

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 89/2011
(22) Anmeldetag: 21.01.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2013

(51) Int. Cl. : **G01R 31/36** (2006.01)
H01M 10/48 (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01)

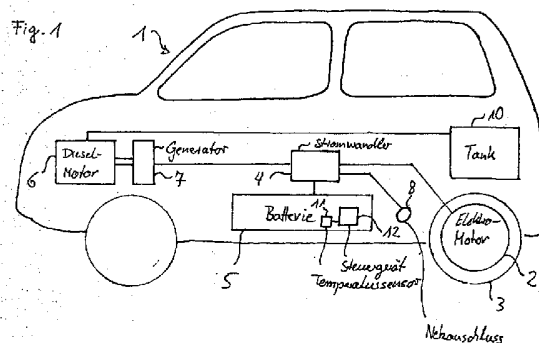
(56) Entgegenhaltungen:
DE 102007026135 A1
DE 102007026142 A1
WO 2010146681 A1
DE 102007038586 A1
EP 1526627 A2

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
PELS THOMAS DIPL.ING.
HEIDEN (DE)

(54) BETRIEB EINES ELEKTRISCHEN ENERGIESPEICHERS FÜR EIN FAHRZEUG

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Energiespeichers (5) für ein Fahrzeug (1), insbesondere für ein Elektrofahrzeug oder für ein Hybridfahrzeug (1), wobei ein Alterungsmaß (26) für den Energiespeicher (5) unter Berücksichtigung wenigstens einer Ruhetemperatur (TR_x) des Energiespeichers (5) bestimmt wird, wobei ein Belastungsgrenzwert (30-32) für eine maximale Belastung des Energiespeichers (5) reduziert wird, falls das Alterungsmaß (26) einen Schwellenwert (27) überschreitet, wobei für mehrere Zeitabschnitte (t_x) jeweils eine Ruhetemperatur (TR_x) ermittelt wird und diese Ruhetemperaturen (TR_x) bei der Bestimmung des Alterungsmaßes (26) kumulativ berücksichtigt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Energiespeichers für ein Fahrzeug sowie ein Fahrzeug mit elektrischem Energiespeicher.

[0002] Die Erfindung richtet sich auf Fahrzeuge mit einem elektrischen Energiespeicher, beispielsweise Elektrofahrzeuge oder Hybridfahrzeuge.

[0003] Es ist bekannt, dass elektrische Energiespeicher eine begrenzte Lebensdauer besitzen. Die Lebensdauer ist einerseits durch die Benutzungsintensität, insbesondere auch durch Häufigkeit und Dauer einer maximalen Belastung des Energiespeichers, bestimmt. Daneben ist die Alterung temperaturabhängig. Beispielsweise ist aus der DE 10 328 721 A1 bekannt, u.a. aus einer Temperaturmessung während des laufenden Betriebs die Restlebensdauer einer Batterie zu bestimmen. Aus der DE 10 2007 026 142 A2 und der DE 10 2007 026 135 A1 ist außerdem bekannt, auch eine Temperatur bei Fahrzeuginaktivität zu erfassen und bei einer Lebensdauer-Status-Bestimmung zu berücksichtigen.

[0004] Ferner ist aus der WO 2010/146 681 bekannt, eine Obergrenze für die Aufladung einer Batterie geringer als deren Kapazität zu wählen und die Obergrenze zu erhöhen, wenn die Alterung der Batterie fortschreitet.

[0005] Die DE 10 2007 038 586 A1 beschreibt, Belastungsgrenzen für eine Batterie abhängig von einem Stressindex, der eine Temperatur der Batterie berücksichtigt, zu variieren.

[0006] Aus der EP 1 526 627 A2 ist bekannt, eine Batterie härter bzw. sanfter zu Laden, falls deren Alterung geringer bzw. stärker als ein Vorgabewert ist.

[0007] Aus der DE 10 2007 026 132 A1 ist es zudem bekannt, den Einfluss der Temperatur auf die Lebenserwartung der Batterie auch während Ruhephasen des elektrischen Energiespeichers (z.B. wenn das Fahrzeug abgestellt ist) zu bestimmen.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Energiespeichers wird ein Alterungsmaß für den Energiespeicher unter Berücksichtigung wenigstens einer Ruhetemperatur des Energiespeichers bestimmt.

[0009] Ein Belastungsgrenzwert für eine maximale Belastung des Energiespeichers wird reduziert, falls das Alterungsmaß einen Schwellenwert überschreitet. Hierzu wird für mehrere Zeitabschnitte jeweils eine Ruhetemperatur ermittelt. Diese Ruhetemperaturen werden bei der Bestimmung des Alterungsmaßes kumulativ berücksichtigt.

[0010] Das erfindungsgemäße Fahrzeug weist einen elektrischen Energiespeicher auf. Das Fahrzeug ist dafür eingerichtet, den Energiespeicher nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zu betreiben.

[0011] Im Folgenden werden fakultative Ausgestaltungen, die zum Teil auch Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sind, näher beschrieben.

[0012] Bei manchen Ausgestaltungen ist das Fahrzeug ein Elektrofahrzeug mit einem Elektroantriebssystem. Dieses umfasst beispielsweise einen elektrischen Antriebsmotor und wenigstens einen elektrischen Energiespeicher zur Bereitstellung elektrischer Antriebsenergie. Hierbei lässt sich das Elektrofahrzeug mit genau einer Bauart von Energiequelle betreiben, nämlich mit einer Energiequelle, die den wenigstens einen Energiespeicher umfasst.

[0013] Hingegen ist bei anderen Ausgestaltungen das Fahrzeug ein Hybridfahrzeug mit wenigstens zwei (unterschiedlichen Bauarten von) Energiequellen zur Bereitstellung von Antriebsenergie, und zwar von elektrischer Energie aus dem Energiespeicher und beispielsweise Energie aus herkömmlichem Kraftstoff, etwa Benzin oder Diesel. Das Hybridfahrzeug ist beispielsweise mit wenigstens zwei geeigneten Aggregaten (z.B. Elektromotor und Verbrennungsmotor) ausgerüstet, welche die jeweilige Energieform der Energiequellen unmittelbar umsetzen können.

[0014] Einige dieser Ausgestaltungen sind mit einem parallelen Hybridantriebssystem ausge-

rüstet, bei dem beide Aggregate (gleichzeitig oder jeweils alleine) unmittelbar die für den Antrieb des Fahrzeugs benötigte Bewegungsenergie liefern. So lässt sich das Fahrzeug beispielsweise mit dem Elektromotor und/oder mit dem Verbrennungsmotor mechanisch antreiben.

