

(19)



(11)

EP 2 650 500 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

16.10.2013 Patentblatt 2013/42

(51) Int Cl.:

F01P 11/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13162995.8**

(22) Anmeldetag: **09.04.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME

(30) Priorität: **13.04.2012 DE 102012206119**

(71) Anmelder: **Behr GmbH & Co. KG**

70469 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

• **Baruschke, Dipl.-Ing. Wilhelm**
73117 Wangen (DE)

• **Müller, Dipl.-Ing. Rolf**
71711 Steinheim (DE)

• **Strauß, Dipl.-Ing. (FH) Thomas**
73274 Notzingen (DE)

(74) Vertreter: **Grauel, Andreas**

Grauel IP
Patentanwaltskanzlei
Presselstrasse 10
70191 Stuttgart (DE)

(54) **Verfahren für einen Kreislauf mit Wärmespeicher**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Kreislaufs mit einem Wärmespeicher, mit einem Kühlmittelkreislauf, einem Wärmespeicher in einer Leitung des Kreislaufs und zumindest einem Ventil und einer Pumpe, wobei bei geöffnetem Ventil mittels der Pumpe Kühlmittel aus dem Kühlmittelkreislauf in den Wärmespeicher ladbar ist oder aus dem Wärmespeicher

in den Kühlmittelkreislauf entladbar ist, wobei das Beladen oder Entladen des Wärmespeichers gesteuert oder geregelt als Funktion einer Temperaturdifferenz einer Temperatur des Kühlmittels im Kreislauf und einer Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher erfolgt.

EP 2 650 500 A2

BeschreibungTechnisches Gebiet

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Kreislaufs mit einem Wärmespeicher, insbesondere nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Stand der Technik

- 10 **[0002]** Bei Kraftfahrzeugen ist der Kraftstoffverbrauch eines Verbrennungsmotors in der Regel auch abhängig von der Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors respektive der Temperatur des Kühlmittels. Dabei ist die Betriebstemperatur des Kühlmittels in der Regel zwischen 80 °C und 110°C. In der Zeit bis zum Erreichen der Betriebstemperatur, die auch als Warmlaufphase bezeichnet wird, ist der Kraftstoffverbrauch aus verschiedenen Gründen erhöht gegenüber dem Kraftstoffverbrauch im betriebswarmen Zustand. Ein Grund dafür ist die erhöhte Reibung aller beweglichen Teile
 15 des Verbrennungsmotors selbst, sowie der Reibung der Bauteile des kompletten Antriebstranges des Kraftfahrzeugs. Aber auch die anfangs kalte Verbrennungsumgebung im Zylinderkopf beeinflusst den Kraftstoffverbrauch negativ.
[0003] Die in die Motormasse beim Betrieb des Verbrennungsmotors eingespeicherte Wärmeenergie, welche sich auf einem sehr hohen Temperaturniveau befindet, geht während der Zeitdauer, in welcher der Verbrennungsmotor abgestellt ist, verloren. Dabei ist der Haupteffekt für den Wärmeenergieverlust die freie Konvektion.
 20 **[0004]** Eine bekannt Maßnahme ist das Vorsehen eines Wärmespeichers, bei welchem thermische Energie in Form von warmer Flüssigkeit gespeichert wird, die bei Bedarf wieder dem Kreislauf zugeführt werden kann.
[0005] Die DE 103 44 018 A1 beschreibt ein Verfahren zum Befüllen und Entleeren einer Vorrichtung zur Speicherung von heißer Kühlflüssigkeit für den Zweck, die Warmlaufphase eines Verbrennungsmotors zu verkürzen. Dabei wird das gesamte Kühlmittel aus dem Kreislauf in einen Heißwasserspeicher gepumpt und dort gespeichert, wobei bei Bedarf
 25 das Kühlmittel wieder in den Kreislauf zurückgepumpt wird. Durch die verbesserte thermische Isolation im Heißwasserspeicher kühlt das Kühlmittel so nicht so schnell ab, so dass es wärmer wieder in den Kreislauf zurückpumpbar ist, als es bei Verbleib im Kreislauf wäre. Dies führt zu einer schnelleren Erwärmung des Verbrennungsmotors, so dass die Warmlaufphase reduziert wird.
[0006] Die in der Motormasse gespeicherte Energie geht dabei jedoch verloren bzw. steht für einen späteren Motorstart bzw. Warmlauf und somit einer möglichen Zeitreduzierung des Warmlaufes nicht zur Verfügung. Damit muss erneut Kraftstoff für den Warmlauf aufgewendet werden bzw. liegt ein erhöhter Kraftstoffverbrauch während der Warmlaufphase vor.
 30 **[0007]** Beim in der DE 103 44 018 A1 angegebenen Verfahren ist ein Austausch des Fluids zwischen Verbrennungsmotor und Wärmespeicher vorgesehen. Durch die Entnahme z.B. des Kühlmittels aus dem Motor ergeben sich Probleme bezüglich Korrosion im Kühlmittelmantel des Motors. Auch ist beim Motorstart eine relativ schnelle Wiederbefüllung des Motors erforderlich, um lokale Bauteil-überhitzungen zu vermeiden. Die dafür nötige Entlüftung des Kühlmittelmantels des Motors ist nicht gelöst.

Darstellung der Erfindung, Aufgabe, Lösung, Vorteile

- 40 **[0008]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines Kreislaufs mit einem Wärmespeicher zu schaffen, die eine verbesserte Ausbeute der thermischen Energie des Kühlmittels gewährleistet als im Stand der Technik. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Dauer des Warmlaufs des Verbrennungsmotors weiter reduziert wird, um den Verbrennungsmotor effizienter betreiben zu können und dabei den Kraftstoffverbrauch und den Verschleiß zu
 45 reduzieren.
[0009] Dies wird erreicht mit den Merkmalen von Anspruch 1.
[0010] Ein erfindungsgemäßes Verfahren sieht vorteilhaft ein Verfahren vor zum Betreiben eines Kreislaufs mit einem Wärmespeicher, mit einem Kühlmittelkreislauf, einem Wärmespeicher in einer Leitung des Kreislaufs und zumindest einem Ventil und einer Pumpe, wobei bei geöffnetem Ventil mittels der Pumpe Kühlmittel aus dem Kühlmittelkreislauf
 50 in den Wärmespeicher ladbar ist oder aus dem Wärmespeicher in den Kühlmittelkreislauf entladbar ist, wobei das Beladen oder Entladen des Wärmespeichers gesteuert oder geregelt als Funktion einer Temperatur des Kühlmittels im Kreislauf und/oder einer Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher und/oder einer Temperaturdifferenz daraus und/oder zeitabhängig erfolgt.
[0011] Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Kühlmittelkreislauf eine Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor oder am Ein- oder Ausgang des Verbrennungsmotors ist.
 55 **[0012]** Auch ist es vorteilhaft, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher eine Kühlmitteltemperatur im Wärmespeicher oder am Ein - oder Ausgang des Wärmespeichers ist.
[0013] Erfindungsgemäß ist es zweckmäßig, wenn eine Entladung des Wärmespeichers in den Kühlkreislauf erfolgt,

wenn die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher die Temperatur des Kühlmittels im Kühlkreislauf um einen ersten vorgebbaren Wert übersteigt.

