



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 201 950.4**

(22) Anmeldetag: **25.02.2022**

(43) Offenlegungstag: **31.08.2023**

(51) Int Cl.: **H01M 50/20** (2021.01)

**H01M 50/383** (2021.01)

**H01M 50/342** (2021.01)

**H01M 50/333** (2021.01)

**H01M 10/658** (2014.01)

**H01M 50/204** (2021.01)

**H01M 50/207** (2021.01)

**H01M 50/22** (2021.01)

**H01M 50/24** (2021.01)

**H01M 50/249** (2021.01)

**H01M 50/358** (2021.01)

**H01M 50/271** (2021.01)

**H01M 50/26** (2021.01)

**H01M 10/0525** (2010.01)

**H01M 50/50** (2021.01)

(71) Anmelder:  
**Siemens Mobility GmbH, 81739 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Dittrich, Maik, 91052 Erlangen, DE; Commes,  
Matthias, 82131 Gauting, DE; Weigel, Tim, 80992  
München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

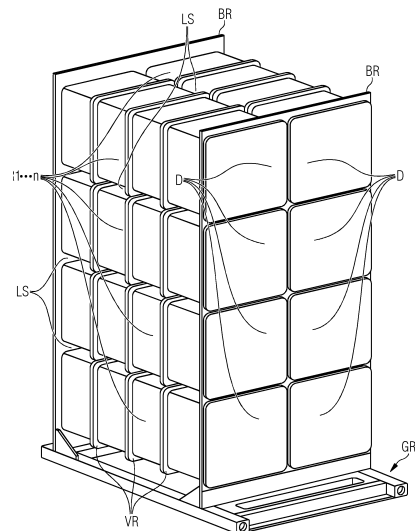
<b>US</b>	<b>2013 / 0 011 719</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2019 / 0 020 080</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2019 / 0 140 235</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2021 / 0 399 362</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2015- 115 285</b>	<b>A</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Batteriesystemgerüst und Verfahren zur Aufnahme von mindestens einem ersten und mindestens einem benachbarten zweiten Batteriemodul in einem Fahrzeug zur Bildung eines Batteriesystems**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein erfindungsgemäßes Batteriesystemgerüst zur Aufnahme von mindestens einem ersten und mindestens einem zweiten Batteriemodul in einem Fahrzeug zur Bildung eines Batteriesystems bei dem ein Batteriemodul aus mehreren, insbesondere Lithium-Ionen, Batteriezellen gebildet sein kann. Ferner ist zumindest das erste Batteriemodul, in einer separaten, insbesondere aus vier einzelnen Seitenteilen rechteckig gebildeten, Röhre ( $R_{1...n}$ ) angeordnet, die Röhre ( $R_{1...n}$ ) aus einem brandfesten Material gebildet ist, die Röhre ( $R_{1...n}$ ) eine in einer Röhrenseite ausgebildete Öffnung (L) zur Bereitstellung einer Drucksicherung aufweist, die Röhre ( $R_{1...n}$ ) eine brandfeste Schnittstelle für den Anschluss und Betrieb des Batteriemoduls (BM) im Batteriesystem (BS) umfasst, die Röhre ( $R_{1...n}$ ) derart ausgestaltet ist, dass an jeder Öffnung (L) eine Drucksicherung und eine brandfeste Abluftvorrichtung (AK), insbesondere einen Kamin, angebracht ist, dass seitens der Drucksicherung emittierte Gase vermittelt durch die Abluftvorrichtung (AK) kontrolliert abgeführt werden können, die Röhre ( $R_{1...n}$ ), die Schnittstelle und/oder die Drucksicherung derart ausgestaltet und/oder angeordnet ist, dass das Batteriemodul (BM) durch die Röhre ( $R_{1...n}$ ), die Schnittstelle und die Drucksicherung zumindest temporär hermetisch abgeschlossen ist, ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Batteriesystemgerüst zur Aufnahme von mindestens einem ersten und mindestens einem benachbarten zweiten Batteriemodul in einem Fahrzeug zur Bildung eines Batteriesystems gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, und ein Verfahren zur Aufnahme von mindestens einem ersten und mindestens einem benachbarten zweiten Batteriemodul in einem Fahrzeug zur Bildung eines Batteriesystems gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

**[0002]** Batteriesysteme, die auf Lithium-Ionen Batteriezellen beruhen, sind bekannt. Beispielsweise kommen solche Systeme auch in Schienenfahrzeugen für deren Traktions- und Bordnetzanwendungen zum Einsatz. Ein typisches Lithium-Ionen Batteriesystem für Traktions- und Bordnetzanwendungen lässt sich dabei, insbesondere für die Definition von Sicherheitsanforderungen, schematisch wie in **Fig. 1** abgebildet darstellen.

**[0003]** Demgemäß kann man bei einem für den genannten Zweck eingesetzten Batteriesystem drei Ebenen unterscheiden. Eine erste Ebene E1 ist dabei durch eine Batteriezelle gebildet. Aus einer Anzahl solcher Zellen wird wiederum ein Batteriemodul gebildet. Dies kann als zweite Ebene E2 aufgefasst werden. Das Batteriesystem und somit letztendlich die dritte Ebene E3 wird in der Regel durch mehrere Batteriemodule gebildet.

**[0004]** Bei Lithium-Ionen Batteriezellen besteht grundsätzlich die Gefahr, dass diese durch einen internen Kurzschluss in Brand geraten. Diese Reaktion ist stark exotherm und wird als so genanntes Thermal-Runaway (TRA) bezeichnet.

**[0005]** Bei einer derartigen Reaktion, wird ein Vielfaches der elektrisch gespeicherten Energie in Wärme umgesetzt. Ursachen für den internen Kurzschluss können beispielsweise Fehler in der Produktion der Zelle sein, wie beispielsweise Fremdpartikel.

**[0006]** Ein TRA ist - soweit es nicht beispielsweise durch menschliches Fehlverhalten ausgelöst wurde - ein in der Regel also dem Zufall unterliegendes Ereignis in einer Zelle, das jederzeit, spontan sowohl während des Betriebes als auch während einer Lagerung, auftreten kann. Die Ursachen für ein TRA sind dabei beispielsweise bereits durch die Fertigung in den Zellen angelegt. Ein TRA kann also nicht ausgeschlossen bzw. verhindert werden, daher ist, insbesondere bei so großen Systemen wie sie bei Schienenfahrzeugen zum Einsatz kommen, ein Sicherheitskonzept erforderlich, welches die Verkehrssicherheit gewährleistet.

**[0007]** Um die Sicherheit des Batteriesystems nachzuweisen, wird daher in der Norm EN 62619 der sog. Thermal Propagation Test (TPT) gefordert. Hierbei ist nachzuweisen, dass es nach dem internen Kurzschluss einer einzelnen Zelle wahlweise zu keinem Brand auf Zellebene (erster Ebene E1), auf Modulebene (zweite Ebene E2) oder zu keinem Brand auf Batteriesystemebene kommt (dritter Ebene E3).

**[0008]** Bekannte Konzepte, die dies gewährleisten, bestehen beispielsweise darin einen TRA beständigen Container für das gesamte Batteriesystem. Diese Lösung ist aber, nicht zuletzt, weil der Container mit einem schweren Außengehäuse versehen wird, teuer.

**[0009]** Ein weiterer Ansatz besteht darin sicherere Zellen zu nutzen. Also Lithium-Ionen Zellen zu nutzen, die derart aufgebaut sind, dass sie eine verringerte TRA Energie aufweisen und/oder mit zelleninternen Schutzmechanismen ausgestattet sind. Auch dieser Ansatz führt zu hohen Kosten.

**[0010]** Ein weiteres Konzept besteht darin, brandhemmende Barrieren, wie beispielsweise Phasenwechsel-Materialien, zwischen einzelnen Zellen innerhalb eines Moduls vorzusehen. Allerdings überzeugt dieses Konzept hinsichtlich der Zuverlässigkeit seiner Funktion nicht, wogegen bei dem Ansatz, dauerhaft aktives Zuführen von Kühlwasser in das System mittels elektrisch betriebener Wasserpumpen zur Kühlung des Systems vorzusehen, bei Betrieb des einsetzenden Fahrzeugs eine hohe Zuverlässigkeit aufweist. Nachteilig hierbei ist aber, dass diese Funktion wohl nicht gewährleistet werden kann, während das Fahrzeug abgerüstet ist.

**[0011]** Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe ist es daher, eine Lösung anzugeben, die die Nachteile des Standes der Technik überwindet, insbesondere liegt die technische Aufgabe darin, eine Lösung anzugeben, die es ermöglicht Lithium-Ionen Zellen im Wesentlichen ohne Einschränkungen der Ausgestaltung der Zellen, in Fahrzeugen, vorzugsweise in Schienenfahrzeugen, zu nutzen.

**[0012]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Anordnen des Batteriesystemgerüsts gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch dessen kennzeichnenden Merkmale gelöst, sowie durch das Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 14, durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst.