[0015] Einige andere Ausgestaltungen sind mit einem seriellen Hybridantriebssystem ausgerüstet, bei dem nur eines der Aggregate (z.B. der Elektromotor) Bewegungsenergie zum Antrieb liefert, während das andere Aggregat (z.B. Verbrennungsmotor mit Generator) dazu vorgesehen ist, das erste Aggregat mit Energie zu versorgen.

[0016] Bei dem Verfahren wird das Alterungsmaß bestimmt, das ein Maß für die Alterung des Energiespeichers ist. Im Folgenden sind Lebensdauer und Lebensalter des Energiespeichers zu unterscheiden: Die Lebensdauer bezeichnet die Zeitspanne innerhalb derer der Energiespeicher gewisse Mindestanforderungen, beispielsweise für einen Hybridbetrieb, erfüllt. Die Lebensdauer ist begrenzt, da der Energiespeicher fortwährend durch Alterung Leistungsfähigkeit einbüßt und schließlich zum Ende der Lebensdauer diese Mindestanforderungen nicht mehr erfüllt. Das Lebensalter bezeichnet hingegen das tatsächliche (jeweils aktuelle) Alter des Energiespeichers. Als Beginn des Lebensalters wird beispielsweise ein Herstellungszeitpunkt des Energiespeichers, ein Montagezeitpunkt des Energiespeichers im Fahrzeug und/oder ein Zeitpunkt einer ersten Inbetriebnahme des Energiespeichers (z.B. zum Antrieb des Fahrzeugs) gewählt.

[0017] Das Alterungsmaß ist beispielsweise eine berechnete Größe, die den (tatsächlichen) Alterungszustand des Energiespeichers (näherungsweise) widerspiegelt. Hierzu wird bei manchen Ausgestaltungen mittels eines Alterungsmodells des Energiespeichers wenigstens ein Beitrag zum Alterungsmaß bestimmt, der aus wenigstens einer Ruhetemperatur abgeleitet wird.

[0018] Aus dem Alterungsmaß wird bei manchen Ausgestaltungen (zu einem bestimmten Zeitpunkt) eine verbleibende Restlebensdauer des Energiespeichers prognostiziert, beispielsweise für eine frühzeitige Signalisierung eines bevorstehenden Austauschs des Energiespeichers, z.B. gegenüber einem Fahrer oder Servicetechniker des Fahrzeugs.

[0019] Außer der (bloßen) Bestimmung des Alterungsmaßes, wird die maximale Belastung des Energiespeichers beim Betrieb reduziert, indem der Belastungsgrenzwert reduziert wird. Der Energiespeicher lässt sich dadurch schonender betreiben und das Fortschreiten seiner Alterung verringern. Das Überschreiten des Alterungsmaßes über den Schwellenwert signalisiert beispielsweise eine übermäßige Alterung des Energiespeichers. Somit lässt sich der schonende Betrieb situationsgerecht einsetzen, nämlich in Abhängigkeit von dem Alterungsmaß (relativ zu dem Schwellenwert).

[0020] Als Ruhetemperatur wird eine (gemessene) Temperatur des Energiespeichers in einer Ruhephase des Energiespeichers bezeichnet, wobei die Ruhetemperatur beispielsweise mit wenigstens einem Temperatursensor am und/oder im Energiespeicher gemessen wird. Bei manchen Ausgestaltungen wird die Ruhetemperatur aus (anderen) Betriebsgrößen des Energiespeichers abgeleitet, beispielsweise aus einem Innenwiderstand des Energiespeichers.

[0021] Bei manchen Ausgestaltungen wird wenigstens eine Ruhetemperatur aus wenigstens zwei Messungen von Temperaturen am und/oder im Energiespeicher bestimmt, beispielsweise aus dem Mittelwert der gemessenen Temperaturen. Hierbei erfolgen wenigstens zwei Messungen der Temperatur beispielsweise an unterschiedlichen Positionen im oder am Energiespeicher und/oder in zeitlichem Abstand zueinander.

[0022] Die Ruhephase ist bei manchen Ausgestaltungen ein Betriebszustand, bei dem aus dem Energiespeicher keine elektrische Antriebsenergie für das Fahrzeug entnommen wird und/oder dieser nicht aufgeladen wird, beispielsweise durch Rekuperation, durch ein weiteres Aggregat des Hybridantriebssystems (z.B. Verbrennungsmotor mit Generator) und/oder durch eine externe Energieversorgung (z.B. öffentliches Stromnetz).

[0023] Bei manchen Ausgestaltungen ist die Ruhephase ein Betriebszustand des Energiespeichers und/oder des Fahrzeugs, bei dem kein wesentlicher Lade- und/oder Entladestrom des Energiespeichers fließt, beispielsweise höchstens 5%, 1% oder 0,1% eines maximal zulässigen

Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers. So ist in der Ruhephase eine unwesentliche (vergleichsweise geringe) Entnahme von elektrischer Energie möglich, etwa zur (minimalen) Versorgung von Steuergeräten des ausgeschalteten Fahrzeugs, beispielsweise für eine elektrische Türschließvorrichtung.

[0024] Bei manchen Ausgestaltungen ist die Ruhephase ein Betriebszustand des Energiespeichers und/oder des Fahrzeugs, bei dem dem Energiespeicher keine elektrische Energie zugeführt oder aus diesem entnommen wird.

[0025] Als Betriebsphase wird nachfolgend der Zeitraum zwischen zwei Ruhephasen bezeichnet.

[0026] Da sich beim Betrieb des Energiespeichers Ruhephasen und Betriebsphasen (wiederholt) abwechseln können, wird bei manchen Ausgestaltungen im Wesentlichen in jeder Ruhephase des Energiespeichers zumindest eine Ruhetemperatur bestimmt, um die tatsächliche Alterung genauer durch das Alterungsmaß wiederzugeben.

[0027] Bei manchen Ausgestaltungen werden innerhalb einer Ruhephase zumindest zwei Ruhetemperaturen ermittelt. So lassen sich Temperaturänderungen während der Ruhephase berücksichtigen, insbesondere falls sich die Stärke des Temperatureinflusses auf die (tatsächliche) Alterung des Energiespeichers mit der absoluten Temperatur ändert. Hierbei wird bei einigen dieser Ausgestaltungen zu Beginn einer Ruhephase eine erste Ruhetemperatur ermittelt, beispielsweise beim Ausschalten oder Anhalten des Fahrzeugs.

[0028] Um den zeitlich fortschreitenden Charakter der (tatsächlichen) Alterung verbessert zu berücksichtigen, werden bei manchen Ausgestaltungen mehrere Ruhetemperaturen bei der Bestimmung des Alterungsmaßes kumulativ berücksichtigt. Beispielsweise wird zu jeder ermittelten Ruhetemperatur ein hieraus abgeleiteter, temperaturabhängiger Beitrag zum Alterungsmaß addiert.

