

(19)



(11)

EP 1 454 039 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.01.2008 Patentblatt 2008/04

(51) Int Cl.:
F01P 7/16^(2006.01) F01P 11/16^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02747231.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2002/002254

(22) Anmeldetag: **20.06.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/027456 (03.04.2003 Gazette 2003/14)

(54) **VERFAHREN ZUR TEMPERATURREGELUNG EINES MOTORS**

METHOD FOR THE TEMPERATURE REGULATION OF AN ENGINE

PROCEDE DE REGULATION DE LA TEMPERATURE D'UN MOTEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **08.09.2001 DE 10144275**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.09.2004 Patentblatt 2004/37

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **HERYNEK, Roland**
75443 Oetisheim (DE)
• **VOLLMER, Martin**
70499 Stuttgart-Weilimdorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 965 737 DE-A- 19 933 794

EP 1 454 039 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors, insbesondere eines Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeuges, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

[0002] Die Notwendigkeit der Kühlung von Motoren, insbesondere von Verbrennungsmotoren, ergibt sich aus der Tatsache, dass eine übermäßige thermische Belastung des Motors zur Beeinträchtigung seiner Funktionsweise oder auch zu irreversiblen Beschädigungen des Motors führen kann. So halten beispielsweise die von heißen Gasen berührten Flächen und deren Schmierung im Zylinderinneren eines Verbrennungsmotors den auftretenden Temperaturen nur in gewissen Grenzen ohne Beschädigung stand. Einzelne Teile, wie beispielsweise Zündkerzen, Einspritzdüsen, Abgasventile, Vorkammern oder auch Kolbenböden müssen besonders hohen Durchschnittstemperaturen standhalten. Derartige Teile werden daher aus Werkstoffen hergestellt, die eine besonders hohe Wärmefestigkeit beziehungsweise eine gute Wärmeableitung aufweisen.

Zur Wärmeableitung werden unter Anderem Kühlsysteme eingesetzt, bei denen ein Kühlmittel, das die Kühlwasserräume, welche beispielsweise Zylinderkopf und Motorblock des Verbrennungsmotors umgeben, durchströmt. Die vom Kühlmittel aufgenommene Wärmemenge wird anschließend über einen Kühler zumindest teilweise an die Umgebung abgegeben oder aber über einen im Kühlsystem vorgesehenen, zusätzlichen Wärmetauscher für die Heizung, beispielsweise des Fahrzeuginnenraumes, genutzt.

[0003] Die Kühlmitteltemperatur kann dabei von einem Temperatursensor gemessen werden, der im Kühlkreislauf angeordnet ist und die aktuelle, vorliegende Temperatur des Kühlwassers erfasst und beispielsweise an ein Steuergerät weiterleitet. Diese Steuerung überwacht die Temperatur des Kühlmittels und vergleicht diese mit einer zulässigen Maximaltemperatur für das Kühlmittel beziehungsweise für den vom Kühlmittel durchflossenen Motor, die im Betrieb nicht überschritten werden darf.

[0004] Aus der EP 0 442 489 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Kühlung eines Verbrennungsmotors bekannt, bei dem ein erster Temperatursensor die Temperatur des Kühlmittels ausgangs des Zylinderkopfes detektiert. Desweiteren weist das Verfahren der EP 0 442 489 A1 einen weiteren Temperatursensor auf, der direkt auf dem Motorblock angebracht ist und der dazu dient, die Motoröltemperatur zu bestimmen. Steigt die Motoröltemperatur über einen festgesetzten Wert, so wird der Kühlmittelstrom, der den Verbrennungsmotor durchströmt, in zwei unterschiedliche Zweige aufgeteilt. Der erste Zweig des Kühlmittelstroms durchströmt weiterhin den Zylinderkopf, wohingegen der zweite verbleibende Teil des Kühlmittelstroms den Zylinderblock durchströmt. Der Kühlmittelvolumenstrom durch den Zy-

linderblock kann entsprechend der Motoröltemperatur im Zylinderblock geregelt werden.

[0005] Die EP 0 894 953 A1 offenbart ein Kühlsystem für den Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges mit einer Vielzahl von Sensoren, die eine entsprechende Anzahl von Parametern des Motors im Betrieb messen. So weist das Kühlsystem der EP 0 894 953 A1 insbesondere drei Temperatursensoren auf, die zum Einen im Zylinderkopfkühlkreis, zum Anderen im Motorblockkühlkreis und zuletzt am Auslass des Zylinderkopfkühlkreises angebracht sind. Diese Sensoren detektieren jeweils eine Temperatur des Motorgehäuses und geben die entsprechenden Signale an eine zentrale, elektronische Kontrolleinheit des Kühlkreislaufes weiter.

[0006] Die zentrale Kontrolleinheit des Kühlsystems steuert auf Grundlage der unterschiedlichen Sensorsignale verschiedene, im Kühlkreislauf befindliche Komponenten des Kühlsystems, wie beispielsweise ein Kühlluftgebläse, eine Kühlmittelpumpe oder ein Drossel- beziehungsweise Bypassventil.

[0007] Nachteilig bei dem in der EP 0 894 953 A1 offenbarten Kühlsystem für den Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges ist die Tatsache, dass zur Bestimmung der Motortemperatur eine Vielzahl von Sensoren, insbesondere Temperatursensoren, eingesetzt werden müssen. Diese Sensoren sind aufgrund der hohen mechanischen und auch thermischen Belastung im Motorraum eines Kraftfahrzeuges sehr anfällig für Fehlfunktionen oder einen Totalausfall ihrer Funktion. Darüber hinaus bedeutet die Verwendung einer Vielzahl von Sensoren einen nicht unerheblichen Kostenfaktor sowie die deutliche Erhöhung der Komplexität des Kühlsystems beziehungsweise seiner Regelung.

