

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 731 260 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
11.09.1996 Patentblatt 1996/37

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F01P 7/16

(21) Anmeldenummer: 96100636.8

(22) Anmeldetag: 18.01.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE ES FR GB

(71) Anmelder: Volkswagen Aktiengesellschaft  
D-38436 Wolfsburg (DE)

(30) Priorität: 08.03.1995 DE 19508104

(72) Erfinder: Michels, Karsten, Dipl.-Ing.  
D-38126 Braunschweig (DE)

/9(54) Verfahren zur Regelung eines Kühlkreislaufes eines Verbrennungskraftmotors

(57) Es wird ein Verfahren zur Regelung eines Kühlkreislaufes eines Verbrennungskraftmotors, insbesondere für Kraftfahrzeuge, beschrieben. Der zu regelnde Kühlkreislauf weist mindestens eine Kühlmittelpumpe (3) zur Einstellung eines Kühlmittelstroms ( $\dot{m}_w$ ), ein Kühlermodul (1), in dem ein Wärmeaustausch zwischen einem mit einem Gebläse (4) einstellbaren Luftstrom ( $\dot{m}_l$ ) und dem Kühlmittelstrom ( $\dot{m}_w$ ) erfolgt und ein Steuergerät (5), das mindestens die Drehzahl der Kühlmittelpumpe (3) und des Gebläses (4) in Abhängigkeit eines Temperatur-Sollwertes ( $\vartheta_{w,soll}$ ) des Kühlmittels steuert. Zur Verkürzung der Warmlaufphase des Verbrennungskraftmotors (2) und der Verringerung der Leistungsaufnahme von Kühlmittelpumpe (3) und Gebläse (4) ist erfindungsgemäß vorgesehen durch Vorgabe eines Temperaturgrenzwertes ( $\vartheta_{w,warm1}$ ) des Kühlmittels zwischen der Warmlaufphase (V1) nach dem Start des Verbrennungskraftmotors und eines Betriebes (V2) des Verbrennungskraftmotors mit Betriebstemperatur zu unterscheiden. Unterhalb des Temperaturgrenzwertes wird sowohl der von der Kühlmittelpumpe erzeugte Kühlmittelstrom ( $\dot{m}_w$ ) und der vom Gebläse erzeugte Luftstrom ( $\dot{m}_l$ ) durch das Kühlermodul in Abhängigkeit eines Differenztemperatur-Sollwertes ( $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$ ) geregelt. Nach Erreichen des Temperaturgrenzwertes erfolgt die Regelung der Kühlmittelpumpe und des Gebläses sowohl in Abhängigkeit des Differenztemperatur-Sollwertes als auch des Temperatur-Sollwertes ( $\vartheta_{w,soll}$ ) des Kühlmittels am Motoraustritt.

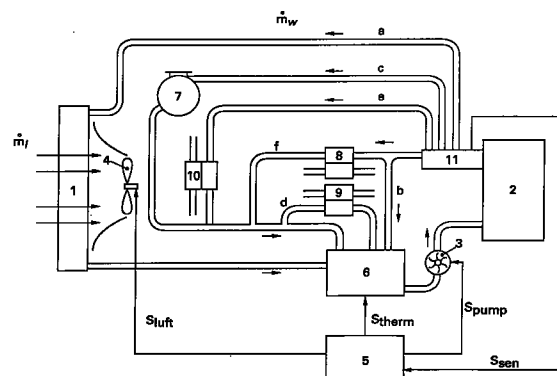


FIG 1

EP 0 731 260 A1

**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Kühlkreislaufes eines Verbrennungskraftmotors, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit mindestens einer Kühlmittelpumpe zur Einstellung eines Kühlmittelstromes, einem Kühlermodul, in dem ein Wärmeaustausch zwischen einem mittels einem Gebläses einstellbaren Luftstrom und dem Kühlmittel erfolgt, eventuell einem temperaturabhängigen Ventil zum Einstellen eines Mischungsverhältnisses zwischen dem über das Kühlermodul geführten Kühlmittelstrom und einem über einen zweiten Strömungszweig geführten Kühlmittelstrom und einem Steuergerät, das mindestens den von der Kühlmittelpumpe erzeugten Kühlmittelstrom und den von dem Gebläse erzeugten Luftstrom steuert.

In der deutschen Offenlegungsschrift DE 44 08 078 A1 ist eine Vorrichtung zur Regelung der Kühlung eines Verbrennungskraftmotors beschrieben, die eine Kühlmittelpumpe zur Erzeugung der Strömung des Kühlmittels in einem über den Verbrennungskraftmotor und einen Kühler geführten Kühlmittelkreislauf, ein Gebläse zum Erzeugen eines Luftstroms durch den Kühler und eine Steuerungseinrichtung, die in Abhängigkeit eines Temperatursollwertes des Kühlmittels den von dem Gebläse erzeugten Luftstrom steuert, beinhaltet. Die Kühlmittelpumpe wird von einem Organ des Verbrennungskraftmotors angetrieben und damit eine von der Drehzahl des Verbrennungskraftmotors abhängige Kühlmittelströmung erzeugt, die insbesondere in der Warmlaufphase nach dem Start des Verbrennungskraftmotors einen zu hohen Energiebedarf erfordert und die Warmlaufphase des Verbrennungskraftmotors unnötig verlängert.

Bei der in der deutschen Offenlegungsschrift DE 38 10 174 A1 beschriebenen Einrichtung zur Regelung der Kühlmitteltemperatur einer Brennkraftmaschine wird zwar neben den den Luftstrom durch den Kühler erzeugenden Gebläse auch die von einem Elektromotor angetriebene Kühlmittelpumpe in Abhängigkeit eines Temperatursollwertes gesteuert, der Temperatursollwert wird jedoch in Abhängigkeit der Motorlast und der Motordrehzahl vorgegeben, so daß auch hier die Warmlaufphase durch die betriebspunktabhängige Regelung der Kühlmittelpumpe und des Gebläses unnötig verlängert wird.

Die Aufgabe der Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren zur Regelung eines Kühlkreislaufes für einen Verbrennungskraftmotor zu schaffen, bei dem die Leistungsaufnahme der Kühlmittelpumpe und des den Luftstrom durch das Kühlermodul erzeugenden Gebläses gering gehalten wird und die Warmlaufphase des Verbrennungskraftmotor durch die Erzeugung eines zu hohen Kühlmittelstroms nicht unnötig verlängert wird.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Gemäß der Erfindung wird durch Vorgabe eines Temperaturgrenzwertes des Kühlmittels zwischen der Warmlaufphase nach dem Start des Verbrennungskraftmotors und eines Betriebes des Verbrennungskraftmotors mit Betriebstemperatur unterschieden. Unterhalb des Temperaturgrenzwertes wird sowohl der von der Kühlmittelpumpe erzeugte Kühlmittelstrom und der vom Gebläse erzeugte Luftstrom durch das Kühlermodul in Abhängigkeit eines Differenztemperatur-Sollwertes geregelt. Nach Erreichen des Temperaturgrenzwertes erfolgt die Regelung der Kühlmittelpumpe und des Gebläses sowohl in Abhängigkeit des Differenztemperatur-Sollwertes als auch eines Temperatur-Sollwertes des Kühlmittels am Motoraustritt.