[0014] Auch ist es vorteilhaft, wenn eine Entladung des Wärmespeichers in den Kühlkreislauf zeitabhängig nach einer vorgebbaren Zeitabfolge erfolgt, abhängig von der letzten Beladung und/oder von der Kühlmitteltemperatur im Kreislauf.

[0015] Auch ist es vorteilhaft, wenn eine Beendigung der Entladung des Wärmespeichers in den Kühlkreislauf erfolgt, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher die Temperatur des Kühlmittels im Kühlkreislauf um weniger als einen zweiten vorgebbaren Wert übersteigt. Vorteilhaft ist es, wenn ein Entladen des Wärmespeichers nur einmal oder mehrfach pro Fahrzyklus erfolgt. Wird nur eine Entladung pro Zyklus zugelassen, so wird erreicht, dass am Ende eines Fahrzyklus die Kühlmitteltemperatur am höchsten ist. Wird mehrfach im Zyklus Entladen, so kann während des Zyklus die Kühlmitteltemperatur optimiert werden.

[0016] Auch ist es zweckmäßig, wenn eine Beladung des Wärmespeichers aus dem Kühlkreislauf erfolgt, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Kühlkreislauf die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher um einen ersten vorgebbaren Wert übersteigt oder die Temperatur des Kühlmittels einen ersten vorgebbaren Wert erreicht hat und/oder zeitabhängig erfolgt.

[0017] Auch ist es vorteilhaft, wenn die Temperatur des vorgebbaren Werts von Beladung zu Beladung ansteigt, bevorzugt um 5K oder 10K nach jeder Beladung ansteigt.

[0018] Auch ist es vorteilhaft, wenn eine Beendigung der Beladung des Wärmespeichers aus dem Kühlkreislauf erfolgt, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Kühlkreislauf die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher um weniger als einen zweiten vorgebbaren Wert übersteigt oder eine vorgebbare Zeitdauer für die Beladung abgelaufen ist.

[0019] Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn eine Beendigung der Beladung des Wärmespeichers aus dem Kühlkreislauf erfolgt, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Kühlkreislauf die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher um weniger als einen zweiten vorgebbaren Wert übersteigt oder eine vorgebbare Zeitdauer für die Beladung abgelaufen ist.

[0020] Auch ist es vorteilhaft, wenn ein Beladen des Wärmespeichers nur erfolgt, wenn die Kühlmitteltemperatur im Kühlkreislauf einen vorgebbaren Grenzwert überschritten hat. Der Grenzwert ist vorteilhaft 60°C oder mehr.

[0021] Auch ist es vorteilhaft, wenn ein Beladen des Wärmespeichers in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz der Kühlmitteltemperatur im Kühlkreislauf minus der Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher oder in Abhängigkeit des Absolutwerts der Temperatur des Kühlmittels im Kühlkreislauf erfolgt, wobei die Beladung auch mehrfach pro Fahrzyklus erfolgt. Dabei kann in Abhängigkeit der Temperatur gesteuert werden, so dass bei vorgebbaren Temperaturen angesteuert wird, wie beispielsweise bei 60°C, 70°C, 80°C 90°C etc. Auch können kleinere oder größere Temperaturabstände gewählt werden, wie 60°C, 65°C 70°C etc. oder 60°C, 75°C, 90°C etc. Es kann als Startwert etwa 60°C gewählt werden und dann ein weiteres Beladen beim startwert plus ΔT mit $\Delta T = 5^\circ\text{C}$, $7,5^\circ\text{C}$, 10°C oder 15°C oder mehr.

[0022] Auch ist es vorteilhaft, wenn in Schubbetriebsphasen des Verbrennungsmotors des Fahrzeugs keine Entladung des Wärmespeichers erfolgt.

[0023] Durch die erfindungsgemäße Verfahrensweise kann eine Reduzierung der CO₂-Emission bzw. eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs erfolgen.

[0024] Durch die Vorwärmung des Verbrennungsmotors, speziell des Zylinderskopfes oder des Brennraums, wird durch den reduzierten Wärmeabfluss in den Verbrennungsmotor aufgrund der thermischen Masse und durch die Reduzierung der Reibleistung eine Einsparung der CO₂-Emission erreicht. Auch kann eine Reduzierung der Rohemissionen beim Kaltstart erreicht werden. Durch einen vorgewärmten Brennraum werden beim Motorkaltstart weniger Rohemissionen (HC, CO, NO_x, ...) erzeugt.

[0025] Auch kann eine Erhöhung des Komforts erreicht werden. Die gespeicherte thermische Energie ermöglicht ein spontaneres Ansprechen der Fahrzeugheizung, eine angehobene Heizleistung durch den Temperaturhub während der Warmlaufphase. In Fahrzeugen mit START-STOP-Funktion können STOP-Phasen ohne Beeinträchtigung des Heizkomforts überbrückt werden.

[0026] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind durch die nachfolgende Figurenbeschreibung und durch die Unteransprüche beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] Nachstehend wird die Erfindung auf der Grundlage zumindest eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer Verschaltung eines Wärmespeichers in einem Kühlkreislauf eines Verbrennungsmotors,

Fig. 2 ein Diagramm,

Fig. 3 ein Diagramm, und

Fig. 4 ein Diagramm.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0028] Die Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Kreislaufts 1 für ein Verfahren zum Betrieb eines Kreislaufts 1 mit einem Wärmespeicher 2. Dabei ist der Verbrennungsmotor 3 in einem Kühlmittelkreislauf eingebunden, wobei eine Pumpe 4 ein Kühlmittel durch die Leitung 5 zum Verbrennungsmotor 3 pumpt. Das Kühlmittel strömt durch den Verbrennungsmotor 3 und strömt danach aus dem Verbrennungsmotor 3 bei dem Auslass 6 aus und strömt durch die Leitung 7. An der Verzweigung 8 kann das Kühlmittel entweder über die Leitung 9 zum Thermostatventil 10 oder zum Ventil 11 strömen.

[0029] Strömt das Kühlmittel durch die Leitung 9 zum Thermostat 10, so kann dieses Thermostat 10 die Verteilung des Kühlmittels entweder zum Kühlmittelkühler 12 über Leitung 13 oder zum Bypass 14 durchführen. Nach dem Kühlmittelkühler 12 strömt das Kühlmittel wieder durch die Leitung 15 zum Zusammenfluss 16 mit dem Bypass 14 und von dort durch die Leitung 17 zur Pumpe 4 zurück.

[0030] Ist das Ventil 11 geöffnet, so kann auch Kühlmittel in den Wärmespeicher 2 strömen. Dies erfolgt bevorzugt, wenn das Thermostat 10 die Leitung 9 verschließt. Das in den Wärmespeicher gespeicherte Kühlmittel kann aus diesem Speicher auch wieder abgepumpt werden, wenn die Leitung 14 durch das Thermostat geöffnet wird und die Pumpe 4 dann das Kühlmittel abpumpt.

