

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50487/2020
(22) Anmeldetag: 05.06.2020
(43) Veröffentlicht am: 15.08.2021

(51) Int. Cl.: **H01M 50/342** (2021.01)
H01M 50/392 (2021.01)
H01M 50/691 (2021.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2019386264 A1
US 2015064523 A1
JP 2003123736 A
EP 3297065 A1

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

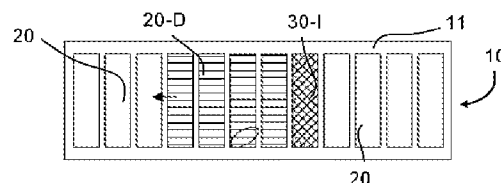
(72) Erfinder:
Aiello Luigi
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Hartinger Mario Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Batteriemodul**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Batteriemodul (10) zur Speicherung von elektrischer Energie mit einer Mehrzahl von Batteriezellen (20), die in einer Verbundanordnung zueinander benachbart angeordnet und elektrisch miteinander verbunden sind, einem Modulgehäuse (11) zur Aufnahme der Verbundanordnung von Batteriezellen (20) und wenigstens einer Sensorvorrichtung (40) zur Detektierung eines Kurzschlusszustands (X). Wenigstens eine Batteriezelle (20) ist als eine ionisch isolierbare Barriere-Batteriezelle (30) ausgebildet, wobei die Barriere-Batteriezelle (30) ein Schaltelement (50) aufweist zum Schalten der Barriere-Batteriezelle (30) aus einem Normalzustand (N) für den Normalbetrieb des Batteriemoduls (10) in einen Isolationszustand (I), bei dem ein Ionentransport in der Barriere-Batteriezelle (30) im Vergleich zu dem Normalzustand (N) gehemmt ist.

Fig. 5



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Batteriemodul (10) zur Speicherung von elektrischer Energie mit einer Mehrzahl von Batteriezellen (20), die in einer Verbundanordnung zueinander benachbart angeordnet und elektrisch miteinander verbunden sind, einem Modulgehäuse (11) zur Aufnahme der Verbundanordnung von Batteriezellen (20) und wenigstens einer Sensorvorrichtung (40) zur Detektierung eines Kurzschlusszustands (X). Wenigstens eine Batteriezelle (20) ist als eine ionisch isolierbare Barriere-Batteriezelle (30) ausgebildet, wobei die Barriere-Batteriezelle (30) ein Schaltelement (50) aufweist zum Schalten der Barriere-Batteriezelle (30) aus einem Normalzustand (N) für den Normalbetrieb des Batteriemoduls (10) in einen Isolationszustand (I), bei dem ein Ionentransport in der Barriere-Batteriezelle (30) im Vergleich zu dem Normalzustand (N) gehemmt ist.

Fig. 5

Batteriemodul

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Batteriemodul zur Speicherung von elektrischer Energie mit einem sicherheitsorientierten Aufbau zur Unterdrückung oder Vermeidung eines thermischen Durchgangs bzw. eines sogenannten Thermal Runaway in einer Verbundanordnung von Batteriezellen.

Derartige Batteriemodule umfassen beispielsweise einen Stapel von Pouch-Zellen oder eine ähnliche aufgereichte Anordnung von zylindrischen oder prismatischen Batteriezellen. Die Batteriezellen sind in der Regel vom Typ eines elektrochemischen Akkumulators bzw. einer Sekundärbatterie wie beispielsweise eine Lithium-Ionen-Batterie. Batteriemodule bilden oftmals austauschbare Untereinheit eines größeren Batteriepakets wie insbesondere einer Traktionsbatterie für ein elektrisch angetriebenes Fahrzeug oder einer stationären Speicherbatterie.

Wie im Allgemeinen bekannt ist, kann durch verschiedene Ursachen wie ein Überladen, ein Aussetzen hoher Temperaturen oder eine zerstörerischen Krafteinwirkung einen Brand von Batteriezellen verursacht werden. Mit Ausnahme einer exotherm frei werdenden Energie, die auf eine oxidative Entflammung einer gegebenenfalls brennbaren Batteriechemie zurückzuführen sein kann, liegt der Großteil eines exothermen Energiepotenzials der Batteriezellen und somit eine größere Gefahr in Form der gespeicherten elektrischen Energie vor. Falls im Zellaufbau eine Bildung von Kurzschlüssen entsteht, kommt es zu schnellen Entladungen der gespeicherten elektrischen Energie. Dabei treten hohe Entladungsleistungen mit hohen Kurzschlussströmen auf, welche die Leitermaterialien in den Kurzschlussstrecken aufgrund von Innenwiderständen um mehrere hundert Grad Celsius aufheizen und den gesamten Zellaufbau in kurzer Zeit zum Schmelzen bringen und kollabieren lassen. Kurzschlüsse können durch eine Berührung der Batterieelektroden auftreten, wenn eine zwischen diesen liegende Separatorfolie beschädigt wird oder schmilzt. Ebenso kann ein Kurzschluss durch ein Eindringen eines elektrisch leitfähigen Fremdkörpers, oder einer Dendritbildung aus Lithiumablagerungen zwischen den beiden Batterieelektroden auftreten.

Die Energiefreisetzung einer kurzgeschlossenen Batteriezelle kann durch Wärme und Druck an eine benachbarte Batteriezelle zu einer Deformation und einem

Schmelzen einer Separatorfolie oder dergleichen führen, wodurch auch in dieser benachbarten Batteriezelle Kurzschlüsse durch Berührungspunkte der Batterieelektroden auftreten. Somit entsteht insbesondere in räumlich kompakten Anordnungen von Batteriezellen eine Kettenreaktion aus Aufheizung, Deformation und Kurzschlüssen in benachbarten Batteriezellen, also ein Thermal Runaway bzw. ein thermisches Durchgehen in einer Batteriezellenanordnung.

Im Stand der Technik bestehen Bestrebungen, durch eine Auswahl von Materialien und Gestaltungen von Gehäusen eine Auswirkung zu einer Umgebung möglichst gering zu halten, wenn ein Thermal Runaway in einer Batteriezellenanordnung innerhalb eines solchen Gehäuses auftritt. Derartige hochtemperaturfeste und thermisch isolierende Gehäuse können hohe Kosten für anwendungsspezifische Materialien und Verbundwerkstoffe sowie deren Verarbeitung oder für komplexe Strukturen im Aufbau des Gehäuses hervorrufen. Ferner bestehen hohe Anforderungen an sicherheitsrelevante Eigenschaften derartiger Gehäuse, wenn eine Homologation für den Fahrzeugbau erreicht werden sollen.

Neben dem Ansatz eines verbesserten Gehäuses, bestehen im Stand der Technik auch vereinzelte Bestrebungen zur Modifikation eines Zellenaufbaus oder der enthaltenen Aktivmaterialien, die darauf abzielen, im Falle eines Thermal Runaways höheren Temperaturen stand halten zu können. Batteriezellen werden in großen Stückzahlen gefertigt und unterliegen sensibel abgestimmten Zusammensetzungen, um eine hohe Energiedichte zu erzielen. Eine erhöhte Komplexität in dem Zellenaufbau kann daher einen erheblich negativen Einfluss auf die Fertigungskosten der Batteriezellen mit sich bringen. Ebenso kann ein funktionaler Kompromiss an den Aktivmaterialien eine Wettbewerbsfähigkeit der Speicherkapazitäten empfindlich beeinflussen oder einen lange Entwicklungsaufwand nach sich ziehen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es einen Thermal Runaway bei einem Batteriemodul zu begrenzen oder zumindest zu verringern. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, dass ein Batteriemodul mit der gewünschten Eigenschaft kostengünstig realisierbar ist und nicht mit einer Verringerung der Speicherkapazität bzw. Energiedichte der enthaltenen Batteriezellen im Betrieb einhergeht.

Die voranstehende Aufgabe wird durch ein Batteriemodul mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Batteriemodul beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Batteriepaket oder dem Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

Das Batteriemodul zur Speicherung von elektrischer Energie umfasst eine Mehrzahl von Batteriezellen, die in einer Verbundanordnung zueinander benachbart angeordnet und elektrisch miteinander verbunden sind und ein Modulgehäuse zur Aufnahme der Verbundanordnung von Batteriezellen. Zur Unterdrückung eines thermischen Durchgehens bzw. eines Thermal Runaways umfasst das Batteriemodul wenigstens eine Sensorvorrichtung zur Detektierung eines Kurzschlusszustands, der wenigstens einer Batteriezelle zuordenbar ist. Dazu ist erfindungsgemäß wenigstens eine Batteriezelle als eine ionisch isolierbare Barriere-Batteriezelle ausgebildet. Die Barriere-Batteriezelle weist ein Schaltelement zum Schalten der Barriere-Batteriezelle aus einem Normalzustand für den Normal-betrieb des Batteriemoduls in einen Isolationszustand auf, bei dem ein Ionentransport in der Barriere-Batteriezelle im Vergleich zu dem Normalzustand gehemmt ist.