Mit Hilfe der Erfindung wird somit ein schnelles Aufheizen des Verbrennungskraftmotors und eine Verkürzung der Warmlaufphase erreicht, wobei jedoch durch die Einhaltung des Differenztemperatur-Sollwertes zwischen Motoreintritt und Motoraustritt keine Heißpunkte an einzelnen Bauteilen des Verbrennungskraftmotors entstehen können.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, unterhalb des Temperaturgrenzwertes nur den von der Kühlmittelpumpe erzeugten Kühlmittelstrom in Abhängigkeit der Differenztemperatur zu regeln, jedoch keinen Luftstrom durch das Kühlermodul zu erzeugen.

Eine weitere Verkürzung der Warmlaufphase wird erreicht, wenn unterhalb einer Kühlmittelanfangstemperatur, die geringer ist als der Temperaturgrenzwert, und einer definierten Zeitdauer nach dem Starten des Verbrennungskraftmotors weder ein Kühlmittelstrom von der Kühlmittelpumpe noch ein Luftstrom vom Gebläse erzeugt wird. Die Zeitdauer, in der weder die Kühlmittelpumpe noch das Gebläse angesteuert werden, wird so festgelegt, daß keine Heißpunkte am Verbrennungskraftmotor entstehen können.

Da aufgrund der thermischen Trägheit des Verbrennungskraftmotors kurzzeitige Änderungen der Motorlast und der Motordrehzahl für den Wärmestrom vom Verbrennungskraftmotor in das Kühlmittel keine Rolle spielen, ist nach einer weiteren Ausbildung der Erfindung vorgesehen, daß die Ansteuerung der Kühlmittelpumpe und/oder des den Luftstrom erzeugenden Gebläses in Abhängigkeit des Wärmestroms in das Kühlmittel erfolgt. Das geschieht, indem die vom Steuergerät erzeugten Ansteuersignale mit einer Verzögerung an die Kühlmittelpumpe und/oder das Gebläse weitergeleitet werden. Die Größe der Verzögerung ist jeweils so gewählt, daß das Zeitverhalten der Kühlmittelpumpe und des Gebläses dem dynamischen Verhalten des Wärmestroms des Kühlmittels entspricht.

Nach dem Erreichen des Temperaturgrenzwertes wird für einen minimalen Energieeinsatz nach einer Ausbildung der Erfindung der durch die Kühlmittelpumpe erzeugte Kühlmittelstrom und der durch das Gebläse einstellbare Luftstrom in Abhängigkeit eines zeitlichen Vergleiches der Wirkungsgrade von Kühlmittelpumpe und Gebläse für die Wärmeabfuhr vom Kühlermodul gesteuert.

Der Temperatur-Sollwertes des Kühlmittels für die Regelung mindestens der Kühlmittelpumpe und des Gebläses wird bevorzugt in Abhängigkeit einer für jeden Betriebspunkt des Verbrennungskraftmotors optimalen Motortemperatur ermittelt.

Gemäß einer vorteilhaften Ausbildung ist weiterhin vorgesehen, den für die Regelung in Abhängigkeit des Differenztemperatur-Sollwertes notwendigen Differenztemperatur-Istwert aus dem Wärmestrom vom Verbrennungskraftmotor in das Kühlmittel und dem Kühlmittelstrom zu ermitteln. Der mindestens vom Betriebspunkt des Verbrennungskraftmotors und vom Kühlmittelstrom vorbestimmte Wärmestrom ist dafür als Kennfeld im Steuergerät abgelegt.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben werden. Die zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Kühlmittelkreislaufes,

Figur 2 ein Ablaufdiagramm für das gesamte Regelverfahren,

Figur 3 ein Ablaufdiagramm für die Regelung in der Warmlaufphase des Verbrennungskraftmotors und

Figur 4 ein Ablaufdiagramm für die Regelung der Betriebstemperatur.

Der in Figur 1 gezeigte Kühlmittelkreislauf für einen Verbrennungskraftmotor 2 eines Kraftfahrzeuges besteht aus mehreren Leitungszweigen a bis f, deren Öffnungsquerschnitte über ein temperaturabhängiges Ventil 6 (Thermostat) gesteuert werden. Die Umlaufrichtung des Kühlmittelstromes, der über die Kühlmittelpumpe 3 angetrieben wird, ist mit Hilfe von Pfeilen gekennzeichnet. Der Leitungszweig a ist zur Kühlung des aus dem Verbrennungskraftmotors 2 austretenden Kühlmittels über ein Kühlermodul 1 geführt. Durch das hinter dem Kühlermodul 1 angeordnete Gebläse 4 wird von außerhalb des Kraftfahrzeugs Luft angezogen. Beim Durchströmen des Kühlermoduls 1 findet ein Wärmeaustausch zwischen dem durch das Gebläse 4 einstellbaren Luftstrom  $\dot{m}_l$  und dem Kühlmittelstrom  $\dot{m}_w$  statt. Weiterhin ist ein Leitungszweig b vorgesehen, dessen Querschnitt zur Beeinflussung der Kühlmitteltemperatur vom temperaturabhängigen Ventil 6 steuerbar ist. Der Leitungszweig c weist einen Ausgleichsbehälter 7 auf und dient zur Druckregulierung im gesamten Kühlmittelkreislauf. In den zusätzlichen Leitungszweigen d bis f sind ein Wärmetauscher 8 für die Innenraumheizung des Kraftfahrzeuges und jeweils ein Kühler 9 und 10 zur Kühlung des Motoröls und des Getriebeöls angeordnet. Diese Leitungszweige d bis f sind fakultativ vorgesehen. Die entsprechenden Kühl- bzw. Heizfunktionen können auch auf anderem Wege gelöst werden. Weiterhin beinhaltet der Kühlmittelkreislauf ein Steuergerät 5, beispielsweise das Steuergerät des Verbrennungskraftmotors, das als Eingangssignal das Ausgangssignal  $S_{sen}$  eines die Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  am Motorausstritt erfassenden Temperatursensors 11 erhält und über die Ausgangssignale  $S_{pump}$ ,  $S_{luft}$  und  $S_{therm}$  sowohl die Drehzahl der Kühlmittelpumpe 3 und des Gebläses 4 als auch das temperaturabhängige Ventil 6 steuert.