[0031] Die Figur 1 zeigt dabei eine Vorrichtung insbesondere auch für ein Steuerungs- oder Regelungsverfahren zur effizienten Verwendung der über das Kühlmittel in einem Wärmespeicher eingespeicherten Wärmemenge.

[0032] In Figur 1 ist die Einbindung des Wärmespeichers 2 in einen Kühlmittelkreislauf eines Verbrennungsmotors 3 insbesondere eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Der Wärmespeicher 2 kann über ein Öffnen des Ventils 11 mit Kühlmittel durchströmt werden. Der Kühlmittelvolumenstrom wird über eine Pumpe 4 bereitgestellt. Die Rückführung des Kühlmittels aus dem Wärmespeicher 2 in den Kühlkreislauf kann beispielsweise über das Gehäuse des Regelthermostats 10 erfolgen, welches als Schaltelement verwendbar ist. Wird das Ventil 11 wieder geschlossen, erfolgt keine weitere Umwälzung des Kühlmittels mehr über den Wärmespeicher.

[0033] Für einen effizienten Betrieb eines Wärmespeichers 2 ist es vorteilhaft, wenn dessen thermodynamischen Eigenschaften und/oder die thermodynamischen Eigenschaften des Kühlkreislaufes 1 berücksichtigt werden. Außerdem ist es vorteilhaft, wenn die Auswirkungen des Wärmespeichers 2 auf den Kühlkreislauf 1 und/oder die Auswirkungen des Kühlkreislaufes 1 auf den Wärmespeicher 2 in geeigneter Weise berücksichtigt werden.

[0034] Zur Steuerung oder Regelung ist eine Einheit 21 vorgesehen, welche die Sensorsignale der Temperatursensoren 19, 20 am Eingang und/oder Ausgang des Wärmespeichers 2 empfängt und weiterverarbeitet, um die Ventile 10, 11 anzusteuern und ggf. die Pumpe 4 anzusteuern. Auch kann die Steuereinheit 21 Signale 22 über Datenbus oder anderweitig von Extern empfangen, wie eine Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor.

[0035] Dabei kann ein Betriebsverfahren des Wärmespeichers 2 in einem Kühlkreislauf 1 sich vorteilhaft in Phasen aufteilen, wobei es sich vorteilhaft in 3 Phasen aufteilen lassen kann. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann die Definition und Anzahl der Phasen auch anderweitig vorgenommen werden.

[0036] Eine erste Phase ist die Ladephase:

In der Ladephase wird warmes oder heißes Kühlmittel in den Wärmespeicher 2 eingelagert.

[0037] Ein erster Ladevorgang wird gestartet, wenn eine Mindestkühlmitteltemperatur T_{min} , optional als Funktion abhängig von der Umgebungstemperatur $T_{min} = f(T_{außen})$, im Kühlkreislauf 1 oder im Verbrennungsmotor 2 erreicht ist. Dazu wird Kühlmittel bevorzugt über das geöffnete Ventil 11 mittels der Pumpe 4 in den Wärmespeicher 2 gepumpt oder geleitet. Das heißt, der Kühlmittelpfad 18 in dem der Wärmespeicher 2 angeordnet ist, wird bis zu einer gewissen Kühlmitteltemperatur T_{min} nicht durchströmt. Das Ventil 11 wird erst bei Temperaturen oberhalb von T_{min} geöffnet, d.h. wenn die erforderliche Mindestkühlmitteltemperatur erreicht ist.

[0038] Der Beladevorgang, also das Befüllen des Wärmespeichers 2 mit zumindest warmem Kühlmittel, kann bevorzugt zeitabhängig gesteuert werden. Auch kann das Beladen temperaturabhängig geregelt werden. Für die Steuerung oder Regelung der Beladung ist es daher in jedem Fall von Vorteil, wenn die Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors bekannt ist. Diese Kühlmitteltemperatur ist vorzugsweise mittels eines Sensors messbar oder aus Steuergeräten auslesbar, welche diese Temperatur bereits ermittelt oder bestimmt haben oder die Daten stehen über einen Datenbus, beispielsweise den CAN-bus zur Verfügung.

[0039] Die zeitabhängige Beladung des Wärmespeichers erfolgt in Abhängigkeit des Füllvolumens des Wärmespeichers V_{WSP} plus dem Totvolumen V_{tot} in den Schläuchen sowie des Kühlmittelvolumenstromes pro Zeiteinheit in den Wärmespeicher. Da sich die physikalischen Zusammenhänge zwischen Kühlmittelvolumen und Kühlmittelvolumenstrom nur geringfügig über die Kühlmittel- und Umgebungstemperatur ändern, kann mittels nur einer Temperaturinformation der Beladungsvorgang vorgenommen werden. Die Temperaturinformation von der Kühlmitteltemperatur kann von einem

Kühlmitteltemperatursensor beispielsweise des Verbrennungsmotors verwendet werden.

[0040] Dabei wird definiert:

T_{KM} ist die Kühlmitteltemperatur (des Verbrennungsmotor).

t_{Laden} ist die Ladezeit, das bedeutet die Zeit zum vollständigen Beladen des Wärmespeichers ausgehend von einem ungefüllten Wärmespeicher.

$$V_{Ges} = V_{WSP} + V_{tot} - \text{Gesamtvolumen} = \text{Volumen des Wärmespeichers} + \text{Totvolumen (Schläuche)}$$

[0041] Um möglichst die höchste Kühlmitteltemperatur im Wärmespeicher einzuspeichern, wird der Beladevorgang beim Einreichen bei zuvor definierten Temperaturniveaus wiederholt. So kann der Beladevorgang beispielsweise bei Erreichen von weiteren Temperaturintervallen $T = T_{min} + \Delta T$ erfolgen, wobei ΔT beispielsweise ein vorgebbare Wert von 5K, 7,5 K oder 10K sein kann, solange bis die Betriebstemperatur des Verbrennungsmotor und somit die Betriebstemperatur $T_{Betrieb}$ des Kühlmittels erreicht wurde. T_{min} ist dabei vorteilhaft 60°C oder mehr.

[0042] Weiterhin kann bei Unterschreitung einer vorgebbaren Durchschnittsgeschwindigkeit des Fahrzeugs die Frequenz der Beladung erhöht werden, so dass beispielsweise ΔT von 10K auf 5 K oder von 5 K auf 3 K reduziert wird. Dies bewirkt eine häufigere Beladung des Wärmespeichers 2.

[0043] Bei einer Beladung des Wärmespeichers im Regelungsverfahren kann die Beladung aber auch temperaturabhängig von der Kühlmitteltemperatur T_{KM} erfolgen.

[0044] Das Startsignal zur Beladung kommt von der Kühlmitteltemperatur T_{KM} des Verbrennungsmotors. Wenn die Kühlmitteltemperatur im Wärmespeicher T_{WSP} in einem vorgebbaren Bereich von beispielsweise 5 K bis 10 K unterhalb der Kühlmitteltemperatur T_{KM} des Verbrennungsmotors liegt, beginnt der Beladevorgang.

