

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50314/2023 (51) Int. Cl.: **G01R 31/385** (2019.01)
(22) Anmeldetag: 26.04.2023 **G01R 31/388** (2019.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2024 **H01M 8/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2806489 A1
US 2011086286 A1
EP 0486654 A1
US 2009197155 A1
US 2013004872 A1
WO 2010086703 A2

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

(72) Erfinder:
Rammer Georg
8047 Graz (AT)

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

(54) **Bestimmungsverfahren für eine Bestimmung einer minimalen Zellspannung von in einem Brennstoffzellenstapel eines Brennstoffzellensystems angeordneten Brennstoffzellen**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bestimmungsverfahren für eine Bestimmung einer minimalen Zellspannung (ZV-MIN) von in einem Brennstoffzellenstapel (110) eines Brennstoffzellensystems (100) angeordneten Brennstoffzellen (112), gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Bestimmen von Kanal-Spannungen (KV) für wenigstens zwei Messkanäle (MK) mit je wenigstens zwei in Serie vermessenen Brennstoffzellen (112),
- Ermitteln der Kanal-Mittelwerte (KM) für die bestimmten Kanal-Spannungen (KV) für jeden Messkanal (MK),
- Ermitteln einer geschätzten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX),
- Ermitteln einer geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) für jeden Messkanal (MK) auf Basis der ermittelten Kanal-Spannungen (KV) und der ermittelten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX),
- Ausgeben der geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) als Ausgabe-Minimalspannung (AV-MIN) des jeweiligen Messkanals (MK).

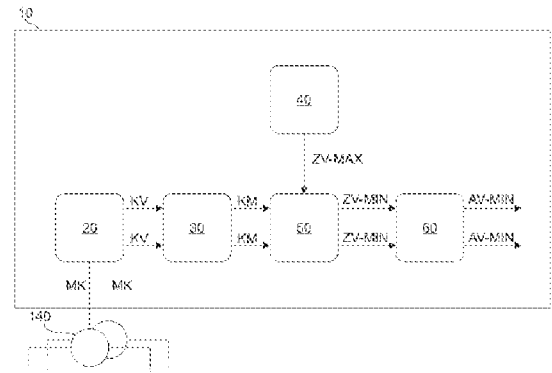


Fig. 4

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bestimmungsverfahren für eine Bestimmung einer minimalen Zellspannung (ZV-MIN) von in einem Brennstoffzellenstapel (110) eines Brennstoffzellensystems (100) angeordneten Brennstoffzellen (112), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- Bestimmen von Kanal-Spannungen (KV) für wenigstens zwei Messkanäle (MK) mit je wenigstens zwei in Serie vermessenen Brennstoffzellen (112),
- Ermitteln der Kanal-Mittelwerte (KM) für die bestimmten Kanal-Spannungen (KV) für jeden Messkanal (MK),
- Ermitteln einer geschätzten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX),
- Ermitteln einer geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) für jeden Messkanal (MK) auf Basis der ermittelten Kanal-Spannungen (KV) und der ermittelten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX),
- Ausgeben der geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) als Ausgabe-Minimalspannung (AV-MIN) des jeweiligen Messkanals (MK).

Fig. 4

Bestimmungsverfahren für eine Bestimmung einer minimalen Zellspannung von in einem Brennstoffzellenstapel eines Brennstoffzellensystems angeordneten Brennstoffzellen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bestimmungsverfahren für eine Bestimmung einer minimalen Zellspannung von in einem Brennstoffzellenstapel eines Brennstoffzellensystems angeordneten Brennstoffzellen, eine Bestimmungsvorrichtung zur Durchführung eines solchen Bestimmungsverfahrens, ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines solchen Bestimmungsverfahrens sowie ein Brennstoffzellensystem mit einer solchen Bestimmungsvorrichtung.

Es ist bekannt, dass in Brennstoffzellensystemen die Kenntnis über die Zellspannung der einzelnen Brennstoffzellen für eine stabile Kontrolle des Brennstoffzellensystems wichtig ist. Insbesondere soll durch Kontrolleingriffe verhindert werden, dass die Zellspannung der einzelnen Brennstoffzellen einen vordefinierten Korridor verlässt. Zu hohe Zellspannungen der Brennstoffzellen, insbesondere jedoch zu niedrige Zellspannungen der Brennstoffzellen, können zu starken Alterungsvorgängen und insbesondere sogar zu irreversiblen Schädigungen führen. Es kann sogar vorkommen, dass je nach Betriebssituation einzelne Brennstoffzellen eine Umkehrung der Zellspannung erfahren, sodass eine negative Auswirkung auf weitere Komponenten innerhalb dieser Brennstoffzelle zu erwarten ist.

Bekanntes Bestimmungsverfahren müssen daher die Zellspannungen der Brennstoffzellen erfassen, um entsprechend Reaktionen durch Kontrolleingriffe zielgerichtet ausführen zu können. Eine Möglichkeit ist es dabei, dass eine Überwachung aller Brennstoffzellen im Einzelnen durchgeführt wird. Konstruktiv führt dies dazu, dass für jede einzelne Brennstoffzelle auch tatsächlich konstruktiv ein spezifischer Zellspannungssensor vorgesehen werden muss. Dies führt dazu, dass eine exakte Kenntnis über alle Zellspannungen aller Brennstoffzellen vorliegt. Jedoch muss ein sehr hoher Aufwand betrieben werden, um die Zellspannungen tatsächlich vor Ort an jeder Brennstoffzelle messen zu können. Nicht zuletzt ist neben dem hohen Kostenaufwand, der Vielzahl der Spannungssensoren auch der Verkabelungsaufwand wesentlich, da jeder einzelne Brennstoffzellensensor zur Erfassung der jeweiligen Zellspannung mit einer Auswerteinheit kabelgebunden verbunden werden muss.

Auch ist es bekannt, dass nur gruppenweise Zellspannungen erfasst werden. Solche Gruppen können auch als Messkanäle bezeichnet werden, sodass beispielsweise immer zwei, drei oder mehrere benachbarte Brennstoffzellen zu einer Brennstoffzellengruppe zusammengefasst sind. Beim Abgreifen der Zellspannung einer solchen Gruppe an Brennstoffzellen erfolgt sozusagen eine serielle Messung, die Zellspannung der einzelnen Brennstoffzellen wird bei dieser zusammengefassten Messung für jeden Messkanal nur als Summe bestimmbar. Mit anderen Worten misst jeder Messkanal die gesamte Zellspannung einer solchen Brennstoffzellengruppe und gibt keine Information über die tatsächliche Verteilung auf die einzelnen Brennstoffzellen aus. Bei den bekannten Lösungen wird daher ein Mittelwert gebildet, und dieser Mittelwert für jede Gruppe an Brennstoffzellen für jeden Messkanal als Zellspannung für alle Brennstoffzellen dieser Gruppe an Brennstoffzellen im Messkanal gesetzt.

Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass für die Erfassung jeder einzelnen Zellspannung aller Brennstoffzellen ein sehr hoher konstruktiver Aufwand betrieben werden muss. Bei einer Reduktion dieses konstruktiven Aufwandes wird ein Messfehler in Kauf genommen, welcher insbesondere dann relevant ist, wenn bei einer Brennstoffzellengruppe in einem Messkanal eine einzige Brennstoffzelle einen sehr niedrigen Wert annimmt. Dann kann, insbesondere bei einer größeren Anzahl von Brennstoffzellen in diesem Messkanal, der Mittelwert bei der Auswertung deutlich höher liegen, als die reale minimale Zellspannung in diesem Messkanal. Dies führt also zu einem falsch-negativen Ergebnis und kann dementsprechend nicht zu der in der Realität eigentlich benötigten Gegenregelung durch einen Kontrolleingriff führen. Es besteht also das Risiko, dass bei dieser bekannten Kontrollweise eine sehr niedrige Zellspannung durch die Auswertung übersehen wird und ein falsch-negatives Ergebnis der Kontrolle des Brennstoffzellensystems zugrunde gelegt wird.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine stabile Überwachung der einzelnen Zellspannungen zu ermöglichen.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Bestimmungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Bestimmungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 7, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 9 sowie ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 10. 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 Bestimmungsverfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Bestimmungsvorrichtung, im erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt sowie dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Ein erfindungsgemäßes Bestimmungsverfahren dient einer Bestimmung einer minimalen Zellspannung von in einem Brennstoffzellenstapel eines Brennstoffzellensystems angeordneten Brennstoffzellen. Ein solches Bestimmungsverfahren zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:

- Bestimmen von Kanal-Spannungen für wenigstens zwei Messkanäle mit je wenigstens zwei in Serie vermessenen Brennstoffzellen,
- Ermitteln der Kanal-Mittelwerte für die bestimmte Kanal-Spannungen für jeden Messkanal,
- Ermitteln einer geschätzten Maximal-Zellspannung,
- Ermitteln einer geschätzten Minimal-Zellspannung für jeden Messkanal auf Basis der ermittelten Kanal-Spannungen und der ermittelten Maximal-Zellspannung,
- Ausgeben der geschätzten Minimal-Zellspannung als Ausgabe-Minimalspannung des jeweiligen Messkanals.