[0029] Bei manchen Ausgestaltungen wird (jeweils) außer der Ruhetemperatur auch die zeitliche Länge (Dauer) eines (zugehörigen) Zeitabschnitts der Ruhetemperatur berücksichtigt. Hierbei ist ein solcher Zeitabschnitt durch die (zeitlichen) Grenzen der Ruhephase begrenzt, erstreckt sich also nicht in eine Betriebsphase hinein. Bei einigen dieser Ausgestaltungen wird für wenigstens einen Zeitabschnitt jeweils eine Ruhetemperatur bestimmt und/oder jeder ermittelten Ruhetemperatur ein Zeitabschnitt zugeordnet. Hierbei liegen beispielsweise wenigstens zwei Zeitabschnitte in jeweils unterschiedlichen Ruhephasen. Zusätzlich oder alternativ liegen beispielsweise wenigstens zwei Zeitabschnitte (überlappungsfrei) in einer gemeinsamen Ruhephase.

[0030] Bei manchen dieser Ausgestaltungen werden die Ruhetemperaturen bei der Bestimmung des Alterungsmaßes hinsichtlich der zeitlichen Länge der zugehörigen Zeitabschnitte gewichtet (kumulativ) berücksichtigt. So lässt sich der unterschiedliche Beitrag zur Alterung von unterschiedlich langen Zeitabschnitten jeweiliger Ruhetemperaturen berücksichtigen. Beispielsweise wird (bei der Kumulation) der zuvor genannte Beitrag zum Alterungsmaß mit einem Faktor (vor der Summenbildung) gewichtet, der proportional zur Länge des zugehörigen Zeitabschnitts ist.

[0031] Bei manchen Ausgestaltungen werden Zeitabschnitte mit fester Dauer vorgegeben, innerhalb derer in Ruhephasen jeweils eine Ruhetemperatur ermittelt wird. Beispielsweise werden die Ruhetemperaturen (innerhalb einer Ruhephase) in festen zeitlichen Abständen ermittelt. Hierbei beträgt die Länge der Zeitabschnitte beispielsweise jeweils 1 Minute, 5 Minuten, 15 Minuten oder 60 Minuten, wobei ein jeweils letzter Zeitabschnitt einer Ruhephase durch einen Übergang zu einer Betriebsphase vorzeitig beendet werden kann. Hierdurch lassen sich zeitliche Temperaturverläufe mit vorgegebener zeitlicher Auflösung erfassen, beispielsweise um eine Abkühlphase nach einem Entlade- oder Ladevorgang und/oder tageszeitabhängige Temperaturschwankungen zu berücksichtigen.

[0032] Bei manchen Ausgestaltungen erstreckt sich ein Zeitabschnitt jeweils von der Ermittlung einer (ersten) Ruhetemperatur bis zur (unmittelbar darauffolgenden) Ermittlung einer weiteren

(zweiten) Ruhetemperatur innerhalb derselben Ruhephase. Bei alternativen Ausgestaltungen ist die Ermittlung der Ruhetemperatur zeitlich innerhalb des zugehörigen Zeitabschnitts angeordnet. Bei beiden Alternativen grenzen die jeweiligen Zeitabschnitte aufeinanderfolgender Ruhetemperaturen (derselben Ruhephase) beispielsweise unmittelbar aneinander.

[0033] Bei manchen Ausgestaltungen ist wenigstens ein Zeitabschnitt durch eine Dauer bestimmt, während der der Energiespeicher (im Wesentlichen) dieselbe Ruhetemperatur aufweist. Bei manchen dieser Ausgestaltungen werden innerhalb einer Ruhephase die Zeitabschnitte zweier aufeinanderfolgender Ruhetemperaturen so ermittelt, dass die beiden Ruhetemperaturen um mindestens einen vorgegebenen Wert voneinander abweichen, beispielsweise um 1 °C, 5 °C oder 10 °C. So lässt sich beispielsweise ein Datenvolumen bei der Ermittlung der Ruhetemperaturen reduzieren.

[0034] Wie zuvor genannt, wird der Belastungsgrenzwert reduziert, falls das Alterungsmaß den Schwellenwert übersteigt, etwa um durch den daraus resultierenden schonenderen Betrieb die Lebensdauer des Energiespeichers zu verlängern, beispielsweise um eine Mindestlebensdauer zu gewährleisten.

[0035] Der Schwellenwert wird bei manchen Ausgestaltungen aus dem (jeweils aktuellen) Lebensalter des Energiespeichers abgeleitet. So lässt sich das Verhältnis zwischen Alterung und Lebensalter des Energiespeichers berücksichtigen. Beispielsweise wird bestimmt, ob der Energiespeicher gegenüber einer für das jeweilige Lebensalter erwarteten Alterung vermehrt oder vermindert gealtert ist.

[0036] Bei manchen Ausgestaltungen wird der Schwellenwert aus einem Alterungsverlauf bestimmt, der bei normierten Bedingungen für die jeweilige Bauart des Energiespeichers charakteristisch ist (nachfolgend „normierter Alterungsverlauf“). Der normierte Alterungsverlauf ist beispielsweise eine Funktion in Abhängigkeit von der Lebensdauer. Normierte Bedingungen sind beliebige (reproduzierbare) Vorgaben für den Betrieb des Energiespeichers, beispielsweise hinsichtlich Intensität und/oder Anzahl von Lade- und/oder Entladezyklen, Ruhetemperaturen, Betriebstemperaturen und/oder Anzahl und/oder Dauer von Ruhephasen und/oder Betriebsphasen. Die Intensität umfasst beispielsweise eine Stromstärke und/oder ein Energiefluss beim Lade- beziehungsweise Entladezyklus. Bei einigen dieser Ausgestaltungen wird also der Schwellenwert aus dem normierten Alterungsverlauf und dem aktuellen Lebensalter bestimmt.

[0037] Bei manchen Ausgestaltungen ist eine stärkere Belastung des Energiespeichers vertretbar, falls beispielsweise der Energiespeicher gegenüber einer für das jeweilige Lebensalter erwarteten Alterung nur vermindert ist. Dementsprechend wird der Belastungsgrenzwert erhöht, falls das Alterungsmaß einen zweiten (derartigen) Schwellenwert unterschreitet. Hierdurch lässt sich der Energiespeicher beim Hybridbetrieb des Fahrzeugs verstärkt nutzen, wobei allerdings die Alterung daraufhin auch verstärkt voranschreitet.

