

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50773/2022  
(22) Anmeldetag: 05.10.2022  
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2024

(51) Int. Cl.: **G01R 31/396** (2019.01)  
**H03M 7/30** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 102012211120 A1  
EP 3944457 A1  
DE 102013217451 A1  
DE 102021005087 A1

(73) Patentinhaber:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)  
(72) Erfinder:  
LE RHUN Franck Dipl.-Ing.  
8010 Graz (AT)  
BRUHN Tanner  
8010 Graz (AT)  
(74) Vertreter:  
Gamper Bettina Dr. techn.  
8020 Graz (AT)

### (54) **Codierverfahren für ein Codieren von erfassten Zellspannungen in einem elektrochemischen System**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Codierverfahren für ein Codieren von erfassten Zellspannungen (ZU) einer Vielzahl elektrochemischer Zellen (110) eines Brennstoffzellensystem, wobei die folgenden Schritte:

- Erfassen der Zellspannungen (ZU) der Vielzahl der elektrochemischen Zellen (110),
- Speichern der erfassten Zellspannungen (ZU) in einem Erfassungsdatensatz (ED),
- Codieren des Erfassungsdatensatzes (ED) zu einem Kompressionsdatensatz (KD), wobei der der Schritt des Codierens die folgende Teilschritte aufweist:
  - o Bestimmen und Speichern wenigstens eines gemeinsamen Statistikparameters (SP) für alle erfassten Zellspannungen (ZU),
  - o Bestimmen und Speichern der Abweichungsanzahl (AA) von Abweichungs-Zellspannungen (AZU) aller erfassten Zellspannungen (ZU) mit einer Abweichung vom bestimmten Statistikparameter (SP) oberhalb eines vorgegebenen Abweichungsgrenzwerts (AG),
  - o Speichern aller Abweichungs-Zellspannungen (AZU),
- Ausgeben des Kompressionsdatensatzes (KD),

- wobei der Schritt des Codierens als weiteren Teilschritt ein Speichern wenigstens einer Polarisationskurve (PK) aufweist, wobei die Bestimmung des Statistikparameters (SP) die Polarisationskurve (PK) berücksichtigt.

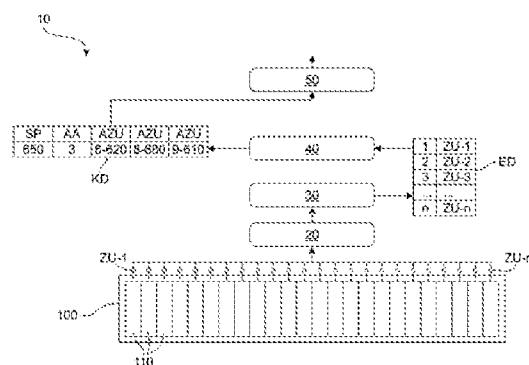


Fig. 1

## Beschreibung

### CODIERVERFAHREN FÜR EIN CODIEREN VON ERFASSTEN ZELLSPANNUNGEN IN EINEM ELEKTROCHEMISCHEN SYSTEM

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Codierv Verfahren für ein Codieren von erfassten Zellspannungen eines elektrischen Systems, ein Decodierverfahren für ein Decodieren eines Kompressionsdatensatzes aus einem solchen Codierv Verfahren, eine Codiervorrichtung zur Durchführung eines solchen Codierv Verfahrens sowie ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines Codierv Verfahrens und/oder eines Decodierverfahrens.

**[0002]** Es ist grundsätzlich bekannt, dass bei elektrochemischen Systemen elektrische Parameter erfasst werden sollen. Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung ist unter einem elektrochemischen System ein System zu verstehen, welches eine Vielzahl einzelner elektrochemischer Zellen aufweist. Zwei Beispiele für solche elektrochemischen Systeme sind einerseits Brennstoffzellensysteme und Elektrolyseure mit einer Vielzahl einzelner Brennstoffzellen als elektrochemische Zellen und andererseits Batterievorrichtungen mit einer Vielzahl einzelner Batteriezellen als elektrochemischer Zellen. Selbstverständlich kann ein erfindungsgemäßes Codierv Verfahren auch auf andere, ähnlich strukturierte elektrochemische Systeme angewendet werden.

**[0003]** Codierv Verfahren für ein Codieren von erfassten Zellspannungen in Batterievorrichtungen sind beispielsweise aus der DE 102012211120 A1 und der EP 3944457 A1 bekannt.

**[0004]** Bei in Zellen aufgebauten elektrochemischen Systemen wird üblicherweise die Zellspannung einer Mehrzahl der vorhandenen Zellen einzeln und/oder in Kombination überwacht und erfasst. Auch ist es denkbar die Zellspannung aller oder im Wesentlichen aller Zellen zu erfassen. Dieses Erfassen erfolgt kontinuierlich, häufig mit hohen Erfassungsfrequenzen von mehreren 100 Hertz oder sogar über 1000 Hertz. Das bedeutet, dass in sehr kurzen Abständen sehr große Datenmengen entstehen, da pro Erfassungsdurchlauf für jede einzelne Zelle eine Zellspannung als Datenwert entsteht. Der dadurch erzeugte Erfassungsdatensatz pro Erfassungsdurchlauf beinhaltet also für jede elektrochemische Zelle eine zu dieser gehörige eindeutige Zellspannung. Weist ein elektrochemisches System beispielsweise 1000 elektrochemische Zellen auf, so wird pro Erfassungsdurchlauf ein Erfassungsdatensatz mit 1000 erfassten Zellspannungen erzeugt, wobei in diesem Beispiel alle Zellen überwacht werden. Durch die hohe Erfassungsfrequenz führt dies zu sehr hohen Datenmengen, welche erfasst, gespeichert und üblicherweise zur Auswertung weitergeleitet werden müssen.

**[0005]** Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass durch die sehr hohen Datenmengen entsprechend hohe Bandbreiten für die Übertragung der erfassten Daten zur Verfügung gestellt werden müssen. Darüberhinausgehend erfordern die Komplexität und die große Anzahl der Daten einen hohen Aufwand in der Auswertung. Üblicherweise wird bei der Auswertung der erfassten Zellspannung besonderes Augenmerk auf die Zellen gelegt, welche von der Norm abweichen und damit Hinweise auf eine fortschreitende Schädigung oder Dysfunktion aufweisen. Um solche einzelnen Zellen, welche auch im Unterschied zu Normzellen als „Ausreißerzellen“ oder „Abweichungszellen“ bezeichnet werden können, in der großen und komplex strukturierten Datenmenge bekannter Erfassungsdatensätze aufzufinden, muss ein entsprechend hoher Auswertungsaufwand betrieben werden.

**[0006]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Probleme zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise die Datenmenge bei der Erfassung von Zellspannungen in elektrochemischen Systemen so zu reduzieren, dass eine geringere Bandbreite für die Übertragung ausreicht und insbesondere auch eine erleichterte Auswertung dieser Datensätze ermöglicht wird.

**[0007]** Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Codierv Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Decodierverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10, eine Codiervorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 11 sowie ein Computerprogrammprodukt mit den Merk-

malen des Anspruchs 12. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Codiervorgang beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Decodierverfahren, der erfindungsgemäßen Codier Vorrichtung sowie dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt.

**[0008]** Ein erfindungsgemäßes Codiervorgang dient dem Codieren von erfassten Zellspannungen, einer Vielzahl elektrochemischer Zellen eines elektrochemischen Systems. Ein solches elektrochemisches System ist insbesondere in Form eines Brennstoffzellensystems mit einer Vielzahl einzelner Brennstoffzellen ausgebildet. Ein solches Codiervorgang zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:

- Erfassen der Zellspannungen der Vielzahl der elektrochemischen Zellen,
- Speichern der erfassten Zellspannungen in einem Erfassungsdatensatz,
- Codieren des Erfassungsdatensatzes zu einem Kompressionsdatensatz, wobei der Schritt des Codierens die folgenden Teilschritte aufweist:
  - Bestimmen und Speichern wenigstens eines gemeinsamen Statistikparameters für alle erfassten Zellspannungen,
  - Bestimmen und Speichern der Abweichungsanzahl von Abweichungs-Zellspannungen aller erfassten Zellspannungen mit einer Abweichung vom bestimmten Statistikparametern oberhalb eines vorgegebenen Abweichungsgrenzwerts,
  - Speichern aller Abweichungs-Zellspannungen.
- Ausgeben des Kompressionsdatensatzes.