Ein erfindungsgemäßes Bestimmungsverfahren basiert darauf, die Komplexität eines Brennstoffzellensystems zu reduzieren. Es muss daher mit einer geringeren Anzahl an Spannungssensoren auskommen als die Anzahl der Brennstoffzellen im Brennstoffzellenstapel. Einzelne Brennstoffzellen sind daher für die Messung zu Gruppen zusammengefasst, welche in einem Messkanal zusammen seriell vermessen werden. Im nachfolgend erläuterten einfachen Beispiel wird von einer Gruppe von zwei Brennstoffzellen pro Messkanal ausgegangen.

Günstig kann es auch sein, wenn beim erfindungsgemäßen Bestimmungsverfahren eine Minimalspannung eines gesamten Brennstoffzellenstapels oder von einer Region eines Brennstoffzellenstapels ausgegeben wird. Dies kann zusätzlich oder anstatt der Ausgabe der Minimalspannung des jeweiligen Messkanals erfolgen.

Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Bestimmungsverfahren zur Bestimmung einer minimalen Zellspannung von in einem Brennstoffzellenstapel eines Brennstoffzellensystems angeordneten Brennstoffzellen und/oder von mehreren Brennstoffzellen wie einer Region eines Brennstoffzellenstapels verwendet werden.

In einem ersten Schritt wird demnach, wie in den bekannten Lösungen, die Kanal-Spannung aller Messkanäle erfasst. Diese ist durch die serielle Vermessung gleich der Summe der einzelnen Zellspannungen aller Brennstoffzellen in dem jeweiligen Messkanal. Ebenfalls gemäß den bekannten Vorgängen wird anschließend der Kanal-Mittelwert für alle Messkanäle ermittelt. Während jedoch nun bei bekannten Lösungen dieser Kanal-Mittelwert den weiteren Regelungsvorgängen zugrunde gelegt worden ist, geht ein erfindungsgemäßes Verfahren weiter, um die Genauigkeit zu verbessern und insbesondere die Wahrscheinlichkeit von falsch-negativen Ergebnissen deutlich zu reduzieren.

Unter einer Brennstoffzelle wird im Rahmen der Erfindung die tatsächliche Einzelzelle verstanden. Ein Brennstoffzellenstapel umfasst mehrere, beispielsweise 100 bis 400 Brennstoffzellen.

Hierfür verwendet ein erfindungsgemäßes Verfahren in einem ersten weiteren Schritt eine Ermittlung einer geschätzten Maximal-Zellspannung. Dabei ist es grundsätzlich unerheblich, was die Basis für diese geschätzte Maximal-Zellspannung ist. Als Beispiel sind mathematische Lösungen, tabellarische Vorgaben oder die später noch näher erläuterten Schätzverfahren möglich. Auch ist es unerheblich, ob eine Maximal-Zellspannung für alle Messkanäle oder aber spezifische Maximal-Zellspannungen für jeden Messkanal vorgegeben werden. Nachdem eine oder mehrere Maximal-Zellspannung ermittelt worden sind, wird auf Basis dieser Maximal-Zellspannungen und zusammen mit den Kanal-Spannungen für jeden Messkanal eine geschätzte Minimal-Zellspannung bestimmt. Erfindungsgemäß wird unter der geschätzten Maximal-Zellspannung insbesondere eine geschätzte mittlere Spannung im Kanal verstanden. Somit ist die geschätzte Maximal-Zellspannung beispielsweise bei zwei Zellen pro Kanal ein tatsächliches Maximum. Bei drei Zellen pro Kanal ent-

spricht diese aber beispielsweise eher einem Mittelwert. Die geschätzte Maximal-Zellspannung wird also folglich insbesondere aus allen Werten geschätzt, welche nicht der Minimalwert sind. Die geschätzte Maximal-Zellspannung umfasst bevorzugt alle Zellspannungen außer der minimalen. Für alle weiteren außer der minimalen Zellspannung wird bevorzugt die geschätzte Maximal-Zellspannung verwendet.

Im einfachsten Fall erfolgt dies dadurch, dass bei jedem Messkanal von der Kanal-Spannung die geschätzten Maximal-Zellspannungen abgezogen werden. Beispielsweise kann es sein, dass in einem Messkanal zwei Brennstoffzellen angeordnet sind. In einem solchen Fall würde die geschätzte Maximal-Zellspannung von der aus der Summe ausgebildeten Kanal-Spannung dieses Messkanals abgezogen werden. Damit ergibt sich eine geschätzte minimale Zellspannung, die deutlich geringer als der Kanal-Mittelwert dieses Messkanals ist. Mit anderen Worten wird nun durch das Abschätzen einer maximalen Zellspannung eine minimale geschätzte Zellspannung durch eine indirekte Bestimmung ermittelbar, welche deutlich näher an der realen minimalen Zellspannung liegt.

Dies kann jedoch dazu führen, dass sogenannte falsch-positive Messergebnisse erzeugt werden, also sich minimale Zellspannungen ergeben, welche unterhalb der realen minimalen Zellspannung liegen. Da jedoch ein erfolgreicher Kontrolleingriff in einer falsch-positiven Ergebnissituation weniger negative Auswirkungen auf das Brennstoffzellensystem hat als ein unterbleibender Kontrolleingriff bei einer falsch-negativen Aussage, ist es für die Stabilität und die Alterungssituation des Brennstoffzellensystems ein entscheidender Vorteil die falsch-negativen Ergebnisse zu reduzieren und dabei mehr falsch-positive Ergebnisse in Kauf zu nehmen.

Erfindungsgemäß wird nun abschließend die geschätzte Minimal-Zellspannung als Ausgabe-Minimalspannung ausgegeben für den jeweiligen Messkanal und/oder für den gesamten Brennstoffzellenstapel. Diese Ausgabe der Minimal-Zellspannung liegt dabei nun im Vergleich zu dem bekannten, Mittelwert-basierten Verfahren deutlich näher an der realen Minimal-Zellspannung der Zellen in dem jeweiligen Messkanal, sodass auf dieser Basis ein gezielterer Kontrolleingriff in die Kontrolle des Brennstoffzellensystems möglich wird.

