

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. Oktober 2002 (03.10.2002)

PCT

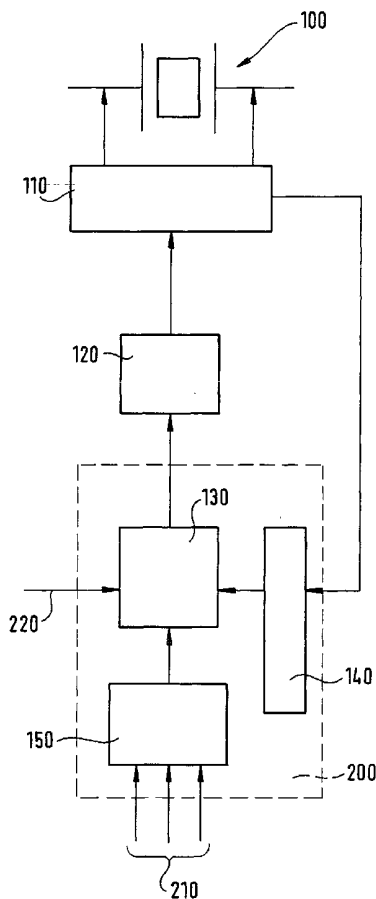
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/077432 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/20 (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00698 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RUEGER, Johannes-Joerg [DE/AT]; Geiereckstrasse 6, A-1110 Wien (AT).
(22) Internationales Anmeldedatum: 26. Februar 2002 (26.02.2002) (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
(25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität: 101 13 670.6 21. März 2001 (21.03.2001) DE Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING A PIEZO-ACTUATOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ANSTEUERUNG EINES PIEZOAKTORS



(57) Abstract: A method for control of a piezo-actuator, operating a valve for the injection of fuel into the combustion chamber of an internal combustion engine, is disclosed. The operating condition of the internal combustion engine is determined and the time for withdrawal of the electrical voltage at the piezo actuator selected according to the operating condition. Furthermore, a controller for controlling a fuel injection system is disclosed, whereby the piezo-element is controlled such that the time for withdrawal of the electrical voltage at the piezo actuator is selected according to the operating condition of the internal combustion engine. A fuel injection system with at least one piezo-actuator is also disclosed, controlled correspondingly.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Ansteuerung eines die Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine über ein ventilsteuernden Piezoaktors vorgeschlagen, bei dem die Betriebssituation der Brennkraftmaschine erfasst und die zeitliche Ableitung der am Piezoaktor abgreifbaren elektrischen Spannung in Abhängigkeit von der Betriebssituation gewählt wird. Des Weiteren wird ein Steuergerät zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems vorgeschlagen, bei dem ein Piezoelement so angesteuert wird, dass die zeitliche Ableitung der am Piezoaktor abgreifbaren elektrischen Spannung an die Betriebssituation der Brennkraftmaschine angepasst ist. Ferner wird ein Kraftstoffeinspritzsystem mit mindestens einem Piezoaktor vorgeschlagen, der entsprechend angesteuert wird.

WO 02/077432 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

5

10 Verfahren und Vorrichtung zur Ansteuerung eines Piezoaktors

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren bzw. einem
15 Steuergerät bzw. einem Kraftstoffeinspritzsystem, bei dem
ein Piezoaktor zur Veränderung seiner Länge durch
Beaufschlagung mit einem elektrischen Strom elektrisch
umgeladen wird. Aus der DE 199 21 456 ist schon ein
derartiges Verfahren bekannt, bei dem innerhalb eines Lade-
20 bzw. Entladevorgangs die zeitliche Ableitung der am
Piezoaktor anliegenden elektrischen Spannung verändert wird.

Vorteile der Erfindung

25 Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäßen
Vorrichtungen mit den kennzeichnenden Merkmalen der
unabhängigen Ansprüche haben demgegenüber den Vorteil, die
Geräuschemissionen des Einspritzsystems gerade in den
Betriebssituationen zu senken, in denen diese durch die
30 Ansteuerung verwendeter Piezoaktoren signifikant beeinflusst
werden. Darüber hinaus besteht der wesentliche Vorteil
darin, dass insbesondere bei Common-Rail-Einspritzsystemen,
speziell bei hohen Raildrücken, das Systemverhalten, d. h.
die Genauigkeit der zeitlichen Ansteuerung sowie die
35 Dosierung der Einspritzmengen unbeeinflusst bleiben, d. h.

dass gerade bei hohen Drehzahlen oder hoher Last der Brennkraftmaschine die zu erfüllenden Toleranzen hinsichtlich zeitlicher Ansteuerung sowie Dosiermengengenauigkeit problemlos eingehalten werden.

5

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Verfahren bzw. Vorrichtungen möglich.

10

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

15

Fig. 1 zwei Spannungszeitdiagramme,
Fig. 2 ein Flußdiagramm,
Fig. 3 ein Blockschaltbild und
Fig. 4 ein weiteres Blockschaltbild.