**[0013]** Bei dem erfindungsgemäßen Batteriesystemgerüst zur Aufnahme von mindestens einem ersten und mindestens einem benachbarten zweiten Batteriemodul in einem Fahrzeug zur Bildung eines Batteriesystems, vorzugsweise in einem Maschinenraum des Fahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs,

a) ist das erste Batteriemodul und zweite Batteriemodul aus mehreren, insbesondere Lithium-Ionen, Batteriezellen gebildet,

b) ist zumindest das erste Batteriemodul, in einer separaten, insbesondere aus vier einzelnen Seitenteilen rechteckig gebildeten, Röhre angeordnet,

c) ist die Röhre aus einem brandfesten, Material gebildet,

d) weist die Röhre eine in einer Röhrenseite ausgebildete und/oder einem der Röhrenenden, insbesondere innerhalb eines Verschlusses, ausgebildete Öffnung zur Bereitstellung einer Drucksicherung auf,

e) umfasst die Röhre eine brandfeste Schnittstelle für den Anschluss und Betrieb des Batteriemoduls im Batteriesystem,

f) ist die Röhre derart ausgestaltet, dass an jeder Öffnung eine Drucksicherung und eine brandfeste Abluftvorrichtung, insbesondere ein Kamin, angebracht ist, so dass seitens der Drucksicherung emittierte Gase vermittelt durch die Abluftvorrichtung kontrolliert abgeführt werden können,

g) ist die Röhre, die Schnittstelle und/oder die Drucksicherung derart ausgestaltet und/oder angeordnet, dass das Batteriemodul durch die Röhre, die Schnittstelle und/oder die Drucksicherung zumindest temporär hermetisch abgeschlossen ist,

h) sind zwei Blechrahmen derart ausgestaltet, dass sie zur Aufnahme der Röhren an Stirn- und Rückseite gemäß dem Röhrenquerschnitt geformte Ausschnitte aufweisen, deren Ränder mit den Röhren  $R_{1...n}$  verbunden sind,

i) sind die Blechrahmen zur Aufnahme der Batteriemodule derart ausgestaltet, dass zwischen Röhre eines Batteriemoduls und, insbesondere den benachbarten Batteriemodulen durch Wärmeübertragung verbundenen, angrenzenden Flächen, eine Vielzahl von Luftspalten derart gebildet werden, die derart verbunden und ausgestaltet sind, dass sie eine Struktur bilden, die seitens jeweiligem Batteriemodul abgegebene Wärme durch einen Kamineffekt kontrolliert ableiten, wobei die Ausschnitte und Öffnungen derart angeordnet sind, dass die Abluftvorrichtung, insbesondere zwischen zwei Röhren, an diese angeschlossen ist,

j) sind die Blechrahmen zur Montage des Batteriesystems zumindest temporär mit einem Grundrahmen verbindbar ausgestaltet,

k) ist jeweils ein erster Verschluss an die Stirnseite der Röhren angebracht und jeweils ein zweiter Verschluss an der Rückseite der Röh-

ren, derart angebracht, dass für im Inneren der Röhren entstehenden Gase dicht ist,

l) ist zumindest die Röhre mit den Blechrahmen und/oder der Abluftvorrichtung zumindest teilweise auf Verschweißungen beruhend verbunden.

**[0014]** Durch das erfindungsgemäße Batteriesystemgerüst wird sowohl ein Brandschutz des das Gerüst beinhaltenden und das damit erfindungsgemäß gebildeten Batteriesystems sowie im Fahrzeug oder unter Umständen auch im nahen Umfeld des Fahrzeugs befindliche Personen vor Bränden und deren Auswirkungen geschützt. Dies wird unter erfindungsgemäß dadurch bewirkt, dass ein etwaiger von einer Batteriezelle verursachter Brand durch das brandfeste, also mindestens hochtemperaturfeste Material, durch die Röhre auf das diese Zelle beinhaltende Batteriemodul begrenzt wird.

**[0015]** Durch geeignete Dimensionierung und Ausgestaltung dieses Systems, beispielsweise durch Redundanzen, kann somit zudem sogar die Funktion des Batteriesystems für das Fahrzeug nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt werden.

**[0016]** Auch die Behebung des Schadens, also im Wesentlichen, der Austausch des betroffenen Batteriemoduls, wird durch die Erfindung erleichtert, da das Batteriemodul nach Abnahme eines Verschlusses und etwaigen Sanierungen im Inneren ausgetauscht werden kann, und bietet Schutz für das Wartungspersonal, da diese erfindungsgemäßen Wirkungen in jedem Betriebszustand des Batteriesystems bzw. des Fahrzeugs gegeben sind.

**[0017]** Diese Schutzfunktion ist unter anderem durch die thermische Isolation/Abschottung der Batteriemodule untereinander aber auch durch die Ausgestaltung der Elemente des Batteriesystemgerüsts also den mit dem Gerüst verschweißten Röhren und/oder Abluftvorrichtung gegeben. Die durch die aufeinander abgestimmte Ausgestaltung dieser Elemente gewährleistet zudem gemäß Erfindung, dass Wärme im System zügig abgeführt wird.

**[0018]** Das ist sowohl im Normalbetrieb vorteilhaft als auch im Brandfall von Vorteil, da gewünschte Temperaturen im Normalbetrieb eingehalten werden können, was unter anderem auch abnorme Zustände von Zellen reduzieren kann, und im Brandfall das schädliche Einwirken auf weitere Batteriemodule verhindert.

**[0019]** Dies wird noch durch die Wärmedämmung innerhalb der Röhren verstärkt. Dieses bietet einen weiteren Freiheitsgrad zur Einstellung des Maßes einer zum umschlossenen Modul gelangenden Wärmeenergie bzw. Wärmeleistung/Wärmefluss. Ein weiterer Freiheitsgrad kann insbesondere durch die

Wahl der Eigenschaften der Röhren derart bereitgestellt werden, dass das Gehäuse nur in einer Richtung für Wärme durchlässig ist bzw. in dieser Richtung, einen stärkeren Durchlass hat, nämlich nach außen. Bei so einer Ausgestaltung wirkt die Röhre derart mit der Wärmedämmung zusammen, dass die Wärmedämmung zu einer dosierten Wärmeabgabe führt und die Temperatur der Röhre auf seiner Außenseite so auf einem niedrigen Temperaturniveau gehalten wird. Die Wärmeenergie wird über die Außenflächen der Hülle dosiert über einen längeren Zeitraum abgegeben und stellt so die Kühlung des Systems dar, ohne die Nachbarmodule übermäßig thermisch zu belasten. Gleichzeitig bewirkt die Isolierung der Nachbarmodule nochmals deren thermische Abschottung. Deren Dämmstoff ist auf einem niedrigen Temperaturniveau als das vom einem TRA Ereignis betroffene. Der Durchgangswert eines kalten Dämmstoffes ist in der Regel deutlich besser als der eines heißen, somit ist die Isolierwirkung an den Nachbarmodulen, die eine Minimierung des Wärmeflusses bewirkt, höher als die Isolierwirkung einem von einem TRA Ereignis betroffenen Modul (Ziel: reduzierter Wärmefluss).

**[0020]** Im Brandfall kommt auch die Funktion der Drucksicherung zum Tragen, denn bei einem Brand ist mit einer Druckerhöhung im Inneren des Gehäuses zu rechnen, die auf die strukturelle Stabilität des Gehäuses wirkt und es zerstören kann. Mit einer geeigneten Dimensionierung der Drucksicherung wird erfindungsgemäß sichergestellt, dass bei bzw. vor einem Erreichen eines zerstörerischen Drucks das für den Druck verantwortliche Gas entweichen kann.

**[0021]** In Verbindung mit der Abluftvorrichtung stellt man ein kontrolliertes frei konvektives Entweichen des Gases derart sicher, dass auch andere Elemente des Batteriesystems nicht zerstörerisch beeinträchtigt werden, und die Abgase kontrolliert ins Freie abgeleitet werden können. Das Anbringen der Abluftvorrichtung an die Öffnungen stellt dabei sicher, dass die Abluftvorrichtung sowie die anderen Gerüstelemente die Funktion zumindest teilweise schadlos überstehen und somit zumindest Teile der Anordnung auch nach einem derartigen Vorfall zur Verfügung steht.

**[0022]** Insbesondere ist die Abluftvorrichtung sowie insbesondere alle anderen außerhalb der Röhren angeschlossenen bzw. anschließbaren Elemente auch noch zusätzlich brandfest ausgestaltet.

**[0023]** Die Erfindung ist dabei so flexibel, dass Batteriemodule grundsätzlich durch alle Arten von Batteriezellen gebildet werden können, bei denen ein Brand oder andere auf Nachbarmodule übergreifende zerstörerische Ereignisse nicht vollständig ausgeschlossen werden können.

**[0024]** Wird das Batteriesystem homogen, also vollständig durch solche Batteriemodule bestückt, können alle Batteriemodule in einer erfindungsgemäßen Röhre umhüllt in das Gerüst zur Bildung des Batteriesystemgerüsts aufgenommen werden. Dazu wird das jeweilige Modul in die mit dem Gerüst verschweißte Röhre eingeschoben.

**[0025]** Handelt es sich um ein heterogenes System, bei denen auch Batteriemodule enthalten sind, bei denen ein zerstörerisches Ereignis der genannten Eigenschaften ausgeschlossen werden kann oder deren Wahrscheinlichkeit für ein zerstörerisches Ereignis oder zerstörerischer Energie derart gering sind, dass auf einen zusätzlichen Schutz verzichtet werden kann, ist es auch denkbar, dass nur die unsicheren Batteriemodule, also jene deren Wahrscheinlichkeit für zerstörerische Energie, insbesondere Brand, größer ist, in eine Röhre eingekapselt in dem Gerüst austauschbar eingeführt werden.