[0045] Der Beladevorgang dauert bis die Temperaturdifferenz zwischen dem ein- und austretendem Kühlmittel im Wärmespeicher einen vorgebbaren Grenzwert von beispielsweise 3K unterschreitet.

[0046] Um die möglichst höchste Kühlmitteltemperatur T_{WSP} im Wärmespeicher einzuspeichern, wird in Abhängigkeit der letzten aufgetretenen Kühlmitteltemperatur T_{KM} mit einer definierten Hysterese, d.h. einem Temperaturoffset T_{offset} der Beladevorgang wieder gestartet. Zum Beispiel kann zur Aktivierung des nächsten Beladevorgangs eine um 6K höhere Kühlmitteltemperatur erreicht worden sein, als beim letzten Beladevorgang. Das bedeutet, wenn bei $T_{KM} = 70^\circ\text{C}$ die letzte Beladung stattgefunden hat, wird die nächste Beladung bei $T_{KM} = 76^\circ\text{C}$ erfolgen. Dies ist jedoch nur dann zweckmäßig, wenn die Kühlmitteltemperatur steigt. Wird der Gradient der Kühlmitteltemperatur als zeitabhängige Funktion ausgewertet, kann dies festgestellt werden.

[0047] Der Beladevorgang wird beendet wenn die Temperaturdifferenz zwischen der Eintrittstemperatur und der Austrittstemperatur den Grenzwert T_{grenz} von beispielsweise 3 K unterschreitet. Der Beladevorgang wird solange wiederholt bis die Betriebstemperatur $T_{Betrieb}$ des Verbrennungsmotors von einem vorgebbaren Wert im Bereich von 80 bis 110°C erreicht wird.

- T_{KM} = Kühlmitteltemperatur (Verbrennungsmotor)
- $\Delta T_{KM WSP} = T_{KM WSP} - T_{KM WSPA}$

[0048] Dies bedeutet, dass die Differenz der Temperatur im Wärmespeicher als Differenz der Kühlmitteltemperatur am Wärmespeichereintritt minus der Kühlmitteltemperatur am Wärmespeicheraustritt ist.

[0049] Eine zweite Phase ist das Entladen:

Beim Entladen wird warmes oder heißes Kühlmittel vom Wärmespeicher 2 in den Kühlkreislauf 1 ausgelagert.

[0050] Während eines Fahrzyklus ist wird vorteilhaft nur ein Entladevorgang vorgenommen, der in der gesteuerten Version zeitabhängig und gegebenenfalls zeitabhängig und parametrierbar durchgeführt wird. Dabei bedeutet, dass zeitabhängig und parametrierbar bedeutet, dass die Zeitabhängigkeit über Parameter veränderbar ist.

[0051] In der geregelten Verfahrensvariante kann die Entladung temperaturabhängig erfolgen.

[0052] Ein erster Entladevorgang wird gestartet wenn die Kühlmitteltemperatur des Kühlkreislaufes bzw. des Verbrennungsmotors deutlich unter der Kühlmitteltemperatur im Wärmespeicher liegt.

[0053] Die zeitabhängige Entladung erfolgt in Abhängigkeit des Füllvolumens des auszutauschenden Kühlmittelvolumens des jeweiligen Kühlkreislaufes, des zur Verfügung stehenden Kühlmittelvolumens des Wärmespeichers, sowie

des Kühlmittelvolumenstromes. Da sich die physikalischen Zusammenhänge zwischen Kühlmittelvolumen und Kühlmittelvolumenstrom nur geringfügig über die Kühlmittel- und Umgebungstemperatur ändern, kann mittels nur einer Temperaturinformation der Entladungsvorgang zeitabhängig vorgenommen werden.

[0054] Ein erster Entladevorgang wird gestartet wenn die Kühlmitteltemperatur des Kühlkreislaufes oder des Verbrennungsmotors deutlich unter der im Wärmespeicher vorliegenden Kühlmitteltemperatur liegt. Dabei kann von einer benötigten Temperaturdifferenz von etwa 5 K bis 10 K ausgegangen werden.

[0055] Vorzugsweise erfolgt der erste Entladevorgang des Wärmespeichers bevor der Motorstart des Verbrennungsmotors nach längerer Standzeit $t > x \cdot h$, mit x im Bereich von 0,5 bis 24, erfolgt ist.

[0056] So kann eine vollständige Vorwärmung des Kühlkreislaufes bzw. des Verbrennungsmotors und somit ein maximaler Vorteil ausgeschöpft werden. Der Entladevorgang kann beispielsweise bereits beim Aufschließen des Fahrzeuges oder bei einer entsprechenden Initialisierung über einen Fahrzeugschlüssel oder ähnliches erfolgen. Der Entladevorgang endet, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Kühlmittelaustrittstemperatur am Wärmespeicher und der Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors kleiner als ein vorgebarer Wert ist, wie beispielsweise 3 K wird.

[0057] Die dritte Phase ist eine neutrale Phase:

Nach Ablauf der Zeitfunktionen der Regelung oder nach Erreichen der Temperaturbedingungen des Ladens oder des Entladens der Steuerung erfolgt ein Moduswechsel in den neutralen Modus, in welchem der Speicher vom restlichen Kühlkreislauf getrennt ist, also weder beladen noch entladen wird.

[0058] Die Figur 2 zeigt ein Diagramm, in welchem auf der x-Achse eine Temperaturdifferenz dargestellt ist. Die Temperaturdifferenz ist die Temperatur des Kühlmittels am Wärmespeicherausgang minus der Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor. Für die Beladung des Wärmespeichers, siehe hierzu die linke Hälfte der Figur, wird eine Bedingung abgefragt, ob die Temperatur des Kühlmittels größer 60°C ist und ob die Differenz zwischen der Kühlmitteltemperatur am Wärmespeicherausgang und der Kühlmitteltemperatur am Verbrennungsmotor kleiner als -10K ist, was bedeutet, dass die Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors mehr als 10K größer ist als die Temperatur des Kühlmittels am Wärmespeicherausgang. In diesem Fall wird die Beladung des Wärmespeichers aktiviert. Die Beladung des Wärmespeichers wird beendet, wenn die Differenz zwischen der Kühlmitteltemperatur am Wärmespeicherausgang und der Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors -5K nach oben in Richtung auf 0K übersteigt. Dies bedeutet, dass die Differenz betragsmäßig kleiner als 5 K ist. In diesem Falle wird das Beladen beendet. Dabei ist -10K und -5K ein Beispiel für zwei vorgebbare Grenzwerte für das Starten und das Beenden der Beladung. Es können auch andere Werte angewendet werden, wie beispielsweise 6K und 3K.

[0059] Eine Endladung des Wärmespeichers erfolgt, wenn die Differenz der Temperatur des Kühlmittels am Wärmespeicherausgang mehr als 6K größer ist als die Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor und die Endladung des Wärmespeichers wird beendet, wenn die Temperatur des Kühlmittels am Wärmespeicherausgang weniger als 3K größer ist als die Kühlmitteltemperatur am Verbrennungsmotor. Dabei ist 6K und 3K ein Beispiel für zwei vorgebbare Grenzwerte für das Starten und das Beenden der Endladung. Es können auch andere Werte angewendet werden, wie beispielsweise 10K und 5K.