Gemäß Definition dieser Offenbarung ist unter einer Batteriezelle eine umschlossene Einheit mit zwei Batterieelektroden zu verstehen, wobei die Zellenspannung der Batteriezelle dem elektrochemischen Potenzial der verwendeten Aktivmaterialien entspricht, das zwischen den zwei Batterieelektroden anliegt.

Gemäß Definition dieser Offenbarung ist unter dem ionischen Isolationszustand, in den die Barriere-Batteriezelle durch ein Schaltelement versetzbar bzw. umschaltbar ist und bei dem ein Ionentransport in der Barriere-Batteriezelle gehemmt ist, eine Manipulation oder einen Eingriff in einem Füllvolumen des ionisch leitfähigen Elektrolytmediums zu verstehen.

Im Allgemeinen erfolgt in dem Elektrolytmedium einer Batteriezelle ein Ionenaustausch, der einen Ladungsausgleich eines externen Stroms oder auch eines Kurzschlussstroms von Elektronen herstellt. Eine Hemmung des Ionentransports, die für den ionischen Isolationszustand bezeichnend ist, kann sowohl durch eine Veränderung der Leitfähigkeit oder der Konzentration des Elektrolytmediums, oder aber eine teilweise bis annähernd vollständige Entnahme des Füllvolumens des Elektrolytmediums aus der Batteriezelle realisiert werden. Der ionische Isolationszustand stoppt einen Ladungsausgleich zwischen Ionen und Elektronen, wodurch ein Stromkreis der Batteriezelle unterbrochen wird. Infolgedessen wird auch ein Strom der Elektronen gestoppt, wodurch insbesondere auch ein interner Kurzschlussstrom unterbunden werden soll.

Die Wirkungsweise einer Hemmung des Ionentransports in einer Barriere-Batteriezelle des erfindungsgemäßen Batteriezellenmoduls setzt somit nicht wie im Stand der Technik bekannt, an einer Eindämmung einer Auswirkung eines Thermal Runaways oder an einer Beeinträchtigung einer Ausbreitung desselben auf, sondern vielmehr an einer Unterbrechung einer Ursache des Thermal Runaways.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Lösungsansatz kann durch eine Manipulation einer Batteriezelle, in der aufgrund mangelnder Ionentransportfähigkeit kein Kurzschluss auftritt, eine Kettenreaktion in einer Reihe benachbarter Batteriezellen unterbrochen werden. Dadurch soll ein Fortlaufen des Thermal Runaways durch das gesamte Batteriezellenmodul an der manipulierten Batteriezelle im Sinne einer Ausbreitungsbarriere gestoppt werden.

Hinsichtlich den zuvor genannten Bestrebungen im Stand der Technik baut das erfindungsgemäße Batteriezellenmodul weder auf einer Modifikation auf Ebene der Batteriezellen auf noch auf einer Verbesserung des Gehäuses. Der erfindungsgemäße Lösungsansatz unterscheidet sich grundlegend darin, dass nicht ein Batteriezellenmodul einheitlich mit einem neuen Typ von sicherheitsoptimierten Batteriezellen bestückt wird, sondern dass zumindest eine der herkömmlichen Batteriezellen durch eine spezifische Batteriezelle mit einer neuen Sicherheitsfunktionalität ersetzt wird.

Allgemein ausgedrückt, basiert der sicherheitsorientierte Aufbau des erfindungsgemäßen Batteriezellenmoduls somit nicht auf einem generellen Austausch von Bestandteilen eines Typs durch modifizierte Bestandteile desselben Typs, sondern ergibt sich aus einer Kombination eines funktional erweiterten Bestandteils eines Typs mit gleichbleibenden Bestandteilen desselben Typs.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Batteriezellenmoduls besteht darin, dass gleichbleibende Bestandteile eines Gehäuses weiterhin für den sicherheitsorientierten Aufbau übernommen werden können und keiner Modifikation durch spezifische Materialien bedürfen. Hierdurch wird eine Kostenerhöhung vermieden.

Ein ähnlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Batteriezellenmoduls besteht darin, dass die herkömmlichen, kostengünstiger beziehbaren Batteriezellen für den sicherheitsorientierten Aufbau übernommen werden können. Hierdurch wird eine Beeinträchtigung der Speicherkapazitäten der Batteriezellen und wiederum eine Kostenerhöhung vermieden.

Die Barriere-Batteriezellen mit der erweiterten Funktionalität eines ionischen Isolationszustands, welche mit erhöhten Kosten verbunden sind, können in einer geringeren, vorzugsweise erheblich geringeren Stückzahl im Vergleich zu den herkömmlichen, kostengünstigeren Batteriezellen eingesetzt und bezogen werden.

Es kann von Vorteil sein, wenn die Barriere-Batteriezelle beabstandet zu wenigstens einem Ende der Mehrzahl der Batteriezellen, insbesondere beabstandet zu beiden Enden der Mehrzahl von Batteriezellen, angeordnet ist. In dieser Konfiguration wird die Anzahl der Barriere-Batteriezellen minimiert und es werden die geringsten Kosten erzielt. Die Anordnung einer einzigen Barriere-Batteriezelle in der Mitte eines Batteriemoduls gewährt bereits eine effektive Begrenzung einer Ausbreitung des Thermal Runaways auf lediglich die Hälfte der Batteriezellen. Somit wird eine potenziell freisetzbare Energie aus einer exothermen Kurzschlussentladung bereits halbiert.

Noch vorteilhafter kann es sein, wenn zumindest zwei der Batteriezellen als Barriere-Batteriezellen ausgebildet sind, welche insbesondere zueinander und/oder zu den Enden der Mehrzahl der Batteriezellen regelmäßige oder im Wesentlichen regelmäßige Abstände aufweisen. Unter der Annahme einer über alle Batteriezellen gleichmäßigen Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Auslösung eines Thermal Runaways, resultiert aus einer gleichmäßigen Verteilung der Barriere-Batteriezellen der kürzeste

mittlerer Ausbreitungsweg. Durch den Einsatz von lediglich zwei Barriere-Batteriezelle wird eine potenziell freisetzbare Energie bereits auf circa ein Drittel reduziert. Hierin verdeutlicht sich die Effektivität des sicherheitsorientierten Aufbaus des erfindungsgemäßen Batteriemoduls im Vergleich zu Maßnahmen wie einer Modifizierung eines Gehäuses oder dergleichen.

Vorteilhaft kann es darüber hinaus sein, wenn die wenigstens eine Barriere-Batteriezelle wenigstens eines der folgenden Schaltelemente aufweist: ein Einlassventil, ein Auslassventil, einen Druckbehälter für ein druckbeaufschlagtes Fluid, einen Auffangbehälter für das Elektrolytmedium, oder einen Behälter mit einem Isolationsmedium für das Elektrolytmedium. Aus dieser Auswahl an Schaltelementen ergeben sich verschiedene vorteilhafte Techniken zur Manipulation des Elektrolytmediums, um den Isolationszustand herbei zu führen, wie später beschrieben wird.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn wenigstens zwei Batteriezellen als identische oder im Wesentlichen identische Barriere-Batteriezellen ausgebildet sind. In diesem Sinne ist es kosteneffizient, wenn lediglich ein Typ aus mehreren möglichen Typen und zur Verfügung stehenden Ausgestaltungsvarianten einer Barriere-Batteriezelle bezogen und eingesetzt werden. Hierdurch können die Kosten und eine Komplexität niedrig gehalten werden.

Einen weiteren Vorteil kann es mit sich bringen, wenn die wenigstens eine Barriere-Batteriezelle die gleichen geometrischen Abmessungen und/oder die gleichen elektrischen und/oder chemischen Eigenschaften wie die benachbarten Batteriezellen aufweist. In diesem Sinne ist eine Integration in Bezug auf eine benachbarte Anordnung der Batteriezellen und eine Integration in Bezug auf die elektrischen Parameter der benachbarten Batteriezellen einfacher, wenn ein Aufbau und die Aktivmaterialien der Barriere-Batteriezelle weitestgehend den anderen Batteriezellen entsprechen, mit Ausnahme der zusätzlich hinzugefügten Funktionalität, d.h. insbesondere einer Integration eines Schaltelements an der Batteriezelle. Darüber hinaus ergeben sich selbstredend Kostenvorteile durch eine größtmögliche Schnittmenge an gleichen Elementen.

