(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 440 228 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.07.2007 Patentblatt 2007/29

(21) Anmeldenummer: **02779109.4**

(22) Anmeldetag: **19.09.2002**

(51) Int Cl.:
F01P 11/16 *(2006.01)* ***F02B 77/08*** *(2006.01)*
F02F 11/00 *(2006.01)* ***F16J 15/06*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2002/003517

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/038251 (08.05.2003 Gazette 2003/19)

(54) **VERFAHREN, COMPUTERPROGRAMM UND STEUER- UND/ODER REGELGERÄT ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE, SOWIE BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD, COMPUTER PROGRAM AND CONTROL AND/OR REGULATION DEVICE, FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, AS WELL AS AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCEDE, PROGRAMME INFORMATIQUE ET APPAREIL DE COMMANDE ET/OU DE REGULATION, SERVANT AU FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE, ET MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR IT SE SK TR

(30) Priorität: **22.10.2001 DE 10153486**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.07.2004 Patentblatt 2004/31

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

(72) Erfinder:
- **SCHMITT, Manfred**
  64646 Heppenheim (DE)
- **GERUNDT, Oliver**
  70567 Stuttgart (DE)
- **WINDISCH, Herbert**
  74177 Bad Friedrichshall (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 816 663
EP-A- 1 072 766
DE-A- 4 207 403
US-A- 4 768 484
US-A- 5 380 014
US-A- 5 724 924

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).

EP 1 440 228 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In der DE 199 38 614 A1 wird ein Kühlkreislauf für einen Verbrennungsmotor beschrieben, bei dem der Motorblock und der Zylinderkopf der Brennkraftmaschine von Kühlwasser durchströmt werden, welches von einem Kühler gekühlt wird. Eine Steuereinheit erhält Signale von Temperatursensoren, welche Temperaturen des Motorblocks, des Zylinderkopfes und des Kühlwassers erfassen. Eine elektrisch angetriebene Kühlwasserpumpe sowie im Kühlkreislauf vorhandene Ventile werden von einer Steuereinheit so angesteuert, dass keine der von den Sensoren erfassten Temperaturen ein vorgegebenes Maximum überschreitet.

[0003] Bei dem bekannten Kühlkreislauf hängt der Betrieb der Kühleinrichtung zwar vom Betriebszustand bzw. der Temperatur von Bereichen der Brennkraftmaschine ab. Die Temperaturen werden jedoch an solchen Stellen der Brennkraftmaschine erfasst, welche nur relativ träge auf Änderungen des thermischen Betriebszustandes der Brennkraftmaschine reagieren. Der Grund hierfür ist, dass die eigentlich thermisch hoch belasteten Stellen nicht zugänglich sind. Um dennoch sicherstellen zu können, dass die thermisch am höchsten belasteten Bauteile im Inneren der Brennkraftmaschine, insbesondere im Brennraum der Brennkraftmaschine, eine bestimmte maximal zulässige Temperatur nicht überschreiten, muss bei dem bekannten Kühlkreislauf und dem entsprechenden Verfahren stärker gekühlt werden, als dies an sich erforderlich wäre. Dies reduziert wiederum den Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine. Auch wird indirekt der Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine erhöht, da die Kühlwasserpumpe mit einer größeren Leistung als an sich notwendig betrieben werden muss.

[0004] Aus der DE 42 07 403 A1 ist eine Zylinderkopfdichtung für eine Brennkraftmaschine bekannt, in die ein Temperatursensor integriert ist.

[0005] Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine besser ist und weniger Kraftstoff im Betrieb der Brennkraftmaschine verbraucht wird.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteile der Erfindung

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Temperatur zur Beeinflussung der Kühleinrichtung verwendet, welche den thermischen Zustand der hochbelasteten Bereiche im Inneren der Brennkraftmaschine sehr gut und spontan wiedergibt. Das entsprechende Sensorsignal spricht also direkt auf Änderungen des Betriebszustands der Brennkraftmaschine an. Ein "Hinterherhinken" der erfassten Temperatur gegenüber der Bauteiltemperatur an der eigentlich relevanten Stelle ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren somit nicht oder wenigstens nicht in relevantem Umfang vorhanden.

[0008] Dabei wurde festgestellt, dass derartige, für die Beeinflussung der Kühleinrichtung aussagekräftige Temperaturen insbesondere im Bereich der Zylinderkopfdichtung auftreten. Deren Messung ist technisch realisierbar, da die hierzu notwendigen Temperatursensoren beispielsweise im Siebdruckverfahren in die Zylinderkopfdichtung integriert werden können.

[0009] Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die relevanten, sich aus dem aktuellen Betriebszustand spontan einstellenden Temperaturen an den thermisch hochbelasteten Stellen bekannt sind, kann die Kühleinrichtung spontan auf die unterschiedlichen Betriebszustände der Brennkraftmaschine reagieren. Die sonst erforderlichen Sicherheitsmargen, mit denen bisher verhindert werden soll, dass die thermisch hochbelasteten Bauteile im Inneren der Brennkraftmaschine überlastet werden, können daher bei dem erfindungsgemäßen Verfahren geringer ausfallen oder komplett entfallen.

[0010] In vielen Betriebszuständen arbeitet die Brennkraftmaschine daher mit einem höheren Wirkungsgrad. Darüber hinaus wird der Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine gesenkt, da die Kühleinrichtung, und hier insbesondere eine Kühlmittelpumpe, in vielen Betriebszuständen der Brennkraftmaschine mit einer geringeren Leistung arbeiten kann.

[0011] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0012] In einer ersten Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass die Temperatur auf einer der Zylinderkopfdichtung zugewandten Dichtfläche eines Zylinderkopfs an einer Stelle erfasst wird, welche im Hinblick auf die Temperatur mit der Temperatur an einem thermisch hochbelasteten Ort eines Zylinderkopfs korreliert, welcher auf der Brennraumseite des Zylinderkopfs neben dem Auslassventil liegt.

Der Bereich im Zylinderkopf in der Nähe des Auslassventils ist für das Kühlfluid relativ schlecht zugänglich. Daher ist dieser Bereich bei vielen Typen von Brennkraftmaschinen thermisch mit am höchsten belastet.

[0013] Es wurde nun festgestellt, dass die Temperatur an einer Stelle, welche auf der der Zylinderkopfdichtung zugewanden Dichtflächefläche des Zylinderkopfes und im Allgemeinen in der Nähe des Auslassventils der Brennkraftmaschine liegt, bei vielen Brennkraftmaschinen gut mit der Temperatur dieses thermisch hoch belasteten Bereiches korreliert. Bei diesem erfindungsgemäßen Verfahren wird also eine für die Beeinflussung der Kühleinrichtung in vielen Fällen besonders relevante Temperatur mit hoher Präzision erfasst.

[0014] Ferner wird vorgeschlagen, dass die Temperatur des Kühlfluids erfasst wird und der Betrieb der Kühleinrichtung auch von der erfassten Temperatur des Kühlfluids abhängt. Ein für den Betrieb der Brennkraftmaschine besonders relevanter Zustand des Kühlmittels liegt

dann vor, wenn im Kühlmittel Siedeblasen auftreten. Ein solches Blasensieden hängt wiederum in erheblichem Umfange von der Temperatur des Kühlfluids ab. Bei dieser Weiterbildung kann die Beeinflussung der Kühleinrichtung daher mit noch größerer Präzision erfolgen. Das Auftreten von Blasensieden wird aber auch von der Temperatur der benetzten Oberfläche beeinflusst. Die Kenntnis von deren Temperatur ist daher für die Vorhersage des Auftretens von Blasensieden ebenfalls hilfreich.

[0015] Dabei wird besonders bevorzugt, wenn eine Bauteiltemperatur auf einer der Zylinderkopfdichtung zugewandten Dichtfläche eines Zylinders an einem Ort gemessen wird, welcher einem benachbarten Zylinder am nächsten ist, und dass die Temperatur des Kühlfluids in einem Strömungsraum zwischen den beiden benachbarten Zylindern erfasst wird. Zwischen zwei benachbarten Zylinderbuchsen ist das Strömungsvolumen des Kühlfluids relativ gering und gleichzeitig die Bauteiltemperatur am Zylinder vergleichsweise hoch. Blasensieden des Kühlfluids wird daher an dieser Stelle mit großer Wahrscheinlichkeit zuerst auftreten.

[0016] Dadurch, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Temperaturen an dieser kritischen Stelle bekannt sind, kann das Auftreten von Blasensieden an dieser Stelle mit hoher Präzision vorhergesagt werden. Hierdurch wird die Sicherheit beim Betrieb der Brennkraftmaschine erhöht. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die thermisch kritischen Bereiche von Brennkraftmaschine zu Brennkraftmaschine unterschiedlich sein können. Sie werden vorzugsweise für jeden Typ einer Brennkraftmaschine vorab durch Versuche ermittelt.

[0017] Möglich ist auch, dass der Betrieb der Kühleinrichtung so beeinflusst wird, dass die gewünschte Temperatur an dem innerhalb der Brennkraftmaschine gelegenen und nur schwer oder überhaupt nicht zugänglichen Ort des Bauteils in etwa konstant gehalten wird. Hierdurch wird die thermische Wechselbelastung des Bauteils minimiert und die Lebensdauer des Bauteils nochmals verlängert.

[0018] Eine mögliche Betriebsstrategie besteht auch darin, dass der Betrieb der Kühleinrichtung so beeinflusst wird, dass im Betrieb der Brennkraftmaschine im Kühlmittel an keiner Stelle Blasensieden auftritt. Dies ist eine vergleichsweise sichere Betriebsstrategie, da bei starkem Blasensieden der Wärmeübergang von den Bauteilen der Brennkraftmaschine zum Kühlfluid deutlich abfällt, was zu einer verminderten Kühlleistung der Kühleinrichtung führt. Hierdurch besteht die Gefahr einer Überhitzung der Brennkraftmaschine mit entsprechenden nachteiligen Auswirkungen auf die Lebensdauer der Brennkraftmaschine.

