

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50755/2020  
(22) Anmeldetag: 08.09.2020  
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2022

(51) Int. Cl.: **H01M 8/0492** (2016.01)  
**H01M 8/04313** (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2016059203 A1  
DE 102017207157 A1  
WO 2020124116 A1

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

(72) Erfinder:  
Bruhn Tanner  
8010 Graz (AT)  
DEHNE Tomas Dipl.Ing. (FH)  
8302 Nestelbach (AT)

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

(54) **Verfahren zur Erkennung wenigstens einer Stresssituation einer Brennstoffzelle**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung wenigstens einer Stresssituation (SS) einer Brennstoffzelle (100), aufweisend die folgenden Schritte:

- Überwachen wenigstens eines Betriebsparameters (BP) der Brennstoffzelle (100),
- Vergleich des überwachten wenigstens einen Betriebsparameters (BP) mit Stressparametern (SP) einer Stressdatenbank (SD),
- Zuordnung der überwachten Betriebsparameter (BP) zu einer Stresssituation (SS) aus der Stressdatenbank (SD) auf Basis des Vergleichs,
- Ausgabe der zugeordneten Stresssituation (SS) mittels einem Ausgabemodul (50).

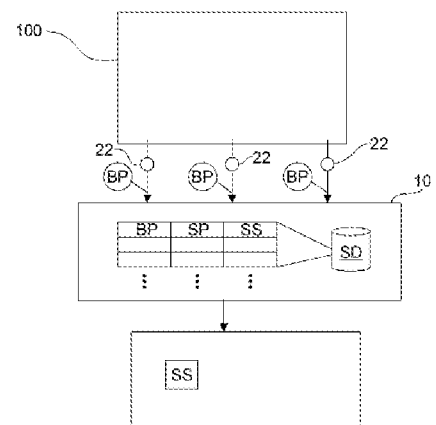


Fig. 1

## Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung wenigstens einer Stresssituation (SS) einer Brennstoffzelle (100), aufweisend die folgenden Schritte:

- Überwachen wenigstens eines Betriebsparameters (BP) der Brennstoffzelle (100),
- Vergleich des überwachten wenigstens einen Betriebsparameters (BP) mit Stressparametern (SP) einer Stressdatenbank (SD),
- Zuordnung der überwachten Betriebsparameter (BP) zu einer Stresssituation (SS) aus der Stressdatenbank (SD) auf Basis des Vergleichs,
- Ausgabe der zugeordneten Stresssituation (SS) mittels einem Ausgabemodul (50).

Fig. 1

## **Verfahren zur Erkennung wenigstens einer Stresssituation einer Brennstoffzelle**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung wenigstens einer Stresssituation einer Brennstoffzelle, eine Erkennungsvorrichtung für die Durchführung eines solchen Verfahrens sowie ein Computerprogrammprodukt für die Durchführung eines solchen Verfahrens.

Es ist bekannt, dass Brennstoffzellen in unterschiedlichen Betriebssituationen betrieben werden. Neben einem möglichst stationären Betrieb sind Anfahrphasen, Abschaltphasen oder Phasen mit geringer oder keiner Lastsituation sowie Phasen mit dynamischen Lastwechseln zu nennen. Je nach aktueller Betriebsphase stellen die entsprechenden Betriebsparameter unterschiedliche Belastungssituationen für die Brennstoffzelle dar. Bei bekannten Auslegungsmöglichkeiten werden die Brennstoffzellen in den unterschiedlichen Betriebssituationen auf Prüfständen betrieben. Der Betrieb auf dem Prüfstand erlaubt es, die Dauerbelastung einer Brennstoffzelle experimentell zu bestimmen und anschließend die einzelnen Komponenten der Brennstoffzelle entsprechend der erkannten Belastung auszulegen sowie die Regelungskonzepte für den späteren Nutzungsbetrieb der Brennstoffzelle zu entwickeln. Dabei kann es sich um Komponenten der einzelnen Brennstoffzelle, beispielsweise deren Membran oder deren Katalysator, handeln und/oder um Komponenten eines Brennstoffzellensystems, beispielsweise dessen Kompressor oder dessen Befeuchtungseinheit.

Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass zwar eine Überwachung der Betriebsparameter einer Brennstoffzelle auf dem Prüfstand stattfindet, jedoch keinerlei zusätzliche Intelligenz hinsichtlich möglicher Beschädigungen der Brennstoffzelle überwacht werden kann. Vielmehr werden Brennstoffzellen beim Betrieb auf Prüfständen zumindest teilweise beschädigt, um eine Information über diese Beschädigung zu erhalten und im späteren Betrieb der Brennstoffzelle am Nutzungsort solche Beschädigungen zu erkennen und zu vermeiden oder hinauszuzögern. Der damit einhergehende experimentelle Aufwand ist sehr hoch.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden

Erfindung, in möglichst einfacher Weise eine Schadenssituation einer Brennstoffzelle zu überwachen, um Beschädigungen zu reduzieren und/oder zu vermeiden.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Erkennungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 und ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 15. 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 Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Erkennungsvorrichtung sowie dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Erfindungsgemäß dient ein Verfahren dazu, eine Stresssituation einer Brennstoffzelle zu erkennen. Ein solches Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Überwachen wenigstens eines Betriebsparameters der Brennstoffzelle,
- Vergleich des überwachten wenigstens einen Betriebsparameters mit Stressparametern einer Stressdatenbank,
- Zuordnung der überwachten Betriebsparameter zu einer Stresssituation aus der Stressdatenbank auf Basis des Vergleichs,
- Ausgabe der zugeordneten Stresssituation mittels einem Ausgabemodul.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren basiert auf der bekannten Überwachung von Betriebsparametern einer Brennstoffzelle. Solche Betriebsparameter können zum Beispiel elektrische Betriebsparameter, wie der Stromfluss oder die entsprechende Betriebsspannung der Brennstoffzelle oder einzelner Brennstoffzellenmodule sein. Jedoch sind auch weitere Betriebsparameter, zum Beispiel Durchflussmengen der einzelnen Betriebsgase und/oder deren Gaszusammensetzungen, Temperaturen, Drücke oder Ähnliches als Betriebsparameter erfassbar. Grundsätzlich sind Betriebsparameter im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere direkt und/oder indirekt an der Brennstoffzelle und/oder dem Brennstoffzellensystem messbare Größen.

Wird ein erfindungsgemäßes Verfahren vorzugsweise auf einem Prüfstand für eine Brennstoffzelle eingesetzt, wird insbesondere eine möglichst große Anzahl von Betriebsparametern erfasst, um ein möglichst umfassendes Bild über die Betriebssituation und die entsprechende Stresssituation in der Brennstoffzelle zu erhalten. Dabei kann auf in dem Brennstoffzellensystem vorhandene Sensoren für die Erfassung von Betriebsparametern zurückgegriffen werden. Jedoch ist es auch möglich, dass zusätzliche Sensoren als Teil einer Erkennungsvorrichtung vorgesehen sind, um ein breiteres Abbild mit einer größeren Anzahl an Betriebsparametern dem erfindungsgemäßen Verfahren zugrunde zu legen.

Während bei den bekannten Lösungen die erfassten Betriebsparameter in manueller Weise überwacht wurden, um anschließend an den Testlauf durch manuelle Analyse des Brennstoffzellensystems Rückschlüsse auf mögliche Beschädigungen der Brennstoffzelle beim Betrieb auf dem Prüfstand zu erhalten, basiert ein erfindungsgemäßes Verfahren auf der weiteren Verarbeitung dieser überwachten Betriebsparameter während des Testlaufs, also während dem Betrieb auf dem Prüfstand. Die überwachten Betriebsparameter werden nun in Beziehung gesetzt mit Stressparametern einer Stressdatenbank. Mit anderen Worten greift ein erfindungsgemäßes Verfahren auf eine Stressdatenbank zu, in welcher Korrelationen hinterlegt sind zwischen Betriebssituationen und Stresssituationen.