Im Weiteren sollen das vom Steuergerät 5 durchzuführende Regelverfahren des Kühlmittelkreislaufes näher beschrieben werden. Die Figuren 2 bis 4 zeigen zur Erläuterung Ablaufdiagramme dieses Regelverfahrens.

Wie in Figur 2 verdeutlicht, werden im erfindungsgemäßen Verfahren drei Fälle unterschieden; der Warmlauf V1 des Verbrennungskraftmotors, der Fahrbetrieb V2 bei Betriebstemperatur des Kühlmittels und der Nachlauf V3. Im ersten Verfahrensschritt A1 wird überprüft, ob der Verbrennungskraftmotor 2 gestartet wurde., ist dies der Fall, erfolgt ein Vergleich der Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  (Ausgangssignal  $S_{sen}$  des Temperatursensors 11) am Motorausstritt mit einem die Beendigung der Warmlaufphase V1 kennzeichnenden Temperaturgrenzwert  $\vartheta_{w,warm}$ . Bei einer Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  unterhalb dieses Temperaturgrenzwertes wird auf Warmlauf V1 erkannt. Hat die Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  den Temperaturgrenzwert  $\vartheta_{w,warm}$  erreicht, wird der Kühlmittelkreislauf nach dem Algorithmus für den Fahrbetrieb V2 bei Betriebstemperatur gesteuert.

Ist der Verbrennungskraftmotor 2 nicht gestartet, wird überprüft, ob die Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  einen Temperaturgrenzwert  $\vartheta_{w,nach}$  überschreitet, d. h. der Verbrennungskraftmotor 2 muß weiter gekühlt werden. In diesem Fall erfolgt die Regelung des Kühlmittelkreislaufs mit einem Algorithmus für den Nachlauf V3. Liegt die Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  unterhalb des Temperaturgrenzwertes  $\vartheta_{w,nach}$  stoppt die Regelung bis zum erneuten Starten des Verbrennungskraftmotors 2.

In der Warmlaufphase V1, deren Ablauf in Figur 3 dargestellt ist, erfolgt in einem ersten Verfahrensschritt der Vergleich der Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  am Motorausstritt mit einer Kühlmittelanfangstemperatur  $\vartheta_{w,start}$ . Wenn die Kühlmitteltemperatur unterhalb des Kühlmittelanfangswertes  $\vartheta_{w,start}$  liegt, startet die Kühlmittelpumpe 3 mit einer Verzögerung der Zeitdauer  $t_{start}$ , um den Wärmestrom von Bauteilen des Verbrennungskraftmotors 2 in das Kühlmittel so gering wie möglich zu halten und damit ein schnelleres Aufheizen der Bauteile zu erreichen. Nach Ablauf der Zeitdauer  $t_{start}$  oder dem Erreichen des Temperaturanfangswertes  $\vartheta_{w,start}$  wird der durch die Kühlmittelpumpe 3 erzeugte Kühlmittelstrom  $\dot{m}_w$  kontinuierlich vergrößert, bis erstmalig der minimale Kühlmittelstrom  $\dot{m}_{w,min}$  für die Einhaltung des Differenztemperatur-Sollwertes  $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$  zwischen Motoren- und austritt erreicht ist. Aus dem minimalen Kühl-

mittelstrom  $\dot{m}_{w,min}$  wird im Steuergerät 5 das Ansteuersignal  $S_{pump,min}$  für die Kühlmittelpumpe 3 berechnet. Ab dem erstmaligen Erreichen des minimalen Kühlmittelstroms  $\dot{m}_{w,min}$  wird die Kühlmittelpumpe 3 auf die Einhaltung des Differenztemperatur-Sollwertes  $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$  des Kühlmittels mit einem Ansteuersignal  $S_{pump,warm}$  geregelt. Der für die Regelung notwendige Differenztemperatur-Istwert  $\Delta\vartheta_{w,Mot,ist}$  ergibt sich aus dem Wärmestrom  $\dot{Q}_{Mot}$  vom Verbrennungskraftmotor in das Kühlmittel, der sich wiederum aus dem momentanen Kühlmittelstrom  $\dot{m}_w$ , der momentanen Motorlast  $L_{Mot}$  und der Motordrehzahl  $n$  errechnet. Vorzugsweise ist der Wärmestrom  $\dot{Q}_{Mot}$  als Kennfeld im Steuergerät 5 für den speziellen Verbrennungskraftmotor 2 abgelegt.

Nach dem Erreichen des minimalen Kühlmittelstroms  $\dot{m}_{w,min}$  sollte das Reagieren der Kühlmittelpumpe 3 auf kurzfristige Motorlast- und Drehzahländerungen verhindert werden. Da aufgrund der thermischen Trägheit des Verbrennungskraftmotors 2 kurzzeitige Änderungen der Motorlast  $L_{Mot}$  und der Motordrehzahl  $n$  für den Wärmestrom  $\dot{Q}_{Mot}$  in das Kühlmittel keine Rolle spielen, würde das Mitführen der Drehzahl der Kühlmittelpumpe 3 einen unnötigen Energieverbrauch darstellen. Das Ansteuersignal  $S_{pump}$  für die Kühlmittelpumpe wird daher mit einem dynamischen Übertragungsverhalten belegt, dessen Zeitkonstanten  $T_{stg}$  so gewählt ist, daß das Zeitverhalten der Kühlmittelpumpe etwa dem Verhalten des Wärmestroms  $\dot{Q}_{Mot}$  vom Verbrennungskraftmotor in das Kühlmittel. Hieraus ergibt sich, daß die Drehzahländerung der Kühlmittelpumpe 3 der Änderung des Wärmestroms  $\dot{Q}_{Mot}$  in das Kühlmittel folgt.

Während der Warmlaufphase V1 wird das Gebläse 4 nicht angesteuert, d. h. es wird kein Luftstrom  $\dot{m}_l$  durch das Kühlermodul 1 erzeugt. Die Warmlaufphase V1 ist beendet, wenn erstmalig die momentane Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  den Temperaturgrenzwert  $\vartheta_{w,warm}$  erreicht.