[0008] Aus der EP 0 965 737 A2 ist weiterhin ein Kühlsystem für einen Verbrennungsmotor bekannt, bei dem die Anzahl der Sensoren gegenüber bisher bekannten Systemen reduziert werden konnte, indem eine Temperatur des Verbrennungsmotors anhand einer gemessenen Kühlmitteltemperatur und eines Volumenstroms des Kühlmittels durch den Verbrennungsmotor bestimmt wird.

Vorteile der Erfindung

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass die Anzahl der verwendeten Sensoren im Kühlsystem auf ein Minimum reduziert werden kann. In einfacher Weise lässt sich die Motortemperatur beziehungsweise die Temperatur einzelner Bauteile des Motors durch die Kühlmitteltemperatur und den Volumenstrom des Kühlmittels, der durch den Motor beziehungsweise einzelne Bauteile des Motors geleitet wird, bestimmen. Auf diese Weise kann auf eine Vielzahl von Detektoren verzichtet werden, andererseits jedoch ist aufgrund der ständigen Diagnose der Motortemperatur sichergestellt, dass die thermisch empfindlichen Teile des Motors

keinen Schaden nehmen.

[0010] Erfindungsgemäß wird der zur Bestimmung der Bauteiltemperatur des Motors benötigte Wert für den Volumenstrom des Kühlmittels aus dem von der Umwälzpumpe des Kühlmittels benötigten elektrischen Strom oder aus der über der Umwälzpumpe anliegenden elektrischen Spannung bestimmt. Eine elektrische Pumpe zur Umwälzung des Kühlmittels im Kühlkreislauf wird im stationären Zustand bei konstanter elektrischer Spannung U , konstantem elektrischen Strom I und einer Drehzahl N der Pumpe einen konstanten Volumenstrom fördern. Der Betriebspunkt der Pumpe, das heisst der Druckaufbau Δp , sowie der Volumenstrom $\Delta V/\Delta t$ kann anhand der bekannten Pumpenkennlinien und dem bekannten Strömungswiderstand des Kühlkreislaufes aus der Kenntnis der obigen Werte (U , I , N) bestimmt werden.

[0011] So kann beispielsweise bei bekannter Ansteuerung (d.h. konstanter elektrischer Spannung U über der Pumpe), falls diese immer einen konstanten elektrischen Strom I "zieht", aus der Drehzahl N der Pumpe auf die Last der Pumpe und somit auf den durch die Pumpe geförderten Volumenstrom geschlossen werden. In analoger Weise kann, wenn die Pumpe eine konstante Drehzahl N hält, aus der Messung des von der Pumpe benötigten elektrischen Stroms I auf die Last der Pumpe und damit auf den Volumenstrom des Kühlmittels geschlossen werden.

[0012] Auf diese Weise kann durch die Kenntnis ohnehin vorliegender Daten, wie der Pumpenkennlinien und dem von der Pumpe benötigten Strom auf den geförderten Volumenstrom und somit bei Kenntnis der Kühlmitteltemperatur auch auf die gesuchte Motortemperatur geschlossen werden. In sehr vorteilhafter Weise werden damit vorliegende Betriebsparameter des Kühlsystems genutzt, um zusätzliche Informationen über kritische Stellen des Kühlkreislaufes zu erhalten. Ein erhöhter Aufwand aufgrund von zusätzlich eingesetzten Sensoren zur Detektion der benötigten Daten ist bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht oder nur im beschränkten Umfang notwendig.

[0013] Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch beschriebenen Verfahrens möglich.

[0014] In vorteilhafter Weise ist in einem zum Kühlkreislauf gehörigen Steuergerät ein numerisches Modell des Kühlkreislaufes mit seinen einzelnen Komponenten, insbesondere dem Motor beziehungsweise einem thermischen Modell des Motors, der Schlauchführung mit den zugehörigen Strömungswiderständen, der Stellung der Ventile, sowie weiterer, den Kühlkreislauf beschreibender Parameter abgelegt. Im Steuergerät liegt somit ein Modell beziehungsweise eine Bedatung vor, die den Einfluss oder die maximal zulässigen Abweichungen des Kühlmittelvolumenstroms auf die Bauteiltemperatur modelliert. Durch den Vergleich der aktuell vorliegenden Ist-Bauteiltemperatur mit den im Steuergerät abgelegten Daten der zugehörigen Soll-Bauteiltemperatur kann da-

her ein Korrektursignal beziehungsweise eine Stellgröße generiert werden, die den Kühlmittelvolumenstrom durch den Motor in gewünschter Weise ändert, um die Ist-Kühlmitteltemperatur an die Soll-Kühlmitteltemperatur anzupassen.

[0015] In vorteilhafter Weise verwendet das erfindungsgemäße Verfahren eine zweite Stellgröße beziehungsweise ein zweites Korrektursignal, um sicherzustellen, dass die Kühlleistung des Kühlkreislaufes in einem optimalen Bereich für den Motor arbeitet. Dieses zweite Korrektursignal lässt sich direkt aus der Kühlmitteltemperatur generieren. Dazu wird die Kühlmitteltemperatur beispielsweise über einen Temperatursensor erfasst und die zeitliche Änderung der Temperatur des Kühlmittels mit einem im Steuergerät abgelegten, zeitabhängigen Modell für die Entwicklung der Kühlmitteltemperatur verglichen. Dieses im Steuergerät abgelegte, zeitabhängige Modell für die Kühlmitteltemperatur kann beispielsweise ein rechnerisches Modell der Entwicklung der Kühlmitteltemperatur beim Kaltstart des Kraftfahrzeuges sein oder andere typische Fahrsituationen nachbilden. Das theoretische Modell gestattet es zu erkennen, ob die Kühlmitteltemperatur des Kühlkreislaufes im "richtigen Maße" ansteigt. Dazu kann beispielsweise eine optimale Temperaturbandbreite für den Motor - in Abhängigkeit von der jeweiligen Fahrsituation - im Steuergerät abgelegt sein. Bei Vorliegen einer Abweichung der aktuellen Ist-Kühlmitteltemperatur von der im Steuergerät für die jeweilige Situation abgelegte Soll-Kühlmitteltemperatur, beziehungsweise beim Abweichen der Ist-Kühlmitteltemperatur aus der vorgegebenen Temperaturbandbreite wird dann ein zweites Korrektursignal generiert. Die Steuerung beziehungsweise Regelung des Kühlkreislaufes durch diese zweite Stellgröße kann der entsprechenden Regelung des Volumenstromes überlagert sein, so dass diese zweite Regelung als zusätzliche Sicherungskontrolle für den Kühlkreislauf genutzt werden kann.