Beispielsweise ist das Erreichen einer Leerlaufspannung als Ergebnis einer zu geringen Lastsituation (Idle-Mode) eine belastende Situation für eine Brennstoffzelle. Eine solche geringe Lastsituation kann auf Basis elektrischer Betriebsparameter, hier zum Beispiel der Leerlaufspannung, erkannt werden. Für die Erkennung dieser jeweiligen Belastungssituation werden die Betriebsparameter, hier der entsprechende niedrige elektrische Lastzustand, mit einem Stressparameter, hier einem entsprechenden Grenzwert für die elektrischen Betriebsparameter, verglichen. Überschreitet also bei diesem Beispiel der überwachte elektrische Betriebsparameter den Grenzwert des korrelierenden elektrischen Stressparameters, so wird durch das erfindungsgemäße Verfahren dieser Betriebssituation aus der Stressdatenbank eine zugehörige Stresssituation zugeordnet. Unter einem Stressparameter ist im Sinne der vorliegenden Erfindung grundsätzlich ein Grenzwert für einen damit korrelierenden Betriebsparameter zu verstehen. Wird beispielsweise eine elektrische Spannung als Betriebsparameter erfasst, so kann der jeweils erfasste Spannungswert mit dem Grenzwert in Form des Stressparameters verglichen werden. Somit ist eine Bewertung des erfass-

ten Betriebsparameters in Relation zu dem Stressparameter möglich. Ein Überschreiten des Grenzwertes kann dann die Zuordnung der Stresssituation auslösen, während bei einem Einhalten des Grenzwertes die Zuordnung der Stresssituation unterbleibt. Somit wird es möglich Stresssituation automatisch auf Basis von gemessenen Betriebsparametern zu erkennen und auszugeben.

Eine Stresssituation ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich jede Form von mechanischer, elektrischer, physikalischer, chemischer und/oder anderweitiger Belastung, welche oberhalb der normalen Belastung im normalen Regelbetrieb der Brennstoffzelle liegt. Beispielsweise kann eine Stresssituation eine physikalische Belastung der Membran in einer Brennstoffzelle sein. Liegt zum Beispiel ein Druckunterschied zwischen den beiden Seiten der Membran vor, so führt dieser Druckunterschied zu einer Verformung der Membran und damit zu einer physikalischen Stresssituation. Für den Fall, dass eine Stresssituation über eine gewisse Zeit beibehalten wird, können reversible und/oder irreversible Schäden der jeweils betroffenen Komponente folgen. Diese möglichen Schäden werden später noch mit Bezug auf die Schadensart und mit Bezug auf die Stresszeitspanne näher erläutert.

Dabei ist in der Stressdatenbank im Sinne der vorliegenden Erfindung vorzugsweise eine Vielzahl unterschiedlicher Stresssituationen hinterlegt. Das bedeutet, dass in der Stressdatenbank, beispielsweise in tabellarischer Form, für wenigstens eine Stresssituation zumindest ein Stressparameter gespeichert ist, welcher die Grenze zwischen normalem Betrieb und Stressbetrieb für diese spezifische Stresssituation darstellt. Somit geht durch den erfindungsgemäßen Vergleich des erfassten Betriebsparameters mit dem zumindest einen Stressparameter in der Stressdatenbank hervor, ob die jeweilige Stresssituation vorliegt oder nicht. Dabei kann es sich um eindimensionale aber auch um mehrdimensionale und/oder komplexe Zusammenhänge handeln. Betriebsparameter und/oder Stressparameter können dabei in der Stressdatenbank auch mehrfach an unterschiedlichen Stellen für unterschiedliche Stresssituationen gespeichert sein. Die Stresssituationen können sich auch auf einzelne Bestandteile der Brennstoffzelle beziehen. Beispielsweise können einzelne Stresssituationen eine übermäßige Belastung der Membran in der Brennstoffzelle darstellen. Eine übermäßige Belastung der Membran kann zum Beispiel zu einer mechanischen Beschädigung der Membran, einem Ausdünnen oder einer Rissbildung in der Membran führen. Solche Stresssituationen können nun über die

Überwachung der Betriebsparameter und den Vergleich mit den Stressparametern erkannt und zugeordnet werden.

Eine weitere Möglichkeit einer Stresssituation ist beispielsweise die chemische und/oder physikalische Belastung von in der Brennstoffzelle angeordneten Katalysatormaterialien. So kann beispielsweise bei entsprechenden Betriebsparametern eine chemische Veränderung des Katalysators stattfinden, welche entweder reversibel oder irreversibel ist. Somit kann anhand der Betriebsparameter mit dem Vergleich mit Stressparametern eine Stresssituation zugeordnet werden, welche einer chemischen Veränderungssituation des Katalysators entspricht.

Auf Basis der voranstehenden Erläuterung wird ersichtlich, dass unabhängig von den tatsächlich erfassten Betriebsparametern eine Vielzahl unterschiedlichster und auch voneinander unabhängiger Stresssituationen erkennbar wird. Darüber hinaus ist es jedoch zusätzlich möglich, wie dies später noch erläutert wird, dass auch eine Korrelation einzelner Stresssituationen untereinander, also Querbeziehungen zwischen Stresssituationen, Stressparametern und/oder Betriebsparametern, berücksichtigt wird. Beispielsweise ist es möglich, dass auf Basis eines Betriebsparameters und einem zugehörigen Stressparameter unterschiedliche Stresssituationen erkennbar sind. Sinkt beispielsweise die Betriebsspannung einer einzelnen Brennstoffzelle unter einen Mindestwert ab, so kann dies zum Vergleich mit zwei oder mehr entsprechenden Grenzwerten eines Stressparameters führen und damit auch zwei oder mehr Stresssituationen erkennbar werden lassen. Hier wird nochmals gut sichtbar, dass der erfindungsgemäße Kerngedanke insbesondere darin liegt, eine Korrelation zwischen einer Überwachung von Betriebsparametern und deren negativer Auswirkung auf die Brennstoffzelle zu erkennen und dem Benutzer des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verfügung zu stellen.

Im Ergebnis wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren die zugeordnete Stresssituation ausgegeben. Im Gegensatz zu bekannten Lösungen ist es nun nicht mehr notwendig, dass eine Brennstoffzelle zerstört oder willentlich beschädigt wird, wenn sie auf dem Prüfstand betrieben wird. Vielmehr reicht es aus, dass während des Betriebs auf dem Prüfstand durch die Zuordnung zu Stresssituationen diese auf Basis der erfassten Betriebsparameter erkennbar werden und dem Bedienpersonalprüfstand ausgegeben werden.

Neben der Verwendung am Prüfstand ist noch darauf hinzuweisen, dass selbstverständlich ein erfindungsgemäßes Verfahren auch im aktiven Regelbetrieb der Brennstoffzelle eingesetzt werden kann, um eine Kontrolle, insbesondere in Form eines Steuerns oder eines Regelns der Brennstoffzelle zu verbessern. Ein großer Vorteil ist jedoch insbesondere dann erzielbar, wenn auf Basis der erfindungsgemäßen Verfahrensschritte an einem Prüfstand entsprechende Kontrollmechanismen für die Brennstoffzellen erarbeitet und für den Regelbetrieb implementiert werden.

Ebenfalls ist noch darauf hinzuweisen, dass ein erfindungsgemäßes Verfahren grundsätzlich für jede Form von Brennstoffzellen geeignet ist. Insbesondere sind Brennstoffzellensysteme in SOFC-Bauform oder in PEM-Bauform für den Einsatz eines erfindungsgemäßen Verfahrens möglich.

Es bringt Vorteile mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die zugeordnete Stresssituation zusammen mit dem Vergleichsergebnis des Betriebsparameters und des Stressparameters mittels dem Ausgabemodul ausgegeben wird. Grundsätzlich reicht es aus, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren im Ergebnis eine Information über eine Stresssituation, also beispielsweise ein aktuell aktives Beschädigungsszenario, enthalten ist. Für eine weitergehende Auswertung sind jedoch zusätzliche Informationen für das Bedienpersonal sehr sinnvoll. So ist beispielsweise die Korrelation zwischen dem aktuell gemessenen Betriebsparameter und dem entsprechenden Stressparameter in Form des auf diese Weise zur Verfügung gestellten Grenzwertes hilfreich. Somit kann nicht nur qualitativ das Vorhandensein einer definierten und zugewiesenen Stresssituation erkannt werden, sondern auch manuell oder automatisch eine quantitative Bewertung dieser Stresssituation erfolgen. So ist es beispielsweise bei einer solchen Ausführungsform erkennbar, ob ein Betriebsparameter den Grenzwert in Form des Stressparameters nur um eine sehr geringe Differenz überschreitet oder aber der entsprechende Grenzwert weit überschritten worden ist. Üblicherweise hängt bei vielen Stresssituationen der Grad der Überschreitung des Grenzwertes mit dem Grad der Beschädigungswirkung in einer solchen Einsatzsituation zusammen. Dies erlaubt es also nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ beim Betrieb einer Brennstoffzelle auf einem Prüfstand die entsprechenden Kontrollzusammenhänge mit den entsprechenden Stresssituationen noch besser und klarer zu erkennen. Dies wird insbesondere kombiniert mit einer Dauer der Grenzüberschreitung in Form einer Stresszeitspanne verwendet, wie dies später noch erläutert wird.

