen einer Diagnose-Endspannung (UDE), wobei das Empfangsmodul (20), das Stoppmodul (30), das Vorgabemodul (40), das Überwachungsmodul (50) und/oder das Erfassungsmodul (60) insbesondere für eine Ausführung eines Diagnoseverfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet sein.
12. Brennstoffzellensystem (100) mit wenigstens einem Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) zum Zuführen von Anodenzuführgas und einen Anodenabführabschnitt (124) zum Abführen von Anodenabgas, der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) zum Zuführen von Kathodenzuführgas und einen Kathodenabführabschnitt (134) zum Abführen von Kathodenabgas, wobei weiter eine Diagnosevorrichtung (10) mit den Merkmalen des An-

spruchs 11 zur Durchführung eines Diagnoseverfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 10 vorgesehen ist.

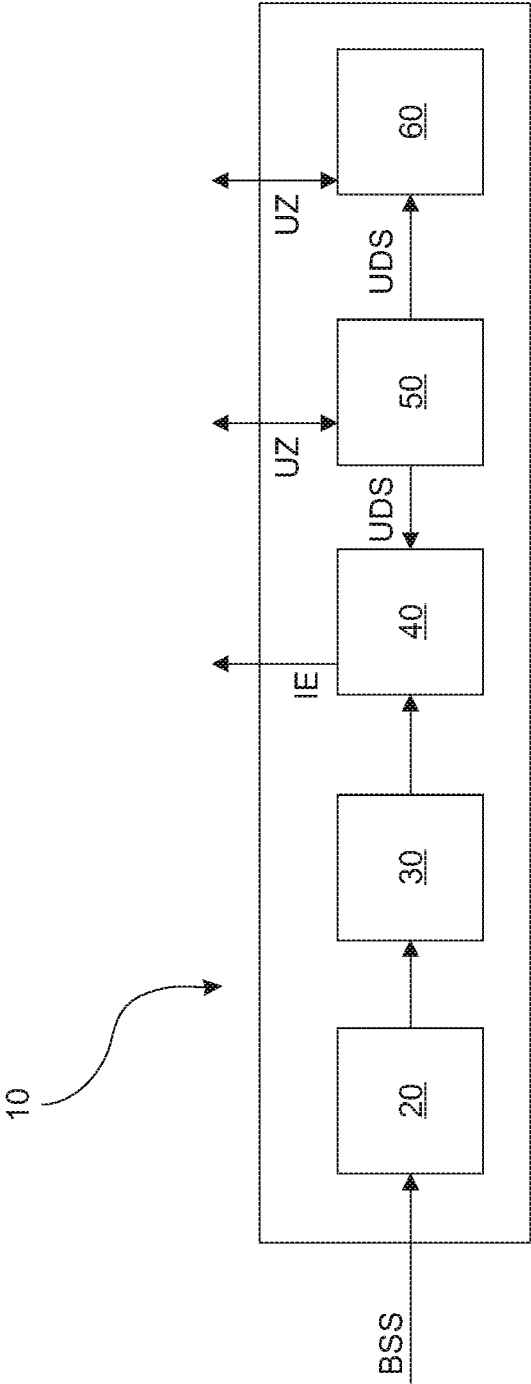


Fig. 1

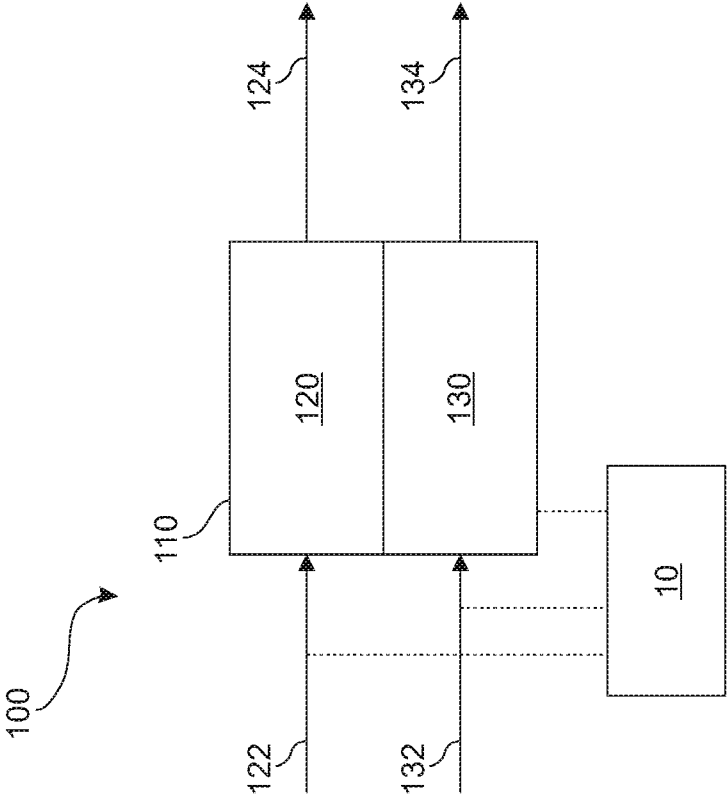


Fig. 2

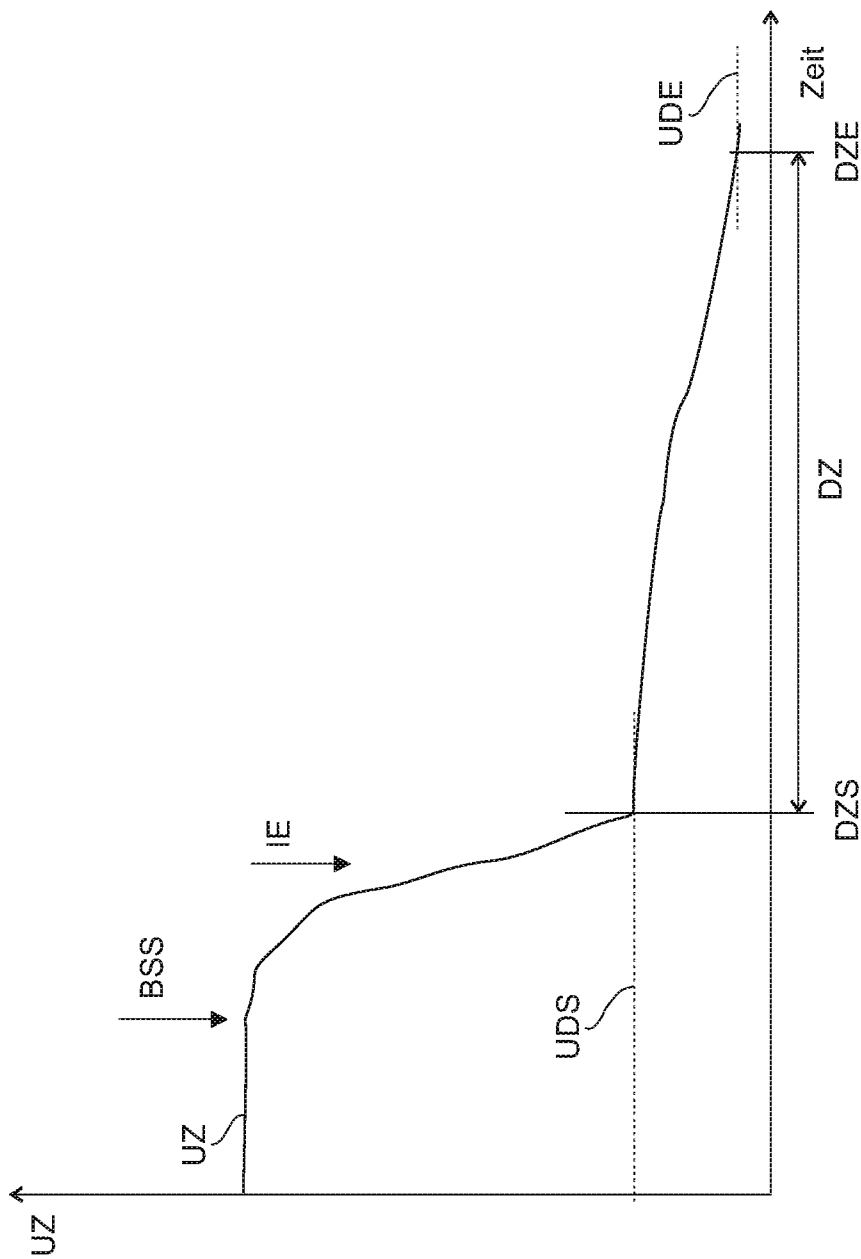


Fig. 3

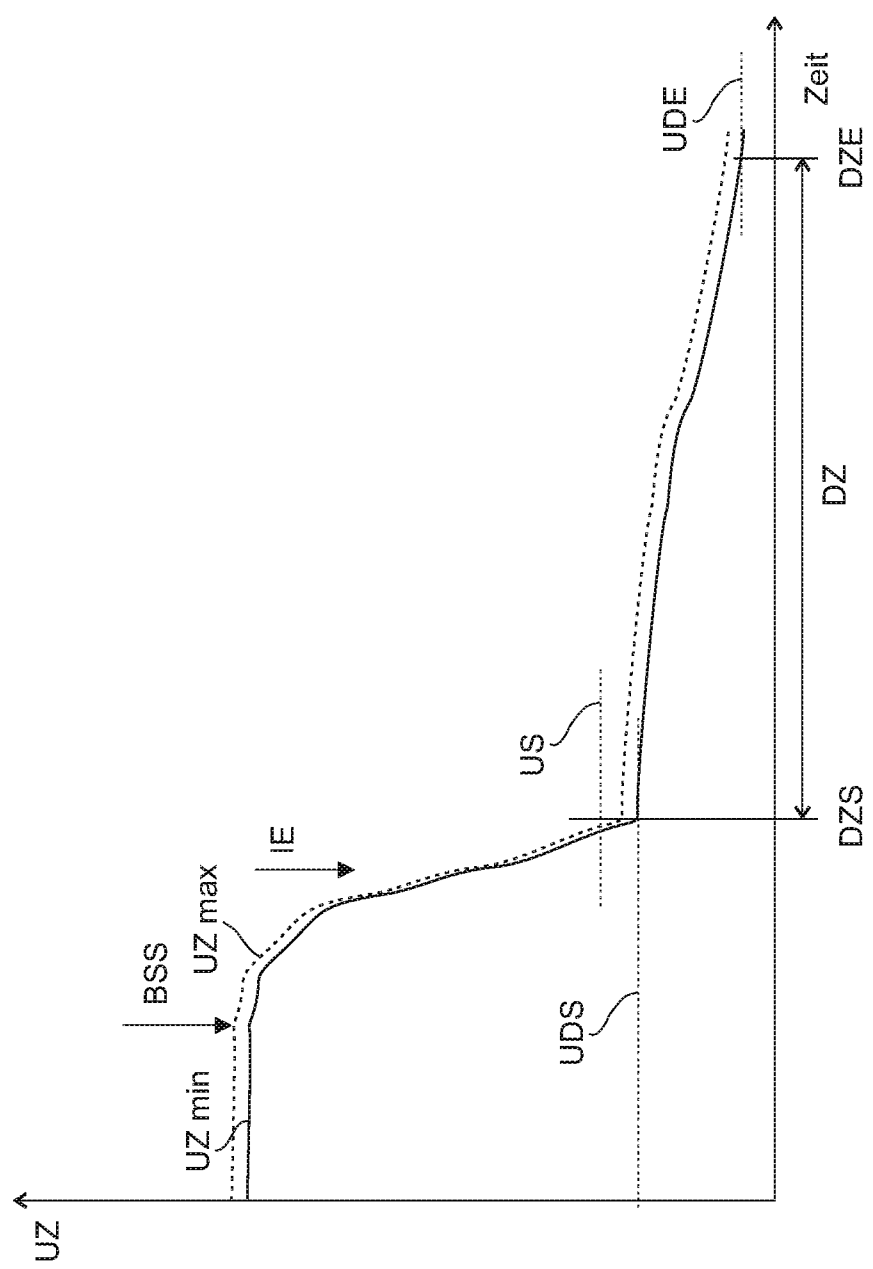


Fig. 4

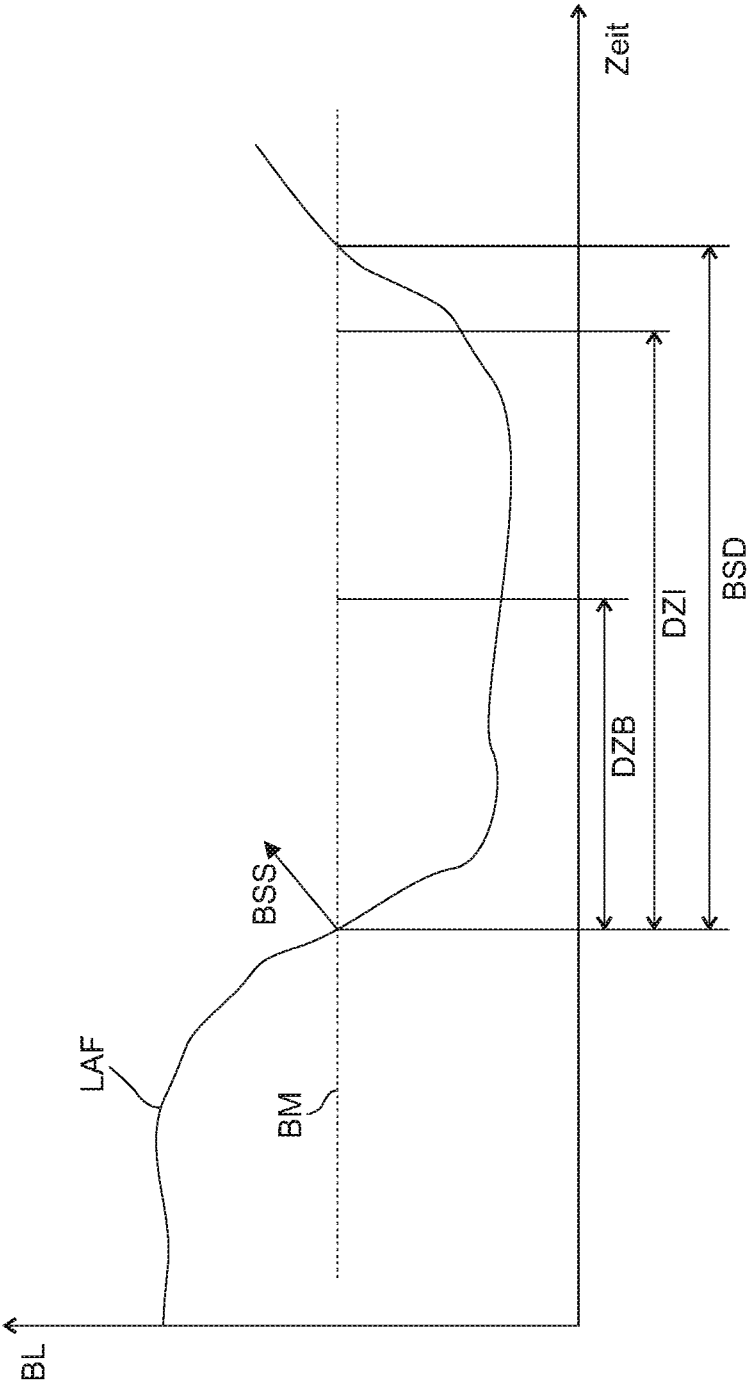


Fig. 5

Patentansprüche

1. Diagnoseverfahren für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - Empfangen eines Betriebsstopp-Signals (BSS) für einen Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems (100),
 - Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt (130) des Brennstoffzellenstapels (110),
 - Vorgabe eines Entladestroms (IE) zum Entladen des Brennstoffzellenstapels (110),
 - Überwachen einer Zellspannung (UZ) am Brennstoffzellenstapel (110),
 - Beenden der Vorgabe des Entladestroms (IE) bei Erreichen einer Diagnose-Startspannung (UDS) am Brennstoffzellenstapel (110),
 - Erfassen einer Diagnosezeitspanne (DZ) vom Diagnose-Startzeitpunkt (DZS) bei Erreichen der Diagnose-Startspannung (UDS) bis zum Diagnose-Endzeitpunkt (DZE) bei Erreichen einer Diagnose-Endspannung (UDE).
2. Diagnoseverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diagnose-Startspannung (UDS) unterhalb einer Schädigungsspannung (US) für den Brennstoffzellenstapel (110) liegt.
3. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zellspannung (UZ) für mehrere Brennstoffzellen und/oder für mehrere Brennstoffzellengruppen des Brennstoffzellenstapels (110) separat überwacht wird, wobei insbesondere die minimale Zellspannung (UZ min) aller überwachten Zellspannungen (UZ) für die Erfassung der Diagnosezeitspanne (DZ) und/oder die maximale Zellspannung (UZ max) für die Beendigung der Vorgabe verwendet wird.

4. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betriebsstopp-Signal (BSS) empfangen wird, wenn bei einem Vergleich einer erfassten Leistungsanforderung (LAF) mit einem Betriebs-Minimalwert (BM) für die Betriebsleistung (BL) des Brennstoffzellensystems (100), die erfasste Leistungsanforderung (LAF) unterhalb des Betriebs-Minimalwertes (BM) liegt.
5. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Prognose oder eine Simulation einer Betriebsstopp-Dauer (BSD) erfolgt, wobei die Schritte des Beendens der Vorgabe und des Erfassens der Diagnosezeitspanne (DZ) in wenigstens einem der folgenden Fälle blockiert werden:
 - Betriebsstopp-Dauer (BSD) ist kürzer als eine Beschädigt-Diagnosezeitspanne (DZB)
 - Betriebsstopp-Dauer (BSD) ist kürzer als eine Intakt-Diagnosezeitspanne (DZI)
6. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entladestrom (IE) in Abhängigkeit der Zellspannung (UZ) vorgegeben wird, insbesondere direkt proportional.
7. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entladestrom (IE) bis zum Erreichen der Diagnose-Startspannung (UDS) konstant oder im Wesentlichen konstant gehalten wird.
8. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Diagnosezeitspanne (DZ) der Entladestrom (IE) vollständig oder im Wesentlichen vollständig blockiert wird.
9. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erfasste Diagnosezeitspanne (DZ) geprüft wird auf ein Unterschreiten einer Beschädigt-Diagnosezeitspanne (DZB) und/oder auf ein Überschreiten einer Intakt-Diagnosezeitspanne (DZI).

10. Diagnoseverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der folgenden Parameter einstellbar ausgebildet ist:
- Diagnose-Startspannung (UDS)
 - Diagnose-Endspannung (UDE)
11. Diagnosevorrichtung (10) für eine Schädigungsdiagnose bei einem Betrieb eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), aufweisend ein Empfangsmodul (20) für ein Empfangen eines Betriebsstopp-Signals (BSS) für einen Stopp des Betriebs des Brennstoffzellensystems (100), ein Stoppmodul (30) für ein Stoppen der Gaszufuhr zum Kathodenabschnitt (130) des Brennstoffzellenstapels (110), ein Vorgabemodul (40) für eine Vorgabe eines Entladestroms (IE) zum Entladen des Brennstoffzellenstapels (110) und zum Beenden der Vorgabe des Entladestroms (IE) bei Erreichen einer Diagnose-Startspannung (UDS) am Brennstoffzellenstapel (110), ein Überwachungsmodul (50) für ein Überwachen der Zellspannung (UZ) am Brennstoffzellenstapel (100) und ein Erfassungsmodul (60) zum Erfassen einer Diagnosezeitspanne (DZ) vom Diagnose-Startzeitpunkt (DZS) bei Erreichen der Diagnose-Startspannung (UDS) bis zum Diagnose-Endzeitpunkt (DZE) bei Erreichen einer Diagnose-Endspannung (UDE), wobei das Empfangsmodul (20), das Stoppmodul (30), das Vorgabemodul (40), das Überwachungsmodul (50) und/oder das Erfassungsmodul (60) für eine Ausführung eines Diagnoseverfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet sein.
12. Brennstoffzellensystem (100) mit wenigstens einem Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) zum Zuführen von Anodenzuführgas und einen Anodenabführabschnitt (124) zum Abführen von Anodenabgas, der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) zum Zuführen von Kathodenzuführgas und einen Kathodenabführabschnitt (134) zum Abführen von Kathodenabgas, wobei weiter eine Diagnosevorrichtung (10) mit den Merkmalen des Anspruchs 11 zur Durchführung eines Diagnoseverfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 10 vorgesehen ist.