[0019] Möglich ist aber auch, dass der Betrieb der Kühleinrichtung so beeinflusst wird, dass im Betrieb der Brennkraftmaschine im Kühlmittel wenigstens bereichsweise leichtes Blasensieden auftritt, derart, dass der Wärmeübergangskoeffizient oder die Wärmestromdichte in dem entsprechenden Bereich in etwa maximal ist. Bei dieser Weiterbildung wird der physikalische Effekt ausgenutzt, dass bei leichtem Blasensieden der Wärmeübergangskoeffizient größer ist als in einem Betriebszustand, in dem kein Blasensieden auftritt. Bei leichtem Blasensieden wird die Wärme also am besten vom entsprechenden Bauteil in das Kühlfluid abgeleitet. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass ausgeschlossen ist, dass das Blasensieden zu stark wird und hierdurch der Wärmeübergang vom Bauteil in das Kühlfluid zusammenbricht.

[0020] Dabei wird besonders bevorzugt, wenn der Volumenstrom und die Temperatur des Kühlfluids so beeinflusst werden, dass die gewünschte Bauteiltemperatur mit der geringstmöglichen Förderleistung der Kühleinrichtung erzielt wird. Ein solches Regelprinzip ist einfach zu realisieren und führt aufgrund der geringstmöglichen Förderleistung der Kühleinrichtung zu einer signifikanten Kraftstoffeinsparung.

[0021] Vorgeschlagen wird auch, dass aus der ermittelten Bauteiltemperatur und der erfassten Temperatur des Kühlfluids und/oder aus einer Strömungsgeschwindigkeit des Kühlfluids und/oder aus einem Druck des Kühlfluids und/oder aus einer Last der Brennkraftmaschine jene Temperatur des Kühlfluids ermittelt wird, bei der leichtes Blasensieden im Kühlfluid auftritt. Hierdurch kann die Temperaturgrenze, welche, je nach Betriebsstrategie, unter keinen Umständen erreicht werden darf oder welche gerade erreicht werden soll, an die sich dynamisch verändernden Betriebszustände der Brennkraftmaschine angepasst werden. Dies ermöglicht es, in unterschiedlichen Betriebzuständen der Brennkraftmaschine die Leistungsmöglichkeiten der Kühleinrichtung optimal auszunutzen.

[0022] Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass der Betrieb der Kühleinrichtung so beeinflusst wird, dass ein Schmiermittel, mit dem bewegliche Teile und/oder Lager der Brennkraftmaschine geschmiert werden, im Betrieb der Brennkraftmaschine in etwa eine gewünschte Temperatur aufweist. Das Schmiermittel hat bei der gewünschten Temperatur vorzugsweise optimale Schmierungseigenschaften, was zu einem günstigen Verschleißverhalten, längerer Lebensdauer der beweglichen Teile und der Lager und zu einem geringeren Kraftstoffverbrauch führt.

[0023] Besonders vorteilhaft ist auch jene Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welcher dann, wenn die maximale Leistung der Kühleinrichtung erreicht und eine bestimmte Temperatur im Kühlmittel und/oder an einem Bauteil und/oder in dem Schmiermittel erreicht oder überschritten wird, die Leistung der Brennkraftmaschine derart begrenzt wird, dass das Kühlmittel und/oder das Bauteil und/oder das Schmiermittel die bestimmte Temperatur nicht überschreitet oder mindestens auf die bestimmte Temperatur abkühlt. Eine solche situationsabhängige Begrenzung der Leistung der Brennkraftmaschine erhöht die Betriebssicherheit und verlängert die Lebensdauer der Brennkraftmaschine, da verhindert wird, dass es in extremen Betriebssituationen

und/oder bei einem Defekt in der Kühleinrichtung in der Brennkraftmaschine zu örtlichen und schädlichen Überhitzungen kommt.

[0024] Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm nach Anspruch 12.

[0025] Ferner betrifft die Erfindung ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 13.

[0026] Schließlich betrifft die Erfindung noch eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 14.

Zeichnung

[0027] Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1: eine Prinzipdarstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Motorblock, einem Zylinderkopf und einer Kühleinrichtung;

Fig. 2: eine perspektivische Draufsicht auf einen Bereich des Zylinderkopfs der Brennkraftmaschine von Fig. 1 ;

Fig. 3: eine perspektivische Draufsicht auf einen Bereich des Motorblocks der Brennkraftmaschine von Fig. 1;

Fig. 4: ein Detail der Darstellung von Fig. 3;

Fig. 5: ein Diagramm, in dem die in der Nähe eines Auslassventils des Zylinderkopfes auftretende Temperatur und eine hierzu korrelierende Temperatur an einer Zylinderkopfdichtung über der Zeit aufgetragen sind;

Fig. 6: drei Diagramme, in denen die Last der Brennkraftmaschine, die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs, in welches die Brennkraftmaschine eingebaut ist, und die bei Anwendung einer ersten Regelstrategie der Kühleinrichtung in der Nähe des Auslassventils des Zylinderkopfes des Zylinderkopfes auftretende Temperatur über der Zeit dargestellt sind;

Fig. 7: vier Diagramme, in denen die Last der Brennkraftmaschine, die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, in welches die Brennkraftmaschine eingebaut ist, die Temperatur an einem Ort des Zylinderblocks und die Temperatur des Kühlfluids bei einer zweiten Regelstrategie der Kühleinrichtung über der Zeit aufgetragen sind;

Fig. 8: vier Diagramme ähnlich zu Fig. 7 bei einer dritten Regelstrategie der Kühleinrichtung;

Fig. 9: drei Diagramme, in denen die Last der Brennkraftmaschine, die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, in welches die Brennkraftmaschine eingebaut ist, und die Temperatur eines Schmiermittels, welche bei einer vierten Regelstrategie der Kühleinrichtung auftritt, jeweils über der Zeit aufgetragen sind; und

Figur 10: vier Diagramme, in denen die Last der Brennkraftmaschine, die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, in welches die Brennkraftmaschine eingebaut ist, die Temperatur in der Nähe eines Auslassventils des Zylinderkopfs, und der Volumenstrom des Kühlwassers über der Zeit aufgetragen sind, welche bei einer eines Schmiermittels, welche in einer bestimmten Betriebssituation der Brennkraftmaschine auftreten.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0028] Eine Brennkraftmaschine trägt in Fig. 1 insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen Motorblock 12, mit dem ein Zylinderkopf 14 verbunden ist. Zwischen Motorblock und Zylinderkopf 14 ist eine Zylinderkopfdichtung 16 angeordnet. Die Brennkraftmaschine 10 ist in ein in der Zeichnung nicht dargestelltes Kraftfahrzeug eingebaut und dient zu dessen Antrieb.

[0029] Der Motorblock 12 wird ebenso wie der Zylinderkopf 14 von einer Kühleinrichtung 18 gekühlt. Diese umfasst eine elektrisch angetriebene Kühlwasserpumpe 20, welche auslassseitig mit dem Motorblock 12 und indirekt mit dem Zylinderkopf 14 verbunden ist (indirekt insoweit, als das Kühlwasser durch entsprechende Kanäle (nicht dargestellt) und Öffnungen in der Zylinderkopfdichtung 16 vom Motorblock 12 in den Zylinderkopf 14 strömt). Vom Zylinderkopf 14 führt eine Kühlwasserleitung 22 zu einem Ventil 24, mit dem der Kühlwasserstrom in eine Leitung 26, die über einen Wärmetauscher 28 zur elektrischen Kühlwasserpumpe 20 führt, und in eine Bypassleitung 30, welche unter Umgehung des Wärmetauschers 28 direkt zur elektrischen Kühlwasserpumpe 20 führt, verzweigt werden kann.

[0030] Verbrennungsluft wird dem Zylinderkopf 14 über ein Ansaugrohr 32 zugeführt, in dem eine elektrisch verstellbare Drosselklappe 34 angeordnet ist. Die heißen Verbrennungsabgase werden über ein Abgasrohr 36 abgeleitet.

[0031] Der Betriebszustand der Brennkraftmaschine 10 wird über mehrere Sensoren erfasst : Drei Temperatursensoren 38, 40 und 42 sind in die Zylinderkopfdichtung 16 integriert. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass PTC-Widerstände im Siebdruckverfahren auf die Zylinderkopfdichtung 16 aufgedruckt werden. Der Anbringungsort des Temperatursensors 38 ist dabei aus

Fig. 2 ersichtlich: In dieser ist der Bereich eines Zylinders 44 im Zylinderkopf 14 dargestellt. Sichtbar sind in Fig. 2 u.a. ein Ventilteller 46 eines Auslassventils und Ventilteller 48a und 48b entsprechender Einlassventile. Dargestellt ist auch eine den Zylinder 44 kreisringförmig umgebende und plan bearbeitete Dichtfläche 50 am Zylinderkopf 14. Ein Ort 51, an dem in Einbaulage der Temperatursensor 38 angeordnet ist, liegt im Bereich der Dichtfläche 50 in der Nähe des Ventiltellers 46 des Auslassventils. Der Temperatursensor 38 ist auf der Zylinderkopfdichtung 16 dem Zylinderkopf 14 zugewandt angeordnet.

[0032] Die Position der Temperatursensoren 40 und 42 geht aus den Fig. 3 und 4 hervor: Fig. 3 zeigt den Zylinder 44 und benachbarte Zylinder 43 und 45 im Motorblock 12. Erkennbar sind die Kolben (ohne Bezugszeichen) im Inneren der Zylinder 43, 44 und 45 sowie ein die einzelnen Zylinder 43, 44 und 45 umgebender Strömungsraum 52, welcher im Betrieb der Brennkraftmaschine 10 vom Kühlwasseer durchströmt wird.

[0033] Wie insbesondere aus Fig. 4 ersichtlich ist, ist der eine Temperatursensor 40 im Bereich einer plan bearbeiteten Dichtfläche 54 einer Laufbuchse (ohne Bezugszeichen) des Zylinders 43 angeordnet, und zwar an jener Stelle, welche zu dem daneben liegenden Zylinder 44 unmittelbar benachbart ist, und er ist auf der Zylinderkopfdichtung 16 dem Motorblock 14 zugewandt angeordnet. Der Temperatursensor 42 ist am Strömungsraum 52 zwischen den beiden Zylindern 43 und 44 unmittelbar neben dem Temperatursensor 40 angeordnet. Da mit dem Temperatursensor 42 die Temperatur des Kühlwassers gemessen werden soll, ist an der Stelle des Temperatursensors 42 eine zum Motorblock 12 hinweisende Deckschicht an der Zylinderkopfdichtung 16 nicht vorhanden.