**[0009]** Ein erfindungsgemäßes Codiervorgang baut auf bekannten Überwachungsverfahren elektrochemischer Systeme auf. Solche Überwachungsverfahren greifen die Überwachungsdaten von Spannungssensoren auf, welche den einzelnen elektrochemischen Zellen des Systems zugeordnet sind. In bekannter Weise ist es über diese Sensorik möglich, für zumindest einen Teil oder sogar jede der Vielzahl der elektrochemischen Zellen eine für diese Zelle spezifische und für den Zeitpunkt eindeutige Zellspannung zu erfassen. Diese erfassten Zellspannungen werden zu jedem Zeitschritt des Codiervorgangs in einem Erfassungsdatensatz gespeichert. Bei einer Erfassungsfrequenz von beispielsweise 100 Hertz werden also pro Sekunde 100 Erfassungsdatensätze erzeugt. Jeder dieser Erfassungsdatensätze weist nun eine hohe Anzahl von Zellspannungen auf, welche der Anzahl der elektrochemischen Zellen entspricht. Bei beispielsweise 1000 elektrochemischen Zellen weist der Erfassungsdatensatz entsprechend auch 1000 Zeilen mit 1000 Zellspannungen auf.

**[0010]** Um nun entgegen den bekannten Lösungen zu vermeiden, dass dieser sehr umfangreiche Erfassungsdatensatz bei 100 Hertz einhundertmal pro Sekunde weitergeleitet und ausgewertet werden muss, wendet ein erfindungsgemäßes Codiervorgang den Schritt der Codierung an. Der Erfassungsdatensatz wird nun nicht mehr unverarbeitet ausgegeben und ausgewertet, sondern vorher in einem Kompressionsdatensatz codiert. Dieses Codieren beinhaltet zumindest die drei folgenden Teilschritte.

**[0011]** In einem ersten Schritt wird ein Statistikparameter für alle erfassten Zellspannungen bestimmt und im Kompressionsdatensatz gespeichert. Dieser Statistikparameter ist insbesondere in Form eines Spannungswertes ausgebildet, welcher zum Beispiel, wie später noch erläutert, als statistischer Median, als statistischer Durchschnitt oder als anderweitiger statistischer Parameter ausgebildet sein kann. Auch komplexere Ausbildungen sind denkbar, welche zum Beispiel Kurvenverläufe, statistische Verteilungen oder ähnliches beinhalten. Mit anderen Worten wird aus allen 1000 Zellspannungen in dem angeführten Beispiel ein einziger Wert als Statistikparameter erzeugt, welcher diese Vielzahl unterschiedlicher Zellspannungen am besten wiedergibt. In dem genannten Beispiel von 1000 elektrochemischen Zellen wird nachfolgend zur besseren Erläuterung der statistische Median als Statistikparameter verwendet.

**[0012]** Im ersten Teilschritt des Codierens erfolgt also eine Kompression von allen 1000 unterschiedlichen Zellspannungen auf einen einzigen gemeinsamen Statistikparameter. Da diese Kompression jedoch viel zu stark wäre und insbesondere in der Auswertung die Ausreißerzellen, welche als Ausreißer mit hohem Abstand von diesem Statistikparameter von Interesse sind, ausschließen würde, geht ein weiterer Teilschritt des Schrittes des Codierens darauf ein. In diesem wird geprüft, wie viele der einzelnen Zellen und damit der erfassten Zellspannungen über einem Abweichungsgrenzwert von dem Statistikparameter liegen. Mit anderen Worten werden nun Zellspannungen, welche oberhalb eines Abweichungsgrenzwertes von dem Statistikparameter liegen, als Abweichungs-Zellspannungen erfasst. Diese Abweichungs-Zellspannungen weisen also auf elektrochemische Zellen hin, welche auch als Abweichungszellen oder Ausreißerzellen bezeichnet werden können.

**[0013]** Diese Abweichungs-Zellspannungen und die entsprechende Abweichungsanzahl solcher Ausreißerzellen wird nun ebenfalls im Kompressionsdatensatz gespeichert. Der Kompressionsdatensatz enthält also zumindest drei unterschiedliche Informationsbestandteile. Zum einen ist dies der Statistikparameter, also im vorliegenden Beispiel die Kompression aller 1000 Zellspannungen auf einen einzigen Wert. Zusätzlich enthält der Kompressionsdatensatz die Information über die Anzahl der elektrochemischen Zellen, welche als Ausreißerzellen eine Abweichungs-Zellspannung mit entsprechend großer Abweichung vom Statistikparameter aufweisen. Diese Abweichungsanzahl gibt einen Hinweis darauf, wie viele der aktuell überwachten elektrochemischen Zellen eine hohe Abweichung und damit eine entsprechend hohe Disharmonie des elektrochemischen Systems mit sich bringen. Die letzte und dritte Information des Kompressionsdatensatzes ist der tatsächliche Wert aller Abweichungs-Zellspannungen, da dieser einen qualitativen und/oder quantitativen Hinweis auf unterschiedliche Schädigungs- oder Dysfunktionsmechanismen der entsprechend zugeordneten einzelnen elektrochemischen Zellen geben kann.

**[0014]** Im letzten Schritt eines erfindungsgemäßen Codiervfahrens wird nun an Stelle des Erfassungsdatensatzes der Kompressionsdatensatz ausgegeben, welcher durch die Kompression der nicht interessanten Zellspannungen der Normzellen, welche innerhalb der erlaubten Abweichung vom Statistikparameter liegen, deutlich weniger Daten aufweist, als dies beim Erfassungsdatensatzes der Fall ist. Liegen beispielsweise fünf der überwachten 1000 Zellen zu einem Erfassungszeitpunkt oberhalb der Abweichungsgrenze, so reduziert sich der Erfassungsdatensatz mit 1000 einzelnen Datenwerten nun auf einen Kompressionsdatensatz mit insgesamt sieben Einzelwerten, nämlich dem Statistikparameter, der Abweichungsanzahl (hier „5“) und den fünf expliziten Abweichungs-Zellspannungen. Mit anderen Worten konnte hier bei diesem Beispiel der Datensatz von 1000 Einzeldaten auf sieben Einzeldaten massiv reduziert werden. Diese Reduktion erhält jedoch die Hauptinformation, welche für ein nachfolgendes Auswertungsverfahren von Interesse ist, in unkomprimierter Weise, nämlich die Anzahl und die explizite Bewertung der einzelnen Ausreißerzellen in Form der Abweichungsanzahl und der Abweichungs-Zellspannungen.

**[0015]** Durch ein erfindungsgemäßes Codiervfahren bleibt also ein sehr einfaches Auslesen und Auswerten sogar ohne eine Decodierung des Kompressionsdatensatzes für die Auswertung möglich. Das Codieren, welches auch hier als Komprimieren verstanden und bezeichnet werden kann, erlaubt es damit, insbesondere bei elektrochemischen Systemen deren Zellspannungen keine Gaußverteilung aufweisen, sehr effizient eine Kompression zur Verfügung zu stellen, welche gleichzeitig ein erleichtertes Auslesen und Auswerten beinhaltet. Bevorzugt wird dabei eine bestimmte Reihenfolge bei der Erzeugung des Kompressionsdatensatzes eingehalten, bei welcher die Abweichungs-Zellspannungen an das Ende der Teilschritte des Codierens gestellt werden. Da je nach Zeitschritt die Abweichungsanzahl unterschiedlich sein kann, kann nun das Ende des Kompressionsdatensatzes und damit dessen Länge offengelassen werden und je nach Abweichungsanzahl sich entsprechend eine unterschiedliche Länge und damit auch ein unterschiedlicher Kompressionsgrad für den Kompressionsdatensatz ergeben.