**[0026]** Der beste Schutz wird dabei natürlich erreicht, wenn alle Batteriemodule in einer erfindungsgemäßen mit dem Gerüst, insbesondere zumindest teilweise auf Verschweißung beruhend, verbundenen Röhre gebracht werden. Also die Röhre beispielsweise verschweißte oder optional mittels an die Röhre geschweißte Flansche mit dem Blechrahmen, beispielsweise durch Schweißen, Nieten, Schrauben, Klemmen, Kleben und/oder ähnliche Verbindungen, gefügt wird.

**[0027]** Die Erfindung ermöglicht es also zumindest teilweise unsichere Batteriemodule, die beispielsweise zumindest zum Teil durch Lithium-Ionen Zellen gebildet werden, einzusetzen und in ein Batteriesystem eines Fahrzeugs zu integrieren. Hierdurch wird der Einsatz kostengünstiger und/oder höhere Energiedichte aufweisender Batteriezellen möglich.

**[0028]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Aufnahme von mindestens einem ersten und mindestens einem benachbarten zweiten Batteriemodul in einem Fahrzeug zur Bildung eines Batteriesystems, vorzugsweise in einem Maschinenraum des Fahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs,

a) werden das erste Batteriemodul und zweite Batteriemodul aus mehreren, insbesondere Lithium-Ionen, Batteriezellen gebildet und betrieben,

b) wird zumindest das erste Batteriemodul, in einer separaten, insbesondere aus vier einzelnen Seitenteilen rechteckig gebildeten, Röhre angeordnet und betrieben,

c) wird die Röhre aus einem brandfesten Material gebildet und betrieben,

d) umfasst die Röhre eine in einer Röhrenseite und/oder einem der Röhrenenden, insbeson-

dere innerhalb eines Verschlusses, ausgebildete Öffnung zur Bereitstellung einer Drucksicherung,

e) umfasst die Röhre eine brandfeste Schnittstelle für den Anschluss und Betrieb des Batteriemoduls im Batteriesystem,

f) wird die Röhre derart ausgestaltet und betrieben, dass an jeder Öffnung eine Drucksicherung und eine brandfeste Abluftvorrichtung, insbesondere ein Kamin, angebracht ist, so dass seitens der Drucksicherung emittierte Gase vermittelt durch den Abgaskamin kontrolliert abgeführt werden können,

g) wird die Röhre, die Schnittstelle und/oder die Drucksicherung derart ausgestaltet und/oder angeordnet betrieben, dass das Batteriemodul durch die Röhre, die Schnittstelle und/oder die Drucksicherung zumindest temporär hermetisch abgeschlossen ist,

h) werden zwei Blechrahmen derart ausgestaltet und betrieben, dass sie zur Aufnahme der Röhren an Stirn- und Rückseite gemäß dem Röhrenquerschnitt geformte Ausschnitte aufweisen, deren Ränder mit den Röhren verbunden sind,

i) werden die Blechrahmen zur Aufnahme der Batteriemodules derart ausgestaltet und betrieben, dass einem Batteriemodul und, insbesondere benachbarten Batteriemodulen durch Wärmeübertragung verbundenen, angrenzenden Flächen, eine Vielzahl von Luftspalten derart gebildet werden, die derart verbunden und ausgestaltet betrieben werden, dass sie eine Struktur bilden, die seitens jeweiligem Batteriemodul abgegebene Wärme durch einen Kamineffekt kontrolliert ableiten, wobei die Ausschnitte und Öffnungen derart angeordnet und betrieben werden, dass die Abluftvorrichtung, insbesondere zwischen zwei Röhren, an diese abgeschlossen betrieben wird,

j) werden die Blechrahmen zur Montage des Batteriesystems zumindest temporär mit einem Grundrahmen verbindbar ausgestaltet und betrieben,

k) wird jeweils ein erster Verschluss an die Stirnseite der Röhren angebracht und jeweils ein zweiter Verschluss an der Rückseite der Röhren, derart angebracht, dass für im Inneren der Röhren entstehenden Gase dicht betrieben wird,

l) wird zumindest die Röhre mit den Blechrahmen und/oder der Abluftvorrichtung zumindest teilweise auf Verschweißungen beruhend verbunden.

**[0029]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind durch die Unteransprüche angegeben.

**[0030]** Wird das erfindungsgemäße Batteriesystemgerüst derart weitergebildet, dass auf die Röhre zumindest eine um den Querschnitt der Röhre zumindest teilweise umlaufende Verstärkungsrippe angeschweißt ist, wird die Röhrenstruktur stabilisiert und vor Allem der Widerstand gegen Druck aus dem Inneren erhöht.

**[0031]** Wird das erfindungsgemäße Batteriesystemgerüst derart weitergebildet, dass die Röhre aus Edelstahl gebildet ist und so betrieben wird, ist ein Röhre gegeben, die eine sehr gute Kombination aus Brandfestigkeit, Stabilität und Wärmeleitfähigkeit bietet.

**[0032]** Alternativ oder ergänzend kann das erfindungsgemäße Batteriesystemgerüst gemäß einer Weiterbildung derart ausgestaltet sein und betrieben werden, dass die Wärmedämmung aus einem bidirektional dämmenden Werkstoff gebildet ist. Hierdurch kann die Wärmeabgabe in beide Richtungen dosiert erfolgen. Dadurch sind zusätzliche Freiheitsgrade bei der Optimierung des Schutzes gegeben.

**[0033]** Das erfindungsgemäße Batteriesystemgerüst kann auch alternativ oder ergänzend derart weitergebildet und betrieben werden, dass die Drucksicherung als eine mit der Röhre und/oder der Wärmedämmung verbundene Berstmembran ausgestaltet ist und betrieben wird. Hierdurch ist eine einfache und kostengünstige Realisierung der Drucksicherung gegeben, die ab einem determinierten Druck durch Brandabgase und/oder Erreichen einer determinierten Temperatur in Richtung der Abluftvorrichtung birst und Abgase und/oder Wärme damit abführen lassen kann. Diese Membran kann dann Teil der Röhre und/oder der Wärmedämmung sein.

**[0034]** Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Batteriesystemgerüst derart ausgestaltet sein und betrieben werden, dass die Drucksicherung als eine mit der Röhre und/oder der Wärmedämmung verbundene Berstscheibe ausgestaltet ist. Derartige Berstscheiben sind genormt und beinhalten in der Regel eine Berstmembran mit den oben genannten Vorteilen, so dass in dem Gehäuse bzw. der Wärmedämmung eine entsprechend der Norm ausgestaltete Aufnahmemöglichkeit angebracht werden kann. Solcherlei genormte Teile sind in der Regel in höheren Stückzahlen erhalten und weisen daher zu den genannten Vorteilen zusätzlich den Vorteil auf, dass sie kostengünstiger in der Anschaffung sind.

**[0035]** Alternativ oder ergänzend kann das erfindungsgemäße Batteriesystemgerüst derart weiter-

gebildet werden, dass die Drucksicherung als mindestens ein mit der Röhre, Röhrendeckel und/oder der Wärmedämmung verbundene federgespannte Überdruckklappe ausgestaltet ist und betrieben wird. Eine federgespannte Druckklappe hat den Vorteil, dass sie lediglich Festkörper kleiner als der Durchmesser der Klappenöffnung durchlässt. Im Gegensatz zu der Berstmembran bzw. der Berstscheibe gelangen so also lediglich höchstens kleine, in der Regel einfacher entfernbare Festteile in die Abluftvorrichtung. Ferner ist die Überdruckklappe selbst keiner Zerstörung unterworfen und klappt nach Ablassen des Überdrucks wieder zurück, so dass dann die Sauerstoffzufuhr ins Innere des Moduls unterbrochen ist. Dies erhöht also zusätzlich den Brandschutz.

**[0036]** Wird das erfindungsgemäße Batteriesystemgerüst derart weitergebildet, dass das Gehäuse, insbesondere so viele der Elemente des Batteriesystemgerüsts wie möglich, aus Edelstahl gebildet ist und so betrieben wird, sind am Gerüst beteiligte Elemente gegeben, die eine sehr gute Kombination aus Brandfestigkeit, Stabilität und Wärmeleitfähigkeit bietet. Zudem entfällt bei Edelstahl eine bei anderen Stoffen oft notwendige Beschichtung und Lackierung zur Vermeidung von Rost. Diese sind potenziell brennbar. Daher wird durch diese Ausgestaltung auch die Brandlast reduziert.

**[0037]** Bei einer weiteren Weiterbildung des erfindungsgemäßen Batteriesystemgerüsts sind zur Abdichtung des ersten und/oder zweiten Verschlusses jeweils eine Dichtfläche zwischen Verschlüssen und Röhren angebracht. Hierdurch wird für Elemente der Röhre, die nicht verschweißt sind, gewährleistet, dass sie eine zumindest nahezu hermetische Abdichtung des Inneren bzw. Schutz des Röhrenäußeren erlauben. Beispielsweise kann ein Verschluss, insbesondere der zweite Verschluss so gestaltet sein, dass er geöffnet werden kann, um beispielsweise Modulaustausch vorzunehmen, oder dauerhaft verschlossen ausgeschlossen sein, also beispielsweise als ein eingeschweißter Deckel ausgeführt sein.

