



(10) **DE 20 2019 101 393 U1** 2019.04.25

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2019 101 393.1**  
(22) Anmeldetag: **12.03.2019**  
(47) Eintragungstag: **18.03.2019**  
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **25.04.2019**

(51) Int Cl.: **G01N 25/20** (2006.01)  
**G01K 17/06** (2006.01)  
**H05B 3/36** (2006.01)  
**H01M 10/66** (2014.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie,  
dieses vertreten durch den Präsidenten der  
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, 38116  
Braunschweig, DE**

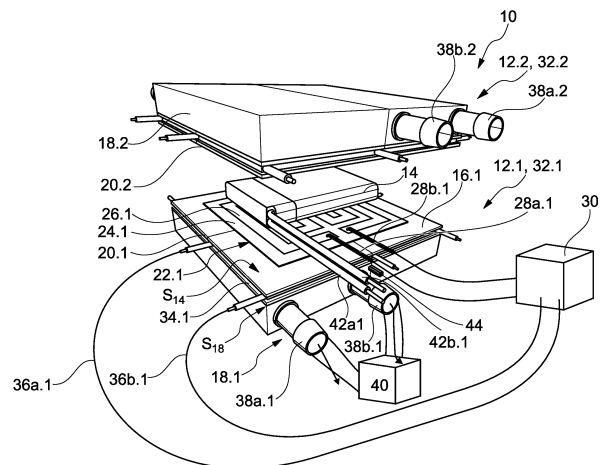
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:  
**Gramm, Lins & Partner Patent- und  
Rechtsanwälte PartGmbH, 38122 Braunschweig,  
DE**

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

(54) Bezeichnung: **Kalorimeter und Messanordnung mit einem derartigen Kalorimeter**

(57) Hauptanspruch: Kalorimeter (12) zum Ermitteln eines Wärmestroms zwischen einem Akkumulator (14), insbesondere einer Pouchzelle oder einer prismatischen Zelle, und dessen Umgebung, mit

- (a) einer ersten Kalorimetereinheit (12.1), die
- (i) eine erste Aufnahme (16.1) für den Akkumulator (14),
  - (ii) eine erste Temperiervorrichtung (18.1), die ausgebildet ist zum Temperieren auf eine vorgebbare Temperatur ( $T_1$ ), und
  - (iii) einen ersten Wärmestrommesser (20) zum Messen eines Wärmestroms zwischen der ersten Aufnahme (16.1) und der ersten Temperiervorrichtung (18.1) aufweist, und
- (b) zumindest einer zweiten Kalorimetereinheit (12.2), die
- (i) eine zweite Aufnahme (16.2) für den Akkumulator (14),
  - (ii) eine zweite Temperiervorrichtung (18.2), die ausgebildet ist zum Temperieren auf eine vorgebbare Temperatur ( $T_1$ ), und
  - (iii) einen zweiten Wärmestrommesser (20) zum Messen eines zweiten Wärmestroms zwischen der zweiten Aufnahme (16.2) der zweiten Temperiervorrichtung (18.2) aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Kalorimeter zum Ermitteln eines Wärmestroms zwischen einem Akkumulator, insbesondere einer Pouchzelle oder einer prismatischen Zelle, und dessen Umgebung. Derartige Kalorimeter werden verwendet, um die Eigenschaften von Akkumulatoren zu bestimmen.

**[0002]** Akkumulatoren, insbesondere solche, die für Elektrofahrzeuge verwendet werden, müssen gegen das so genannte thermische Durchgehen geschützt werden. Das thermische Durchgehen bezeichnet den Vorgang, dass eine galvanische Zelle des Akkumulators versagt, wodurch es zu einer starken Erwärmung dieser galvanischen Zelle kommt. Durch diese Erwärmung versagen benachbarte galvanische Zellen des Akkumulators, sodass sich die Zahl der versagenden galvanischen Zellen mit der Zeit vergrößert. Es kommt daher zu einer Kettenreaktion, die innerhalb kurzer Zeit große Teile des im Akkumulator gespeicherten Energieinhalts freisetzt. Dabei wird der Akkumulator zumindest teilweise zerstört. Je nach Struktur des Akkumulators kann es zudem zur Freisetzung giftiger Gase kommen. Dieses Szenario muss folglich mit möglichst hoher Wahrscheinlichkeit verhindert werden.

**[0003]** Um das thermische Durchgehen zu vermeiden, werden in Vorversuchen die Betriebsparameter bestimmt, bei denen der Akkumulator sicher funktioniert. Dazu wird der Akkumulator beispielsweise mit einem vorgegebenen Strom be- oder entladen und die Wärmeabgabe des Akkumulators an seine Umgebung gemessen. Dazu werden Kalorimeter eingesetzt.

**[0004]** Da beispielsweise getestet werden soll, bis zu welchen Lade- und/oder Entladeströmen ein Akkumulator sicher betrieben werden kann, kann es zur Zerstörung des Akkumulators kommen. Es wurden daher Kalorimeter vorgeschlagen, die so robust gebaut sind, dass auch ein havarierender Akkumulator nicht zur Zerstörung des Kalorimeters führt. Hinreichend robust gebaute Kalorimeter haben jedoch den Nachteil, dass die erreichbare Messgenauigkeit geringer ist.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Kalorimeter für Akkumulator vorzuschlagen.