[0060] Dadurch wird jeweils eine Hysterese für die Beladung und Endladung definiert, was für die Regelung des Verfahrens sehr vorteilhaft ist.

[0061] Die Figur 3 zeigt ein Diagramm, in welchem die Temperatur als Funktion der Zeit dargestellt ist, wobei auf der x-Achse nur Zeitblöcke dargestellt sind.

[0062] Die Figur 3 zeigt eine Kurve 100 als Funktion der Zeit, wobei die Kurve 100 die Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor beschreibt. Darüber hinaus wird eine Kurve 101 dargestellt, welche die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher definiert. Wie zu erkennen ist, ist ab Beginn der Zeitskala die Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor sehr gering, das heißt etwa 30°C oder geringer und die Temperatur im Wärmespeicher beträgt etwa 80°C. Zum Zeitpunkt t_0 startet die Regelung des Wärmespeichers und es findet eine Phase der Endladung des Wärmespeichers von der Zeit t_0 bis zur Zeit t_1 statt. Zum Zeitpunkt t_0 ist die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher in der Größenordnung 40K größer, so dass eine Entladung des Wärmespeichers geregelt erfolgt. Zum Zeitpunkt t_1 ist die Temperatur des Kühlmittels am Wärmespeicherausgang nur noch 3K größer als die Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor, weshalb zum Zeitpunkt t_1 die Entladung des Wärmespeichers beendet wird. Zum Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_2 folgt eine neutrale Phase, in der der Wärmespeicher abgeschlossen ist und weder eine Beladung noch eine Entladung erfolgt. Zum Zeitpunkt t_2 hat die Temperatur am Ausgang des Wärmespeichers die Kühlmitteltemperatur um 10K unterschritten, weshalb zum Zeitpunkt t_2 ein Beladungszustand begonnen wird. Nun wird bis zum Zeitpunkt t_3 der Wärmespeicher so lange beladen, bis die Temperatur am Ausgang des Wärmespeichers der Temperatur des Kühlmittels bis auf 5°C nahegekommen ist. Anschließend wird vom Zeitpunkt t_3 bis zum Zeitpunkt t_4 die neutrale Phase eingehalten, was heißt, dass wiederum der Wärmespeicher weder beladen noch entladen wird.

[0063] Vom Zeitpunkt t_4 bis zum Zeitpunkt t_5 findet wiederum eine Beladungsphase statt. In der Schubbetriebsphase vom Zeitpunkt t_6 bis zum Zeitpunkt t_7 findet keine Endladung statt, da in diesem Ausführungsbeispiel definiert ist, dass

bei eingeschalteter Zündung nur eine einzige Entladung stattfinden darf und dies war in diesem Ausführungsbeispiel die Endladung vom Zeitpunkt t_0 bis zum Zeitpunkt t_1 , weshalb zwischen dem Zeitpunkt t_5 und dem Zeitpunkt t_8 keine Beladung oder Entladung erfolgt und eine erneute Beladung vom Zeitpunkt t_8 bis zum Zeitpunkt t_9 erfolgt, weil zum Zeitpunkt t_8 die Kühlmitteltemperatur am Ausgang des Wärmespeichers wiederum um 10K niedriger ist als die Kühlmitteltemperatur, wobei zum Zeitpunkt t_9 die Temperatur des Kühlmittels am Ausgang des Wärmespeichers nur noch um 5°C unterhalb der Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor liegt, weshalb die Beladung wiederum beendet wird.

[0064] Wie zu erkennen ist, finden Beladungszustände statt, wenn die Kühlmitteltemperatur am Ausgang des Wärmespeichers um einen vordefinierten Wert unterhalb der Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor liegt und der Beladungszustand wird beendet, wenn ein zweiter Grenzwert für die Kühlmitteltemperatur am Ausgang des Wärmespeichers überschritten wird, wobei im Ausführungsbeispiel der Figur 3 dafür die Werte von 10K beziehungsweise 5K unterhalb der Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor herangezogen werden. In anderen Ausführungsbeispielen können auch andere Temperaturfenster definiert sein, wie beispielsweise 8K und 4K beziehungsweise 6K und 3K jeweils für den Beginn der Beladung beziehungsweise das Ende der Beladung.

[0065] Eine Endladung findet gemäß der Figur 3 statt, wenn die Kühlmitteltemperatur am Ausgang des Wärmespeichers oberhalb der Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor ist und die Endladung endet, wenn die Kühlmitteltemperatur am Ausgang des Wärmespeichers nur noch weniger als ein vorgegebbarer Wert oberhalb der Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor liegt. In diesem Falle wird die Entladung des Wärmespeichers beendet.

[0066] Die Figur 4 zeigt ein Diagramm für ein Ausführungsbeispiel einer Steuerung der Beladung beziehungsweise Entladung des Wärmespeichers, wobei wiederum die Temperatur T als Funktion der Zeit t in einem Diagramm dargestellt ist. Es ist wiederum die Kühlmitteltemperatur 110 im Verbrennungsmotor als Funktion der Zeit dargestellt, wobei weiterhin auch die Kühlmitteltemperatur am Ausgang des Wärmespeichers 111 als zweite Kurve dargestellt ist. Zum Zeitpunkt t_0 bis zum Zeitpunkt t_1 findet eine neutrale Phase statt, das heißt es findet kein Be- oder Entladung des Wärmespeichers statt. Zum Zeitpunkt t_1 wird die Steuerung der Be- oder Entladung des Wärmespeichers begonnen. Da zum Zeitpunkt t_1 die Temperatur des Kühlmittels am Wärmespeicherausgang deutlich oberhalb der Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor ist, findet eine Entladungsperiode statt. In dieser wird über einen vorgebbaren Zeitraum der Wärmespeicher in den Kühlkreislauf entladen. Am Ende des Zeitraumes t_1 bis t_2 ist die Temperatur des Kühlmittels am Ausgang des Wärmespeichers nur noch geringfügig größer als die Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor, so dass eine neutrale Phase von Zeitpunkt t_2 bis t_3 stattfindet. Zum Zeitpunkt t_3 ist die Kühlmitteltemperatur am Ausgang des Wärmespeichers geringer als die Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor und die Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor hat einen Schwellenwert von 60°C erreicht, so dass anschließend von t_3 bis t_4 ein Beladungsvorgang gesteuert wird. Der Beladungsvorgang findet von t_3 bis t_4 statt und dauert eine vorgegebene Zeitdauer Δt , so dass am Ende des Beladungsvorganges bei t_4 die Kühlmitteltemperatur am Ausgang des Wärmespeichers nur geringfügig unterhalb der Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor ist. Anschließend findet von t_4 bis t_5 wieder eine neutrale Phase statt und von t_5 bis t_6 findet wiederum eine Beladungsphase statt, weil die Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor 70°C erreicht hat.