[0034] Ein weiterer Temperatursensor 56 misst die Temperatur des in einem Ölsumpf 58 vorhandenen Schmieröls (vgl. Figur 1). Ein Drehzahlsensor 60 erfasst die Drehzahl einer Kurbelwelle 62 der Brennkraftmaschine 10. Ein Heißfilm-Luftmassenmesser (nachfolgend abgekürzt "HFM-Sensor" genannt) trägt das Bezugszeichen 64, ist stromaufwärts von der Drosselklappe 34 im Ansaugrohr 32 angeordnet und erfasst die Luftmasse, welche in die Brennräume der Brennkraftmaschine 10 gelangt. Diese ist wiederum repräsentativ für die Last der Brennkraftmaschine 10.

[0035] Alle Sensoren 38, 40, 42, 56, 60 und 64 liefern entsprechende Signale an ein Steuer- und Regelgerät 66. Dieses steuert wiederum u.a. die Drosselklappe 34 im Ansaugrohr 32 und die elektrische Kühlwasserpumpe 20 an. Auch das Ventil 24 wird vom Steuer- und Regelgerät 66 angesteuert.

[0036] Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, ist die Position des Temperatursensors 38 so gewählt, dass die im Betrieb der Brennkraftmaschine 10 vom Temperatursensor 38 gemessene Temperatur tm1 mit der Temperatur tk korreliert, welche im Betrieb an einer unmittelbar neben dem Ventilteller 46 des Auslassventils gelegenen Stelle in der brennraumseitigen Wand des Zylinderkopfes 14 auftritt. Diese Stelle ist in Fig. 2 durch ein Kreuz mit dem Bezugszeichen 68 gekennzeichnet. Bei Vorversuchen wurde festgestellt, dass an der mit dem Kreuz 68 bezeichneten Stelle im Zylinderkopf 14 der hier dargestellten Brennkraftmaschine 10 im Betrieb der Brennkraftmaschine 10 die höchsten Temperaturen auftreten. Diese Stelle wird somit thermisch besonders stark belastet. Die Korrelation der Messwerte tm1 mit der Temperatur tk wurde für die vorliegende Brennkraftmaschine ebenfalls in Vorversuchen ermittelt.

[0037] Eine erste, vergleichsweise einfache Regelstrategie der Kühleinrichtung 18 ist aus Fig. 6 ersichtlich: In deren oberstem Diagramm ist die vom HFM-Sensor 64 erfasste Luftfüllung rl bei einem typischen sich über einen Zeitraum t erstreckenden Betriebszyklus der Brennkraftmaschine 10 dargestellt. Die Luftfüllung rl entspricht bei der hier dargestellten Brennkraftmaschine der aktuellen Motorlast. Bei anderen Brennkraftmaschinen (beispielsweise mit Kraftstoff-Direkteinspritzung) kann in bestimmten Betriebszuständen beispielsweise auch die eingespritzte Kraftstoffmenge als Kriterium für die aktuelle Motorlast verwendet werden.

[0038] Ein zweites Diagramm in Fig. 6 zeigt die Geschwindigkeit V des Kraftfahrzeugs, in welches die Brennkraftmaschine 10 eingebaut ist. Da der Wärmetauscher 28 in der Kühleinrichtung 18 in wesentlichem Umfang vom Fahrtwind des Kraftfahrzeugs beaufschlagt wird, hat die Geschwindigkeit V des Kraftfahrzeugs einen direkten Einfluss auf die Wirkung des wärmetauschers 28 und somit auf den Betrieb der Kühleinrichtung 18.

[0039] Bei der in Fig. 6 dargestellten Regelstrategie der Kühleinrichtung 18 werden auf der Basis der vom Temperatursensor 38 gelieferten Messwerte tm1 einerseits die elektrische Kühlwasserpumpe 20 und andererseits das Ventil 24 so angesteuert, dass die Temperatur tk an der thermisch am höchsten belasteten Stelle 68 im Zylinderkopf 14 der Brennkraftmaschine 10 im Wesentlichen konstant ist und in etwa jener Temperatur tkmax entspricht, welche im Dauerbetrieb für das Material zulässig ist, aus welchem der Zylinderkopf 14 hergestellt ist. Hierzu wird das Signal des Temperatursensors 38 dem Steuer- und Regelgerät 66 zugeführt, welches das Ventil 24 so ansteuert, dass eine gewünschte Temperatur des Kühlmittels erreicht wird, und welches die elektrische Kühlwasserpumpe 20 so ansteuert, dass ein gewünschter Kühlwasser-Volumenstrom vorliegt. Die Temperatur des Kühlwassers kann dabei über das Signal des Temperatursensors 42 überwacht werden.

[0040] Eine zweite mögliche Regelstrategie der Kühleinrichtung 18 wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 7 erläutert: In dieser ist zunächst der gleiche Betriebszyklus wie in Fig. 6 aufgetragen, d.h. der gleiche Verlauf der Luftfüllung rl und der Fahrzeuggeschwindigkeit V. Die Regelung der Kühleinrichtung 18 erfolgt jedoch nicht mehr im Hinblick auf die maximal zulässige Bauteiltemperatur, sondern im Hinblick darauf, mit Sicherheit den Zustand des "Blasensiedens" im Kühlwasser der Kühl-

einrichtung 18 zu vermeiden.

[0041] Ein derartiges Blasensieden, also die Bildung von Dampfblasen innerhalb des Kühlwassers, kann in jenen Bereichen des Strömungsraumes 52 auftreten, in denen z.B. bei im Warmlauf der Brennkraftmaschine 10 abgeschalteter Kühlwasserpumpe 20, aber auch im normalen Betrieb der Brennkraftmaschine 10 die höchsten Kühlwassertemperaturen auftreten. Ein wichtiger Einflussfaktor für die Möglichkeit des Auftretens von Blasensieden ist aber auch die Temperatur tw einer Wand, welche jenen Bereich begrenzt, in dem die hohen Kühlwassertemperaturen auftreten. Die entsprechenden Stellen innerhalb einer Brennkraftmaschine können beispielsweise durch Vorversuche erfasst werden. Sie sind von einem Brennkraftmaschinentyp zum anderen unterschiedlich.

[0042] Bei der vorliegenden Brennkraftmaschine 10 ist ein für die Bildung von Dampfblasen kritischer Bereich im Strömungsraum 52 zwischen zwei Zylindern 43 und 44 bzw. 44 und 45 vorhanden. Dort erfolgt durch die relativ große äußere Umfangsfläche der Zylinder 43, 44 bzw. 44, 45 ein starker Wärmeeintrag in das Kühlwasser, bei gleichzeitig relativ geringer Strömungsgeschwindigkeit im Spalt zwischen zwei Zylindern 43, 44 bzw. 44, 45. Im Hinblick auf die Bildung von Dampfblasen in diesem Bereich wesentliche Betriebsparameter sind einerseits die Temperatur tf des Kühlwassers im Spalt zwischen den beiden Zylindern 43 und 44 und die Wandtemperatur tw beispielsweise des Zylinders 43. Wie bereits im Zusammenhang mit Fig. 4 erläutert wurde, sind zur Erfassung dieser beiden Temperaturen tw und tf die beiden Temperatursensoren 40 und 42 an den entsprechenden Stellen angeordnet. Die vom Sensor 40 erfasste Temperatur tm2 liegt im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine 10 ganz leicht oberhalb der tatsächlichen Wandtemperatur tw, die vom Sensor 42 erfasste Temperatur entspricht im wesentlichen der tatsächlichen Kühlwassertemperatur tf.

[0043] Wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, erfolgt die Regelung der Kühleinrichtung 18, also letztlich der elektrischen Kühlwasserpumpe 20 und des Ventils 24, durch das Steuer- und Regelgerät 66 so, dass unabhängig von der an der Brennkraftmaschine anstehenden Last (Luftfüllung rl) und der Fahrzeuggeschwindigkeit V einerseits die Wandtemperatur tw und die Kühlwassertemperatur tf immer unterhalb entsprechender Grenzen gtw bzw. gtf sind, bei denen mit dem Vorliegen von Blasensieden zu rechnen ist.

[0044] Wie aus Fig. 7 ebenfalls hervorgeht, sind die Grenztemperaturen gtw und gtf dabei nicht konstant. Sie werden stattdessen kontinuierlich abhängig von verschiedenen und sich im Betrieb der Brennkraftmaschine 10 ändernden Einflussgrößen aktuell ermittelt. Eine Einflussgröße ist beispielsweise der Systemdruck in der Kühleinrichtung 18, die Drehzahl der Kurbelwelle 62, welche vom Drehzahlsensor 60 erfasst wird, die aktuelle Last rl usw.. Die entsprechende Wandtemperatur tw und die entsprechende Temperatur tf des Kühlwassers wird durch eine entsprechende Ansteuerung der elektrischen Kühlwasserpumpe 20 bzw. des Ventils 24 eingestellt. Eine weitere Einflussgröße für die maximal zulässige Kühlwassertemperatur ist der aktuelle Volumenstrom des Kühlwassers innerhalb der Kühleinrichtung 18. Auch dieser Volumenstrom kann daher zur Bestimmung der Grenztemperatur gtf herangezogen werden.

[0045] In Fig. 8 ist eine nochmals andere, dritte Betriebsstrategie für den Betrieb der Kühleinrichtung 18 dargestellt. Auch hier ist der zeitliche Verlauf der Motorlast rl und der Fahrzeuggeschwindigkeit V identisch zu den in den Fig. 6 und 7 dargestellten Betriebsstrategien. Im Gegensatz zu der in Fig. 7 dargestellten Betriebsstrategie wird bei jener, welche in Fig. 8 dargestellt ist, Blasensieden jedoch ausdrücklich zugelassen. Dieser Betriebsstrategie liegt der Gedanke zugrunde, dass der Wärmeübergangskoeffizient von den Wänden der Zylinder 43, 44 und 45 zum Kühlwasser im Strömungsraum 52 dann maximal ist, wenn an den besagten Wänden in geringem Umfange Dampfblasen gebildet werden. Dieser Zustand wird auch als "leichtes Blasensieden" bezeichnet. Steigt die Wandtemperatur tw der Zylinder 43, 44 und 45 jedoch über jene Temperatur, bei der leichtes Blasensieden auftritt, an, werden die Dampfblasen größer und der Wärmeübergangskoeffizient fällt wegen der instabilen Filmbildung wieder stark ab.