**[0006]** Die Erfindung löst das Problem durch ein Kalorimeter zum Ermitteln eines Wärmestroms zwischen einem Akkumulator, insbesondere einer Pouchzelle oder einer prismatischen Zelle, und dessen Umgebung mit (a) einer ersten Kalorimereinheit, die (i) eine erste Aufnahme für den Akkumulator, (ii) eine erste Temperiervorrichtung, die ausgerichtet ist zum Temperieren auf eine vorgebbare

Temperatur, und (iii) einen ersten Wärmestrommesser zum Messen eines Wärmestroms zwischen der ersten Aufnahme und der ersten Temperiervorrichtung aufweist, und (b) zumindest einer zweiten Kalorimereinheit, die (i) eine zweite Aufnahme für den Akkumulator, (ii) eine zweite Temperiervorrichtung, die ausgebildet ist zum Temperieren auf eine vorgebbare Temperatur, und (iii) einen zweiten Wärmestrommesser zum Messen eines zweiten Wärmestroms zwischen der zweiten Aufnahme und der zweiten Temperiervorrichtung aufweist.

**[0007]** Vorteilhaft an einem derartigen Kalorimeter ist, dass es modular aufgebaut sein kann, sodass Akkumulatoren unterschiedlicher Größe leicht damit vermessen werden können. Durch Nebeneinander-Montieren von zwei oder mehr Kalorimereinheiten kann eine große Aufnahme für den Akkumulator hergestellt werden.

**[0008]** Die Modularisierung wiederum erlaubt eine Massenfertigung, die das Kalorimeter besonders günstig werden lässt. Es kann daher in Kauf genommen werden, wenn Batterien havarieren, da der damit einhergehende Verlust des Kalorimeters leichter verschmerzbar ist. Trotz der Modularisierung ist zu meist eine hohe Messgenauigkeit erreichbar.

**[0009]** Vorteilhaft ist zudem, dass es der modulare Aufbau erlaubt, den zu vermessenden Akkumulator, bei dem es sich beispielsweise um eine Pouchzelle handelt, zwischen den beiden Kalorimereinheiten mit thermischem Kontakt zu beiden anzuordnen. In anderen Worten ist der Akkumulator dann sandwich-artig zwischen den beiden Kalorimereinheiten angeordnet. Dadurch kann in vielen Fällen eine höhere Messgenauigkeit erreicht werden.

**[0010]** Vorteilhaft ist zudem, dass die Größe der Aufnahme durch Kombinieren von drei oder mehr Kalorimereinheiten an die Größe des Akkumulators angepasst werden kann. Da jede Fehl-Anpassung Messfehler hervorrufen kann, kann häufig mit dem erfindungsgemäßen Kalorimeter eine hohe Messgenauigkeit erreicht werden.

**[0011]** Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird unter dem Merkmal, dass das Kalorimeter zum Ermitteln des Wärmestroms zwischen dem Akkumulator und dessen Umgebung ausgebildet ist, verstanden, dass das Kalorimeter nicht bloß theoretisch dazu in der Lage ist, sondern so aufgebaut ist, dass eine derartige Messung mit einer Messgenauigkeit von vorzugsweise besser als 3% erfolgt.

**[0012]** Unter der Aufnahme wird insbesondere eine Struktur verstanden, die ausgebildet ist, zum In-Kontakt-Bringen mit dem Akkumulator. Vorzugsweise besitzt die Aufnahme eine Aufnahme fläche, die sich entlang einer Ebene erstreckt. Unter dem Merkmal, dass

sich die Auflagefläche entlang der Ebene erstreckt, wird insbesondere verstanden, dass es möglich, nicht aber notwendig ist, dass sich die Aufnahme­fläche im streng mathematischen Sinne entlang der Ebene erstreckt. Es ist vielmehr möglich, dass die Aufnahme­fläche nicht ideal eben ist, sondern eine Formabweichung aufweist. Beispielsweise sind Abweichungen bis zu 1 Millimeter von der idealen Ebenheit möglich.

**[0013]** Unter der Temperier­vorrichtung wird eine Vorrichtung verstanden, mittels der ein Teil der Kalorimereinheit auf eine vorgebbare Temperatur bringbar ist. Der Wärmestrom­messer ist im Wärmefluss zwischen der Aufnahme und der Temperier­vorrichtung angeordnet. Gibt beispielsweise der Akkumulator Wärme an seine Umgebung ab, so fließt diese - zumindest überwiegend - durch den Wärmestrom­messer in die Temperier­vorrichtung. Es sei darauf hingewiesen, dass im Folgenden zumeist der Fall behandelt wird, dass Wärme aus dem Akkumulator in die Temperier­vorrichtung fließt. Selbstverständlich ist in jedem Fall auch die Messung des Wärmestroms in umgekehrter Richtung möglich und mit gemeint.

**[0014]** Günstig ist es, wenn die erste Kalorimereinheit baugleich mit der zweiten Kalorimereinheit ist. Hierunter wird insbesondere verstanden, dass beide den gleichen Aufbau haben.

