



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 167 745 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(51) Int Cl.7: **F02M 47/02**, F02M 45/08,
F02M 45/10

(21) Anmeldenummer: **00113993.0**

(22) Anmeldetag: **01.07.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Rueger Johannes-Jorg,**
71665 Vaihingen/Enz, (DE)
• **Mrosik Matthias,**
70186 Stuttgart (DE)

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70469 Stuttgart (DE)

(74) Vertreter: **Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker**
Patentanwälte, Postfach 10 37 62
70032 Stuttgart (DE)

(54) **Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils sowie Kraftstoffeinspritzsystem**

(57) Ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils (1) für Kraftstoff, bei dem ein in einer Schließposition als Ausgangsposition befindliches Verschließglied (16) anhand eines Kontrollparameters zuerst in eine Öffnungsposition und nachfolgend in eine aus einer Anzahl von Schließpositionen ausgewählte Zielposition

gebracht wird, soll auch im Hinblick auf eine besonders genaue Einhaltung einer vorgegebenen Einspritzmenge für eine Verwendung doppel- oder mehrschaltender Ventile besonders geeignet sein. Dazu wird erfindungsgemäß der das Verschließglied (16) beeinflussende Kontrollparameter in Abhängigkeit von der Ausgangsposition und von der Zielposition gewählt.

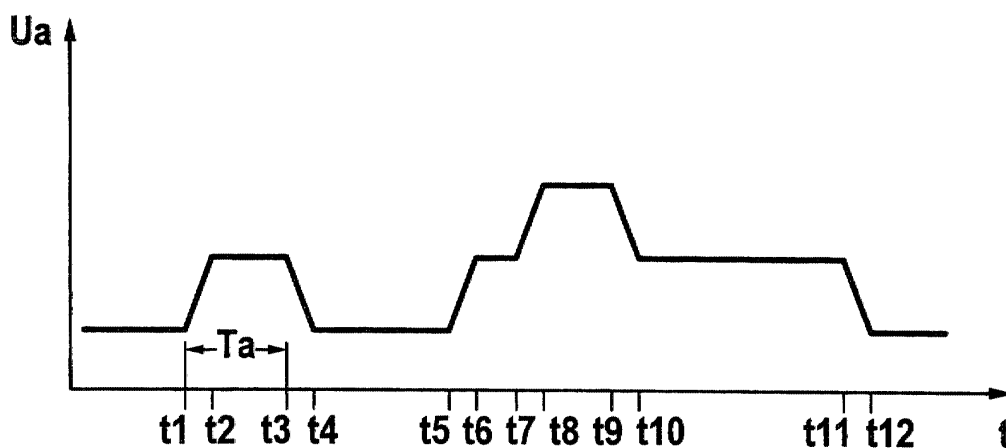


FIG. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils für Kraftstoff, bei dem ein in einer Schließposition als Ausgangsposition befindliches Verschließglied anhand eines Kontrollparameters zuerst in eine Öffnungsposition und nachfolgend in eine aus einer Anzahl von Schließpositionen ausgewählte Zielposition gebracht wird. Sie bezieht sich weiter auf ein Kraftstoffeinspritzsystem mit einer Anzahl von Einspritzventilen, bei denen jeweils ein in einer Schließposition als Ausgangsposition befindliches Verschließglied anhand eines Kontrollparameters zuerst in eine Öffnungsposition und nachfolgend in eine aus einer Anzahl von Schließpositionen auswählbare Zielposition bringbar ist.

[0002] Als wesentlicher Bestandteil kann in einer Verbrennungskraftmaschine ein Kraftstoffeinspritzsystem zur Einbringung des Kraftstoffs in die Brennräume der Zylinder zum Einsatz kommen. Ein derartiges Kraftstoffeinspritzsystem umfaßt üblicherweise eine Anzahl von Einspritzdüsen, die individuell oder auch in der Art eines sogenannten Common-Rail-Systems (CR-Systems) über ein zentrales Versorgungssystem mit Kraftstoff bespeisbar sind. Bei beiden Ausführungsformen ist jede Einspritzdüse üblicherweise in ein jeweils zugeordnetes Einspritzventil integriert, über das die Kraftstoffeinspritzung in einer vorgebbaren Weise einstellbar ist.