Vorteile bringt es ebenfalls mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur zugeordneten Stresssituation zumindest eine Kontrollempfehlung mittels dem Ausgabemodul ausgegeben wird, um die Stresssituation zu beseitigen und/oder zu reduzieren. Auch hier kann die Kontrollempfehlung wieder sowohl qualitativ als auch quantitativ ausgestaltet sein. Die Kontrollempfehlung greift dabei ebenfalls auf die Stressdatenbank zu und zwar insbesondere unter Ausnutzung der bereits angesprochenen Querkorrelationen zwischen unterschiedlichen Stresssituationen. Allgemein ist unter einer Kontrollempfehlung im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Vorschlag für einen Regeleingriff zu verstehen, um einen oder mehrere Betriebsparameter wieder in einen zulässigen Grenzbereich zu bringen. Im einfachsten Fall wird zum Beispiel beim Unterschreiten eines Grenzwertes eines elektrischen Stressparameters die Kontrollempfehlung ausgegeben, den entsprechenden elektrischen Betriebsparameter soweit zu erhöhen, dass der Grenzwert des Stressparameters wieder überschritten wird. Dies erlaubt es in qualitativer Weise, die auf diese Weise erkannte und zugewiesene Stresssituation durch den veränderten Betrieb der Brennstoffzelle wieder aufzulösen. Werden zusätzlich noch Querkorrelationen berücksichtigt, können jedoch auch in indirekter Weise an anderer Stelle, beispielsweise durch die Veränderung von physikalischen Betriebsparametern der Brennstoffzelle, Einflüsse in Form von Kontrolleingriffen erzeugt werden, welche eine ähnliche oder sogar eine bessere Auswirkung auf die Reduktion oder Beseitigung der Stresssituation haben. Neben dem aktiven Regeleingriff durch eine solche Kontrollempfehlung wird hier nicht nur der schädigende Zusammenhang zwischen der Betriebssituation und der Stresssituation erkennbar, sondern das Betriebspersonal an dem Prüfstand erhält darüber hinaus eine Hilfe, auf welche Weise diese Stresssituation in Zukunft vermieden oder beim Eintritt die Auswirkung der Stresssituation beseitigt oder reduziert werden kann. Dies erlaubt es, das Wissen über die Funktionsweise der Brennstoffzelle in Korrelation mit möglichen Stresssituationen zu vergrößern und auf diese Weise die Auslegung der einzelnen Komponenten der Brennstoffzelle zu verbessern sowie ein optimiertes Kontrollsystem für den Regelbetrieb der Brennstoffzelle zu entwickeln.

Weiter zu erwähnen ist die Unabhängigkeit eines erfindungsgemäßen Verfahrens von der tatsächlichen Bauweise der Brennstoffzelle. So sind die Schädigungsmechanismen und damit die Korrelation zwischen Betriebsparametern, Stressparametern und Stressdatenbank vorzugsweise universell für unterschiedlichste Bauformen der Brennstoffzellen einsetzbar. Dies erlaubt es, ein erfindungsgemäßes Verfahren ohne Adaption oder nur mit geringen Anpassungen einzelner Werte, auf unterschied-

lichste Bauformen einer Brennstoffzelle anzuwenden. Dieser Ansatz wird insbesondere dadurch ermöglicht, dass neben physikalisch-modellbasierten Stressparametern auch Verhaltensmodelle sowie Sensitivitätsmodelle der Brennstoffzelle empirisch ermittelt und in der Stressdatenbank hinterlegt sind. Ein entsprechend mit einem erfindungsgemäßen Verfahren ausgestatteter Prüfstand kann also flexibel und universell für unterschiedliche Varianten unterschiedlicher Brennstoffzellen eingesetzt werden und bringt auf diese Weise die erfindungsgemäßen Vorteile für eine Vielzahl unterschiedlicher Prüfsituationen und unterschiedlicher Prüflinge mit sich.

Vorteile bringt es ebenfalls mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren mit der zugeordneten Stresssituation mittels dem Ausgabemodul eine Schadensart ausgegeben wird. Allgemein ist unter Schadensart die Art der Schädigung zu verstehen, zu welcher der Betrieb in einer Stresssituation führt. Dabei kann es sich um eine reversible und/oder um eine irreversible Schädigung handeln. Ist beispielsweise die Stresssituation mit einer Membranbelastung der Brennstoffzelle korreliert, so kann als Schadensart beispielsweise das Risiko der Delamination der Membran ausgegeben werden. Eine andere Schadensart bei einer erhöhten Belastung der Membran der Brennstoffzelle ist beispielsweise das Ausdünnen beziehungsweise das Entstehen von Rissen oder Durchbrüchen an der Membran. Somit kann der Stresssituation nicht nur die jeweilige unter Belastung stehende Baukomponente zugeordnet werden, sondern darüber hinaus auch die möglicherweise vorhandene Schadensart beziehungsweise die Schadensart, welche beim weiteren Betrieb in der vorliegenden Stresssituation mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten wird. Auch dies erlaubt es, eine noch größere Erkennungstiefe für das Bedienpersonal am Prüfstand zur Verfügung zu stellen. Somit sind insbesondere auch qualitative Risikobewertungen möglich, welche es dem Bedienpersonal erlauben, unterschiedliche Stresssituationen hinsichtlich der korrelierten Schadensart und dem damit einhergehenden Belastungsrisiko der Brennstoffzelle zu bewerten. Eine solche Schadensart kann auch als Fingerprint der Stresssituation bezeichnet werden. Eine solche Schadensart ist insbesondere eine messbare und/oder nachweisbare Schadensart und kann neben der bereits erläuterten Delamination des Katalysators oder dessen Ausdünnen auch in strukturellen Veränderungen in physikalischer und/oder chemischer Weise des Katalysators vorliegen. Auch wäre eine mögliche Schadensart die Erzeugung unerwünschter Gase in der Brennstoffzelle, die unerwünschte Erzeugung von Flüssigkeiten oder die Freigabe von unerwünschten Metallionen.

Vorteile bringt es ebenfalls mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren eine Stresszeitspanne, insbesondere mittels dem Überwachungsmodul, erfasst wird, in welcher sich die Brennstoffzelle in wenigstens einer Stresssituation befindet. Eine Stresszeitspanne im Sinne der vorliegenden Erfindung stellt dabei eine messbare Zeitspanne dar über welche die Brennstoffzelle in einer Stresssituation betrieben wird. Die Stresszeitspanne beginnt demnach beim Verlassen des zulässigen Grenzbereichs durch Überschreiten des jeweiligen Stressparameters als Grenzwert und endet, sobald der zugehörige Betriebsparameter wieder in den zulässigen Grenzbereich gelangt. Die Stresszeitspanne kann sich somit auch aus mehreren Einzel-Stresszeitspannen zusammensetzen. Eine solche Stresszeitspanne ist dabei vorzugsweise spezifisch für eine Stresssituation, insbesondere spezifisch für eine bestimmte Schadensart. Verschiedene Stresszeitspannen können damit für unterschiedliche Schadensarten aufgenommen werden. Dies erlaubt es, sicherzustellen, dass über die Stresszeitspanne der Verschleißzeitraum der jeweils belastenden Komponente der Brennstoffzelle erfassbar wird. Hinsichtlich des mehrfach genannten Beispiels einer Ausdünnung der Membran führt also eine Betriebsituation in der Stresssituation Membranschädigung dazu, dass während dieser Betriebsweise in der Stresssituation eine erhöhte Belastung der Membran zu deren Ausdünnen führt. Je nach Startdicke der Membran kann diese Betriebsweise also unterschiedlich lang durchgeführt werden, bis die Membran so dünn geworden ist, dass sie reißt oder Löcher bekommt. Wird nun in quantitativer Weise eine Stresszeitspanne überwacht, so kann die quantitative Aussage getroffen werden, wie lange es dauert, bis in der entsprechenden Stresssituation die zugehörige Schadensart eintreten würde. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn eine Hochrechnung für den Regelbetrieb gewünscht ist und dementsprechend eine Information benötigt wird, wie die zugehörige Dicke der Membran für den Regelbetrieb der Brennstoffzelle und die übliche Gesamtbetriebsdauer auszulegen ist. Somit werden auch in quantitativer Weise zusätzliche Informationen erzielt, welche bei der Auslegung der Komponenten der Brennstoffzelle und/oder bei der Auslegung entsprechender Kontrollalgorithmen große Vorteile mit sich bringen.

Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der Vergleich des Betriebsparameters, insbesondere in einem Vergleichsmodul, mit den Stressparametern quantitativ erfolgt. Neben einem grundsätzlichen Überschreiten oder Unterschreiten eines Grenzwertes als Stressparameter führt dies dazu, dass in quantitativer Weise die Auswirkung der Abweichung eine entsprechende Bestim-

mung der quantitativen Schädigungssituation erlaubt. Insbesondere ist dieser quantitative Vergleich korreliert mit der Stresszeitspanne im voranstehenden Absatz. Dies erlaubt es, einen Schädigungsgrad zu bestimmen, welcher in quantitativer Weise sowohl die Zeitspanne der Stresssituation als auch die Schädigungsquantität der Stresssituation berücksichtigt. Ein Vergleich mit einer maximalen Belastungsgrenze, insbesondere einer nicht regenerativen maximalen Belastungsgrenze, erlaubt es, die irreversible Schädigung der Brennstoffzelle aus einer solchen Stresssituation zu erkennen und entsprechend zu dokumentieren, zu reduzieren oder sogar zu vermeiden.

Vorteilhaft ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bei der Zuordnung zu einer Stresssituation, insbesondere in einem Zuordnungsmodul, wenigstens eine Querverbeeinflussung zu einem weiteren Stressparameter und/oder einer weiteren Stresssituation berücksichtigt wird. Eine solche Querverbeeinflussung kann auch als Querkorrelation zwischen Stresssituationen verstanden werden. Beispielsweise kann eine chemische Belastung des Katalysators zusätzlich auch eine chemische Belastung der Membran darstellen. Eine solche doppelte Belastung führt dazu, dass entsprechend aus einem Betriebsparameter, beispielsweise einem chemischen Konzentrationswert einer Gaskomponente, eine Korrelation zu zwei oder mehr Stresssituationen mit entsprechenden Schadensarten folgt. Weiter ist es möglich, dass diese Querverbeeinflussung zueinander verstärkend eine Stresssituation der Brennstoffzelle erhöht. Jedoch ist es auch möglich, durch die Kombination der genannten Korrelationen in der gemeinsamen Stressdatenbank ausgleichend wirkende Stressmechanismen zu erkennen. So ist es beispielsweise denkbar, dass eine Schädigungssituation für eine Stresssituation eine Ausgleichswirkung auf eine andere Stresssituation zur Verfügung stellt. Solche hochkomplexen Zusammenhänge, basierend auf unterschiedlichsten Betriebssituationen der Brennstoffzelle, werden erst durch den Einsatz eines erfindungsgemäßen Verfahrens erkennbar, da sie durch die Ausgabe der zugehörigen Stresssituation diese Korrelation für das Betriebspersonal des Prüfstandes zur Verfügung stellen. Es ergibt sich also ein komplettes Bild der aktuellen Lage der Stresssituation der Brennstoffzelle im Vergleich zu Einzelbetrachtungen gemäß bekannter manueller Verfahren.

Vorteile bringt dies darüber hinaus mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Schritte des Vergleichs und/oder der Zuordnung frei von einer Verwendung eines neuronalen Netzwerkes sind. Insbesondere sind sie frei von der Verwen-

dung von künstlicher Intelligenz, sondern basieren auf algorithmischen, insbesondere physikalischen und chemischen, Zusammenhängen. Sie werden ausgebildet durch die Erfahrung von Konstrukteuren von Brennstoffzellen und entsprechend dieser Erfahrungswerte als Korrelationen in Form der Stressparameter in der Stressdatenbank gespeichert. Das vorhandene Wissen über diese Zusammenhänge ist also in den Schritten des Vergleichs und der Zuordnung frei von einer Verwendung neuronaler Netzwerke hinterlegt. Jedoch ist es möglich, dass für die Erstellung der Stressdatenbank neuronale Netze beispielsweise als Informationsquellen und/oder als Trainingsdaten eingesetzt werden.

Ebenfalls kann es Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Verfahrensschritte regelmäßig, insbesondere kontinuierlich, wiederholt werden. Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient vorzugsweise einer fortlaufenden Überwachung einer Brennstoffzelle, insbesondere auf einem Prüfstand. Dies erlaubt es, die Brennstoffzellen in unterschiedlichste Betriebssituationen zu bringen und auf dem Prüfstand entsprechend ein Abbild einer zukünftigen Regelbetriebsweise zu generieren. Dies wiederum erlaubt es, die Informationen aus dem Betrieb auf dem Prüfstand zu verwenden, um die einzelnen Komponenten der Brennstoffzelle und aus regelungstechnischer Sicht die Kontrollmechanismen für den Regelbetrieb der Brennstoffzelle in verbesserter Weise auszulegen.

Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren beim Vergleich und/oder bei der Zuordnung der wenigstens eine Betriebsparameter und/oder der Stressparameter mit einem oder mehreren Gewichtungsfaktoren angepasst werden. Dies erlaubt es, das Ergebnis eines erfindungsgemäßen Verfahrens an unterschiedliche Einsatzsituationen anzupassen. Diese Anpassung mithilfe von Gewichtungsfaktoren kann automatisch durch das Verfahren, beispielsweise auf Basis einzelner Betriebsparameter, erfolgen. Auch ist eine manuelle Anpassung durch das Bedienpersonal möglich. Die Auswirkung ist dabei in gleicher Weise anpassbar wie bei dem bereits beschriebenen Basisalgorithmus. Mit anderen Worten können auf diese Weise unterschiedliche Belastungssituationen nicht nur real am Prüfstand durch die entsprechende Anpassung des Betriebes, sondern auch auf Seite der Auswertung durch ein erfindungsgemäßes Verfahren durch entsprechend angepasste Gewichtungsfaktoren, zur Verfügung gestellt werden.

Weiter von Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren eine Bestimmung wenigstens eines Schadens an der Brennstoffzelle erfolgt, wobei ein Vergleich des bestimmten Schadens mit der ausgegebenen Stresssituation und eine Anpassung der Stressdatenbank erfolgt. Grundsätzlich basiert ein erfindungsgemäßes Verfahren auf dem bereits bestehenden Wissen über die Zusammenhänge zwischen Stresssituationen, Stressparametern und Betriebsparametern. Am Ende eines Prüflaufs am Prüfstand kann jedoch eine manuelle Überprüfung der Brennstoffzelle auf die real eingetretene Schädigungssituation, welche durch die tatsächliche Betriebsweise am Prüfstand eingetreten ist, erfolgen. Diese eingetretene Schädigungssituation wird nun verglichen mit der bestimmten erwarteten Schädigungssituation auf Basis der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Sowohl Abweichungen als auch die Bestätigung der bestimmten Schadenssituation kann zur Anpassung der Stressdatenbank führen, sodass die Stressdatenbank und die darin enthaltenen Korrelationen über die Nutzungsdauer eines erfindungsgemäßen Verfahrens immer weiter verbessert werden. Es wird also ein Feedback an die Stressdatenbank gegeben, welche ein vorzugsweise kontinuierliches Lernen für ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Verfügung stellt.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Erkennungsvorrichtung für eine Erkennung wenigstens einer Stresssituation einer Brennstoffzelle. Eine solche Erkennungsvorrichtung weist ein Überwachungsmodul für ein Überwachen wenigstens eines Betriebsparameters der Brennstoffzelle auf. Weiter ist ein Vergleichsmodul für einen Vergleich des überwachten wenigstens einen Betriebsparameter mit Stressparametern einer Stressdatenbank vorgesehen. Die Erkennungsvorrichtung weist darüber hinaus ein Zuordnungsmodul auf für eine Zuordnung der überwachten Betriebsparameter zu einer Stresssituation aus der Stressdatenbank auf Basis des Vergleichs. Abschließend weist die Erkennungsvorrichtung noch ein Ausgabemodul für eine Ausgabe der zugeordneten Stresssituation auf. Das erfindungsgemäße Überwachungsmodul, das erfindungsgemäße Vergleichsmodul, das erfindungsgemäße Zuordnungsmodul und/oder das erfindungsgemäße Ausgabemodul sind dabei vorzugsweise für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ausgestaltet. Die einzelnen Module können Teil einer separaten Prüfvorrichtung, beispielsweise unabhängig von der Brennstoffzelle oder eines Steuergerätes der Brennstoffzelle, sein oder aber auch in eine Brennstoffzelle in Form eines einzelnen Stacks oder eines ganzen Brennstoffzellensystem integriert sein, beispielsweise in Form einer Integration eines Steuergerätes einer Brennstoffzelle.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einer erfindungsgemäßen Erkennungs-  
vorrichtung das Überwachungsmodul eigene Sensorelemente separat von der  
Brennstoffzelle aufweist. Das Überwachungsmodul ist also in der Lage, eigene Be-  
triebsparameter aufzunehmen, welche von der Brennstoffzelle selbst noch nicht er-  
fassbar sind. Eine solche Erkennungsvorrichtung wird insbesondere an einem Prüf-  
stand für die Brennstoffzelle eingesetzt.