[0016] In vorteilhafter Weise kann die Fördermenge der Umwälzpumpe, das heisst, insbesondere deren Drehzahl entsprechend den generierten Korrektursignalen variiert werden. So ist es möglich, den Kühlmittelvolumenstrom, und somit die Motortemperatur, bedarfsgerecht zu variieren.

[0017] Neben der Steuerung beziehungsweise Regelung der Kühlmittelpumpe können auch die im Kühlkreislauf angeordneten Ventile und weitere, dem Kühlkreislauf zugeordnete Komponenten, wie beispielsweise ein Kühlluftgebläse für den Kühler des Kühlkreislaufes entsprechend der generierten Korrektursignale durch das Steuergerät bedarfsgerecht geregelt werden, so dass zu jedem Zeitpunkt, ein der vorliegenden Fahrsituation optimal angepasster Kühlmittelvolumenstrom beziehungsweise eine optimierte Kühlmitteltemperatur im Kühlkreislauf vorliegt.

[0018] Vorteilhaft gestattet das erfindungsgemäße Verfahren zudem, dass das Steuergerät die Kühlleistung des Kühlkreislaufes und insbesondere den Kühlmittelvo-

lumenstrom durch den Motor unter Berücksichtigung weiterer Betriebsparameter des Fahrzeuges regeln kann. Als Beispiel sei hier nur die optimierte Schadstoffemission des Motors als Funktion der dem Motor zugeführten Kühlleistung genannt. Ein Schadstoffsensor kann dabei ein entsprechendes Signal an das Steuergerät des Kühlkreislafes weiterleiten, so dass das Steuergerät eine optimierte Konfiguration für die aktiven Stелеlemente des Kühlkreislafes zur Erzielung minimaler Schadstoffemissionen aufgrund einer optimierten Motortemperatur vornimmt. Im Steuergerät ist dazu in analoger Weise zu oben beschriebenen Temperaturverhalten ein Modell beziehungsweise eine Bedatung in Form eines Kennfeldes oder einer Datenbank vorhanden, die den Einfluss des Kühlmittelvolumenstroms auf die Schadstoffemission des Fahrzeuges beschreibt.

[0019] Abweichungen von den berechneten oder vorher im Steuergerät abgelegten Werten der Motorparameter können durch das Steuergerät nicht nur diagnostiziert sondern auch aktiv korrigiert werden. Zusätzlich zur Einregelung der stellbaren Kühlkreislaufkomponenten kann der Fahrzeugführer durch entsprechende Wahnsignale über die Abweichungen im Kühlsystem informiert werden. Die "Onboard Diagnose" ermöglicht zudem das Erkennen von Fehlern oder Defekten im Kühlsystem, wie beispielsweise blockierte Ventile, gequetschte Verbindungsleitungen oder defekte Pumpen zu detektieren.

[0020] Das die aktiven Komponenten des Kühlkreislaufs regelnde Steuergerät kann in vorteilhafter Weise ein Motorsteuergerät sein.

Zeichnung

[0021] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in schematischer Weise in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0022] Es zeigen:

Figur 1 einen Motorraum eines Fahrzeuges in vereinfachter Darstellung, in dem sich ein Fahrzeugmotor mit einem Kühlkreislauf für diesen Motor befindet,

Figur 2 ein Blockschaltbild für die Temperaturregelung eines Fahrzeugmotors nach einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0023] Die Beschreibung, die Figuren und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Ein Fachmann wird diese Merkmale auch einzeln betrachten und zu weiteren, sinnvollen Kombinationen zusammenfassen.

[0024] In Figur 1 ist in vereinfachter, schematischer Darstellung ein Motorraum 10 eines Fahrzeuges wiedergegeben, in dem sich ein Verbrennungsmotor 12 sowie ein Kühlkreislauf 14 für diesen Verbrennungsmotor 12

befindet. Die Abwärme des Verbrennungsmotors 12 wird über den Kühlkreislauf 14, der ein Kühlsystem bildet, vorzugsweise nach außen abgeführt. Der Kühlkreislauf weist dazu einen Kühler 16 auf, der im Kühlluftstrom 18 des bewegten Fahrzeuges angeordnet ist. Der Kühlluftstrom 18, und damit indirekt auch die Kühlleistung des Kühlsystems, kann über Luftklappen 20, die in der Karosserie 22 des Fahrzeuges angebracht sind, gesteuert werden. Die Kühlleistung des Kühlkreislauf ergibt sich aus der vorliegenden Temperatur des Kühlmittels sowie dem im Kühlsystem umgepumpten Kühlmittelvolumenstrom.

[0025] Zur Verbesserung der Kühlleistung des Kühlsystems ist zudem im Bereich des Kühlers 16 zumindest ein Lüfter 24 angeordnet, der aus einem Lüfterrad 26 und einem, dieses Lüfterrad 26 antreibenden Elektromotor 28 besteht. Alternativerweise können die Luftklappen 20 oder zusätzliche, weitere Luftklappen auch zwischen dem Kühler 16 und dem Lüfter 24 angeordnet sein.

[0026] Zur Umwälzung eines Kühlmittels 30 durch die Verbindungsleitungen 32 des Kühlsystems, besitzt das Kühlsystem eine elektrische Kühlmittelpumpe 34. Als Kühlmittel wird vorzugsweise Wasser verwendet, dem für tiefe Temperaturen ein entsprechender Kälteschutz beigemischt sein kann.