[0067] Von t_5 bis t_6 steigt wiederum die Temperatur des Kühlmittels am Wärmespeicherausgang. Anschließend von t_6 bis t_7 findet wiederum eine neutrale Phase statt ohne Beladung oder Entladung des Wärmespeichers und bei t_7 findet eine erneute Beladung des Wärmespeichers statt, weil die Temperatur des Kühlmittels im Verbrennungsmotor 80°C überschritten hat. Von t_7 bis t_8 findet die Beladung des Wärmespeichers statt und die Temperatur des Kühlmittels am Wärmespeicherausgang nimmt wiederum zu. Von t_8 bis t_9 findet eine neutrale Phase statt, da die Kühlmitteltemperatur aufgrund des Schubetriebes von t_{10} bis t_{11} abnimmt und erst danach von t_{11} bis t_9 wiederum zunimmt und bei t_9 eine Grenztemperatur von 90°C erreicht ist, so dass von t_9 bis t_{10} wiederum eine Beladung des Wärmespeichers stattfindet und nach t_{10} eine neutrale Phase eingenommen wird.

[0068] Alternativ kann zu der Pumpe 4 auch eine Zusatzwasserpumpe in der Leitung 18 vorgesehen sein, welche zum Einlassen und/oder Auslassen des Kühlmittels in oder aus dem Wärmespeicher dient.

[0069] Bei einer geregelten Ausführung mittels der Temperaturdifferenz des Kühlmittels des Verbrennungsmotors zur Temperatur des Kühlmittels des Wärmespeichers kann eine Verwendung von einer Hysterese für den Einstromzustand und für den Ausspeichervorgang verwendet werden.

[0070] In einer bevorzugten Ausführungsform kann ein einmaliges Entladen des Wärmespeichers bei eingeschalteter Zündung, also bei einem Fahrzyklus realisiert werden. Dies bewirkt, dass ein Kühlmittel mit maximaler Kühlmitteltemperatur eingespeichert werden kann.

[0071] Ein mehrmaliges Entladen und Einspeichern ist alternativ aber auch möglich, wenn beispielsweise bei langer Fahrt im Schubetrieb die Kühlmitteltemperatur mehr als ein vorgegebbarer Wert von beispielsweise 10K zur bis dann erreichten höchsten Kühlmitteltemperatur abfällt.

[0072] Auch kann in einem weiteren Ausführungsbeispiel ein Einspeichern von kaltem Kühlmittel erfolgen, welches durch Bereitstellung bei erhöhtem Leistungsbedarf des Verbrennungsmotors entladen wird. Dies ist insbesondere bei Verbrennungsmotoren mit Kühlmittel gekühlter Ladeluft vorteilhaft, weil es die Kühlkapazität erhöht.

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Betreiben eines Kreislaufs mit einem Wärmespeicher, mit einem Kühlmittelkreislauf, einem Wärmespeicher in einer Leitung des Kreislaufs und zumindest einem Ventil und einer Pumpe, wobei bei geöffnetem Ventil mittels der Pumpe Kühlmittel aus dem Kühlmittelkreislauf in den Wärmespeicher ladbar ist oder aus dem Wärmespeicher in den Kühlmittelkreislauf entladbar ist, wobei das Beladen oder Entladen des Wärmespeichers gesteuert oder geregelt als Funktion einer Temperatur des Kühlmittels im Kreislauf und/oder einer Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher und/oder einer Temperaturdifferenz daraus und/oder zeitabhängig erfolgt.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Temperatur des Kühlmittels im Kreislauf eine Kühlmitteltemperatur im Verbrennungsmotor oder am Ein- oder Ausgang des Verbrennungsmotors ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher eine Kühlmitteltemperatur im Wärmespeicher oder am Ein- oder Ausgang des Wärmespeichers ist.
- 15 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Entladung des Wärmespeichers in den Kühlmittelkreislauf erfolgt, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher die Temperatur des Kühlmittels im Kühlmittelkreislauf um einen ersten vorgebbaren Wert übersteigt.
- 20 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Entladung des Wärmespeichers in den Kühlmittelkreislauf zeitabhängig nach einer vorgebbaren Zeitabfolge erfolgt, abhängig von der letzten Beladung und/oder von der Kühlmitteltemperatur im Kreislauf.
- 25 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Beendigung der Entladung des Wärmespeichers in den Kühlmittelkreislauf erfolgt, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher die Temperatur des Kühlmittels im Kühlmittelkreislauf um weniger als einen zweiten vorgebbaren Wert übersteigt.
- 30 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Entladen des Wärmespeichers nur einmal oder mehrfach pro Fahrzyklus erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Beladung des Wärmespeichers aus dem Kühlmittelkreislauf erfolgt, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Kühlmittelkreislauf die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher um einen ersten vorgebbaren Wert übersteigt oder die Temperatur des Kühlmittels einen ersten vorgebbaren Wert erreicht hat und/oder zeitabhängig erfolgt.
- 35 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des vorgebbaren Werts von Beladung zu Beladung ansteigt, bevorzugt um 5K oder 10K nach jeder Beladung ansteigt.
- 40 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Beendigung der Beladung des Wärmespeichers aus dem Kühlmittelkreislauf erfolgt, wenn die Temperatur des Kühlmittels im Kühlmittelkreislauf die Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher um weniger als einen zweiten vorgebbaren Wert übersteigt oder eine vorgebbare Zeitdauer für die Beladung abgelaufen ist.
- 45 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Beladen des Wärmespeichers nur erfolgt, wenn die Kühlmitteltemperatur im Kühlmittelkreislauf einen vorgebbaren Grenzwert überschritten hat.
- 50 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Beladen des Wärmespeichers in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz der Kühlmitteltemperatur im Kühlmittelkreislauf minus der Temperatur des Kühlmittels im Wärmespeicher oder in Abhängigkeit des Absolutwerts der Temperatur des Kühlmittels im Kühlmittelkreislauf erfolgt, wobei die Beladung auch mehrfach pro Fahrzyklus erfolgt.
- 55 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schubbetriebsphasen des Verbrennungsmotors des Fahrzeugs keine Entladung des Wärmespeichers erfolgt.