Weiters kann es von Vorteil sein, wenn die Sensorvorrichtung für wenigstens zwei Batteriezellen, insbesondere für alle Batteriezellen, Sensormittel in und/oder an der jeweiligen Batteriezelle aufweist für eine Detektierung des Kurzschlusszustandes spezifisch zu der jeweiligen Batteriezelle. Je unmittelbarer bzw. je besser räumlich

zuordenbar eine Erfassung von Fehlerzuständen erfolgt, desto schneller und genauer ist eine Reaktion durch ein Batteriemanagement möglich. Demzufolge wird eine Anordnung der Sensorvorrichtung mit mehreren, den Batteriezellen dezidiert zugeordneten Sensormitteln bevorzugt.

Ferner kann es von Vorteil sein, wenn die Batteriezellen in wenigstens zwei übereinander und/oder nebeneinander angeordneten Stapelebenen angeordnet sind, wobei in jeder Stapelebene wenigstens eine Barriere-Batteriezelle angeordnet ist. Die Batteriemodule werden oftmals als Untereinheiten eines Batteriepakets verwendet und in dementsprechenden Clustern platzsparend angeordnet. Durch den genannten Aspekt kann verhindert werden, dass sich ein Thermal Runaway über Batteriemodule übergreifend durch mehrere Stapelebenen ausbreitet.

Alternativ kann es von Vorteil sein, wenn in jeder Stapelebene die identische oder im Wesentlichen die identische Anzahl und/oder Anordnung der Barriere-Batteriezellen vorgesehen ist. Hierdurch ergibt sich der Vorteil eines einfachen Aufbaus, der bei gleicher Konfiguration jedes Batteriemoduls eine universale Austauschbarkeit und Montagefähigkeit innerhalb eines Clusters bzw. eines Batteriepakets gewährleistet.

Vorzugsweise führt ein Batteriemanagement oder dergleichen die folgenden Schritte durch: Überwachen wenigstens eines Sensorparameters für einen einer Batteriezelle zuordenbaren Kurzschlusszustand zumindest einer Batteriezelle, Erkennen und zuordnen eines Kurzschlusszustandes zu zumindest einer defekten Batteriezelle, Bestimmen einer nächstliegenden Barriere-Batteriezelle zu der defekten Batteriezelle, Schalten der bestimmten nächstliegenden Barriere-Batteriezelle vom Normalzustand in den Isolierzustand. Eine derartige Überwachung und Steuerung ermöglicht einerseits eine schnelle und zielgerichtete Reaktion. Andererseits kann eine fehlgedeutete Umschaltung einer Barriere-Batteriezelle besser verhindert werden.

Dabei kann es von Vorteil sein, wenn wenigstens zwei Barriere-Batteriezellen auf unterschiedlichen Seiten der defekten Batteriezelle bestimmt und in den Isolierzustand geschaltet werden. Dadurch kann ein Thermal Runaway auf einen noch kleineren Raum begrenzt werden.

Ebenso kann es von Vorteil sein, wenn beim Erkennen zumindest einer defekten Batteriezelle zumindest zwei Barriere-Batteriezellen auf einer Seite, insbesondere auf beiden Seiten, der defekten Batteriezelle in den Isolierzustand geschaltet wer-

den. Im Falle einer höheren Anzahl verfügbarer Barriere-Batteriezellen und deren frühzeitige Umschaltung kann eine Sicherheit zur Eingrenzung des Thermal Runaways nochmals erhöht werden.

Im Übrigen bringt das erfindungsgemäße Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug das erfindungsgemäße Batteriemodul erläutert worden sind.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung, ein Ausführungsbeispiel der Erfindung im Einzelnen beschrieben wird. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 ein Blockdiagramm eines herkömmlichen Batteriemoduls aus dem Stand der Technik in einem Anfangszustand eines Thermal Runaways;
- Fig. 2 ein Blockdiagramm des herkömmlichen Batteriemoduls in einem fortgeschrittenen Zustand des Thermal Runaways;
- Fig. 3 ein Blockdiagramm des herkömmlichen Batteriemoduls in einem Endzustand des Thermal Runaways;
- Fig. 4 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Batteriemoduls in einem Anfangszustand eines Thermal Runaways;
- Fig. 5 ein Blockdiagramm des erfindungsgemäßen Batteriemoduls in einem fortgeschrittenen Zustand des Thermal Runaways;
- Fig. 6 ein Blockdiagramm des erfindungsgemäßen Batteriemoduls in einem Endzustand des Thermal Runaways;
- Fig. 7 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Batteriemoduls mit zwei Barriere-Batteriezellen;
- Fig. 8 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Batteriemoduls mit drei Barriere-Batteriezellen;

- Fig. 9 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Batteriemoduls mit zwei Barriere-Batteriezellen sowie einer Sensorvorrichtung;
- Fig. 10 ein Blockdiagramm einer Barriere-Batteriezelle mit Schaltelementen;
- Fig. 11 ein Blockdiagramm von erfindungsgemäßen Batteriemodulen in mehreren Stapelebenen eines Batteriepakets;
- Fig. 12 ein Blockdiagramm eines Schaltzustands in einem erfindungsgemäßen Batteriemodul zu Beginn eines Thermal Runaways;
- Fig. 13 ein Blockdiagramm eines weiteren Schaltzustands in einem erfindungsgemäßen Batteriemodul zu Beginn eines Thermal Runaways; und
- Fig. 14 ein Blockdiagramm eines weiteren Schaltzustands in einem erfindungsgemäßen Batteriemodul zu Beginn eines Thermal Runaways.

Die Fig. 1 zeigt ein herkömmliches Batteriemodul 10 aus dem Stand der Technik. In diesem Batteriemodul 10 ist eine Verbundanordnung von Batteriezellen 20 durch eine Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden und in einem Modulgehäuse 11 eingeschlossen. In einer schraffiert dargestellten Batteriezelle 20-X ist ein Fehlerzustand aufgetreten. Beispielsweise wurde durch eine Überladung, Überhitzung oder eine zerstörende äußere Einwirkung eine elektrisch isolierende Separatorfolie zwischen zwei Batterieelektroden beschädigt, was zu einem Kurzschlusszustand X führte. Aufgrund eines hohen internen Entladungsstroms hat sich die Batteriezelle 20-X auf eine hohe Temperatur stark erwärmt und ausgedehnt. Die hohe Temperatur und Druckkräfte der Ausdehnung aufgrund einer Ausgasung von Aktivmaterialien der Batteriezelle 20-X beginnen auf benachbarte Batteriezellen 20 einzuwirken. Diese thermische Beschädigung des Batteriemoduls 10 stellt einen Startpunkt eines Thermal Runaways dar, d.h. es beginnt ein thermisches Durchgehen einer Beschädigung weiterer Batteriezellen 20 in dem Batteriemodul 10.

Fig. 2 zeigt einen zeitlich fortgeschrittenen Zustand der thermischen Beschädigung. Die Einwirkung der hohen Temperatur und der Druckkräfte aus der ursprünglich beschädigten Batteriezelle 20-X haben sich zunächst auf die unmittelbar benachbarten Batteriezellen 20-D, die links und rechts zu dieser angeordnet sind und anschließend jeweils links und rechts auf eine nächste benachbarte Batteriezelle 20-D übertragen. Die schraffiert dargestellten defekten Batteriezellen 20-D haben einen thermischen

Schaden erlitten. Eine Einwirkung der hohen Temperatur und Kräfte führte zu einem Schmelzen oder einer Beschädigung der Batteriezellenstruktur, insbesondere der Saporatorfolie, was zu einem Kurzschlusszustand X führte. Der Kurzschlusszustand X der jeweiligen Batteriezelle 20 hielt an bis sich die gespeicherte Energie entladen hatte. Die schnelle Entladung erzeugte wiederum eine starke Erwärmung bzw. einen Brand und eine Verpuffung von Materialien, die zum Defekt D der betreffenden Batteriezelle 20-D führte. Die defekten Batteriezellen 20-D bleiben nachhaltig stark erwärmt, d.h. sie sind in der Regel entflammt. Die Wärme eines solchen Zellenbrands greift fortlaufend auf benachbarte Batteriezellen 20 über.

In Fig. 3 hat sich der Thermal Runaway über das gesamte Batteriemodul 10 ausgebreitet, wonach alle Batteriezellen 20-D durch eine thermische Beschädigung defekt sind.

Die Fig. 4 zeigt ein Batteriemodul 10 gemäß einer Ausführungsform der der Erfindung. Eine Verbundanordnung von Batteriezellen 20 kann beispielsweise als ein Stapel von Pouch-Zellen oder eine Reihe von parallel zueinander ausgerichteten zylindrischen oder prismatischen Zellen ausgestaltet sein. Das Batteriemodul 10 umfasst zusätzlich zu den Batteriezellen 20 eine Barriere-Batteriezelle 30. Die Barriere-Batteriezelle 30 ist mit wenigstens einem, in dieser Ansicht nicht dargestellten extern betätigbaren Schaltelement 50 versehen, durch welches die Barriere-Batteriezelle 30 von einem Normalzustand N in einen Isolierzustand I umgeschaltet werden kann. Eine technische Umsetzung dieses Vorgangs wird später im Zusammenhang mit Fig. 10 erläutert.