**[0015]** Es ist günstig, nicht aber notwendig, wenn beide Kalorimereinheiten identisch aufgebaut sind. Es ist allerdings auch möglich, dass sich die beiden Kalorimereinheiten in technisch nicht relevanten Merkmalen unterscheiden und/oder dass sie sich in technisch relevanten Merkmalen unwesentlich unterscheiden. So werden zwei Kalorimereinheiten, die identisch aufgebaut sind, aber unterschiedliche Farben haben, als baugleich betrachtet. Zudem ist es möglich, dass sich zwei baugleiche Kalorimereinheiten in der Lage der Anschlussleitungen unterscheiden. Relevant ist lediglich, dass die Kalorimereinheiten in einem im technischen Sinne gleichen Herstellungsverfahren hergestellt werden können.

**[0016]** Vorzugsweise sind die erste Kalorimereinheit und die zweite Kalorimereinheit miteinander mechanisch verbunden, sodass sich die erste Aufnahme und die zweite Aufnahme zu einer Gesamt­Aufnahme ergänzen. Es ist möglich, nicht aber notwendig, dass die Kalorimereinheiten unmittelbar aneinander angrenzend miteinander verbunden sind. Alternativ ist es möglich, dass zwischen zwei benachbarten Kalorimereinheiten ein Abstandshalter angeordnet ist. Der Abstandshalter ist vorzugsweise so ausgebildet, dass ein Wärmestrom durch diesen hindurch höchstens 3%, insbesondere höchstens 1%, des Gesamt­Wärmestroms ausmacht.

**[0017]** Die Gesamt­Aufnahme erstreckt sich vorzugsweise entlang einer Ebene. Auf diese Weise

können zwei, drei, vier oder mehr Kalorimereinheiten zu einer Gesamteinheit oder zum Teil einer Gesamteinheit zusammengefügt werden, sodass die Größe der Gesamt­Aufnahme größer ist als eine Querschnittsfläche des zu vermessenden Akkumulators und vorzugsweise weniger als doppelt so groß ist wie diese.

**[0018]** Vorzugsweise umfasst das erste Kalorimeter eine Heizung zum Heizen der ersten Aufnahme. Mit dieser Heizung ist es möglich, die Wärme zu simulieren, die vom Akkumulator ausgeht. Bei der Heizung handelt es sich vorzugsweise um eine elektrische Heizung. Für elektrische Heizungen ist mit hoher Genauigkeit bestimmbar, welche Wärme sie abgeben, sodass die Kalorimereinheit einfach kalibriert werden kann.

**[0019]** Besonders günstig ist es, wenn die erste Heizung eine Heizfolie aufweist, die eine Substratfolie und eine darauf aufgebraute Metallisierung aufweist. Es ist möglich und stellt eine bevorzugte Ausführungsform dar, dass diese Heizung fest mit der Aufnahme verbunden ist, das ist aber nicht notwendig. Wenn die Heizung als Heizfolie ausgebildet ist, behindert sie den Wärmestrom aus dem Akkumulator in die Temperier­vorrichtung nur unwesentlich. Es ist daher leicht möglich, mittels dieser Heizfolien das Kalorimeter zu kalibrieren.

**[0020]** Das Kalorimeter besitzt vorzugsweise eine Auswerteeinheit, die ausgebildet ist zum automatischen zeitabhängigen Erfassen von Wärmestrom­daten der Wärmestrom­messer und zum Berechnen eines Wärmestroms anhand der Wärmestrom­daten. Es ist möglich, nicht aber notwendig, dass die Wärmestrom­messer miteinander verschaltet sind, sodass aus allen Wärmestrom­messern ein gemeinsames Messergebnis erhalten wird. Es ist auch möglich, dass die Wärmestrom­messer einzelnen betrieben werden, sodass für jeden Wärmestrom­messer gesonderte Wärmestrom­daten erhalten werden, aus denen dann der Gesamt­Wärmestrom berechnet wird, der aus dem Akkumulator in die Kalibriereinheiten oder umgekehrt fließt.

**[0021]** Günstig ist es, wenn der Wärmestrom­messer eine Messfläche hat, die zumindest das 0,8-fache einer Aufnahme­Flächengröße der Aufnahme­fläche der Aufnahme beträgt. Besonders günstig ist es, wenn die Aufnahme­fläche der Aufnahme vollständig durch eine Fläche des Wärmestrom­messers gebildet ist. Das stellt sicher, dass vom Akkumulator ausgehende Wärme durch den Wärmestrom­messer fließen muss, um zur Temperiereinheit zu gelangen.

**[0022]** Vorzugsweise weist der Wärmestrom­messer ein Peltier­Element auf. Peltier­Elemente besitzen eine hohe Messgenauigkeit und sind zudem einfach herzustellen.

**[0023]** Vorzugsweise besitzt das Kalorimeter ein Thermometer zum Messen einer Temperatur des Akkumulators. Es ist dann möglich, die kalorimetrischen Messungen bei verschiedenen Temperaturen durchzuführen. Es ist bekannt, dass beispielsweise der Innenwiderstand von galvanischen Elementen temperaturabhängig ist. Aus diesem Grund ändert sich auch der Wärmestrom, den ein Be- oder Entladen bei jeweils gleichen Lade- oder Entladestrom bewirkt. Durch das Thermometer kann die Temperatur erfasst werden.