**[0038]** Vorzugsweise wird die Erfindung derart weitergebildet, dass gemäß einer Weiterbildung des Batteriegerüsts die zweiten Verschlüsse jeweils mit der Rückseite der Röhren und/oder den Rändern der Ausschnitte des Blechrahmens verschweißt sind. Hier wird einem erfinderischen Gedanken Rechnung getragen, dass je mehr Verbindungen durch Verschweißung zustande kommen, desto stabiler und sicherer ist die Konstruktion. Ferner trägt dies dem erfinderischen Gedanken Rechnung, die anderen Module zu schützen, in dem das Innere eines ein TRA Ereignis aufweisenden Moduls möglichst hermetisch vom Äußeren isoliert ist.

**[0039]** Weitere Vorteile und Details der Erfindung werden ausgehend von dem in **Fig. 1** dargestellten Stand der Technik anhand der in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** dargestellten Ansichten eines Ausführungsbeispiels der Erfindung erläutert.

**[0040]** Dabei zeigt

**Fig. 1** schematisch eine gemäß Stand der Technik bei einem Batteriesystem anwendbare Definition von unterscheidbaren Ebenen,

**Fig. 2** schematisch eine räumliche Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Anordnung mit geschlossenen Röhren,

**Fig. 3** schematisch eine räumliche Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Anordnung mit offenen Röhren,

**Fig. 4** schematisch eine räumliche Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Röhre mit eingeführtem Batteriemodul,

**Fig. 5** schematisch in Seitenansicht die Unterbringung eines erfindungsgemäßen Gerüsts in einem Maschinenraum mit einem von einem Maschinengang einzuführenden Batteriemodul.

**[0041]** Bei den Ansichten der Ausführungsbeispiele stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsform jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende, Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind.

**[0042]** Des Weiteren sind die beschriebenen Komponenten der dargestellten Ausführungsform auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

**[0043]** Etwaige Angaben zu Funktionen und Wirkungsweise sind zudem als ein Ausführungsbeispiel erfindungsgemäßer Verfahrensweise zu betrachten.

**[0044]** Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

**[0045]** In der **Fig. 1** ist wie eingangs beschrieben die Aufteilung eines typisches Lithium-Ionen Batteriesystem für Traktions- und Bordnetzanwendungen dargestellt. Diese Aufteilung dient als Grundlage für die Bestimmung von Funktionseinheiten. Diese werden unter anderem für die Definition von Sicherheitsanforderungen gemäß der Norm EN 62619 verwendet.

**[0046]** Zu erkennen ist die erste Ebene E1, die eine erste durch eine Batteriezelle gebildete Funktionseinheit bezeichnet. Des Weiteren ist die zweite Ebene E2 zu erkennen, die eine zweite durch ein

Batteriemodul gebildete Funktionseinheit bezeichnet, welche in der Regel aus einer Mehrzahl von Zellen, also ersten Funktionseinheiten gebildet wird. Schließlich ist noch die dritte Ebene E3 zu erkennen, welche die durch ein Batteriesystem gebildete dritte Funktionseinheit bezeichnet, die aus mindestens einem Batteriemodul gebildete wird.

**[0047]** Die Sicherheitsanforderung gemäß der Norm EN 62619 der sog. Thermal Propagation Test (TPT) ist dann erfüllt, wenn nachgewiesen werden kann, dass das System derart ausgestaltet ist, dass bei einem TRA entweder auf Zellebene E1, Modulebene E2 oder auf Batteriesystemebenen E3 Brände ausgeschlossen werden können.

**[0048]** Die Erfindung schlägt dazu ein Konzept zur Umsetzung des TRA Schutzes auf Modulebene E2 vor, welches in einen Brandschutz der Ebene E3 mündet und somit die zweite Alternative gemäß Norm realisiert, wobei die in **Fig. 2** bis **Fig. 5** gezeigten Ansichten eines Ausführungsbeispiels der Erfindung eine Konstruktion zeigen, die sich erfindungsgemäß durch eine besonders leichte Umsetzung auszeichnen.

**[0049]** In der **Fig. 2** ist als ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anordnung eine Gerüststruktur in räumlicher Darstellung gezeigt.

**[0050]** Zu erkennen ist, dass das Gerüst einen Grundrahmen GR aufweist. Auf diesem sind erfindungsgemäß ausgeschnittene Blechrahmentteile BR1...B2 befestigt. Zur Befestigung kann eine lösbare Verbindung, wie beispielsweise Schraub-/Nietverbindung, und/oder nicht lösbare, wie beispielsweise Verschweißung, angewandt werden.

**[0051]** Der Grundrahmen GR ist insbesondere auch derart ausgestaltet, dass damit die Konstruktion in einem Maschinenraum eines Zuges, vorzugsweise lösbar, befestigt werden kann.

**[0052]** Wie beim vorderen, also der Stirnseite des Gerüsts angeordneten, Blechrahmenteil BR1 zu erkennen, weist das Blechrahmenteil BR1 rechteckige Ausschnitte. Dies gilt auch für das nicht vollständig erkennbare hintere Blechrahmenteil B2, welches sich an der Rückseite des Gerüsts befindet.

**[0053]** Zu erkennen ist ferner, dass zwischen den ausgeschnittenen Blechrahmenteil BR1...BR2 gemäß Beispiel  $n=8$  rechteckig geformte Röhren  $R_{1...n}$  befestigt sind.

**[0054]** Die Röhren  $R_{1...n}$  weisen dabei eine einem Ausschnitt  $A_{1...2n}$  derart entsprechend dimensionierten rechteckigen Querschnitt auf, dass die Röhren  $R_{1...n}$  an die den rechteckigen Ausschnitt  $A_{1...2n}$  des jeweiligen Blechrahmens B1...B2 umfassenden Teile

des Blechrahmens B1...B2 durch Schweißen befestigt werden.

**[0055]** Eine Röhre  $R_{1...n}$  wird als an ihrer Stirnseite und ihrer Rückseite mit an zwei gegenüberliegenden Ausschnitten  $A_{1...2n}$  durch das Schweißen angebracht.

**[0056]** Die Röhre  $R_{1...n}$  ist dabei jeweils derart gebildet, dass die Seitenwände der Röhre  $R_{1...n}$  jeweils miteinander verschweißt sind, so dass es sich jeweils um einen hermetischen Verschluss an diesen sich durch jeweils zwei verschweißte Seitenteile bildenden Kanten handelt.

**[0057]** Ferner kann auch die Rückseite der jeweiligen Röhre  $R_{1...n}$  derart verschlossen sein, dass ein Deckel daran angeschweißt wird, so dass auch hier ein hermetischer Verschluss gebildet wird.

**[0058]** Die Röhren  $R_{1...n}$  dienen zur Aufnahme von Batteriemodulen (nicht dargestellt). Damit ein Batteriemodul eingeführt und auch jederzeit wieder entnommen werden kann, wird die Stirnseite der Röhren  $R_{1...n}$  nicht verschweißt, sondern ein weiterer Deckel wird, beispielsweise nach Aufnahme eines Batteriemoduls, lösbar an die Stirnseite gebracht.

**[0059]** Falls es erforderlich sein sollte den Verschluss (Deckel) D auf der Rückseite auch lösbar zu gestalten, um beispielsweise eine Wartung/Entnahme durchführen zu können, kann dieser ebenfalls lösbar angebracht sein.

**[0060]** Dabei ist die Röhre  $R_{1...n}$ , der Deckel D und/oder der ausgeschnittene Blechrahmen BR1...BR2 derart ausgestaltet und bzgl. der Dimensionierung derart aufeinander abgestimmt, dass der lösbare Verschluss dicht und gegen einen im inneren entstehenden Druck stabil in seiner Position bleibt und möglichst keine Gase entweichen können.

**[0061]** Hierzu können Dichtflächen DF, von der eine beispielhaft in der **Fig. 3** gezeigt ist, zwischen Deckel D und der jeweiligen Röhre  $R_{1...n}$  auf die der Deckel D angebracht wird, beispielsweise durch Klemmung, alternativ oder ergänzend zusätzlich einen Beitrag zur Dichtigkeit leisten.

**[0062]** Wie in der **Fig. 2** zu erkennen ist, erfolgt gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel auch eine Verstärkung der Röhren  $R_{1...n}$  derart, dass zur Erhöhung der Stabilität der verschweißten Seitenteile Verstärkungsrippen VR angebracht sind. Diese können hierzu auf die Röhren aufgefädelt und dann ebenfalls mit durch Verschweißen mit den Seitenteilen verbunden werden.

**[0063]** Das Material, aus dem die Seitenteile und die Deckel D gebildet sind, ist vorzugsweise Edelstahl.

Dies hat den Vorteil, dass es bzgl. Wärmeleitfähigkeit, Stabilität und Brandfestigkeit sehr gute Werte aufweist und eine ideale Kombination darstellt. Ferner aufgrund des Wegfalls der Notwendigkeit einer Oberflächenbehandlung, beispielsweise durch Lacke, es auch weniger bzw. keine Brandlast aufweist, die diese idealen Eigenschaften schmälern könnten.