20

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1a zeigt ein Spannungszeitdiagramm. Es zeigt den zeitlichen Spannungsverlauf an einem Piezoaktor, der über ein Ventil die Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine steuert. Abgebildet sind zwei prinzipielle Ansteuerungsverläufe; bei der ersten Ansteuerung wird innerhalb der Ladezeit 1 die Spannung U linear von Null auf einen Wert ΔU_1 erhöht, der eine Zeitlang aufrechterhalten wird (z.B. $\Delta U_1 \approx 200 \text{ V}$). In der sich anschließenden Entladezeit 2 wird die am Piezoaktor anliegende Spannung wieder linear auf Null abgesenkt. Die zweite Ansteuerung weist ein Zwischenniveau ΔU_2 auf (z.B. $\Delta U_2 \approx 100 \text{ V}$), auf das die Spannung zunächst innerhalb der

30

35

Ladezeit 3 erhöht wird. Nach Erreichen dieses Spannungsniveaus wird innerhalb der weiteren Ladezeit 4 die Spannung um den Differenzwert ΔU_3 (z.B. $\Delta U_3 \approx 100 \text{ V}$) erhöht, um erst darauffolgend in zwei Stufen innerhalb der Entladezeiten 5 und 6 wieder auf den Wert Null heruntergefahren zu werden. Die Fig. 1b zeigt ähnliche Spannungsverläufe mit gleichen Spannungsniveaus ΔU_1 bzw. ΔU_2 . Die Lade- bzw. Entladezeiten 7, 8, 9, 11, 12 und 13 sind jedoch größer als die Lade- bzw. Entladezeiten 1 bis 6 aus Fig. 1a. Der Betrag der zeitlichen Ableitungen der Spannungsverläufe in den Lade- bzw. Entladezeiten ist daher kleiner als in Fig. 1a. Grundsätzlich sind beliebige aus Polygonzügen darstellbare Ansteuerverläufe denkbar und die obige Beschreibung entsprechend übertragbar.

Bei Einspritzsystemen mit Piezoaktoren wird in der Regel ein die Bewegung der Düsennadel steuerndes Steuerventil nicht direkt, sondern über einen hydraulischen Koppler angesteuert, wie er beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 197 32 802 beschrieben ist. Dieser Koppler hat im Wesentlichen zwei Funktionen: Zum einen verstärkt er den Hub des Piezoaktors und zum anderen entkoppelt er das Steuerventil von der statischen Temperaturdehnung des Aktors. Die Ansteuerspannung, die erforderlich ist, um das Steuerventil korrekt zu positionieren und damit eine gewünschte Einspritzung zu realisieren, ist i. d. R. stark vom Kraftstoffdruck, bei einem Common-Rail-System vom Raildruck des Kraftstoffs, abhängig. Dies erklärt sich dadurch, dass das Steuerventil gegen bzw. mit dem Raildruck arbeitet, je nachdem, wie die Schaltrichtung des Ventils ist. Die zeitliche Ableitung der Ansteuerspannung U ist i. d. R. gerade so zu wählen, dass die Lade- bzw. Entladezeit gerade der Zeitkonstanten des mechanischen Systems entspricht. In diesem Fall wird die Schwingungsanregung des Systems minimiert. Aus verschiedenen

Gründen ist es allerdings wünschenswert, die Lade- bzw. Entladezeit so kurz wie möglich zu halten, insbesondere um möglichst kurze Ansteuerdauern zu realisieren, um kleinste Einspritzmengen zur Verfügung zu stellen, was speziell bei hohen Raildrücken von Bedeutung ist. Andererseits nimmt die Geräuschemission deutlich mit dem Gradienten bzw. der zeitlichen Ableitung des Spannungsverlaufs zu, da aufgrund der großen Geschwindigkeit der Aktorbewegung auch das Steuerventil mit entsprechender Geschwindigkeit bewegt wird. Dieser Effekt ist in bestimmten Betriebsituationen der Brennkraftmaschine störend. In diesem Zusammenhang ist mit der Bezeichnung „Betriebsituation“ nicht ein bestimmter Zeitabschnitt innerhalb einer Ansteuerung des Piezoaktors zu verstehen, sondern der im allgemeinen über mehrere Einspritzzyklen hinweg vorhandene Betriebszustand wie beispielsweise der Leerlauf, der durch geringe Last und niedrige Drehzahl charakterisiert ist. Die Ansteuerung gemäß Fig. 1a ist beispielsweise im normalen Fahrbetrieb unter Last anzuwenden, während in der Betriebsituation „Leerlauf“ eine Ansteuerung gemäß Fig. 1b mit flacheren Ansteuergradienten vorzuziehen ist, um gerade hier, wo sich das durch die Ansteuerung des Einspritzsystems verursachte Geräusch relativ zu anderen Fahrzeuggeräuschen bemerkbar macht, eine Reduktion der Geräuschemission zu erzielen.

