

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50968/2023

(22)

Anmeldetag:

01.12.2023

(43)

Veröffentlicht am:

15.03.2025

(51)

Int. Cl.:

H01M 10/48

(2006.01)

H01M 10/61

(2014.01)

H01M 10/651

(2014.01)

H01M 10/652

(2014.01)

G01R 31/367

(2019.01)

	<div><div>(71)</div><div>Patentanmelder:</div><div>AVL List GmbH</div><div>8020 Graz (AT)</div></div> <div><div>(72)</div><div>Erfinder:</div><div>Pallewar Pankaj Ganeshrao</div><div>8020 Graz (AT)</div><div>Turgut Furkan Metin BSc</div><div>34912 Pendik/Istanbul (TR)</div><div>Aras Kacar Ayse Cisel PhD</div><div>34340 Besiktas/Istanbul (TR)</div><div>Sivaraman Thyagesh MSc</div><div>8054 Seiersberg-Pirka (AT)</div><div>Zeybek Metin BSc</div><div>34724 Kadiköy/Istanbul (TR)</div><div>Sari Haluk BSc</div><div>34762 Ümraniye/Istanbul (TR)</div></div> <div><div>(74)</div><div>Vertreter:</div><div>Hartinger Mario Dipl.-Ing.</div><div>8020 Graz (AT)</div></div>
--	--

(54) Verfahren zum Erstellen und Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems, um Temperaturen an mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems zu erhalten, mit den Schritten:  
Erfassen von mehreren Datensets, wobei jedes Datenset Temperaturdaten an mehreren Messstellen des Batteriesystems und physikalische Parameter des Batteriesystems aufweist, und  
Trainieren des statistischen Temperaturmodells mittels der erfassten Datensets, indem die Temperaturdaten an den mehreren Messstellen des Batteriesystems mit den physikalischen Parametern über Algorithmen zum maschinellen Lernen verknüpft werden, um die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems aufgrund der physikalischen Parameter mittels des statistischen Temperaturmodells zu bestimmen.

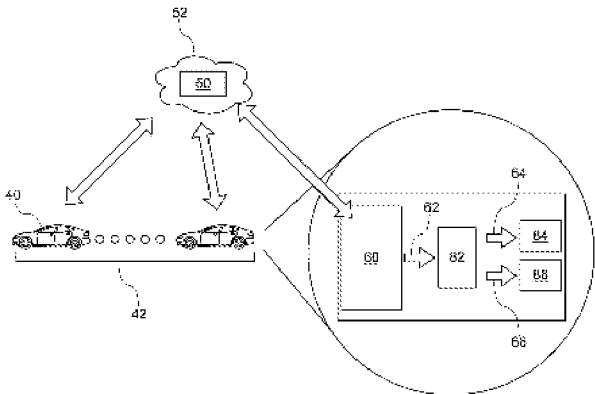


Fig. 3

**Zusammenfassung**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems, um Temperaturen an mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems zu erhalten, mit den Schritten:

Erfassen von mehreren Datensets, wobei jedes Datenset Temperaturdaten an mehreren Messstellen des Batteriesystems und physikalische Parameter des Batteriesystems aufweist, und

Trainieren des statistischen Temperaturmodells mittels der erfassten Datensets, indem die Temperaturdaten an den mehreren Messstellen des Batteriesystems mit den physikalischen Parametern über Algorithmen zum maschinellen Lernen verknüpft werden, um die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems aufgrund der physikalischen Parameter mittels des statistischen Temperaturmodells zu bestimmen.

Fig. 3

## **Verfahren zum Erstellen und Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems, ein Verfahren zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems, ein Computerprogrammprodukt zum Durchführen solcher Verfahren, eine Vorrichtung zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems und eine Vorrichtung zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems.

Im Stand der Technik ist bekannt, dass Batteriesysteme, welche mehrere einzelne Batterien aufweisen, mittels Temperatursensoren vermessen werden können. Dabei ist es schwierig die Temperatursensoren überall zu platzieren. Für die Vorhersage der Temperaturverteilung werden oft analytische Modelle verwendet. Weiter wird ein thermischer Kreislauf zum Kühlen oder Heizen des Batteriesystems eingesetzt. Dabei wird der Verlauf des Kreislaufs in dem Batteriesystem aufgrund von thermischen Simulationsprozessen gewählt. Dieser Ansatz kann manchmal zu einer effizienten Kühlung oder Heizung führen, manchmal aber auch zu einem ernsten Temperaturungleichgewicht, da die Kühlflüssigkeit beim Fließen Wärme austauscht und langsam eine andere Temperatur als vorgesehen erreicht.