[0003] Die Einspritzventile umfassen dabei üblicherweise jeweils ein Verschließglied und können als einfachschaltende oder als doppelschaltende Ventile ausgebildet sein. Bei einem einfachschaltenden Ventil ist für das Verschließglied eine Öffnungsposition vorgesehen, in der es einen Wirkkanal freigibt, und eine Schließposition, beispielsweise ein Ventilsitz, in dem es den Wirkkanal verschließt. Im Gegensatz dazu weist ein doppelschaltendes Ventil zusätzlich zur Öffnungsposition für das Verschließglied zwei alternativ ansteuerbare Schließpositionen, beispielsweise Ventilsitze, auf.

[0004] Ein doppelschaltendes Einspritzventil für die Kraftstoffeinspritzung in den Verbrennungsraum eines Verbrennungsmotors mit einem Hochdrucksystem oder CR-System ist aus der DE 197 328 02 bekannt. Dieses Einspritzventil weist ein Verschließglied auf, das sich in einem von zwei alternativen Ventilsitzen jeweils in einer Schließposition befindet und dabei ein Verschließen der Einspritzdüse bewirkt. In einer Mittelstellung zwischen den beiden Ventilsitzen nimmt das Verschließglied hingegen eine Öffnungsposition ein.

[0005] Zur Überführung des Verschließglieds von einer Schließposition in die Öffnungsposition oder von der Öffnungsposition in eine der Schließpositionen ist das Verschließglied über einen piezoelektrischen Aktor antreibbar. Dazu wird der piezoelektrische Aktor auf eine Ansteuerspannung aufgeladen, die vom Druck im Common-Rail-System abhängig ist. Aufgrund der Ansteuerspannung dehnt sich der Aktor in Längsrichtung aus. Diese Längenausdehnung wird über einen hydraulischen

Koppler auf das Verschließglied übertragen, so daß einerseits der vom Aktor erzeugbare Hub verstärkt wird und andererseits das Verschließglied von einer möglichen statischen Temperaturdehnung des Aktors entkoppelt ist. Eine Aufladung des piezoelektrischen Aktors bewirkt somit über den hydraulischen Koppler eine Überführung des Verschließglieds zunächst von der ersten Schließposition in die Öffnungsposition und sodann von der Öffnungsposition in die zweite Schließposition. Hingegen bewirkt ein Entladen des piezoelektrischen Aktors infolge der damit verbundenen Kontraktion in Längsrichtung über den hydraulischen Koppler eine Überführung des Verschließglieds zunächst von der zweiten Schließposition in die Öffnungsposition und sodann von der Öffnungsposition in die erste Schließposition.

[0006] Durch den Bewegungsablauf des Verschließglieds von einer zur anderen Schließposition wird eine kurzzeitige Entlastung eines unter Hochdruck stehenden Ventilsteerraumes bewirkt, über dessen Druckniveau die Steuerung einer Ventilschleppnadel in eine Öffnungs- oder Schließstellung erfolgt. Befindet sich das Verschließglied somit in der Öffnungsposition zwischen den beiden Schließpositionen, so erfolgt eine Kraftstoffeinspritzung in einen dem Einspritzventil nachgeschalteten Verbrennungsraum.

[0007] Für eine ordnungsgemäße Funktionsweise des Verbrennungsmotors ist für jeden Zylinder die Einspritzung der richtigen oder geforderten Menge an Kraftstoff zum vorgesehenen Zeitpunkt, bezogen auf den Einspritzzyklus insgesamt, erforderlich. Die Einspritzung der Kraftstoffmenge kann dabei innerhalb eines Einspritzzyklus auch verteilt auf mehrere Teileinspritzungen, beispielsweise zwei Voreinspritzungen und eine Haupteinspritzung, erfolgen. Gerade bei einer derartigen mehrstufigen Einspritzung ist für einen hohen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors eine weitgehend genaue Einhaltung der (Teil-) Einspritzmengen wünschenswert.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils für Kraftstoff der oben genannten Art anzugeben, das im Hinblick auf eine besonders genaue Einhaltung einer vorgegebenen Einspritzmenge für eine Verwendung doppel- oder mehrschaltender Ventile besonders geeignet ist. Zudem soll ein für die Durchführung des Verfahrens besonders geeignetes Kraftstoffeinspritzsystem angegeben werden.