[0046] Dadurch, dass die Kühlwassertemperatur tf mit Hilfe des Temperatursensors 42 sehr nahe an der Wand des Zylinders 43 erfasst wird und mit der Temperatur tw an der Außenseite der Wand des Zylinders 43 verglichen werden kann, welche sehr gut der vom Temperatursensor 40 erfassten Temperatur tm2 entspricht, kann eine Regelstrategie realisiert werden, welche auf eine Optimierung des Wärmeübergangskoeffizienten zwischen der Wand des Zylinders 43 und dem Kühlwasser hinausläuft. Wie aus Fig. 8 ersichtlich ist, liegen bei einer solchen Regelstrategie die entsprechenden Temperaturen tw und tf somit ständig knapp oberhalb der Grenztemperaturen gtw und gtf. Eine deratige Regelung der Kühleinrichtung 18, welche zu einem maximalen Wärmeübergangskoeffizienten führt, ermöglicht es, die Kühlwassertemperatur tf und den Volumenstrom des Kühlwassers im Motorblock 12 bzw. im Zylinderkopf 14 so einzustellen, dass eine gewünschte Temperatur im Zylinderkopf 14 mit der kleinstmöglichen Leistung der Kühlwasserpumpe 20 erreicht wird.

[0047] Aus den Diagrammen der Fig. 9 ist eine nochmals andere Betriebsstrategie für die Kühleinrichtung 18 ersichtlich. Auch hier entsprechen wieder die Verläufe der Motorlast rl und der Fahrzeuggeschwindigkeit V über der Zeit den in den vorhergehenden Fig. 6 bis 8 dargestellten Verläufen. Bei der in Fig. 9 dargestellten Regelstrategie wird jedoch die Temperatur des Öls, welche vom Temperatursensor 56 erfasst wird, in einem optimalen Bereich gehalten. Dies geschieht durch eine entsprechende Einstellung der Temperatur des Zylinderkopfs 14 bzw. der Teile im Motorblock 12. Dadurch, dass das Öl immer die richtige Temperatur hat, können Reibungsver-

luste und der Verschleiß der beweglichen Teile der Brennkraftmaschine 10 minimiert werden. Auch die Alterung des Schmieröls kann verringert werden.

[0048] Ein guter Rückschluss auf die Temperaturen an den vom Schmieröl beaufschlagten Stellen, wie beispielsweise zwischen den Zylindern 43, 44 und 45 und den Kolben (ohne Bezugszeichen), kann durch eine Kombination aus der vom Sensor 38 erfassten Temperatur tm2 am Zylinderkopf 14 und der vom Temperatursensor 42 erfassten Temperatur tf des Kühlwassers mit der gerade von der Brennkraftmaschine 10 abgegebenen thermischen Leistung gezogen werden. Diese thermische Leistung kann beispielsweise durch die Motordrehzahl (Drehzahlsensor 60), die Motorlast (HFM-Sensor 64) und die Öltemperatur to (Öltemperätursensor 56) charakterisiert werden. Die entsprechenden Signale werden ebenfalls dem Steuer- und Regelgerät 66 zugeführt, welches durch die Beeinflussung der Kühlwassertemperatur, des Kühlwasser-Volumenstroms und eventuell der von der Brennkraftmaschine 10 emittierten thermischen Verlustleistung die Öltemperatur an den kritischen Schmierstellen stets in einem optimalen Temperaturbereich hält.

[0049] Aus Fig. 10 ist ein Verfahren ersichtlich, welches angewendet wird, um ein Überschreiten einer maximal zulässigen Bauteiltemperatur tkmax zu vermeiden: Ein solcher Zustand ist beispielsweise dann zu befürchten, wenn bei geringer Fahrzeuggeschwindigkeit V eine hohe Motorlast rl gefordert wird. Die mangelhafte Kühlung durch den Fahrtwind des Kraftfahrzeugs wird durch eine entprechende Erhöhung des Kühlwasserstroms dm/dt zu kompensieren versucht. Eine Erhöhung des Kühlwasserstroms dm/dt erfolgt durch eine Erhöhung der Drehzahl der elektrischen Kühlwasserpumpe 20. Ist jedoch deren maximale Drehzahl erreicht bzw. der maximal mögliche Kühlwasserstrom dmmax/dt erreicht, würde, ohne Gegenmaßnahmen, die Bauteiltemperatur tk auf einen Wert oberhalb tkmax ansteigen und gegebenenfalls zu einer Beschädigung des Zylinderkopfs 14 führen. Um dem zu begegnen, wird die von der Brennkraftmaschine 10 in die Kühleinrichtung 18 eingebrachte thermische Energie durch eine zwangsweise Reduzierung der Motorlast rl, also durch eine Begrenzung der Leistung der Brennkraftmaschine 10, reduziert bzw. begrenzt. Ein derartiges Abriegeln der Brennkraftmaschine 10 erfolgt in Fig. 10 zum Zeitpunkt t1.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), bei dem aus einem Bereich (12, 14) der Brennkraftmaschine (10) von einer Kühleinrichtung (18) mittels eines Kühlfluids thermische Energie abgeführt wird, bei dem die Temperatur an einem Ort einer Zylinderkopfdichtung (16) erfasst wird, und bei dem der Betrieb der Kühleinrichtung (18) von der erfassten Temperatur abhängt, **dadurch gekennzeichnet, dass**

   a) eine Korrelation zwischen der Temperatur (tm1 ; tm2) an dem Ort der Zylinderkopfdichtung (16) der Brennkraftmaschine (10) mit einer Temperatur (tk; tw)) an einem solchen Ort (68) eines Bauteils (14) der Brennkraftmaschine (10), welcher thermisch hochbelastet, innerhalb der Brennkraftmaschine (10) gelegen und nur schwer oder überhaupt nicht zugänglich ist, bestimmt,
   b) und aus der erfassten Temperatur (tm1; tm2) mittels der bestimmten Korrelation die Temperatur (tk; tw) an dem schwer oder überhaupt nicht zugänglichen Ort (68) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur auf einer der Zylinderkopfdichtung (16) zugewandten Dichtfläche (50) eines Zylinderkopfs (14) an einer Stelle (51) erfasst wird, welche im Hinblick auf die Temperatur mit der Temperatur an einem thermisch hochbelasteten Ort (68) eines Zylinderkopfs (14) korreliert, welcher auf der Brennraumseite des Zylinderkopfs (14) neben dem Auslassventil (46) liegt.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur (tf) des Kühlfluids erfasst wird und der Betrieb der Kühleinrichtung (18) auch von der erfassten Temperatur (tf) des Kühlfluids abhängt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Bauteiltemperatur (tm2) auf einer der Zylinderkopfdichtung (16) zugewandten Dichtfläche (54) eines Zylinders (43) an einem Ort erfasst wird, welcher einem benachbarten Zylinder (44) am nächsten ist, und dass die Temperatur (tf) des Kühlfluids in einem Strömungsraum (52) zwischen den beiden benachbarten Zylindern (43, 44) erfasst wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb der Kühleinrichtung (18) so beeinflusst wird, dass die gewünschte Temperatur (tk) an dem innerhalb der Brennkraftmaschine (10) gelegenen und nur schwer oder überhaupt nicht zugänglichen Ort (68) des Bauteils (14) in etwa konstant gehalten wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb der Kühleinrichtung (18) so beeinflusst wird, dass im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine (10) im Kühlmittel an keiner Stelle Blasensieden auftritt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb der Küh-

leinrichtung (18) so beeinflusst wird, dass im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine (10) im Kühlmittel wenigstens bereichsweise leichtes Blasensieden auftritt, derart, dass der Wärmeübergangskoeffizient oder die Wärmestromdichte in den entsprechenden Bereichen in etwa maximal ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Volumenstrom (dm/dt) und die Temperatur (tf) des Kühlfluids so beeinflusst werden, dass die gewünschte Bauteiltemperatur (tk) mit der geringstmöglichen Förderleistung der Kühleinrichtung (18) erzielt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus der ermittelten Bauteiltemperatur (tk) und der erfassten Temperatur (tf) des Kühlfluids und/oder aus einer Strömungsgeschwindigkeit (dm/dt) des Kühlfluids und/oder aus einem Druck des Kühlfluids und/oder aus einer Last (rl) der Brennkraftmaschine (10) jene Temperatur (gtf) des Kühlfluids ermittelt wird, bei der leichtes Blasensieden im Kühlfluid auftritt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb der Kühleinrichtung (18) so beeinflusst wird, dass ein Schmiermittel, mit dem bewegliche Teile und/oder Lager der Brennkraftmaschine (10) geschmiert werden, im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine (10) in etwa eine gewünschte Temperatur (to) aufweist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn die maximale Leistung (dmmax/dt) der Kühleinrichtung (18) erreicht und eine bestimmte Temperatur im Kühlmittel und/oder eine bestimmte Temperatur (tkmax) an einem Bauteil (14) und/oder in dem Schmiermittel erreicht oder überschritten wird, die Leistung (rl) der Brennkraftmaschine derart (10) begrenzt wird, dass das Kühlmittel und/oder das Bauteil (14) und/oder das Schmiermittel die bestimmte Temperatur (tkmax) nicht überschreitet oder mindestens auf die bestimmte Temperatur abkühlt.

12. Computerprogramm, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche programmiert ist.

13. Steuer- und/oder Regelgerät (66) zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 programmiert ist.

14. Brennkraftmaschine (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Steuer- und/oder Regelgerät (66) nach Anspruch 13 umfasst.

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine (10), in which method heat energy is dissipated from a region (12, 14) of the internal combustion engine (10) by a cooling device (18) by means of a cooling fluid, in which method the temperature at a location of a cylinder head seal (16) is measured, and in which method the operation of the cooling device (18) is dependent on the measured temperature, **characterized in that**

a) a correlation is determined between the temperature (tm1; tm2) at the location of the cylinder head seal (16) of the internal combustion engine (10) with a temperature (tk; tw) at a location (68) of a component (14) of the internal combustion engine (10) which is thermally highly loaded, is situated within the internal combustion engine (10) and is only accessible with difficulty or is inaccessible,
b) and the temperature (tk; tw) at the location (68) which is accessible with difficulty or is inaccessible is determined from the measured temperature (tm1; tm2) by means of the determined correlation.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the temperature on a sealing face (50), which faces towards the cylinder head seal (16), of a cylinder head (14) is measured at a point (51) which, with regard to the temperature, correlates with the temperature at a thermally highly loaded location (68) of a cylinder head (14), which location (68) is situated on the combustion chamber side of the cylinder head (14) adjacent to the exhaust valve (46).

3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the temperature (tf) of the cooling fluid is measured and the operation of the cooling device (18) is also dependent on the measured temperature (tf) of the cooling fluid.