[0027] Das Kühlmittel 30 wird vom Kühler 16 kommend durch die Kühlmittelpumpe 34 und eine Vorlaufleitung 35 dem Motor 12 zugeführt. Zur Bestimmung der Kühlmitteltemperatur befindet sich im Bereich eines Kühlmittel-einlasses 36 des Motors 12 ein Temperatursensor 38 im Kühlkreislauf. Das Kühlmittel 30 durchströmt den Motor 12 auf in Figur 1 nicht weiter dargestellten Wegen, wobei es eine bestimmte Wärmemenge vom Motor 12 aufnimmt, um anschließend diesen wiederum durch einen Kühlmittelauslass 40 zu verlassen. Darüber hinaus weist der Verbrennungsmotor 12 im Ausführungsbeispiel der Figur 1 einen zweiten Kühlmittelauslass 50 auf, über den ein Teil des erwärmten Kühlmittels einem Wärmetauscher, beispielsweise für den Innenraum des Kraftfahrzeuges, zugeführt werden kann.

[0028] In weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung ist die Verwendung einer Mehrzahl sowohl von Kühlmittelinlässen als auch von Kühlmittelauslässen möglich. Auch sind komplexeren Kühlkreislaufarchitekturen, als das im Ausführungsbeispiel der Figur 1 dargestellte Kühlsystem mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vereinbar. Zur Beschreibung des Verfahrens ist in Figur 1 nur ein sehr vereinfachter, schematischer Kühlkreislauf dargestellt, der jedoch keine Beschränkung für die mögliche Kühlkreislaufarchitektur darstellen soll.

[0029] Im Bereich des Kühlmittelauslasses 40 des Motors 12 befindet sich ein weiterer, zweiter Temperatursensor 42, der die Temperatur des Kühlmittels 30 nach dem Austritt aus dem Motor 12 detektiert. Das Kühlmittel 30 gelangt über eine Rücklaufleitung 44 zurück zum Kühler 16 des Kühlkreislaufes. In der Rücklaufleitung 44 ist ein Ventil 46 vorgesehen, das es dem Kühlmittel ermöglicht, über eine Bypassleitung 48 den Kühler 16 zu um-

gehen. So ist es beispielsweise bei einem Kaltstart des Fahrzeuges möglich, das erwärmte Kühlmittel 30 nach Austritt aus dem Motor 12 diesem sofort wieder zuzuführen, ohne dass die Temperatur des Kühlmittels wesentlich abgesenkt wird. Auf diese Weise ist eine schnellere Erwärmung des Motors erreichbar, die zu einer deutlichen Schadstoffreduzierung während der Startphase des Kraftfahrzeuges führt.

[0030] Die aktiven Komponenten des Kühlsystems, wie beispielsweise die Luftklappen 20, der Lüfter 24, die Kühlmittelpumpe 34, das Bypassventil 46 und weitere im Ausführungsbeispiel nicht explizit gezeigte Komponenten des Kühlkreislaufs werden mit Hilfe eines Steuergerätes 52, welches einen Speicher 54, einen Verarbeitungsblock 66 und ein Vergleichsglied 68 besitzt über Datenleitungen 56 derart eingestellt beziehungsweise geregelt, dass der Motor 12 des Fahrzeuges zu jeder Zeit eines Fahrzyklusses eine optimale Temperatur beziehungsweise Temperaturverteilung aufweist. Diese optimale Temperatur kann beispielsweise durch einen möglichst geringen Kraftstoffverbrauch oder auch eine möglichst geringe Schadstoffemission des Motors gekennzeichnet sein. Zur Detektion der aktuellen Schadstoffemission ist ein Schadstoffsensor 72 vorgesehen, der über eine Datenleitung 74 ebenfalls mit dem Steuergerät 52 verbunden ist.

[0031] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors wird in Folgenden anhand eines Blockschaltbildes in Figur 2 weiter erläutert. Die aktiven, stellbaren Komponenten des Kühlsystems, wie die Luftklappen 20, der Lüfter 24, die Kühlmittelpumpe 34, das Bypassventil 46 und weitere im Ausführungsbeispiel nicht explizit definierte Komponenten 60 des Kühlkreislaufs sind über Signalleitungen 56, die auch die elektrische Stromversorgung dieser stellbaren Komponenten ermöglichen mit dem Steuergerät 52 verbunden. Bei den weiteren Komponenten 60 des Kühlkreislaufes kann es sich beispielsweise um weitere, stellbare Ventile oder auch um eine zusätzliche Kühlmittelpumpe handeln. Die Temperatursensoren 38 beziehungsweise 42 zur Ermittlung der Kühlmitteltemperatur sind über entsprechende Datenleitungen 58 ebenfalls mit dem Steuergerät 52 verbunden.

[0032] Die elektrische Kühlmittelpumpe 34 besitzt eine Energieversorgung 62, die beispielsweise über das Steuergerät 52 an das Bordnetz des Fahrzeuges gekoppelt sein kann. Das Steuergerät 52 detektiert den Arbeitspunkt der Kühlmittelpumpe 34, das heisst, den von der Pumpe geförderten Volumenstrom - im Ausführungsbeispiel der Figur 2 - anhand des von der elektrischen Pumpe benötigten elektrischen Stromes I aus der Energieversorgung. Dieses Signal wird über eine Datenleitung 64 ebenfalls dem Steuergerät 52 zugeführt.

[0033] Das Steuergerät 52 berechnet aus den aktuell vorliegenden Ist-Parametern des Kühlkreislaufes, wie beispielsweise der aktuellen, detektierten Kühlmitteltemperatur beziehungsweise dem von der Kühlmittelpumpe 34 benötigten elektrischen Strom I den im Kühlkreislauf

umgepumpten Kühlmittelvolumenstrom sowie daraus die Motortemperatur beziehungsweise die Temperaturen verschiedener Motorbauteile.