Beim Erreichen des Temperaturgrenzwertes  $\vartheta_{w,warm}$  (Figur 4) findet neben der Regelung in Abhängigkeit des Differenztemperatur-Sollwertes  $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$  auch eine Regelung der Kühlmitteltemperatur in Abhängigkeit eines Temperatur-Sollwertes  $\vartheta_{w,soll}$  nach dem Algorithmus für den Fahrbetrieb V2 bei Betriebstemperatur statt. Hierfür wird zunächst der Temperatur-Sollwert  $\vartheta_{w,soll}$  errechnet. Dazu liegt im Steuergerät 5 ein Kennfeld vor, in dem der optimale Temperatur-Sollwert  $\vartheta_{w,soll}$  für die vorgegebene Motortemperatur bei variabler Motorlast  $L_{Mot}$ , Motordrehzahl  $n$  und Kühlmittelstrom  $\dot{m}_w$  abgelegt ist. Aus diesem variablen Temperatur-Sollwert  $\vartheta_{w,soll}$  am Motorausstritt, dem Kühlmittelstrom  $\dot{m}_w$  und dem Wärmestrom  $\dot{Q}_{Mot}$  vom Verbrennungskraftmotor 2 in das Kühlmittel ergibt sich die Regeltemperatur  $\vartheta_{w,therm}$  für das temperaturabhängige Ventil 6, aus der das Ansteuersignal  $S_{therm}$  für das temperaturabhängige Ventil 6 ermittelt wird. Wie auch in einem herkömmlichen Kühlkreislauf regelt das Ventil 6 über die Kühlmittelströmungsverhältnisse zwischen dem über das Kühlermodul 1 geführten Leitungszweig a und dem Leitungszweig b die Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$ .

Aus der Berechnung des minimalen Kühlmittelstromes  $\dot{m}_{w,min}$  ergibt sich die erforderliche Mindestdrehzahl der Kühlmittelpumpe 3 und damit das optimale Ansteuersignal  $S_{pump,min}$ . Überschreitet die momentane Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  den Temperatursollwert  $\vartheta_{w,soll}$  am Motorausstritt um einen Differenzwert  $\Delta\vartheta_{w,heiß}$ , so wird entweder die Drehzahl der Kühlmittelpumpe 3 und damit der Kühlmittelstrom  $\dot{m}_w$  oder die Drehzahl des Gebläses 4 und damit der Luftstrom  $\dot{m}_l$  gesteigert. Ob es energetisch sinnvoller ist, Drehzahl der Kühlmittelpumpe 3 oder des Gebläses 4 zu verändern, wird einem zeitlichen Vergleich ihrer Wirkungsgrade für die Wärmeabfuhr am Kühlermodul 1 entnommen. Die Wärmeabfuhr bzw. der Wärmestrom  $\dot{Q}_{w,k}$  am Kühlermodul 1 hängt vom Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$  ab, der sich aus den Wärmeübergangskoeffizienten Kühlmittel-Kühlermodul und Kühlermodul-Luft ergibt und nach der Formel:

$$k = \frac{1}{A_k} \cdot \frac{(\dot{m}_l \cdot \dot{m}_w)^{0,8}}{a_k \cdot \dot{m}_w^{0,8} + b_k \cdot \dot{m}_l^{0,8} + c_k (\dot{m}_l \cdot \dot{m}_w)^{0,8}}$$

berechnet wird, wobei  $A_k$  die Fläche am Kühlermodul 1 und  $a_k$ ,  $b_k$  und  $c_k$  Konstanten für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten sind.

Um die Effektivität der Veränderung des Luftstroms  $\dot{m}_l$  und des Kühlmittelstroms  $\dot{m}_w$  zu beurteilen werden die partiellen Ableitungen gebildet:

$$\frac{\partial k \cdot A_k}{\partial \dot{m}_l} = \frac{0,8 \cdot \dot{m}_l^{-0,2}}{\left( a_k + \left( \frac{b_k}{\dot{m}_w^{0,8}} + c_k \right) \cdot \dot{m}_l^{0,8} \right)^2} = \eta_{k,l}$$

$$\frac{\partial k \cdot A_k}{\partial \dot{m}_w} = \frac{0,8 \cdot \dot{m}_w^{-0,2}}{\left( b_k + \left( \frac{a_k}{\dot{m}_l^{0,8}} + c_k \right) \cdot \dot{m}_w^{0,8} \right)^2} = \eta_{k,w}$$

Für jeden Betriebspunkt des Kühlermoduls ergibt sich damit die Größe der Wärmeabfuhrsteigerung pro Masseneinheit der beteiligten Stoffe. Setzt man diese Werte jetzt im Bezug zum Energieeinsatz  $P_L$ ,  $P_{wapu}$ , den man für die Bereitstellung des Kühlmittelstroms bzw. Luftstroms benötigt, erhält man einen Vergleichswert  $K_\eta$  zur Beurteilung der günstigsten Betriebspunktänderung.

$$K_\eta = \frac{\eta_{k,l} \cdot \frac{1}{P_L}}{\eta_{k,wapu} \cdot \frac{1}{P_{wapu}}}$$

Ist der Kennwert  $K_\eta > 1$  ist es Wirkungsgrad günstiger den Luftstrom  $\dot{m}_l$  zu steigern. Für  $K_\eta < 1$  sollte der Kühlmittelstrom  $\dot{m}_w$  erhöht werden.

Wenn der Kühlmittelkreislauf, wie in Figur 1 gezeigt, über einen Kühler 9 gleichzeitig zur Kühlung des Motoröls verwendet wird, kann mit einem nicht dargestellten Sensor die momentane Öltemperatur  $\vartheta_{öl}$  überwacht werden. Überschreitet die momentane Öltemperatur  $\vartheta_{öl}$  einen Grenztemperaturwert  $\vartheta_{öl,grenz}$  so wird schrittweise die Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  gesenkt, bis die Öltemperatur  $\vartheta_{öl}$  wieder unter diesen Grenztemperaturwert sinkt. Danach wird wieder die für die gewählte Motortemperatur benötigte Kühlmitteltemperatur eingestellt.

Das dynamische Verhalten der Regelung bei kurzzeitigen Veränderungen der Motorlast  $L_{Mot}$  und der Motordrehzahl  $n$  ist für die Einhaltung des Differenztemperatur-Sollwertes  $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$  und des Temperatur-Sollwertes  $\vartheta_{w,soll}$  unterschiedlich. Die Regelung nach dem Differenztemperatur-Sollwert  $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$  entspricht in ihrer Dynamik der des Warmlaufs V1. Die Regelung nach dem Temperatur-Sollwert  $\vartheta_{w,soll}$  mittels Variation des Ventilstroms  $S_{term}$  sowie der Drehzahlen von Kühlmittelpumpe 3 und Gebläse 4 muß schneller erfolgen. Bei der Auslegung muß ein Kompromiß gefunden werden zwischen einem energetischen Optimum und der Temperaturkonstanz der Bauteile des Verbrennungskraftmotors 2. Für die Energiebetrachtung ist es sinnvoll, kurzzeitige Temperaturänderungen der Bauteile, wie sie zum Beispiel beim Überholvorgang entstehen, zuzulassen. Optimiert man in Richtung Temperaturkonstanz der Bauteile des Verbrennungskraftmotors, so kann man durch die Reaktion auf Veränderungen der Motorlast eine Vorsteuerung gegenüber der Veränderung der Kühlmitteltemperatur  $\vartheta_{w,ist}$  bzw. des Wärmestroms  $\dot{Q}_{Mot}$  in das Kühlmittel erreichen. Wird ein Motorbetriebspunkt eingestellt, der einen erhöhten Wärmestrom  $\dot{Q}_{Mot}$  in das Kühlmittel zur Folge hätte, so kann man durch Steuerung des temperaturabhängigen Ventils 6 kälteres Kühlmittel in den Verbrennungskraftmotor pumpen, was einen höheren Wärmestrom  $\dot{Q}_{Mot}$  in das Kühlmittel und damit geringere Bauteiltemperaturschwankungen zur Folge hätte. Weiterhin kann im Vorgriff der Kühlmittelstrom  $\dot{m}_w$  oder der Luftstrom  $\dot{m}_l$  erhöht werden. Dies empfiehlt sich insbesondere, wenn das Ventil 6 aufgrund seiner Bauart nicht in der Lage ist, schnellen Änderungen zu folgen.