Vor diesem Hintergrund besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein statistisches Temperaturmodell eines Batteriesystems zu erstellen bzw. anzuwenden, um die Temperaturverteilung in dem Batteriesystem zuverlässig bestimmen, vorhersagen und steuern zu können.

Die voranstehenden Aufgaben werden gelöst durch ein Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Verfahren zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells mit den Merkmalen des Anspruchs 7, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs

12, eine Vorrichtung zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells mit den Merkmalen des Anspruchs 13 und eine Vorrichtung zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells mit den Merkmalen des Anspruchs 14. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells, dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt, der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells sowie der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Demgemäß wird ein Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems beschrieben. Das statistische Temperaturmodell dient dazu, um Temperaturen an mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems zu bestimmen. Dabei weist das Verfahren die folgenden Schritte auf:

Erfassen von mehreren Datensets, wobei jedes Datenset Temperaturdaten an mehreren Messstellen des Batteriesystems und physikalische Parameter des Batteriesystems aufweist, und

Trainieren des statistischen Temperaturmodells mittels der erfassten Datensets, indem die Temperaturdaten an den mehreren Messstellen des Batteriesystems mit den physikalischen Parametern über Algorithmen zum maschinellen Lernen verknüpft werden, um die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems aufgrund der physikalischen Parameter mittels des statistischen Temperaturmodells zu bestimmen.

Dadurch, dass die mehreren Temperaturdaten an unterschiedlichen Messstellen des Batteriesystems mit den physikalischen Parametern verknüpft werden, kann man bei Kenntnis der physikalischen Parameter auf die Temperaturverteilung des Batteriesystems schließen, ohne dass die Temperatur an den unterschiedlichen Bestimmungsstellen des Batteriesystems einzeln gemessen zu werden braucht.

Weiter kann bei Kenntnis über die zukünftige Entwicklung der physikalischen Parameter auch auf die zukünftige Entwicklung der Temperaturverteilung innerhalb des Batteriesystems geschlossen werden. Dadurch kann man schon proaktiv einer möglichen Temperaturänderung an bestimmten Bestimmungsstellen entgegenwirken.

Dadurch können einzelne Batterien vor einer höheren Degradationsrate während des Schnellladens aufgrund der Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Batterien geschützt werden. Bei Temperaturunterschieden der einzelnen Batterien kann der Ladestrom nicht für alle einzelnen Batterien optimal gewählt werden.

Temperaturdaten sind Temperaturen mit den dazugehörenden Informationen über den jeweiligen Ort der Temperatur in dem Batteriesystem.

Das Batteriesystem kann eine einzelne Batterie oder mehrere einzelne Batterien aufweisen. Das Batteriesystem kann insbesondere in Fahrzeugen zum Einsatz kommen.

Das statistische Temperaturmodell ist ein maschinelles Lernmodell. Insbesondere kann es sich um ein künstliches neuronales Netz (ANN: artificial neural network) handeln. Das statistische Temperaturmodell wird mittels künstlicher Intelligenz, also mit Algorithmen zum maschinellen Lernen, erstellt. Dazu bauen Algorithmen beim maschinellen Lernen ein statistisches Temperaturmodell auf, das auf den Datensets als Trainingsdaten beruht. Beim Trainieren des statistischen Temperaturmodells werden z.B. die Gewichtungen des künstlichen neuronalen Netzes justiert.

Die Temperaturdaten können an mehreren Messstellen des Batteriesystems gemessen werden, so dass ein möglichst gutes räumliches Temperaturprofil erstellt werden kann.

Ein Datenset ist eine Ansammlung von mehreren zusammenhängenden physikalischen Eigenschaften des Batteriesystems, da sie zum gleichen Zeitpunkt gemessen werden. Die mehreren Datensets werden zu unterschiedlichen Zeiten und bei unterschiedlichen Zuständen des Batteriesystems erstellt. Idealerweise werden möglichst viele Datensets im realen Betrieb erstellt. Dabei können verschiedene Anwendungsfälle des Batteriesystems betrachtet werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel des Verfahrens weisen die physikalischen Parameter einen Strom des Batteriesystems, eine Spannung des Batteriesystems, eine an das Batteriesystem angeschlossene Last, und/oder einzelne Temperaturen auf. Die einzelnen Temperaturen können an verschiedenen Orten innerhalb des Batteriesystems und/oder in der Umgebung des Batteriesystems gemessen werden. Damit können einzelne Temperaturen herangezogen werden, um auf die Temperaturverteilung des Batteriesystems, d.h. auf die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems, mittels des statistischen Temperaturmodells zu schließen.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens werden die Datensets von mehreren Batteriesystemen erfasst. Dabei sind die Batteriesysteme insbesondere baugleich. Demzufolge wird das statistische Temperaturmodell für einen bestimmten Typ eines Batteriesystems erstellt.

