



(10) **DE 10 2011 108 648 A1** 2012.03.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 108 648.3**

(22) Anmeldetag: **26.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **15.03.2012**

(51) Int Cl.: **H01M 10/50 (2011.01)**  
**B60K 1/04 (2011.01)**

(30) Unionspriorität:

**12/848,726**                      **02.08.2010**      **US**

(74) Vertreter:

**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336,  
München, DE**

(71) Anmelder:

**GM Global Technology Operations LLC  
(n.d.Ges.d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US**

(72) Erfinder:

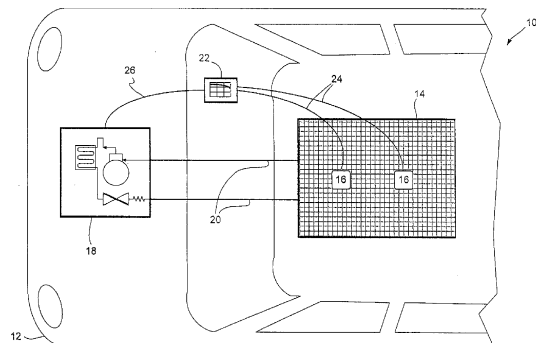
**Formanski, Volker, 65207, Wiesbaden, DE;  
Reischmann, Marc, 55578, Wallertheim, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Strategie zum Steuern des thermischen Systems einer Batterie**

(57) Zusammenfassung: Verfahren und System zum Steuern der Temperatur in einem Batteriesatz eines Elektrofahrzeugs, das eine Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit des Batteriesatzes bewahrt, während eine Fahrzeugreichweite maximiert wird. Ein Controller schreibt eine minimal zulässige Betriebstemperatur in dem Batteriesatz vor, wobei die minimale Betriebstemperatur zunimmt, wenn der Ladezustand und die verbleibende Nutzlebensdauer des Batteriesatzes abnehmen. Während des Fahrzeugfahrbetriebs wird die minimal zulässige Temperatur berechnet, und ein System zur thermischen Regulierung wird dazu verwendet, den Batteriesatz nur zu erwärmen, wenn es notwendig ist, um seine Temperatur über das berechnete minimale Niveau anzuheben. Durch Minimierung der Verwendung des Systems zur thermischen Regulierung, um den Batteriesatz zu erwärmen, wird der Energieverbrauch reduziert und die Fahrzeugreichweite wird erhöht, während die Leistungsfähigkeit oder Haltbarkeit des Batteriesatzes nicht beeinträchtigt werden. Dieselbe Strategie wird während des Ladens verwendet, was die Energiemenge reduziert, die von dem Stromversorgungsnetz zur Erwärmung des Batteriesatzes verbraucht wird.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Diese Erfindung betrifft allgemein eine thermische Regulierung eines Batteriesatzes von Elektrofahrzeugen und insbesondere ein Verfahren und ein System zum Regulieren der Temperatur in einem Batteriesatz eines Elektrofahrzeugs, das einen Betrieb eines Batteriesatzes bei einem hohen Ladezustand und/oder hoher verbleibender Nutzlebensdauer bei einer geringeren Temperatur als eines Batteriesatzes bei einem geringeren Ladezustand und/oder geringerer verbleibender Nutzlebensdauer ermöglicht, wodurch ein Energieaufwand hinsichtlich der Erwärmung des Batteriesatzes reduziert und eine Fahrzeugreichweite maximiert werden, während dennoch die Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit des Batteriesatzes optimiert werden.

## 2. Diskussion der verwandten Technik

**[0002]** Elektrofahrzeuge gewinnen auf dem heutigen Kraftfahrzeugmarkt rasch an Popularität. Elektrofahrzeuge bieten verschiedene erwünschte Merkmale, wie Beseitigung lokaler Emissionen und Verwendung benzinbasierter Kraftstoffe auf dem Verbraucherniveau und potentiell geringere Betriebskosten. Eine Schlüsselkomponente von Elektrofahrzeugen ist der Batteriesatz, der einen wesentlichen Anteil der Fahrzeugkosten darstellen kann. Batteriesätze in diesen Fahrzeugen bestehen üblicherweise aus zahlreichen verbundenen Zellen, die bei Bedarf eine große Leistung liefern können. Die Maximierung der Leistungsfähigkeit und der Lebensdauer des Batteriesatzes stellen Schlüsselbetrachtungen bei der Konstruktion und dem Betrieb von Elektrofahrzeugen dar.

**[0003]** Um die Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit von Batteriesätzen zu maximieren, muss die Temperatur in dem Batteriesatz bei einem gewissen Minimalniveau beibehalten werden, wenn der Batteriesatz während des Fahrzeugbetriebs entladen wird. Steuersysteme in existierenden Elektrofahrzeugen schreiben typischerweise eine konstante minimale Temperatur in dem Batteriesatz vor, ungeachtet des Ladezustandes oder der verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes, und nutzen ein an Bord befindliches System zur thermischen Regulierung, um sicherzustellen, dass sich die Batteriesatztemperatur bei oder oberhalb des minimalen Sollwertniveaus während des Fahrzeugbetriebs befindet. Jedoch verbraucht die Verwendung des Systems zur thermischen Regulierung, um den Batteriesatz vor oder während eines Fahrbetriebes aufzuwärmen, Energie, die von der Reichweite des Fahrzeugs abgezogen wird. Es ist nun beobachtet worden, dass die Leistungsfähigkeit von Lithiumionenbatteriesät-

zen immer noch ausreichend sein kann, um Fahrzeuganforderungen zu erfüllen, wenn die minimale Sollwerttemperatur in dem Batteriesatz für Batteriesätze mit einem hohen Ladezustand und/oder verbleibender Nutzlebensdauer verringert ist. Zusätzlich ist eine Verringerung des Temperatursollwertes hinsichtlich der Batteriehaltbarkeit nützlich.