**[0016]** Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Codiervfahren zusätzlich noch ein Erfassen des Systemstroms und/oder der Systemleistung des elektrochemischen Systems erfolgt, wobei der Schritt des Codierens zusätzlich noch als weiteren Teilschritt ein Speichern des erfassten Systemstroms aufweist. Dabei kann auf eine zusätzliche Sensorik

des elektrochemischen Systems zurückgegriffen werden und auf den aktuell vorhandenen Strom in dem elektrochemischen System Bezug genommen werden. Auch ist es möglich aus der erfassten Systemleistung den Systemstrom indirekt zu bestimmen. Insbesondere bei der später noch erläuterten Verwendung einer Polarisationskurve kann der Systemstrom als Eingangswert und damit als Parameter für einen Teilschritt des Codierschrittes Verwendung finden. Auch andere Nebeninformationen, wie zum Beispiel die Temperatur des elektrochemischen Systems und/oder sogar Einzeltemperaturen einzelner elektrochemischer Zellen können erfasst und im Erfassungsdatensatz und/oder Kompressionsdatensatz berücksichtigt werden.

**[0017]** Von Vorteil ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Codiervorgang der Schritt des Codierens als weiteren Teilschritt ein Bestimmen und Speichern der Abweichungsdifferenz aller Abweichungs-Zellspannungen zum bestimmten Statistikparameter aufweist. Darunter ist zu verstehen, dass nicht nur die Abweichungs-Zellspannungen selbst, sondern auch deren Abweichungsdifferenz gespeichert werden können. Dabei werden also nicht nur absolute Werte, sondern auch Relativwerte gespeichert und in den Kompressionsdatensatz integriert. Hier kann es Vorteile mit sich bringen, eine Begrenzung zur Verfügung zu stellen, sodass der erste und der letzte und/oder der minimale und der maximale Wert für die einzelnen Abweichungsdifferenzen Berücksichtigung finden.

**[0018]** Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Codiervorgang als Statistikparameter wenigstens einer der folgenden verwendet wird:

- Medianwert,
- Durchschnittswert,
- Vorgabewert.

**[0019]** Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Insbesondere ist die Verwendung des Medianwertes als Statistikparameter bevorzugt, da er die tatsächliche Mitte zwischen den unteren 50% und den oberen 50% der Einzelwerte der Zellspannungen wiedergibt. Im Vergleich zu einem Durchschnittswert gleicht der Median extreme Ausreißer einzelner Zellspannungen besser aus und kann damit eine verbesserte Codierung hinsichtlich der Unterscheidung zwischen interessanten Ausreißerzellen und weniger interessanten Normzellen bieten. Ein Vorgabewert, welcher auch als Offsetvorgabe beschrieben werden kann, kann als gerade Linie oder auch als Krümmung ausgebildet sein und auf diese Weise ebenfalls eine Vorgabe bilden, um den Unterschied zwischen Statistikparameter und den einzelnen Zellspannung bewerten zu können. Der Vorgabewert kann auch als „curve fitting“ bezeichnet werden, wenn er zu Beispiel in Form einer Vorgabekurve ausgebildet ist.

**[0020]** Weitere Vorteile werden erzielt, wenn bei einem erfindungsgemäßen Codiervorgang der Kompressionsdatensatz eine Auflösung von 1 mV aufweist. Eine solche Auflösung erlaubt es beispielsweise bei einer binären Speicherung in Bit, die einzelnen Werte Bits zuzuordnen, also zum Beispiel den Statistikparameter mit 10 Bit und damit mit 0 bis 1023 mV einer möglichen Zellspannung bei Brennstoffzellen zu versehen. Für andere Ausbildungen des elektrochemischen Systems sind auch andere Auflösungen sowie andere Bitgrößen denkbar. Selbstverständlich können für unterschiedliche Einsatzzwecke auch andere Auflösungen und andere Speicherarten verwendet werden. Selbstverständlich sind auch andere, insbesondere gröbere Auflösung denkbar, welche sich zum Beispiel an elektrischen Eigenschaften einer Umrichtervorrichtung orientieren.

**[0021]** Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Codiervorgang die Abweichungs-Zellspannungen am Ende des Kompressionsdatensatzes gespeichert werden. Wie bereits eingangs erläutert worden ist, ist bei jedem Erfassungsschritt nicht vorhersehbar, wie viele der überwachten elektrochemischen Zellen als Ausreißerzellen eine Abweichungs-Zellspannung aufweisen. Diese Anzahl, welche im Rahmen des Codiervorgangs als Abweichungsanzahl bestimmt wird, kann zum Beispiel zwischen 0 und einigen 100 elektrochemischen Zellen variieren. Daher ist es vorteilhaft, die Länge des Kompressionsdatensatzes offenzulassen und entsprechend der tatsächlich bestimmten Abweichungsanzahl die entsprechend dieser Abweichungsan-

zahl einzelnen Werte aller Abweichungs-Zellspannungen am Ende des Kompressionsdatensatzes anzufügen, sodass dessen Länge hinsichtlich der zugehörigen tatsächlichen Werte variiert. Für andere Ausführungsformen ist selbstverständlich auch eine Positionierung an einer anderen Stelle als am Ende denkbar.

**[0022]** Weitere Vorteile kann es mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Codierverfahren der Abweichungsgrenzwert variabel ausgebildet ist, wobei als Schritt des Codierverfahrens und/oder als Teilschritt des Schritts des Codierens eine Anpassung des Abweichungsgrenzwertes erfolgt. Es ist grundsätzlich nicht vorhersehbar, wie hoch die Abweichungsanzahl beim jeweiligen Durchlauf der Erfassung ist. Daher kann im Rahmen dieser Ausführungsform der Abweichungsgrenzwert bei jeder Codierung so angepasst werden, so dass eine Kompression so stark wie möglich und eine Genauigkeit so hoch wie nötig erreicht wird. Mit anderen Worten wird es möglich, die Kompressionsrate bei jedem Codierschritt so anzupassen, dass die beste Kompression ohne einen unerwünschten Verlust an Genauigkeit erreicht werden kann. Dieser Abweichungsgrenzwert, welcher auch als Cut-off-Wert bezeichnet werden kann, kann zum Beispiel, wie im nachfolgenden Absatz erläutert wird, die Kompressionsrate ins Verhältnis zur mit der Kompressionsrate erzielbaren Abweichungsanzahl setzen. Diese Variation erlaubt es, die Kompression flexibel an die aktuelle Betriebssituation und vor allem an die aktuelle Zellsituation im elektrochemischen System anzupassen.

**[0023]** Weitere Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem Codierverfahren gemäß dem voranstehenden Absatz für die Anpassung des Abweichungsgrenzwerts die Abweichungsanzahl für unterschiedliche Abweichungsgrenzwerte bestimmt wird und der Abweichungsgrenzwert auf einen Wert angepasst wird, welcher eine vorgegebene Abweichungsanzahl nicht überschreitet. So kann zum Beispiel vorgesehen sein, dass eine maximale Abweichungsanzahl von 50 Ausreißerzellen nicht überschritten werden soll. In einem solchen Fall wird der Abweichungsgrenzwert so lange reduziert, bis die Abweichungsanzahl diese vorgegebene Abweichungsanzahl unterschreitet, sodass möglichst nahe an dieser vorgegebenen Grenze nun der Abweichungsgrenzwert mit der daraus resultierenden Kompressionsrate für den Schritt des Codierens eingesetzt werden kann.