[0034] Im Speicher 54 des Steuergerätes 52 abgelegt ist ein thermische Modell des Kühlkreislaufes mit seinen Komponenten, wie beispielsweise der Verbindungsführung, der Viskositätsänderung des Kühlmittels, der Stellung der Ventile, der Kühlleistung des Kühlers 16 sowie des Lüfters 24 und weiterer, das Kühlsystem beschreibende Parameter. Im Steuergerät 52 ist somit eine Bedatung vorhanden, die den Einfluss eines bestimmten Kühlmittelvolumenstroms auf die Motortemperatur beziehungsweise auf die Temperatur verschiedener Bauteile des Motors modelliert.

[0035] Ebenfalls im Speicher 54 des Steuergerätes 52 hinterlegt sind die Kennlinien der Kühlmittelpumpe 34. Die elektrische Pumpe 34 wird im stationären Betriebszustand einen konstanten Volumenstrom fördern. Dies geschieht bei konstanter elektrischer Spannung U, konstantem elektrischen Strom I und einer vorgegebenen Drehzahl N der Pumpe. Der jeweilige Betriebspunkt der Pumpe, das heisst der Druckaufbau ΔP sowie der Volumenstrom $\Delta V/\Delta t$ kann somit anhand der Pumpenkennlinien sowie dem gespeicherten Strömungswiderständen des Kühlkreislaufes aus der Kenntnis der Werte von elektrischer Spannung U, elektrischem Strom I und Drehzahl N der Pumpe durch das Steuergerät bestimmt werden. So kann das Steuergerät beispielsweise aus der Messung des elektrischen Stroms I, den die Pumpe bei konstanter Ansteuerung durch eine konstante elektrische Spannung U sowie bei konstanter Drehzahl N zieht, auf den durch die Pumpe geförderten Volumenstrom schließen. Der benötigte elektrische Strom I der Kühlmittelpumpe kann somit zur Auswertung und Diagnose des von der Pumpe 34 geförderten Kühlmittelvolumenstroms genutzt werden. Der auf diese Weise über den elektrischen Strom der Pumpe 34 diagnostizierte Volumenstrom des Kühlmittels wird zusammen mit der beispielsweise über den Temperatursensor 42 bestimmten Kühlmitteltemperatur vom Steuergerät genutzt, um die aktuelle Motortemperatur zu errechnen.

[0036] Ein Vergleich der Daten der ermittelten, aktuell vorliegenden Motortemperatur beziehungsweise dem dieser Motortemperatur zugrunde liegenden Kühlmittelvolumenstrom, aus dem Verarbeitungsblock 66 mit dem im Speicher 54 des Steuergerätes 52 abgelegten Modell für die optimale Kühlmitteltemperatur und den optimalen Kühlmittelvolumenstrom wird in einem Vergleichsglied 68 des Steuergerätes 52 durchgeführt. Über das Vergleichsglied 68 generiert das Steuergerät 52 ein, beziehungsweise mehrere Korrektursignale 56. Das Korrektursignal wird dazu genutzt, die aktiven Elemente des Kühlkreislaufes, wie beispielsweise die Kühlmittelpumpe 34, das Kühlluftgebläse 24, das Bypassventil 46 oder auch die Luftklappen 20 zu steuern beziehungsweise einzuregulieren. So lässt sich beispielsweise durch Regelung der Kühlmittelpumpe 34 der Kühlmittelvolumenstrom durch den Motor 12 einstellen und eine Optimie-

rung der Temperatur des Motors beziehungsweise der Temperaturen diverser Motorbauteile in Hinsicht auf den Kraftstoffverbrauch und/oder die Schadstoffemission erreichen.

[0037] In analoger Weise liefert das Steuergerät 52 auch ein Stell- und Regelsignal an das Bypassventil 46, welches durch Öffnen beziehungsweise Schließen der Bypassleitung 48 die Temperatur des Kühlmittels am Kühlmittleinlass 36 auf den gewünschten Wert einregeln kann. Zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit dieses Regelmechanismus kann der Temperatursensor 38 die Kühlmitteltemperatur vor dem Kühlmittleinlass 36 des Motors 12 bestimmen und dieses Signal an das Steuergerät 52 weiterleiten. Auf diese Weise ist es möglich, eine defekte Komponente des Kühlkreislafs zu detektieren, sollte dieser thermisch nicht den Vorgaben des Steuergeräts 52 und des im Steuergerät abgelegten thermischen Modells folgen.

[0038] Im Speziellen lässt sich so beispielsweise die zeitliche Änderung der Temperatur des Kühlmittels in der Startphase des Verbrennungsmotors, mit einem im Steuergerät abgelegten, zeitabhängigen Modell der Kühlmitteltemperatur für diese Phase vergleichen. Bei Abweichen der Ist-Temperaturwerte von den vorgegebenen Soll-Temperaturwerten, die beispielsweise in Form eines Temperaturbereichs im Speicher 54 des Steuergeräts 52 abgelegt sein können, wird vom Steuergerät 52 zusätzlich ein entsprechendes Warnsignal abgesetzt, das auf eine Fehlfunktion des Kühlkreislafs und damit auf eine eventuelle vorliegende defekte Komponente hinweist.

[0039] Des Weiteren verfügt das Steuergerät beispielsweise auch über entsprechende Schadstoffsensoren 72, die die aktuelle Schadstoffemission des Verbrennungsmotors detektieren und über eine Verbindung 74 an den Verarbeitungsbereich 66 des Steuergeräts 52 melden. Die Schadstoffsensoren 72 ermöglichen so ebenfalls durch einen Vergleich 68 mit entsprechenden, im Speicher 54 des Steuergeräts 52 abgelegten Daten, die Einregelung der Motortemperatur auf ihren jeweils optimalen Wert.

[0040] Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt.