Der dargestellte Zustand in Fig. 4 bezüglich einer Beschädigung des Batteriemoduls 10 entspricht dem Zustand aus Fig. 1. In der quer schraffiert dargestellten Batteriezelle 20-X ist ein Fehlerzustand, insbesondere ein Kurzschlusszustand X aufgetreten, wonach sich eine hohe Temperatur und Ausdehnung derselben auf die unmittelbar benachbarten Batteriezellen 20 auswirkt. Die längs schraffiert dargestellte Barriere-Batteriezelle 30-N befindet sich in der Darstellung noch in dem Normalzustand N, bis ein Batteriemanagement aufgrund einer Detektion des Fehlerzustands wie einem erfassten Kurzschluss oder eines erfassten Temperaturanstiegs eine Umschaltung vornimmt.

In Fig. 5 zeigt einen zeitlich fortgeschrittenen Zustand der thermischen Beschädigung, der bezüglich einer Kettenreaktion von thermisch übergreifenden Beschädi-

gungen der Batteriezellen 20 in etwa dem Verlauf aus Fig. 2 gefolgt ist. Das bedeutet, dass die Einwirkung der hohen Temperatur und der Druckkräfte aus der ursprünglich beschädigten Batteriezelle 20-X zunächst die unmittelbar benachbarten Batteriezellen 20-D beschädigt hat, die links und rechts zu dieser angeordnet sind und anschließend weitere Batteriezellen 20-D, die zu der linken Seite als nächstes benachbart sind. Das Batteriemanagement hat zwischenzeitlich mittels eines Schaltelements 50 eine Umschaltung der Barriere-Batteriezelle 30-I in den Isolationszustand I durchgeführt. In der Barriere-Batteriezelle 30-I ist ein interner Stromkreislauf in Bezug auf einen Ladungsaustausch zwischen Elektronen und Ionen aufgrund eines gehemmten Ionentransports im Wesentlichen unterbrochen. Wenn nach einer Wärmeeinwirkung der zur linken Seite benachbarten defekten Batteriezelle 20-D eine Beschädigung von elektrisch isolierenden Strukturen wie der Separatorfolie in der Barriere-Batteriezelle 30-I verursacht wird und ein Kurzschlusskontakt zwischen zwei Batterieelektroden auftritt, wird ein Kurzschlussstrom aufgrund der Unterbrechung des internen Stromkreislaufs unterdrückt. Demzufolge wird eine eigenständige starke Erhitzung der Barriere-Batteriezelle 30-I aus einer Kurzschlussentladung von gespeicherter Energie, wie sie in einer Kettenreaktion in den Batteriezellen 20-D nach vorheriger thermischer Beschädigung jeweils aufgetreten ist, unterdrückt.

In Fig. 6 hat sich der Thermal Runaway nur noch zu der links dargestellten Seite über das Batteriemodul 10 ausgebreitet. Zu der rechten Seite konnte eine Kettenreaktion von exothermen Kurzschlussentladungen an der Barriere-Batteriezelle 30-I gestoppt werden. Die verbliebenen Batteriezellen 20 jenseits der Barriere-Batteriezelle 30-I haben zumindest derart geringe thermische Beschädigung erlitten, dass sich diese nicht durch Kurzschlussentladungen selbstentzündet und weitere benachbarte Batteriezellen 20 angesteckt haben.

Wie sich aus den Figuren 4 bis 6 ergibt, sollte eine Barriere-Batteriezelle 30 nicht an einem Ende einer Verbundanordnung eingesetzt werden, um zu beiden Seiten einen Schutz von jenseits verbleibenden Batteriezellen 20 gewähren zu können. Vorzugsweise wird eine Barriere-Batteriezelle 30 zu beiden Enden des Batteriemoduls 10 im gleichen oder im Wesentlichen gleichen Abstand bzw. mittig zu den übrigen Batteriezellen 20 angeordnet. Dies erlaubt eine maximale Anzahl geschützter Zellen unabhängig von einer Seite des Ursprungs eines Thermal Runaways.

Fig. 7 zeigt hingegen ein Batteriemodul 10 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung mit zwei Barriere-Batteriezellen 30-N, die sich im Normalbetrieb des Batteriemoduls 10 im Normalzustand N befinden. In der dargestellten Konfiguration sind die beiden Barriere-Batteriezelle 30-N jeweils in dem gleichem Abstand zu einem Ende des Batteriemoduls 10 angeordnet.

Fig. 8 zeigt zudem ein Batteriemodul 10 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung mit drei Barriere-Batteriezellen 30-N. Bei dieser Konfiguration sind die Barriere-Batteriezelle 30-N in gleichen Abständen zueinander angeordnet, d.h. zwischen den Barriere-Batteriezellen 30-N ist jeweils dieselbe Anzahl von Batteriezellen 20 angeordnet, die einer potenziellen Kettenreaktion eines Thermal Runaways unterliegen könnten.

In Fig. 9 ist eine Ausführungsform eines Batteriemoduls 10 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung mit einer bevorzugten Sensorvorrichtung 40 dargestellt. Eine Konfiguration der zwei Barriere-Batteriezellen 30-N und der übrigen Batteriezellen 20 entspricht in Anzahl und Anordnung derjenigen aus Fig. 7. Wie der Darstellung jedoch zu entnehmen ist, umfasst die Sensorvorrichtung 40 eine Mehrzahl von diskreten Sensormitteln 42, die jeweils einer Batteriezelle 20 oder einer Barriere-Batteriezelle 30-N räumlich oder in elektrischer Verbindung zugeordnet sind. Auf diese Weise kann das Batteriemanagement noch im Normalbetrieb frühzeitig eine dezidierte Zuordnung treffen, ob und an welchem Ort ein Fehlerzustand wie ein Kurzschluss auftritt. Darüber hinausgehende Erkenntnisse, die ein frühzeitige Erkennung von Fehlerzuständen unterstützen, können in dieser Ausführungsform während des Normalbetriebs des Batteriemoduls 10 durch eine Überwachung über zeitliche Verläufe und relative Vergleiche zwischen einzelnen Sensormitteln 42 gezogen werden. Dadurch können beispielsweise unnötige Umschaltungen von Barriere-Batteriezellen 30, die auf einer Fehldeutung eines Betriebsverhaltens beruhen können, besser verhindert werden.

Fig. 10 zeigt ein schematisches Schaltbild zu möglichen Ausführungsformen von Schaltelementen 50 an einer Barriere-Batteriezelle 30.

In einer Ausführungsform sind ein Eingangsventil 51 und ein Ausgangsventil 52 als Schaltelemente 50 an der Barriere-Batteriezelle 30 angeordnet. Durch das Eingangsventil 51 und das Ausgangsventil 52 kann zur Umsetzung einer Umschaltung zwischen dem Normalzustand N und dem Isolationszustand I der Barriere-

Batteriezele 30 ein druckbeaufschlagtes Fluid durch einen Zelleninnenraum der Barriere-Batteriezele 30 hindurch geleitet werden. Das Fluid ist in einem Behälter 53 wie einem Druckbehälter gespeichert und verdrängt bei der Durchleitung ein flüssiges Elektrolytmedium aus der Barriere-Batteriezele 30 heraus. Das ausgetragene Elektrolytmedium kann in einem optionalen Auffangbehälter 54 gesammelt werden, oder in die Atmosphäre ausgelassen werden. Dieser Vorgang wird durchgeführt bis keine ausreichende Benetzung mit dem Elektrolytmedium zur Aufrechterhaltung einer durchgängigen Ionenleitstrecke in der Barriere-Batteriezele 30 mehr vorhanden ist. Mit anderen Worten erfolgt in dieser Ausführungsform durch die Schaltelemente 50 eine Manipulation der Barriere-Batteriezele 30 mittels einer räumlichen Unterbrechung des Ionentransports, was eine schnelle und zuverlässige Variante zur Hemmung des Ionentransports darstellt.