**[0024]** Ebenfalls gemäß der Erfindung vorgesehen ist, dass bei einem erfindungsgemäßen Codierverfahren der Schritt des Codierens als weiteren Teilschritt ein Speichern wenigstens einer Polarisationskurve aufweist, wobei die Bestimmung des Statistikparameters die Polarisationskurve berücksichtigt. Eine Polarisationskurve kann auch als Betriebskurve des elektrochemischen Systems bezeichnet werden und setzt insbesondere den aktuellen Strom und die dazugehörige Spannung miteinander in Korrelation. Daher ist es möglich, die Polarisationskurve direkt als Eingangswert für den Statistikparameter zu verwenden. Hierfür ist es jedoch notwendig, wie bereits erläutert worden ist, den Systemstrom zu erfassen. Insbesondere wird dies bei elektrochemischen Systemen in Form von Brennstoffzellensystemen eingesetzt. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass auch zwei oder mehr Polarisationskurven entsprechend indiziert in das Codierverfahren integriert sein können. Sie können konstant in einem Speicher vorgegeben sein oder einen ebenfalls konstanten Teil des Erfassungsdatensatzes bilden. Sie können am Beginn des Kompressionsdatensatzes gespeichert werden als Teil des Statistikparameters oder separat von diesem. Auch ist es möglich, dass der Kompressionsdatensatz zusätzlich noch den Unterschied zwischen der Polarisationskurve und einem Median und/oder einem Durchschnitt als Statistikparameter enthält.

**[0025]** Ebenfalls von Vorteil ist es darüber hinaus, wenn bei einem erfindungsgemäßen Codierverfahren der Schritt des Codierens als weiteren Teilschritt ein Bestimmen und Speichern der Abweichung des Statistikparameters von einer Normalverteilung aufweist. Dies erlaubt es, die Kompressionsmöglichkeit für den Mittelteil einer Verteilungskurve, also die Normalzellen, welche keine Ausreißerzellen darstellen, mit einer Normalverteilung abzugleichen. Es erfolgt also keine Einzelbewertung dieser Normzellen mehr, sondern vielmehr ein Austausch durch die Normverteilung für diese Normzellen, welche nicht als Ausreißerzellen mit Abweichungs-Zellspannungen bezeichnet werden können.

**[0026]** Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Decodierverfahren für ein Decodieren eines Kompressionsdatensatzes aus einem erfindungsgemäßen Codiervorgang in einen De-Kompressionsdatensatz. Ein solches Decodierverfahren zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:

- Speichern des Statistikparameters als Zellspannung für jede elektrochemische Zelle des elektrochemischen Systems,
- Speichern der Abweichungs-Zellspannungen für die entsprechenden elektrochemischen Zellen unter Überschreiben der jeweils gespeicherten Statistikparameter.

**[0027]** Während ein Kompressionsdatensatz durch die Überbrückung der Kompression für die Ausreißerzellen bereits direkt ausgewertet werden kann, kann es für weitere Einsatzzwecke sinnvoll sein, den Kompressionsdatensatz wieder vollständig auf zum Beispiel 1000 Datenwerte im Beispiel für 1000 elektrochemische Zellen zu decodieren. Diese Decodierung führt zu einem De-Kompressionsdatensatz, welcher mit dem Erfassungsdatensatz korreliert. Dadurch, dass bei der Kompression im Codierschritt jedoch die Einzelinformationen durch die Kombination in dem gemeinsamen Statistikparameter verlorengegangen sind, wird nun im ersten Schritt der Decodierung ein Einsetzen dieses Statistikparameters als Zellspannung für alle elektrochemischen Zellen durchgeführt. Wird beispielsweise der Medianwert als Statistikparameter im Codiervorgang eingesetzt, so wird bei der Decodierung im De-Kompressionsdatensatz für alle elektrochemischen Zellen dieser Medianwert als Zellspannung gespeichert. Im zweiten Schritt erfolgt nun ein Überschreiben dieser eingesetzten Medianwerte als Statistikparameter für genau die elektrochemischen Zellen, für welche im Kompressionsdatensatz eine Abweichungs-Zellspannung vorhanden ist. Bei diesen elektrochemischen Zellen handelt es sich um die sogenannten Ausreißerzellen, welche bei der weiteren Auswertung von entscheidender Bedeutung sind. Sie werden bei der Decodierung mit den exakten und aus der Kompression ausgeschlossenen Informationen in Form der vorhandenen und gespeicherten Abweichungs-Zellspannungen im De-Kompressionsdatensatz aufgenommen.

**[0028]** Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Codiervorrichtung für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Codiervorgangs mit einem Erfassungsmodul, einem Speichermodul, einem Codiermodul und einem Ausgabemodul, welche für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Codiervorgangs ausgebildet sind. Damit bringt eine solche Codiervorrichtung die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Codiervorgang erläutert worden sind.

**[0029]** Nicht näher ausgeführt, aber auch Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Decodiervorrichtung mit einer Speichervorrichtung, welche in der Lage ist, ein erfindungsgemäßes Decodierverfahren auszuführen.

**[0030]** Ein darüberhinausgehender Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer, diesen veranlassen, die Schritte eines erfindungsgemäßen Codiervorgangs und/oder die Schritte eines erfindungsgemäßen Decodierverfahrens durchzuführen. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Codiervorgang sowie ein erfindungsgemäßes Decodierverfahren erläutert worden sind.

**[0031]** Weitere Merkmale, Vorteile 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:

**[0032]** Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Codiervorrichtung,

**[0033]** Fig. 2 eine schematische Darstellung der Teilschritte des Codierschritts,

**[0034]** Fig. 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Codiervorrichtung,

**[0035]** Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Codiervorrichtung,

**[0036]** Fig. 5 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Codiervorrichtung,

**[0037]** Fig. 6 eine Darstellung eines erfindungsgemäßen Decodierverfahrens.

**[0038]** In der Figur 1 ist schematisch ein elektrochemisches System 100, beispielsweise in Form eines Brennstoffzellensystems, dargestellt. Die einzelnen elektrochemischen Zellen 110 können einzelne Brennstoffzellen in einem Brennstoffzellenstapel eines Brennstoffzellensystems sein. Eine Vielzahl von Sensoren erlaubt es für jede einzelne elektrochemische Zelle 110 eine zugehörige Zellspannung ZU zu erfassen. Hier soll die Anzahl der elektrochemischen Zellen 110 mit „n“ bezeichnet werden, sodass entsprechend insgesamt n Zellspannungen ZU-1 bis ZU-n von dem Erfassungsmodul 20 erfasst werden. Das Speichermodul 30 ist in der Lage, diese in den Erfassungsdatensatz ED zu überführen, welcher entsprechend auch über n Zeilen die zugehörigen Werte der Zellspannungen ZU einspeichert. Handelt es sich um 1000 elektrochemische Zellen 110 ist der Wert für n demnach 1000 und der Erfassungsdatensatz ED weist entsprechend 1000 Einzelwerte in 1000 Zeilen auf.

**[0039]** Um nun eine zielgerichtete Kompression unter verbleibender einfacher Auswertbarkeit durchzuführen, kann das erfindungsgemäße Codiervorrichtung 10 der Figur 1 nun in der Lage sein, über das Codiermodul 40 einige Teilschritte durchzuführen. Dabei wird im ersten Schritt ein Statistikparameter zur Verfügung gestellt, welcher mit Bezug auf die Figur 2 näher erläutert wird.

**[0040]** Die Teilschritte der Codierung in der Figur 2 zeigen einen Zeitpunkt, welcher als senkrechte Linie im oberen Teil der Figur 2 dargestellt ist. Während im oberen Teil der Figur 2 der jeweilige Medianwert als Statistikparameter SP für die Zellspannungen ZU angegeben ist, zeigt die Figur 2 zu exakt diesem Zeitpunkt die Einzelwerte für alle einzelnen elektrochemischen Zellen 110. Diese schwanken um den Statistikparameter SP, welcher hier bei circa 650 mV liegt. Über Abweichungsgrenzen AG, welche oberhalb und unterhalb um den Statistikparameter SP herum angeordnet sind, können entsprechend hier sechs Abweichungs-Zellspannungen AZU erkannt werden.