Fig. 2 illustriert den Verfahrensablauf der Ansteuerung eines Piezoaktors, der beispielsweise in einem Common-Rail-Injektor die Einspritzung von Dieselkraftstoff in den Brennraum des Dieselmotors steuert. Nach dem Einschalten des Motors bzw. Einspritzsystems wird zunächst in der Abfrage 20 abgewartet, ob ein Lade-/Entladevorgang angefordert wird. Falls dies der Fall ist, wird der Betriebszustand des Motors erfaßt (Verfahrensschritt 30). Der Betriebszustand des Motors ist charakterisiert durch die Drehzahl und/oder die Last an der Brennkraftmaschine

und/oder durch den Kraftstoffdruck im Einspritzsystem.
Weitere charakterisierende Größen können die Temperatur des Piezoaktors, die Temperatur des Kraftstoffs oder weitere Kenndaten sein. Im darauffolgenden Verfahrensschritt 40 wird
5 der Sollwert des Zeitgradienten, der in den Lade-
/Entladezeiten an den Piezoaktor anzulegenden elektrischen Spannung in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine ermittelt. Der Gradientensollwert wird dabei so festgelegt, dass unter Beibehaltung der
10 Funktionstüchtigkeit des Einspritzsystems die Geräuschentwicklung aufgrund der Bewegung mechanischer Komponenten des Einspritzsystems minimiert wird. Hierbei wird bei dem Erreichen bestimmter Schwellenwerte der Drehzahl des Lastmoments und/oder des Raildrucks (z. B.
15 Drehzahl < als 2000 Umdrehungen/Min., die Last ist kleiner als 10% der Maximallast und der Raildruck liegt unterhalb 500 bar) ein fließender Übergang des Gradientensollwerts im Vergleich zum „Normalbetrieb“ realisiert, so dass unterhalb der genannten Schwellenwerte der Zeitgradient der
20 anzulegenden Spannung kontinuierlich zu kleineren Werten übergeht. Die Ladezeit bzw. Entladezeit bewegt sich dabei typischerweise (z. B. bei 50% der Maximallast) in einem Bereich von 80 µs bis 100 µs, während sie unterhalb der Schwellenwerte Werte von 100 µs bis 150 µs annimmt. In der
25 nachfolgenden Abfrage 50 wird geprüft, ob es sich um die erste Anforderung des Einspritzsystems nach dem Einschalten handelt. Falls ja, erfolgt eine Berechnung eines Treibersignals für einen Treiber, der an den Piezoaktor anlegbare Auf-/Entlademittel ansteuert. Das Treibersignal
30 wird dabei so berechnet, dass ein ausreichender elektrischer Strom in den Piezoaktor eingespeist wird, um den ermittelten Sollwert des Zeitgradienten bzw. der Lade-/Entladezeit der anzulegenden Spannung zu erzielen. In einem weiteren Schritt
80 erfolgt die Ansteuerung des Treibers, der die Lade-
35 /Entlademittel ansteuert, bis der zu erzielende Endwert der

elektrischen Spannung am Piezoaktor erreicht ist. In einem weiteren Schritt 90 wird der Ist-Wert der Zeit ermittelt, die nötig war, um den Piezoaktor auf die zu erzielende Spannung zu laden bzw. zu entladen. Anschließend wird zur Abfrage 20 zurückgekehrt.

Falls bei der Abfrage 50 das Ergebnis „Nein“ ist, wird in einem Verfahrensschritt 60 die Regelabweichung, d. h. die Abweichung des letzten Ist-Werts der für die Umladung benötigten Zeit vom berechneten Soll-Wert ermittelt und im nachfolgenden Verfahrensschritt 70 bei der Berechnung des Treibersignals für die nächste Umladung des Piezoaktors berücksichtigt.

Die Veränderung der Ansteuerung nur in bestimmten Betriebspunkten wie beispielsweise dem Leerlauf, (wie oben durch die angegebenen Schwellenwerte charakterisiert), ist vollkommen ausreichend, da nur in diesen das vom Injektor imitierte Geräusch aufgrund der Ansteuerung signifikanten Einfluß auf das Gesamtgeräusch des Antriebsaggregats hat. Im Teil- oder Vollastbetrieb hingegen wird das Gesamtgeräusch bei weitem durch das Verbrennungsgeräusch dominiert. Dabei liegt der Erfindung die Idee zugrunde, die Ansteuergradienten bzw. Lade-/Entladezeit nicht wie bisher nur spannungsabhängig zu verändern, um eine Lade- bzw. Entladezeit im Bereich der Systemzeit konstanter realisieren zu können, sondern in bestimmten Betriebssituationen, nämlich insbesondere dem Leerlauf, auf einen flacheren Gradienten umzuschalten. Dabei kann die Geräuschemission signifikant verringert werden. Insbesondere beim Leerlauf ist auch der Raildruck relativ niedrig, so dass auch bei längeren Lade- bzw. Entladezeiten kleinste Einspritzmengen realisierbar sind und die einzuhaltenden engen Toleranzen bezüglich der Einspritzmengen gewährleistet werden können.

Alternativ zu einem fließenden Übergang des Gradienten bzw. Zeitsollwerts zwischen Normalbetrieb und Leerlaufbetrieb kann auch eine harte Umschaltung zu kleineren Gradienten vorgesehen sein, sobald einer oder mehrere der genannten Schwellenwerte einen bestimmten Wert unterschreiten.