Die Anzahl der mehreren Batteriesysteme kann zwischen 10 und 1000, zwischen 10 und 10000 oder zwischen 10 und 100000 liegen. Es ist ebenfalls eine noch höhere Anzahl möglich.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens sind die mehreren Batteriesysteme ein Teil eines Testsystems. Dabei ist das Testsystem insbesondere in einem Testlabor angeordnet. Die Datensets werden demnach unter Laborbedingungen erfasst. Insbesondere werden die Datensets bei nachgestellten möglichst realistischen Bedingungen, wie z.B. dem nachgestellten Betrieb innerhalb eines Fahrzeugs, erfasst. Die Batteriesysteme können dabei verschiedene Zyklen durchlaufen, welche realistische Situationen, von z.B. einem Betrieb eines Batteriesystems in einem Fahrzeug, abbilden.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens sind die mehreren Batteriesysteme in mehreren Fahrzeugen angeordnet. Dabei ist insbesondere ein Batteriesystem in einem Fahrzeug angeordnet. Die Datensets werden dementsprechend von den Batteriesystemen dieser Fahrzeugflotte erfasst. Vorteilhafterweise werden die Datensets dann unter realen Bedingungen erhoben. Dies erhöht die Qualität der Datensets.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens werden die Datensets auf einem externen Computer gespeichert. Dabei wird das Trainieren des statistischen Temperaturmodells von diesem externen Computer durchgeführt. Bei dem externen Computer kann es sich um einen externen Server handeln. Insbesondere kann es sich um einen externen Server handeln, der einem Computernetz, also beispielsweise einer Cloud, verbunden ist.

Weiter wird ein Verfahren zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems beschrieben. Das statistische Temperaturmodell dient dazu, um Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems zu steuern. Dabei weist das Verfahren die folgenden Schritte auf:

Messen von physikalischen Parametern des Batteriesystems,

Bestimmen der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des statistischen Temperaturmodells und mittels der gemessenen physikalischen Parameter aufgrund der Zuordnung der physikalischen Parameter des Batteriesystems zu den Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems in dem statistischen Temperaturmodell, und

Steuern der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems durch Kühlen oder Heizen des Batteriesystems.

Dadurch, dass die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des statistischen Temperaturmodells bestimmt werden, kann entschieden werden, ob ein weiteres Kühlen oder Heizen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems erfolgen sollte oder nicht. Dazu kann beispielsweise ein entsprechender Grenzwert, ab wann es zu heiß oder zu kalt ist, festgelegt werden. Dementsprechend können die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems gesteuert werden.

Das statistische Temperaturmodell wird wie oben beschrieben erstellt. Wie oben beschrieben, können die physikalischen Parameter einen Strom des Batteriesystems, eine Spannung des Batteriesystems, eine an das Batteriesystem angeschlossene Last, und/oder einzelne Temperaturen aufweisen.

Als Messstellen des Batteriesystems sind jene Stellen des Batteriesystems zu verstehen, an welchen die Temperaturdaten des Batteriesystems bemessen werden.

Als Bestimmungsstellen des Batteriesystems sind jene Stellen des Batteriesystems zu verstehen, welche durch das statistische Temperaturmodell bestimmt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird das statistische Temperaturmodell auf einem externen Computer gespeichert. Dabei wird das Bestimmen der Temperaturen von diesem externen Computer durchgeführt. Bei dem externen Computer kann es sich um einen externen Server handeln. Insbesondere kann es sich um einen externen Server handeln, der mit einem Computernetz, also beispielsweise einer Cloud, verbunden ist.

Dementsprechend befindet sich das Batterie Management System (BMS) in der Cloud. Dabei können die physikalischen Parameter in die Cloud geladen werden. Die Ermittlung der Temperaturen an den mehreren Messstellen des Batteriesystems mittels des statistischen Temperaturmodells und mittels der gemessenen physikalischen Parameter findet in der Cloud statt. Das Ergebnis kann dann wieder an ein lokales System, beispielsweise ein Fahrzeug, übermittelt werden.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird das statistische Temperaturmodell auf einem lokalen Computer gespeichert. Dabei wird das Bestimmen der Temperaturen von diesem lokalen Computer durchgeführt. Der lokale Computer kann sich beispielsweise in einem Fahrzeug befinden. Weiter kann das statistische Temperaturmodell mittels einer Verbindung des lokalen Computers mit der Cloud ein Update bekommen. Das Bestimmen der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems findet lokal mittels des lokalen Computers statt. Dies hat den Vorteil, dass ein Bestimmen der Temperaturen auch dann möglich ist, wenn gerade keine Verbindung mit der Cloud möglich ist.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens weist das Batteriesystem ein thermisches Mehrkreislaufsystem mit zumindest einem Ventil auf. Dabei erfolgt das Steuern der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des zumindest einen Ventils.