In einer alternativen Ausführungsform ist in dem Behälter 54 ein Isolationsmedium gespeichert, das zur Umsetzung einer Umschaltung zwischen dem Normalzustand N und dem Isolationszustand I in die Barriere-Batteriezele 30 eingeleitet wird. Das Isolationsmedium und das Elektrolytmedium gehen eine Verbindung bzw. ein Gemisch ein, in dem die ionische Leitfähigkeit des Elektrolytmediums zumindest weitgehend aufgehoben ist. Insbesondere im Falle der Verwendung eines fluiden Elektrolytmediums lässt sich in einer Durchmischung mit einem fluiden Isolationsmedium eine Aufhebung der ionischen Leitfähigkeit leicht herstellen. Gegebenenfalls stellt sich eine Durchmischung aufgrund eines Konzentrationsausgleichs eigendynamisch innerhalb kurzer Zeit ein. Mit anderen Worten erfolgt in dieser Ausführungsform durch ein Schaltelement 50 eine Manipulation der Barriere-Batteriezele 30 mittels einer konzentriert oder verteilt eingebrachten Isolation oder Herabsetzung einer Leitfähigkeit für den Ionentransport, was ebenfalls eine wirksame Variante zur Hemmung des Ionentransports darstellt.

In beiden Ausführungsformen ist ein Umschalten von dem Normalzustand N in den Isolationszustand I irreversibel. Die Schaltelemente können vorzugsweise außenliegend oder derart an der Barriere-Batteriezele 30 angebracht sein, dass die Dimensionen eines übrigen Aufbaus denjenigen der anderen Batteriezellen 20 entsprechen. Dadurch bestehen Freiheiten und Vorteile bei der Anordnungswahl und Montage der Barriere-Batteriezele 30 in dem Modulgehäuse 11.

Fig. 11 zeigt eine Cluster-Anordnung mehrerer Batteriemodule 10, die beispielsweise zur Bildung eines Batteriepakets 100 mit höherer Leistung und Kapazität elektrisch miteinander Verbunden sind. Jedes Batteriemodul ist in einer Stapelebene S angeordnet. Es ist denkbar, dass eine übergreifende Kettenreaktion eines Thermal Runways über eine Stapelebene S hinweg erfolgen kann. Um auch in diesem Fall ein Umlaufen einer Barriere-Batteriezeile 30 über eine parallele Stapelebene S zu verhindern, weisen die Batteriemodule 10 in der dargestellten Ausführungsform dieselbe Konfiguration bezüglich einer Anzahl und Anordnung der im Normalzustand N dargestellten Barriere-Batteriezeilen 30-N auf. In jeder Stapelebene S sind die Barriere-Batteriezeilen 30-N daher untereinander bzw. übereinander angeordnet.

Fig. 12 zeigt zur Erläuterung einer bevorzugten Reaktion auf einen Fehlerzustand eine Ausführungsform mit zwei im Isolationszustand I dargestellten Barriere-Batteriezeilen 30-I. Wenn das Batteriemanagement einen Fehlerzustand räumlich zuordnen kann, der zwischen zwei Barriere-Batteriezeilen 30 liegt, veranlasst dieses vorzugsweise eine zeitgleiche Umschaltung der beiden Barriere-Batteriezeilen 30 in den Isolationszustand I, um eine schnellstmögliche beidseitige Eingrenzung der Kettenreaktion zu gewährleisten.

Fig. 13 zeigt ebenfalls zur Erläuterung einer bevorzugten Reaktion auf einen Fehlerzustand eine Ausführungsform mit zwei im Isolationszustand I dargestellten Barriere-Batteriezeilen 30-I. Sofern aufgrund einer technischen Umsetzung der Schaltelemente 50 eine Umschaltung von zwei Barriere-Batteriezeilen 30 im Normalzustand N nicht gleichzeitig möglich ist, sondern lediglich nacheinander bzw. sequentiell erfolgen kann, veranlasst das Batteriemanagement vorzugsweise zunächst eine Umschaltung der links dargestellten Barriere-Batteriezeilen 30-I, die näher zu dem Fehlerzustand angeordnet ist und danach eine Umschaltung der rechts dargestellten Barriere-Batteriezeilen 30-I.

Fig. 14 zeigt zur Erläuterung einer bevorzugten Reaktion auf einen Fehlerzustand eine Ausführungsform mit vier im Isolationszustand I dargestellten Barriere-Batteriezeilen 30-I. Wenn das Batteriemanagement einen Fehlerzustand räumlich zuordnen kann, der zwischen mehreren Barriere-Batteriezeilen 30 liegt, veranlasst dieses vorzugsweise zuerst eine Umschaltung von zwei Barriere-Batteriezeilen 30-I, die zu beiden Seiten der Fehlerstelle weiter entfernt angeordnet sind und danach eine Umschaltung von zwei Barriere-Batteriezeilen 30-I, die zu beiden Seiten näher an

der Fehlerstelle angeordnet sind. Auf diese Weise wird eine iterative Eingrenzung vorgenommen, um eine Kettenreaktion eines Thermal Runaways mit erhöhter Sicherheit zu verhindern.

Die voranstehenden Erläuterungen zu der dargestellten Ausführungsform und zu Alternativen derselben beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelne Merkmale der Ausführungsform und der genannten Alternativen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

10	Batterieminodul
11	Modulgehäuse
20	Batteriezele
20-D	defekte Batteriezele
30	Barriere-Batteriezele
30-N	Barriere-Batteriezele im Normalzustand
30-I	Barriere-Batteriezele im Isolationszustand
40	Sensorvorrichtung
42	Sensormittel
50	Schaltelement allgemein
51	Einlassventil
52	Auslassventil
53	Behälter mit druckbeaufschlagtem Fluid / Isolationsmedium
54	Auffangtank
100	Batteriepaket
D	Defekt
I	Isolationszustand
N	Normalzustand
S	Stapelebene
X	Kurzschlusszustand

Patentansprüche

1. Batteriemodul (10) zur Speicherung von elektrischer Energie, aufweisend:

eine Mehrzahl von Batteriezellen (20), die in einer Verbundanordnung zueinander benachbart angeordnet und elektrisch miteinander verbunden sind;

ein Modulgehäuse (11) zur Aufnahme der Verbundanordnung von Batteriezellen (20);

wenigstens eine Sensorvorrichtung (40) zur Detektierung eines Kurzschlusszustands (X), der wenigstens einer Batteriezelle (20) zuordenbar ist; wobei

wenigstens eine Batteriezelle (20) als eine ionisch isolierbare Barriere-Batteriezelle (30) ausgebildet ist, wobei

die Barriere-Batteriezelle (30) ein Schaltelement (50) aufweist zum Schalten der Barriere-Batteriezelle (30) aus einem Normalzustand (N) für den Normalbetrieb des Batteriemoduls (10) in einen Isolationszustand (I), bei dem ein Ionen-transport in der Barriere-Batteriezelle (30) im Vergleich zu dem Normalzustand (N) gehemmt ist.
2. Batteriemodul (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Barriere-Batteriezelle (30) beabstandet zu wenigstens einem Ende der Mehrzahl der Batteriezellen (20), insbesondere beabstandet zu beiden Enden der Mehrzahl von Batteriezellen (20), angeordnet ist.
3. Batteriemodul (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei der Batteriezellen (20) als Barriere-Batteriezellen (30) ausgebildet sind, welche insbesondere zueinander und/oder zu den Enden der Mehrzahl der Batteriezellen (20) regelmäßige oder im Wesentlichen regelmäßige Abstände aufweisen.
4. Batteriemodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Barriere-Batteriezelle (30) wenigstens eines der folgenden Schaltelemente (50) aufweist:
 - ein Einlassventil (51),
 - ein Auslassventil (52),

- einen Druckbehälter (53) für ein druckbeaufschlagtes Fluid,
 - einen Auffangbehälter (54) für das Elektrolytmedium, oder
 - einen Behälter (55) mit einem Isolationsmedium für das Elektrolytmedium.
5. Batteriemodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Batteriezellen (20) als identische oder im Wesentlichen identische Barriere-Batteriezellen (30) ausgebildet sind.
6. Batteriemodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Barriere-Batteriezelle (30) die gleichen geometrischen Abmessungen und/oder die gleichen elektrischen und/oder chemischen Eigenschaften wie die benachbarten Batteriezellen (20) aufweist.
7. Batteriemodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensorvorrichtung (40) für wenigstens zwei Batteriezellen (20), insbesondere für alle Batteriezellen (20), Sensormittel (42) in und/oder an der jeweiligen Batteriezelle (20) aufweist für eine Detektierung des Kurzschlusszustandes (X) spezifisch zu der jeweiligen Batteriezelle (20).
8. Batteriemodul (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Batteriezellen (20) in wenigstens zwei übereinander und/oder nebeneinander angeordneten Stapelebenen (S) angeordnet sind, wobei in jeder Stapelebene (S) wenigstens eine Barriere-Batteriezelle (30) angeordnet ist.
9. Batteriemodul (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in jeder Stapelebene (S) die identische oder im Wesentlichen die identische Anzahl und/oder Anordnung der Barriere-Batteriezellen (30) vorgesehen ist.
10. Verfahren für einen Schutz eines Batteriemoduls (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9, aufweisend die folgenden Schritte:
- Überwachen wenigstens eines Sensorparameters für einen einer Batteriezelle (20) zuordenbaren Kurzschlusszustand (X) zumindest einer Batteriezelle (20),

- Erkennen und zuordnen eines Kurzschlusszustandes (X) zu zumindest einer defekten Batteriezelle (20-D),
 - Bestimmen einer nächstliegenden Barriere-Batteriezelle (30) zu der defekten Batteriezelle (20-D),
 - Schalten der bestimmten nächstliegenden Barriere-Batteriezelle (30) vom Normalzustand (N) in den Isolierzustand (I).
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Barriere-Batteriezellen (30) auf unterschiedlichen Seiten der defekten Batteriezelle (20-D) bestimmt und in den Isolierzustand (I) geschaltet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Erkennen zumindest einer defekten Batteriezelle (20-D) zumindest zwei Barriere-Batteriezellen (30) auf einer Seite, insbesondere auf beiden Seiten, der defekten Batteriezelle (20-D) in den Isolierzustand (I) geschaltet werden.