Fig. 3 zeigt ein mit einem Treiber 120 und Auf-/Entlademitteln 110 verbundenes Steuergerät 200. Das Steuergerät weist eine Kontrolleinheit 150 auf, der Betriebszustandsgrößen 210 der Brennkraftmaschine zugeführt werden. Bei diesen Betriebszustandsgrößen handelt es sich um die Drehzahl, das Lastmoment, den Raildruck und/oder die Piezoaktortemperatur und/oder die Kraftstofftemperatur und/oder weiteren Parametern. Die Kontrolleinheit 150 bestimmt den Sollwert für die Lade-/Entladezeiten bzw. die Lade-/Entladegradien und übermittelt diese der Logikschaltung 130. Die Logikschaltung 130 ist mit einer Ist-Wert-Ermittlungs-Einheit 140 verbunden, die wie in Fig. 3 abgebildet, in das Steuergerät integriert oder aber separat beispielsweise in unmittelbarer Nähe der Auf-/Entlademittel 110 angeordnet sein kann. Die Ist-Wert-Ermittlungs-Einheit 140 ist mit den Auf-/Entlademitteln 110 verbunden. Über die Leitung 220 kann die Logikschaltung 130 von übergeordneten, nicht näher dargestellten Motorsteuergeräten ein Anforderungssignal erhalten. Die Logikschaltung 130 ist mit einem Treiber 120 verbunden, der wiederum mit den Auf-/Entlademitteln 110 verschaltet ist, die zur zeitabhängigen Beaufschlagung des Piezoaktors 100 mit einer elektrischen Spannung dienen.

Der Sollwert für die Lade-/Entladezeit wird unter Berücksichtigung der Größen Drehzahl, Last und Raildruck in der Kontrolleinheit 150 bestimmt, die den ermittelten Wert an die Logikschaltung 130 weiterleitet. Diese Logikschaltung 130 berechnet bei einer Anforderung über die Signalleitung

220 unter Berücksichtigung des von der Ist-Wert-Ermittlungs-
Einheit 140 gemessenen Ist-Werts der Lade-/Entladezeit bzw.
des Lade-/Entladegradienten ein Treibersignal. Die
Logikschaltung 130 leitet das Treibersignal an den Treiber
5 120 weiter, der die Lade-/Entlademittel 110 entsprechend
ansteuert, um die zu erzielenden Spannungsgradienten am
Piezoaktor 100 zu realisieren.

Alternativ können andere Größen als Drehzahllast und/oder
10 Raildruck zur Ermittlung des Betriebszustandes der
Brennkraftmaschine und/oder des Einspritzsystems zur
Regelung der Ansteuergradienten in den Umladephasen
herangezogen werden.

15 Fig. 4 zeigt einen in Form eines Blockschaltbilds
dargestellten Bestandteil 131 der Logikschaltung 130. Über
die Leitungen 250 bzw. 260 werden einem Summationsknoten 255
der von der Ist-Wert-Ermittlungseinheit 140 ermittelte Ist-
Wert bzw. der von der Kontrolleinheit 150 berechnete
20 Sollwert zugeführt. Der Summationsknoten berechnet die
Regelabweichung, d. h. die Differenz von Sollwert mit dem
Istwert und führt diese Differenz dem PI-Regler 270, also
einem Proportionalverstärker, der mit einem Integrator
parallel geschaltet ist, zu. Der Ausgang des PI-Reglers 270
25 ist mit einem zweiten Summationsknoten 275 verbunden, der
den Ausgangswert des PI-Reglers und den Sollwert aus der
Kontrolleinheit 150 addiert. Über die Leitungen 280 bzw. 290
werden die elektrischen Spannungsniveaus vor bzw. nach dem
zu berechnenden Umladevorgang einem dritten Summationsknoten
30 285 zugeführt, der deren Differenz berechnet und diese einem
Multiplizierer 295 zuführt, der wiederum aus der Differenz
und dem über die Leitung 300 zugeführten Wert der Kapazität
des Piezoaktors die für den Umladevorgang erforderliche
Ladungsmenge berechnet. Der Dividierer 305 dividiert den aus
35 dem Multiplizierer 295 erhaltenen Wert der elektrischen

Ladung mit dem aus dem Summationsknoten 275 erhaltenen Wert der Lade- bzw. Entladezeit, so dass am Ausgang 310 des Dividierers 305 die Information über den für den Umladevorgang am Piezoaktor erforderlichen Stromwert abgreifbar ist. Der Ausgang 310 des Dividierers 305 ist dabei mit dem Treiber 120 verbunden und steht diesem zur Ansteuerung der Auf-/Entlademittel 110 (vgl. Fig. 3) zur Verfügung. Die Leitungen 280, 290 und 300 sind entweder mit einem Speicherelement bzw. Speicherelementen verbunden, in denen die zu abzurufenden Spannungs- bzw. Kapazitätswerte abgelegt sind, oder sie sind mit gesonderten, nicht näher dargestellten Schaltungseinheiten verbunden, die je nach Ansteuerungsbedarf bzw. Schaltungszustand die Spannungs- bzw. Kapazitätswerte neu ermitteln bzw. festlegen.

Der Bestandteil 131 realisiert die in Fig. 2 dargestellten Verfahrensschritte 60 und 70. Die Lade- bzw. Entladezeit wird über einen PI-Regler geregelt, wobei über die Differenz der zu überbrückenden Spannungsniveaus und die Aktorkapazität der zugehörigen Lade- bzw. Entladestrom bestimmt wird.