Das thermische Mehrkreislaufsystem kann zwei oder mehrere parallele Kühlstränge aufweisen, welche über das zumindest eine Ventil gesteuert werden. Entsprechend



der durch das statistische Temperaturmodell ermittelten oder vorhergesagten Temperatur und/oder einer gemessenen Temperatur wird das Ventil gesteuert.

Weiter können mehrere verschiedene Bereiche des Batteriesystems unterschiedlich gekühlt oder geheizt werden. Dazu kann das Batteriesystem insbesondere mehrere Kühlstränge und/oder mehrere Ventile aufweisen.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens erfolgt ein Kühlen oder Heizen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems vorsorglich, wenn das Bestimmen der Temperaturen mittels des statistischen Temperaturmodells voraussagt, dass dies vorteilhaft ist.

Aufgrund einer Kenntnis über die zukünftigen Entwicklung der physikalischen Parametern des Batteriesystems kann mittels des statistischen Temperaturmodells ebenfalls auf eine Änderung der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems geschlossen werden. Beispielsweise kann sich die angeschlossene Last an dem Batteriesystem ändern. Dieser Temperaturänderung kann bereits vor dem möglichen Erreichen der prädizierten Temperatur entgegengewirkt werden.

Es ist dann vorteilhaft, schon vorsorglich zu Kühlen oder Heizen, wenn schon vorher bekannt ist, dass es einen Bedarf für das Kühlen oder Heizen in der Zukunft geben wird.

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

Weiter wird eine Vorrichtung zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems beschrieben. Das statistischen Temperaturmodell dient dazu,

um Temperaturen an mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems zu erhalten. Die Vorrichtung umfasst ein Erfassungsmodul zum Erfassen von mehreren Datensets, wobei jedes Datenset Temperaturdaten an den mehreren Messstellen des Batteriesystems und physikalische Parameter des Batteriesystems aufweist, und ein Trainiermodul zum Trainieren des statistischen Temperaturmodells mittels der erfassten Datensets, wobei das Trainiermodul eingerichtet ist, die Temperaturdaten an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mit den physikalischen Parametern über Algorithmen zum maschinellen Lernen zu verknüpfen, um die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems aufgrund der physikalischen Parameter mittels des statistischen Temperaturmodells zu erhalten.

Dabei sind das Erfassungsmodul und das Trainiermodul insbesondere zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems ausgebildet.

Weiter wird eine Vorrichtung zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems beschrieben. Das statistischen Temperaturmodell dient dazu, um Temperaturen an mehreren Stellen des Batteriesystems zu steuern. Die Vorrichtung umfasst ein Messmodul zum Messen von physikalischen Parametern des Batteriesystems, ein Bestimmungsmodul zum Bestimmen der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des statistischen Temperaturmodells und mittels der gemessenen physikalischen Parameter aufgrund der Zuordnung der physikalischen Parameter des Batteriesystems zu den Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems in dem statistischen Temperaturmodell, und ein Steuermodul zum Steuern der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems durch Kühlen oder Heizen des Batteriesystems.

Dabei sind das Messmodul, das Bestimmungsmodul und das Steuermodul insbesondere zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems ausgebildet.

Weitere mögliche Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der

Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmalen. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der Erfindung hinzufügen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems;
- Fig. 2 eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Fahrzeugflotte, einer Cloud und eines Batterie Management Systems; und
- Fig. 4 eine schematische Darstellung eines thermischen Mehrkreislaufsystems eines Batteriesystems.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems. Die Vorrichtung weist ein Erfassungsmodul 20 zum Erfassen von mehreren Datensets und ein Trainiermodul 30 zum Trainieren des statistischen Temperaturmodells mittels der erfassten Datensets auf. Mittels des statistischen Temperaturmodells können Temperaturen an mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems erhalten werden.

Die Vorrichtung 10 ist insbesondere dazu ausgebildet ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems durchzuführen. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf.

In einem ersten Schritt werden mehrere Datensets erfasst. Dabei weist jedes Datenset Temperaturdaten an den mehreren Messstellen des Batteriesystems und physikalische Parameter des Batteriesystems auf. Die physikalischen Parameter umfassen z.B. einen Strom des Batteriesystems, eine Spannung des

Batteriesystems, eine an das Batteriesystem angeschlossene Last, und/oder einzelne Temperaturen.

In einem zweiten Schritt wird das statistische Temperaturmodell mittels der erfassten Datensets trainiert, indem die Temperaturdaten an den mehreren Messtellen des Batteriesystems mit den physikalischen Parametern über Algorithmen zum maschinellen Lernen verknüpft werden, um die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems aufgrund der physikalischen Parameter mittels des statistischen Temperaturmodells zu erhalten.