Trotz der seriellen Messung und der reduzierten Komplexität durch die geringere Anzahl an Spannungssensoren wird eine höhere Genauigkeit möglich und damit insbesondere die Stabilität im Betrieb des Brennstoffzellensystems deutlich verbessert. Es

ist noch darauf hinzuweisen, dass ein solches Bestimmungsverfahren selbstverständlich auf unterschiedlichste Bauformen von Brennstoffzellensystemen angewendet werden kann. Somit ist es insbesondere möglich sogenannte PEM-Brennstoffzellensysteme, aber auch sogenannte SOC-Brennstoffzellensysteme mit einem erfindungsgemäßen Bestimmungsverfahren und der zugehörigen Funktionalität auszustatten.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Bestimmungsverfahren eine aktuelle Betriebssituation des Brennstoffzellensystems bestimmt wird und der Schritt des Ermitteln der geschätzten Maximal-Zellspannung in Abhängigkeit der aktuellen Betriebssituation ein für die Betriebssituation spezifisches Schätzverfahren verwendet wird. Insbesondere ist bei Brennstoffzellensystemen von Startvorgängen einerseits und regulärem Betrieb andererseits auszugehen. Wird ein Brennstoffzellensystem gestartet, so dauert es eine gewisse Zeit, bis alle Kanäle und insbesondere alle Brennstoffzellen in einem Brennstoffzellenstapel mit den entsprechenden gasförmigen Medien geflutet sind. Während dieses Startvorgangs, durchlaufen die einzelnen Brennstoffzellen kaskadenweise unterschiedliche Füllzustände mit den einzelnen gasförmigen Medien. Dies führt dazu, dass während des Startvorgangs von deutlich größeren Schwankungen ausgegangen werden kann, insbesondere eine größere Anzahl von Brennstoffzellen mit niedrigen Spannungswerten zu erwarten ist. Auch ist davon auszugehen, dass innerhalb der einzelnen Messkanäle relativ große Schwankungen zwischen den einzelnen Zellspannungen vorkommen können, sodass bei einer spezifischen Schätzmethodik für diese Startsituation auf diese spezifischen erwartbaren großen Unterschiede eingegangen werden kann. Im Unterschied dazu ist bei einem regulären Betrieb des Brennstoffzellensystems davon auszugehen, dass nur zufallsbedingt einzelne Brennstoffzellen unabhängig von der Kaskadierung während eines Startvorgangs eine niedrigere Zellspannung aufweisen können. Dabei ist insbesondere nicht vorhersagbar, wie viele Brennstoffzellen und zu welchem Zeitpunkt diese Brennstoffzellen einen niedrigen Spannungswert aufweisen können. Mit anderen Worten ist im regulären und stabilen Betrieb des Brennstoffzellensystems von geringeren und nur zufallsbedingten Abweichungen auszugehen, sodass hier entsprechend eine andere Schätzmethode Vorteile mit sich bringen kann. Später werden zwei unterschiedliche Schätzmethoden, insbesondere für den Startvorgang und für den regulären Betrieb, noch näher erläutert. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass selbstverständlich auch weitere Unterscheidungen hinsichtlich der Schätzverfahren, insbesondere sogar tabellarische oder rein mathematische

Vorgaben, Grundlage eines erfindungsgemäßen Verfahrens sein können. Die Betriebssituation kann auf unterschiedlichsten Informationen gestützt werden. So können die Informationen über die Kanal-Mittelwerte die minimalen Kanal-Mittelwerte, die maximalen Kanal-Mittelwerte, die Abstände zwischen den minimalen und den maximalen Kanal-Mittelwerten, die Stromlast am Brennstoffzellenstapel, die Temperatur am Brennstoffzellenstapel oder ähnliche Parameter die gewünschte Aussagekraft über die Betriebssituation mit sich bringen.

Weitere Vorteile sind erzielbar, wenn bei einem erfindungsgemäßen Bestimmungsverfahren für den Schritt des Ermitteln der geschätzten Maximal-Zellspannung als Schätzverfahren wenigstens einer der ermittelten Kanal-Mittelwerte verwendet wird, insbesondere mit den folgenden Vorgaben:

- Verwendung des zweit-niedrigsten Kanal-Mittelwertes als geschätzte Maximal-Zellspannung,
- Verwenden eines Gesamt-Mittelwertes aller Kanal-Mittelwerte als geschätzte Maximal-Zellspannung, insbesondere in gewichteter Weise,
- Verwenden eines Mehrfach-Mittelwertes mehrerer Kanal-Mittelwerte als geschätzte Maximal-Zellspannung, insbesondere in gewichteter Weise.

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Selbstverständlich können auch unterschiedliche Kombinationen von unterschiedlichen Kanal-Mittelwerten eingesetzt werden, um den Schätzvorgang zur Verfügung zu stellen. Bei dieser Ausführungsform werden Kanal-Mittelwerte verwendet, um direkt oder aber in Bearbeitung bei der Erstellung eines Gesamt-Mittelwertes oder eines Mehrfach-Mittelwertes direkt als Maximal-Zellspannung gesetzt zu werden. Besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen hierfür den zweit-niedrigsten Kanal-Mittelwert zu verwenden, um eine gute Kombination aus einer Reduktion der falsch-negativen Ergebnisse zu erzielen, gleichzeitig jedoch insbesondere im Startvorgang eines Brennstoffzellensystems nicht zu viele falsch-positive Ergebnisse in Kauf nehmen zu müssen. Bei dieser Ausführungsform des Schätzverfahrens kann insbesondere eine Anwendung in einer instabilen Betriebssituation des Brennstoffzellensystems, beispielsweise während eines Startvorgangs, Vorteile mit sich bringen.

Zusätzlich oder alternativ ist es möglich, wenn bei einem Bestimmungsverfahren für den Schritt des Ermitteln der geschätzten Maximal-Zellspannung als Schätzverfahren

ren eine statistische Verteilung der Zellspannung für jeden Messkanal vorgegeben wird und auf Basis der statistischen Verteilung die geschätzten Maximal-Zellspannung ermittelt wird. Dabei handelt es sich insbesondere um ein Schätzverfahren für den regulären und damit stabilen Betrieb des Brennstoffzellensystems. Wie bereits erläutert worden ist, wird in einem regulären Betrieb des Brennstoffzellensystems die starke Abweichung einzelner Brennstoffzellen hinsichtlich ihrer spezifischen Zellspannung nur zufällig in einem Messkanal auftreten. Die Schwankungsbreite und die Wahrscheinlichkeit dieser Schwankungsbreite hängen damit deutlich stärker von statistischen Vorgaben ab. Eine solche statistische Vorgabe kann zum Beispiel eine Gauß'sche Verteilung sein, welche insbesondere angepasst oder spezifisch für das Brennstoffzellensystem durch vorherige Messungen spezifiziert worden sein kann. Mit anderen Worten wird es nun möglich, diese statistische Verteilung so auf den Messkanal zu applizieren, dass eine Aussagekraft entsteht, auf welchen Wert die maximale Zellspannung zu setzen ist, um dieser statistischen Verteilung bei dem vorgegebenen und bestimmten Wert der Kanal-Spannung zu entsprechen. Die nachfolgenden Schritte, insbesondere durch Subtraktion der auf diese Weise geschätzten Maximal-Zellspannung von der gemessenen Kanal-Spannung, können in gleicher Weise für beide unterschiedlichen Methoden durchgeführt werden.

Grundsätzlich kann es auch vorteilhaft sein, wenn für den Schritt des Ermitteln der geschätzten Maximal-Zellspannung ein neuronales Netz verwendet wird.

Bei einem Bestimmungsverfahren gemäß dem voranstehenden Absatz kann es Vorteile mit sich bringen, wenn für die statistische Verteilung eine Standardabweichung vom jeweiligen Kanal-Mittelwert verwendet wird. Insbesondere kann hier der Faktor der Standardabweichung eingesetzt werden. Bei vielfachen Versuchen hat es sich gezeigt, dass bei der Anwendung eines Faktors auf die Standardabweichung die Werte von circa 0,65 und circa 2,0 besonders große Vorteile mit sich bringen. Insbesondere bei diesen beiden Werten hat sich ein optimales Verhältnis eingestellt zwischen einer massiven Reduktion der unerwünschten falsch-negativen Ausgaben für die minimale Zellspannung und einer akzeptablen Erhöhung der falsch-positiven Ausgaben für die minimale Zellspannung.