[0038] Bei manchen Ausgestaltungen bilden zwei (voneinander verschiedene, insbesondere vom Lebensalter abhängige) Schwellenwerte einen Bereich entlang des normierten Alterungsverlaufs, beispielsweise indem der eine Schwellenwert oberhalb, der andere unterhalb oder beide Schwellenwerte oberhalb oder beide Schwellenwerte unterhalb des normierten Alterungsverlaufs gewählt wird/werden. Dementsprechend wird bei einigen dieser Ausgestaltungen der Belastungsgrenzwert variiert, nämlich reduziert oder erhöht, sobald das Alterungsmaß diesen Bereich nach oben beziehungsweise unten verlässt, sodass der Energiespeicher entsprechend schonender oder verstärkt betrieben wird. So wird beispielsweise eine tatsächliche Alterung des Energiespeichers erzielt, die möglichst dem normierten Alterungsverlauf entspricht, etwa um eine Lebensdauer gemäß dem normierten Alterungsverlauf zu gewährleisten.

[0039] Der Belastungsgrenzwert bezieht sich z.B. auf wenigstens eine Betriebsgröße des Energiespeichers, wobei er eine Begrenzung für diese vorgibt. Die so vorgegebene Begrenzung wird beispielsweise von einer Steuer- oder Regeleinrichtung beim Betrieb des Energiespeichers berücksichtigt. Bei manchen Ausgestaltungen umfasst der Belastungsgrenzwert eine Verhältnisangabe, die auf einen maximal oder minimal zulässigen Wert der jeweiligen Betriebsgröße

bezogen ist. Der Belastungsgrenzwert legt hierbei also einen maximalen oder minimalen Wert für wenigstens eine Betriebsgröße fest, der beim Betrieb des Energiespeichers nicht über beziehungsweise unterschritten wird. Davon zu unterscheiden sind maximal beziehungsweise minimal zulässige und/oder durch die jeweilige technische Realisierung beschränkte Werte (der jeweiligen Betriebsgröße), die beispielsweise durch die Bauart des Energiespeichers, des Antriebssystems und/oder des Fahrzeugs vorgegeben sind.

[0040] Bei manchen Ausgestaltungen umfasst der Belastungsgrenzwert wenigstens eine Energieflussbegrenzungsvorgabe für den Energiespeicher. Die Energieflussbegrenzungsvorgabe ist ein Grenzwert für eine maximale Energieflussstärke in den und/oder aus dem Energiespeicher. Sie umfasst beispielsweise eine(n) maximale(n) elektrische(n) Ladestrom, Entladestrom, Ladespannung, Spannungsabfall beim Entladen, Ladeleistung, und/oder Entladeleistung oder auch eine Kombination oder (z.B. logische oder numerische) Verknüpfung dieser Größen. Bei einigen dieser Ausgestaltungen wird der Belastungsgrenzwert reduziert oder erhöht, indem die Energieflussbegrenzungsvorgabe des Energiespeichers reduziert beziehungsweise erhöht wird. So lässt sich die Lebensdauer des Energiespeichers erhöhen, falls sich bei der jeweiligen Bauart des Energiespeichers mit zunehmender Energieflussstärke die Lebensdauer, insbesondere überproportional, verkürzt.

[0041] Bei manchen Ausgestaltungen umfasst der Belastungsgrenzwert eine Restladungsvorgabe für den Energiespeicher. Die Restladungsvorgabe ist ein Grenzwert für eine mindestens vorgehaltene elektrische Restladung des Energiespeichers, bei deren Erreichen ein (weiteres) Entladen des Energiespeichers verhindert wird. Beispielsweise wird der Belastungsgrenzwert reduziert oder erhöht, indem die Restladungsvorgabe erhöht beziehungsweise reduziert wird. Hierdurch lässt sich auch ein Tiefentladen des Energiespeichers verhindern, welches die Lebensdauer stark verkürzt. Die Restladungsvorgabe ist beispielsweise 0%, 10%, 20% oder 30% einer maximalen Kapazität des Energiespeichers.

[0042] Bei manchen Ausgestaltungen umfasst der Belastungsgrenzwert eine Höchstladungsvorgabe für den Energiespeicher. Die Höchstladungsvorgabe ist eine maximal vorgehaltene Ladungsmenge des Energiespeichers, bei deren Erreichen ein (weiteres) Aufladen des Energiespeichers verhindert wird. Beispielsweise wird der Belastungsgrenzwert reduziert oder erhöht, indem die Höchstladungsvorgabe des Energiespeichers reduziert beziehungsweise erhöht wird. Die Höchstladungsvorgabe ist beispielsweise 50%, 70%, 80%, 90% oder 100% der maximalen Kapazität des Energiespeichers.

[0043] Neben zumindest einer Ruhetemperatur wird bei manchen Ausgestaltungen bei der Bestimmung des Alterungsmaßes wenigstens eine Betriebstemperatur des Energiespeichers berücksichtigt. Die Betriebstemperatur bezeichnet eine Temperatur des Energiespeichers während einer Betriebsphase, also beispielsweise während des elektrisch angetriebenen Fahrbetriebs des Fahrzeugs, bei dem elektrische Antriebsenergie aus dem Energiespeicher entnommen wird. Bei manchen Ausgestaltungen gelten zumindest teilweise die zuvor und nachfolgend aufgeführten Ausgestaltungen bezüglich der Ruhetemperatur, insbesondere bezüglich der Ermittlung und Kumulation, auch analog für die Betriebstemperatur.

[0044] Bei manchen Ausgestaltungen werden bei der Bestimmung des Alterungsmaßes eine Anzahl vorausgegangener Ladevorgänge und/oder Entladevorgänge des Energiespeichers berücksichtigt. So lässt sich beispielsweise das Altern des Energiespeichers berücksichtigen, das durch zeitliche Unterbrechungen eines Lade- oder Entladevorgangs und/oder durch den Wechsel zwischen einem Lade- und Entladevorgang bestimmt ist.

[0045] Bei manchen der Ausgestaltungen wird das Verfahren durch ein Steuergerät des Energiespeichers ausgeführt, das beispielsweise einen Mikrocontroller und einen Speicher umfasst und/oder das zur Ermittlung der Ruhetemperatur mittels wenigstens eines Temperatursensors an und/oder in dem Energiespeicher ausgelegt ist. Bei einigen Ausgestaltungen ist das Steuergerät in einer baulichen Einheit mit dem Energiespeicher ausgeführt und wird durch den Energiespeicher mit elektrischer Energie versorgt.

[0046] Bei manchen Ausgestaltungen wird das Verfahren durch ein Steuergerät des Fahrzeugs ausgeführt, das beispielsweise einen Mikrocontroller und einen Speicher umfasst und/oder das zur Ermittlung der Ruhetemperatur mittels wenigstens eines Temperatursensors an und/oder in dem Energiespeicher ausgelegt ist.