Dementsprechend müssen aufgrund des statistischen Temperaturmodells nicht mehr jedes Mal alle Temperaturen an den mehreren Messtellen des Batteriesystems gemessen werden. Es reicht die Kenntnis der physikalischen Parameter, um die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems zu erhalten.

Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 100 zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems. Mittels dem statistischen Temperaturmodell können Temperaturen an mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems gesteuert werden. Die Vorrichtung 100 weist ein Messmodul 120 zum Messen von physikalischen Parametern des Batteriesystems, ein Bestimmungsmodul 130 zum Bestimmen der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems und ein Steuermodul 140 zum Steuern der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems auf.

Die Vorrichtung 100 ist insbesondere dazu ausgebildet ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems durchzuführen. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf.

In einem ersten Schritt werden physikalische Parameter des Batteriesystems gemessen. Die physikalischen Parameter umfassen z.B. einen Strom des Batteriesystems, eine Spannung des Batteriesystems, eine an das Batteriesystem angeschlossene Last, und/oder einzelne Temperaturen.

In einem zweiten Schritt werden die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des statistischen

Temperaturmodells und mittels der gemessenen physikalischen Parameter bestimmt, und zwar aufgrund der Zuordnung der physikalischen Parameter des Batteriesystems zu den Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems in dem statistischen Temperaturmodell.

In einem dritten Schritt werden die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems durch Kühlen oder Heizen des Batteriesystems gesteuert. Dabei erfolgt das Kühlen oder Heizen in dem dritten Schritt entsprechend den in dem zweiten Schritt bestimmten Temperaturen des Batteriesystems.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Fahrzeugflotte 42, einer Cloud 52 und eines Batterie Management Systems 60. Die Fahrzeugflotte weist mehrere Fahrzeuge 40 auf. Jedes Fahrzeug 40 kann wiederum ein Batteriesystem aufweisen. Wie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells vorgesehen, werden die Datensets bevorzugt von mehreren Batteriesystemen erfasst. Diese Batteriesysteme können jeweils in einem Fahrzeug 40 angeordnet sein. Alternativ können die Batteriesysteme Teil eines Testsystems sein. Ein solches Testsystem kann beispielsweise in einem Labor angeordnet sein.

Die von den Batteriesystemen erfassten Datensets können auf einem externen Computer 50 gespeichert werden. Dabei kann sich der externe Computer 50 in der Cloud 52 befinden. Weiter kann das Trainieren des statistischen Temperaturmodells von diesem externen Computer 50 durchgeführt werden. Alternativ kann auch ein lokaler Computer verwendet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems kann ebenfalls in der Cloud 52 auf einem externen Computer 50 ausgeführt werden. Dazu wird das statistische Temperaturmodell auf einem externen Computer 50 gespeichert. Weiter wird das Bestimmen der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems von diesem externen Computer 50 durchgeführt. Lediglich das Kühlen oder Heizen an sich muss bei dem jeweiligen Batteriesystem durchgeführt werden.

Alternativ wird das statistische Temperaturmodell auf einem lokalen Computer gespeichert. Dementsprechend werden die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des statistischen Temperaturmodells und mittels des lokalen Computers bestimmt.

Weiter kann sich das Batterie Management System 60 in der Cloud 52 oder auf einem lokalen Computer befinden. Das Batterie Management System 60 kann ein Steuersignal 62 an ein Ventil 82 senden. Mittels des Ventils 82 kann ein erster Kühlfluss 64 zu einer ersten Kühlplatte 84 und ein zweiter Kühlfluss 66 zu einer zweiten Kühlplatte 86 gesteuert werden. Natürlich kann das Batterie Management System 60 auch mehrere Ventile 82 und mehrere Kühlplatten 84, 86 steuern.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines thermischen Mehrkreislaufsystems 80 eines Batteriesystems. Das thermische Mehrkreislaufsystem 80 weist einen Wärmetauscher 88, eine Pumpe 90, eine Heiz- oder Kühlvorrichtung 92, ein Ventil 82, eine erste Kühlplatte 84 und eine zweite Kühlplatte 86 auf. Mittels des Ventils 82 kann gesteuert werden, wie stark der zweite Kühlfluss 66 durch die zweite Kühlplatte 86 ist. Dabei beeinflusst das Ventil 82 auch den ersten Kühlfluss 64 durch die erste Kühlplatte 84. Prinzipiell kann ein thermisches Mehrkreislaufsystem 80 mehrere Ventile 82 und mehrere Kühlplatten 84, 86 aufweisen.