**[0041]** In Figur 1 ist der Übersichtlichkeit halber die Anzahl der Ausreißerzellen auf die Zellen 6, 8 und 9 (nicht näher definiert in den Figuren) begrenzt. Das bedeutet, dass in den Teilschritten des Codierschrittes das Codiermodul 40 nun den Statistikparameter SP als Medianwert auf 650 (in der Einheit mV) setzt. Dadurch, dass bei einer gewählten Abweichungsgrenze AG und dem Statistikparameter SP von 650 insgesamt 3 der einzelnen elektrochemischen Zellen 110 den Abweichungsgrenzwert AG überschreiten, wird als Abweichungsanzahl AA die 3 in dem Kompressionsdatensatz KD gespeichert. Für diese drei abweichenden Ausreißerzellen wird nun die entsprechende Abweichungs-Zellspannung AZU 6-620, 8-680 und 9-610 mit den zugehörigen Werten gespeichert (In den Figuren stellt die erste Zahl die Zellnummer und die Zahl nach dem Bindestrich die Abweichungszellspannung AZU dar) und anschließend über das Ausgabemodul 50 der Kompressionsdatensatz KD ausgegeben.

**[0042]** Bei einem Beispiel von bis zu 1000 Zellen reduziert also das Codiermodul 40 den Erfassungsdatensatz ED von 1000 Zellen auf hier fünf Zellen. Diese fünf Zellen beinhalten jedoch die entscheidenden Zellen 6, 8 und 9, welche als Ausreißerzellen weit von den Normzellen abweichen, in unkomprimierter Weise, sodass in einer nachfolgenden Auswertelogik sehr schnell auf die tatsächliche Funktionssituation des elektrochemischen Systems 100 rückgeschlossen werden kann.

**[0043]** Die Figur 3 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform der Figur 1. Hier ist zusätzlich ein Stromsensor für das elektrochemische System 100 vorgesehen. Über diesen kann der Systemstrom SI von dem Erfassungsmodul 20 erfasst und im Erfassungsdatensatz ED gespeichert werden. Im Fall eines Brennstoffzellensystems kann der Systemstrom (SI) auch als Stapelstrom bezeichnet werden. Dieser Stromwert als Systemstrom SI kann ebenfalls in den Kompressionsdatensatz KD überführt werden oder, wie später noch erläutert, weitere Verwendung finden.

**[0044]** Weiter zeigt die Figur 4 eine Lösung, bei der zusätzlich zu den tatsächlichen und absoluten Parameterwerten für die Abweichungs-Zellspannungen AZU auch einzelne Abweichungsdiffe-

renzen AD-1 und AD-2 gespeichert werden. Diese erlauben es, zusätzlich noch weitere statistische Analysen durchzuführen und als relative Aussagen einen Hinweis zu geben, wie stark die Streuung der Ausreißerzellen und der zugehörigen Abweichungs-Zellspannungen AZU ist. Selbstverständlich können auch mehr Abweichungsdifferenzen AD-n gespeichert werden.

**[0045]** Steht der Systemstrom SI zur Verfügung, kann zusätzlich noch eine Polarisationskurve PK im Codiermodul 40 berücksichtigt werden. Eine solche Ausführungsform ist in der Figur 5 dargestellt. Dies erlaubt es nun, beim Erzeugen der Abweichungsgrenze AG und/oder beim Erzeugen des Statistikparameters SP diese Polarisationskurven PK zu verwenden, mit einem Medianwert oder einem Durchschnittswert zu vergleichen oder direkt als Statistikparameter SP zu setzen. Zur weiteren Verdeutlichung liegt daher hier bei der Verwendung der Polarisationskurve PK der Statistikparameter SP bei dem Wert „5“. Darüber hinaus zeigt die Figur 5 eine Lösung, bei welcher der Abweichungsgrenzwert AG variabel ausgebildet ist. Bevor der Kompressionsdatensatz KD geschrieben wird. Erfolgt hier eine im Codiermodul 40 ausgebildete Schleife, um sicherzustellen, dass der am besten passende Kompressionsgrad gewählt wird. Beispielsweise kann bestimmt werden, bei welchem Kompressionsgrad und damit bei welchem variabel angepassten Abweichungsgrenzwert AG eine gewünschte Abweichungsanzahl AA erreicht, überschritten oder unterschritten wird. Auch können Korridore vorgegeben werden, welche als Zielkorridor einen gewünschten Bereich für die Abweichungsanzahl AA ergeben. Damit kann bei jedem Durchlauf eines erfindungsgemäßen Codiervorgangs der Abweichungsgrenzwert AG so angepasst werden, dass die gewünschte und damit die ideale Rate für die Kompression auch tatsächlich erreicht wird.

**[0046]** Die Figur 6 zeigt eine mögliche Decodierung, bei welcher wieder die vom Erfassungsdatensatz ED gleiche Anzahl an Dateninformationen in einem De-Kompressionsdatensatz DKD erzeugt werden kann. Aus dem Kompressionsdatensatz KD wird nun im links in der Figur 6 dargestellten ersten Schritt der Statistikparameter SP als Zellspannung ZU für alle einzelnen (hier neun Stück) elektrochemischen Zellen 110 gesetzt. Im zweiten Schritt werden diejenigen einzelnen Zellen (in der Figur 6 die Zellen 6, 8 und 9) überschrieben, für welche eine Abweichungs-Zellspannung AZU vorhanden ist. Damit erfolgt also ein Erzeugen eines dem Erfassungsdatensatz ED ähnlichem und mit diesem korrelierenden De-Kompressionsdatensatz, welcher trotz des Verlustes der Einzelinformationen für die Normzellen spezifische Informationen in Form der Abweichungs-Zellspannungen AZU für die Ausreißerzellen enthält.

**[0047]** Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

## BEZUGSZEICHENLISTE

10 Codiervorrichtung  
20 Erfassungsmodul  
30 Speichermodul  
40 Codiermodul  
50 Ausgabemodul

100 elektrochemisches System  
110 elektrochemische Zelle

SI Systemstrom  
ZU Zellspannung  
ED Erfassungsdatensatz  
KD Kompressionsdatensatz  
DKD De-Kompressionsdatensatz  
SP Statistikparameter  
PK Polarisationskurve  
AG Abweichungsgrenzwert  
AA Abweichungsanzahl  
AD Abweichungsdifferenz  
AZU Abweichungs-Zellspannung

## Patentansprüche

1. Codiervorgahren für ein Codieren von erfassten Zellspannungen (ZU) einer Vielzahl elektrochemischer Zellen (110) eines Brennstoffzellensystems, wobei die folgenden Schritte vorgehen sind:
  - Erfassen der Zellspannungen (ZU) der Vielzahl der elektrochemischen Zellen (110),
  - Speichern der erfassten Zellspannungen (ZU) in einem Erfassungsdatensatz (ED),
  - Codieren des Erfassungsdatensatzes (ED) zu einem Kompressionsdatensatz (KD), wobei der Schritt des Codierens die folgende Teilschritte aufweist:
    - o Bestimmen und Speichern wenigstens eines gemeinsamen Statistikparameters (SP) für alle erfassten Zellspannungen (ZU),
    - o Bestimmen und Speichern der Abweichungsanzahl (AA) von Abweichungs-Zellspannungen (AZU) aller erfassten Zellspannungen (ZU) mit einer Abweichung vom bestimmten Statistikparameter (SP) oberhalb eines vorgegebenen Abweichungsgrenzwerts (AG),
    - o Speichern aller Abweichungs-Zellspannungen (AZU),
  - Ausgeben des Kompressionsdatensatzes (KD),
  - **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schritt des Codierens als weiteren Teilschritt ein Speichern wenigstens einer Polarisationskurve (PK) aufweist, wobei die Bestimmung des Statistikparameters (SP) die Polarisationskurve (PK) berücksichtigt.
2. Codiervorgahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich noch ein Erfassen des Systemstroms (SI) und/oder der Systemleistung des elektrochemischen Systems (100) erfolgt, wobei der Schritt des Codierens zusätzlich noch als weiteren Teilschritt ein Speichern des erfassten Systemstroms (SI) aufweist.
3. Codiervorgahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schritt des Codierens als weiteren Teilschritt ein Bestimmen und Speichern der Abweichungsdifferenz (AD) aller Abweichungs-Zellspannungen (AZU) zum bestimmten Statistikparameter (SP) aufweist.
4. Codiervorgahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Statistikparameter (SP) wenigstens einer der folgenden verwendet wird:
  - Medianwert
  - Durchschnittswert
  - Vorgabewert
5. Codiervorgahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kompressionsdatensatz (KD) eine Auflösung von 1mV aufweist.
6. Codiervorgahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abweichungs-Zellspannungen (AZU) am Ende des Kompressionsdatensatzes (KD) gespeichert werden.
7. Codiervorgahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abweichungsgrenzwert (AG) variabel ausgebildet ist, wobei als Schritt des Codiervorgahrens und/oder Teilschritt des Schritts des Codierens eine Anpassung des Abweichungsgrenzwerts (AG) erfolgt.
8. Codiervorgahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Anpassung des Abweichungsgrenzwerts (AG) die Abweichungsanzahl (AA) für unterschiedliche Abweichungsgrenzwerte (AG) bestimmt wird und der Abweichungsgrenzwert (AG) auf einen Wert angepasst wird, welcher eine vorgegebene Abweichungsanzahl (AA) nicht überschreitet.