## BEZUGSZEICHENLISTE

|                                |                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1                              | Kühlermodul                          |
| 2                              | Verbrennungskraftmotor               |
| 3                              | Kühlmittelpumpe                      |
| 4                              | Gebläse                              |
| 5                              | Steuergerät                          |
| 6                              | temperaturabhängiges Ventil          |
| 7                              | Ausgleichsbehälter                   |
| 8                              | Wärmetauscher                        |
| 9                              | Kühler                               |
| 10                             | Kühler                               |
| 11                             | Temperatursensor                     |
| a-f                            | Leitungszeige                        |
| $\dot{m}_{w, \min}$            | minimaler Kühlmittelstrom            |
| $\dot{m}_w$                    | Kühlmittelstrom                      |
| $\dot{m}_l$                    | Luftstrom                            |
| $\vartheta_{w,warml}$          | Temperaturgrenzwert für den Warmlauf |
| $\Delta\vartheta_{w,Mot,ist}$  | Differenztemperatur-Istwert          |
| $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$ | Differenztemperatur-Sollwert         |
| $\vartheta_{w,soll}$           | Temperatursollwert                   |
| $\vartheta_{w,nach}$           | Temperaturgrenzwert für den Nachlauf |
| $t_{start}$                    | Zeitdauer der Verzögerung            |
| $\vartheta_{w,start}$          | Temperaturanfangswert                |

|    |                            |                                                             |
|----|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
|    | $\vartheta_{w,therm}$      | Regeltemperatur des temperaturabhängigen Ventils            |
|    | $\Delta\vartheta_{w,heiß}$ | Differenzwert                                               |
|    | $\vartheta_{w,ist}$        | momentane Temperatur des Kühlmittels am Motoraustritt       |
|    | $L_{Mot}$                  | Motorlast                                                   |
| 5  | $n$                        | Motordrehzahl                                               |
|    | $\dot{Q}_{w,k}$            | Wärmestrom am Kühlermodul                                   |
|    | $\dot{Q}_{Mot}$            | Wärmestrom                                                  |
|    | V1                         | Warmlauf                                                    |
|    | V2                         | Fahrbetrieb bei Betriebstemperatur                          |
| 10 | V3                         | Nachlauf                                                    |
|    | $S_{sen}$                  | Ausgangssignal des Temperatursensors                        |
|    | $S_{pump}$                 | Ansteuersignal für die Kühlmittelpumpe                      |
|    | $S_{pump,min}$             | Ansteuersignal für den minimalen Kühlmittelstrom            |
|    | $S_{pump,warml}$           | Ansteuersignal für die Kühlmittelpumpe in der Warmlaufphase |
| 15 | $S_{therm}$                | Ansteuersignal für das Ventil                               |
|    | $S_{luft}$                 | Ansteuersignal für das Gebläse                              |
|    | $T_{stg}$                  | Zeitkonstante                                               |
|    | $\vartheta_{Öl}$           | Öltemperatur                                                |
|    | $\vartheta_{Öl,Grenz}$     | Grenztemperaturwert                                         |
| 20 | $k$                        | Wärmedurchgangskoeffizient                                  |
|    | $A_k$                      | Fläche am Kühlermodul                                       |
|    | $a_k, b_k, c_k$            | Konstanten                                                  |
|    | $P_L$                      | Energieeinsatz für das Gebläse                              |
|    | $P_{wapu}$                 | Energieeinsatz für die Kühlmittelpumpe                      |
| 25 | $K_\eta$                   | Vergleichswert                                              |
|    | $\eta_{k,wapu}$            | Wirkungsgrad der Kühlmittelpumpe                            |
|    | $\eta_{k,l}$               | Wirkungsgrad des Gebläses                                   |

## Patentansprüche

- 30
- Verfahren zur Regelung eines Kühlkreislaufes eines Verbrennungskraftmotors, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, mit mindestens einer Kühlmittelpumpe zur Einstellung eines Kühlmittelstromes, einem Kühlermodul, in dem ein Wärmeaustausch zwischen einem mittels eines Gebläses einstellbaren Luftstromes und dem Kühlmittel erfolgt, eventuell einem temperaturabhängigen Ventil zum Einstellen eines Mischungsverhältnisses zwischen dem über das Kühlermodul geführten Kühlmittelstrom und einem über einen zweiten Strömungszweig geführten Kühlmittelstrom, und einem Steuergerät, das mindestens den von der Kühlmittelpumpe erzeugten Kühlmittelstrom und den von dem Gebläse erzeugten Luftstrom steuert,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der von der Kühlmittelpumpe (3) erzeugte Kühlmittelstrom ( $\dot{m}_w$ ) und der von dem Gebläse (4) erzeugte Luftstrom ( $\dot{m}_l$ ) durch das Kühlermodul (1) unterhalb eines Temperaturgrenzwertes ( $\vartheta_{w,warml}$ ) des Kühlmittels in Abhängigkeit eines Differenz-Sollwertes ( $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$ ) des Kühlmittels zwischen dem Motoreintritt und dem Motoraustritt und nach Erreichen des Temperaturgrenzwertes ( $\vartheta_{w,warml}$ ) in Abhängigkeit sowohl des Differenztemperatur-Sollwertes ( $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$ ) als auch eines Temperatur-Sollwertes ( $\vartheta_{w,soll}$ ) geregelt wird.
  - Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Differenztemperatur-Sollwert ( $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$ ) und/oder der Temperatur-Sollwert ( $\vartheta_{w,soll}$ ) von dem Betriebspunkt ( $L_{Mot,n}$ ) des Verbrennungskraftmotors (2) abhängig sind.
  - Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturgrenzwert ( $\vartheta_{w,warml}$ ) das Ende der Warmlaufphase (V1) des Verbrennungskraftmotors (2) kennzeichnet.
  - Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb des Temperaturgrenzwertes ( $\vartheta_{w,warml}$ ) nur der durch die Kühlmittelpumpe (3) erzeugte Kühlmittelstrom ( $\dot{m}_w$ ) in Abhängigkeit der Differenztemperatur ( $\Delta\vartheta_{w,Mot,soll}$ ) geregelt wird, jedoch kein Luftstrom ( $\dot{m}_l$ ) vom Gebläse (4) erzeugt wird.
  - Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Starten des Verbrennungskraftmotors (2) unterhalb einer Kühlmittelanfangstemperatur ( $\vartheta_{w,start}$ ), die kleiner ist als der Temperaturgrenzwert ( $\vartheta_{w,warml}$ ) und während einer vorgegebenen Zeitdauer ( $t_{start}$ ) weder ein Kühlmittelstrom ( $\dot{m}_w$ ) von der Kühlmittelpumpe (3) noch ein Luftstrom ( $\dot{m}_l$ ) vom Gebläse (4) erzeugt wird.
- 55