[0047] Bei manchen Ausgestaltungen umfasst das Steuergerät eine Anzeigevorrichtung, die beispielsweise zur Anzeige der Alterungsgröße und/oder einer daraus abgeleiteten Größe, etwa einer prognostizierten verbleibenden Restlebensdauer, ausgelegt ist. Bei manchen Ausgestaltungen weist das Steuergerät eine Datenschnittstelle auf, die beispielsweise für synchrone und/oder asynchrone Kommunikation von Informationen vorgesehen ist, z.B. über das Alterungsmaß und/oder eine daraus abgeleitete Größe, etwa die prognostizierte verbleibende Restlebensdauer, über Belastungsgrenzwerte, Ruhetemperatur(en) und/oder Betriebstemperatur(en).

[0048] Bei manchen Ausgestaltungen umfasst der Energiespeicher eine Hochleistungsbatterie, beispielsweise basierend auf Blei-, Nickel- (z.B. Nickel-Metallhydrid), Lithium- (z.B. Lithium-Ionen- oder Lithium-Polymer-), oder Natrium-Technologie. Bei manchen Ausgestaltungen umfasst der Energiespeicher einen Doppelschichtkondensator.

[0049] Ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird anhand der folgenden Zeichnung beschrieben. Es zeigt:

[0050] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Hybridfahrzeugs mit Batterie,

[0051] Fig. 2 ein Diagramm mit Ruhe- und Betriebstemperaturen der Batterie und

[0052] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Betreiben der Batterie.

[0053] Zunächst wird zum besseren Verständnis das Hybridfahrzeug 1 in Fig. 1 allgemein beschrieben, das mit einem seriellen Hybridantriebssystem ausgerüstet ist. Bei diesem treibt ein elektrischer Radnabenmotor 2 ein Hinterrad 3 an. Hierbei steuert ein Stromwandler 4 den Radnabenmotor 2 an, und zwar je nach Fahrbetriebsmodus mit elektrischer Antriebsenergie aus einer Hochleistungsbatterie 5 (genauer einem Lithium-Polymer-Akkumulator), aus einem von einem Dieselmotor 6 angetriebenen Wechselstromgenerator 7 oder aus diesen beiden gleichzeitig. Der Stromwandler 4 unterstützt einen Vier-Quadranten-Betrieb, um den Elektromotor 2 in beide Drehrichtungen anzutreiben und ebenso Rekuperationsenergie beim Abbremsen des Fahrzeugs 1 in der Batterie 5 zu speichern. Außerdem ist der Stromwandler 4 zur Aufladung der Batterie 5 vorgesehen, und zwar sowohl über den Generator 7, als auch über einen Netzanschluss 8 aus einem (externen) öffentlichen Stromnetz. Ferner lässt sich der Generator 7 aus der Batterie 5 speisen, um ihn als Starter für den Dieselmotor 6 motorisch zu betreiben. Beim Hybridbetrieb stehen also zwei unterschiedliche Energiequellen bereit, nämlich für elektrische Energie aus der Batterie 5, die dem Antriebsmotor 2 unmittelbar über den Wandler 4 zugeführt wird, und für Energie aus (herkömmlichem) Dieseldieselkraftstoff in einem Tank 10, die mittels des Dieselmotors 10 und des Generators 7 in elektrische Energie umgewandelt und so schließlich dem Motor 3 (und/oder auch der Batterie 5) ebenfalls über den Wandler 4 zugeführt wird.

[0054] Beim Fahrbetrieb des Hybridfahrzeugs 1 sind verschiedene Fahrbetriebsmodi möglich: beispielsweise Antrieb mit elektrischer Energie nur aus der Batterie 5 bei ausgeschaltetem Dieselmotor 6, Antrieb mit elektrischer Energie nur aus dem Generator 7, Antrieb mit elektrischer Energie aus der Batterie 5 und gleichzeitig aus dem Generator 7, Antrieb mit elektrischer Energie aus dem Generator 7 bei gleichzeitiger Aufladung der Batterie 5 aus dem Generator 7, gleichzeitige Aufladung der Batterie 5 aus dem Generator 7 und aus dem Motor 2 im Rekuperationsbetrieb, Aufladung der Batterie 5 bei ausgeschaltetem Dieselmotor 6 mit Energie aus dem Motor 2 im Rekuperationsbetrieb.

[0055] Der Radnabenmotor 2 ist von der Bauart eines dreiphasigen, wechselstrombetriebenen Außenläufers ausgeführt. Auch der Generator 7 ist zur Erzeugung von dreiphasigem Wechselstrom ausgelegt. Hingegen ist die Batterie 5 eine Gleichstromquelle beziehungsweise Last (beim Aufladen). Der Stromwandler 4 weist jeweils einen generatorseitigen und einen motorseitigen bidirektionalen AC/DC-Konverter sowie einen batterie-seitigen DC/DC-Konverter auf, die

alle über einen gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreis gekoppelt sind. Somit realisiert der Stromwandler 4 letztendlich einen Frequenzumrichter, um den Motor 2 direkt aus dem Generator 7 zu versorgen, jeweils einen DC/AC-Wandler, um den Motor 2 beziehungsweise den motorisch betriebenen Generator 7 aus der Batterie 5 zu speisen und jeweils einen AC/DC-Wandler, um die Batterie 5 zu laden, und zwar mit elektrischer Leistung aus dem Generator 7 und/oder aus dem Motor 2 im Rekuperationsbetrieb.

[0056] Das Ausführungsbeispiel in Fig. 1 zeigt ferner einen Temperatursensor 11, der innerhalb der Batterie 5 angeordnet ist, und ein Steuergerät 12, welches für das im Folgenden beschriebene Verfahren ausgerüstet ist und in baulicher Einheit mit der Batterie 5 ausgeführt ist. Bei alternativen Beispielen ist der Temperatursensor so am Fahrzeug (und nicht an der Batterie) oder an einer äußeren Oberfläche der Batterie befestigt, dass er die Temperatur der Batterie erfasst. Das Steuergerät ist hierbei als Bestandteil des Fahrzeugs an diesem angeordnet, wobei es gleichzeitig als Steuerung für das Hybridantriebssystem vorgesehen ist. Die nachfolgende Beschreibung ist gleichermaßen für alle diese Beispiele zu verstehen.

