

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

**0 271 774**  
**A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 87117837.2

(51) Int. Cl. 4: **F02D 41/04**, F02D 41/18,  
G01F 1/00

(22) Anmeldetag: 02.12.87

(30) Priorität: 19.12.86 DE 3643547

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
22.06.88 Patentblatt 88/25

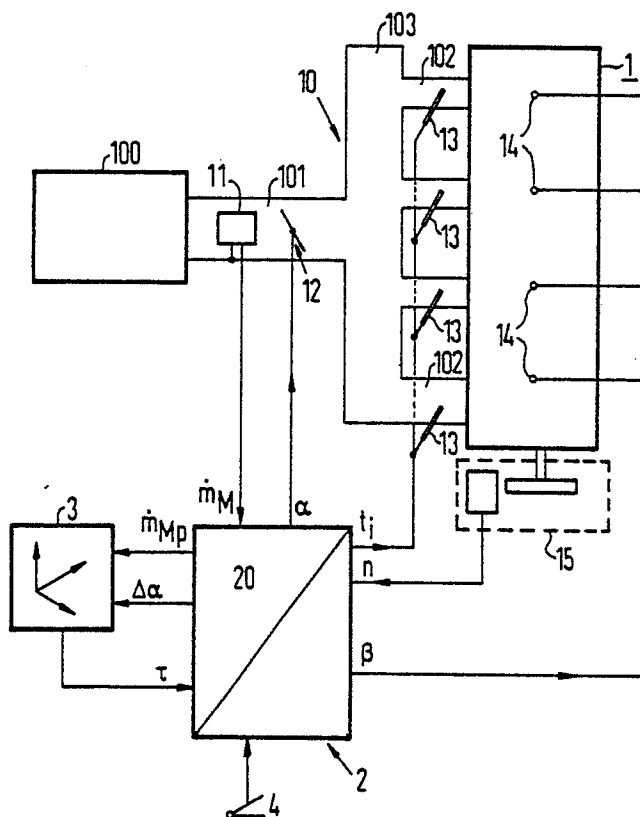
(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE ES FR GB IT SE

(71) Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft Berlin  
und München  
Wittelsbacherplatz 2  
D-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: Binnewies, Ludwig, Dipl.-Phys.  
Dahlienstrasse 12  
D-3575 Kirchhain(DE)

(54) Anordnung zur Ermittlung des den Zylindern einer Brennkraftmaschine zugeführten Luftmassenstromes.

(57) Zur Steuerung eines vorgegebenen Verhältnisses von Luftmassenstrom zu Brennstoffmenge dient eine Steuereinheit (2), wobei eine Korrekturgröße ( $\tau$ ) aus einem Kennfeldspeicher (3) abhängig von mindestens einem Betriebsparameter abgelegt ist. Erfindungsgemäß handelt es sich hierbei um eine Korrekturgröße, die das dynamische Verhalten des Ansaugsystems (10), insbesondere seine Speicherkapazität, berücksichtigt. Demgemäß ermittelt die Steuereinheit (2) einen korrigierten Luftmassenstrom, der um den den Speicher füllenden bzw. aus dem Speicher abfließenden Teilstrom kleiner bzw. größer als der gemessene Luftmassenstrom ist.



EP 0 271 774 A1

## Anordnung zur Ermittlung des den Zylinder einer Brennkraftmaschine zugeführten Luftmassenstromes

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Ermittlung des den Zylindern einer Brennkraftmaschine zugeführten Luftmassenstromes gemäß Oberbegriff von Anspruch 1.

Die Qualität der Verbrennung des einer Brennkraftmaschine zugeführten Brennstoffes hängt entscheidend davon ab, wie genau die den einzelnen Zylindern einer Brennkraftmaschine tatsächlich zugeführte Luftmassenstrom ermittelt wird; diese kann nämlich aus den verschiedensten Gründen von dem im Ansaugsystem gemessenen Luftmassenstrom abweichen, wobei diese Abweichung noch eine Funktion von Betriebsparametern sein kann.