**[0064]** In der **Fig. 2** ist zu erkennen, dass zwischen Seitenteilen der einzelner sich gegenüberstehender Röhren  $R_{1...n}$  nach dem Befestigen zwischen den Blechrahmen B1...B2 Luftspalte LS gebildet werden.

**[0065]** Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Dimensionierung der Blechrahmen BR1...BR2, der Röhren  $R_{1...n}$  und/oder Deckel D entsprechend gestaltet ist, dass die Seitenteile der Röhren  $R_{1...n}$  in einem gewünschten Abstand zu liegen kommen und so einen Luftspalt LS bilden.

**[0066]** Diese Luftspalte LS dienen der Kühlung des Batteriesystemgerüsts gemäß der Erfindung, denn im Fall eines Brandes entstehende Wärme wird über die Seitenwände an die Luft in den Luftspalten LS abgegeben und es kann damit ein Kamineffekt verwirklicht werden, der die aufgewärmte Luft zügig aus dem Gerüst führt.

**[0067]** In der **Fig. 3** ist ebenfalls eine räumliche Darstellung des Gerüsts zu sehen, allerdings ohne stirnseitige Deckel D, so dass ein Teil des Inneren der Röhren  $R_{1...n}$  gemäß Ausführungsbeispiel zu sehen ist.

**[0068]** Zu erkennen ist dabei, dass im vorderen Teil einer Röhre  $R_{1...n}$  eine kreisförmige Aussparung L auf derjenigen im Bezug zum Grundrahmen GR senkrechten Seitenwand angeordnet ist, die mit einer gegenüberliegenden senkrechten Seitenwand einer weiteren Röhre  $R_{1...n}$  einen senkrecht zum Grundrahmen GR angeordneten Luftschlitz LS bildet.

**[0069]** In dieser Aussparung kann eine diese Aussparung L ausfüllende eine Vorrichtung zur Drucksicherung, beispielsweise eine (nicht dargestellte) Berstscheibe, eine direkt in der Aussparung befestigte (nicht dargestellte) Berstmembran oder eine (nicht dargestellte) federgespannte Druckklappe, untergebracht sein, die bei einer, beispielsweise durch einen Brand verursachten, Gasbildung in Bezug zur Röhre  $R_{1...n}$  nach außen hin einen Druck bzw. das gebildete Gas kontrolliert ablässt, wenn dieser einen vorgegebenen Wert erreicht, der eine Stabilität der Röhren  $R_{1...n}$  gefährden könnte.

**[0070]** Um benachbarte Röhren  $R_{1...n}$  nicht zu gefährden, ist daher an dieser Stelle in den Luftschlitz LS ein Abgaskamin AK eingebracht, der an

allen derart ausgestalteten Aussparungen L dicht derart an diese Aussparungen L bzw. die Drucksicherung angeschlossen ist, dass er das Gas abführen kann, ohne dass es anderweitig entweicht.

**[0071]** Hierdurch wird eine der vorteilhaften Funktionen der Erfindung sichergestellt, nämlich, dass bei einem TRA der Schaden auf das betroffene Batteriemodul begrenzt werden.

**[0072]** Abgaskamin AK und Aussparung L für die Drucksicherung sind aber nicht auf die beschriebenen Ausführungen beschränkt. Der Abgaskamin kann auch an Stirn- oder Rückseite platziert sein. Ebenso die Aussparungen L.

**[0073]** Die **Fig. 3** zeigt ferner schematisch die oben bereits angesprochene Dichtfläche DF wie sie zwischen jedem Deckel D und Röhre  $R_{1...n}$  vorgesehen sein kann. Am Boden der Röhren  $R_{1...n}$  zu sehen sind auch Befestigungselemente bzw. Gegenstücke für eine Befestigung, wie sie für die lösbare Befestigung der Module BM vorgesehen sein können.

**[0074]** Wie in **Fig. 4** zu erkennen ist, ist der Abgaskamin AK derart im Vergleich zur Länge der Röhren  $R_{1...n}$  schmal geformt, dass die senkrecht ausgeformten Luftschlitze LS den beschriebenen Kamineffekt für das Abführen von einer der Röhren  $R_{1...n}$  über Wärmeübertragung abgegebenen Wärmeenergie bereitstellen können.

**[0075]** Ferner sieht man in der **Fig. 4** ein in die Röhre  $R_{1...n}$  eingebrachtes Batteriemodul BM und kann erkennen, dass dieses am Boden der Röhre  $R_{1...n}$ , beispielsweise über einen Rahmen, befestigt sein kann.

**[0076]** Zwischen Batteriemodul und Wänden der sie beinhaltenden Röhre  $R_{1...n}$  ist erfindungsgemäß eine Wärmedämmung WD vorgesehen. Vorzugsweise ist die Wärmedämmung WD bidirektional gegeben, so dass die Wärmeenergie, die von außen über die Seitenwände der Röhre  $R_{1...n}$ , beispielsweise durch einen Brand in einer benachbarten Röhre  $R_{1...n}$  verursacht, an die Wärmedämmung gelangt, lediglich dosiert nach innen abgegeben wird.

**[0077]** Umgekehrt, wird eine im inneren sich bildende Wärmeenergie nur dosiert nach außen abgeben.

**[0078]** Zu diesem Ziel tragen unter anderem auch die Luftschlitze LS sowie die Röhren  $R_{1...n}$  und die bidirektionalen Wärmedämmungen bei. Die Röhren  $R_{1...n}$  in dem es Stabilität aber auch sehr gute Wärmeleitfähigkeiten aufweist und die Wärmedämmung WD, da sie sowohl das jeweilige Batteriemodul BM von außen eindringender Wärme schützen als auch eine Abgabe der Hitze bei einem TRA so weit einschränken, dass dies allein und/oder im Zusammen-

wirken mit den anderen erfindungsgemäßen Merkmalen der Anordnung bzw. des Verfahrens ausreicht, um die Funktionalität der sicheren Batteriemodule nicht zu stören.

**[0079]** Die Wärmedämmung WD und/oder die Röhre R ist dabei so ausgestaltet, dass es das Batteriemodul, nach dem es eingeführt worden ist, nahezu vollständig umfasst. Lediglich für notwendige Anschlüsse weist die Röhre und/oder die Wärmedämmung, neben der Aussparung für die Drucksicherung L, weitere Aussparungen auf. Beispielsweise für den Anschluss einer Schnittstelle an das Batteriemodul, damit dieses wiederum an das Batteriesystem angeschlossen werden kann.

**[0080]** Die nicht dargestellte Schnittstelle ist dabei vorzugsweise ebenfalls so ausgestaltet, dass es den Druck von Gas im Inneren nicht rauslässt und brandfest ist.

**[0081]** In der **Fig. 5** sieht man nun schematisch wie ein erfindungsgemäßes Batteriesystemgerüst in einem Maschinenraum MR untergebracht ist. Dieser weist im Querschnitt 1000 mm auf in die das Batteriesystemgerüst eingebracht ist.

**[0082]** Diese sind also in der Regel räumlich stark begrenzt und nur über einen ebenfalls engen, im Beispiel 600 mm aufweisenden, Maschinenraumgang MG für notwendige Manipulationen erreichbar.

**[0083]** Hier zeigt sich wie eine der Vorteile der Erfindung zum Tragen kommt. Aufgrund der mit dem Gerüst verschweißten und über Rahmen im Maschinenraum MR befestigten Röhren R kann nach Entfernen des Verschlusses auf der Stirnseite der Röhre R ein Batteriemodul BM eingebracht werden. Aufgrund der Tatsache, dass das reine, also im Wesentlichen ohne nicht zum Modul gehörende Elemente beaufschlagte, Batteriemodul eingeführt wird, hat das Batteriemodul BM im dargestellten Beispiel eine Länge von 720 mm und eine Diagonale von 756 mm. Es wäre somit länger als der Maschinenraumgang MG breit ist. Dennoch kann es Dank der Erfindung eingebracht werden.

**[0084]** Das dargestellte Batteriesystemgerüst hat dazu eine Tiefe von 805 mm, also 180 mm kürzer als der Maschinenraum MR im Querschnitt aufweist, so dass das Batteriemodul diagonal in einer Art „Schiebgrab“ Bewegung eingeführt werden kann. Also zu Beginn diagonal eingebracht, bis eine waagerechte Fortführung der Bewegung des Batteriemoduls BM in die Röhre R möglich ist.

**[0085]** Die Erfindung bietet sich vor Allem bei einem Einsatz von für „unsicheren“ Zellen an. Hierdurch wird der Einsatz von Lithium-Zellen mit sehr hoher

Energiedichte in Fahrzeugen, insbesondere Schienenfahrzeugen, möglich.

**[0086]** Die Fehleranfälligkeit der Konstruktion gegen extreme Temperaturen wird durch die geringe Anzahl an Dichtflächen weiter reduziert. Der Abgaskamin AK zu jedem Modul BM wird mittig zwischen den Röhren  $R_{1...n}$  geführt und angeschlossen, um möglichst viel Bautiefe mit der Röhre R,  $R_{1...n}$  selbst auszunutzen.

**[0087]** Ein weiterer Vorteil, der auch diesen Einsatz unterstützt, ist, dass der TRA auf ein durch TRA betroffenes, also in der Regel unsicheres, Batteriemodul begrenzt wird.