**[0024]** Vorzugsweise umfasst das Kalorimeter eine Temperiereinheit, die mit den Temperiervorrichtungen mit einem temperierten Fluid, insbesondere einer temperierten Flüssigkeit, verbunden ist. Insbesondere ist die Temperiereinheit ausgebildet zum Versorgen der Temperiervorrichtung mit einer wässrigen Flüssigkeit, beispielsweise mit Wasser. Wasser besitzt eine hohe Wärmekapazität, sodass ein Wärmestrom in die Temperiereinheiten zu einer vergleichsweise geringen Erhöhung der Temperatur führt.

**[0025]** Vorzugsweise ist die Auswerteeinheit ausgebildet zum automatischen Durchführen eines Verfahrens mit den Schritten (i) Bestromen der ersten Heizung, (ii) zeitabhängiges Erfassen der Wärmestromdaten des ersten Wärmestrommessers, (iii) Berechnen eines ersten Wärmestroms anhand der Wärmestromdaten und (iv) Speichern eines Kalibrierfaktors, anhand dessen der erste Wärmestrom aus den Wärmestromdaten berechenbar ist. Vorzugsweise ist die Auswerteeinheit zudem ausgebildet zum Durchführen des gleichen Verfahrens für alle Wärmestrommesser des Kalorimeters. Vorzugsweise hat die Aufnahme eine rechteckige Grundfläche, insbesondere eine quadratische Grundfläche. Die Seitenlängen der rechteckigen Grundfläche liegen vorzugsweise zwischen 30 und 100 Millimeter.

**[0026]** Das Kalorimeter weist vorzugsweise eine dritte Kalorimereinheit und zumindest eine vierte Kalorimereinheit auf, die alle baugleich sind. Wie oben beschrieben können auf diese Weise Kalorimeter für Akkumulatoren der unterschiedlichsten Größen einfach hergestellt werden.

**[0027]** Erfindungsgemäß ist zudem eine Messanordnung mit einem erfindungsgemäßen Kalorimeter und einem Akkumulator, der zwischen der ersten Aufnahme und der zweiten Aufnahme angeordnet ist und mit diesen in thermischem Festkörper-Kontakt steht.

**[0028]** Vorzugsweise umfasst die Messanordnung eine dritte Kalorimereinheit und eine vierte Kalorimereinheit, wobei alle Kalorimereinheiten vorzugsweise baugleich sind. Günstig ist es, wenn die erste Kalorimereinheit und die dritte Kalorimereinheit miteinander verbunden sind und ein erstes Kalorimeter-Modul bilden. Vorzugweise sind zudem

die zweite Kalorimereinheit und die dritte Kalorimereinheit miteinander verbunden und bilden ein zweites Kalorimeter-Modul. Der Akkumulator ist zwischen dem ersten Kalorimeter-Modul und dem zweiten Kalorimeter-Modul angeordnet und steht mit diesem in Festkörper-Kontakt.

**[0029]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt

**Fig. 1** eine Ansicht einer erfindungsgemäßen Messanordnung mit zwei erfindungsgemäßen Kalorimetern und

**Fig. 2** zeigt ein Kalorimeter-Modul erfindungsgemäßes Kalorimeters gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

**[0030]** **Fig. 1** zeigt eine erfindungsgemäße Messanordnung **10**, die ein erstes erfindungsgemäßes Kalorimeter **12.1** und ein baugleiches zweites Kalorimeter **12.2** aufweist. Zwischen den beiden Kalorimetern **12.1**, **12.2** ist ein Akkumulator **14** angeordnet, bei dem es sich um eine Pouchzelle handelt. Besonders günstig ist es, wenn es sich bei dem Akkumulator - wie in der vorliegenden Ausführungsform gezeigt - um einen Lithium-Akkumulator handelt. Unter einem Lithium-Akkumulator werden Akkumulatoren verstanden, bei denen die Energie speichernde elektrochemische Reaktion auf Lithium beruht.

**[0031]** Das erste Kalorimeter **12.1** besitzt eine erste Aufnahme **16.1** für den Akkumulator **14** sowie eine erste Temperiervorrichtung **18.1** zum Temperieren einer temperierseitigen Seite **S<sub>18</sub>** eines ersten Wärmestrommessers **20.1**. Der temperierseitigen Seite **S<sub>18</sub>** des ersten Wärmestrommessers **20.1** liegt eine akkumulatorseitige Seite **S<sub>14</sub>** gegenüber. Auf der akkumulatorseitigen Seite **S<sub>14</sub>** ist eine Heizung **22.1** angeordnet.

**[0032]** Die Heizung **22.1** umfasst eine Heizfolie, die eine Substratfolie **24.1** sowie eine darauf aufgebrachte Metallisierung **26.1** aufweist. Derartige Heizfolien sind aus dem Stand der Technik bekannt. Beispielsweise besteht die Substratfolie aus einem Polyimid, wie beispielsweise Kapton. Die Metallisierung **26** besteht beispielsweise aus Kupfer, Silber oder einer anderen Legierung aus einem elektrisch leitenden Material, meistens handelt es sich dabei um ein Metall oder eine Metallegierung.

**[0033]** Die Heizung **22.1** besitzt zwei Anschlussdrähte **28a.1**, **28b.1**, die mit einer Auswerteeinheit **30** verbunden sind. Mittels der Auswerteeinheit **30** kann die Heizung **22** mit einem Heizstrom bekannter Stromstärke und bekannter Spannung beaufschlagt werden, sodass die Heizung eine mit hoher Genauigkeit bekannte Leistung  $P_{\text{Heiz}}$  abgibt. Zur Erhöhung der Messgenauigkeit ist auch ein Anschluss mittels vier Anschlussdrähten möglich, die eine getrennte Span-

nungsmessung erlauben. In thermischen Kontakt mit der Heizung **22** steht der Akkumulator **14**.