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der vorgebbaren Zeitdauer ( $t_{\text{start}}$ ) in Abhängigkeit der seit dem Start der Brennkraftmaschine vorgekommenen Betriebspunkte definiert wird.
  
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der Kühlmittelpumpe (3) und/oder des Gebläses (4) mit einer Verzögerung erfolgt, deren Zeitkonstanten ( $T_{\text{stg,wapu}}$ ;  $T_{\text{stg,l}}$ ) so gewählt sind, daß das Zeitverhalten der Kühlmittelpumpe (3) und/oder des Gebläses (4) dem Verhalten des Wärmestromes ( $\dot{Q}_{\text{Mot}}$ ) vom Verbrennungskraftmotor (2)  $L_{\text{in}}$  das Kühlmittel bei hohen Motordrehzahlen ( $n$ ) entspricht.
  
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach Erreichen des Temperaturgrenzwertes ( $\vartheta_{\text{w,warml}}$ ) und der durch die Kühlmittelpumpe (3) erzeugte Kühlmittelstrom ( $\dot{m}_{\text{w}}$ ) und der durch das Gebläse (4) entstellbare Luftstrom ( $\dot{m}_{\text{l}}$ ) in Abhängigkeit eines zeitlichen Vergleiches der Wirkungsgrade ( $\eta_{\text{k,wapu;k,l}}$ ) von Kühlmittelpumpe und Gebläse für die Wärmeabfuhr am Kühlermodul (1) gesteuert werden.
  
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperatursollwert ( $\vartheta_{\text{w,soll}}$ ) in Abhängigkeit einer für jeden Betriebspunkt ( $L_{\text{Mot,n}}$ ) des Verbrennungskraftmotors (2) optimalen Motortemperatur ermittelt wird.
  
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein für die Regelung in Abhängigkeit des Differenztemperatur-Sollwerts ( $\Delta\vartheta_{\text{w,Mot,soll}}$ ) notwendiger Differenztemperatur-Istwert ( $\Delta\vartheta_{\text{w,Mot,ist}}$ ) aus dem Wärmestrom ( $\dot{Q}_{\text{Mot}}$ ) vom Verbrennungskraftmotor (2) in das Kühlmittel und dem Kühlmittelstrom ( $\dot{m}_{\text{w}}$ ) ermittelt wird.
  
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmestrom ( $\dot{Q}_{\text{Mot}}$ ) vom Verbrennungskraftmotor (2) in das Kühlmittel vom Betriebspunkt ( $L_{\text{Mot,n}}$ ) des Verbrennungskraftmotors (2) und vom Kühlmittelstrom ( $\dot{m}_{\text{w}}$ ) abhängig im Steuergerät (5) abgelegt ist.