[0057] Es ist eine bauartbedingte Eigenschaft der Batterie 5, dass sie mit zunehmender Belastung überproportional schnell altert, wobei sie grundsätzlich mit variabler Leistung betreibbar ist. Wird sie also häufiger mit maximaler Belastung betrieben, verringert sich ihre Lebensdauer gegenüber einem Betrieb, bei dem sie seltener mit maximaler Belastung oder nur mit reduzierter Belastung betrieben wird. Die konkrete Lebensdauer der (individuellen) Batterie 5 hängt von unterschiedlichen Faktoren 20 - 22, TR_x , TB_x ab, beispielsweise von der Anzahl und Intensität von Ladezyklen 20 und Entladezyklen 21 (wobei die Intensität die beim Laden/Entladen auftretenden Lade-/Entladeströme bezeichnet), vom Lebensalter 22 der Batterie 5, von Betriebstemperaturen TB_x und von Ruhetemperaturen TR_x (x steht jeweils stellvertretend für die fortlaufende Nummerierung in Fig. 3). Das Steuergerät 12 erfasst die genannten Faktoren 20 - 22, TR_x , TB_x . Das Lebensalter 22 der Batterie 5 wird ab dem Zeitpunkt der Herstellung der Batterie 5 gezählt. (Bei Ausführungsbeispielen, bei denen das Steuergerät Bestandteil des Fahrzeugs 1 ist, wird das Lebensalter ab der Montage der Batterie im Fahrzeug 1 gezählt).

[0058] Auch die Anzahl und Intensität der Ladezyklen 20 und Entladezyklen 21 Als Ruhetemperatur TR_x wird die mit dem Temperatursensor 11 in einer Ruhephase 40 gemessene Temperatur der Batterie 5 bezeichnet, nämlich einem Zeitraum, in dem die Batterie 5 nicht geladen oder entladen wird; andernfalls (in einer Betriebsphase 41) wird die Temperatur als Betriebstemperatur TB_x bezeichnet. Hierbei gilt eine unwesentliche Entladung bei ausgeschaltetem Fahrzeug 1 als Ruhephase 40, beispielsweise falls eine elektronische Wegfahrsperrung oder ein Steuergerät für eine Türverriegelungsvorrichtung direkt oder indirekt aus der Batterie 5 mit (im Vergleich zur Antriebsleistung sehr geringer) Leistung versorgt wird.

[0059] Das Verfahren zum Betreiben der Batterie 5 ist in Fig. 2 schematisch dargestellt, wobei das Betriebsverfahren, das im Fahrzeug 1 umgesetzt wird, unterhalb der horizontalen Strich-Punkt-Linie dargestellt ist.

[0060] Oberhalb der Strich-Punkt-Linie wird ein für die Batterie 5 charakteristischer normierter Alterungsverlauf 25 bestimmt. Normiert bedeutet, dass der Alterungsverlauf 25 für festgelegte, reproduzierbare Werte der Faktoren 20 - 22, TR_x , TB_x bestimmt wurde, die beispielsweise aus durchschnittlichen, empirisch ermittelten Betriebsbedingungen des Fahrzeugs 1 abgeleitet werden. Dementsprechend ist die Batterie 5 nicht nur hinsichtlich ihrer elektrischen Leistungsfähigkeit auf den Hybridbetrieb abgestimmt, sondern auch hinsichtlich ihrer Lebensdauer für eine gewisse Mindestlebensdauer unter der Voraussetzung des normierten Alterungsverlaufs 25 ausgelegt.

[0061] Um diese Mindestlebensdauer beim (individuellen, nicht normierten) Betrieb zu gewährleisten, ist sicherzustellen, dass die daraus resultierende tatsächliche Alterung nicht zu einem frühzeitigen Ende der Lebensdauer führt. Wird während der Lebensdauer eine übermäßige, nämlich im Vergleich zum normierten Alterungsverlauf 25 wesentlich verstärkte, Alterung festgestellt, so wird, wie später erläutert, die maximale Belastung der Batterie 5 in den Fahrbetriebsmodi eingeschränkt, um die Lebensdauer zu verlängern. Umgekehrt wird bei dem Verfah-

ren eine höhere maximale Belastung der Batterie 5 ermöglicht, sofern festgestellt wird, dass die tatsächliche Alterung wesentlich geringer als der normierte Alterungsverlauf 25 ist. Die Batterie 5 wird dann also verstärkt beim Hybridbetrieb genutzt.

[0062] Um dies umzusetzen, wird beim Betrieb der Batterie 5 im Fahrzeug 1 deren tatsächliche Alterung durch ein Alterungsmaß 26 repräsentiert, welches aus einer Betriebshistorie der Batterie 5 bestimmt wird, und zwar aus den (über die Lebensdauer der Batterie 5 hinweg) erfassten Faktoren 20 - 22, TR_x , TB_x . Das Alterungsmaß 26 berücksichtigt auch die temperaturbedingte Alterung der Batterie 5 in Ruhephasen, wie in Fig. 3 gezeigt wird. Überschreitet das Alterungsmaß 26 einen oberen Schwellenwert 27, so wird ein Belastungsgrenzwert 30 - 32 für eine maximale Belastung der Batterie 5 reduziert. Dementsprechend wird der Belastungsgrenzwert 30 - 32 erhöht, falls das Alterungsmaß 26 einen unteren Schwellenwert 28 unterschreitet. Zu Beginn, d.h. vor oder bei der ersten Fahrt mit dem Fahrzeug 1, wird ein mittlerer Belastungsgrenzwert 31 gewählt.

[0063] In diesem Ausführungsbeispiel sind drei unterschiedliche, vordefinierte Belastungsgrenzwerte 30 - 32 vorgesehen. Dementsprechend wird die maximale Belastung reduziert, indem in 34 ausgehend von dem mittleren Belastungsgrenzwert 31 ein kleinerer Belastungsgrenzwert 32 gewählt wird. Analog hierzu wird die maximale Belastung erhöht, indem in 33 ein größerer Belastungsgrenzwert 30 gewählt wird.

[0064] Die Belastungsgrenzwerte 30 - 32 umfassen (als Vektorgrößen) Grenzwerte für einen Ladestrom, einen Entladestrom, eine Restladung, bei deren Erreichen die Batterie 5 nicht weiter als Energiequelle für Antriebsenergie genutzt wird, und eine Höchstladung, bei deren Erreichen die Batterie 5 nicht weiter aufgeladen wird. Hierbei sind die Belastungsgrenzwerte 30 - 32 gemäß Fig. 2 prozentual auf jeweils maximal zulässige, bauartbedingte Werte der Batterie 5 bezogen.

[0065] Die Belastungsgrenzwerte 30 - 32 sind gemäß Fig. 2 so gewählt, dass eine Reduzierung bedeutet, dass die Grenzwerte des Lade- und Entladestroms reduziert werden, der Grenzwert der Restladung erhöht wird und der Grenzwert der Höchstladung verringert wird. Einerseits lässt sich durch diese Leistungsbegrenzung zwar die Lebensdauer der Batterie 5 (bei Bedarf) verlängern, andererseits wird hierdurch der Hybridbetrieb des Fahrzeugs 1 eingeschränkt, nämlich die nutzbare Leistung und Energiemenge der Batterie 5 reduziert. Entsprechende Umkehrungen ergeben sich bei der Erhöhung der Leistungsbeschränkung.