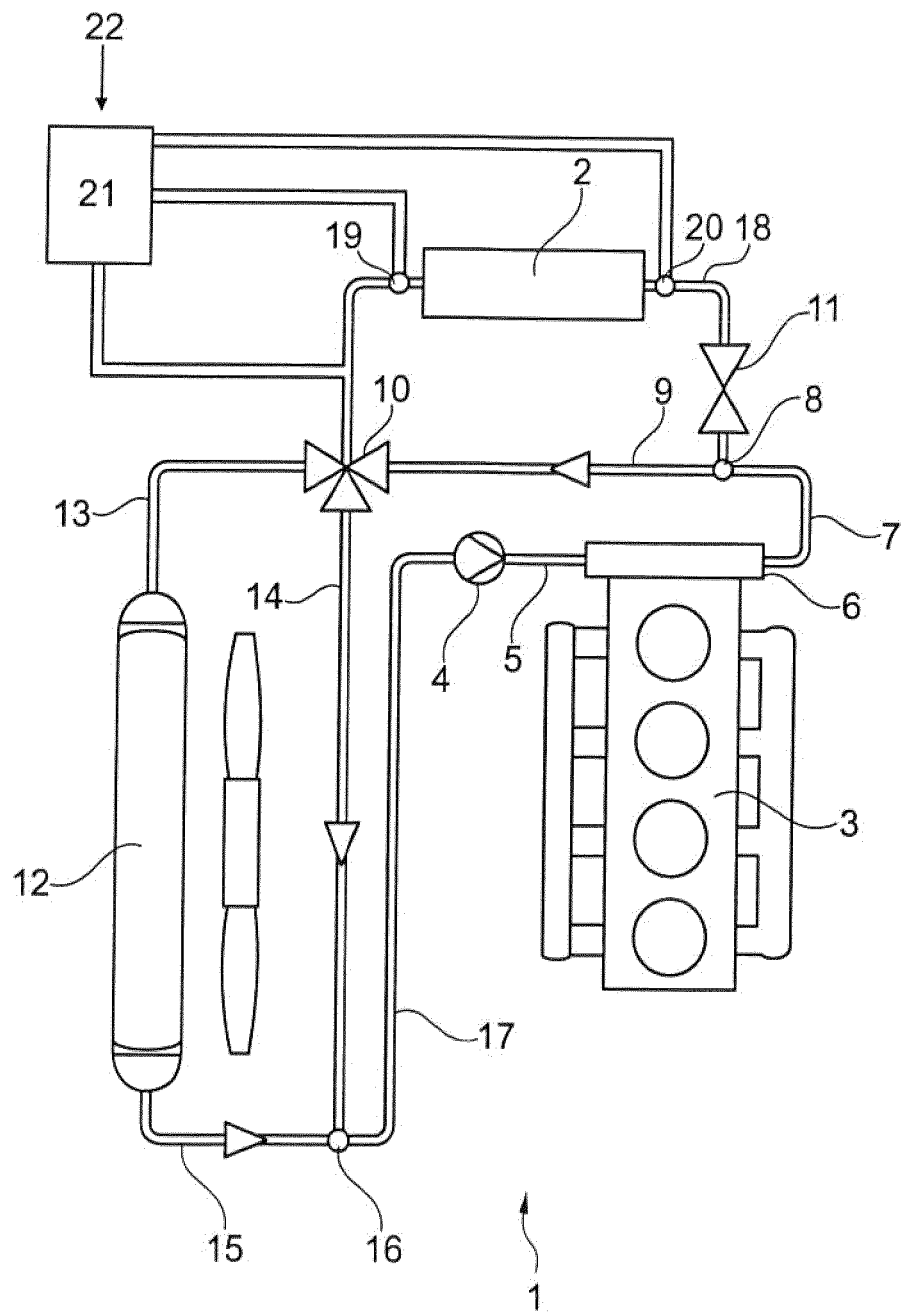


Fig. 1

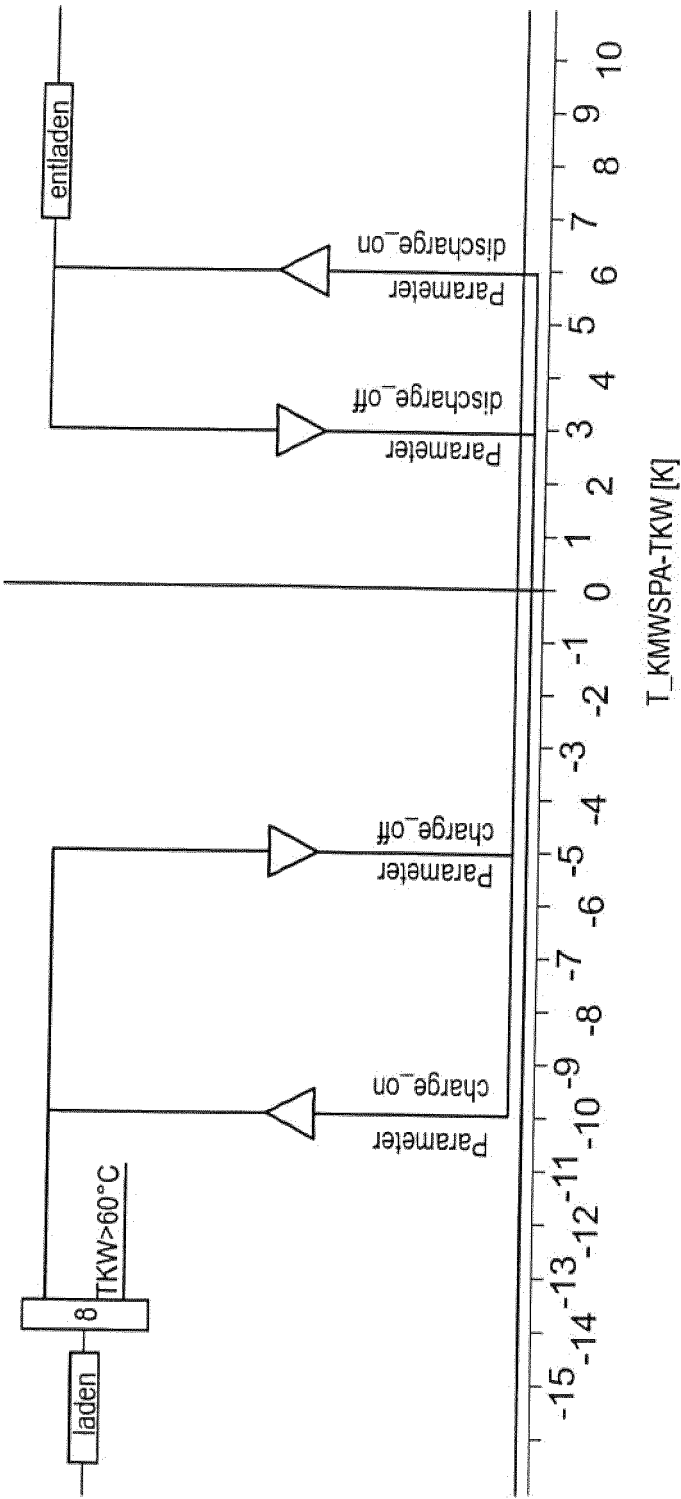


Fig. 2

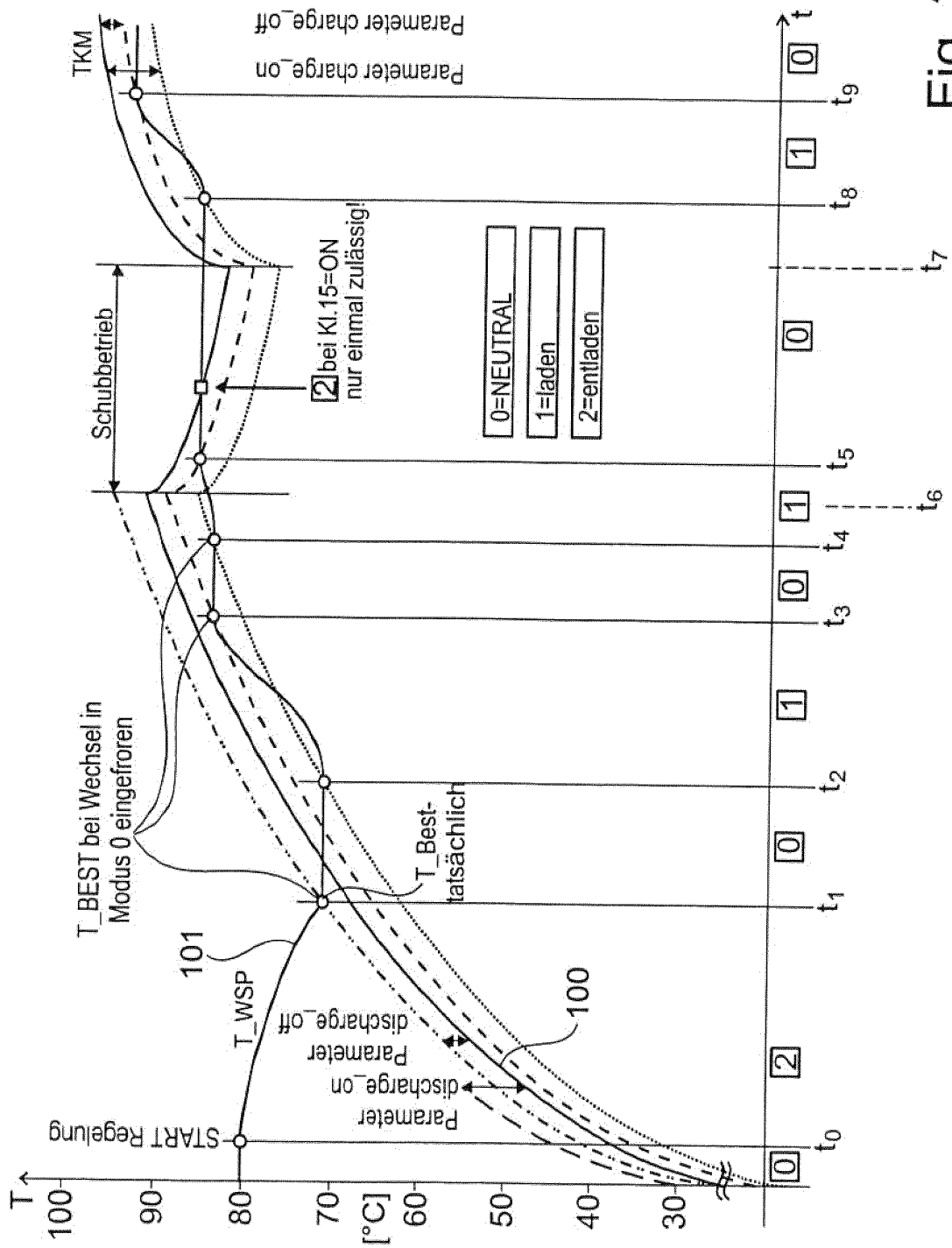