**[0004]** Es besteht eine Möglichkeit, eine Vorgehensweise zur thermischen Regulierung von Batteriesätzen zu verwenden, die eine minimale Sollwerttemperatur als eine Funktion des Ladezustandes und einer verbleibenden Nutzlebensdauer bestimmt, wodurch eine optimale Leistungsfähigkeit und Lebensdauer des Batteriesatzes sichergestellt werden, jedoch auch die Reichweite maximiert wird, indem keine Energie aufgewendet wird, um den Batteriesatz unnötig zu erwärmen. Ein derartiges Verfahren kann die Kundenzufriedenheit durch eine verbesserte Fahrzeugreichweite und einen verringerten Leistungsverbrauch von dem Stromversorgungsnetz steigern.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung sind ein Verfahren und System zur Steuerung der Temperatur in einem Batteriesatz eines Elektrofahrzeugs offenbart, so dass die Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit des Batteriesatzes gewahrt bleiben, während die Fahrzeugreichweite maximiert ist. Ein Controller schreibt eine minimal zulässige Temperatur in dem Batteriesatz als eine Funktion des Ladezustandes und der verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes vor. Diese Steuerstrategie gibt den Nachweis wieder, dass Lithiumionenbatteriesätze bei geringeren Temperaturen betrieben werden können, wenn der Ladezustand und/oder die verbleibende Nutzlebensdauer des Batteriesatzes hoch sind, ohne eine nachteilige Wirkung auf die Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit des Batteriesatzes zu haben. Im Fahrzeugfahrbetrieb wird die minimal zulässige Temperatur berechnet, und es wird ein System zur thermischen Regulierung verwendet, um den Batteriesatz nur bei Bedarf zu erwärmen, um seine Temperatur über das berechnete minimale Niveau anzuheben. Durch Minimierung des Gebrauchs des Systems für thermische Regulierung zur Erwärmung des Batteriesatzes sind der Energieverbrauch reduziert und die Fahrzeugreichweite erhöht. Dieselbe Strategie zur thermischen Regulierung kann während des Ladens verwendet werden, was die Menge an verbrauchter Energie von dem Stromversorgungsnetz reduzieren kann, indem der Batteriesatz nicht unnötig erwärmt wird.

**[0006]** Zusätzliche Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung und den angefügten Ansprüchen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen offensichtlich.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0007]** **Fig. 1** ist ein schematisches Schaubild eines Systems zur thermischen Regulierung eines Batteriesatzes für Elektrofahrzeuge;

**[0008]** **Fig. 2** ist ein Diagramm der minimal zulässigen Temperatur in dem Batteriesatz als eine Funktion des Ladezustandes und der verbleibenden Nutzlebensdauer gemäß der vorliegenden Erfindung; und

**[0009]** **Fig. 3** ist ein Prozessflussdiagramm eines Verfahrens zum Regulieren der Temperatur in dem Batteriesatz als eine Funktion des Ladezustandes und der verbleibenden Nutzlebensdauer.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG  
DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0010]** Die folgende Diskussion der Ausführungsformen der Erfindung, die auf eine Steuerstrategie für ein thermisches System einer Batterie gerichtet ist, ist lediglich beispielhafter Natur und nicht dazu bestimmt, die Erfindung oder ihre Anwendungen oder Gebräuche zu beschränken. Beispielsweise besitzt die vorliegende Erfindung besondere Anwendung auf Batteriesätze für Elektrofahrzeuge, kann jedoch gleichermaßen auf Batteriesätze in Benzin-/Elektro- oder Brennstoffzellen-/Elektro-Hybridfahrzeugen, Batteriesätze in Nutzfahrzeugen, wie Gabelstaplern, und nicht fahrzeuggesteuerte Batteriesätze anwendbar sein.

**[0011]** Die Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit des Batteriesatzes wie auch die Fahrzeugreichweite stellen Schlüsselbetrachtungen bei der Konstruktion eines Elektrofahrzeugs dar. In der Industrie ist es gut bekannt, dass eine Leistungsfähigkeit eines Lithiumionenbatteriesatzes leiden kann, wenn der Batteriesatz bei einer zu geringen Temperatur betrieben wird. Daher weisen Elektrofahrzeuge typischerweise ein an Bord befindliches System zur thermischen Regulierung auf, um Batteriesatztemperaturen oberhalb eines gewissen Niveaus beizubehalten, von dem bekannt ist, dass es für eine optimale Leistungsfähigkeit und Batteriesatzlebensdauer förderlich ist. Systeme zur thermischen Regulierung in existierenden Elektrofahrzeugen schreiben typischerweise eine einzelne minimale zulässige Temperatur in dem Batteriesatz vor, und das System zur thermischen Regulierung wird nach Bedarf in Betrieb gesetzt, um eine Temperatur des Batteriesatzes bei oder oberhalb dieser fixierten Grenze beizubehalten. Jedoch verbraucht der Betrieb des Systems zur thermischen Regulierung des Batteriesatzes Energie, die von der Reichweite des Fahrzeugs abgezogen wird. Es wird eine neue Strategie zur thermischen Regulierung vorgeschlagen, bei der unter vielen Bedingungen geringere Batteriesatztemperaturen zugelassen werden, wodurch der Betrag an Wärmeenergie, der durch

das System zur thermischen Regulierung verbraucht wird, reduziert wird.

**[0012]** Zusätzlich zu den oben beschriebenen Betrachtungen der minimalen Batteriesatztemperatur müssen Batteriesätze für Elektrofahrzeuge auch gesteuert werden, um zu verhindern, dass die Temperatur zu hoch wird. Während eine Kühlstrategie für einen Batteriesatz nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung darstellt, besitzt die hier offenbarte Strategie zur thermischen Regulierung eines Batteriesatzes einen günstigen Einfluss auf die Kühlstrategie, wie nachfolgend beschrieben ist.