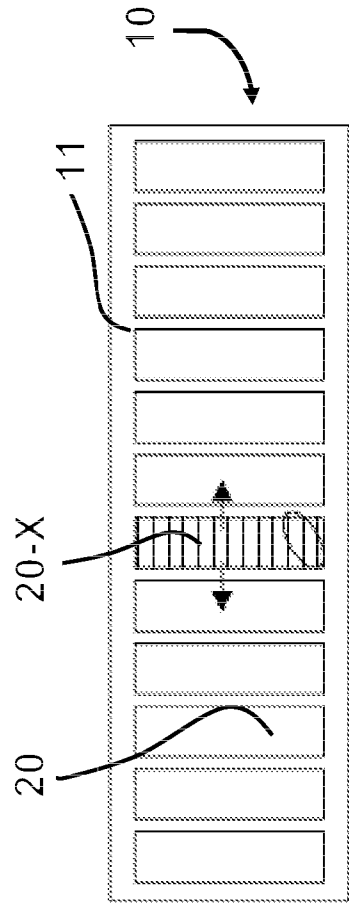


Fig. 1

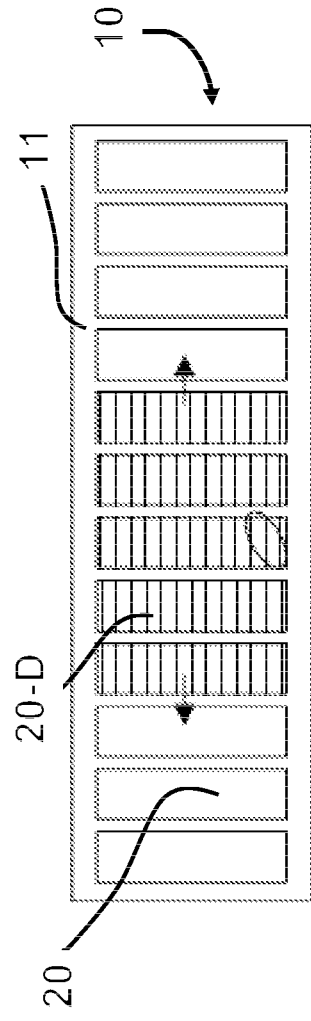


Fig. 2

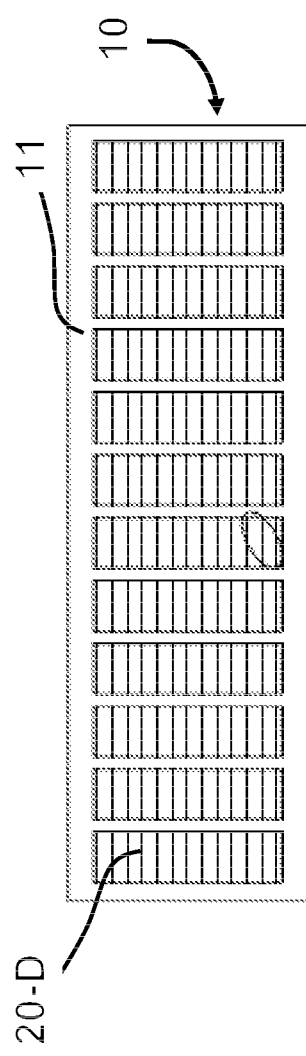


Fig. 3

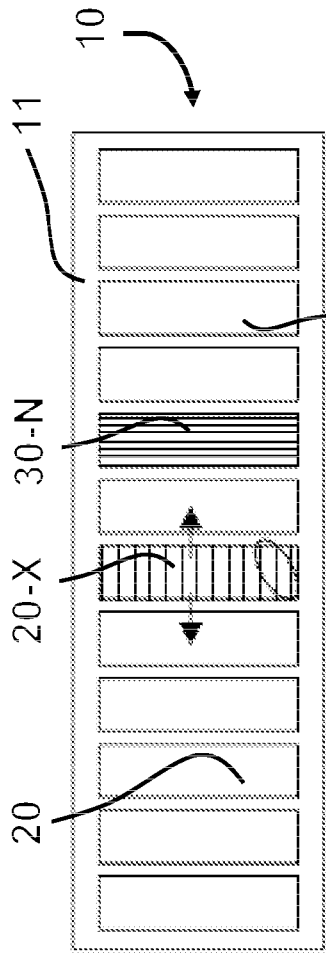


Fig. 4

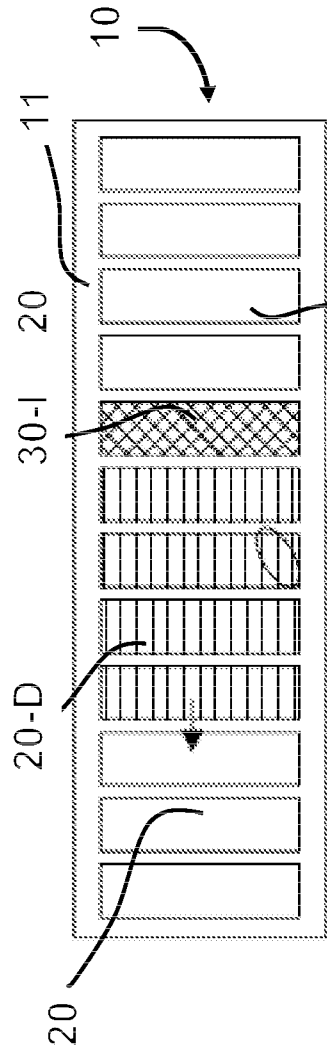


Fig. 5

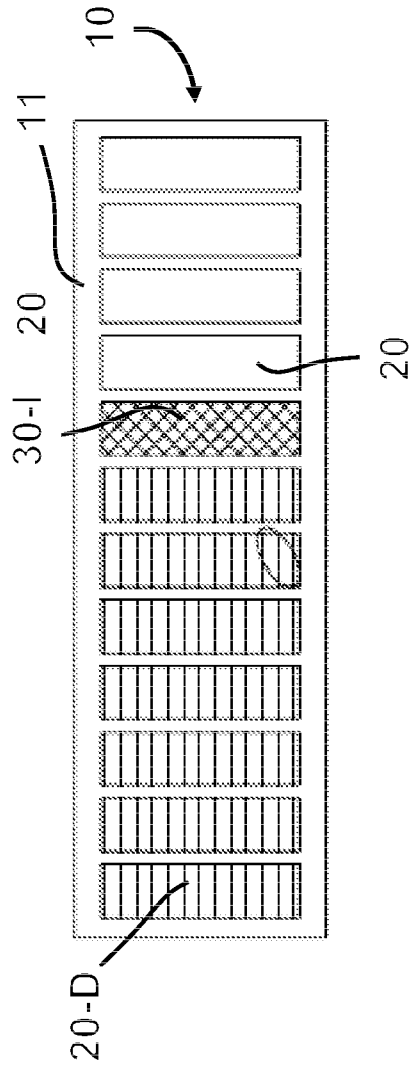


Fig. 6

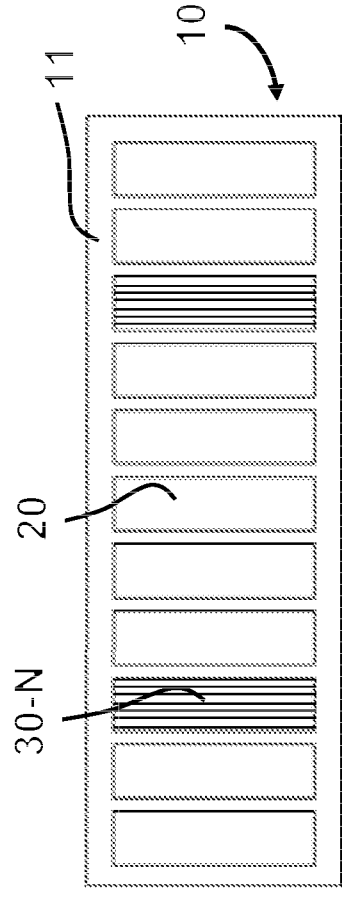


Fig. 7

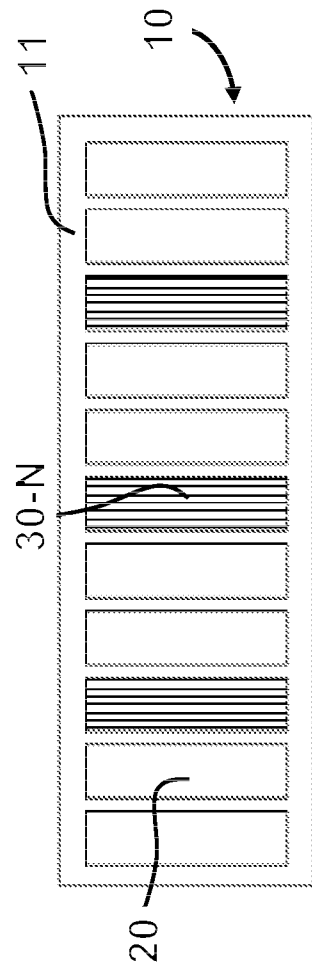


Fig. 8

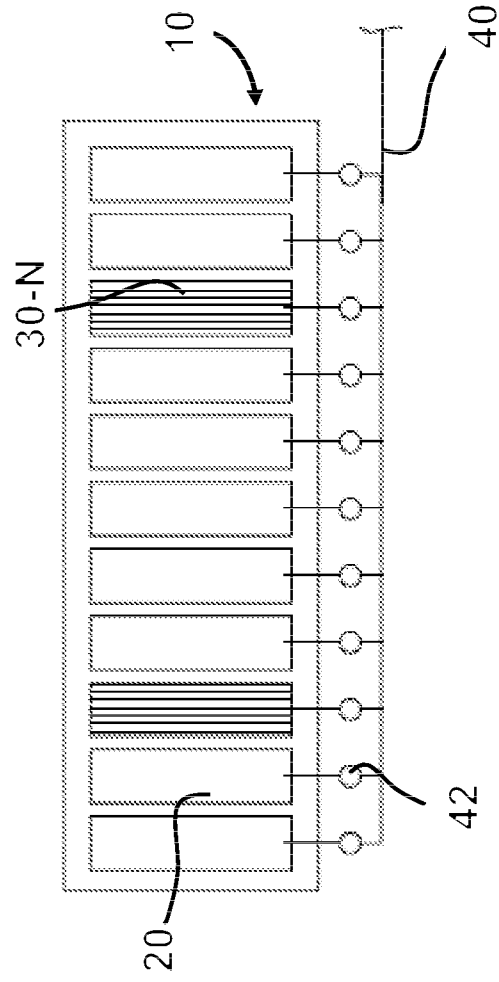


Fig. 9

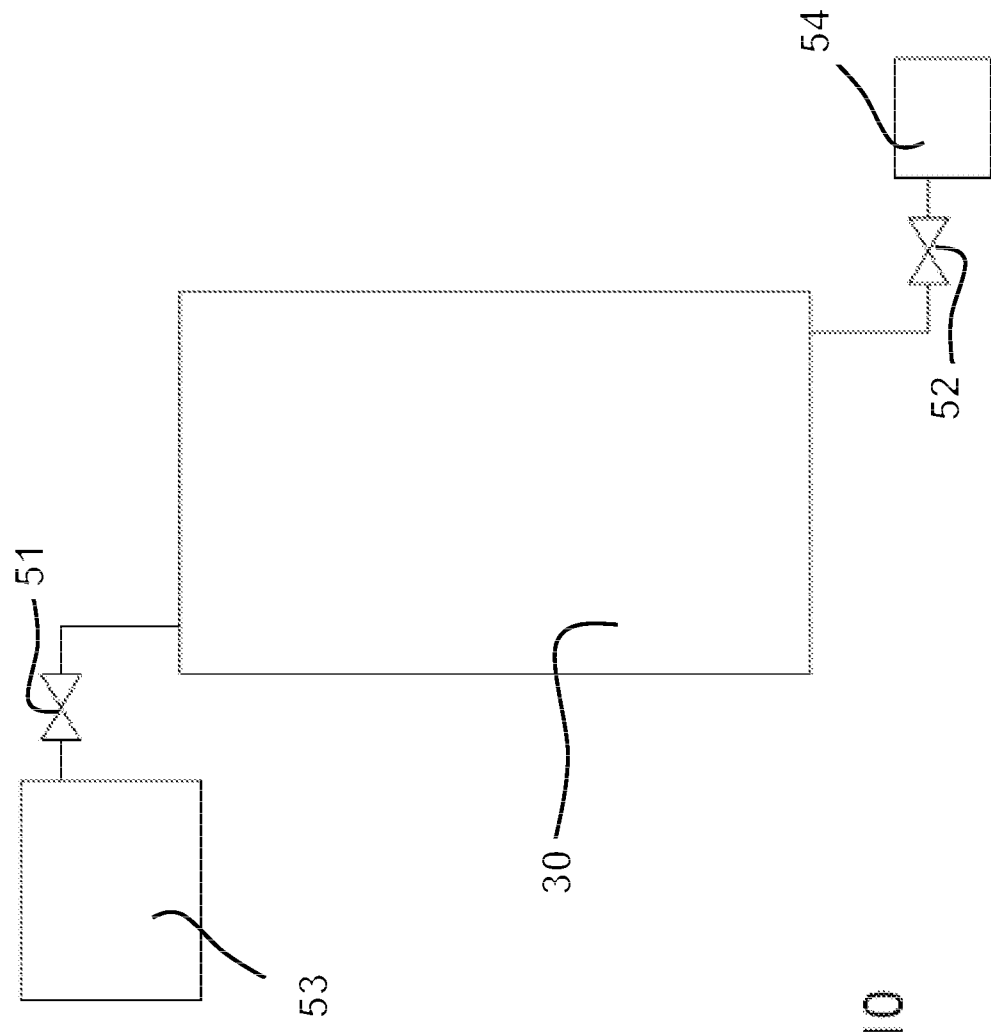


Fig. 10

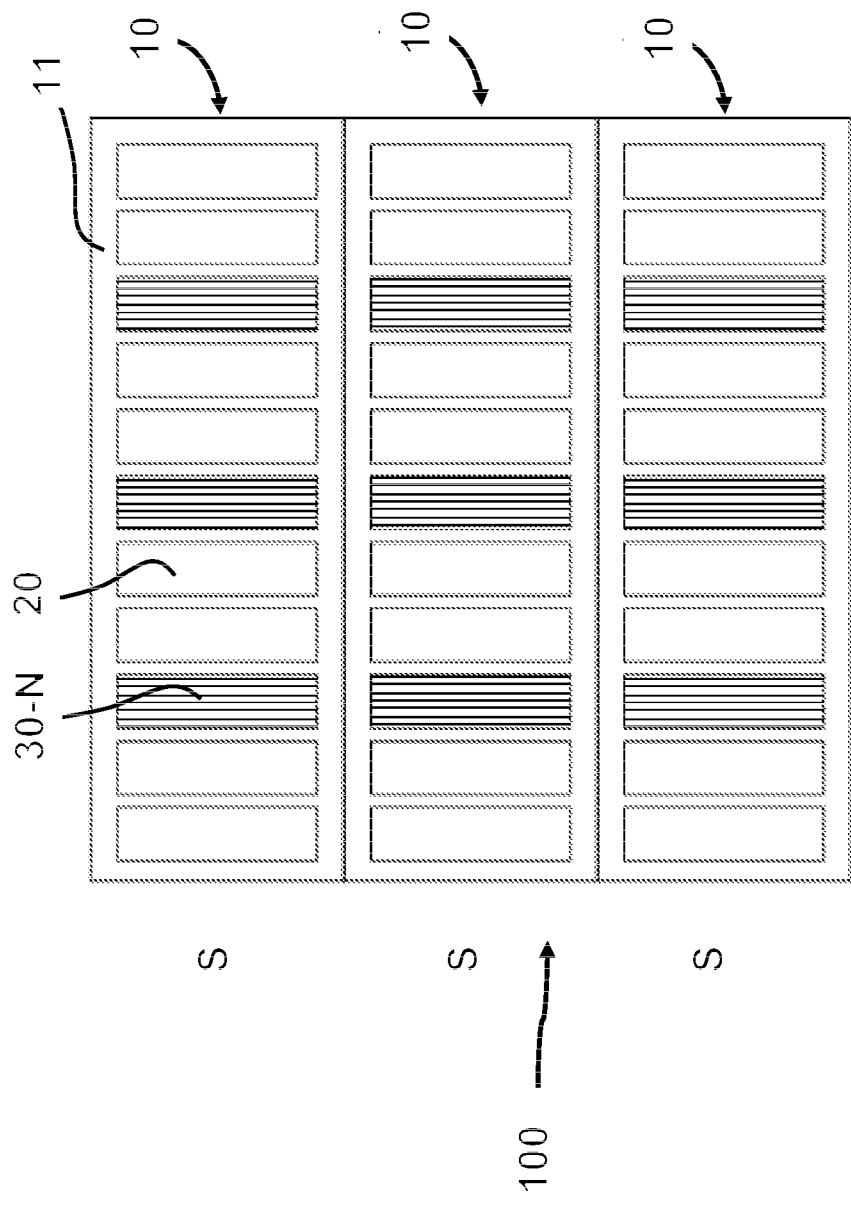


Fig. 11

Fig. 12

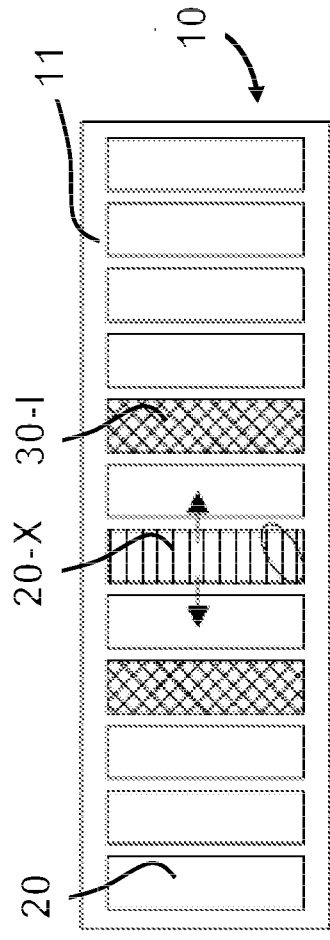


Fig. 13

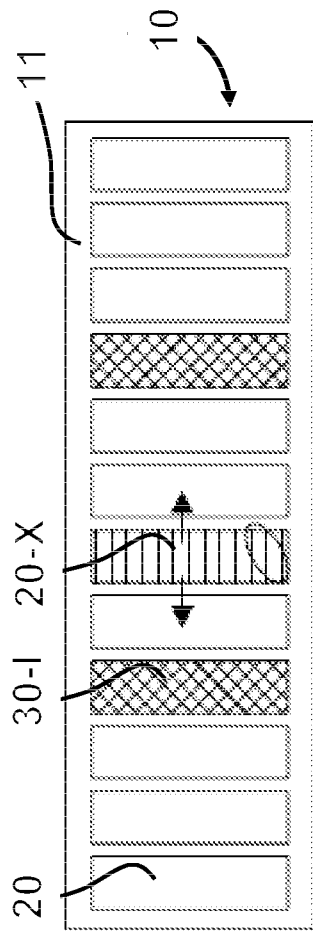
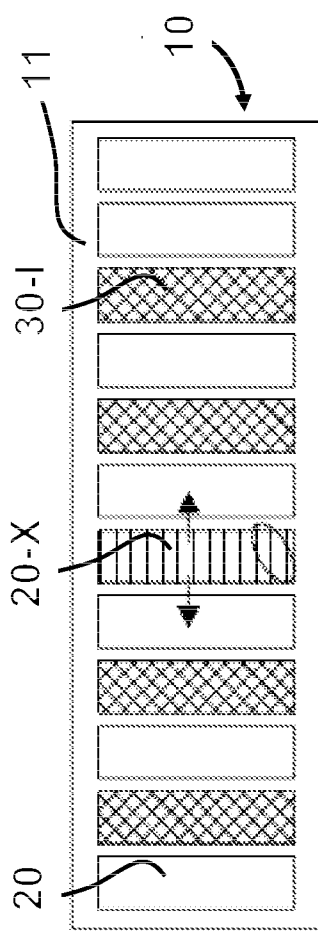


Fig. 14



Geänderte Patentansprüche

Patentansprüche

1. Batteriemodul (10) zur Speicherung von elektrischer Energie, aufweisend:

eine Mehrzahl von Batteriezellen (20), die in einer Verbundanordnung zueinander benachbart angeordnet und elektrisch miteinander verbunden sind;

ein Modulgehäuse (11) zur Aufnahme der Verbundanordnung von Batteriezellen (20);

wenigstens eine Sensorvorrichtung (40) zur Detektierung eines Kurzschlusszustands (X), der wenigstens einer Batteriezelle (20) zuordenbar ist; **dadurch gekennzeichnet, dass**

wenigstens eine Batteriezelle (20) als eine ionisch isolierbare Barriere-Batteriezelle (30) ausgebildet ist, wobei

die Barriere-Batteriezelle (30) ein Schaltelement (50) aufweist zum Schalten der Barriere-Batteriezelle (30) aus einem Normalzustand (N) für den Normalbetrieb des Batteriemoduls (10) in einen Isolationszustand (I), bei dem ein Ionen-transport in der Barriere-Batteriezelle (30) im Vergleich zu dem Normalzustand (N) gehemmt ist.