Bei der aus der US PS 45 27 530 beschriebenen Anordnung ist daher ein Korrekturspeicher für eine experimentell ermittelte Korrekturgröße vorgesehen, mit der der jeweilige Meßwert des Luftmassenstromes korrigiert wird. Die Korrekturgröße ist dabei abhängig vom Betriebsparameter "Geschwindigkeit der Brennkraftmaschine" und eliminiert Fehler, die aufgrund drehzahlabhängiger Pulsationen des Luftmassenstromes im Ansaugsystem entstehen.

Diese bekannte Anordnung gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 ist jedoch ausdrücklich nur für die Korrektur stationärer Verhältnisse vorgesehen und geeignet

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, den der Brennkraftmaschine tatsächlich zugeführten Luftmassenstrom auch im dynamischen Bereich mit größerer Genauigkeit zu ermitteln.

Erfindungsgemäß beschreibt daher die Korrekturgröße das dynamische Verhalten des Ansaugsystems zwischen Meßeinrichtung und Brennkraftmaschine und zwar abhängig von den Betriebsparametern

-Stellungsänderung des Stellgliedes für den Luftmassenstrom und

-Meßwert des Luftmassenstroms vor der Stellungsänderung des Stellgliedes, im Folgenden als Parameterwert bezeichnet.

Der in einem Korrekturspeicher abgelegte Wert der Korrekturgröße ist für eine bestimmte Brennkraftmaschine mit gegebenem Ansaugsystem abhängig von den zuvor genannten Betriebsparametern experimentell bestimmt.

Der Erfindung liegt die Einsicht zugrunde, daß gerade das instationäre, dynamische Verhalten des Ansaugsystems korrekturbedürftig und auch korrigierbar ist. Die Erfindung beruht dabei auf der Beobachtung, daß die verzögerte Reaktion der Brennkraftmaschine auf eine Stellungsänderung des Stellgliedes für den Luftmassenstrom auch auf der Wirkung der Speicherkapazität des Ansaugsys-

tems zwischen Luftmassenmesser und den Zuluftventilen der Brennkraftmaschine beruht: Nach einer plötzlichen Öffnung des beispielweise als Drosselklappe ausgebildeten Stellgliedes dient ein Teil des vom Luftmassenmesser erfaßten Luftmassenstromes zur Auffüllung des Ansaugsystems und fließt nicht in die Brennkraftmaschine. Umgekehrt reduziert sich der in die Brennkraftmaschine fließende Luftmassenstrom nach einem Schließen der Drosselklappe nicht in demselben Maße, wie es vom Luftmassenmesser erfaßt wird; vielmehr fließt ein Teil der in dem Ansaugsystem gespeicherten Luftmasse noch in die Brennkraftmaschine ab.

Der für die Steuerung der Brennkraftmaschine maßgebende Luftmassenstrom wird im Betrieb der Brennkraftmaschine periodisch nach folgender Differenzengleichung ermittelt:

$$\dot{m} = \dot{m}_{Ma} + (\dot{m}_{Mn} - \dot{m}_{Ma}) \cdot \tau^{-1}$$

Darin bedeuten

$\dot{m}$  der der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmassenstrom,  $\dot{m}_{Ma}$  der Altwert des gemessenen Luftmassenstroms,

$\dot{m}_{Mn}$  der Neuwert des gemessenen Luftmassenstroms und

$\tau$  die vom Kennfeldspeicher gelieferte Korrekturgröße

Physikalisch bedeutet dabei die Korrekturgröße  $\tau$  eine Zeitkonstante, die das dynamische Verhalten des "Speichers" des Ansaugsystems abhängig von den Betriebsparametern "Luftmassenstrom" und "Stellungsänderung" des Stellgliedes charakterisiert.