Ebenfalls vorteilhaft kann es sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Erkennungs-  
vorrichtung das Überwachungsmodul wenigstens ein Sensorelement als Teil der  
Brennstoffzelle aufweist. Dies erlaubt es, auf Sensoren der Brennstoffzelle zurückzu-  
greifen, sodass die Erkennungsvorrichtung kostengünstiger und einfacher ausgestal-  
tet werden kann. Insbesondere bei der Erfassung von Betriebsparametern in schwer  
zugänglichen Abschnitten der Brennstoffzelle wird es auf diese Weise möglich, auch  
solche Betriebsparameter bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zu berücksichti-  
gen.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammpro-  
dukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Com-  
puter, diesen veranlassen die Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens durch-  
zuführen. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die glei-  
chen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Ver-  
fahren erläutert worden sind.

Die Erkennungsvorrichtung kann mit Vorteil in einem Seriensteuergerät, beispiele-  
weise eines Fahrzeuges, integriert sein.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der  
nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Aus-  
führungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Fig. 1 eine  
Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfah-  
rens,

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfah-  
rens,

- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 5 eine Darstellung eines Verlaufs einer Stresssituation,
- Fig. 6 die Kombination von unterschiedlichen Betriebsparametern und
- Fig. 7 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Erkennungsvorrichtung.

In Figur 1 ist schematisch der Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Hier ist in schematischer Weise eine Brennstoffzelle 100 vorgesehen. Dabei kann es sich um eine einzelne Brennstoffzelle, einen Brennstoffzellenstack oder ein ganzes Brennstoffzellensystem handeln. Mithilfe von einzelnen Sensorelementen 22 ist es möglich, Betriebsparameter BP für die aktuelle Betriebsituation der Brennstoffzelle 100 zu erfassen. Solche Betriebsparameter BP können insbesondere elektrische Betriebsparameter BP, chemische Betriebsparameter BP und/oder physikalische Betriebsparameter BP sein. Die Sensorelemente 22 können dabei Teil der Brennstoffzelle 100 oder aber Teil einer separaten Erkennungsvorrichtung 10 sein.

Die überwachten und erfassten Betriebsparameter BP werden nun der Erkennungsvorrichtung 10 zugeführt. Insbesondere in tabellarischer Weise oder in Form von Modellen oder neuronaler Netze ist eine Stressdatenbank SD vorhanden, in welcher Korrelationen zwischen Betriebsparametern BP, Stressparametern SP und Stresssituationen SS erkannt werden können. Die erfassten Betriebsparameter BP werden nun mit den Stressparametern SP in Korrelation gebracht. Die Stressparameter SP stellen dabei vorzugsweise Grenzwerte dar, bei deren Unterschreiten oder Überschreiten eine Stresssituation SS als vorhanden korreliert wird. Somit wird vorzugsweise für jeden Betriebsparameter BP zumindest ein Vergleich mit zumindest einem Stressparameter SP durchgeführt. Jedoch kann es auch Vorteile mit sich bringen, wenn zwei oder mehr Betriebsparameter BP mit entsprechenden korrelierenden zwei oder mehr Stressparametern SP verglichen werden, um auf diese Weise auch komplexere Zusammenhänge mit einer oder mehreren Stresssituationen SS in Verbindung zu bringen.

Im Ergebnis der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Figur 1 wird nun eine Stresssituation SS ausgegeben, sodass insbesondere in informativer Weise das Bedienpersonal eines Prüfstandes für die Brennstoffzelle 100 nicht nur

Betriebsparameter BP erhält, welche manuell zu interpretieren sind, sondern auch ein vorinterpretiertes Ergebnis in Form wenigstens einer Stresssituation SS erhält. Dieses Ergebnis in Form der Stresssituation SS kann nun der weiteren Betriebsweise der Brennstoffzelle 100 am Prüfstand zugrunde gelegt werden. Jedoch ist insbesondere diese Information vorteilhaft, um anschließend bei der Auslegung von Komponenten der Brennstoffzelle 100 und/oder bei dem Erzeugen von Kontrollmechanismen für den Regelbetrieb der Brennstoffzelle 100 diese Information entsprechend zu berücksichtigen.

Figur 2 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform der Figur 1. Hier wird zusätzlich zur Stresssituation SS noch die Korrelation zwischen dem jeweiligen Betriebsparameter BP und dem zugehörigen Stressparameter SP ausgegeben. Insbesondere wird hier auch der quantitative Unterschied zwischen dem erfassten Betriebsparameter BP oder dem zugehörigen Stressparameter SP ausgegeben. Dies erlaubt es, nicht nur das grundsätzliche Vorhandensein der Stresssituation SS zu erkennen, sondern darüber hinaus auch noch die quantitative Korrelation, also den Grad der Überschreitung des zugehörigen Stressparameters darzustellen.

Im Verfahren gemäß Figur 3 wird zusätzlich zur Stresssituation SS eine Kontrollempfehlung KE ausgegeben. Diese Kontrollempfehlung KE kann nur ausgegeben werden, um als informativer Charakter dem Bedienpersonal zusätzliche Informationen zu liefern. Jedoch ist auch eine Rückkopplung der Kontrollempfehlung KE in den aktuellen Kontrollmechanismus der Brennstoffzelle 100 möglich, um insbesondere die erkannte Stresssituation SS zu beheben oder deren Auswirkung zumindest zu reduzieren.

In Figur 4 erfolgt als zusätzliche Ausgabe zur Stresssituation SS eine Schadensart SA. Wie bereits erläutert worden ist, kann eine Stresssituation SS zu unterschiedlichen Schadensarten SA führen. Beispielsweise kann ein erhöhter Innendruck eine mechanische Schädigung der Membran zur Verfügung stellen. Es handelt sich also um eine Stresssituation SS der Membran mit der Schadensart SA des Risses durch Überdruck. Eine weitere Stresssituation SS für die Membran ist beispielsweise die Belastung durch chemische Einflüsse, welche zum Ausdünnen der Membran führen kann. Ein solches Ausdünnen würde im Extremfall ebenfalls zu Rissen oder zu Löchern in der Membran führen, jedoch hier in einer anderen Schadensart SA als beim Platzen durch Überdruck.

Figur 5 zeigt schematisch, dass insbesondere bei einer kontinuierlichen Anwendung eines erfindungsgemäßen Verfahrens die Betriebsparameter BP hinsichtlich ihres Verlaufs überwacht werden können. Der Zeitverlauf des Betriebsparameters BP in der Figur 5 zeigt, dass in Korrelation zum zugehörigen Stressparameter SP der Betriebsparameter für eine Stresszeitspanne SZ den Grenzwert des Stressparameters SP unterstreitet. Diese Stresszeitspanne SZ wird überwacht, ausgegeben und insbesondere gespeichert. Unterstreitet der Betriebsparameter BP den Grenzwert des Stressparameters SP mehrmals, so können die einzelnen Stresszeitspannen SZ miteinander aufaddiert werden zu einer Gesamtstresszeitspanne. Die Definition der Stresszeitspanne SZ und deren Überwachung erlaubt es, die Dauer zu erkennen, über welche sich die Brennstoffzelle 100 in der jeweiligen Stresssituation SS befindet. Insbesondere kann auf diese Weise unterschieden werden, ob die Brennstoffzelle 100 sich nur kurzzeitig in einer Stresssituation SS befunden hat oder ob eine längerfristige Belastung zu einer anhaltenden Beschädigung der Brennstoffzelle 100 geführt haben könnte.