2. Batteriemodul (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Barriere-Batteriezelle (30) beabstandet zu beiden Enden der Mehrzahl von Batteriezellen (20), angeordnet ist.
3. Batteriemodul (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei der Batteriezellen (20) als Barriere-Batteriezellen (30) ausgebildet sind, welche insbesondere zueinander und/oder zu den Enden der Mehrzahl der Batteriezellen (20) regelmäßige oder im Wesentlichen regelmäßige Abstände aufweisen.

4. Batteriemodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Barriere-Batteriezelle (30) wenigstens eines der folgenden Schaltelemente (50) aufweist:
 - ein Einlassventil (51),
 - ein Auslassventil (52),
 - einen Druckbehälter (53) für ein druckbeaufschlagtes Fluid,
 - einen Auffangbehälter (54) für das Elektrolytmedium, oder
 - einen Behälter (55) mit einem Isolationsmedium für das Elektrolytmedium.
5. Batteriemodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Batteriezellen (20) als identische oder im Wesentlichen identische Barriere-Batteriezellen (30) ausgebildet sind.
6. Batteriemodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Barriere-Batteriezelle (30) die gleichen geometrischen Abmessungen und/oder die gleichen elektrischen und/oder chemischen Eigenschaften wie die benachbarten Batteriezellen (20) aufweist.
7. Batteriemodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensorvorrichtung (40) für wenigstens zwei Batteriezellen (20), insbesondere für alle Batteriezellen (20), Sensormittel (42) in und/oder an der jeweiligen Batteriezelle (20) aufweist für eine Detektierung des Kurzschlusszustandes (X) spezifisch zu der jeweiligen Batteriezelle (20).