**[0013]** Jüngste Untersuchungen haben gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit von Lithiumionenbatteriesätzen nicht nur eine Funktion der Temperatur sondern auch des Ladezustands und des Alters des Batteriesatzes ist. D. h. ein Batteriesatz in einem hohen Ladezustand kann bei einer geringeren Temperatur betrieben werden, als ein Batteriesatz in einem geringeren Ladezustand, und ein neuer Batteriesatz kann bei einer geringeren Temperatur betrieben werden, als ein alter Batteriesatz. Die vorliegende Erfindung nutzt dieses Phänomen mit einem System zur thermischen Regulierung, das derart konstruiert ist, die Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit des Batteriesatzes zu bewahren, jedoch auch die Reichweite des Elektrofahrzeugs zu maximieren. Dies wird durch vernünftige Verwendung des Systems zur thermischen Regulierung und einen Betrieb des Batteriesatzes bei einer etwas geringeren Temperatur, als vorher zugelassen worden wäre, durchgeführt, wenn der Batteriesatz in einem hohen Ladezustand ist und/oder der größte Teil seiner Nutzlebensdauer vorhanden ist.

**[0014]** **Fig. 1** ist ein schematisches Schaubild eines Systems **10** zur thermischen Regulierung eines Batteriesatzes für Elektrofahrzeuge. Ein Fahrzeug **12** verwendet Elektromotoren (nicht gezeigt) zum Vortrieb, wobei elektrische Energie für die Motoren durch einen Batteriesatz **14** bereitgestellt wird. Der Batteriesatz **14** ist mit einer Mehrzahl von Sensoren **16** ausgestattet, die Vorrichtungen aufweisen, die die Temperatur und den Ladezustand in dem Batteriesatz **14** überwachen. Die Sensoren **16** können auch verschiedene Batteriesatzeigenschaften überwachen, die dazu verwendet werden, das Alter des Batteriesatzes **14** oder alternativ seine verbleibende Nutzlebensdauer zu berechnen. Andere Parameter können ebenfalls durch die Sensoren **16** überwacht werden, und die Temperatur und der Ladezustand können an mehreren Stellen über den Batteriesatz **14** durch die Sensoren **16** gemessen werden. Ein Heiz- und Kühlsystem **18** wird zum Wärmen oder Kühlen des Batteriesatzes **14** nach Bedarf verwendet, um die Temperatur in dem Batteriesatz **14** innerhalb eines vorgeschriebenen Bereiches zu halten, wie nachfolgend diskutiert ist.

**[0015]** Das Heiz- und Kühlsystem **18** ist mit dem Batteriesatz **14** durch Fluidleitungen **20** verbunden, die ein gekühltes oder erwärmtes Fluid an den Batteriesatz **14** liefern und das Fluid an das Heiz- und Kühlsystem **18** rückführen. Das Fluid in den Fluidleitungen **20** kann eine Flüssigkeit, wie Kühlmittel; Luft oder ein anderes Gas; oder ein zweiphasiges Gemisch aus einer Flüssigkeit und einem Gas sein. Das Heiz- und Kühlsystem **18** kann von einem Typ sein, der für die hier beschriebenen Zwecke geeignet ist, einschließlich einem herkömmlichen kühlmittelbasierten Kühlsystem mit einem ergänzenden Heizer, einem zweistufigen System, das ein Sekundärfluid durch die Fluidleitungen **20** liefert, einem System zur thermischen Speicherung, das Wärme von dem Batteriesatz **14** in einem Fluid speichert und die Wärme entweder an die Umgebung durch einen Kühler dissipiert oder die Wärme verwendet, um den Batteriesatz **14** oder das Innere des Fahrzeugs **12** anschließend zu erwärmen, und andere Typen.

**[0016]** Ein Controller **22** wird dazu verwendet, das Heiz- und Kühlsystem **18** auf Grundlage von Bedingungen in dem Batteriesatz **14** zu steuern, wie durch die Sensoren **16** überwacht ist. Der Controller **22** steht mit den Sensoren **16** über Verbindungen **24** und mit dem Heiz- und Kühlsystem **18** über eine Verbindung **26** in Kommunikation. Die Verbindungen **24** und **26** können verdrahtet oder drahtlos sein. Der Controller **22** ist derart konfiguriert, dass Heiz- und Kühlsystem **18** nach Bedarf in Betrieb zu setzen, um den Batteriesatz **14** zu erwärmen oder zu kühlen, um die Temperatur in dem Batteriesatz **14** innerhalb eines vorgeschriebenen Bereiches zu halten, wobei der vorgeschriebene Temperaturbereich von dem Ladezustand und der verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes **14** abhängig ist. In dem Rest der nachfolgenden Diskussion wird nur derjenige Anteil der Strategie zur thermischen Regulierung behandelt, der mit dem Erwärmen des Batteriesatzes auf die vorgeschriebene minimale Sollwerttemperatur zu tun hat, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist.

**[0017]** [Fig. 2](#) ist ein Diagramm **40**, das eine minimal zulässige Temperatur, die auch als eine minimale Sollwerttemperatur bekannt ist, in dem Batteriesatz **14** als eine Funktion des Ladezustandes und der verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes **14** zeigt. Das Diagramm **40** trägt einen Ladezustandsprozentsatz in dem Batteriesatz **14** an der horizontalen Achse **42** und eine minimale zulässige Temperatur in dem Batteriesatz **14** an der vertikalen Achse **44** auf. Die Kurve **46** repräsentiert die minimale Temperatur, bei der der Batteriesatz **14** betrieben werden kann, bei einem beliebigen bestimmten Ladezustand, wenn der Batteriesatz **14** sich an dem Beginn der Lebensdauer (BOL) oder 100% verbleibender Nutzlebensdauer befindet. Die Kurve **48** repräsentiert die minimale Temperatur, bei der der Batteriesatz **14** be-

trieben werden kann, bei einem beliebigen bestimmten Ladezustand, wenn der Batteriesatz **14** sich an seinem Lebensdauerende (EOL) oder nahe 0% verbleibender Nutzlebensdauer befindet. Die durch die Kurven **46** und **48** gezeigte minimale zulässige Temperatur wird durch die erforderliche Leistungsfähigkeit von Entlade- und Ladeleistung bestimmt. Die Linie **50** repräsentiert eine konstante oder fixierte minimale Betriebstemperatur, die für existierende Systeme zur thermischen Regulierung, die heutzutage in Elektrofahrzeugen verwendet werden, typisch ist.