Darüber hinaus kann es Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Bestimmungsverfahren für das Ermitteln der geschätzten Minimal-Zellspannung wenigstens ein Messkanal, welcher insbesondere den niedrigsten Kanal-Mittelwert

aufweist, ausgewählt wird, insbesondere auf Basis eines aktuellen und/oder vorherigen Kanal-Mittelwertes. Dabei kann die aktuelle Betriebssituation, aber auch vorherige Betriebssituationen, in Betracht gezogen werden. So kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere im regulären Betrieb des Brennstoffzellensystems die Wahrscheinlichkeit einer unerwünscht niedrigen Zellspannung in dem Messkanal am höchsten ist, welcher auch den niedrigsten Kanal-Mittelwert aufweist. Mit anderen Worten führt dies dazu, dass durch diese Vorselektion das Bestimmungsverfahren nur für diejenigen Messkanäle durchgeführt wird, welche entweder den niedrigsten Kanal-Mittelwert aufweisen oder aber deren Kanal-Mittelwert unter einer vordefinierten Untergrenze liegt. Der notwendige Rechen- und Auswertungsaufwand wird für das erfindungsgemäße Bestimmungsverfahren damit auf die vorselektierten und vorausgewählten Messkanäle reduziert. Insbesondere dann, wenn bei einem Brennstoffzellensystem eine sehr große Anzahl von Messkanälen vorhanden ist, kann dies unter Beibehaltung der erfindungsgemäßen Vorteile große Vorteile hinsichtlich der Auswertungsgeschwindigkeit bei einem Bestimmungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung erzielen.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Bestimmungsvorrichtung für eine Bestimmung einer minimalen Zellspannung von einem Brennstoffzellenstapel eines Brennstoffzellensystems mit darin angeordneten Brennstoffzellen. Eine solche Bestimmungsvorrichtung weist ein Bestimmungsmodul zum Bestimmen von Kanal-Spannungen für wenigstens zwei Messkanäle mit jeweils zwei in Serie vermessenen Brennstoffzellen auf. Weiter ist ein Ermittlungsmodul zum Ermitteln der Kanal-Mittelwerte für die bestimmten Kanal-Spannungen für jeden Messkanal vorgesehen. Mit Hilfe eines Maximal-Schätzmoduls erfolgt eine Ermittlung einer geschätzten Maximal-Zellspannung. Mit Hilfe eines Minimal-Schätzmoduls erfolgt das Ermitteln einer geschätzten Minimal-Zellspannung für jeden Messkanal auf Basis der ermittelten Kanal-Spannungen und der ermittelten Maximal-Zellspannung. Über ein Ausgabemodul kann die geschätzte Minimal-Zellspannung als Ausgabe-Minimalspannung ausgegeben werden für den jeweiligen Messkanal. Das Bestimmungsmodul, das Ermittlungsmodul, das Maximal-Schätzmodul, das Minimal-Schätzmodul und/oder das Ausgabemodul sind dabei insbesondere für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Bestimmungsverfahrens ausgebildet. Damit bringt eine erfindungsgemäße Bestimmungsvorrichtung die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Bestimmungsverfahren erläutert worden sind.

Auch von Vorteil kann es sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Bestimmungsvorrichtung jeder Messkanal einen Spannungssensor zur seriellen Messung einer Kanal-Spannung an wenigstens zwei Brennstoffzellen aufweist. Bevorzugt sind auch drei oder mehr Brennstoffzellen pro Kanal denkbar. Insbesondere kann, wie dies später noch mit Bezug auf das Brennstoffzellensystem erläutert wird, sichergestellt sein, dass für alle Messkanäle eine identische Anzahl von Brennstoffzellen vorgesehen ist. Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn bei einer solchen Bestimmungsvorrichtung für alle Messkanäle ein identischer oder zumindest ähnlicher Spannungssensor für die Vergleichbarkeit in der Durchführung des bestimmten Verfahrens verwendet wird.

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

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Brennstoffzellensystem zur Erzeugung von elektrischem Strom. Ein solches Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt auf, wobei eine Vielzahl von Brennstoffzellen stapelförmig im Brennstoffzellenstapel angeordnet ist. Der Anodenabschnitt weist einen Anodenzuführabschnitt zum Zuführen von Anodenzuführgas und einen Anodenabführabschnitt zum Abführen von Anodenabgas auf. In ähnlicher Weise ist der Kathodenabschnitt mit einem Kathodenzuführabschnitt zum Zuführen von Kathodenzuführgas und mit einem Kathodenabführabschnitt zum Abführen von Kathodenabgas ausgestattet. Für wenigstens eine Gruppe von wenigstens zwei Brennstoffzellen ist ein Spannungssensor vorgesehen für eine serielle Messung der Kanal-Spannung für den Messkanal für diese Gruppe. Ein solches Brennstoffzellensystem zeichnet sich dadurch aus, dass eine erfindungsgemäße Bestimmungsvorrichtung vorgesehen ist. Damit bringt auch ein solches Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich und mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Bestimmungsverfahren sowie mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Bestimmungsvorrichtung erläutert worden sind.

Vorteilhaft ist es weiter, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem Spannungssensoren für wenigstens zwei Gruppen von wenigstens zwei Brennstoff-

zellen vorgesehen sind, wobei alle Gruppe vorzugsweise die identische Anzahl von Brennstoffzellen aufweisen. Durch die Gleichheit für alle Messkanäle und damit für alle Gruppen von Brennstoffzellen wird eine verbesserte Vergleichbarkeit der einzelnen Messergebnisse gegeben, sodass ein erfindungsgemäßes Bestimmungsverfahren noch rechenärmer und genauer durchgeführt werden kann.

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 eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,
- Fig. 2 eine mögliche Anordnung der Spannungssensoren,
- Fig. 3 eine weitere mögliche Anordnung der Spannungssensoren,
- Fig. 4 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bestimmungsvorrichtung,
- Fig. 5 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bestimmungsvorrichtung,
- Fig. 6 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bestimmungsvorrichtung,
- Fig. 7 die Ausführungsform der Figur 6 in anderem Schaltzustand.

In Figur 1 ist schematisch ein Brennstoffzellensystem 100 dargestellt. Dieses Brennstoffzellensystem 100 ist mit einem Brennstoffzellenstapel 110 ausgestattet, welcher schematisch in einen Anodenabschnitt 120 und in einen Kathodenabschnitt 130 aufgeteilt werden kann. Über einen Anodenzuführabschnitt 122 wird Anodenzuführgas AZG dem Anodenabschnitt 120 zugeführt. Bei dem Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 entstehendes Anodenabgas AAG wird aus dem Anodenabschnitt 120 über den Anodenabgasabschnitt 124 abgeführt. In ähnlicher Weise wird Kathodenzuführgas KZG über den Kathodenzuführabschnitt 132 dem Kathodenabschnitt 130 zugeführt. Das ebenfalls während dem Betrieb entstehende Kathodenabgas KAG wird in gleicher Weise über den Kathodenabführabschnitt 134 aus dem Kathodenabschnitt

130 herausgefördert. Nicht näher dargestellt sind weitere Komponenten wie Rezirkulationsabschnitte, Kühlvorrichtungen, Kondensationsvorrichtungen, Wärmetauscher oder Ähnliches. Entscheidend ist jedoch, dass eine Bestimmungsvorrichtung 10 vorgesehen ist, um eine Bestimmung einzelner Zellspannungen innerhalb des Brennstoffzellenstapels 110 zu ermöglichen.

Die Figur 2 zeigt einen schematischen Teilabschnitt eines Brennstoffzellenstapels 110. Hier sind schematisch acht übereinander gestapelte einzelne Brennstoffzellen 112 dargestellt. Jede diese Brennstoffzellen 112 weist zwei elektrische Anschlüsse auf, über welche am Stromanschluss gewährleistet werden kann. Bei der Ausführungsform der Figur 2 sind nun immer zwei miteinander benachbarte Brennstoffzellen 112 über einen gemeinsamen Spannungssensor 140 verbunden, sodass für diese Gruppe aus jeweils zwei Brennstoffzellen 112 eine gemeinsame Kanal-Spannung KV abgegriffen werden kann. Selbstverständlich können auch unterschiedliche Anzahlen innerhalb der Gruppe für jeden Messkanal MK vorgesehen sein. Bei dieser Ausführungsform sind immer zwei Brennstoffzellen 112 für jeden Messkanal MK mit einem gemeinsamen Spannungssensor 140 ausgestattet. Dies dient der besseren Durchführung und Vergleichbarkeit eines Bestimmungsverfahrens. Insbesondere ist noch darauf hinzuweisen, dass auch die Spannungssensoren 140 vorzugsweise eine ähnliche oder sogar identische Ausbildung aufweisen.

Die Figur 3 zeigt eine alternative Lösung zur Ausführungsform der Figur 2. Diese unterscheidet sich dadurch, dass immer drei Brennstoffzellen 112 zu einer Gruppe zusammengefasst sind und damit einen Messkanal MK mit einem einzigen gemeinsamen Spannungssensor 140 ausbilden. Im Vergleich zur Ausführungsform der Figur 2 wird es damit möglich den gesamten Brennstoffzellenstapel 110 mit noch weniger Spannungssensoren 140 zu versehen und damit die Kosten und die Komplexität zu reduzieren.