Fig. 3

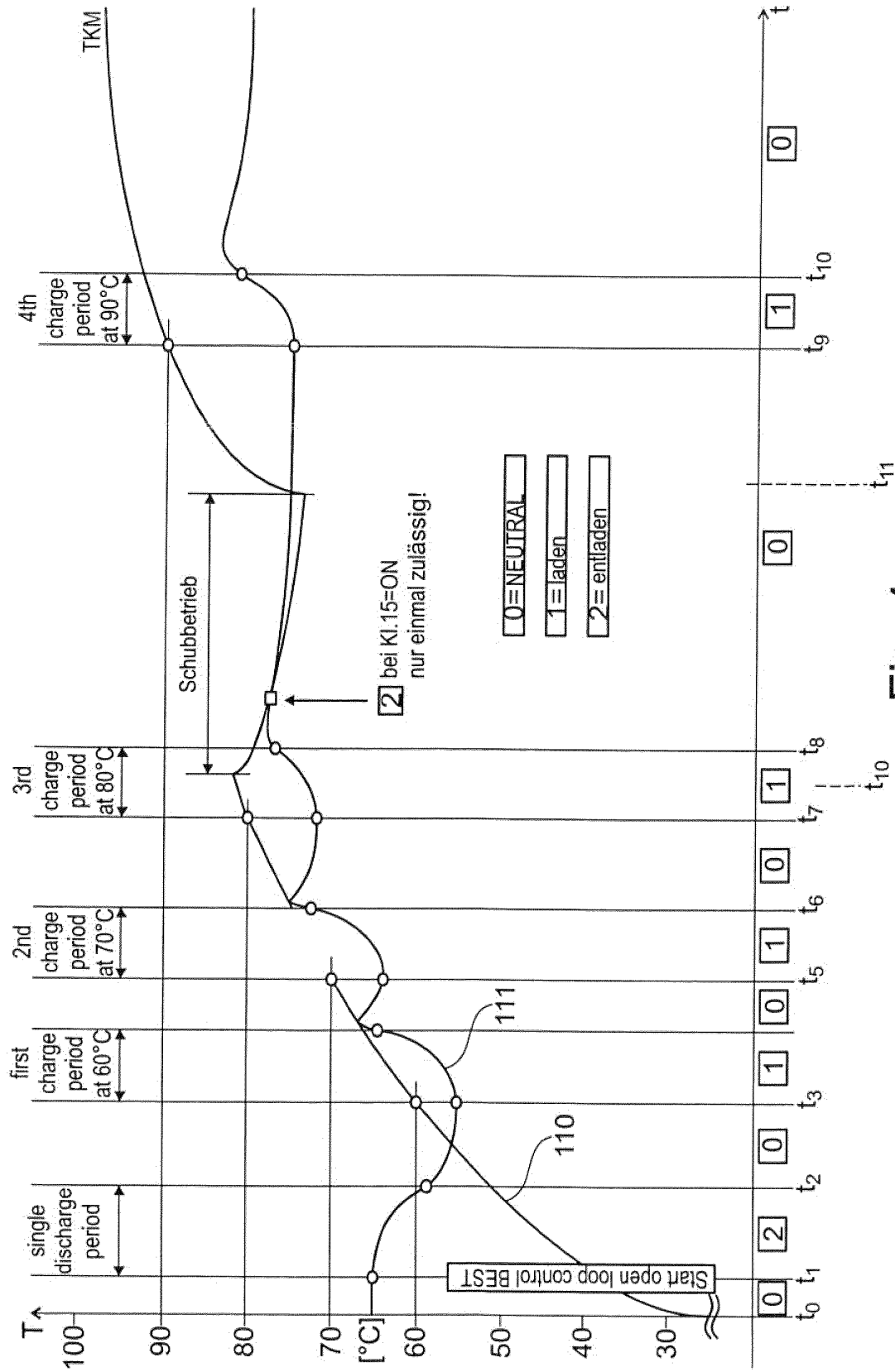


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10344018 A1 [0005] [0007]