5

10 Ansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung eines die Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine über ein Ventil steuernden Piezoaktors, bei dem der Piezoaktor zur Veränderung seiner Länge durch Beaufschlagung mit einem elektrischen Strom zumindest teilweise aufgeladen beziehungsweise entladen wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebssituation der Brennkraftmaschine erfaßt (30) und die zeitliche Ableitung der am Piezoaktor (100) abgreifbaren elektrischen Spannung während der Lade-/Entladezeit in Abhängigkeit von der Betriebssituation gewählt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebssituation durch die Drehzahl und/oder die Last an der Brennkraftmaschine und/oder durch den Kraftstoffdruck im Einspritzsystem der Brennkraftmaschine definiert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Einspritzsystem ein Common-Rail-System und der Kraftstoffdruck der Druck des Kraftstoffs im Rail des Common-Rail-Systems ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
dass die zeitliche Ableitung in einer Betriebssituation
niedriger Drehzahl und/oder niedriger Last und/oder
niedrigen Kraftstoffdrucks im Vergleich zu einer
5 Betriebssituation höherer Drehzahl beziehungsweise höherer
Last beziehungsweise höheren Kraftstoffdrucks verkleinert
wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
10 während eines Leerlaufs der Brennkraftmaschine die zeitliche
Ableitung verkleinert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Betrag des am Piezoaktor
15 während des Ladens beziehungsweise des Entladens anliegende
elektrische Strom je nach zu erzielender zeitlicher
Ableitung eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine eine
Dieselbrennkraftmaschine ist.

8. Steuergerät zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystem
25 mit mindestens einem die Einspritzung von Kraftstoff in den
Brennraum einer Brennkraftmaschine über ein Ventil
steuernden Piezoaktor, bei dem der Piezoaktor zur
Veränderung seiner Länge durch Beaufschlagung mit einem
elektrischen Strom zumindest teilweise auf- beziehungsweise
30 entladbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine
Kontrolleinheit (150) zur Erfassung der Betriebssituation
der Brennkraftmaschine vorgesehen ist, so dass die zeitliche

Ableitung der am Piezoaktor (100) abgreifbaren elektrischen Spannung während der Lade-/Entladezeit in Abhängigkeit von der Betriebssituation gewählt werden kann.

5 9. Steuergerät nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebssituation durch die Drehzahl und/oder die Last an der Brennkraftmaschine und/oder durch den Kraftstoffdruck im Einspritzsystem der Brennkraftmaschine definiert ist.

10 10. Steuergerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffdruck durch den Druck des Kraftstoffs im Rail eines Common-Rail-Systems der Brennkraftmaschine gegeben ist.

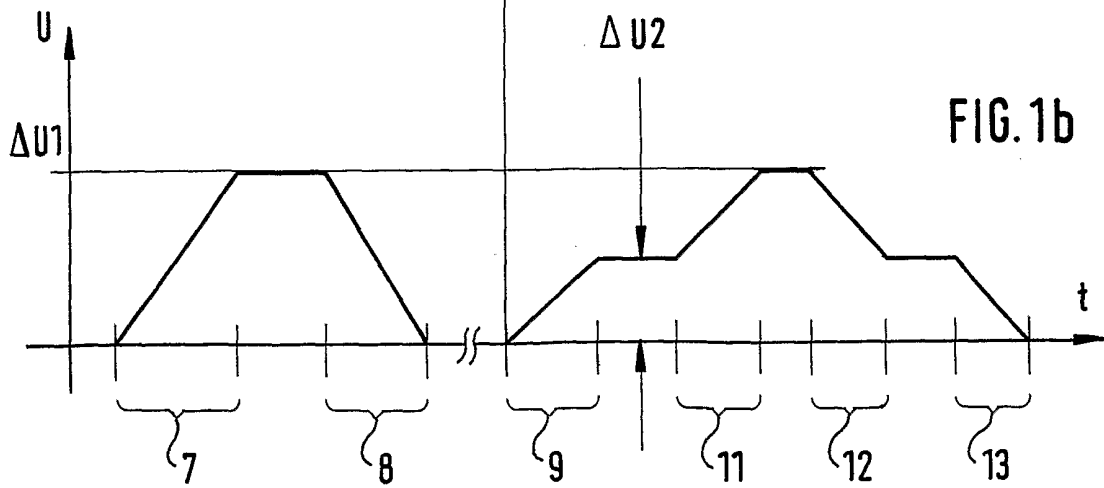
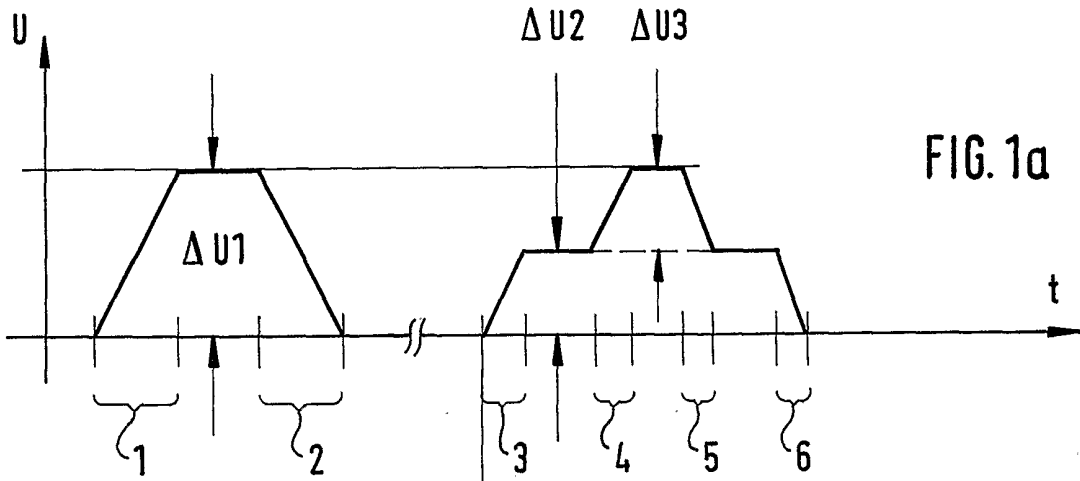
15 11. Steuergerät nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinheit bei niedriger Drehzahl und/oder niedriger Last und/oder niedrigem Kraftstoffdruck die zeitliche Ableitung im Vergleich zu Betriebssituationen höherer Drehzahl beziehungsweise höherer
20 Last beziehungsweise höheren Kraftstoffdrucks verkleinert.

12. Steuergerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Leerlaufs der Brennkraftmaschine die zeitliche Ableitung verkleinert wird.

25 13. Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Betrag des am Piezoaktor während des Ladens beziehungsweise des Entladens anliegende elektrische Strom je nach zu erzielender zeitlicher
30 Ableitung eingestellt wird.

14. Steuergerät nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine eine Dieselmotorkraftmaschine ist.

5 15. Kraftstoffeinspritzsystem mit mindestens einem die
Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer
Brennkraftmaschine über ein Ventil steuernden Piezoaktor,
bei dem der Piezoaktor zur Veränderung seiner Länge durch
Beaufschlagung mit einem elektrischen Strom zumindest
10 teilweise auf- beziehungsweise entladbar ist, dadurch
gekennzeichnet, dass eine Kontrolleinheit zur Erfassung der
Betriebssituation der Brennkraftmaschine vorgesehen ist, so
dass die zeitliche Ableitung der am Piezoaktor (100)
abgreifbaren elektrischen Spannung während der Lade-
15 /Entladezeit in Abhängigkeit von der Betriebssituation
gewählt werden kann.



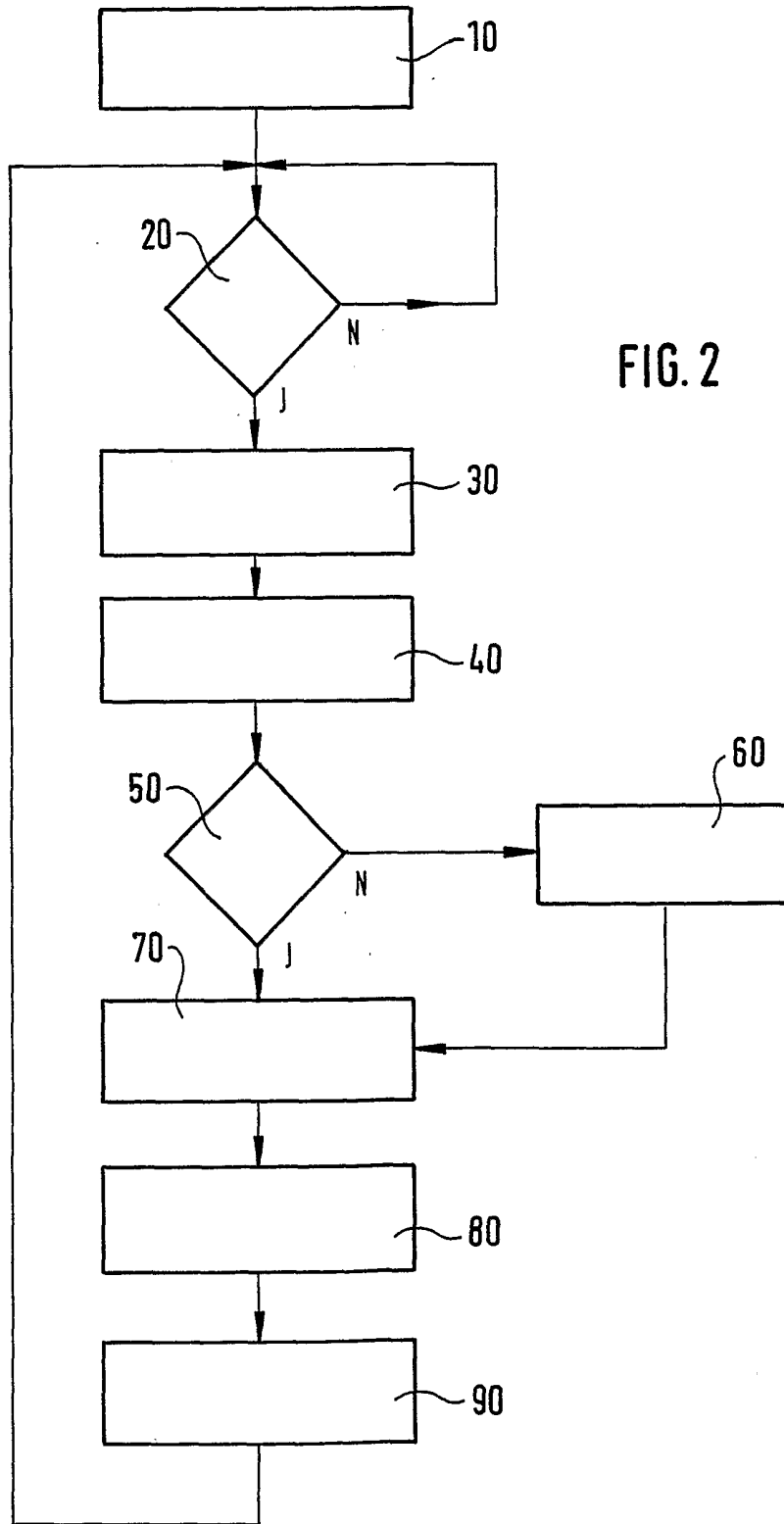


FIG. 2

3/4

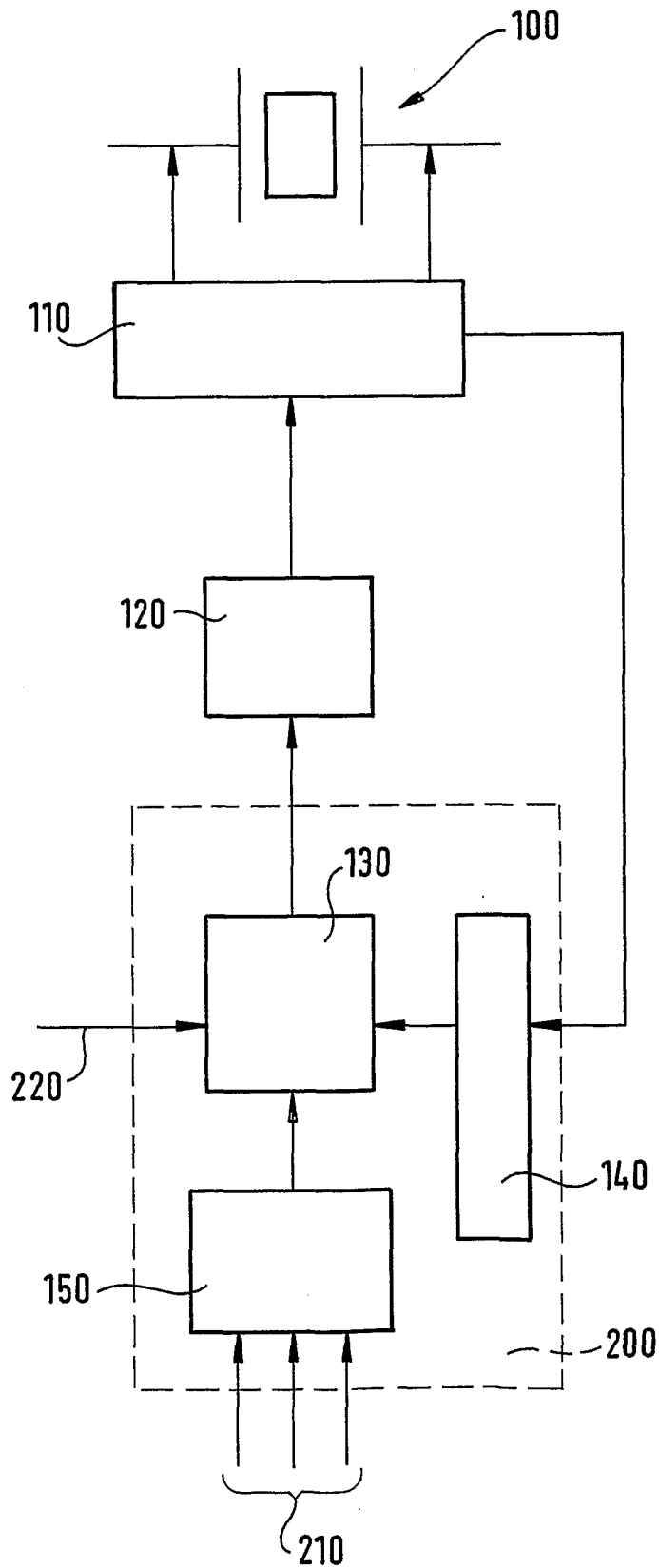


FIG. 3

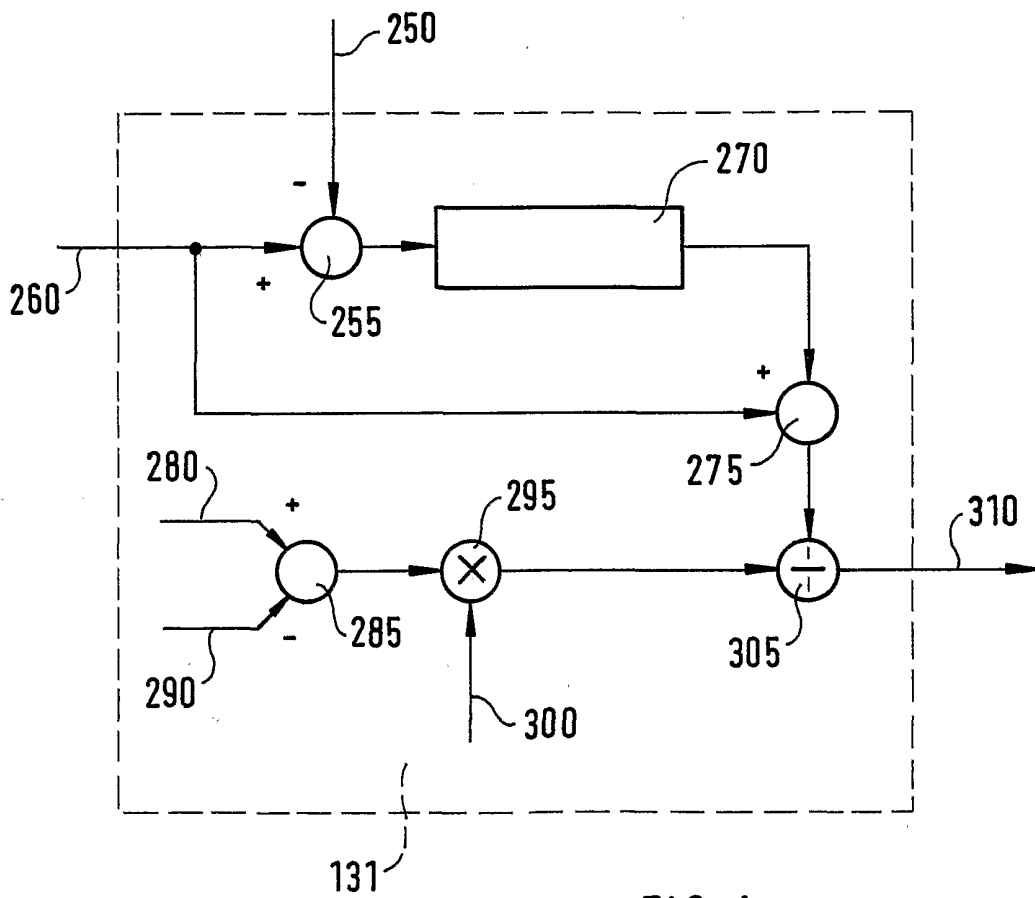


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No