In der Figur 4 ist schematisch eine Bestimmungsvorrichtung 10 dargestellt, welche ein erfindungsgemäßes Bestimmungsverfahren durchführen kann. Der Einfachheit halber ist hier eine signalkommunizierende Verbindung zu zwei separaten Spannungssensoren 140 und damit zu zwei Messkanälen MK vorgesehen. Dies bedeutet, dass für jeden Messkanal MK und damit ausgehend von jedem Spannungssensor 140 mittels dem Bestimmungsmodul 20 jeweils eine Kanal-Spannung KV bestimmt werden kann. Werden dementsprechend drei, vier oder mehr Messkanäle MK von

der Bestimmungsvorrichtung 10 bearbeitet, sind entsprechend auch mehr Kanal-Spannungen bestimmbar. Diese in diesem Beispiel zwei Kanal-Spannungen KV werden weitergegeben an ein Ermittlungsmodul 30, welches auf Basis dieser Kanal-Spannungen und der Anzahl der Brennstoffzellen 112 in dem jeweiligen Messkanal MK den Kanal-Mittelwert KM für jeden Messkanal MK bestimmt und ausgibt. Parallel erfolgt das Abschätzen einer maximalen Zellspannung ZV-MAX über ein Maximal-Schätzmodul 40. Im Minimal-Schätzmodul 50 werden nun die Informationen der Kanal-Mittelwerte KM und der Maximal-Zellspannung ZV-MAX zusammengeführt und zum Beispiel Subtraktion die jeweilige abgeschätzte Minimal-Zellspannung ZV-MIN für jeden Messkanal MK ausgegeben. Das finale Ausgabemodul 60 gibt nun bei dieser Ausführungsform alle Minimal-Zellspannungen ZV-MIN als minimale Ausgangsspannungen AV-MIN an ein zum Beispiel nicht näher dargestelltes Kontrollmodul des Brennstoffzellensystems 100 aus.

Die Figur 5 zeigt eine Weiterbildung einer solchen Bestimmungsvorrichtung 10. Diese ist damit weitergebildet, dass zusätzlich über einen Sensor eine Betriebssituation BP, auch als Betriebspunkt zu bezeichnen, erfasst werden kann. Diese erfasste Betriebssituation kann dazu verwendet werden, im Maximal-Schätzmodul 40 auf unterschiedliche Schätzvorgehen und -methoden zurückzugreifen, welche hier als I und II schematisch dargestellt sind. Dies erlaubt es, eine Unterscheidung vorzunehmen, wie sie nachfolgend mit Bezug auf die nächsten beiden Figuren näher erläutert wird. So zeigt die Figur 6 eine Möglichkeit, bei welcher zum Beispiel während eines Startvorgangs mit zu erwartenden starken Unterschieden der einzelnen Zellspannungen der Brennstoffzellen 112 ein Kanal-Mittelwert KM für die Vorgabe und Abschätzung der maximalen Zellspannung ZV-MAX verwendet wird. Dabei kann zum Beispiel der zweit-niedrigste Kanal-Mittelwert KM, aber auch ein Gesamt-Mittelwert oder ein Teil-Mittelwert mehrerer Kanal-Mittelwerte KM verwendet werden. Auch eine Gewichtung der einzelnen Kanal-Mittelwerte KM aus dem Ermittlungsmodul 30 ist hier grundsätzlich möglich. Durch die gestrichelte Umrandung der Methode II ist zu erkennen, dass für diese hier ausgewählte Betriebssituation im Beispiel die Methode I und damit die Verwendung des Kanal-Mittelwertes KM für die Abschätzung der maximalen Zellspannung ZV-MAX ausgewählt worden ist.

Die Figur 7 zeigt einen anderen Schaltzustand der Ausführungsform der Figur 6. Hier kann zum Beispiel eine andere Betriebssituation, insbesondere ein regulärer Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 vorliegen. Dadurch, dass hier mit geringeren Ab-

weichungen von den einzelnen Zellspannungen der Brennstoffzellen 112 zu rechnen ist, kann hier eine stochastische beziehungsweise eine statistische Verteilung verwendet werden, sodass hier diese statistische Verteilung als Basis für die Abschätzmethode II ausgewählt wird. Auch hier wird abschließend die Anzahl aus den minimalen Zellspannungen ZV-MIN als minimale Ausgabespannungen AV-MIN ausgegeben.

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

Bezugszeichenliste

10	Bestimmungsvorrichtung
20	Bestimmungsmodul
30	Ermittlungsmodul
40	Maximal-Schätzmodul
50	Minimal-Schätzmodul
60	Ausgabemodul
MK	Messkanal
KV	Kanal-Spannung
KM	Kanal-Mittelwert
ZV-MAX	geschätzte Maximal-Zellspannung
ZV-MIN	minimale Zellspannung
AV-MIN	Ausgabe-Minimalspannung
BP	Betriebssituation
I	Schätzverfahren
II	Schätzverfahren
100	Brennstoffzellensystem
110	Brennstoffzellenstapel
112	Brennstoffzelle
120	Anodenabschnitt
122	Anodenzuführabschnitt
124	Anodenabführabschnitt
130	Kathodenabschnitt
132	Kathodenzuführabschnitt
134	Kathodenabführabschnitt
140	Spannungssensor
AZG	Anodenzuführgas
AAG	Anodenabgas
KZG	Kathodenzuführgas
KAG	Kathodenabgas

Patentansprüche

1. Bestimmungsverfahren für eine Bestimmung einer minimalen Zellspannung (ZV-MIN) von in einem Brennstoffzellenstapel (110) eines Brennstoffzellensystems (100) angeordneten Brennstoffzellen (112), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - Bestimmen von Kanal-Spannungen (KV) für wenigstens zwei Messkanäle (MK) mit je wenigstens zwei in Serie vermessenen Brennstoffzellen (112),
 - Ermitteln der Kanal-Mittelwerte (KM) für die bestimmten Kanal-Spannungen (KV) für jeden Messkanal (MK),
 - Ermitteln einer geschätzten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX),
 - Ermitteln einer geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) für jeden Messkanal (MK) auf Basis der ermittelten Kanal-Spannungen (KV) und der ermittelten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX),
 - Ausgeben der geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) als Ausgabe-Minimalspannung (AV-MIN) des jeweiligen Messkanals (MK).
2. Bestimmungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine aktuelle Betriebssituation (BP) des Brennstoffzellensystems (100) bestimmt wird und der Schritt des Ermitteln der geschätzten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX) in Abhängigkeit der aktuellen Betriebssituation (BP) ein für die Betriebssituation (BP) spezifisches Schätzverfahren verwendet.
3. Bestimmungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Schritt des Ermitteln der geschätzten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX) als Schätzverfahren wenigstens einer der ermittelten Kanal-Mittelwerte (KM) verwendet wird, insbesondere mit einer der folgenden Vorgaben:
 - Verwendung des zweit-niedrigsten Kanal-Mittelwertes (KM) als geschätzte Maximal-Zellspannung (ZV-MAX),