**[0088]** Es wird demnach durch die Erfindung gewissermaßen eine kleinste brennbare Einheit definiert, die sich in einem Batteriemodul im inneren seiner Röhre  $R_{1...n}$  erschöpft.

**[0089]** Das Konzept ist speziell für Lithium-Ionen Zellen, die keine Schutzmechanismen auf Zellebene besitzen, gedacht. Sie ist allerdings nicht darauf eingeschränkt. Im Grunde bietet die Erfindung die Reduktion von Schäden durch zerstörerische Energien eines Brandes in jedwedem Modul. Entfaltet aber durch sein Schutzkonzept eben besonders beim Einsatz unsicherer Zellen die meisten Vorteile.

**[0090]** Durch die Erfindung wird möglich, dass nach einem Brandereignis, lediglich das betroffene Modul ausgetauscht werden muss. Je nach Steuerung und Verschaltung der Module bzw. unterstützt durch Redundanzen, kann in so einem Fall der Betrieb des Batteriesystems BS nahezu unterbrechungsfrei fortgeführt werden.

**[0091]** Das erfindungsgemäße Konstrukt ist dabei derart ausgestaltet, dass es auf vorteilhafte Weise auch in einem Maschinenraum eines Schienenfahrzeugs untergebracht werden kann und dort ein Austausch eines Batteriemoduls trotz der beengten Verhältnisse dort erfolgen, in dem das Gerüst so angeordnet wird, dass der stirnseitige Deckel D gelöst und das alte Batteriemodul in Richtung Maschinenraumgang herausgenommen und durch ein neues ersetzt werden. Ist dieser Gang sehr eng, kann das Gerüst, die zu verwendenden Batteriemodule und/oder die Röhren  $R_{1...n}$  derart dimensioniert werden, dass ein Batteriemodul schräg eingeführt oder entnommen werden kann. Hierzu könnte beispielsweise die Höhe der Röhren  $R_{1...n}$  höher angesetzt sein, um einen größeren Winkel beim bei in bzw. aus der Röhre  $R_{1...n}$  führen des Batteriemoduls zu ermöglichen.

**[0092]** Da die erfindungsgemäße Anordnung und das erfindungsgemäße Verfahren ein aktives Löschen obsolet machen und es sich bei der vorge-

sehenen Kühlmethode gemäß Erfindung und den Weiterbildungen um eine rein passive Lösung handelt, ist der erfindungsgemäße Schutz in allen Betriebszuständen gegeben, insbesondere auch im abgerüsteten Zustand des Fahrzeugs.

**[0093]** Mit der Erfindung kann man sich daher für einen Schutz gemäß TPT hinsichtlich von einem in der ersten Ebene E1 erforderlichen Sicherheitsmechanismus auf Zellebene lösen. Man kann wesentlich günstigere Lithium-Ionen Zellen einsetzen. Diese sind in einer wesentlich größeren Anzahl verfügbar als sicherere Lithium-Ionen Zellen, und reduzieren somit die Zellkosten des erfindungsgemäßen Batteriesystems BS. Mit der erfindungsgemäßen Lösung bedarf es auch keines im Wesentlichen in der dritte Ebene E3 realisierten Konzepts, welches auch nur sehr schwer implementierbar ist, da die freiwerdende TRA Energie des gesamthaft brennenden Batteriesystems mit einer hohen Anzahl Zellen jegliche Schutzmaßnahmen technisch unrealisierbar und unwirtschaftlich macht.

**[0094]** Durch die Erfindung wird also der Nachteil überwunden, der beim Einsatz eines TRA beständigen Container für das gesamte Batteriesystem BS ergibt. Dann ist nämlich ein Verlust des gesamten Systems allein aufgrund einer TRA einer Zelle gegeben. Ferner spart man sich ein schweres Außengehäuse, die für große Energiemengen kostentreibend dimensioniert sein müssen.

**[0095]** Die Erfindung reduziert zudem Ausfallwahrscheinlichkeiten.

**[0096]** Durch die Erfindung ist ferner eine derart robuste Lösung gegenüber, dass sogar ein Auslegungspuffer für kommende Zellgenerationen mit noch höherer Energiedichte vorhanden ist. Für derzeitige Systeme also mehr als ausreichenden Schutz bietet.

**[0097]** Der Aufwand, der hierzu erforderlich ist, erschöpft sich in einem akzeptablen Einsatz von zusätzlichem Material und/oder Mehrgewicht für den erfindungsgemäßen TRA Schutz, da die Röhren  $R_{1...n}$  auch gleichzeitig Teile des gesamten Gerüsts bilden.

**[0098]** Die signifikante Gewichtsreduktion im Vergleich zu Konstruktionen, die im Wesentlichen lösbare Verbindungen aufweisen. Hierdurch ist auch ein hoher Automatisierungsgrad der Fertigung möglich. Ferner bietet das Schweißen den Vorteil, dass eine hohe Gasdichtigkeit durch Fügen vieler Einzelteile erzielt wird. Geringe Anzahl Dichtflächen sind hierdurch erforderlich.

**[0099]** Durch die erfindungsgemäßen Merkmale ist auch eine Austauschbarkeit der Batteriemodule im in

gängigen Maschinenräumen, beispielsweise von Zügen, möglich.

**[0100]** Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten und diskutierten Ausführungsbeispiele der Anordnung und des Verfahrens sowie deren Weiterbildungen beschränkt. Vielmehr ist es so, dass mit der Erfindung, wie sie durch die Ansprüche definiert ist, alle - auch nicht angesprochene - durch die Ansprüche abgedeckten Varianten umfasst sein sollen.

## Patentansprüche

1. Batteriesystemgerüst zur Aufnahme von mindestens einem ersten und mindestens einem zweiten Batteriemodul (BM) in einem Fahrzeug zur Bildung eines Batteriesystems, vorzugsweise in einem Maschinenraum des Fahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet**, dass
  - a) das erste Batteriemodul und zweite Batteriemodul (BM) aus mehreren, insbesondere Lithium-Ionen, Batteriezellen gebildet ist,
  - b) zumindest das erste Batteriemodul, in einer separaten, insbesondere aus vier einzelnen Seitenteilen rechteckig gebildeten, Röhre ( $R_{1...n}$ ) angeordnet ist,
  - c) die Röhre ( $R_{1...n}$ ) aus einem brandfesten Material gebildet ist,
  - d) die Röhre ( $R_{1...n}$ ) eine in einer Röhrenseite ausgebildete Öffnung (L) zur Bereitstellung einer Drucksicherung aufweist,
  - e) die Röhre ( $R_{1...n}$ ) eine brandfeste Schnittstelle für den Anschluss und Betrieb des Batteriemoduls (BM) im Batteriesystem (BS) umfasst,
  - f) die Röhre ( $R_{1...n}$ ) derart ausgestaltet ist, dass an jeder Öffnung (L) eine Drucksicherung und eine brandfeste Abluftvorrichtung (AK), insbesondere einen Kamin, angebracht ist, dass seitens der Drucksicherung emittierte Gase vermittelt durch die Abluftvorrichtung (AK) kontrolliert abgeführt werden können,
  - g) die Röhre ( $R_{1...n}$ ), die Schnittstelle und/oder die Drucksicherung derart ausgestaltet und/oder angeordnet ist, dass das Batteriemodul (BM) durch die Röhre ( $R_{1...n}$ ), die Schnittstelle und die Drucksicherung zumindest temporär hermetisch abgeschlossen ist,
  - h) zwei Blechrahmen (BR) derart ausgestaltet sind, dass sie zur Aufnahme der Röhren ( $R_{1...n}$ ) an Stirn- und Rückseite gemäß dem Röhrenquerschnitt geformte Ausschnitte aufweisen, deren Ränder mit den Röhren  $R_{1...n}$  verbunden sind,
  - i) die Blechrahmen (BR) zur Aufnahme der Batteriemodule (BM) derart ausgestaltet sind, dass zwischen Röhre ( $R_{1...n}$ ) eines Batteriemoduls (BM) und, insbesondere mit benachbarten Batteriemodulen (BM) durch Wärmeübertragung verbundenen, angrenzenden Flächen, eine Vielzahl von Luftspalten (LS) derart gebildet werden, die derart verbunden und ausgestaltet sind, dass sie eine Struktur bil-

den, die seitens Batteriemodul (BM) abgegebene Wärme durch einen Kamineffekt kontrolliert ableiten, wobei die Ausschnitte und Öffnungen (L) derart angeordnet sind, dass die Abluftvorrichtung (AK), insbesondere zwischen zwei Röhren ( $R_{1...n}$ ), an diese angeschlossen ist,

j) die Blechrahmen zur Montage des Batteriesystems zumindest temporär mit einem Grundrahmen (GR) verbindbar ausgestaltet ist,

k) jeweils ein erster Verschluss an die Stirnseite der Röhren ( $R_{1...n}$ ) angebracht ist und jeweils ein zweiter Verschluss an der Rückseite der Röhren ( $R_{1...n}$ ), derart angebracht ist, dass für im Inneren der Röhren  $R_{1...n}$  entstehenden Gase dicht ist,

l) zumindest die Röhre ( $R_{1...n}$ ) mit den Blechrahmen (BR) und/oder der Abluftvorrichtung (AK) zumindest teilweise auf Verschweißungen beruhend verbunden ist.