**[0034]** Im vorliegenden Fall bildet allein das erste Kalorimeter **12.1** ein Kalorimeter-Modul **32.1**. Es ist aber auch möglich, dass das Kalorimeter-Modul **32.1** weitere Kalorimeter aufweist, die so neben dem ersten Kalorimeter **12.1** angeordnet sind, dass sich deren Aufnahmen **16** zu einer Gesamt-Aufnahme ergänzen. Die Kalorimeter sind vorzugsweise in einer Ebene nebeneinander angeordnet. Dies ist in **Fig. 2** gezeigt. Vorzugsweise erstreckt sich dann die Heizung **22** in Form der Heizfolie über die Gesamt-Aufnahme.

**[0035]** Der Wärmestrommesser **20** umfasst im vorliegenden Fall ein Peltier-Element **34.1**, das über zwei Anschlusskabel **36a.1**, **36b.1** mit der Auswerteeinheit **30** verbunden sind. Die Auswerteeinheit **30** ist ausgebildet zum automatischen Messen einer Spannung **U**, die durch eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten **S<sub>18</sub>** und **S<sub>14</sub>** des Wärmestrommessers **20** hervorgerufen wird. Aus dieser Spannung **U<sub>20.1</sub>** berechnet die Auswerteeinheit **30** den Wärmestrom durch den Wärmestrommesser **20.1**.

**[0036]** Die Temperiereinrichtung **18** besitzt einen ersten Anschluss **38.a1** und einen zweiten Anschluss **38.b1**, die, wie schematisch eingezeichnet, mit einer Temperiereinheit **40** verbunden sind. Die Temperiereinheit **40** umfasst eine Pumpe und einen Thermostaten, mittels dem ein Fluid, im vorliegenden Fall Wasser, mit einer vorgegebenen Temperatur **T<sub>1</sub>** in den Anschluss **38a.1** eingeleitet wird, der folglich als Zufluss dient. Durch den zweiten Anschluss **38b.1**, der als Abfluss fungiert, wird das gegebenenfalls in der Temperatur veränderliche Fluid, im vorliegenden Fall das Wasser, abgezogen und zur Temperiereinheit **40** geleitet, wo es auf die vorgebbare Temperatur **T<sub>1</sub>** gebracht und erneut in die Temperiereinrichtung **18.1** gepumpt wird.

**[0037]** Das Kalorimeter **12.2** ist baugleich mit dem Kalorimeter **12.1**. Allerdings ist es möglich, dass beispielsweise die Anschlüsse **38a.2**, **38b.2** an einer anderen Stelle angeordnet sein könnten als beim Kalorimeter **12.1**. Die Anschlüsse des zweiten Kalorimeters **12.2** an die Auswerteeinheit **30** sind der Übersichtlichkeit halber nicht mit eingezeichnet.

**[0038]** Zum Vermessen des Akkumulators **14** wird dieser, wie in **Fig. 1** gezeigt, zwischen den beiden Kalorimetern **12.1**, **12.2** angeordnet. Diese werden dann aufeinander zu bewegt, vorzugsweise aufeinander zu gespannt, sodass der Akkumulator **14** den Kontakt zu den beiden Kalorimetern **12.1**, **12.2** hat. Zum Kalibrieren führt die Auswerteeinheit **30** das folgende in sie einprogrammierte Verfahren durch. Zunächst wird die Heizung **22.1** bestromt und die Wärmestromdaten des Wärmestrommessers **20.1** erfasst. Aus der

Heizleistung **P<sub>Heiz</sub>** der Heizung **22** einerseits und dem gemessenen Wärmestrom andererseits wird ein Kalibrierfaktor bestimmt.

**[0039]** Nachfolgend wird der Akkumulator, dessen Kontaktierungsleitungen **42a.1**, **42b.1** ebenfalls mit der Auswerteeinheit **30** verbunden sind, mit einer vorgegebenen Stromstärke beaufschlagt, der deswegen vom Akkumulator **14** abgegebene Wärmestrom fließt vom Akkumulator **14** durch den Wärmestrommesser **20** zur Temperiereinrichtung **18** und wird vom Wärmestromstrommesser **20** gemessen und von der Auswerteeinheit **30** erfasst. Zudem fließt ein weiterer Wärmestrom durch einen zweiten Wärmestrommesser **20.2** zu einer zweiten Temperiereinrichtung **18.2** des zweiten Kalorimeters **12.2**. Die Wärmestromdaten des zweiten Wärmestrommessers **20.2** werden ebenfalls von der Auswerteeinheit **30** automatisch erfasst. Aus allen Wärmestromdaten berechnet die Auswerteeinheit **30** den Wärmestrom, der vom Akkumulator **14** abgegeben wird.