- Verwenden eines Gesamt-Mittelwertes aller Kanal-Mittelwerte (KM) als geschätzte Maximal-Zellspannung (ZV-MAX), insbesondere in gewichteter Weise,
 - Verwenden eines Mehrfach-Mittelwertes mehrerer Kanal-Mittelwerte (KM) als geschätzte Maximal-Spannung (ZV-MAX), insbesondere in gewichteter Weise.
4. Bestimmungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Schritt des Ermitteln der geschätzten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX) als Schätzverfahren eine statistische Verteilung der Zellspannungen für jeden Messkanal (MK) vorgegeben wird und auf Basis der statistischen Verteilung die geschätzte Maximal-Zellspannung (ZV-MAX) ermittelt wird.
 5. Bestimmungsverfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die statistische Verteilung eine Standardabweichung vom jeweiligen Kanal-Mittelwert (KM) verwendet wird.
 6. Bestimmungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Ermitteln der geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) wenigstens ein Messkanal (MK), welcher insbesondere den niedrigsten Kanal-Mittelwert (KM) aufweist, vorausgewählt wird, insbesondere auf Basis seines aktuellen und/oder vorherigen Kanal-Mittelwertes (KM).
 7. Bestimmungsvorrichtung (10) für eine Bestimmung einer minimalen Zellspannung (ZV-MIN) von in einem Brennstoffzellenstapel (110) eines Brennstoffzellensystems (100) angeordneten Brennstoffzellen (112), **gekennzeichnet durch** ein Bestimmungsmodul (20) zum Bestimmen von Kanal-Spannungen (KV) für wenigstens zwei Messkanäle (MK) mit je wenigstens zwei in Serie vermessenen Brennstoffzellen (112), ein Ermittlungsmodul (30) zum Ermitteln der Kanal-Mittelwerte (KM) für die bestimmten Kanal-Spannungen (KV) für jeden Messkanal (MK), ein Maximal-Schätzmodul (40) zum Ermitteln einer geschätzten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX), ein Minimal-Schätzmodul (50) zum Ermitteln einer geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) für jeden Messkanal (MK) auf Basis der ermittelten Kanal-Spannungen (KV) und der

- ermittelten Maximal-Zellspannung (ZV-MAX) und ein Ausgabemodul (60) zum Ausgeben der geschätzten Minimal-Zellspannung (ZV-MIN) als Ausgabe-Minimalspannung (AV-MIN) des jeweiligen Messkanals (MK), wobei das Bestimmungsmodul (20), das Ermittlungsmodul (30), das Maximal-Schätzmodul (40), das Minimal-Schätzmodul (50) und/oder Ausgabemodul (60) insbesondere für eine Durchführung eines Verfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildet sind.
8. Bestimmungsvorrichtung (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Messkanal (MK) ein Spannungssensor (140) zur seriellen Messung einer Kanal-Spannung (KV) an wenigstens zwei Brennstoffzellen (112) aufweist.
 9. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines Bestimmungsverfahrens mit Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 6 auszuführen.
 10. Brennstoffzellensystem (100) zur Erzeugung von elektrischem Strom, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130), wobei eine Vielzahl von Brennstoffzellen (112) stapelförmig im Brennstoffzellenstapel (110) angeordnet sind, der Anodenabschnitt (120) aufweisend einen Anodenzuführabschnitt (122) zum Zuführen von Anodenzuführgas (AZG) und einen Anodenabführabschnitt (124) zum Abführen von Anodenabgas (AAG), der Kathodenabschnitt (130) aufweisend einen Kathodenzuführabschnitt (132) zum Zuführen von Kathodenzuführgas (KZG) und einen Kathodenabführabschnitt (134) zum Abführen von Kathodenabgas (KAG), wobei für wenigstens eine Gruppe von wenigstens zwei Brennstoffzellen (112) Spannungssensor (140) vorgesehen ist für eine serielle Messung der Kanal-Spannung (KV) für den Messkanal (MK) für diese Gruppe, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Bestimmungsvorrichtung (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 7 oder 9 vorgesehen ist.
 11. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** Spannungssensoren (140) für wenigstens zwei Gruppen von wenigstens zwei Brennstoffzellen (112) vorgesehen sind, wobei alle Gruppen vorzugsweise die identische Anzahl von Brennstoffzellen (112) aufweisen.