**[0018]** Der Punkt **52** repräsentiert eine Sollwerttemperatur für einen Betriebszustand, bei dem der Ladezustand des Batteriesatzes **14** 75% und eine verbleibende Nutzlebensdauer 65% beträgt. Dies bedeutet, der Punkt **52** stellt 65% der Distanz von der Kurve **48** zu der Kurve **46** dar. Die Distanz **54** zeigt die Differenz der Sollwerttemperatur zwischen der Strategie der vorliegenden Erfindung, die den Ladezustand und die verbleibende Nutzlebensdauer des Batteriesatzes **14** berücksichtigt, und einer herkömmlichen Strategie zur thermischen Regulierung, die eine fixierte minimale Betriebstemperatur in dem Batteriesatz **14** vorschreibt. Die Distanz **54** ist proportional zu der Menge an Erwärmungsenergie, die durch die Strategie mit variablem Sollwert gespart wird und direkt in eine gesteigerte Reichweite für das Elektrofahrzeug **12** umgesetzt wird. Während von dem Diagramm **40** die Einheiten weggelassen worden sind, sei angemerkt, dass, wenn der Batteriesatz **14** einen hohen Ladezustand aufweist und nahe dem Beginn seiner Lebensdauer ist, die Differenz zwischen der offenbarten variablen Sollwerttemperatur und der herkömmlichen festen Sollwerttemperatur 20°C oder größer sein kann.

**[0019]** Der Punkt **56** repräsentiert eine Sollwerttemperatur für einen Betriebszustand, bei dem der Ladezustand des Batteriesatzes **14** 25% und eine Nutzlebensdauer 50% beträgt. Sogar in diesem Zustand der relativen Entladung und Alterung kann der Batteriesatz **14** bei einer Temperatur betrieben werden, die geringer als diejenige ist, die durch eine herkömmliche Strategie mit festem Sollwert vorgeschrieben ist. Nur wenn der Batteriesatz **14** einen sehr geringen Ladezustand erreicht und nahe dem Ende seiner Nutzlebensdauer ist, erreicht die Vorgehensweise mit minimal zulässiger Betriebstemperatur die herkömmliche fixierte Sollwerttemperatur, wie an dem entfernten linken Ende der Kurve **48** angegeben ist.

**[0020]** Zusätzlich zu den direkten Einsparungen an Erwärmungsenergie, wie oben beschreiben ist, existiert ein sekundärer Vorteil für die Strategie des Betriebs des Batteriesatzes **14** bei geringeren Temperaturen, wenn es die Batteriesatzbedingungen zulassen. Der sekundäre Vorteil besteht darin, dass weniger Energie beim Kühlen des Batteriesatzes **14** später in einem Betriebszyklus aufgewendet werden

muss. Wie es in der Technik gut bekannt ist, erzeugen Lithiumionenbatteriesätze Wärme, wenn sie entladen werden. Daher muss bei einem typischen Kaltwetterzenario, das ein herkömmliches System für thermische Regulierung mit einem fixierten minimalen Temperatursollwert betrifft, der Batteriesatz **14** auf die Temperatur erwärmt werden, die durch die Linie **50** an dem Diagramm **40** dargestellt ist, bevor der Fahrzeugbetrieb beginnen kann. Anschließend wird, wenn das Fahrzeug **12** angetrieben wird und sich der Batteriesatz **14** entlädt, die Temperatur des Batteriesatzes **14** möglicherweise bis zu dem Punkt ansteigen, an dem das Erwärmungs- und Kühlsystem **18** des Batteriesatzes im Kühlmodus betrieben werden muss, um zu verhindern, dass der Batteriesatz **14** zu heiß wird, um einen Einfluss auf die Haltbarkeit zu vermeiden. Die Strategie für thermische Regulierung der vorliegenden Erfindung reduziert dadurch, dass zugelassen wird, dass ein Fahrbetrieb beginnen kann, wenn sich der Batteriesatz **14** bei einer wesentlich geringeren Temperatur als nahe vollständiger Ladung befindet, stark die Wahrscheinlichkeit, dass der Batteriesatz **14** später in demselben Fahrzyklus gekühlt werden muss. Auch ist unter Verwendung der Strategie zur thermischen Regulierung der vorliegenden Erfindung die Gesamttemperaturverteilung geringer, was für die Haltbarkeit des Batteriesatzes nützlich ist.

**[0021]** Die Form der Kurve **46**, die an dem Diagramm **40** gezeigt ist, wurde aus ausgiebigen Tests von Lithiumionenbatteriesätzen abgeleitet. Die Tests maßen die Leistungsfähigkeit des Batteriesatzes als eine Funktion der Temperatur, des Ladezustandes und der Verschlechterung der Lebensdauerzeit. Während es in der Technik bekannt ist, dass die Leistungsfähigkeit von Lithiumionenbatteriesätzen mit abnehmender Temperatur signifikant abfällt, zeigten die Tests, dass die Schwellentemperatur, unterhalb der der Batteriesatz **14** die erforderliche Leistungsfähigkeit nicht mehr bereitstellt, für einen vollständig geladenen Batteriesatz geringer ist, als für einen nahezu entladenen Batteriesatz, und dass diese Schwellentemperatur für einen Batteriesatz am Beginn seiner Lebensdauer geringer als für einen Batteriesatz nahe dem Ende der Lebensdauer ist. Mit anderen Worten bewirkt er eine Temperatur, die niedrig genug war, um eine signifikante Leistungsverschlechterung in einem getesteten Lithiumionenbatteriesatz zu bewirken, der nahezu entladen war, keine signifikante Leistungsverschlechterung in demselben Test-Batteriesatz, der nahezu vollständige Ladung aufwies. Das Auftragen der Testdaten als die minimal zulässige Betriebstemperatur in einem beliebigen gegebenen Ladezustand, der eine gute Leistungsfähigkeit eines Batteriesatzes beibehält, für einen Batteriesatz bei Beginn der Lebensdauer erzielt die Kurve **46**. Ähnlicherweise erzielt ein Auftragen der Testdaten als die minimal zulässige Betriebstemperatur zu einem beliebigen gegebenen Ladezustand, die eine gute Bat-

teriesatzleistung beibehält, für einen Batteriesatz am Ende der Lebensdauer die Kurve **48**.