2. Batteriesystemgerüst nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die Röhre ( $R_{1...n}$ ) zumindest eine um den Querschnitt der Röhre ( $R_{1...n}$ ) zumindest teilweise umlaufende Verstärkungsrippe angeschweißt ist.

3. Batteriesystemgerüst nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmedämmung aus einem bidirektional dämmenden Werkstoff gebildet ist.

4. Batteriesystemgerüst nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drucksicherung als eine in der Öffnung der Röhre ( $R_{1...n}$ ) mit der Röhre ( $R_{1...n}$ ), der Abluftvorrichtung (AK) und/oder der Wärmedämmung verbundene Berstmembran ausgestaltet ist.

5. Batteriesystemgerüst nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drucksicherung als Berstscheibe ausgestaltet ist.

6. Batteriesystemgerüst nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drucksicherung als mindestens eine feder gespannte Überdruckklappe ausgestaltet ist.

7. Batteriesystemgerüst nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Röhre ( $R_{1...n}$ ), die Verstärkungsrippen, die Bleche und/oder die Abluftvorrichtung (AK) aus Edelstahl gebildet ist.

8. Batteriesystemgerüst nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Abdichtung des ersten und/oder zweiten Verschlusses (D) jeweils eine Dichtfläche (DF) zwischen Verschlüssen (D) und Röhren ( $R_{1...n}$ ) angebracht sind.

9. Batteriesystemgerüst nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Abdichtung die zweiten Verschlüsse (D) jeweils mit der Rückseite der Röhren ( $R_{1...n}$ ) und/oder den Rändern der Ausschnitte des Blechrahmens (BR) verschweißt sind.

10. Verfahren zur Aufnahme von mindestens einem ersten und mindestens einem zweiten Batteriemodul (BM) in einem Fahrzeug zur Bildung eines Batteriesystems (BS), vorzugsweise in einem Maschinenraum des Fahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet**, dass

a) wird das erste Batteriemodul und zweite Batteriemodul (BM) aus mehreren, insbesondere Lithium-Ionen, Batteriezellen gebildet und betrieben,

b) wird zumindest das erste Batteriemodul, in einer separaten, insbesondere aus vier einzelnen Seitenteilen rechteckig gebildeten, Röhre ( $R_{1...n}$ ) angeordnet und betrieben,

c) wird die Röhre ( $R_{1...n}$ ) aus einem brandfesten Material gebildet und betrieben,

d) umfasst die Röhre ( $R_{1...n}$ ) eine in einer Röhrenseite ausgebildete Öffnung (L) zur Bereitstellung einer Drucksicherung,

e) umfasst die Röhre ( $R_{1...n}$ ) eine brandfeste Schnittstelle für den Anschluss und Betrieb des Batteriemoduls (BM) im Batteriesystem (BS),

f) wird die Röhre ( $R_{1...n}$ ) derart ausgestaltet und betrieben, dass an jeder Öffnung (L) eine Drucksicherung und eine brandfeste Abluftvorrichtung (AK), insbesondere einen Kamin, angebracht ist, dass seitens der Drucksicherung emittierte Gase vermittelt durch die Abluftvorrichtung (AK) kontrolliert abgeführt werden können,

g) wird die Röhre ( $R_{1...n}$ ), die Schnittstelle und/oder die Drucksicherung derart ausgestaltet und/oder angeordnet betrieben, dass das Batteriemodul (BM) durch die Röhre ( $R_{1...n}$ ), die Schnittstelle und die Drucksicherung zumindest temporär hermetisch abgeschlossen ist,

h) werden zwei Blechrahmen (BR) derart ausgestaltet und betrieben, dass sie zur Aufnahme der Röhren ( $R_{1...n}$ ) an Stirn- und Rückseite gemäß dem Röhrenquerschnitt geformte Ausschnitte aufweisen, deren Ränder mit den Röhren  $R_{1...n}$  verbunden sind,

i) werden die Blechrahmen (BR) zur Aufnahme der Batteriemodule (BM) derart ausgestaltet und betrieben, dass zwischen Röhre ( $R_{1...n}$ ) eines Batteriemoduls (BM) und, insbesondere mit benachbarten Batteriemodulen (BM) durch Wärmeübertragung verbundenen, angrenzenden Flächen, eine Vielzahl von Luftspalten (LS) derart gebildet werden, die derart verbunden und ausgestaltet betrieben werden, dass sie eine Struktur bilden, die seitens Batteriemodul (BM) abgegebene Wärme durch einen Kamineffekt kontrolliert ableiten, wobei die Ausschnitte und Öffnungen (L) derart angeordnet und betrieben werden, dass die Abluftvorrichtung (AK),

insbesondere zwischen zwei Röhren ( $R_{1...n}$ ), an diese angeschlossen betrieben wird,  
j) werden die Blechrahmen (BR) zur Montage des Batteriesystems zumindest temporär mit einem Grundrahmen (GR) verbindbar ausgestaltet und betrieben,  
k) wird jeweils ein erster Verschluss an die Stirnseite der Röhren ( $R_{1...n}$ ) angebracht und jeweils ein zweiter Verschluss an der Rückseite der Röhren ( $R_{1...n}$ ), derart angebracht, dass für im Inneren der Röhren  $R_{1...n}$  entstehenden Gase dicht betrieben wird,  
l) wird zumindest die Röhre ( $R_{1...n}$ ) mit den Blechrahmen (BR) und/oder der Abluftvorrichtung (AK) zumindest teilweise auf Verschweißungen beruhend verbunden.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