Figur 6 zeigt, dass ein erfindungsgemäßes Verfahren auch komplexere Zusammenhänge berücksichtigen kann. So ist beispielsweise die Kombination von zwei Betriebsparametern BP mit jeweils einem korrelierenden Stressparameter SP möglich. Auch ist eine Querverbeeinflussung QB möglich, sodass ein- und derselbe Betriebsparameter BP zum Beispiel mit zwei unterschiedlichen Grenzwerten für unterschiedliche Stressparameter SP verglichen werden kann. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass zwei Betriebsparameter BP und der jeweilige Vergleich mit dem speziell zugehörigen Stressparameter SP zu einer Stresssituation SS kombiniert werden. Diese eine Stresssituation SS kann nun ebenfalls eine Querverbeeinflussung QB zu einer anderen Stresssituation SS aufweisen.

Die Figur 7 zeigt schematisch nochmals den Aufbau einer erfindungsgemäßen Erkennungsvorrichtung 10. Diese ist mit einem Überwachungsmodul 20 ausgestattet, das mithilfe von einem oder mehreren Sensorelementen 22 die Betriebsparameter BP erfassen und überwachen kann. Anschließend erfolgt im Vergleichsmodul 30 der bereits erläuterte Vergleich der Betriebsparameter BP mit den Stressparameter SP in der Stressdatenbank SD. Mithilfe des Zuordnungsmoduls 40 kann aus der Stressdatenbank SD die Stresssituation SS zugewiesen und anschließend über das Ausgabemodul 50 ausgegeben werden. Die einzelnen Abläufe sind dabei identisch, wie sie mit Bezug zu den vorherigen Figuren erläutert worden sind. Eine solche Erken-

nungsvorrichtung ist dabei vorzugsweise zumindest teilweise als Computerprogramm ausgebildet und auf einem entsprechenden Computer implementiert.

Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelne Merkmale der Ausführungsformen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**Bezugszeichenliste**

10	Erkennungsvorrichtung
20	Überwachungsmodul
22	Sensorelement
30	Vergleichsmodul
40	Zuordnungsmodul
50	Ausgabemodul
100	Brennstoffzelle
SS	Stresssituation
SA	Schadensart
SZ	Stresszeitspanne
BP	Betriebsparameter
SP	Stressparameter
SD	Stressdatenbank
KE	Kontrollempfehlung
QB	Querbeeinflussung

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung wenigstens einer Stresssituation (SS) einer Brennstoffzelle (100), aufweisend die folgenden Schritte:
  - Überwachen wenigstens eines Betriebsparameters (BP) der Brennstoffzelle (100),
  - Vergleich des überwachten wenigstens einen Betriebsparameters (BP) mit Stressparametern (SP) einer Stressdatenbank (SD),
  - Zuordnung der überwachten Betriebsparameter (BP) zu einer Stresssituation (SS) aus der Stressdatenbank (SD) auf Basis des Vergleichs,
  - Ausgabe der zugeordneten Stresssituation (SS) mittels einem Ausgabemodul (50).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zugeordnete Stresssituation (SS) zusammen mit dem Vergleichsergebnis des Betriebsparameters (BP) und des Stressparameters (SP) mittels dem Ausgabemodul (50) ausgegeben wird.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur zugeordneten Stresssituation (SS) zumindest eine Kontrollempfehlung (KE) mittels dem Ausgabemodul (50) ausgegeben wird, um die Stresssituation (SS) zu beseitigen und/oder zu reduzieren.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der zugeordneten Stresssituation (SS) mittels dem Ausgabemodul (50) eine Schadensart (SA) ausgegeben wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Stresszeitspanne (SZ), insbesondere mittels dem Überwachungsmodul (20), erfasst wird, in welcher sich die Brennstoffzelle (100) in wenigstens einer Stresssituation (SS) befindet.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vergleich des Betriebsparameters (BP), insbesondere in

- einem Vergleichsmodul (30), mit den Stressparametern (SP) quantitativ erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Zuordnung zu einer Stresssituation (SS), insbesondere in einem Zuordnungsmodul (50), wenigstens eine Querverbeeinflussung (QB) zu einem weiteren Stressparameter (SP) und/oder einer weiteren Stresssituation (SS) berücksichtigt wird.
  8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schritte des Vergleichs und/oder der Zuordnung frei von einer Verwendung eines neuronalen Netzwerks sind.
  9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verfahrensschritte regelmäßig, insbesondere kontinuierlich, wiederholt werden.
  10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Vergleich und/oder bei der Zuordnung der wenigstens eine Betriebsparameter (BP) und/oder der Stressparameter (SP) mit einem oder mehreren Gewichtungsfaktoren angepasst werden.
  11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Bestimmung wenigstens eines Schadens an der Brennstoffzelle (100) erfolgt, wobei ein Vergleich des bestimmten Schadens mit der ausgegebenen Stresssituation (S) und eine Anpassung der Stressdatenbank (SD) erfolgt.
  12. Erkennungsvorrichtung (10) für eine Erkennung wenigstens einer Stresssituation (SS) einer Brennstoffzelle (100), aufweisend ein Überwachungsmodul (20) für ein Überwachen wenigstens eines Betriebsparameters (BP) der Brennstoffzelle (100), ein Vergleichsmodul (30) für einen Vergleich des überwachten wenigstens einen Betriebsparameters (BP) mit Stressparametern (SP) einer Stressdatenbank (SD), ein Zuordnungsmodul (40) für eine Zuordnung der überwachten Betriebsparameter (BP) zu einer Stresssituation (SS) aus der Stressdatenbank (SD) auf Basis des Vergleichs und ein Ausgabemodul (50) für eine Ausgabe der zugeordneten Stresssituation (SS).

13. Erkennungsvorrichtung (10) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Überwachungsmodul (20) eigene Sensorelemente (22) separat von der Brennstoffzelle (100) aufweist.
14. Erkennungsvorrichtung (10) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Überwachungsmodul (20) wenigstens ein Sensorelement (22) als Teil der Brennstoffzelle (100) aufweist.
15. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, die Schritte eines Verfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen.