**[0040]** **Fig. 2** zeigt eine zweite Ausführungsform eines Kalorimeter-Moduls **32.1** eines erfindungsgemäßen Kalorimeters, das aus sechs baugleichen Kalorimetern **12.i** ( $i = 1, \dots, 6$ ) aufgebaut ist. Das zweite Kalorimeter **32.2**, das in **Fig. 1** oben eingezeichnet ist, ist ebenfalls aus sechs Kalorimetern **12.i** +6 aufgebaut und baugleich zum in **Fig. 2** gezeigten ersten Kalorimeter-Modul **32.1**. Es ist zu erkennen, dass die Kalorimeter **12.i** mechanisch miteinander verbunden sind. Die jeweiligen Anschlüsse **38a.1**, **38b.1** (vgl. **Fig. 1**) für das Kühlfluid sind miteinander verbunden und dazu besitzen alle Kalorimeter **12.i** jeweilige, nicht eingezeichnete Buchsen, in die die Anschlüsse **38a.1**, **38b.i** eingesteckt werden können, sodass eine Fluidverbindung zwischen den jeweiligen Kalorimetern hergestellt wird. Es ist dann möglich, Kühlfluid durch den Anschluss **38a.1** zuzuführen, das dann durch sämtliche Kalorimeter **12.i** des ersten Kalorimeter-Moduls **32.2** fließt und durch den Anschluss **38b.1** wieder austritt.

**[0041]** Die jeweiligen Aufnahmen **16.i** der einzelnen Kalorimeter **12.i** ergänzen sich zu einer Gesamt-Aufnahme, auf der die Heizung **22.1** angeordnet ist. Auf der Heizung **22** wird, wie oben für die Kalorimeter **12.1**, **12.2** beschrieben, der Akkumulator **14** angeordnet. Die kalorimetrische Vermessung des Akkumulators **14** erfolgt mit Hilfe der Kalorimeter-Module **32.1**, **32.2**, wie oben für die Kalorimeter **12.1**, **12.2** beschrieben. In anderen Worten werden die Kalorimeter-Module **32.1**, **32.2** jeweils gleich behandelt, unabhängig davon, ob sie aus nur einem Kalorimeter bestehen, wie in **Fig. 1** gezeigt, oder aus mehreren, wie in **Fig. 2** gezeigt.

**[0042]** **Fig. 1** zeigt zudem ein Thermometer **44** des Kalorimeters **12**, das über nicht eingezeichnete Kabel mit der Auswerteeinheit **30** verbunden ist.

	Bezugszeichenliste
10	Messanordnung
12	Kalorimeter
14	Akkumulator
16	Aufnahme
18	Temperiervorrichtung
20	Wärmestrommesser
22	Heizung
24	Substratfolie
26	Metallisierung
28a,b	Anschlussdraht
30	Auswerteeinheit
32	Kalorimeter-Modul
34	Peltier-Element
36	Anschlusskabel
38	Anschluss
40	Temperiereinheit
42	Kontaktierungsleitung
44	Thermometer
S <sub>18</sub>	temperierseitige Seite
S <sub>14</sub>	akkumulatorseitige Seite
P <sub>Heiz</sub>	Heizleistung
U	Spannung
T <sub>1</sub>	vorgebbare Temperatur

### Schutzansprüche

1. Kalorimeter (12) zum Ermitteln eines Wärmestroms zwischen einem Akkumulator (14), insbesondere einer Pouchzelle oder einer prismatischen Zelle, und dessen Umgebung, mit

- (a) einer ersten Kalorimereinheit (12.1), die
  - (i) eine erste Aufnahme (16.1) für den Akkumulator (14),
  - (ii) eine erste Temperiervorrichtung (18.1), die ausgebildet ist zum Temperieren auf eine vorgebbare Temperatur ( $T_1$ ), und
  - (iii) einen ersten Wärmestrommesser (20) zum Messen eines Wärmestroms zwischen der ersten Aufnahme (16.1) und der ersten Temperiervorrichtung (18.1) aufweist, und
- (b) zumindest einer zweiten Kalorimereinheit (12.2), die
  - (i) eine zweite Aufnahme (16.2) für den Akkumulator (14),
  - (ii) eine zweite Temperiervorrichtung (18.2), die ausgebildet ist zum Temperieren auf eine vorgebbare Temperatur ( $T_1$ ), und

(iii) einen zweiten Wärmestrommesser (20) zum Messen eines zweiten Wärmestroms zwischen der zweiten Aufnahme (16.2) der zweiten Temperiervorrichtung (18.2) aufweist.

2. Kalorimeter (12) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kalorimereinheit (12.1) baugleich mit der zweiten Kalorimereinheit (12.2) ist.

3. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kalorimereinheit (12.1) und die zweite Kalorimereinheit (12.2) so miteinander verbunden sind, dass sich die erste Aufnahme (16.1) und die zweite Aufnahme (16.2) zu einer Gesamt-Aufnahme ergänzen.

4. Kalorimeter (12) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Gesamt-Aufnahme entlang einer Ebene erstreckt.

5. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kalorimereinheit (12.1) eine erste Heizung (22.1) zum Heizen der ersten Aufnahme (16.1) aufweist.

6. Kalorimeter (12) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Heizung (22.1) eine Heizfolie aufweist, die eine Substratfolie (24) und eine darauf aufgebrachte Metallisierung (26) aufweist.

7. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Auswerteeinheit (30), die ausgebildet ist zum automatischen (i) zeitabhängigen Erfassen von Wärmestromdaten der Wärmestrommesser (20) und (ii) Berechnen eines Wärmestroms anhand der Wärmestromdaten.

8. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmestrommesser (20) eine Messfläche hat, die zumindest das 0,8-fache einer Aufnahme-Flächengröße der Aufnahme (16) beträgt.

9. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmestrommesser (20) ein Peltier-Element (34) aufweist.

10. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kalorimereinheit (12.1) ein erstes Thermometer (44) zum Messen einer ersten Temperatur ( $T_1$ ) aufweist.

11. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Temperiereinheit (40), die mit den Temperiervorrichtungen (18) zum Versorgen mit einem temperiertem Fluid, ins-

besondere einer temperierten Flüssigkeit, verbunden ist.

12. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (30), ausgebildet ist zum automatischen

- (i) Bestromen der ersten Heizung (22.1),
- (ii) zeitabhängig Erfassen der Wärmestromdaten des ersten Wärmestrommessers (20.1),
- (iii) Berechnen eines ersten Wärmestroms anhand der Wärmestromdaten und
- (iv) Speichern eines Kalibrierfaktors, anhand dessen der erste Wärmestrom aus den Wärmestromdaten berechenbar ist.

13. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahme (16) eine quadratische Grundfläche hat.

14. Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch**

- (a) eine dritte Kalorimetereinheit (12.3) und
- (b) zumindest eine vierte Kalorimetereinheit (12.4),
- (c) wobei alle Kalorimetereinheiten (12.i) aus den gleichen Bauteilen aufgebaut sind, insbesondere baugleich sind.

15. Messanordnung (10) mit

- (a) einem Kalorimeter (12) nach einem der vorstehenden Ansprüche und
- (b) einem Akkumulator (14), der zwischen der ersten Aufnahme (16.1) und der zweiten Aufnahme (16.2) angeordnet ist und mit diesen in thermischem Festkörper-Kontakt steht.

16. Messanordnung (10) nach Anspruch 15, **gekennzeichnet durch**

- (a) eine dritte Kalorimetereinheit (12.3) und
- (b) zumindest eine vierte Kalorimetereinheit (12.4),
- (c) wobei alle Kalorimetereinheiten (12.i) baugleich sind,
- (d) wobei die erste Kalorimetereinheit (12.1) und die dritte Kalorimetereinheit (12.3) miteinander verbunden sind und ein erstes Kalorimeter-Modul (32.1) bilden,
- (e) wobei die zweite Kalorimetereinheit (12.2) und die vierte Kalorimetereinheit (12.4) miteinander verbunden sind und ein zweites Kalorimeter-Modul (32.2) bilden, und
- (f) wobei der Akkumulator (14) zwischen dem ersten Kalorimeter-Modul (32.1) und dem zweiten Kalorimeter-Modul (32.2) angeordnet ist und mit diesen in thermischem Festkörper-Kontakt steht.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