Die Erfindung wird anhand eines in der Figur schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert: Dort ist eine Brennkraftmaschine 1 mit vier Zylindern und einem Ansaugsystem 10 dargestellt, das sich zwischen einem Luftfilter 100 und den Ansaugöffnungen der einzelnen Zylinder erstreckt und das dementsprechend ein zentrales Hauptrohr 101, daran anschließend ein Verteilerrohr 103 und von diesem ausgehende und zu den einzelnen Zylindern führende Zweigrohre 102 aufweist. In dem Hauptrohr 101 ist eine Meßeinrichtung 11 für den Luftmassenstrom - Luftmassenmesser - und danach ein Stellglied 12 für den Luftmassenstrom in Form einer Drosselklappe angeordnet, deren Stellung - Stellungswinkel - von einer Steuereinheit 2 abhängt. In die einzelnen Zweigrohre 102 münden Einpritzventile 13, die ebenfalls von der Steuereinheit 2 - vorzugsweise sequentiell - mit einer Einspritzzeit  $t_i$  angesteuert werden. Die Steuereinheit 2 bestimmt auch die Zündwinkel  $\beta$  mit dem Zündimpulse an Zündkerzen 14 für die einzelnen Zylinder abgegeben werden. Hierzu werden der Steuereinheit

Drehzahl- und Stellungssignale von einem mit der Brennkraftmaschine 1 gekuppelten Impulsgeber 15, Steuerwerte von einem Pedalwertgeber 4 und die Meßwerte  $\dot{m}_M$  des Luftmassenmessers 11 zugeführt. Als diesen und weiteren, hier nicht angesprochenen Einflußgrößen ermittelt die Steuereinheit 2 zu jedem Steuerwert des Pedalwertgebers 4 die Einspritzzeit  $t_i$  der Einspritzventile, die Stellung der Drosselklappe 12 sowie den Zündwinkel in bekannter Weise so, daß im stationären Zustand vorgegebene Verhältnisse von Luftmassenstrom zu Brennstoffmengenstrom eingehalten werden, die auch je nach Betriebsbereich unterschiedliche Werte haben können. Die Einhaltung eines bestimmten Verhältnisses kann dabei auf einzelne Betriebsbereiche der Brennkraftmaschine beschränkt sein oder je nach Betriebsbereich unterschiedliche Werte haben.

Bei einem bekannten luftgeführten System dieser Art ermittelt die Steuereinheit 2 zu jedem Steuerwert des Pedalwertgebers über ein Betriebskennfeld einen Vorsteuerwert für die Einstellung der Drosselklappe 12 und für die Dauer der Einspritzimpulse  $t_i$ . Diese Vorsteuerwerte werden dann mittels eines unterlagerten Regelkreises in Abhängigkeit von den vom Luftmassenmesser 11 erfaßten Luftmassenstrom so korrigiert, daß in bestimmten Betriebszuständen ein vorgegebenes Verhältnis von Luftmassenstrom zu Brennkraftstrom beibehalten wird. Dieses Ziel wird bei bekannten Anlagen dieser Art nur in dem Maße erreicht, wie der vom Luftmassenmesser erfaßte Luftmassenstrom auch identisch ist mit dem tatsächlich in die Brennkraftmaschine fließende Luftmassenstrom. Diese Voraussetzung ist jedoch - wie einleitend ausgeführt - nicht ohne weiteres erfüllt.

Um das gewünschte Verhältnis der Mengenströme möglichst auch im instationären Bereich einzuhalten, ist gemäß vorliegender Erfindung ein Kennfeldspeicher 3 vorgesehen, in dem Korrekturgrößen in Form von Zeitkonstanten  $\tau$  in Abhängigkeit von den Parametern Luftmassenstrom  $\dot{m}_{Mp}$  und Stellungsänderung  $s$  des Drosselklappenwinkels  $\alpha$  abgespeichert sind. Der Steuerung wird ein Luftmassenstrom  $\dot{m}$  zugrunde gelegt, der das dynamische Verhalten des Ansaugsystems 10 berücksichtigt, und zwar in Form der in dem Kennfeldspeicher 3 abgelegten Zeitkonstanten. Hierzu werden - wie in rechnergesteuerten Steuereinheiten üblich - die Steuergrößen (Drosselklappenwinkel, Einspritzzeit) periodisch aus den Meßgrößen (Luftmassenstrom, Drehzahl, Steuerwert des Pedalwertgebers) berechnet und zwischengespeichert. Mit demselben oder einem davon abweichenden Zeittakt wird mittels einer Korrektureinheit 20 in der Steuereinheit 2 jeweils die Teiländerung  $\Delta\alpha$  der Einstellung der Drosselklappe 12 zwischen zwei Taktimpulsen ermittelt.