**[0022]** Die Strategie mit variabler Sollwerttemperatur kann auch beim Wiederaufladen des Batteriesatzes **14** Energie einsparen. Wenn der Batteriesatz **14** wieder aufgeladen werden muss, befindet er sich oftmals in einem Zustand mit geringem Ladezustand. Bei Bedingungen mit geringer Umgebungstemperatur kann der Batteriesatz **14** auch eine relativ geringe Temperatur aufweisen. Diese Bedingungen mit geringem Ladezustand und geringer Temperatur sind durch Punkt **58** an dem Diagramm **40** repräsentiert. Unter Verwendung einer herkömmlichen Strategie für thermische Regulierung kann der Batteriesatz **14** wieder aufgeladen und auf die Temperatur der konstanten Sollwertlinie **50** erwärmt werden. Jedoch kann mit der Strategie der vorliegenden Erfindung der Batteriesatz **14** auf einen Vollladezustand ohne zusätzliche Erwärmung durch Adaption der Ladeleistung an die Batterieleistungsfähigkeit gemäß dem Ladezustand, der Verschlechterung und der Temperatur wieder aufgeladen werden. Das Wiederaufladen des Batteriesatzes erzeugt natürlich einige Wärme, so dass die Batteriesatztemperatur im vollständig geladenen Zustand innerhalb des zulässigen Betriebstemperaturbereiches liegt. Indem von dem Erwärmungs- und Kühlsystem **18** während des Wiederaufladens keine Wärme hinzugefügt werden muss, reduziert die Strategie mit variabler Sollwerttemperatur die Menge an Energie, die von dem Stromversorgungsnetz verbraucht wird.

**[0023]** Eine Steuerstrategie basierend auf dem Diagramm **40** kann in dem Controller **22** programmiert sein, um die Reichweite des Fahrzeugs **12** zu erhöhen, während eine gute Leistungsfähigkeit des Batteriesatzes **14** für den Prozess, wie nachfolgend beschrieben ist, sichergestellt wird.

**[0024]** **Fig. 3** ist ein Flussdiagramm **80** eines Prozesses, der von dem Controller **22** verwendet werden kann, um den Betrieb des Erwärmungs- und Kühlsystems **18** zu reduzieren. Bei Kasten **82** wird der Ladezustand des Batteriesatzes **14** durch die Sensoren **16** gemessen. Bei Kasten **84** wird die verbleibende Nutzlebensdauer des Batteriesatzes **14** entweder von den Sensoren **16** oder anhand einer in den Controller **22** eingebauten Zeittabelle bestimmt. Bei Kasten **86** berechnet der Controller **22** die minimale Sollwerttemperatur, bei der die Leistungsfähigkeit des Batteriesatzes **14** nicht signifikant abfällt, als eine Funktion des Ladezustandes von dem Kasten **82** und der verbleibenden Nutzlebensdauer von dem Kasten **84**.

**[0025]** Während die Kurven **46** und **48** an dem Diagramm **40** als generische Formen ohne Werte für Temperatur oder Ladezustand gezeigt sind, sind in der tatsächlichen Praxis die Kurven **46** und **48** spezifisch definiert, so dass eine minimale Sollwerttempe-

ratur (beispielsweise in Grad Celsius) für einen gegebenen Ladezustand von 0% bis 100% nachgeschaut werden kann. Die leistungsorientierte Sollwerttemperatur wird dann bei dem Kasten **86** durch Interpolation zwischen den Kurven **46** und **48** auf Grundlage des Prozentsatzes der verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes **14** bestimmt.

**[0026]** Bei Kasten **88** wird die tatsächliche Temperatur in dem Batteriesatz **14** durch die Sensoren **16** gemessen. Die Batteriesatztemperatur wird an den Kasten **90** geliefert, wo eine Gesamt-Batteriesatztemperatursteuerung definiert wird. Der Kasten **90** bestimmt, ob Wärme von dem Erwärmungs- und Kühlsystem **18** bei Kasten **92** anzuweisen ist oder Kühlung von dem Erwärmungs- und Kühlsystem **18** bei Kasten **94** anzuweisen ist, oder keines von beiden.

**[0027]** Wie oben diskutiert ist, variiert die Leistungsfähigkeit von Lithiumionenbatteriesätzen als eine Funktion des Ladezustandes, der verbleibenden Nutzlebensdauer und der Temperatur. Zusätzlich zu dieser Leistungsbetrachtung kann die Haltbarkeit von Lithiumionenbatteriesätzen auch durch die Betriebstemperatur beeinflusst sein. Zu diesem Zweck kann auch eine minimal zulässige Betriebstemperatur auf Grundlage von Haltbarkeitsbetrachtungen definiert sein. Diese haltbarkeitsbasierte minimale Sollwerttemperatur wird bei Kasten **96** des Flussdiagramms **80** berechnet. Die haltbarkeitsbasierte geringere Sollwerttemperatur wird an den Gesamt-Batteriesatztemperatursteuerkasten **90** geliefert, der dann bei Kasten **92** eine Erwärmung oder bei Kasten **94** eine Kühlung oder keines von beiden anweist. Der Gesamt-Batteriesatztemperatursteuerkasten **90** bestimmt, ob eine Erwärmung oder Kühlung nötig ist, auf Grundlage von Betrachtungen sowohl der leistungsorientierten minimalen Temperatur und Betrachtungen von haltbarkeitsbasierter minimaler Temperatur, als auch maximalen Temperaturgrenzen, die berücksichtigt werden müssen. Es können verschiedene Regeln zur Bestimmung definiert werden, ob die leistungsorientierte Sollwerttemperatur oder die haltbarkeitsbasierte Sollwerttemperatur Vorrang bekommt.