9. Codiervorgang nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schritt des Codierens als weiteren Teilschritt ein Bestimmen und Speichern der Abweichung des Statistikparameters (SP) von einer Normalverteilung aufweist.
10. Decodierverfahren für ein Decodieren eines Kompressionsdatensatzes (KD) aus einem Codiervorgang mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9 in einen De-Kompressionsdatensatz (DKD), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
  - Speichern des Statistikparameters (SP) als Zellspannung (ZU) für jede elektrochemische Zelle (110) des elektrochemischen Systems (100),
  - Speichern der Abweichungs-Zellspannungen (AZU) für die entsprechenden elektrochemischen Zellen (110) unter Überschreiben der jeweils gespeicherten Statistikparameter (SP).
11. Codiervorrichtung (10) für die Durchführung eines Codiervorgangs mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9, **gekennzeichnet durch** ein Erfassungsmodul (20) zum Erfassen der Zellspannungen (ZU) der Vielzahl der elektrochemischen Zellen (110), ein Speichermodul (30) zum Speichern der erfassten Zellspannungen (ZU) in einem Erfassungsdatensatz (ED), ein Codiermodul (40) zum Codieren des Erfassungsdatensatzes (ED) zu einem Kompressionsdatensatz (KD) mittels einem Bestimmen und Speichern wenigstens eines gemeinsamen Statistikparameters (SP) für alle erfassten Zellspannungen (ZU), einem Bestimmen und Speichern der Abweichungsanzahl (AA) von Abweichungs-Zellspannungen (AZU) aller erfassten Zellspannungen (ZU) mit einer Abweichung vom bestimmten Statistikparameter (SP) oberhalb eines vorgegebenen Abweichungsgrenzwerts (AG) und einem Speichern aller Abweichungs-Zellspannungen (AZU), weiter aufweisend ein Ausgabemodul (50) zum Ausgeben des Kompressionsdatensatzes (KD), wobei das Erfassungsmodul (20), das Speichermodul (30), das Codiermodul (40) und/oder das Ausgabemodul (50) insbesondere für die Durchführung eines Codiervorgangs mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet sind.
12. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines Codiervorgangs mit den Merkmalen der Ansprüche 1 bis 9 und/oder die Schritte eines Decodierverfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 10 auszuführen.