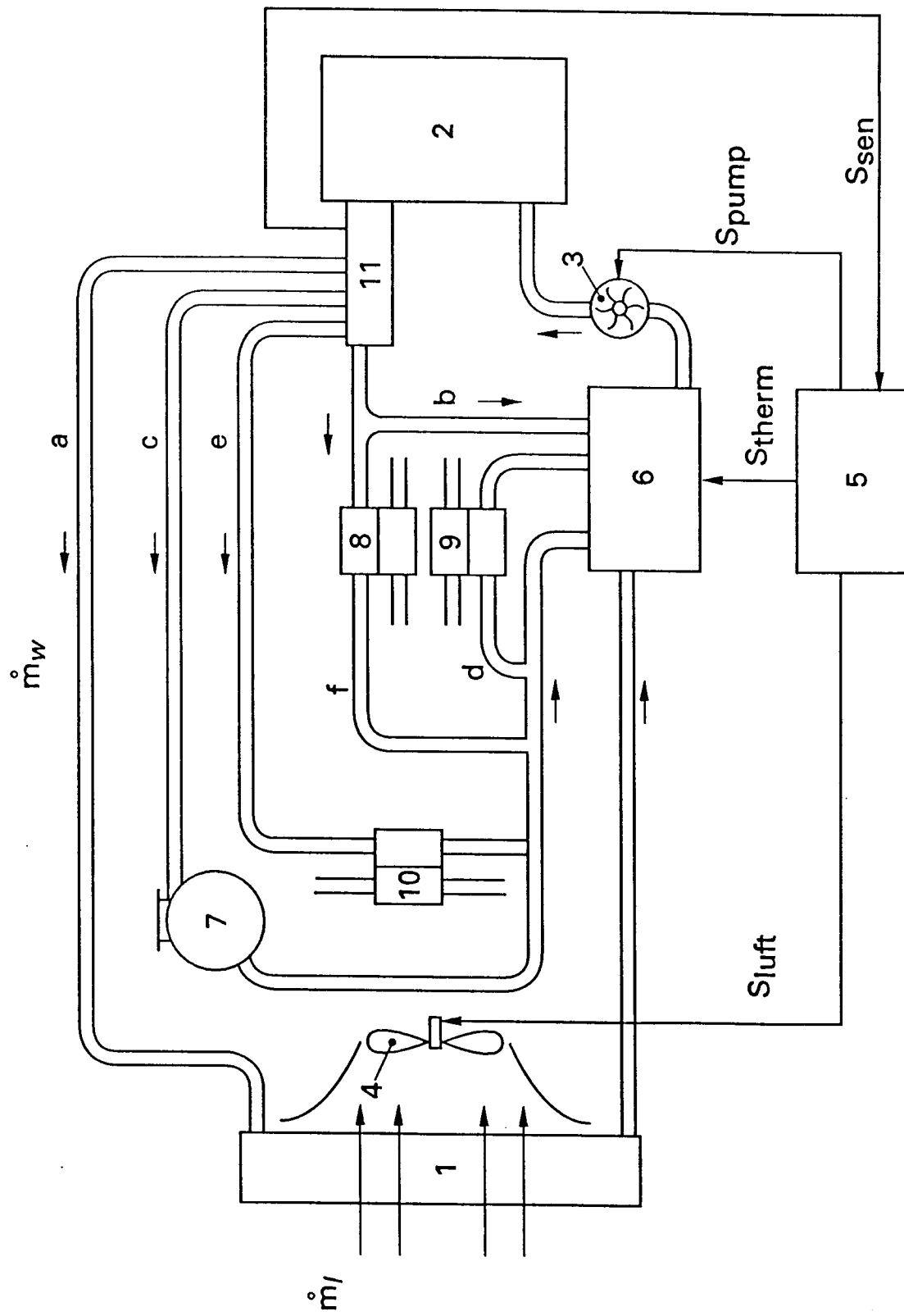


FIG 1



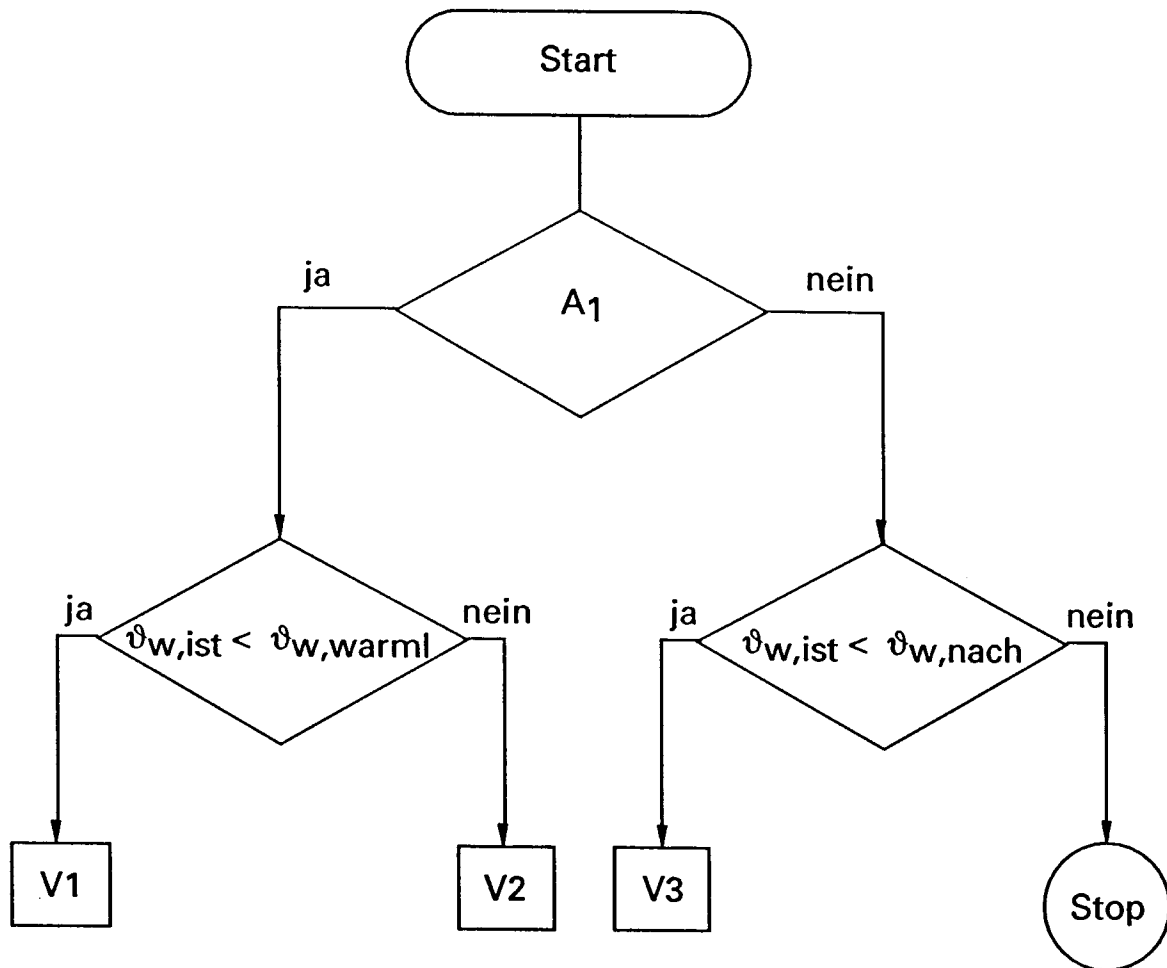


FIG 2

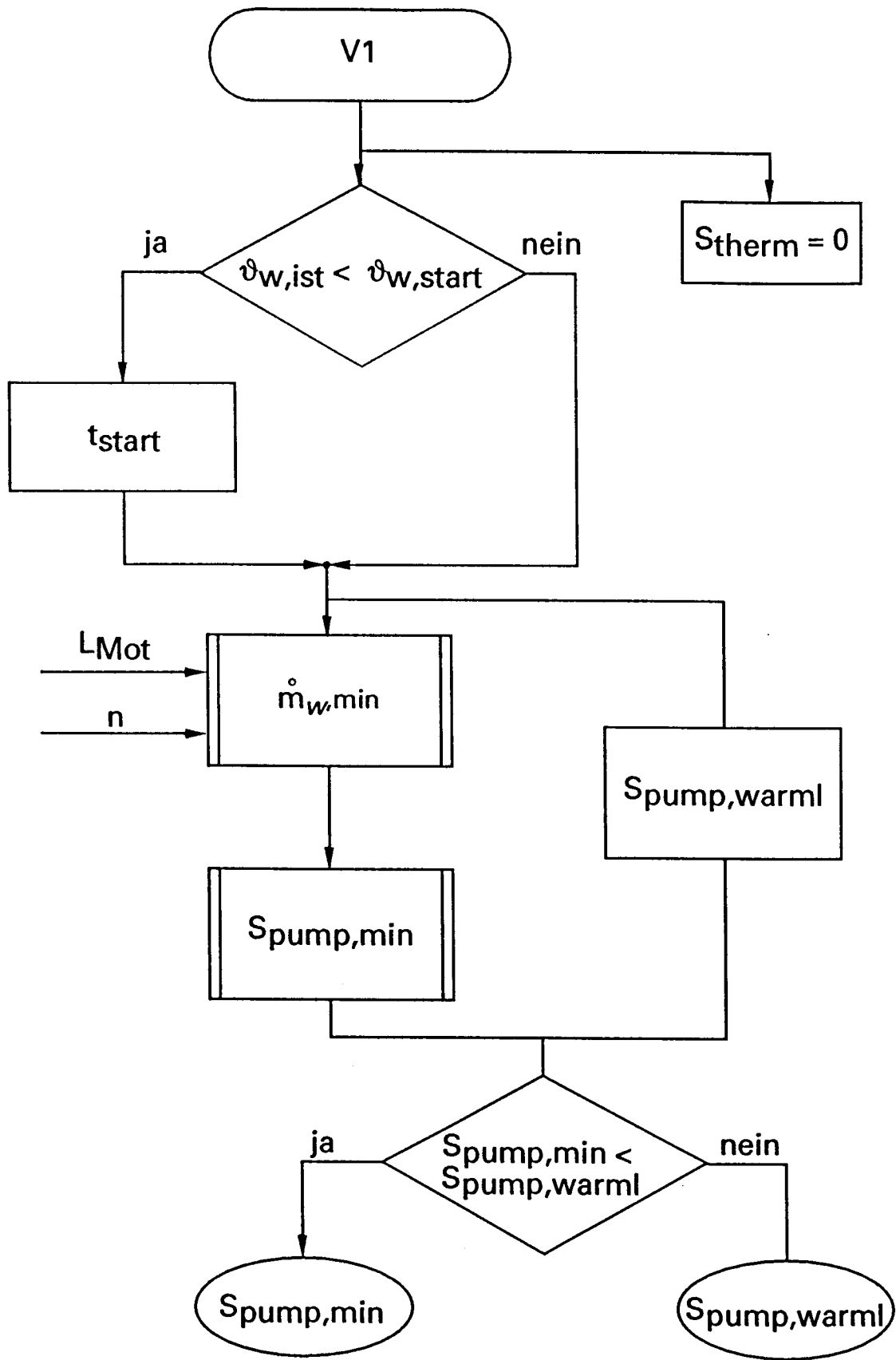


FIG 3

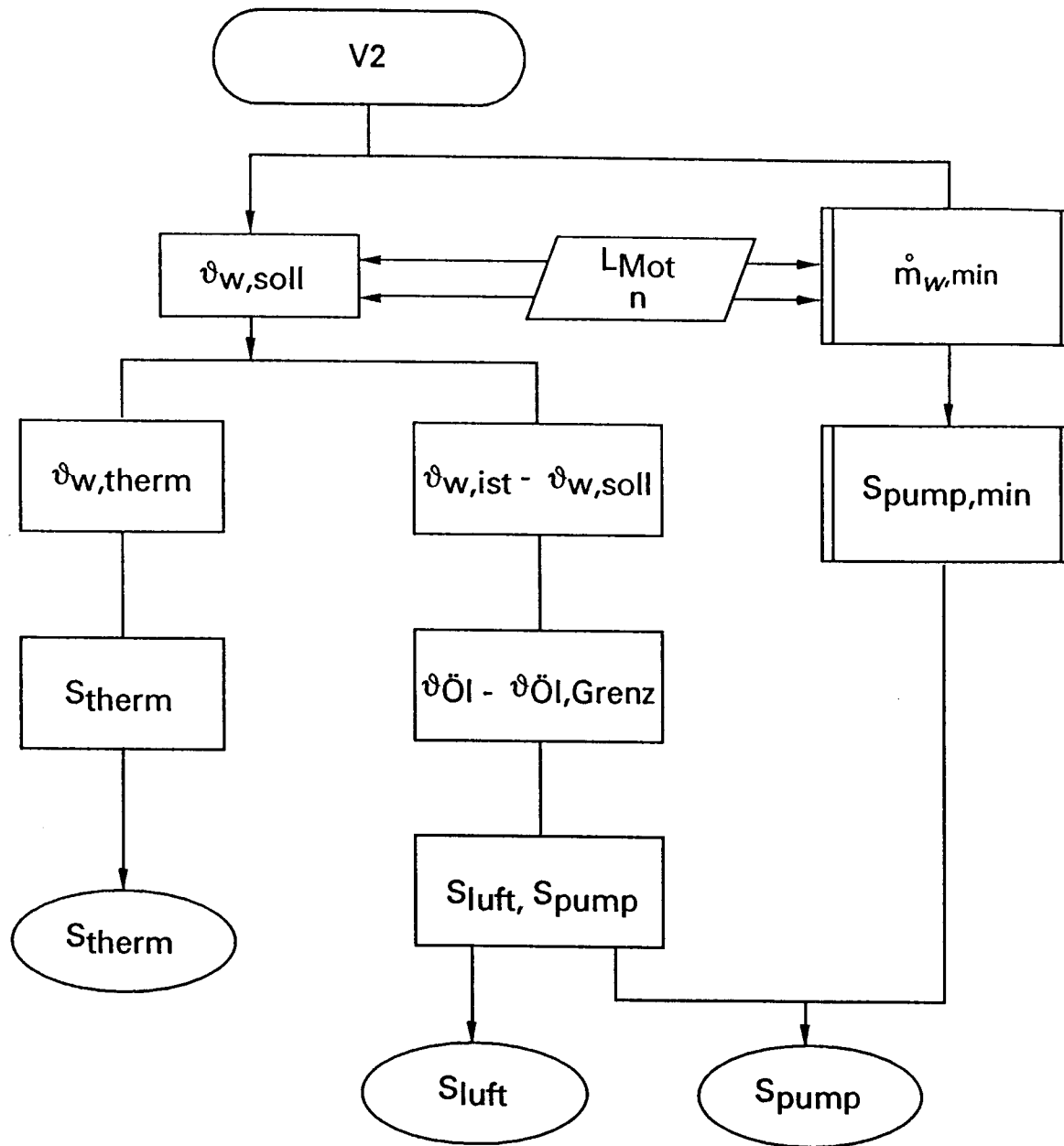


FIG 4



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 10 0636

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                           | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                 | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                   | WO-A-84 00578 (EQUIPEMENTS AUTOMOBILES MARCHAL)                                                                                                     | 1,3,4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | F01P7/16                                |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                   | * das ganze Dokument *                                                                                                                              | 2,9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                   | ---                                                                                                                                                 | 5,8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                         |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                   | EP-A-0 557 113 (HONDA)<br>* Spalte 5, Zeile 19 - Spalte 9, Zeile 31; Abbildungen *                                                                  | 2,9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                   | FR-A-2 384 106 (S.E.V. MARCAL)<br>* das ganze Dokument *                                                                                            | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 007, no. 169 (M-231), 26.Juli 1958<br>& JP-A-58 074824 (NISSAN JIDOSHA KK),<br>6.Mai 1983,<br>* Zusammenfassung * | 1,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | F01P                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                         |
| Recherchenort<br>DEN HAAG                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche<br>6.Juni 1996                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Prüfer<br>Kooijman, F                   |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                     | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                         |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                         |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)