4. Method according to Claim 3, **characterized in that** a component temperature (tm2) on a sealing face (54), which faces towards the cylinder head seal (16), of a cylinder (43) is measured at a location which is closest to an adjacent cylinder (44), and **in that** the temperature (tf) of the cooling fluid is measured in a flow space (52) between the two adjacent cylinders (43, 44).

5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operation of the cooling device (18) is influenced in such a way that the desired temperature (tk) at the location (68), which is situated within the internal combustion engine (10) and is only accessible with difficulty or is inaccessi-

ble, of the component (14) is kept approximately constant.

6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operation of the cooling device (18) is influenced in such a way that, in normal operation of the internal combustion engine (10), nucleate boiling does not occur in the coolant at any point.

7. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the operation of the cooling device (18) is influenced in such a way that, in normal operation of the internal combustion engine (10), slight nucleate boiling occurs in the coolant at least in regions such that the heat transfer coefficient or the heat flux density in the corresponding regions is approximately a maximum.

8. Method according to Claim 7, **characterized in that** the volume flow rate (dm/dt) and the temperature (tf) of the cooling fluid are influenced in such a way that the desired component temperature (tk) is obtained with the lowest possible delivery rate of the cooling device (18).

9. Method according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** the temperature (gtf) of the cooling fluid at which slight nucleate boiling occurs in the cooling fluid is determined from the determined component temperature (tk) and the measured temperature (tf) of the cooling fluid and/or from a flow speed (dm/dt) of the cooling fluid and/or from a pressure of the cooling fluid and/or from a load (rl) of the internal combustion engine (10).

10. Method according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the operation of the cooling device (18) is influenced in such a way that a lubricant which serves to lubricate moveable parts and/or bearings of the internal combustion engine (10) has approximately a desired temperature (to) in normal operation of the internal combustion engine (10).

11. Method according to Claim 10, **characterized in that** when the maximum power (dmmax/dt) of the cooling device (18) is reached and a defined temperature in the coolant and/or a defined temperature (tkmax) at a component (14) and/or in the lubricant is reached or exceeded, the power (rl) of the internal combustion engine (10) is limited such that the coolant and/or the component (14) and/or the lubricant do not exceed or are at least cooled to the defined temperature (tkmax).

12. Computer program, **characterized by** being programmed for carrying out the method according to one of the preceding claims.

13. Open-loop and/or closed-loop control unit (66) for operating an internal combustion engine, **characterized by** being programmed for carrying out the method according to one of Claims 1 to 11.

14. Internal combustion engine (10), **characterized by** comprising an open-loop and/or closed-loop control unit (66) according to Claim 13.

Revendications

1. Procédé de gestion d'un moteur à combustion interne (10) selon lequel, on évacue l'énergie thermique d'une zone (12, 14) du moteur à combustion interne (10) à l'aide d'une installation de refroidissement (18) et d'un fluide de refroidissement, on saisit la température à l'endroit d'un joint de culasse (16) et le fonctionnement de l'installation de refroidissement (18) dépend de la température saisie,
caractérisé en ce que

a) on détermine une corrélation entre la température (tm1 ; tm2) à l'emplacement du joint de culasse (16) du moteur à combustion interne (10) et d'une température (tk ; tw) à un endroit (68) d'une pièce (14) du moteur à combustion interne (10), fortement sollicité du point de vue thermique, situé dans le moteur à combustion interne (10) et difficilement accessible, voire inaccessible, et
b) à partir de la température saisie (tm1, tm2), à l'aide de la corrélation définie, on détermine la température (tk ; tw) à l'endroit difficilement accessible, voire inaccessible (68).

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
on saisit la température au niveau d'une surface d'étanchéité (50) de la culasse (14), du côté tourné vers le joint de culasse (16), à un endroit (51) en corrélation de température avec la température à l'emplacement thermiquement fortement sollicité (68) de la culasse (14), et qui se situe du côté de la chambre de combustion de la culasse (14) à côté de la soupape d'échappement (46).

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on saisit la température (tf) du fluide de refroidissement et le fonctionnement de l'installation de refroidissement (18) dépend également de la température saisie (tf) du fluide de refroidissement.

4. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en ce qu'
on saisit une température de pièce (tm2) à un endroit

de la surface d'étanchéité (54) d'un cylindre (53) tourné vers le joint de culasse (16), endroit le plus proche du cylindre (44) suivant, et
on saisit la température (tf) du fluide de refroidissement dans un espace d'écoulement (52) entre les deux cylindres voisins (43, 44).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on influence le fonctionnement de l'installation de refroidissement (18) pour maintenir sensiblement constante la température souhaitée (tk) à l'emplacement (68), de la pièce (14), situé à l'intérieur du moteur à combustion interne (10) et difficilement accessible, voire inaccessible.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on influence le fonctionnement de l'installation de refroidissement (18) pour qu'en mode de fonctionnement normal du moteur à combustion interne (10), aucune bulle d'ébullition ne se produise à aucun endroit dans le fluide de refroidissement.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5,
caractérisé en ce qu'
on influence le fonctionnement de l'installation de refroidissement (18) pour qu'en mode de fonctionnement normal du moteur à combustion interne (10), il se produit dans le fluide de refroidissement, au moins par endroits, de faibles bulles d'ébullition de façon que le coefficient d'échange thermique ou la densité de flux thermique dans les zones correspondantes soient sensiblement maximum.

8. Procédé selon la revendication 7,
caractérisé en ce qu'
on influence le débit volumique (dm/dt) et la température (tf) du fluide de refroidissement pour obtenir la température (tk) souhaitée pour la pièce avec un débit aussi réduit que possible pour l'installation de refroidissement (18).

9. Procédé selon l'une des revendications 6 à 8,
caractérisé en ce qu'
à partir de la température (tk) déterminée de la pièce et de la température (tf) saisie du fluide de refroidissement et/ou d'une vitesse d'écoulement (dm/dt) du fluide de refroidissement et/ou d'une pression du fluide de refroidissement et/ou d'une charge (rl) du moteur à combustion interne (10), on détermine la température (gtf) du fluide de refroidissement pour laquelle on a un léger dégagement de bulles d'ébullition dans le fluide de refroidissement.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6,
caractérisé en ce qu'
on influence le fonctionnement de l'installation de refroidissement (18) pour qu'un agent lubrifiant avec lequel on lubrifie les pièces mobiles et/ou les paliers du moteur à combustion interne (10) présente sensiblement la température souhaitée (to) en mode de fonctionnement normal du moteur à combustion interne (10).

11. Procédé selon la revendication 10,
caractérisé en ce que
lorsqu'on atteint ou dépasse la puissance maximale (dmmax/dt) de l'installation de refroidissement (18) et une certaine température dans le fluide de refroidissement et/ou une certaine température (tkmax) sur une pièce (14) et/ou dans l'agent lubrifiant, on limite la puissance (rl) du moteur à combustion interne (10) de façon que l'agent de refroidissement et/ou la pièce (14) et/ou l'agent lubrifiant ne dépassent pas la température déterminée (tkmax) ou au moins soient refroidis à la température déterminée.

12. Programme d'ordinateur,
caractérisé en ce qu'
il est conçu pour exécuter le procédé selon l'une des revendications précédentes.

13. Appareil de commande et/ou de régulation (16) pour gérer un moteur à combustion interne,
caractérisé en ce qu'
il est conçu pour exécuter le procédé selon l'une des revendications 1 à 11.

14. Moteur à combustion interne (10),
caractérisé en ce qu'
il comporte un appareil de commande et/ou de régulation (66) selon la revendication 13.