[0009] Bezüglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem der das Verschließglied beeinflussende Kontrollparameter in Abhängigkeit von der Ausgangsposition und von der Zielposition des Verschließglieds gewählt wird.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß für eine insbesondere hinsichtlich der vorgegebenen Einspritzmenge zuverlässige Kraftstoffeinspritzung

der das Verschließglied beeinflussende Kontrollparameter aktuelle Bedingungen im Einspritzsystem berücksichtigen sollte. Bei der Verwendung mehrschaltender Ventile hat sich überraschenderweise herausgestellt, daß die Berücksichtigung des Schaltsinns des jeweiligen Ventils von besonderer Bedeutung ist. Der Schaltsinn gibt dabei für eine Öffnungs- oder Einspritzphase des Einspritzventils an, in welche Schließposition als Zielposition das Verschließglied ausgehend von welcher Schließposition als Ausgangsposition überführt wird. Für ein doppelschaltendes Ventil, das einen ersten Ventilsitz als erste Schließposition und einen zweiten Ventilsitz als zweite Schließposition aufweist, ergeben sich also als mögliche Schaltsinne: 1. eine Schaltung vom ersten Ventilsitz als Ausgangsposition in den ersten Ventilsitz als Zielposition, 2. eine Schaltung vom ersten in den zweiten Ventilsitz, 3. eine Schaltung vom zweiten in den ersten Ventilsitz, und 4. eine Schaltung vom zweiten in den zweiten Ventilsitz.

[0012] Gerade bei einem doppelschaltendem Ventil der oben dargelegten Bauweise, für das die Anwendung des Verfahrens besonders vorteilhaft ist, ist für die Einspritzcharakteristik des Ventils zu berücksichtigen, von welchem Ventilsitz aus das Verschließglied in die Öffnungsposition gebracht wird, und in welchen Ventilsitz das Verschließglied anschließend zum Verschließen überführt wird. Aufgrund der Bauweise dieses doppelschaltenden Ventils herrscht im durch die beiden Ventilsitze begrenzten Ventilraum ein Druckgefälle. Jede Bewegung des Verschließgliedes von einer Schließposition in die Öffnungsposition oder umgekehrt erfolgt somit gegen das oder mit dem Druckgefälle. Mit anderen Worten: je nach Bewegungsrichtung des Verschließgliedes wird dessen Bewegung vom herrschenden Druckgefälle unterstützt oder behindert. Die Charakteristik des Ventils ist somit unsymmetrisch bezüglich der durch die Ventilsitze definierten Schließpositionen des Verschließglieds. Diese Asymmetrie wird nunmehr bei der Auswahl des Kontrollparameters berücksichtigt.

[0013] Zweckmäßigerweise werden bei der Auswahl des Kontrollparameters weitere für das Einspritzverhalten relevante Kenndaten berücksichtigt, insbesondere die Anzahl der innerhalb desselben Einspritzzyklus vorangegangenen Einspritzungen und/oder betriebsrelevante Daten der mit Kraftstoff zu bespeisenden Verbrennungskraftmaschine. Die Berücksichtigung der Anzahl der im selben Einspritzzyklus vorangegangenen Einspritzungen ist dabei vorteilhaft, da dadurch Einspritzmengeneinflüsse infolge der vorangegangenen Einspritzungen kompensiert werden können. Als mögliche Anzahl der vorangegangenen Einspritzungen kommen dabei im Hinblick auf derzeit übliche Einspritzzyklen insbesondere in Betracht: keine Voreinspritzung, d. h. die vorzunehmende Einspritzung ist die erste des laufenden Einspritzzyklus, eine Voreinspritzung oder zwei Voreinspritzungen. Die aus den Voreinspritzungen resultierenden Einspritzmengeneinflüsse können bei-

spielsweise aufgrund von Druckschwingungen durch die vorangehende Voreinspritzung auftreten. Als betriebsrelevante Daten werden zudem vorzugsweise der Einspritzdruck und/oder die Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine berücksichtigt.