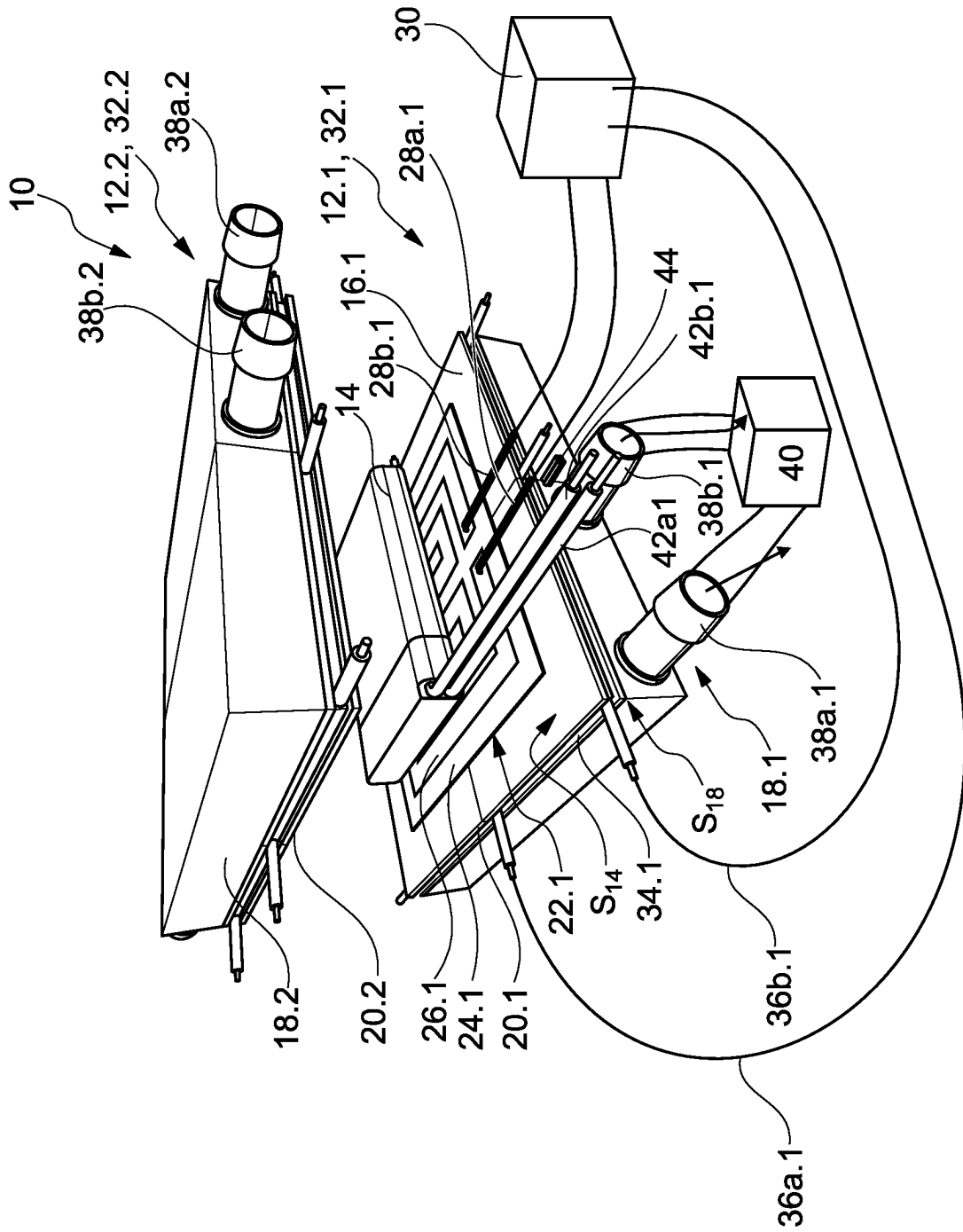


Fig. 1



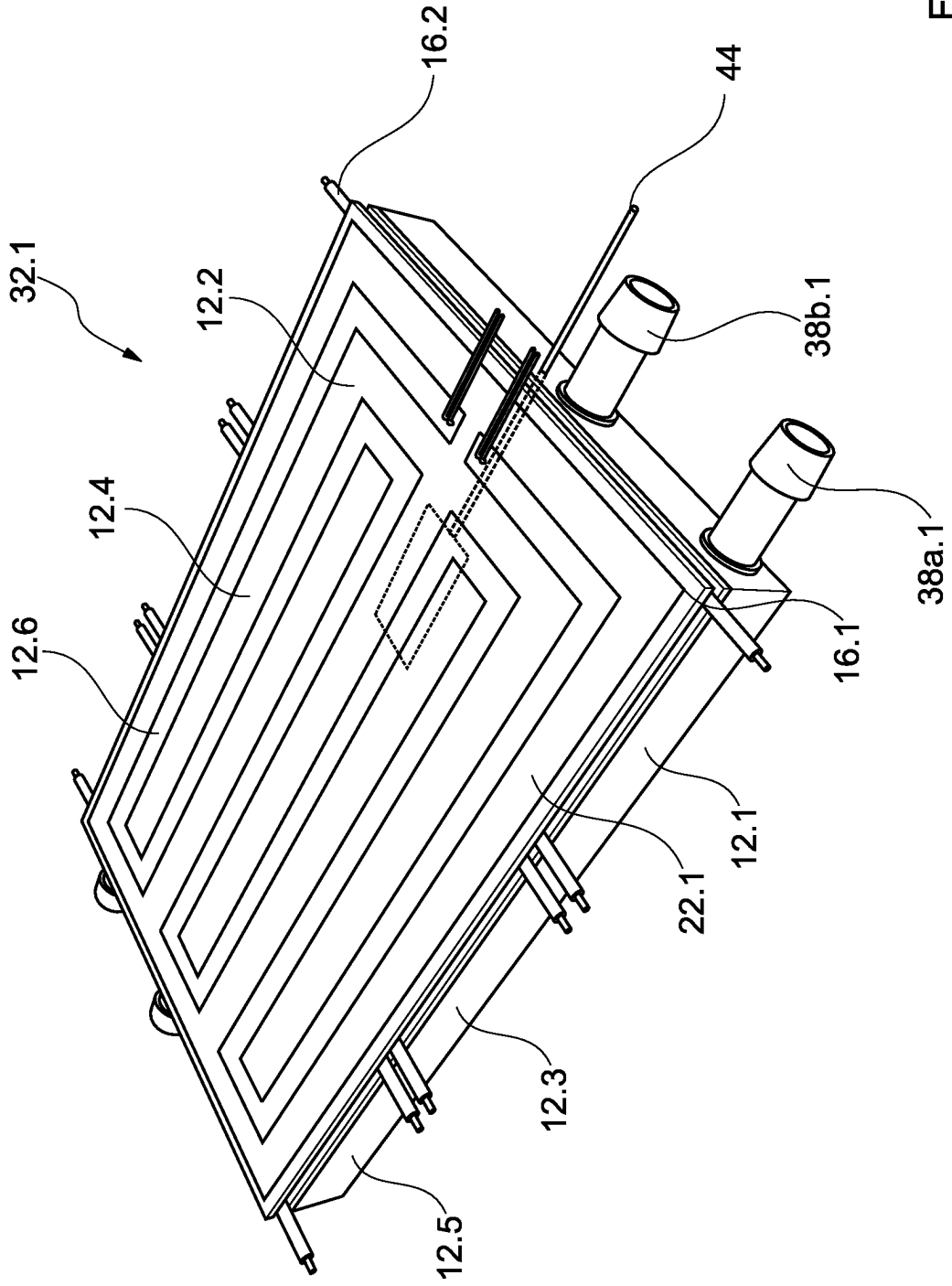


Fig. 2