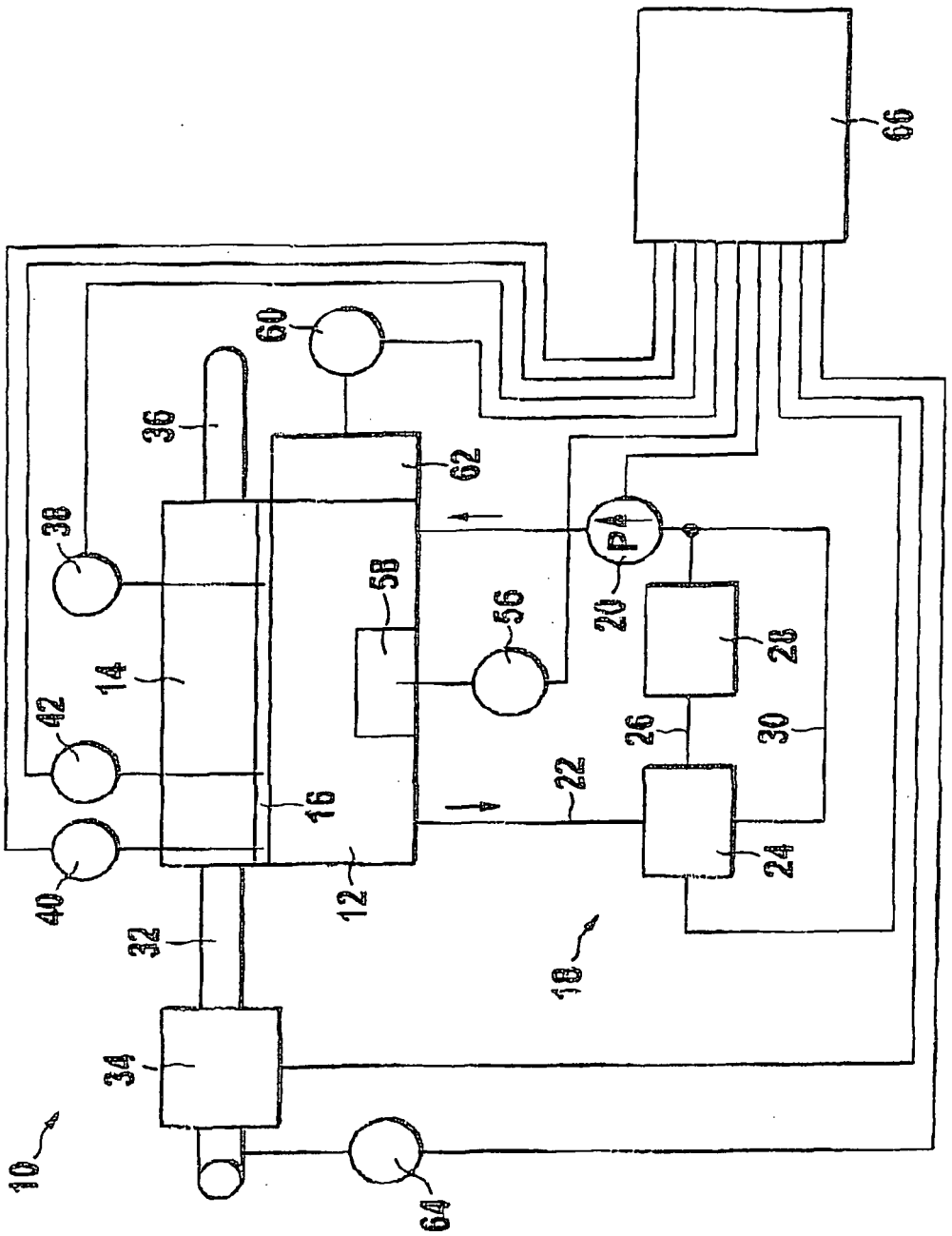
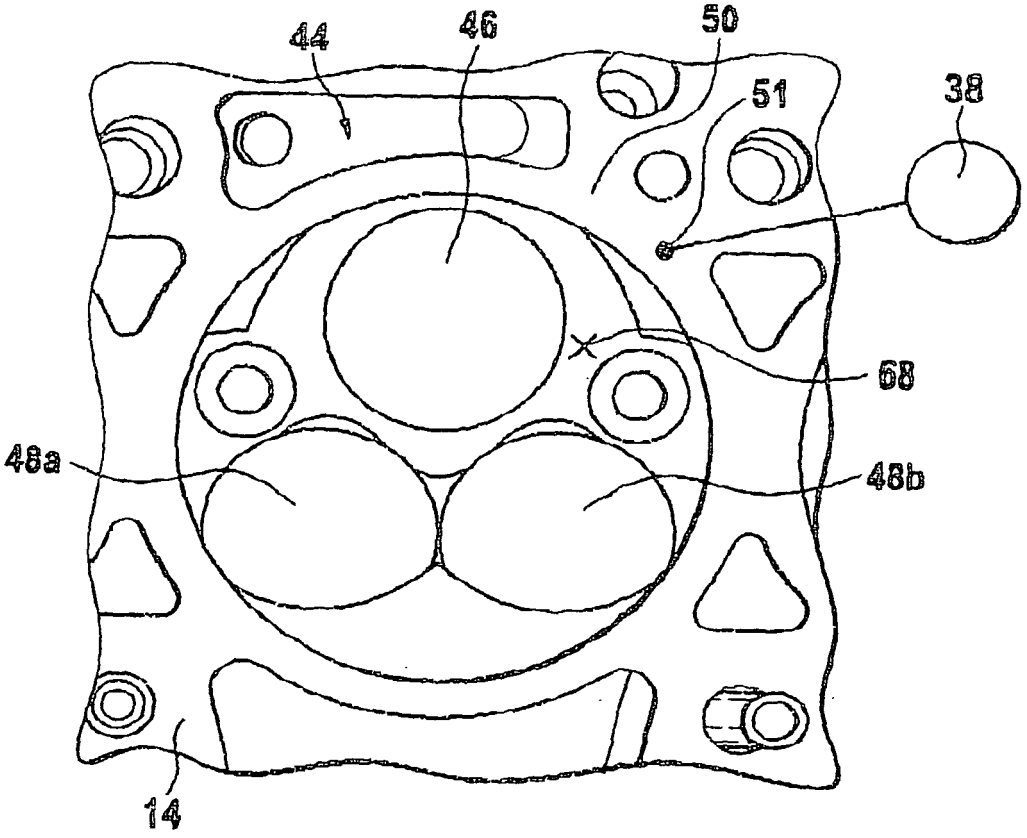