**Hierzu 6 Blatt Zeichnungen**

1/6

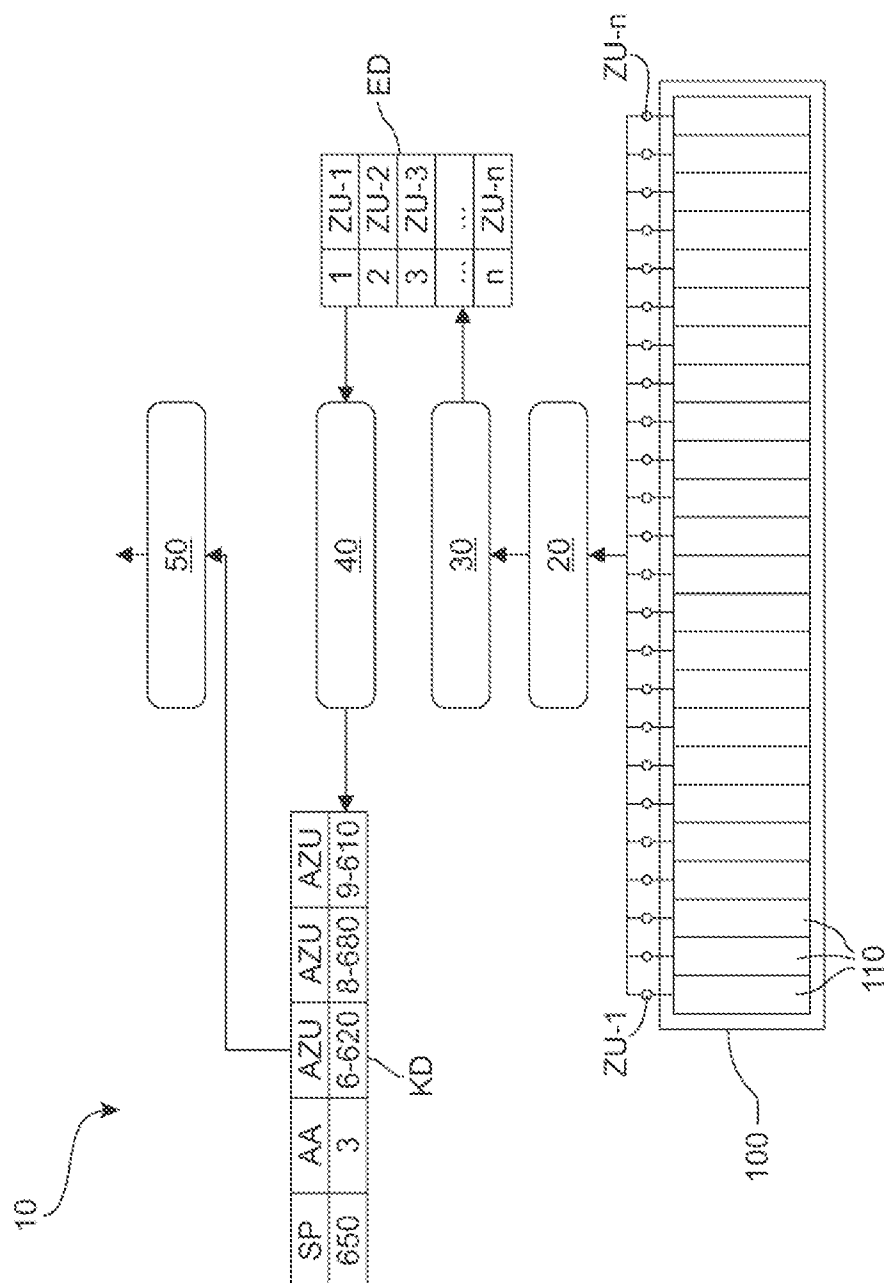


Fig. 1

2/6

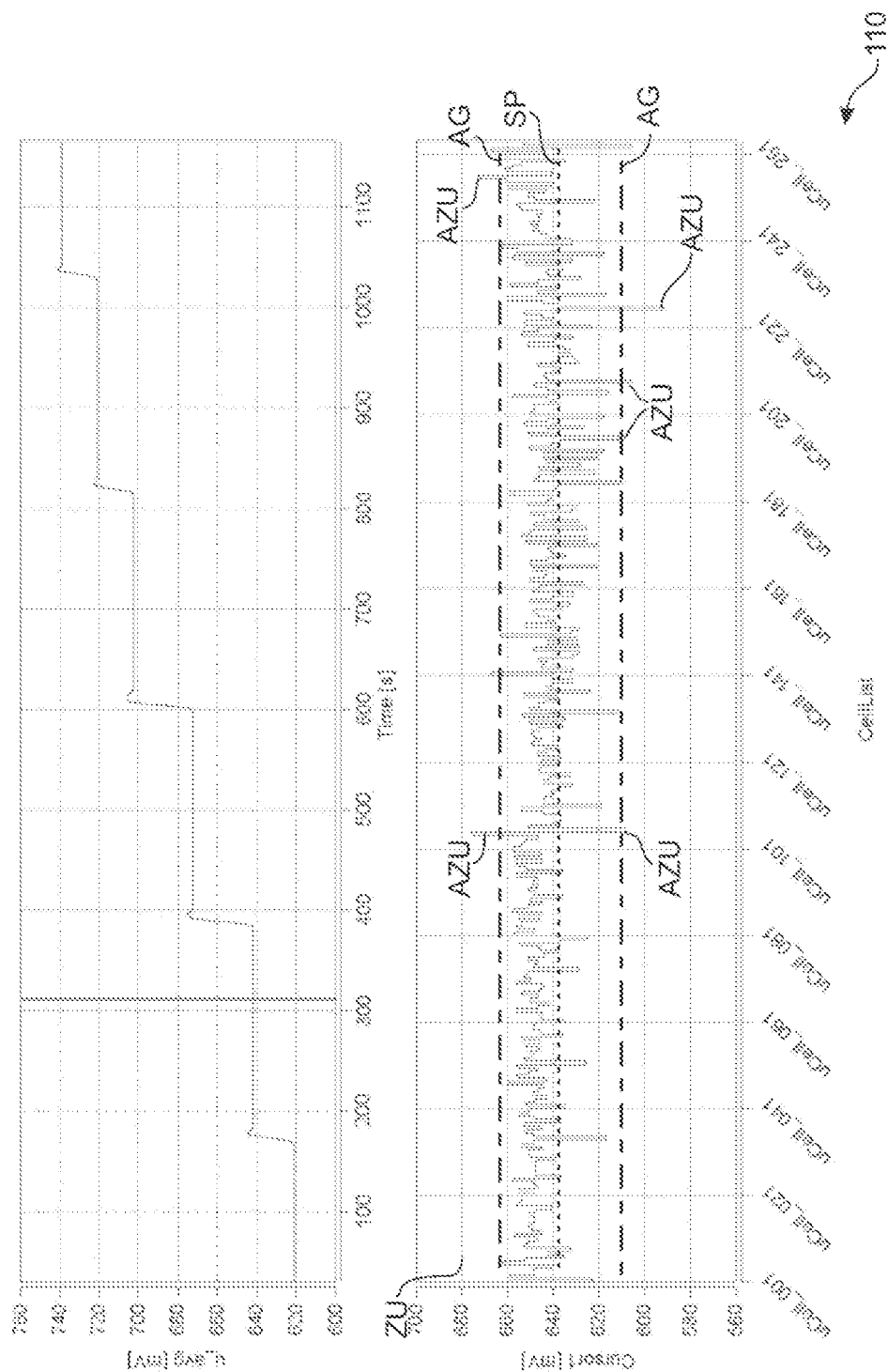


Fig. 2

3/6

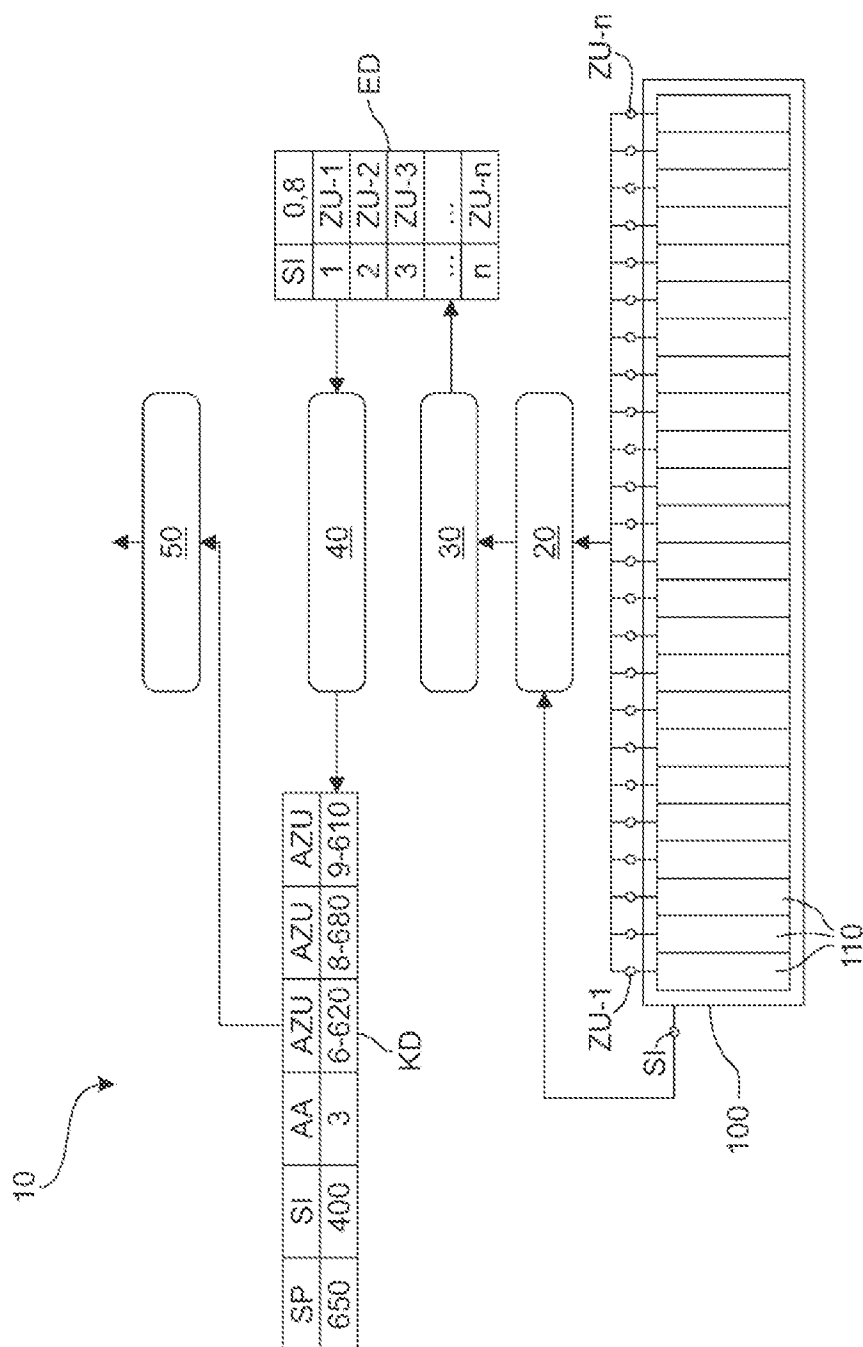