[0041] So lässt sich die vorliegende Motortemperatur beziehungsweise die Bauteiltemperatur des Motors indirekt auch über andere Kenngrößen der Kühlmittelpumpe diagnostizieren. Wenn bei konstanter Ansteuerung, das heißt bei konstanter elektrischer Spannung U, die Pumpe immer einen konstanten elektrischen Strom I "zieht", dann kann aus der Drehzahl N der Pumpe auf deren Last und somit auf den geförderten Volumenstrom geschlossen werden. Mit Hilfe des so detektierten Volumenstroms und der gemessenen Kühlmitteltemperatur kann dann wiederum auf eine Bauteiltemperatur des Motors geschlossen werden.

[0042] Wird eine andere physikalische Größe zur Ansteuerung der Kühlmittelpumpe verwendet, wie beispielsweise der elektrische Strom I, so müssen die je-

weils anderen Kenngrößen (U,N) der Kühlmittelpumpe vom Steuergerät 52 erfasst und verarbeitet werden. Die Messgrößen (U,I,N) werden aktuell vom Steuergerät 52 ausgewertet und dort mit dem rechnerischen Modell sowie den abgelegten Kennlinien der Pumpe verglichen. Abweichungen von den berechneten oder vorher im Steuergerät abgelegten Daten ermöglichen so ein Erkennen von Fehlern im Kühlsystem, beispielsweise durch blockierte Ventile, defekte Leitungen, oder auch eine nicht funktionstüchtige Kühlmittelpumpe.

[0043] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist auf einfache und effiziente Weise eine "Onboard-Diagnose" des Kühlkreislafs eines Kraftfahrzeuges möglich, die im Speziellen auch die Einhaltung bestimmter Schadstoffemissionen des Verbrennungsmotors gewährleisten kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Temperaturregelung eines Motors, insbesondere eines Verbrennungsmotors (12), der über wenigstens eine Vorlaufleitung (35) und wenigstens eine Rücklaufleitung (44) innerhalb eines Kühlkreislafs (14) mit einem Kühler (16) verbunden ist, welcher seinerseits wiederum über eine ventilgeregelte Bypassleitung (48) zwischen der wenigstens einer Vorlaufleitung (35) und der wenigstens einer Rücklaufleitung (44) umgangen werden kann, sowie mit mindestens einer steuer- und/oder regelbaren elektrischen Pumpe (34) zur Umwälzung eines Kühlmittels durch den Kühlkreislauf (14), wobei ein Steuergerät (52) die Kühlleistung des Kühlkreislafs (14) steuert und/oder regelt und wobei mindestens eine Bauteiltemperatur des Motors (12) durch eine Kühlmitteltemperatur und einen Volumenstrom des Kühlmittels durch den Motor (12) bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der durch den Motor (12) umgewälzte Volumenstrom des Kühlmittels aus dem von der Pumpe (34) benötigten elektrischen Strom (I) oder aus der über der Pumpe (34) anliegenden elektrischen Spannung (U) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Steuergerät (52) ein numerisches Modell des Kühlkreislafs (14) mit seinen Komponenten, insbesondere dem Motor (12), der Pumpe (34) sowie deren Lastkurve und den Verbindungsleitungen (32) datenmäßig abgelegt ist, welches die Abhängigkeit der mindestens einer Bauteiltemperatur des Motors (12) vom Kühlmittelvolumenstrom beschreibt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch einen Vergleich mindestens einer ermittelten Ist-Bauteiltemperatur mit den im Steuergerät (52) abgelegten Daten der zugehörigen Soll-Bauteiltemperatur mindestens ein erstes Kor-

rektursignal (55) zur Änderung des Kühlmittelvolumenstroms durch den Motor (12) generiert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlmitteltemperatur über mindestens einen Temperatursensor (72) erfasst wird. 5
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zeitliche Änderung der Temperatur des Kühlmittels mit einem im Steuergerät (52) abgelegten, zeitabhängigen Modell für die Kühlmitteltemperatur verglichen wird und mindestens ein zweites Korrektursignal (56) entsprechend einer vorliegenden Abweichung der Ist-Kühlmitteltemperatur von der Soll-Kühlmitteltemperatur generiert wird. 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fördermenge der Pumpe (34) entsprechend dem mindestens einen ersten (55) und/oder dem mindestens einen zweiten (56) Korrektursignal zur Änderung des Kühlmittelvolumenstromes gesteuert und/oder geregelt wird. 20
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein im Kühlkreislauf (14) befindliches Ventil, insbesondere ein elektrisch steuerbares Ventil (46) und/oder ein, dem Kühler (16) zugeordnetes Kühlluftgebläse (24) und/oder Luftklappen (20) entsprechend dem mindestens einen ersten (55) und/oder dem mindestens einen zweiten (56) Korrektursignal zur Erzielung eines vorgebbaren Kühlmittelvolumenstromes und /oder einer vorgebbaren Kühlmitteltemperatur gesteuert beziehungsweise geregelt wird. 25
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät (52) die Kühlleistung des Kühlkreislaufs (14) und insbesondere den Kühlmittelvolumenstrom unter Berücksichtigung zumindest eines weiteren Parameters, insbesondere der Schadstoffemission des Motors (12) steuert beziehungsweise regelt. 30