**[0028]** Durch Verwendung der oben beschriebenen Steuerstrategie können signifikante Verbesserungen der Reichweite des Elektrofahrzeugs realisiert werden, da keine Energie unnötig verwendet wird, um dem Batteriesatz **14** vor der Fahrt Wärme hinzuzufügen. Auch wird durch Verwendung der Steuerstrategie mit variabler Sollwerttemperatur, die oben beschrieben ist, die Menge an Energie, die von dem Stromversorgungsnetz verbraucht wird, reduziert, da der Batteriesatz **14** während des Ladevorganges nicht unnötig erwärmt wird.

**[0029]** Zusammen mit Elektrofahrzeugen ist die oben beschriebene Strategie für thermische Regulierung auch auf Batteriesätze in Hybrid-Benzin/Elektro-

oder Brennstoffzellen-/Elektro-Fahrzeugen anwendbar, bei denen die Energieeinsparungen auf Grundlage der reduzierten Erwärmung des Batteriesatzes in verbesserter Kraftstoffwirtschaftlichkeit resultieren, was schließlich in eine erhöhte Reichweite umgesetzt wird.

**[0030]** Die vorhergehende Diskussion offenbart und beschreibt lediglich beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Der Fachmann erkennt leicht aus einer derartigen Diskussion und aus den begleitenden Zeichnungen und Ansprüchen, dass verschiedene Änderungen, Abwandlungen und Variationen darin ohne Abweichung von dem Erfindungsgedanken und Schutzzumfang der Erfindung, wie in den folgenden Ansprüchen definiert ist, durchgeführt werden können.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Regulierung eines Batteriesatzes, wobei das Verfahren umfasst:
  - Bestimmen eines Ladezustandes des Batteriesatzes und Festlegen des zuletzt bestimmten Ladezustandes als gegenwärtigen Ladezustand;
  - Bestimmen der verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes;
  - Definieren einer minimalen Sollwerttemperatur für den Betrieb des Batteriesatzes, wobei die minimale Sollwerttemperatur auf der erforderlichen Batteriesatzleistung, dem Ladezustand des Batteriesatzes und der verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes basiert;
  - Messen der Temperatur in dem Batteriesatz; und
  - Steuern der Temperatur in dem Batteriesatz, um einen Betrieb des Batteriesatzes zu verhindern, wenn die Temperatur unterhalb der minimalen Sollwerttemperatur liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Definieren einer minimalen Sollwerttemperatur zum Betrieb des Batteriesatzes ein Erhöhen der minimalen Sollwerttemperatur aufweist, wenn der Ladezustand des Batteriesatzes abnimmt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Definieren einer minimalen Sollwerttemperatur zum Betrieb des Batteriesatzes ein Erhöhen der minimalen Sollwerttemperatur aufweist, wenn die verbleibende Nutzlebensdauer des Batteriesatzes abnimmt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Steuern der Temperatur in dem Batteriesatz einen Zusatz von Wärme zu dem Batteriesatz aufweist, bis die Temperatur in dem Batteriesatz auf die minimale Sollwerttemperatur bei dem gegenwärtigen Ladezustand und der verbleibenden Nutzlebensdauer angehoben ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Steuern der Temperatur in dem Batteriesatz ein Steuern der

Strömung eines Fluides durch den Batteriesatz aufweist, um dem Batteriesatz Wärme hinzuzufügen.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Batteriesatz in einem Elektrofahrzeug verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Batteriesatz ein Lithiumionenbatteriesatz ist.

8. System zur thermischen Regulierung für einen Batteriesatz, der elektrische Energie an eine Vorrichtung liefert, wobei das System für thermische Regulierung umfasst:

eine Mehrzahl von Sensoren zum Messen der Spannung in dem Batteriesatz und der Temperatur in dem Batteriesatz, wobei die gemessene Spannung dazu verwendet wird, den Ladezustand des Batteriesatzes zu bestimmen, und der zuletzt bestimmte Ladezustand als gegenwärtiger Ladezustand festgelegt wird; ein Mittel zum Bestimmen einer verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes;

ein Erwärmungs- und Kühlsystem zum Zusatz von Wärme zu oder zur Entfernung von Wärme von dem Batteriesatz; und