[0014] Die Berücksichtigung der genannten Parameter kann auf besonders einfache Weise erfolgen, indem vorteilhafterweise die Auswahl des Kontrollparameters anhand von parameterspezifischen Kennfeldern erfolgt. Jedes Kennfeld umfaßt dabei in der Art einer Kurvenschar eine Anzahl von Auswahlkurven, bei denen beispielsweise der in Abhängigkeit von einem ersten Betriebsparameter, z. B. der Motordrehzahl, auszuwählende Kontrollparameter in Abhängigkeit von einem als Scharparameter dienenden zweiten Betriebsparameter, z. B. des Einspritzdrucks, erfaßt ist.

[0015] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung ist für jeden Schaltsinn, d. h. für jede mögliche Kombination von Ausgangsposition und Zielposition, jeweils ein derartiges Kennfeld vorgesehen. Eine noch feinere Erfassung der Randbedingungen ist dabei möglich, indem vorteilhafterweise für jede Kombination eines möglichen Schaltsinns mit einer möglichen Anzahl der innerhalb desselben Einspritzzyklus vorangegangenen Einspritzungen jeweils ein eigenes Kennfeld vorgesehen ist.

[0016] Zweckmäßigerweise wird das Verfahren auf ein Einspritzventil angewandt, bei dem das Verschließglied mittels eines piezoelektrischen Aktors angetrieben wird. In diesem Fall wird in besonders günstiger Weise als Kontrollparameter die Ansteuerdauer für den piezoelektrischen Aktor in der genannten Weise ausgewählt. Als Ansteuerdauer ist dabei diejenige Zeitdauer bezeichnet, die zwischen zwei Kontrolleingriffen auf den Aktor verstreicht. Dies kann beispielsweise, je nach Betriebspunkt, die Zeitspanne zwischen dem Beginn eines Aufladevorgangs und dem Beginn eines Entladevorgangs des Aktors sein.

[0017] Bezüglich des Kraftstoffeinspritzsystems wird die genannte Aufgabe gelöst, indem eine Steuereinheit vorgesehen ist, die für jedes Einspritzventil den sein Verschließglied beeinflussenden Kontrollparameter in Abhängigkeit von dessen Ausgangsposition und von dessen Zielposition vorgibt.

[0018] Das Kraftstoffeinspritzsystem umfaßt dabei vorteilhafterweise Einspritzventile, deren Verschließglied jeweils mittels eines piezoelektrischen Aktors antreibbar ist. Dabei gibt die Steuereinheit zweckmäßigerweise eine Ansteuerdauer für den piezoelektrischen Aktor als Kontrollparameter vor.

[0019] In besonders vorteilhafter Weiterbildung weist das Kraftstoffeinspritzsystem zudem ein Speichermodule auf, in dem für jeden der möglichen Schaltsinne, also für jede der aus allen möglichen Schließpositionen erzeugbaren Kombinationen von Ausgangsposition und Zielposition, jeweils ein Kennfeld für den Kontrollparameter als Datensatz hinterlegt ist.

[0020] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile beste-

hen insbesondere darin, daß durch die Auswahl des Kontrollparameters in Abhängigkeit von der Ausgangs- und von der Zielposition die charakteristischen Auswirkungen des Schaltsinns des Einspritzventils auf die Einspritzmenge bei der Ansteuerung berücksichtigt werden können. Somit ist für jeden Schaltsinn eine besonders hohe Genauigkeit der Einspritzung erreichbar. Durch die Hinterlegung von parameterspezifischen Kennfeldern für jeden Schaltsinn und in Abhängigkeit von der Anzahl der vorangegangenen Einspritzungen ist zudem die zur Auswahl erforderliche Information besonders schnell und zuverlässig abrufbar.