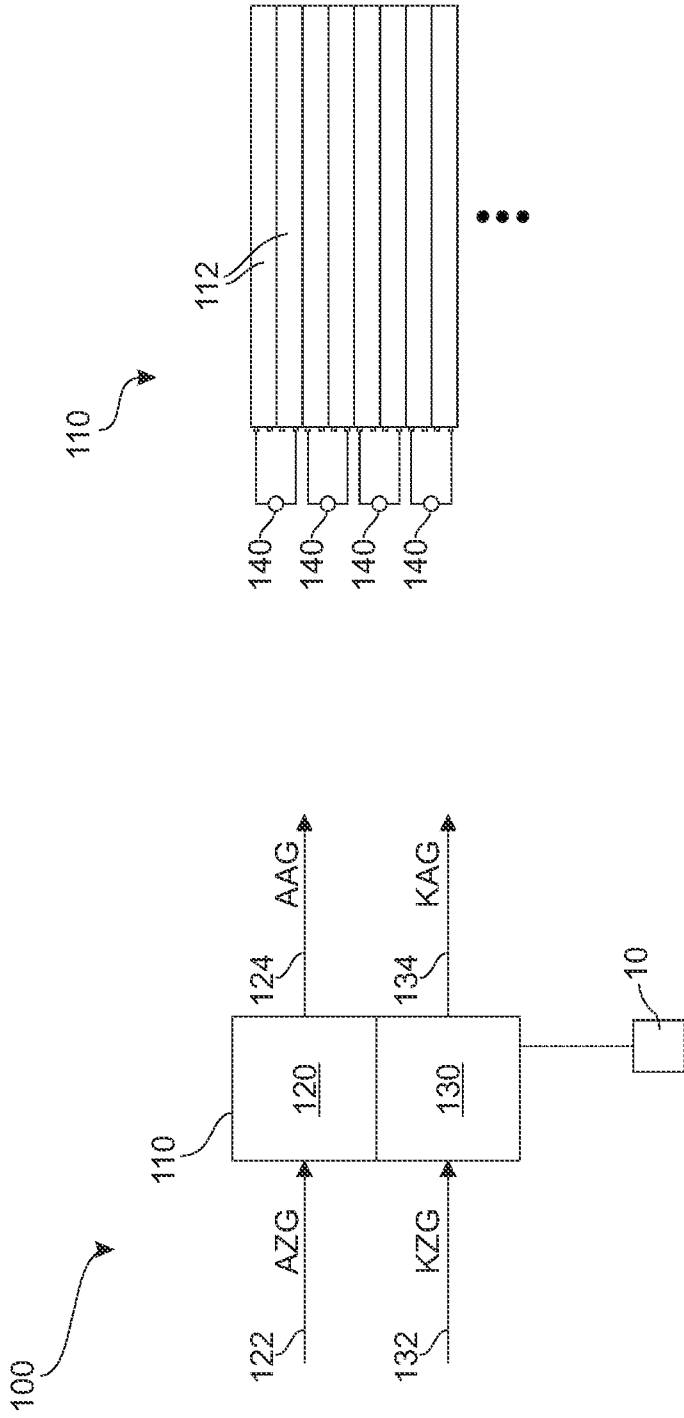


Fig. 2

Fig. 1

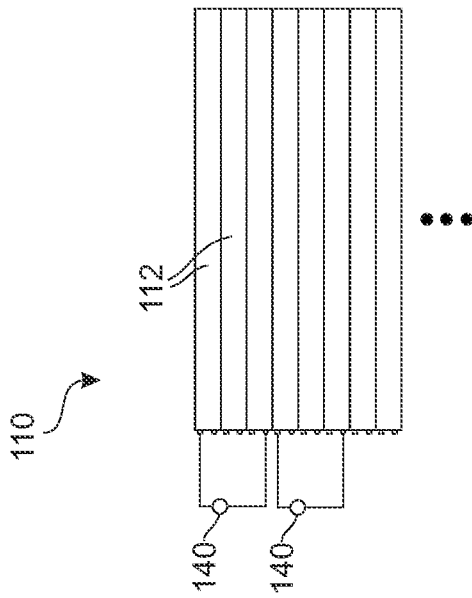


Fig. 3

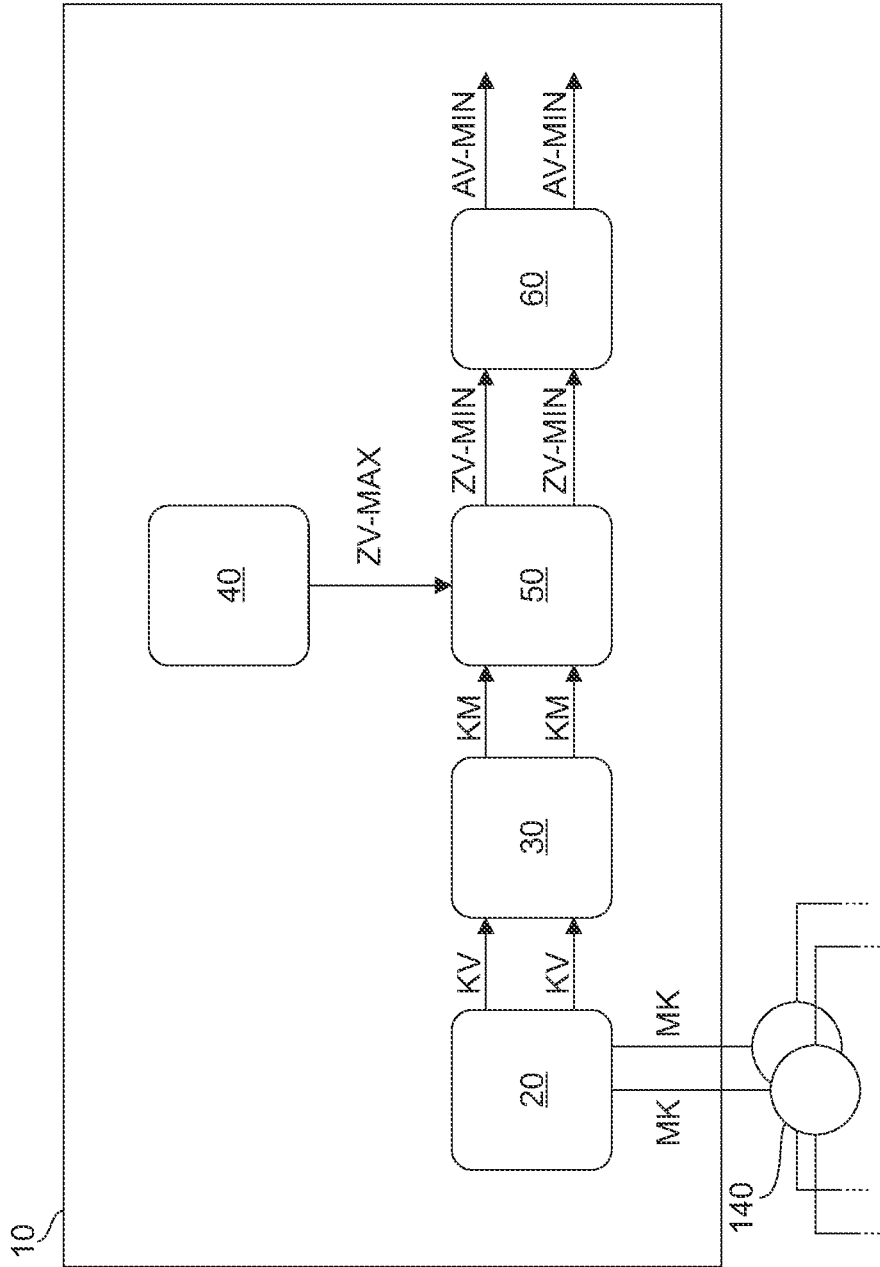


Fig. 4

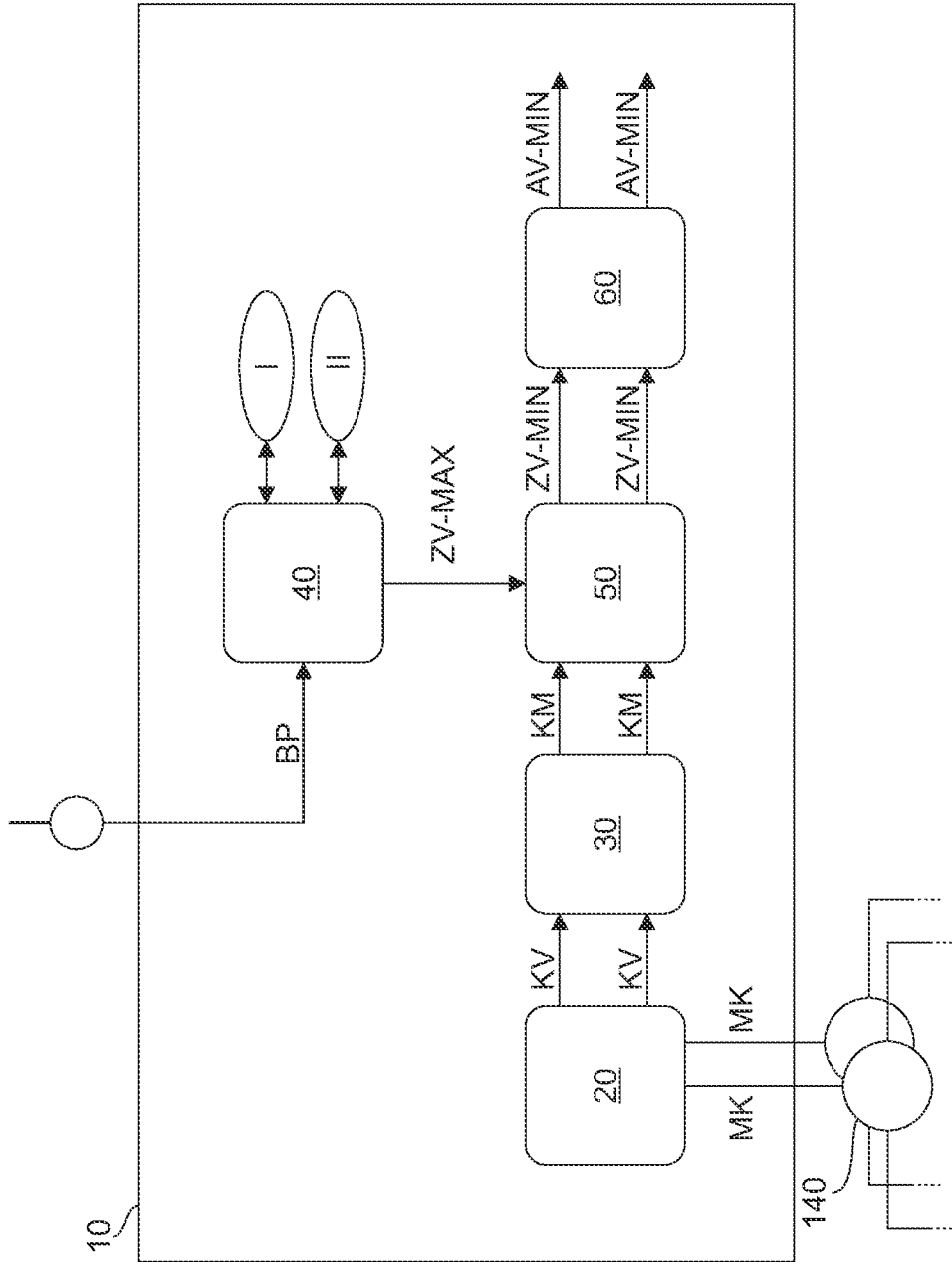


Fig. 5

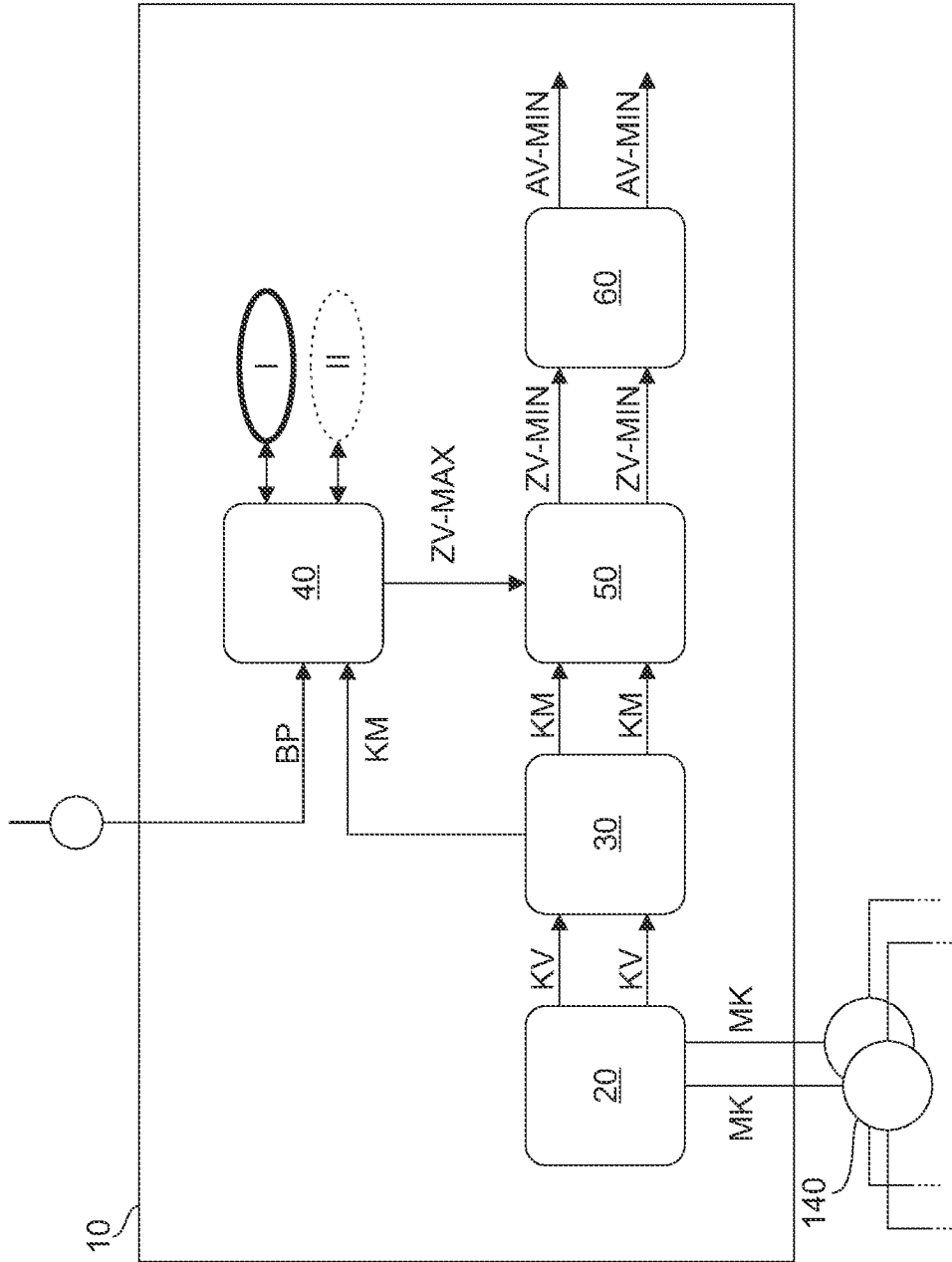


Fig. 6

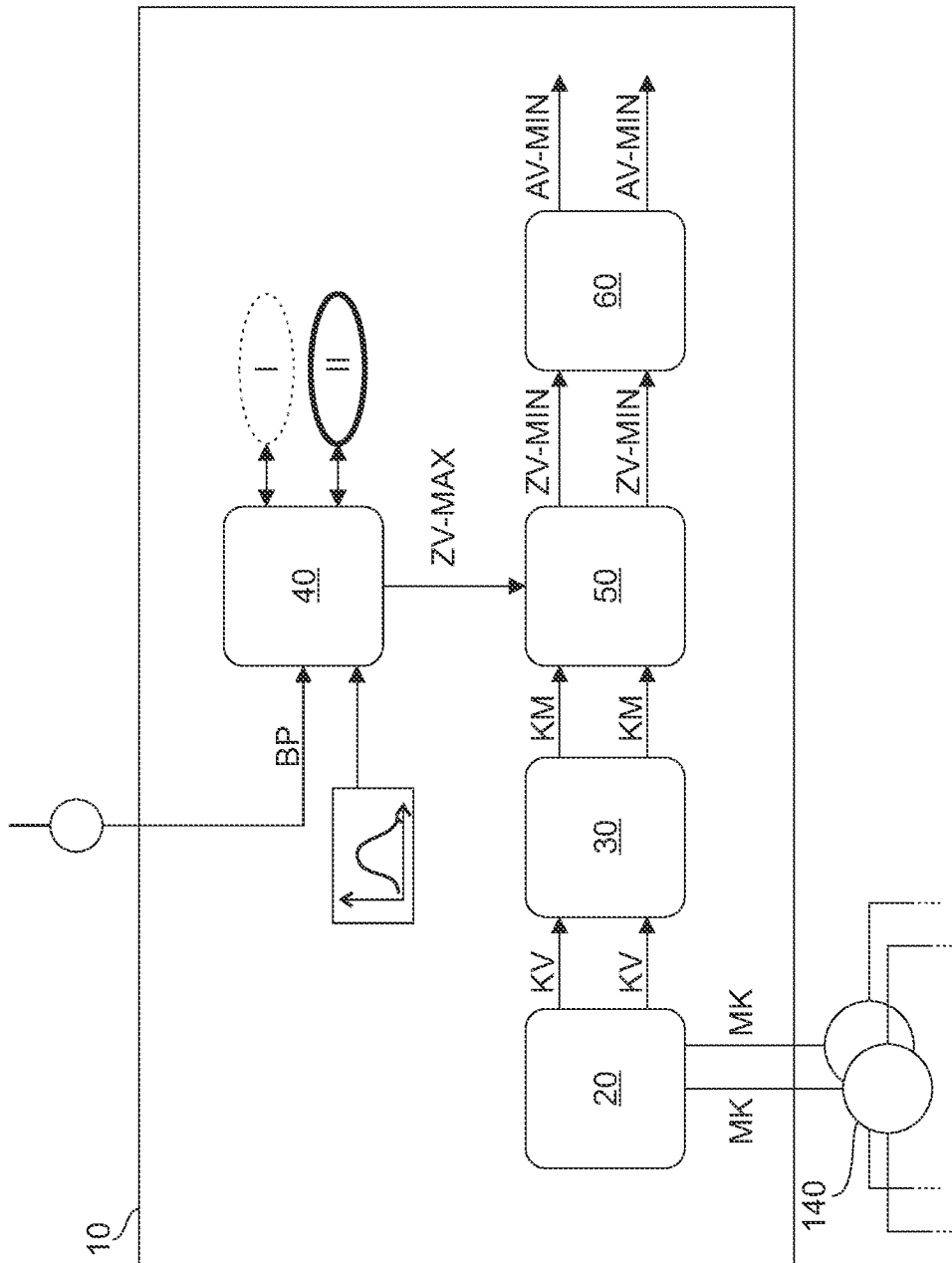


Fig. 7

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: G01R 31/385 (2019.01); G01R 31/388 (2019.01); H01M 8/02 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: G01R 31/36 (2019.01); G01R 31/3835 (2019.01); H01M 8/04 (2021.01)		
Recherchierte Prüfstoff (Klassifikation): G01R, H01M		
Konsultierte Online-Datenbank: WPIAP, EPODOC, Patenw, Patdew		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 27.04.2023 eingereichten Ansprüchen 1 - 11 erstellt.		
Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 2806489 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD) 26. November 2014 Absätze [0010] bis [0022] und [0050] bis [0059]; Ansprüche 1 - 7	1 - 11
A	US 2011086286 A1 (GANAPATHY SRIRAM, SALVADOR JOHN P, CHOI TAYOUNG, BURLEIGH DARRELL W) 14. April 2011 gesamtes Dokument	1 - 11
A	EP 0486654 A1 (BALLARD POWER SYSTEMS) 27. Mai 1992 gesamtes Dokument	1 - 11
A	US 2009197155 A1 (GANAPATHY SRIRAM, SALVADOR JOHN P, LEO FRANK X, LAKSHMANAN BALASUBRAMANIAN, MCMURROUGH BRIAN) 06. August 2009 gesamtes Dokument	1 - 11
A	US 2013004872 A1 (MCMURROUGH BRIAN, KRAUSE BERND) 03. Januar 2013 Zusammenfassung, Ansprüche	1 - 11
A	WO 2010086703 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD, MORI KAZUYA) 05. August 2010 Zusammenfassung, Ansprüche	1 - 11
Datum der Beendigung der Recherche: 01.03.2024		Seite 1 von 1
		Prüfer(in): PAVDI Dominika
*) 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.		