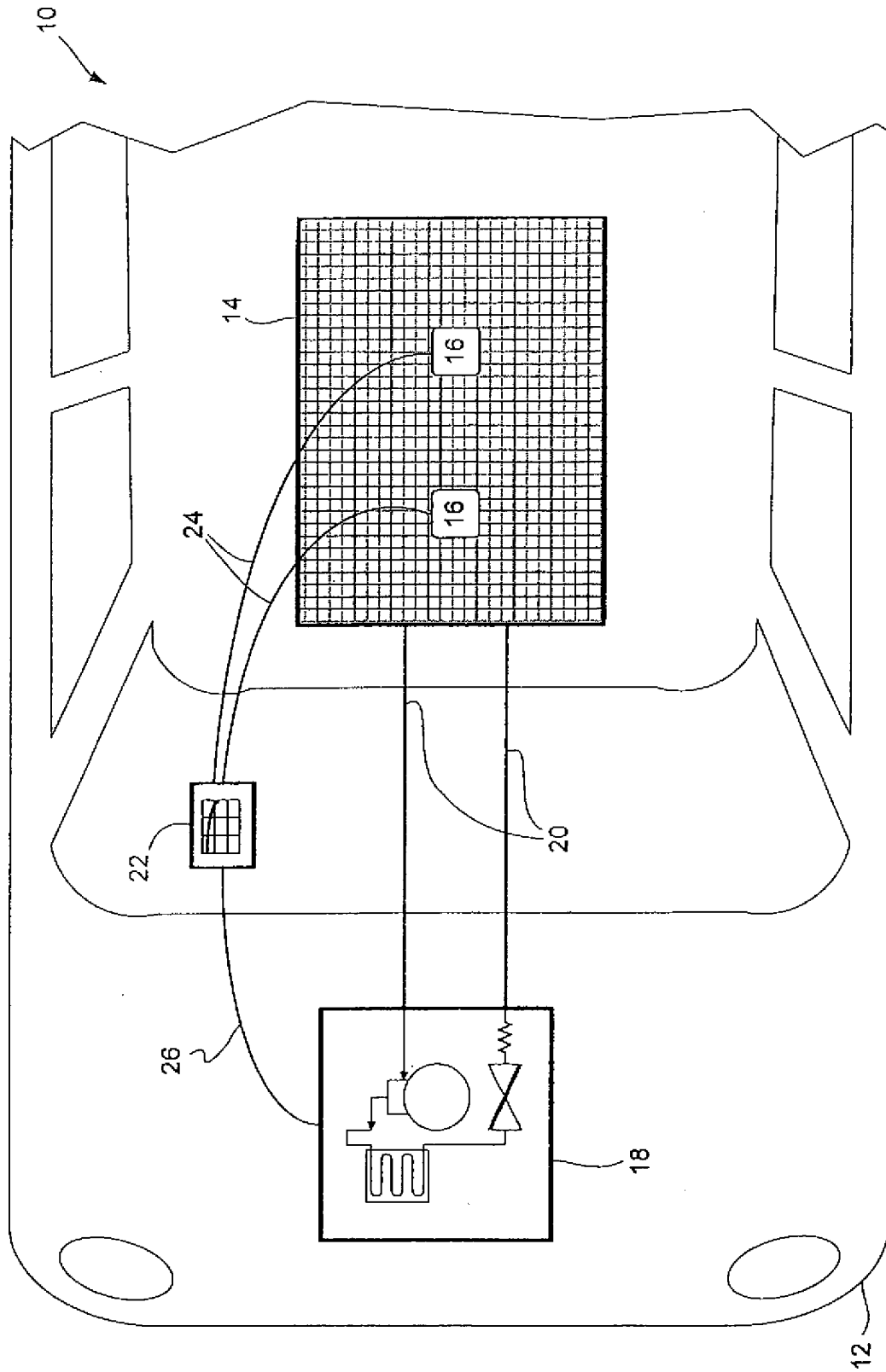
einen Controller zum Regulieren der Temperatur in dem Batteriesatz, wobei der Controller auf Messsignale von den Sensoren anspricht und derart konfiguriert ist, das Erwärmungs- und Kühlsystem so zu steuern, dass die Temperatur in dem Batteriesatz als eine Funktion des Ladezustandes des Batteriesatzes und der verbleibenden Nutzlebensdauer des Batteriesatzes gesteuert wird.

9. System zur thermischen Regulierung nach Anspruch 8, wobei der Controller derart konfiguriert ist, dass er die Temperatur in dem Batteriesatz durch Definieren einer ersten minimalen Sollwerttemperatur und Anweisen des Erwärmungs- und Kühlsystems zum Zusatz von Wärme zu dem Batteriesatz steuert, bis die Temperatur in dem Batteriesatz auf die erste minimale Sollwerttemperatur bei dem gegenwärtigen Ladezustand und der verbleibenden Nutzlebensdauer angehoben ist.

10. System zur thermischen Regulierung nach Anspruch 9, wobei der Controller die erste minimale Sollwerttemperatur erhöht, wenn der Ladezustand des Batteriesatzes abnimmt, und die erste minimale Sollwerttemperatur erhöht, wenn die verbleibende Nutzlebensdauer des Batteriesatzes abnimmt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