Claims

1. Method for the temperature regulation of an engine, in particular of an internal combustion engine (12), which engine is connected to a radiator (16) via at least one feed line (35) and at least one return line (44) within a coolant circuit (14), which radiator (16) itself can in turn be bypassed via a valve-regulated bypass line (48) between the at least one feed line (35) and the at least one return line (44), and having at least one open-loop and/or closed-loop controllable electric pump (34) for circulating a coolant 35

through the coolant circuit (14), wherein a control device (52) performs open-loop and/or closed-loop control on the cooling power of the cooling circuit (14), and wherein at least one component temperature of the motor (12) is determined by a coolant temperature and a volume flow of the coolant through the engine (12), **characterized in that** the volume flow of the coolant which is circulated through the engine (12) is determined from the electric current (I) which is required from the pump (34) or from the electric voltage (U) which is applied across the pump (34).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** in the control device (52) a numerical model of the coolant circuit (14) with its components, in particular the engine (12), the pump (34) and its load curve and the connecting lines (32) is stored in terms of data, which model describes the dependence of the at least one component temperature of the engine (12) on the coolant volume flow. 15
3. Method according to Claim 2, **characterized in that** at least a first correction signal (55) for changing the coolant volume flow through the engine (12) is generated by a comparison between at least one acquired actual component temperature with the data relating to the associated set point component temperature which are stored in the control device (52). 25
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the coolant temperature is sensed by means of at least one temperature sensor (72). 30
5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the change in the temperature of the coolant over time is compared with a time-dependent model for the coolant temperature which is stored in the control device (52), and at least one second correction signal (56) corresponding to a current deviation of the actual coolant temperature from the set point coolant temperature is generated. 35
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the delivery quantity of the pump (34) is open-loop and/or closed-loop controlled in accordance with the at least one first correction signal (55) and/or the at least one second correction signal (56) in order to change the coolant volume flow. 40
7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one valve which is located in the cooling circuit (14), in particular an electrically controllable valve (46) and/or a cooling air blower (24) which is assigned to the cooler (16) and/or air flaps (20) corresponding to the at least one 45

first correction signal (55) and/or the at least one second correction signal (56) are open-loop or closed-loop controlled in order to bring about a predefinable coolant volume flow and/or a predefinable coolant temperature.

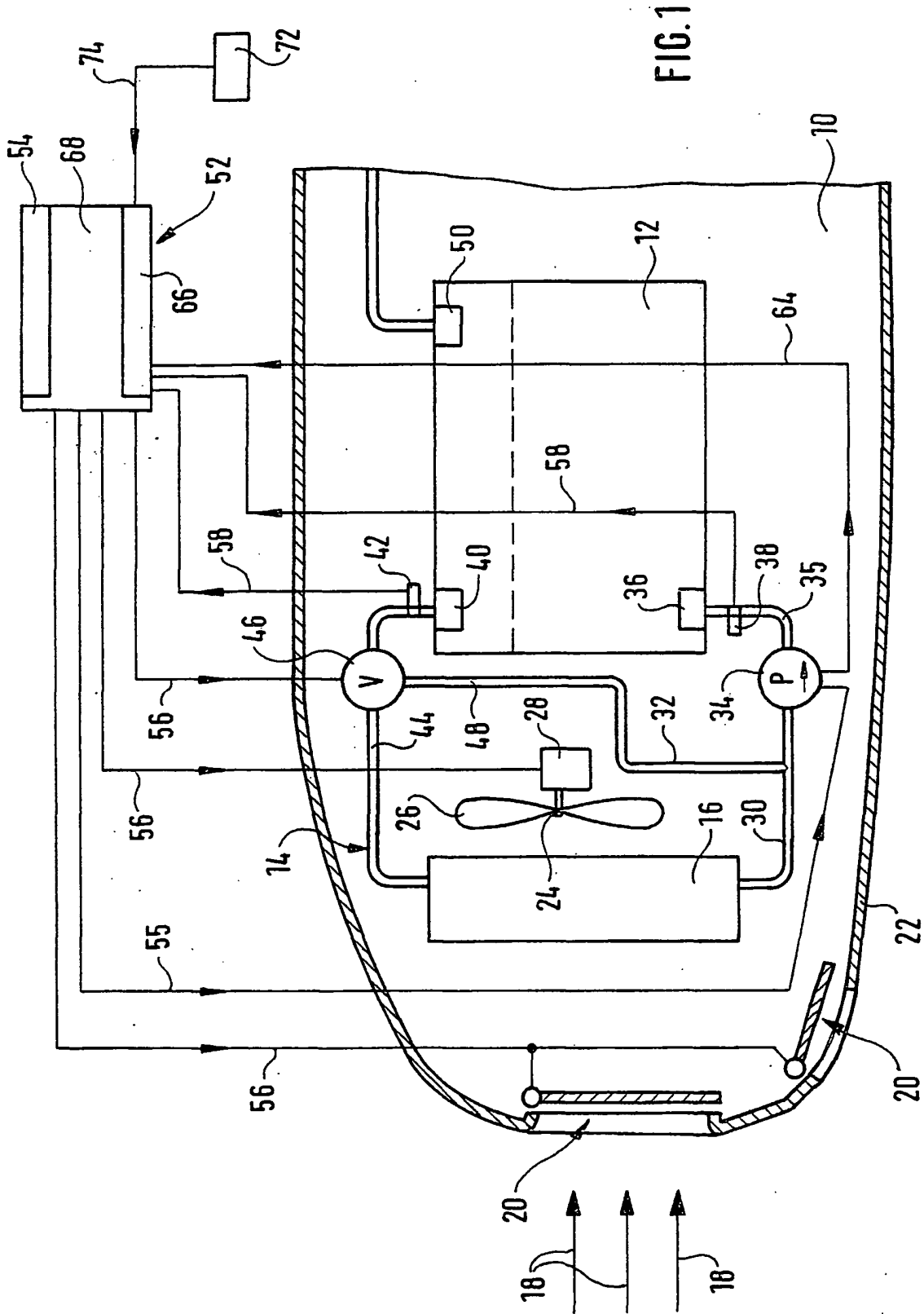
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the control device (52) open-loop or closed-loop controls the cooling capacity of the cooling circuit (14), and in particular the coolant volume flow taking into account at least a further parameter, in particular the emission of pollutants by the engine (12).