[0066] Der obere Schwellenwert 27 und der untere Schwellenwert 28 werden aus dem normierten Alterungsverlauf 25 berechnet, wobei der obere Schwellenwert 27 oberhalb und der untere Schwellenwert 28 unterhalb des normierten Alterungsverlaufs 25 liegt. Der jeweilige Abstand zum normierten Alterungsverlauf 25 wird so gewählt, dass Fertigungstoleranzen der Bauteile der Batterie 5, die zu unterschiedlichem Altern unterschiedlicher Batterien gleicher Bauart führen, innerhalb des Bereichs der Schwellenwerte 27, 28 liegen. Ferner ist der Abstand so groß gewählt, dass unwesentliche Abweichungen der tatsächlichen Alterung gegenüber dem normierten Alterungsverlauf nicht zu einer Änderung des jeweils aktuellen Belastungsgrenzwertes 30 - 32 führen.

[0067] Im Folgenden wird beispielhaft die Bestimmung des Alterungsmaßes 26 aus Ruhetemperaturen TR_x gemäß Fig. 3 erläutert. In der oberen Hälfte von Fig. 3 ist schematisch der Betriebszustand Z der Batterie 5 aufgetragen, nämlich abwechselnd Ruhephasen 40 und Betriebsphasen 41. In der unteren Hälfte ist ein exemplarischer Verlauf 42 der Temperatur T der Batterie 5 entlang der Zeitachse t aufgetragen. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind feste Zeitabschnitte t_x , nämlich von jeweils 15 Minuten (bis auf den jeweils letzten Zeitabschnitt in einer Ruhephase 40), vorgesehen, zu deren Beginn jeweils eine Ruhetemperatur TR_x mit dem Sensor 11 gemessen wird. Aus der jeweils gemessenen Temperatur TR_x und der Länge des zugehörigen Zeitabschnitts t_x wird ein jeweiliger Beitrag, also die in diesem Zeitabschnitt t_x durch die Ruhetemperatur 40 bedingte Alterung, zum Alterungsmaß 26 hinzugezählt. Dieser Beitrag wird mittels einer Funktion f_4 , die von der Ruhetemperatur TR_x abhängt, gemäß einem Alterungsmodell abgeleitet. Analog hierzu fließt in das Alterungsmaß auch die temperaturbe-

dingte Alterung während der Betriebsphasen 41 ein, nämlich durch Beiträge gemäß einer Funktion f_5 , die von einer Betriebstemperatur TB_x abhängig ist. Die jeweiligen Beiträge werden jeweils kumulativ durch Summenbildung berücksichtigt. Ferner berücksichtigt das Alterungsmaß 26 auch die übrigen Faktoren 20 - 22, wobei die Funktionen $f_1 - f_3$ den jeweiligen Beitrag des jeweiligen Faktors 20 - 22 bestimmen. Das Alterungsmaß 26 lässt sich somit beispielsweise darstellen als:

$$\text{Alterungsmaß 26} = f_1(\text{Lebensalter 22}) + \sum f_2(\text{Ladezyklus 20}) + \sum f_3(\text{Entladezyklus 21}) + \sum_x f_4(TR_x) + \sum_x f_5(TB_x)$$

[0068] Hierbei werden von den Funktionen f_2 und f_3 jeweils die Anzahl der Zyklen 20, 21 als auch die dabei auftretenden Ströme berücksichtigt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Energiespeichers (5) für ein Fahrzeug (1), insbesondere für ein Elektrofahrzeug oder für ein Hybridfahrzeug (1), wobei ein Alterungsmaß (26) für den Energiespeicher (5) unter Berücksichtigung wenigstens einer Ruhetemperatur (TR_x) des Energiespeichers (5) bestimmt wird, wobei ein Belastungsgrenzwert (30 - 32) für eine maximale Belastung des Energiespeichers (5) reduziert wird, falls das Alterungsmaß (26) einen Schwellenwert (27) überschreitet, **dadurch gekennzeichnet**, dass für mehrere Zeitabschnitte (t_x) jeweils eine Ruhetemperatur (TR_x) ermittelt wird und diese Ruhetemperaturen (TR_x) bei der Bestimmung des Alterungsmaßes (26) kumulativ berücksichtigt werden.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei diese Ruhetemperaturen (TR_x) hinsichtlich der zugehörigen Zeitabschnitte (t_x) gewichtet werden.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Schwellenwert (27, 28) aus einem Lebensalter des Energiespeichers (5) abgeleitet wird.
4. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 3, wobei der Belastungsgrenzwert (30 - 32) erhöht wird, falls das Alterungsmaß (26) einen zweiten Schwellenwert (28) unterschreitet.
5. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 4, wobei der Belastungsgrenzwert (30 - 32) wenigstens eine Energieflussbegrenzungsvorgabe für den Energiespeicher (5) umfasst, insbesondere wobei der Belastungsgrenzwert (30 - 32) reduziert oder erhöht wird, indem die Energieflussbegrenzungsvorgabe für eine maximale Energieflussstärke hinsichtlich des Energiespeichers (5) reduziert beziehungsweise erhöht wird.
6. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 5, wobei der Belastungsgrenzwert (30 - 32) eine Restladungsvorgabe für den Energiespeicher (5) umfasst, insbesondere wobei der Belastungsgrenzwert (30 - 32) reduziert oder erhöht wird, indem die Restladungsvorgabe für eine mindestens vorgehaltene Restladung des Energiespeichers (5) erhöht beziehungsweise reduziert wird.
7. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 6, wobei der Belastungsgrenzwert (30 - 32) eine Höchstladungsvorgabe für den Energiespeicher (5) umfasst, insbesondere wobei der Belastungsgrenzwert (30 - 32) reduziert oder erhöht wird, indem die Höchstladungsvorgabe für eine maximal vorgehaltene Ladungsmenge des Energiespeichers (5) reduziert beziehungsweise erhöht wird.
8. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1-7, wobei bei der Bestimmung des Alterungsmaßes (26) wenigstens eine Betriebstemperatur (TB_x) des Energiespeichers (5) berücksichtigt wird.