Fig. 1

Fig. 2



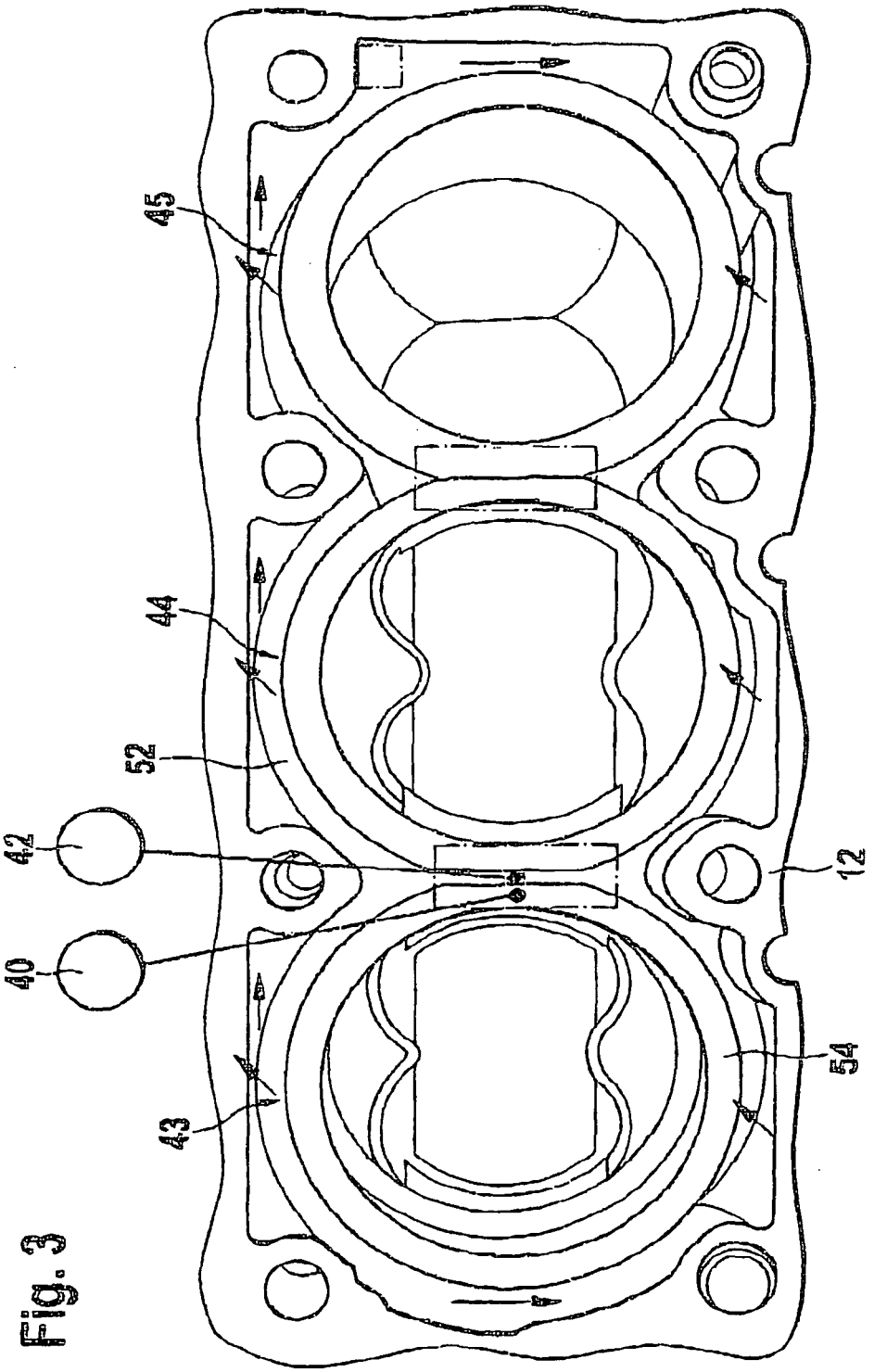


Fig. 3

Fig. 4

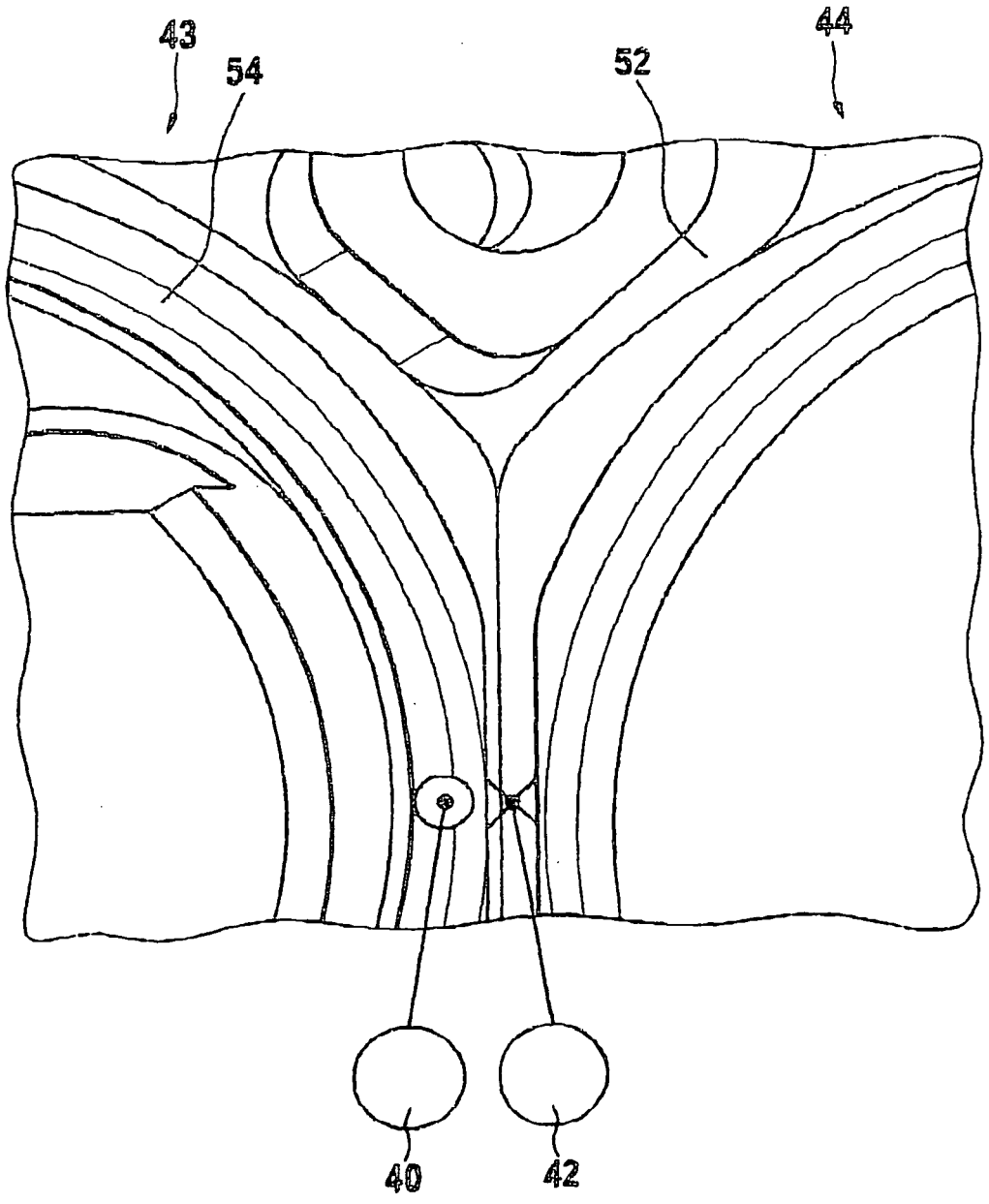


Fig. 5

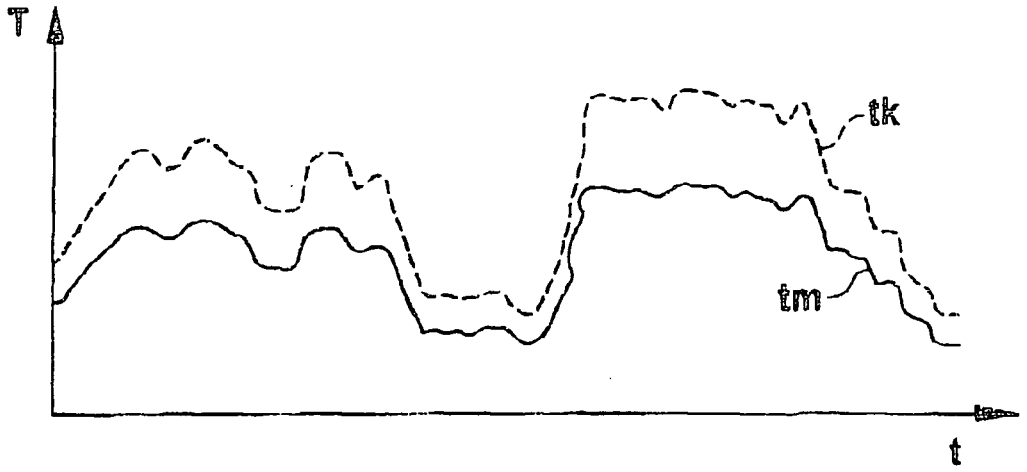


Fig. 6

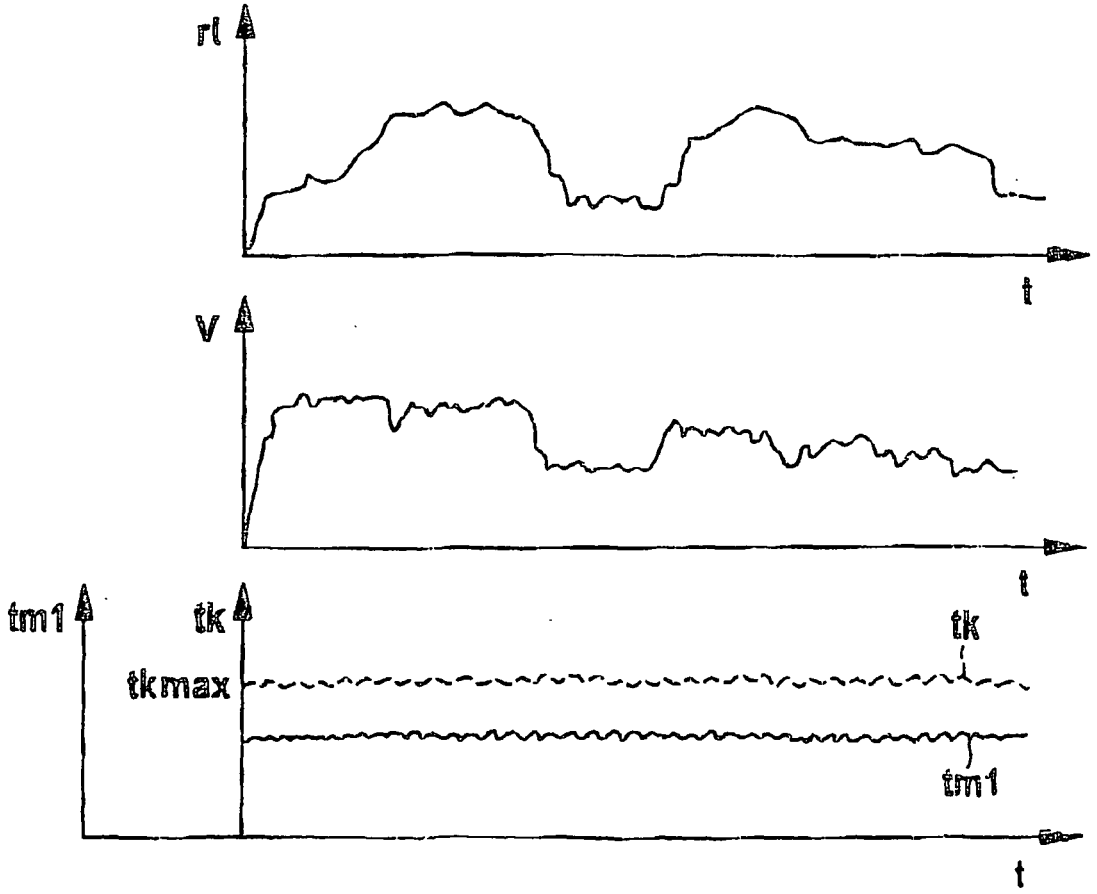


Fig. 7

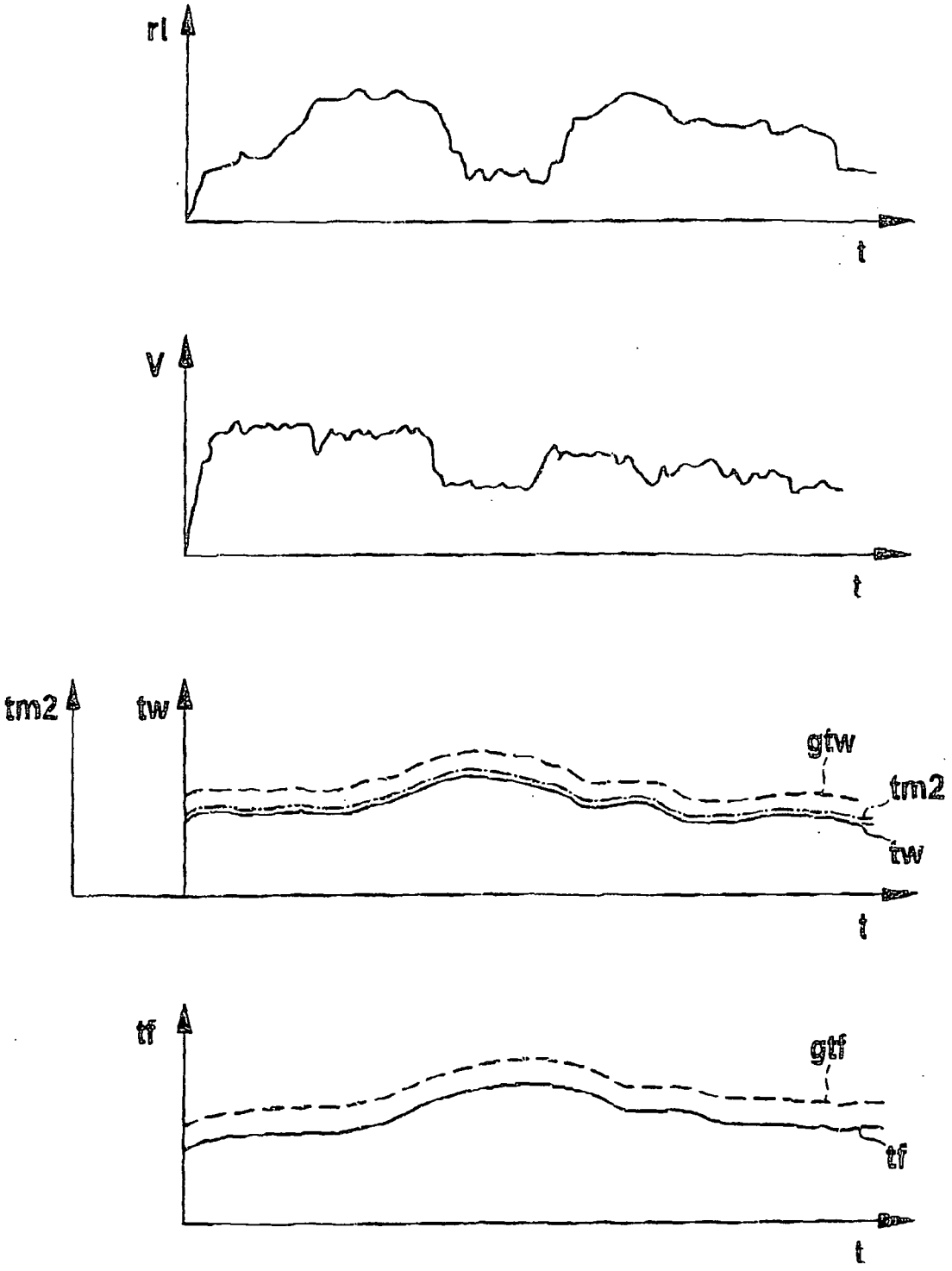