Die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems können über ein oder mehrere Ventile 82 und ein oder mehrere Kühlplatten 84, 86 gesteuert werden. Dabei kann ein Kühlen oder Heizen des Batteriesystems vorsorglich erfolgen, wenn das Bestimmen der Temperaturen mittels des statistischen Temperaturmodells voraussagt, dass dies vorteilhaft ist.

**Bezugszeichenliste**

10	Vorrichtung zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells
20	Erfassungsmodul
30	Trainiermodul
40	Fahrzeug
42	Fahrzeugflotte
50	externer Computer
52	Cloud
60	Batterie Management System
64	erster Kühlfluss
66	zweiter Kühlfluss
80	thermisches Mehrkreislaufsystem
82	Ventil
84	erste Kühlplatte
86	zweite Kühlplatte
88	Wärmetauscher
90	Pumpe
92	Heiz- oder Kühlvorrichtung
100	Vorrichtung zum Anwenden eines statistischen Temperaturmodells
120	Messmodul
130	Bestimmungsmodul
140	Steuermodul

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems, um Temperaturen an mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems zu bestimmen, **gekennzeichnet durch** die Schritte:  
  
Erfassen von mehreren Datensets, wobei jedes Datenset Temperaturdaten an mehreren Messstellen des Batteriesystems und physikalische Parameter des Batteriesystems aufweist, und  
  
Trainieren des statistischen Temperaturmodells mittels der erfassten Datensets, indem die Temperaturdaten an den mehreren Messstellen des Batteriesystems mit den physikalischen Parametern über Algorithmen zum maschinellen Lernen verknüpft werden, um die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems aufgrund der physikalischen Parameter mittels des statistischen Temperaturmodells zu bestimmen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die physikalischen Parameter einen Strom des Batteriesystems, eine Spannung des Batteriesystems, eine an das Batteriesystem angeschlossene Last, und/oder einzelne Temperaturen aufweisen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datensets von mehreren Batteriesystemen erfasst werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren Batteriesysteme ein Teil eines Testsystems sind.
5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren Batteriesysteme in mehreren Fahrzeugen (40) angeordnet sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datensets auf einem externen Computer (50) gespeichert werden und das Trainieren des statistischen Temperaturmodells von diesem externen Computer (50) durchgeführt wird.



7. Verfahren zum Steuern der Temperatur eines Batteriesystems gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, an den mehreren Bestimmungsstellen, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

Messen von physikalischen Parametern des Batteriesystems,

Bestimmen der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des statistischen Temperaturmodells und mittels der gemessenen physikalischen Parameter aufgrund der Zuordnung der physikalischen Parameter des Batteriesystems zu den Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems in dem statistischen Temperaturmodell, und

Steuern der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems durch Kühlen oder Heizen des Batteriesystems.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das statistische Temperaturmodell auf einem externen Computer (50) gespeichert wird und das Bestimmen der Temperaturen von diesem externen Computer (50) durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das statistische Temperaturmodell auf einem lokalen Computer gespeichert wird und das Bestimmen der Temperaturen von diesem lokalen Computer durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Batteriesystem ein thermisches Mehrkreislaufsystem (80) mit zumindest einem Ventil (82) aufweist und das Steuern der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des zumindest einen Ventils (82) erfolgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kühlen oder Heizen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems vorsorglich erfolgt, wenn das Bestimmen der Temperaturen mittels des statistischen Temperaturmodells voraussagt, dass dies vorteilhaft ist.

12. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines Verfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 6 oder eines Verfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 7 bis 11 auszuführen.

13. Vorrichtung (10) zum Erstellen eines statistischen Temperaturmodells eines Batteriesystems, gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, um Temperaturen an mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems zu bestimmen,  
**gekennzeichnet durch**

ein Erfassungsmodul (20) zum Erfassen von mehreren Datensets, wobei jedes Datenset Temperaturdaten an den mehreren Messstellen des Batteriesystems und physikalische Parameter des Batteriesystems aufweist, und

ein Trainiermodul (30) zum Trainieren des statistischen Temperaturmodells mittels der erfassten Datensets, wobei das Trainiermodul eingerichtet ist, die Temperaturdaten an den mehreren Messstellen des Batteriesystems mit den physikalischen Parametern über Algorithmen zum maschinellen Lernen zu verknüpfen, um die Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems aufgrund der physikalischen Parameter mittels des statistischen Temperaturmodells zu bestimmen.

14. Vorrichtung (100) zum Steuern der Temperatur eines Batteriesystems, gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 an den mehreren Bestimmungsstellen,  
**gekennzeichnet durch**

ein Messmodul (120) zum Messen von physikalischen Parametern des Batteriesystems,

ein Bestimmungsmodul (130) zum Bestimmen der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems mittels des statistischen Temperaturmodells und mittels der gemessenen physikalischen Parameter aufgrund der Zuordnung der physikalischen Parameter des Batteriesystems zu den Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellen des Batteriesystems in dem statistischen Temperaturmodell, und

ein Steuermodul (140) zum Steuern der Temperaturen an den mehreren Bestimmungsstellendes Batteriesystems durch Kühlen oder Heizen des Batteriesystems.