9. Verfahren gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 8, wobei bei der Bestimmung des Alterungsmaßes (26) eine Anzahl vorausgegangener Ladevorgängen (20) und/oder Entladevorgänge (21) des Energiespeichers (5) berücksichtigt werden.
10. Fahrzeug, insbesondere Elektrofahrzeug oder Hybridfahrzeug (1), das einen elektrischen Energiespeicher (5), insbesondere für Antriebsenergie, aufweist, wobei das Fahrzeug (1) für ein Verfahren zum Betreiben des elektrischen Energiespeichers (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche eingerichtet ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

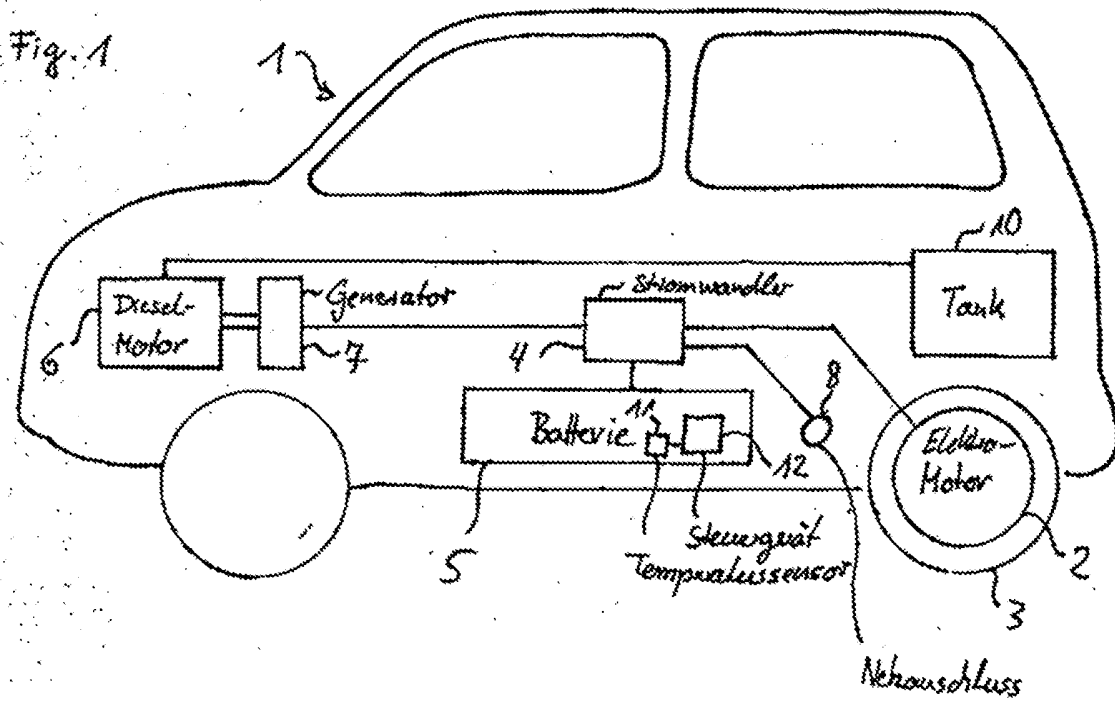


Fig. 2

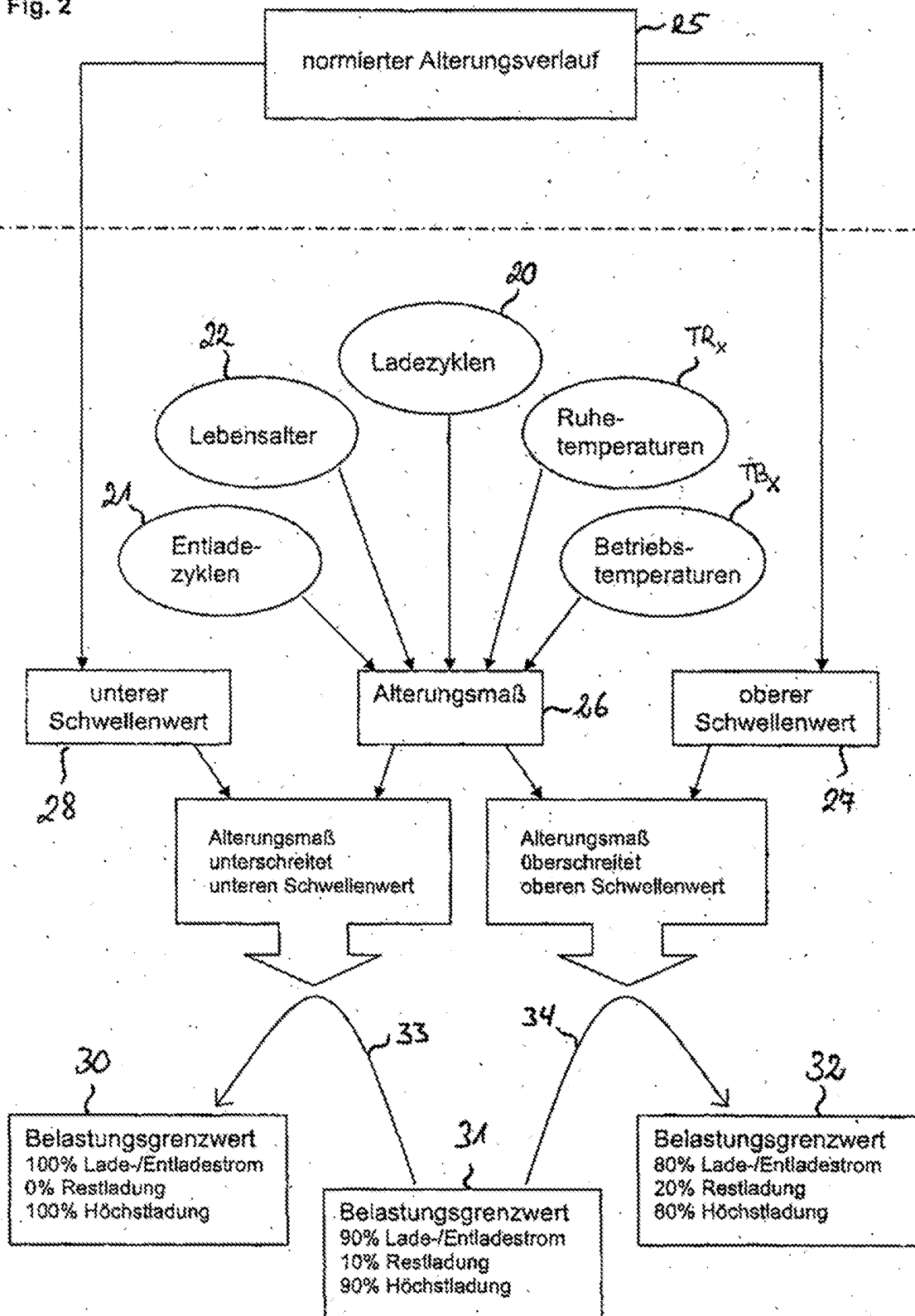


Fig. 3