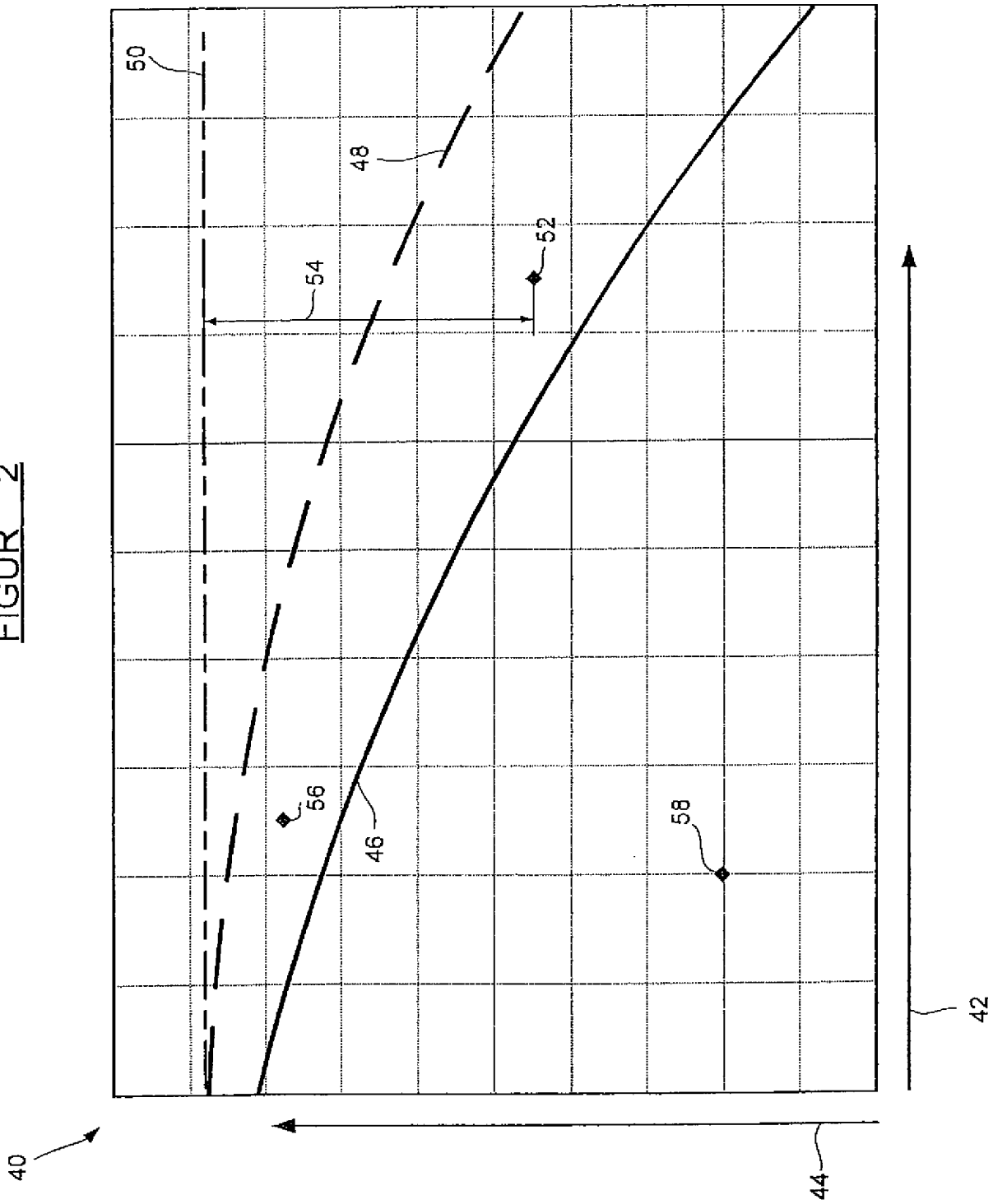
Anhängende Zeichnungen

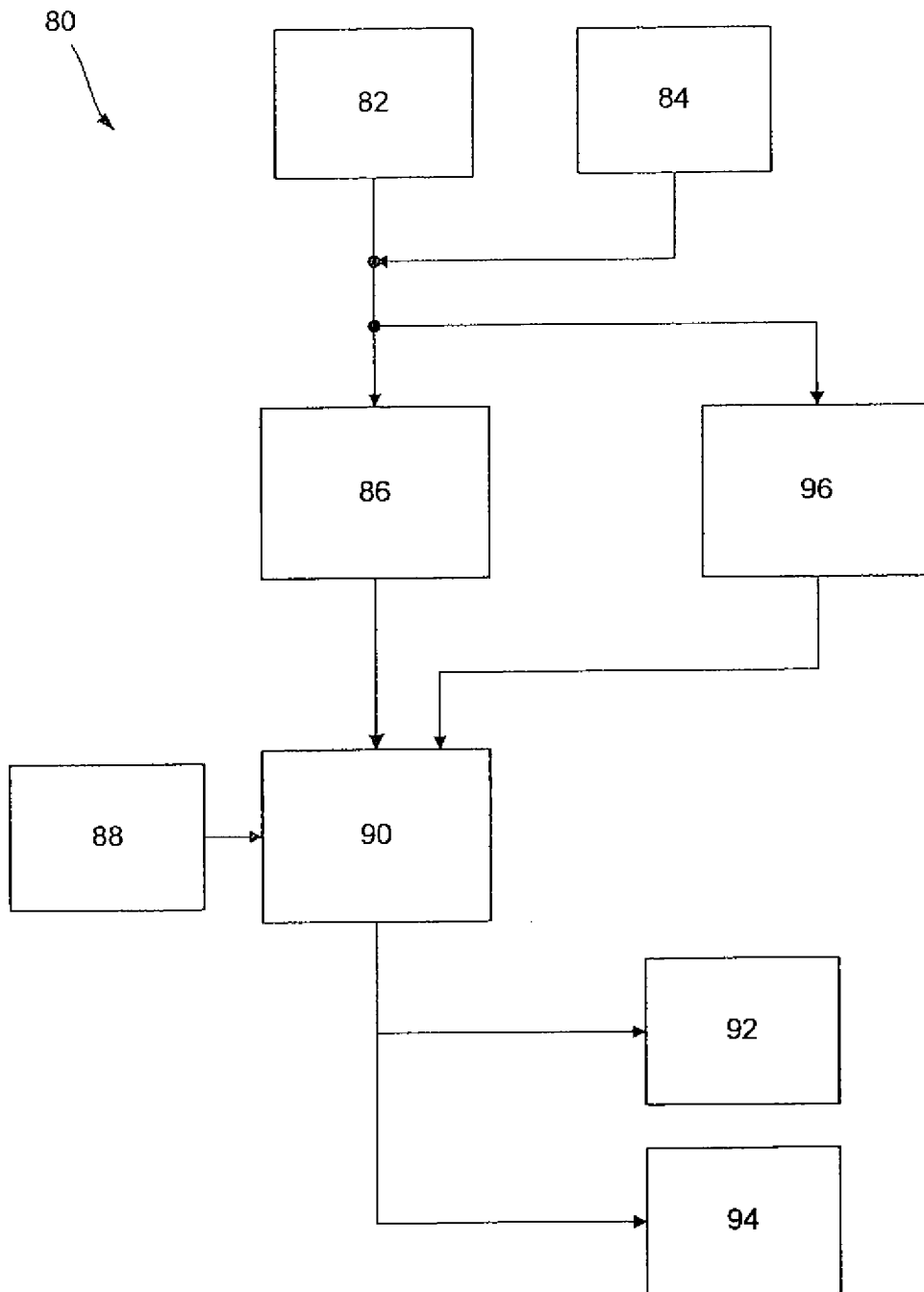


FIGUR 1



FIGUR 2





FIGUR 3