Sobald eine Teiländerungen  $\Delta\alpha$  größer als ein Grenzwert  $A$  ist, beginnt ein Korrekturabschnitt, innerhalb dessen die Korrekturrechnung durchgeführt wird. Die KorrekturgröÙ  $\tau$  wird dazu aus dem Kennfeld abhängig von den zwei Parameterwerten ausgelesen. Der eine Parameterwert ist der letzte Meßwert des Luftmassenstromes  $\dot{m}_{Mp}$  bevor erstmals eine Teiländerung  $\Delta\alpha$  größer  $A$  festgestellt wird. Der zweite Parameterwert ist die Stellungsänderung  $s_i$ , die sich während des Korrekturabschnitts stufenweise ändert und nach jedem Zeittakt als Summe von aufeinanderfolgenden Teiländerungen

$$s_i = \sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i$$

gebildet wird, beginnend mit dem ersten  $\Delta\alpha_1$  größer  $A$  ( $s_1 = \Delta\alpha_1$ ). Zu jeder Stellungsänderung  $s_i$  wird aufbauend auf demselben Parameterwert  $\dot{m}_{Mp}$  des Luftmassenstromes die zugehörige KorrekturgröÙe  $\tau_i$  aus dem Kennfeld ausgelesen; damit ermittelt die Korrektureinheit 20 nach jedem Zeittakt den der Steuerung zugrunde zu legenden korrigierten Luftmassenstrom nach der Differenzengleichung

$$\dot{m} = \dot{m}_{Ma} + (\dot{m}_{Mn} - \dot{m}_{Ma}) \cdot \tau_i$$

wobei  $\dot{m}_{Mn}$  der zuletzt gemessene Neuwert und  $\dot{m}_{Ma}$  der im Zeittakt davor gemessene Altwert des Luftmassenstroms ist.

Die Ermittlung von  $\tau_i$  endet, sobald  $\Delta\alpha_{n+1}$  unter einen Mindestwert  $B$  (vorzugsweise gleich  $\frac{A}{2}$ ) fällt. Danach wird die vorgenannte Korrekturrechnung nach jedem neuen Meßwert des Luftmassenstromes mit demselben, letzten  $\tau_i$ -Wert solange durchgeführt, bis

$$|\dot{m}_{neu} - \dot{m}_{alt}| \leq K$$

wobei  $K$  ein vorgegebbarer Festwert ist. Sobald diese Bedingung erfüllt ist, der Vorgang also schon weitgehend stationär geworden ist, endet der Korrekturabschnitt und mit ihm jede weitere Korrekturrechnung. Dasselbe Spiel wiederholt sich in einem nächsten Korrekturabschnitt, der wieder mit  $\Delta\alpha > A$  beginnt. Die Ermittlung eines korrigierten Luftmassenstromes ist also zeitlich auf Korrekturabschnitte beschränkt. Diese Begrenzung des Eingriffes auf relativ große auslösende Teiländerungen hat eine größere Stabilität des Regelkreises, vor allem bei kleinen Luftmassenströmen (Leerlauf), und einen schnelleren Eingriff zur Folge, wenn eine Teiländerung größer als der Grenzwert  $A$  ist.

Sofern das dynamische Verhalten beim Öffnen der Drosselklappe - Beschleunigung - anders ist als beim Schließen - Schub, muß der Kennfeldspeicher 3 für positive und negative Stel-

lungsänderungen unterschiedliche Korrekturgrößen  $\tau$  enthalten. Vorzugsweise besteht der Kennfeldspeicher in einem solchen Fall aus zwei Teilspeichern, von denen der eine die Korrekturgrößen bei positiver Stellungsänderung (Beschleunigung) und der andere bei negativer Stellungsänderung (Schub) liefert. Hierbei ist vor dem Auslesen eines der beiden Teilspeicher mit den vorgenannten Parametern zuerst der Betriebszustand zu ermitteln. Hierzu kann in bekannter Weise die Bewegungsrichtung des Stellgliedes - Vorzeichen der Stellungsänderung  $s$  - der Drosselklappe ausgewertet werden.