PCT/DE 02/00698

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 147 433 A (REINEKE JOERG ET AL) 14 November 2000 (2000-11-14) column 2, line 29 -column 3, line 47 column 4, line 15 - line 34 column 6, line 43 -column 6, line 67 column 8, line 20 - line 36 ---	1-3, 6-10, 13-15
A	DE 199 31 235 A (SIEMENS AG) 18 January 2001 (2001-01-18) column 1, line 35 - line 40 column 3, line 28 -column 5, line 42 ---	1,4,5,8, 11,12
A	US 6 157 174 A (LARISCH BENNO ET AL) 5 December 2000 (2000-12-05) column 2, line 34 -column 4, line 48 -----	1,8,15

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 July 2002

Date of mailing of the international search report

02/08/2002

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Calabrese, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

national Application No

PCT/DE 02/00698

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 6147433	A	14-11-2000	DE	19733560 A1		04-02-1999
			CZ	9901103 A3		13-10-1999
			WO	9907026 A1		11-02-1999
			EP	0929911 A1		21-07-1999
			JP	2001502120 T		13-02-2001
<hr/>						
DE 19931235	A	18-01-2001	DE	19931235 A1		18-01-2001
			WO	0104481 A1		18-01-2001
			EP	1192345 A1		03-04-2002
<hr/>						
US 6157174	A	05-12-2000	DE	19652807 A1		25-06-1998
			WO	9827600 A1		25-06-1998
			EP	0946999 A1		06-10-1999
<hr/>						