Revendications

1. Procédé de régulation de la température d'un moteur notamment d'un moteur à combustion interne (12) relié par au moins une conduite montante (35) et au moins une conduite descendante (44) d'un circuit de refroidissement (14) à un radiateur (16) qui lui-même peut être contourné par une conduite de dérivation (48) régulée par vanne entre au moins une conduite montante (35) et au moins une conduite descendante (44), ainsi qu'au moins une pompe électrique (34) commandée et/ou régulée pour mettre en circulation un agent de refroidissement dans le circuit de refroidissement (14), un appareil de commande (52) commandant la puissance de refroidissement du circuit de refroidissement (14) et/ou régulant cette puissance et on détermine au moins la température d'un composant du moteur (12) par la température de l'agent de refroidissement et par le débit volumique de l'agent de refroidissement dans le moteur (12), **caractérisé en ce qu'** on détermine le débit volumique de l'agent de refroidissement circulant à travers le moteur (12) à partir du courant électrique (I) demandé par la pompe (34) ou à partir de la tension électrique (U) appliquée à la pompe (34).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'** un modèle numérique du circuit de refroidissement (14) est enregistré dans l'appareil de commande (52) avec ses composants notamment le moteur (12) ou la pompe (34) ou sa courbe de charge et les conduites de liaison (32) sous la forme d'un enregistrement de données qui décrit la relation entre au moins une température de composant du moteur (12) et le débit volumique d'agent de refroidissement.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** par la comparaison d'au moins une température réelle déterminée du composant et des données enregistrées dans l'appareil de commande (52) pour la

température de consigne du composant, on détermine au moins un premier signal de correction (55) pour modifier le débit volumique d'agent de refroidissement à travers le moteur (12).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** on saisit la température de l'agent de refroidissement par au moins un capteur de température (72).
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'on compare la variation dans le temps de la température de l'agent de refroidissement à un modèle dépendant du temps pour la température de l'agent de refroidissement, enregistré dans l'appareil de commande (52), et on génère au moins un second signal de correction (56) correspondant à l'écart actuel entre la température réelle de l'agent de refroidissement et sa température de consigne.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on commande et/ou on régule le débit de la pompe (34) en fonction d'au moins un premier signal de correction (55) et/ou d'au moins un second signal de correction (56) pour modifier le débit volumique d'agent de refroidissement.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** on commande et/ou on régule au moins une vanne du circuit de refroidissement (14) notamment une électrovanne (46) et/ou un ventilateur d'air de refroidissement (24) associé au radiateur (16) et/ou des volets d'aération (20) correspondant à au moins un premier signal de correction (55) et/ou au moins un second signal de correction (56) pour obtenir un débit volumique prédéfini d'agent de refroidissement et/ou une température prédéfinie de l'agent de refroidissement.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande (52) commande et/ou régule la puissance de refroidissement du circuit de refroidissement (14) et notamment le débit volumique d'agent de refroidissement en tenant compte d'au moins un autre paramètre notamment l'émission de matières polluantes par le moteur (12).



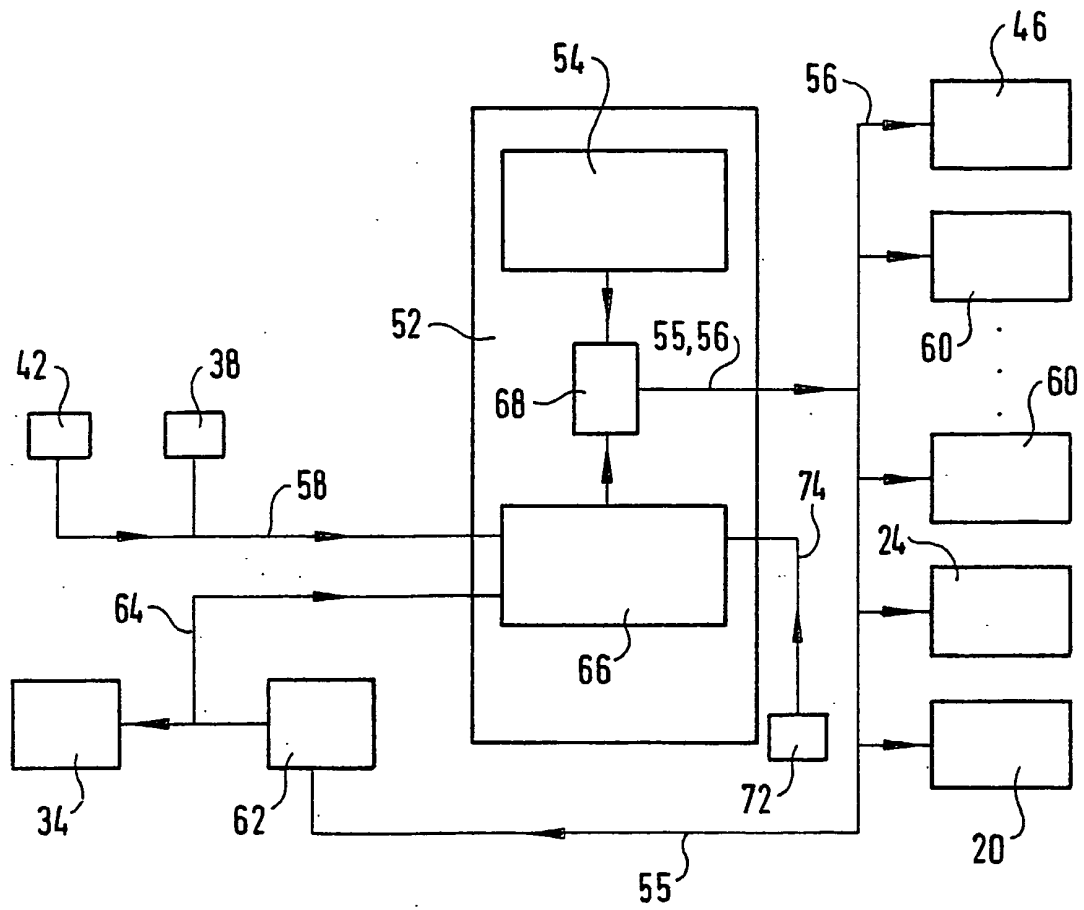


Fig. 2

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

- EP 0442489 A1 [0004] [0004]
- EP 0894953 A1 [0005] [0005] [0007]
- EP 0965737 A2 [0008]