Die Erfindung ist in gleicher Weise anwendbar, wenn der Pedalwertgeber über ein Betriebskennfeld die Einspritzzeit und damit die Größe des Brennstoffmengenstromes bestimmt und die Steuereinheit den dazugehörigen Luftmassenstrom aufgrund der Messung des Luftmassenmessers einstellt. Auch hier gewährleistet die erfindungsgemäße Korrektur des vom Luftmassenmesser gelieferten Meßwertes eine optimale Anpassung der Massenströme auch im dynamischen Betriebsbereich.

In den meisten Fällen wird die Steuerung des Luftmassenstromes und/oder Brennstoffmengenstromes noch von zahlreichen weiteren Betriebsparametern in bekannter Weise abhängig sein, wobei solche Abhängigkeiten auch in weiteren Korrekturkennfeldern abgelegt sein können.

## Ansprüche

1. Anordnung zur Ermittlung des den Zylindern einer Brennkraftmaschine (1) über ein Ansaugsystem (10) mit Hauptrohr (101), Verteilerrohr (103) und Zweigrohr (102) zugeführten Luftmassenstromes ( $\dot{m}$ ),  
mit einer Meßeinrichtung (11) und einem Stellglied (12) für den Luftmassenstrom in dem Hauptrohr (101),  
mit einem Kennfeldspeicher (3) für ein Korrekturkennfeld, das abhängig von mindestens einem Betriebsparameter eine Korrekturgröße ( $\tau$ ) liefert,  
und mit einer Korrektureinheit (20), die den Luftmassenstrom ( $\dot{m}$ ) abhängig von dem Meßwert ( $\dot{m}_M$ ) des Luftmassenstroms und der Korrekturgröße ( $\tau$ ) ermittelt,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Korrekturgröße ( $\tau$ ) das dynamische Verhalten des Ansaugsystems (10) zwischen der Meßeinrichtung (11) und der Brennkraftmaschine (1) beschreibt, und zwar abhängig von den Betriebsparametern  
-Stellungsänderung ( $\beta$ ) des Stellgliedes (12) für den Luftmassenstrom nach Größe und Richtung und

-Meßwert des Luftmassenstromes vor der Stellungsänderung des Stellgliedes - im Folgenden als Parameterwert ( $\dot{m}_{Mp}$ ) bezeichnet.

2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Korrektureinheit (20) den Luftmassenstrom ( $\dot{m}$ ) nach der Differenzengleichung