Fig. 3

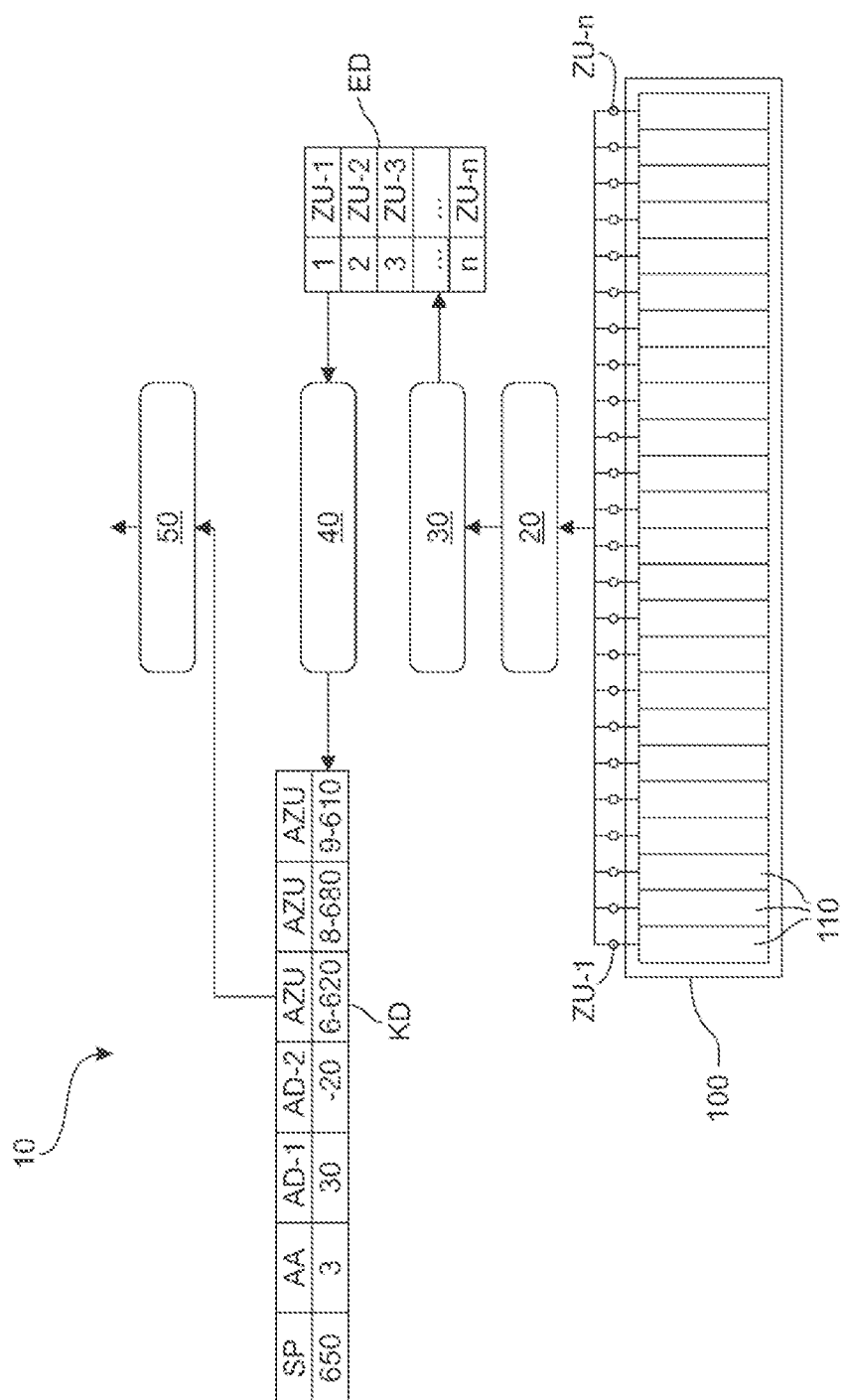


Fig. 4

5/6

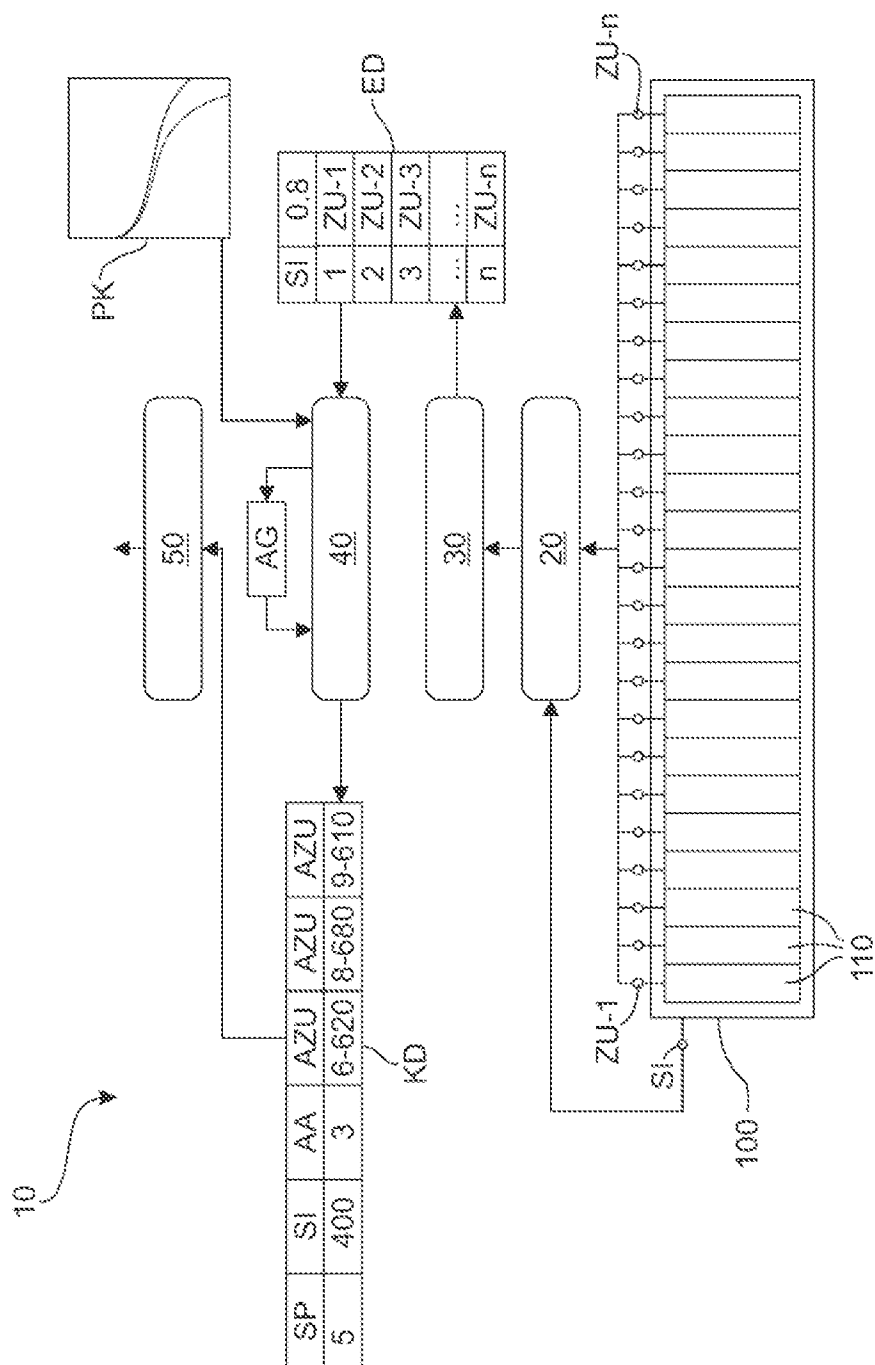


Fig. 5

6/6

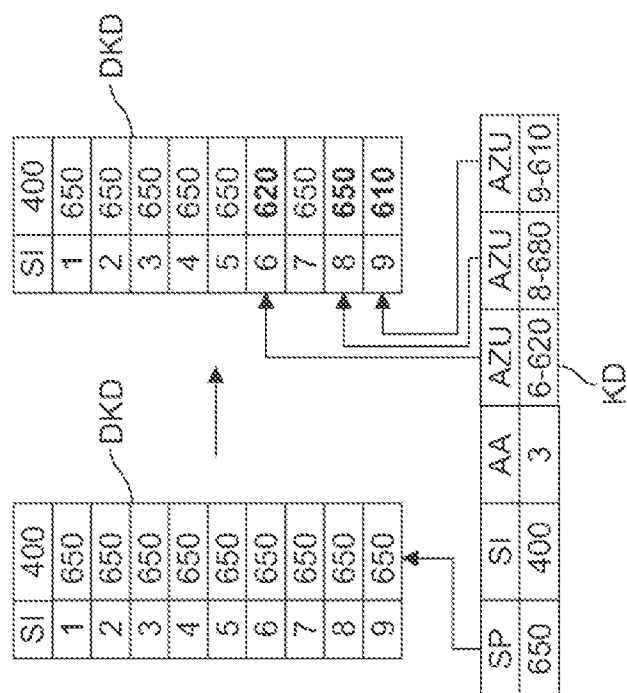


Fig. 6