**FIG 1** Stand der Technik

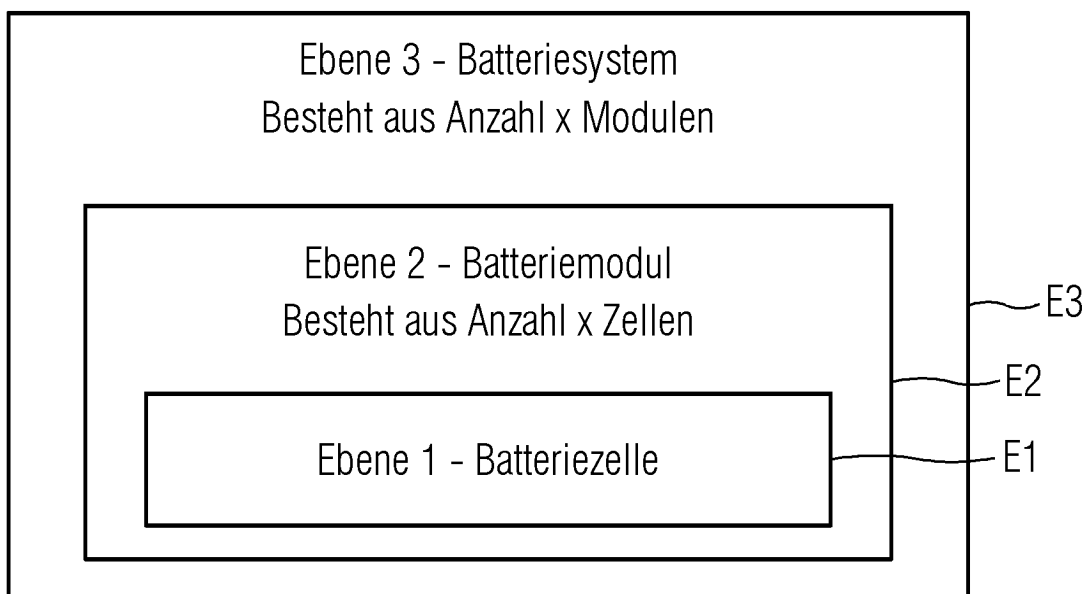


FIG 2

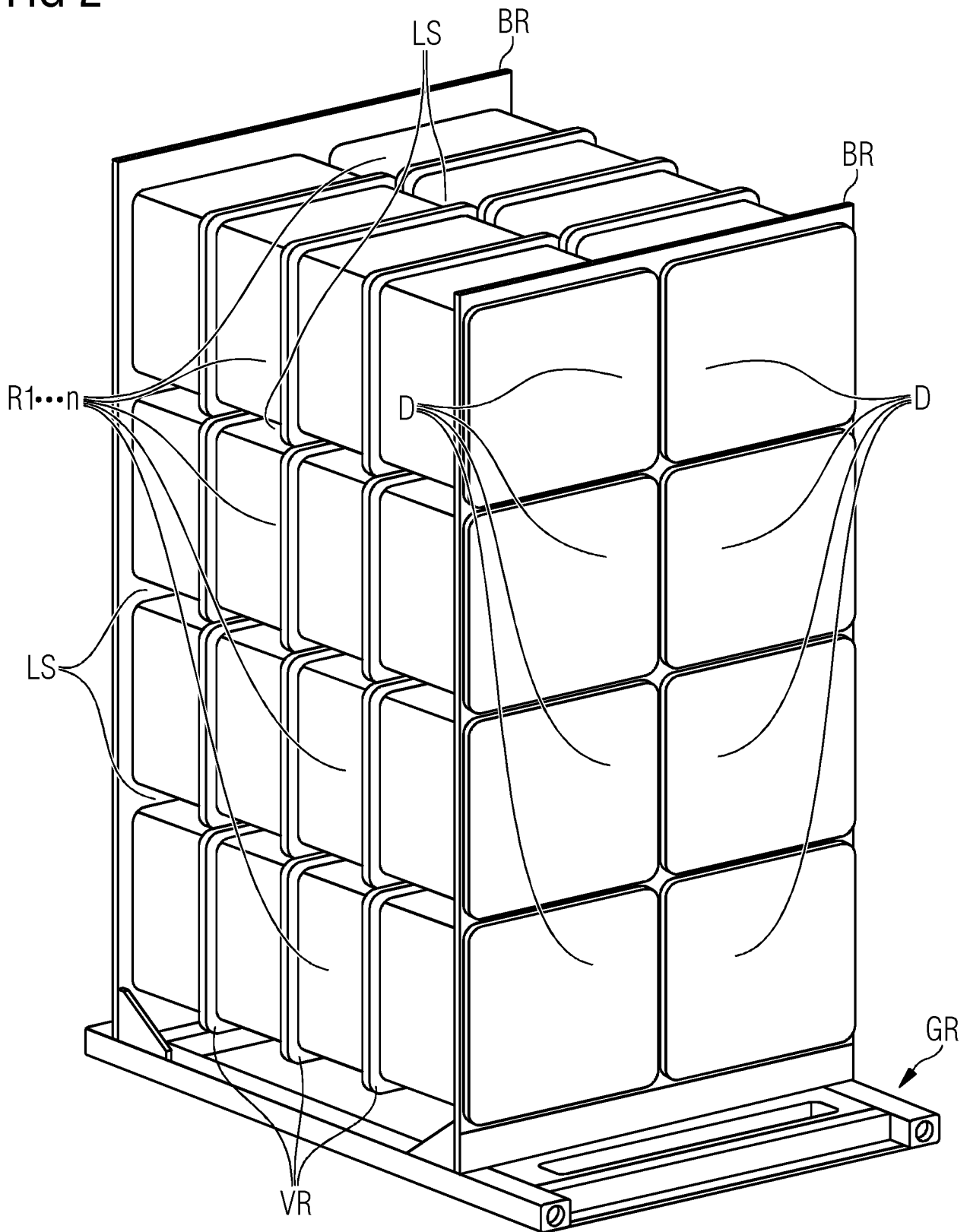


FIG 3

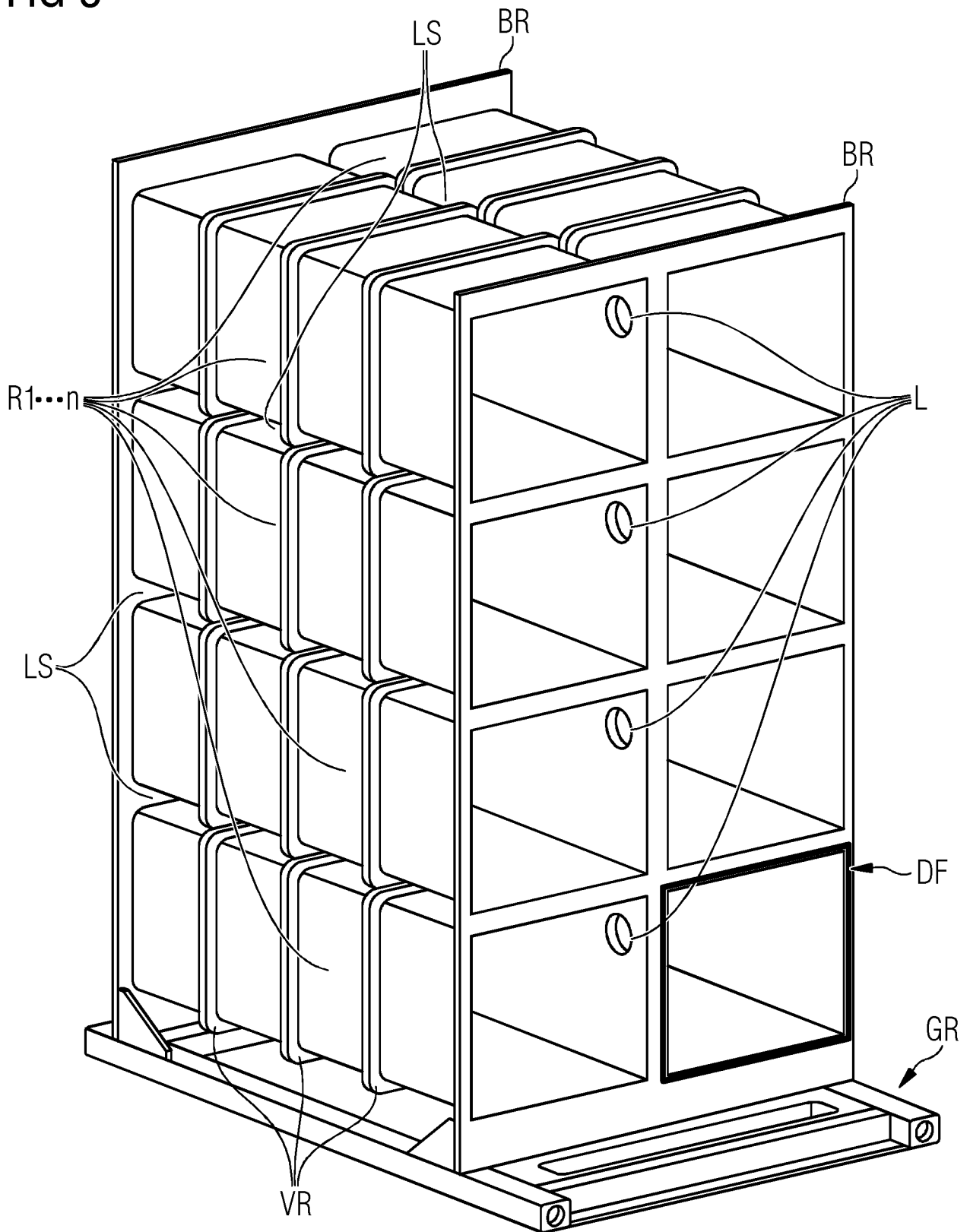


FIG 4

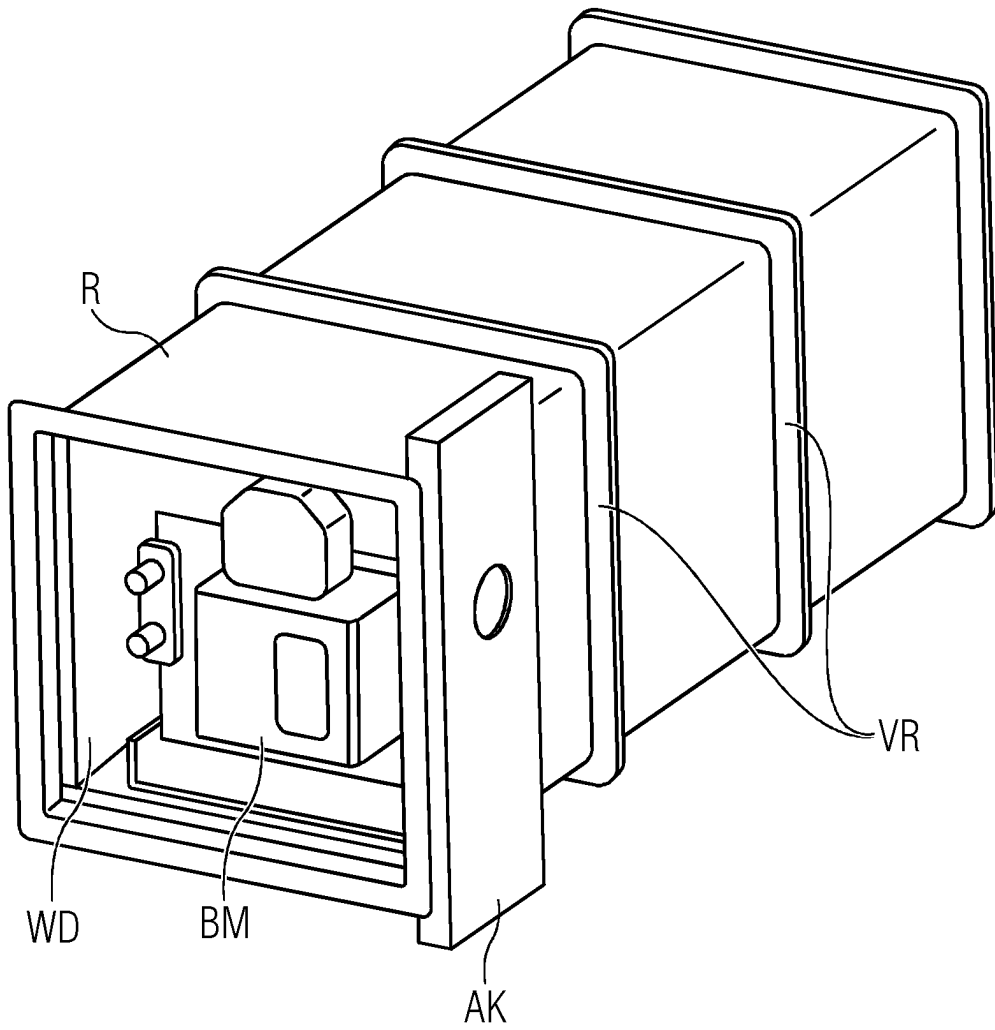


FIG 5