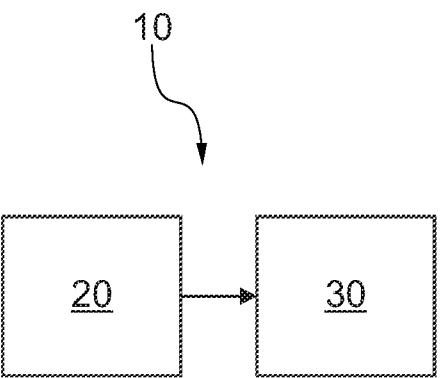


Fig. 1

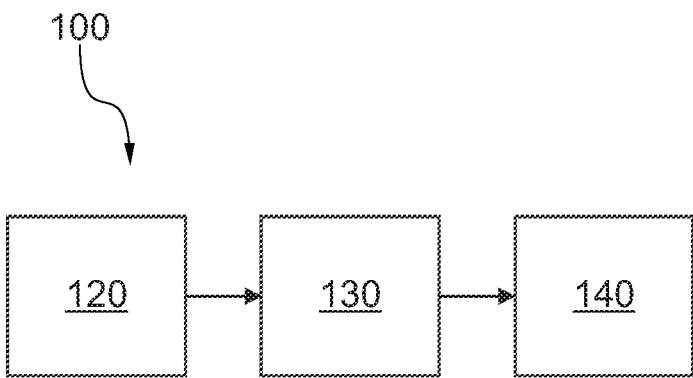


Fig. 2