$$\dot{m} = \dot{m}_{Ma} + (\dot{m}_{Mn} - \dot{m}_{Ma}) \cdot \tau$$

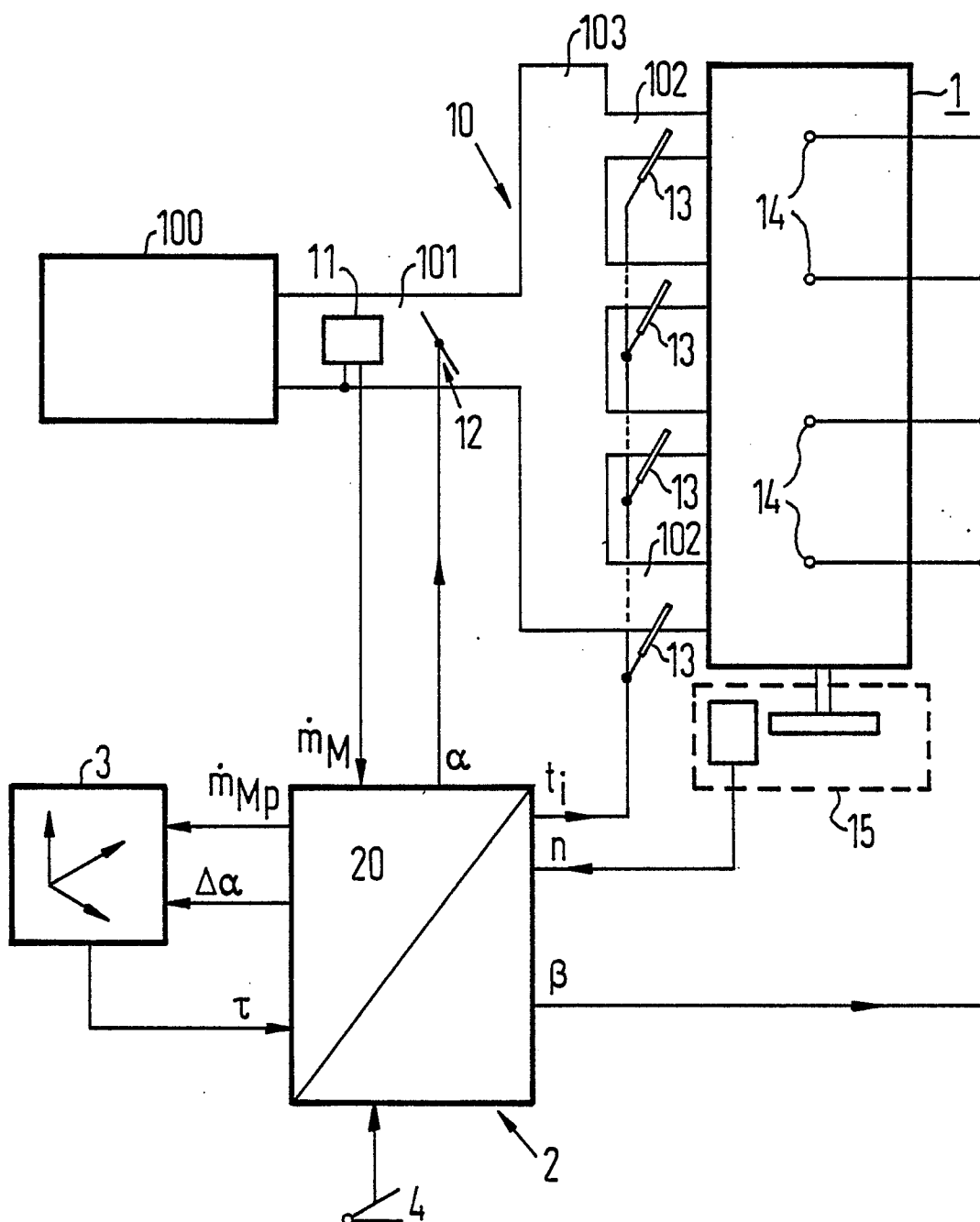
periodisch ermittelt, wobei

$\dot{m}$  der der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmassenstrom,

$\dot{m}_{Ma}$  der Altwert des gemessenen Luftmassenstromes,

$\dot{m}_{Mn}$  der Neuwert des gemessenen Luftmassenstromes und

$\tau$  die vom Kennfeldspeicher gelieferte Korrekturgröße ist.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 11 7837

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                      |                                           |                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                  | Betrifft Anspruch                         | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | EP-A-0 087 809 (HITACHI LTD)<br>* Seite 2, Zeile 16 - Seite 4, Zeile 11; Seite 7, Zeile 2 - Seite 8, Zeile 23; Seite 12, Zeilen 2-22; Seite 14, Zeilen 1-12 *<br>--- | 1,2                                       | F 02 D 41/04<br>F 02 D 41/18<br>G 01 F 1/00 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 10, Nr. 225 (P-484)[2281], 6. August 1986; & JP-A-61 61 010 (TOYOTA MOTOR CORP.) 28-03-1986<br>* Insgesamt *<br>---                  | 1,2                                       |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | US-A-4 359 993 (CARLSON)<br>* Spalte 2, Zeile 14 - Spalte 6, Zeile 23 *<br>---                                                                                       | 1                                         |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | US-A-4 424 568 (NISHIMURA et al.)<br>* Spalte 4, Zeile 33 - Spalte 5, Zeile 60 *<br>---                                                                              | 1                                         |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 8, Nr. 104 (M-296)[1541], 16. Mai 1984; & JP-A-59 15 656 (HONDA GIKEN KOGYO K.K.) 26-01-1984<br>---                                  |                                           | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int. Cl.4)    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | FR-A-2 415 725 (R. BOSCH GmbH)<br>-----                                                                                                                              |                                           | F 02 D<br>G 01 F                            |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                      |                                           |                                             |
| Recherchenort<br>DEN HAAG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                      | Abschlußdatum der Recherche<br>25-01-1988 | Prüfer<br>MOUALED R.                        |
| <b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b><br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>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>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                                                                                                      |                                           |                                             |