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02D41/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 147 433 A (REINEKE JOERG ET AL) 14. November 2000 (2000-11-14) Spalte 2, Zeile 29 - Spalte 3, Zeile 47 Spalte 4, Zeile 15 - Zeile 34 Spalte 6, Zeile 43 - Spalte 6, Zeile 67 Spalte 8, Zeile 20 - Zeile 36 ---	1-3, 6-10, 13-15
A	DE 199 31 235 A (SIEMENS AG) 18. Januar 2001 (2001-01-18) Spalte 1, Zeile 35 - Zeile 40 Spalte 3, Zeile 28 - Spalte 5, Zeile 42 ---	1, 4, 5, 8, 11, 12
A	US 6 157 174 A (LARISCH BENNO ET AL) 5. Dezember 2000 (2000-12-05) Spalte 2, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 48 -----	1, 8, 15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. Juli 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/08/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Calabrese, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

ationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00698

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6147433 A	14-11-2000	DE 19733560 A1 CZ 9901103 A3 WO 9907026 A1 EP 0929911 A1 JP 2001502120 T	04-02-1999 13-10-1999 11-02-1999 21-07-1999 13-02-2001
DE 19931235 A	18-01-2001	DE 19931235 A1 WO 0104481 A1 EP 1192345 A1	18-01-2001 18-01-2001 03-04-2002
US 6157174 A	05-12-2000	DE 19652807 A1 WO 9827600 A1 EP 0946999 A1	25-06-1998 25-06-1998 06-10-1999