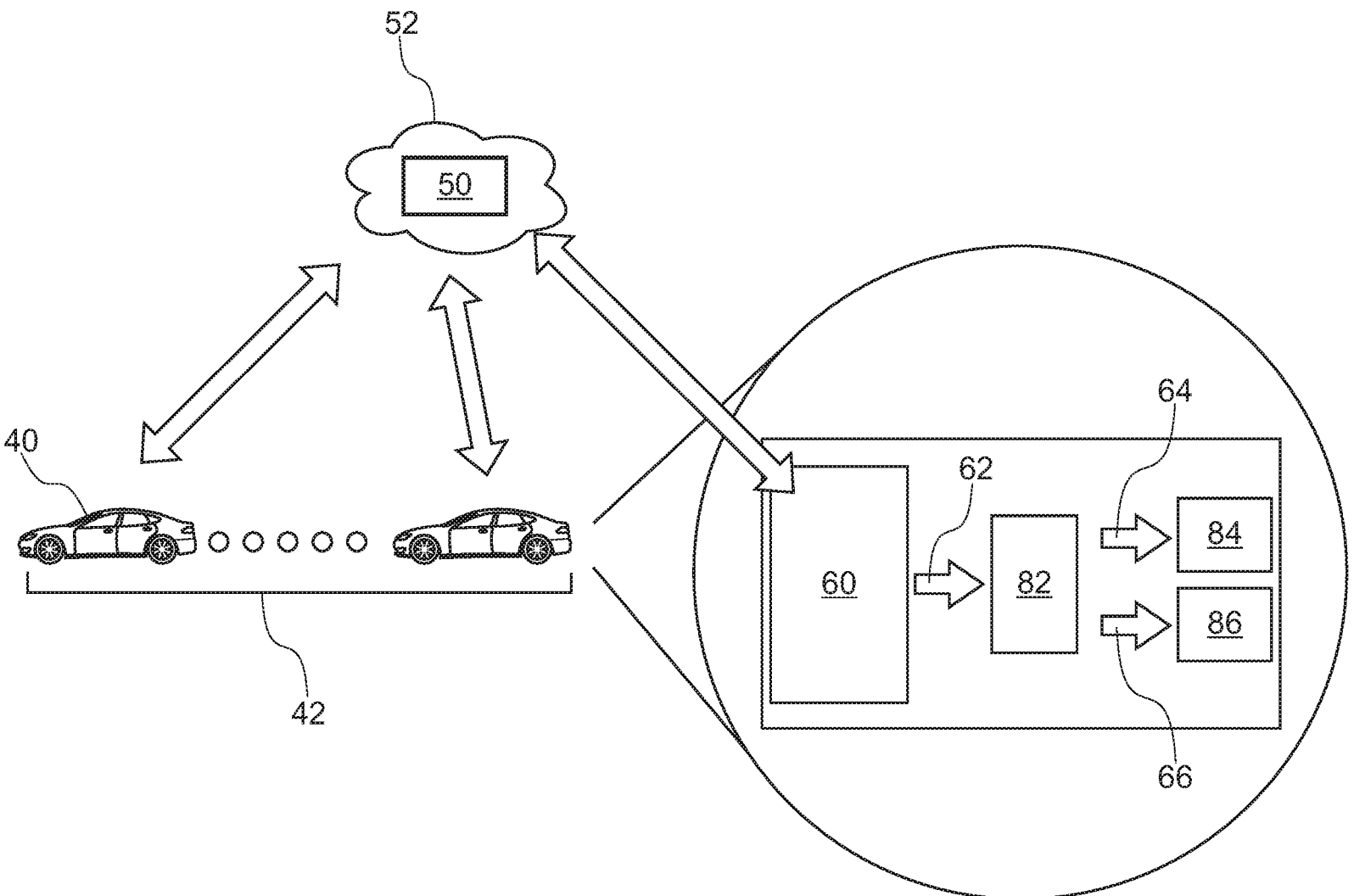


Fig. 3

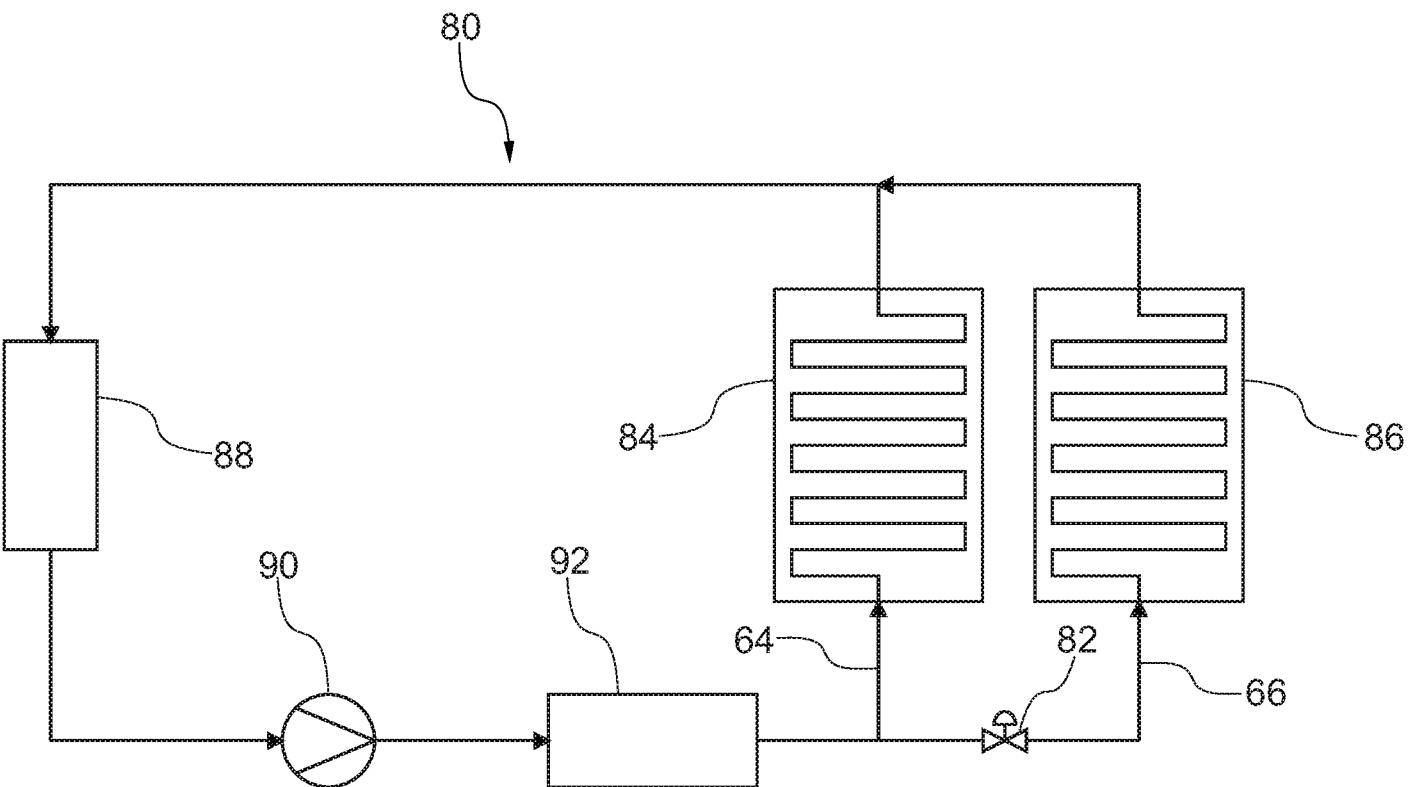


Fig. 4