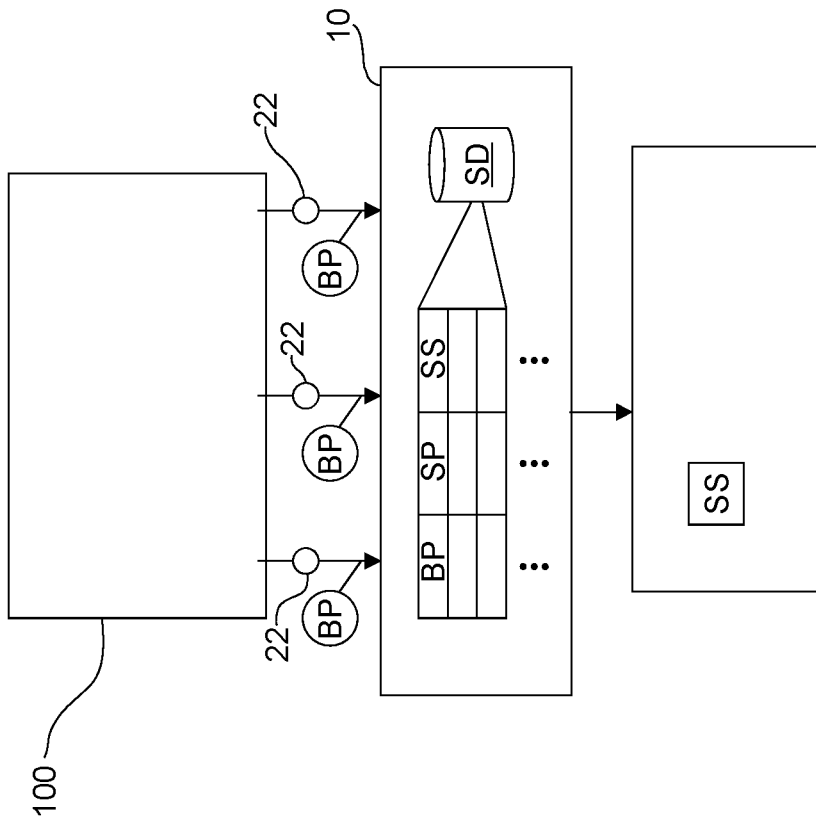


Fig. 1

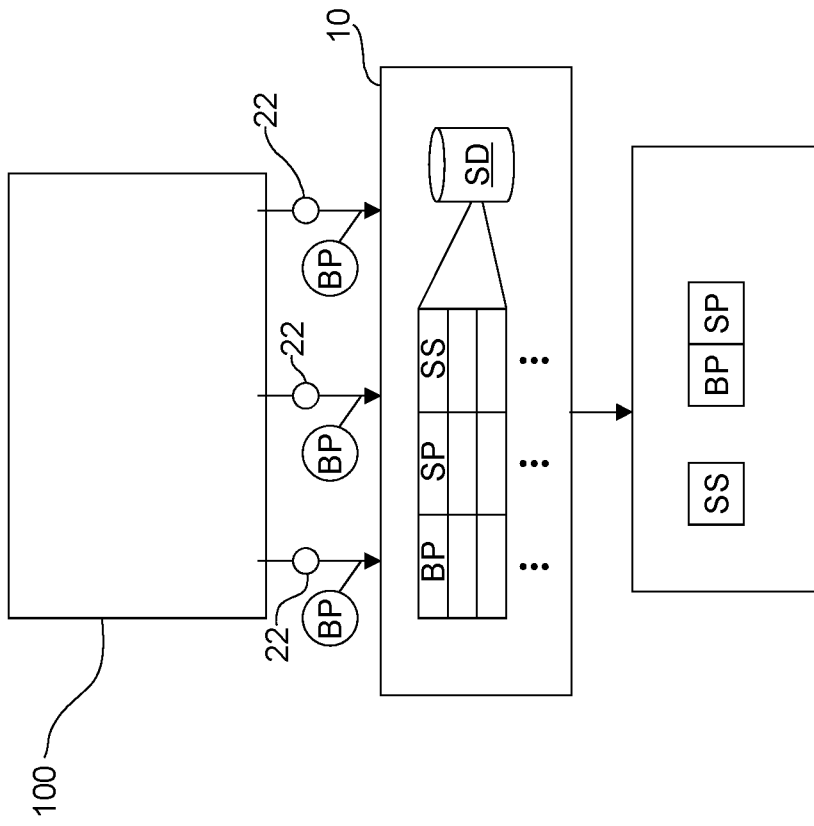


Fig. 2

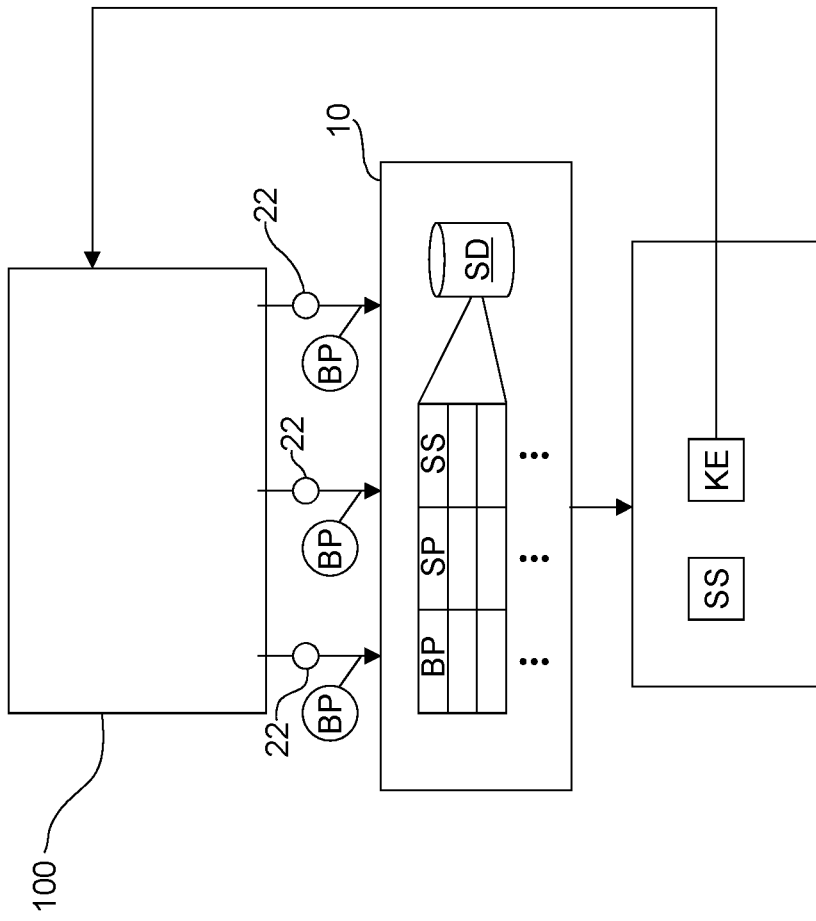


Fig. 3

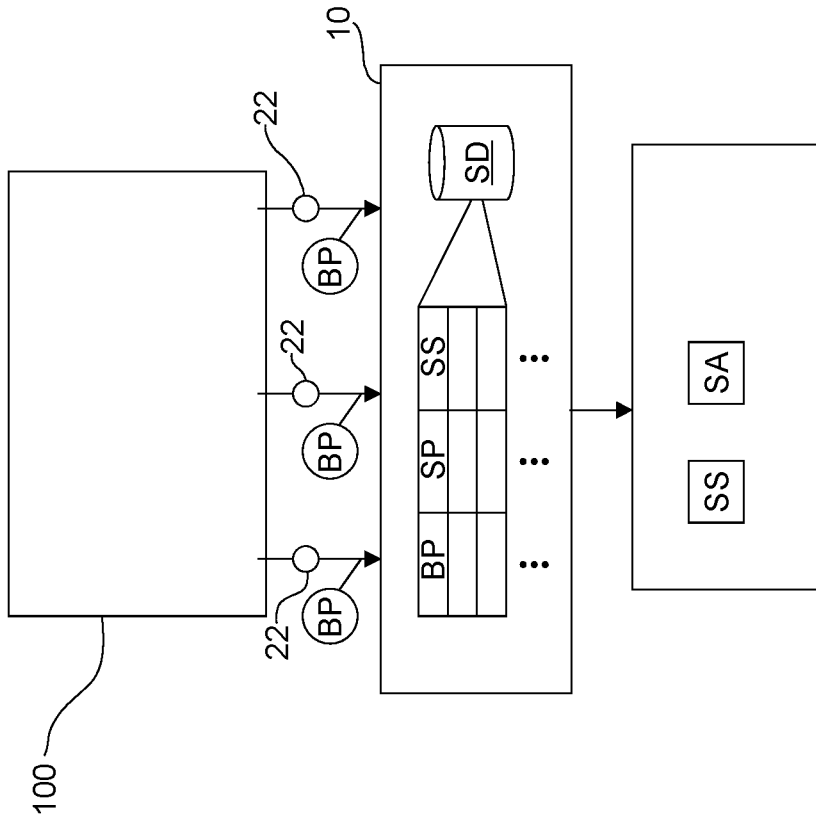


Fig. 4

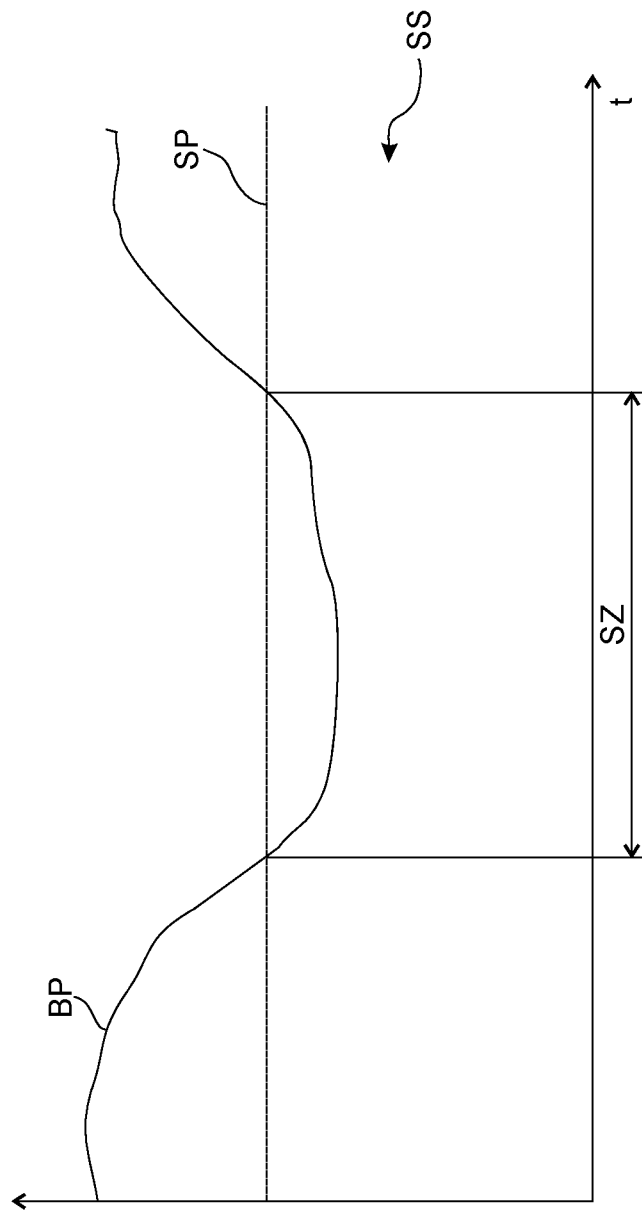


Fig. 5

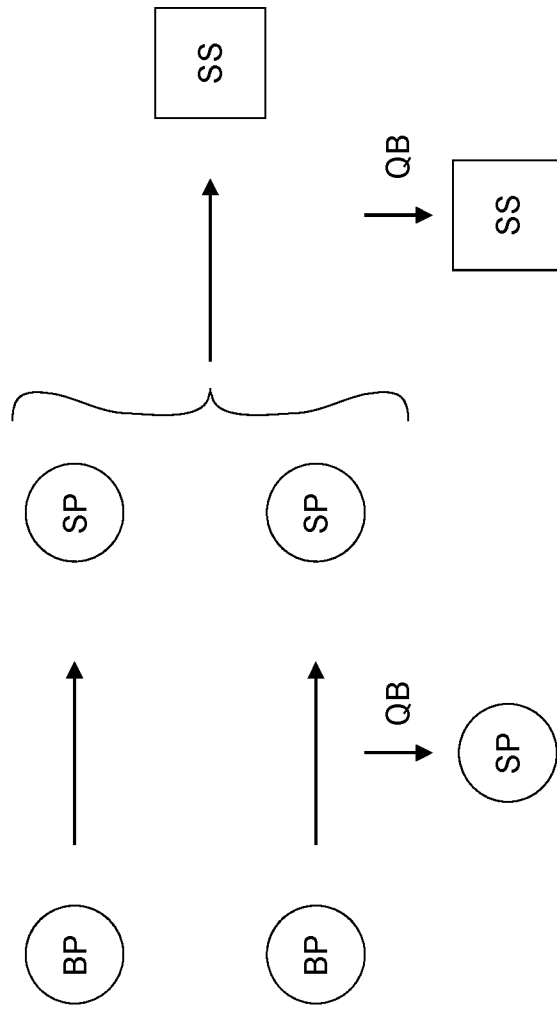


Fig. 6

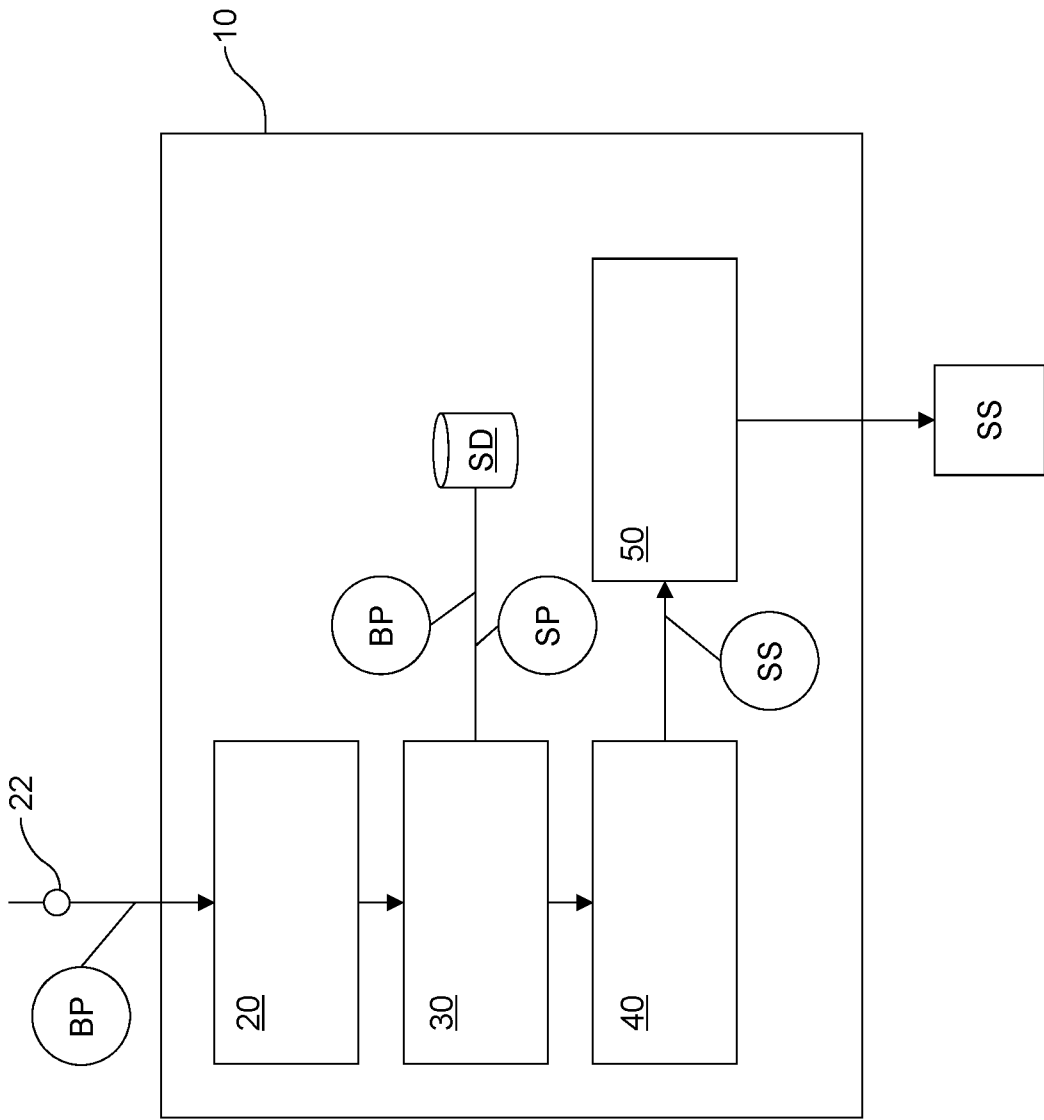


Fig. 7

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**H01M 8/04992** (2016.01); **H01M 8/04313** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**H01M 8/04992** (2016.02); **H01M 8/04313** (2016.02); **H01M 2250/20** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):  
 H01M

Konsultierte Online-Datenbank:  
 EPODOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **08.09.2021** eingereichten Ansprüchen **1-15** erstellt.

Kategorie <sup>*)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2016059203 A1 (STIFTELSEN SINTEF [NO] et al.) 21. April 2016 (21.04.2016) Beschreibung; Figuren 1, 2A, 2B	1, 12, 14, 15
X	DE 102017207157 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS LLC [US], HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 09. November 2017 (09.11.2017) [0021]-[0041]; Figur 2	1, 12, 15
A	WO 2020124116 A1 (AVL LIST GMBH [AT]) 25. Juni 2020 (25.06.2020) Das ganze Dokument	1-15

Datum der Beendigung der Recherche: 31.05.2021      Seite 1 von 1      Prüfer(in): ENGLISCH Julia

<sup>\*)</sup> **Kategorien** der angeführten Dokumente:  
**X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.  
**Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.  
**A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.  
**P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.  
**E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).  
**&** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.