8. Batteriemodul (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Batteriezellen (20) in wenigstens zwei übereinander und/oder nebeneinander angeordneten Stapelebenen (S) angeordnet sind, wobei in jeder Stapelebene (S) wenigstens eine Barriere-Batteriezelle (30) angeordnet ist.

9. Batteriemodul (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in jeder Stapelebene (S) die identische oder im Wesentlichen die identische Anzahl und/oder Anordnung der Barriere-Batteriezellen (30) vorgesehen ist.
10. Verfahren für einen Schutz eines Batteriemoduls (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9, **durch folgenden Schritte gekennzeichnet:**
- Überwachen wenigstens eines Sensorparameters für einen einer Batteriezelle (20) zuordenbaren Kurzschlusszustand (X) zumindest einer Batteriezelle (20),
 - Erkennen und zuordnen eines Kurzschlusszustandes (X) zu zumindest einer defekten Batteriezelle (20-D),
 - Bestimmen einer nächstliegenden Barriere-Batteriezelle (30) zu der defekten Batteriezelle (20-D),
 - Schalten der bestimmten nächstliegenden Barriere-Batteriezelle (30) vom Normalzustand (N) in den Isolierzustand (I).
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Barriere-Batteriezellen (30) auf unterschiedlichen Seiten der defekten Batteriezelle (20-D) bestimmt und in den Isolierzustand (I) geschaltet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Erkennen zumindest einer defekten Batteriezelle (20-D) zumindest zwei Barriere-Batteriezellen (30) auf einer Seite, insbesondere auf beiden Seiten, der defekten Batteriezelle (20-D) in den Isolierzustand (I) geschaltet werden.