Fig. 8

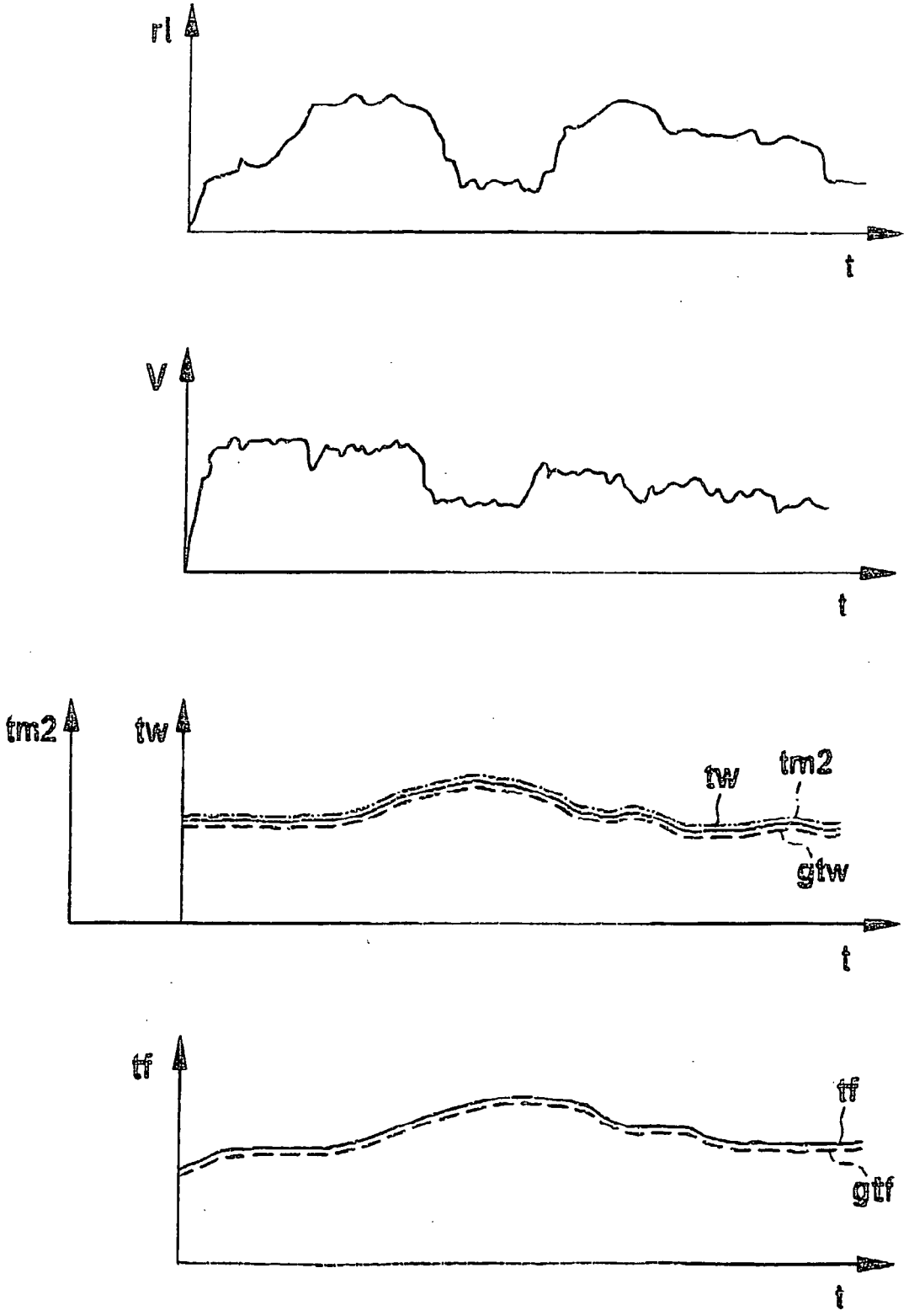


Fig. 9

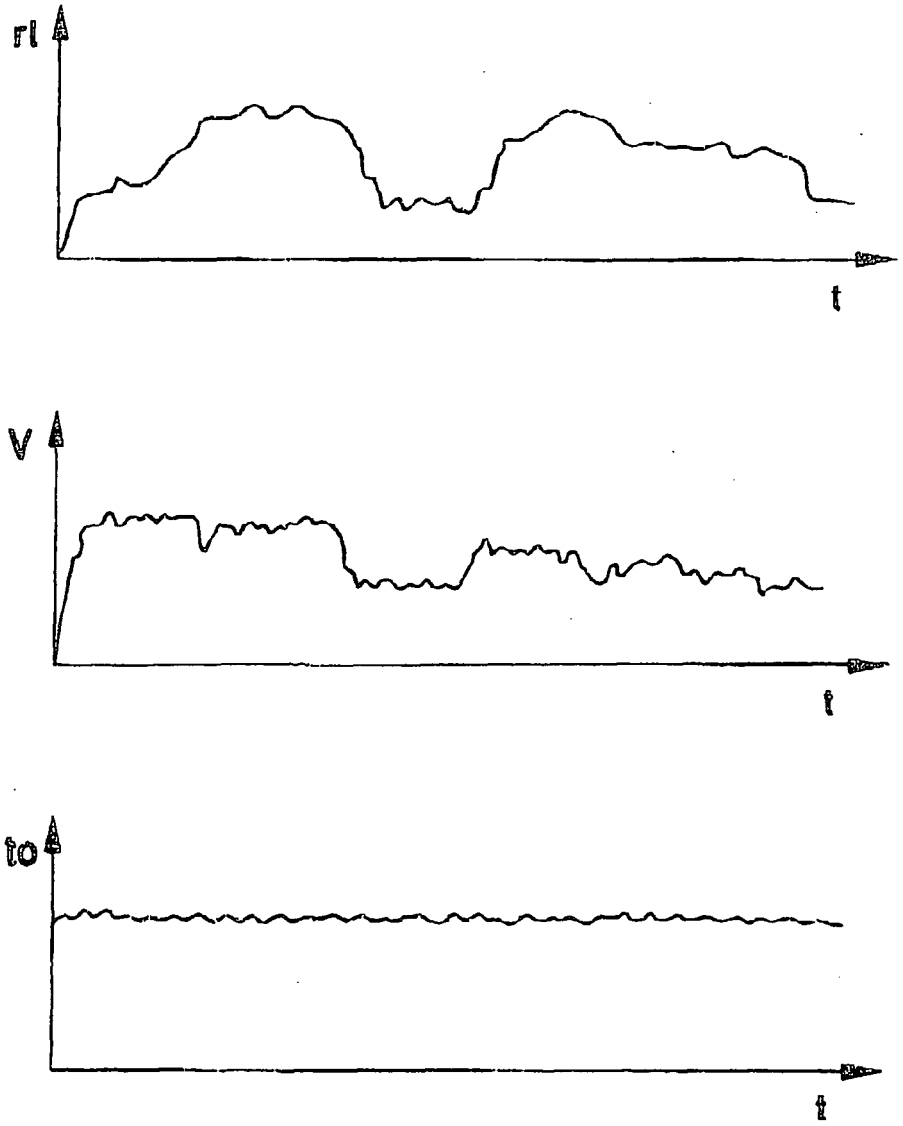
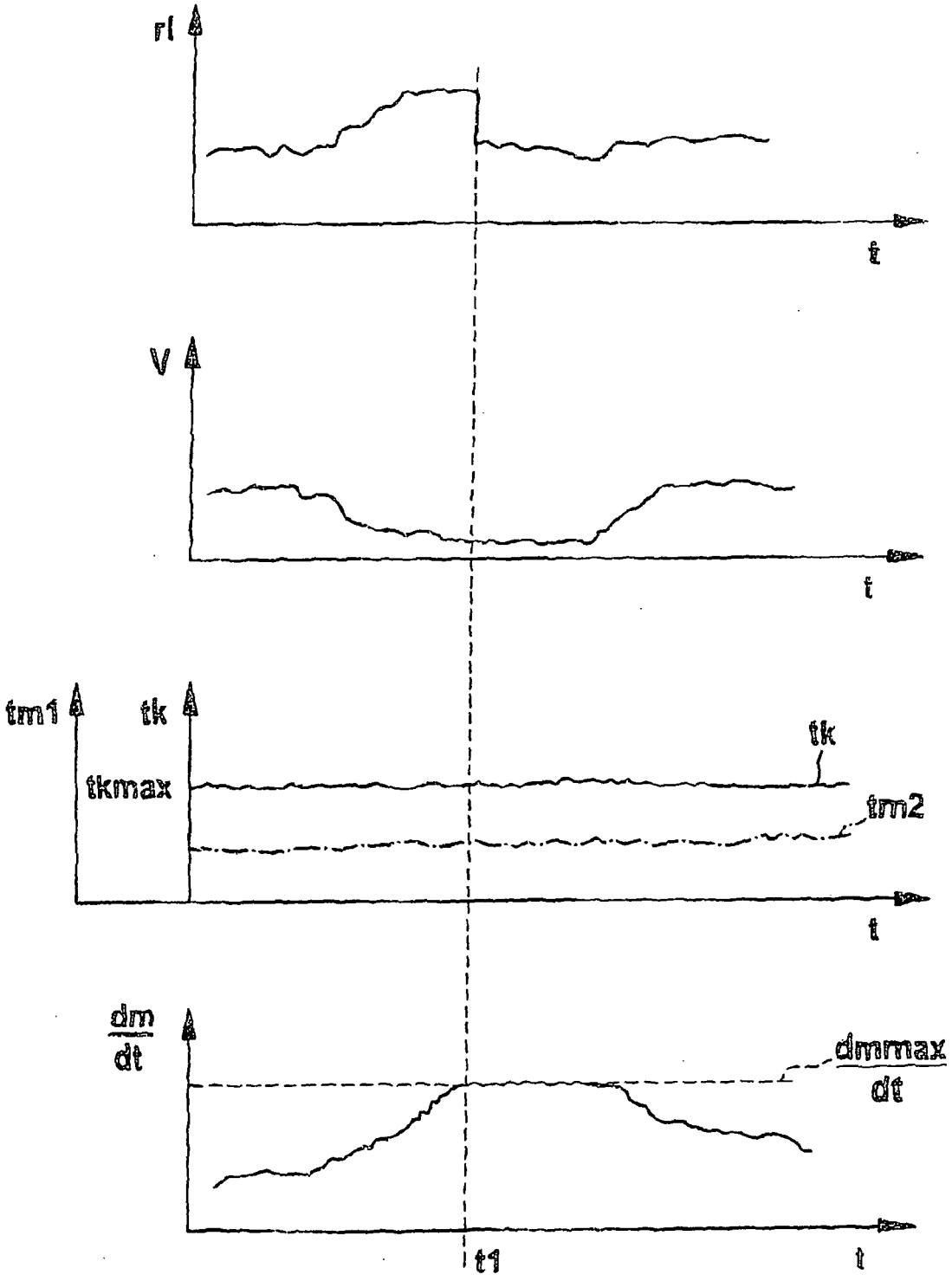


Fig. 10



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 19938614 A1 **[0002]**
- DE 4207403 A1 **[0004]**