[0021] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Figur 1 ein Einspritzventil eines Kraftstoffeinspritzsystems,

Figur 2 schematisch ein Kraftstoffeinspritzsystem mit einer Anzahl von Einspritzventilen nach Figur 1, und

Figur 3 ein Zeitdiagramm für eine Ansteuerspannung.

[0022] Das Einspritzventil 1 nach Figur 1 weist einen piezoelektrischen Aktor 2 auf, der eine Anzahl von hintereinandergeschalteten Piezoelementen 4 umfaßt. Der Aktor 2 ist einerseits mit einer Gehäusewand 6, durch die Anschlußklemmen 7 des Aktors 2 hindurchgeführt sind, und andererseits mit einem Stellkolben 8 kraftschlüssig verbunden. Der Stellkolben 8 schließt mit seiner vom Aktor 2 abgewandten Stirnfläche 9 einen hydraulischen Koppler 10 ab. Der hydraulische Koppler 10 wirkt seinerseits auf einen in einem Verbindungskanal 12 geführten Stellkolben 14, an dessen vom Koppler 10 abgewandtem Ende ein Verschließglied 16 angeordnet ist. Dieses ist als doppelt schließendes Steuerventil ausgebildet. Es verschließt in einer ersten Schließposition, die einer Ruheposition des Aktors 2 entspricht, einen ersten Ventilsitz 18 eines Ventilraumes 20. In einer zweiten Schließposition, die einer maximalen Ansteuerung des Aktors 2 entspricht, verschließt das Verschließglied 16 einen zweiten Ventilsitz 22 des Ventilraums 20. In einer räumlich gesehen zwischen den durch die Ventilsitze 18, 22 definierten Schließpositionen gelegenen Öffnungsposition annähernd in der Mitte des Ventilraums 20 hingegen gibt das Verschließglied 16 beide Ventilsitze 18, 22 frei. Die Öffnungsposition entspricht dabei einer mittleren Ansteuerung des Aktors 2.

[0023] Über einen Durchlaß im zweiten Ventilsitz 22 ist der Ventilraum 20 mit einem Führungskanal 24 verbunden, der eingangsseitig über ein Anschlußstück 26 an einen nicht dargestellten Druckkanal eines Common-Rail-Kraftstoffversorgungssystems eines Kraftfahrzeugs angeschlossen ist. Im Führungskanal 24 ist eine Düsennadel 28 angeordnet, die einen Kraft-

stoffauslauf 30 eines vom Anschlußstück 26 abzweigenden Kraftstoffkanals 32 abhängig von einer über die Anschlußklemmen 7 an den Aktor 2 angelegten Ansteuerspannung U_a freigibt oder verschließt. Zur Einstellung funktionsgerechter Druckverhältnisse beim Betrieb des Einspritzventils 1 sind das Anschlußstück 26 mit einer Zulaufdrossel 34 und der Führungskanal 24 mit einer Ablaufdrossel 36 versehen.

[0024] Das Einspritzventil 1 ist, gemeinsam mit weiteren Einspritzventilen 1, Teil eines Kraftstoffeinspritzsystems 40, wie es schematisch in Figur 2 dargestellt ist. Dabei sind die Einspritzventile 1, von denen in Figur 2 der Übersichtlichkeit halber nur vier dargestellt sind, kraftstoffseitig an eine gemeinsame Versorgungsleitung 42 angeschlossen. Die Anzahl der für das Kraftstoffeinspritzsystem 40 vorgesehenen Einspritzventile 1 ist dabei abhängig von den weiteren Erfordernissen der zu versorgenden Brennkraftmaschine, insbesondere kann ein Einspritzventil 1 für jeden zu bespeisenden Zylinder vorgesehen sein.

[0025] Zur elektrischen Ansteuerung der Einspritzventile 1 umfaßt das Kraftstoffversorgungssystem 40 eine zentrale Steuereinheit 44. Diese wiederum weist ein Ansteuermodul 46 auf, das über Leitungen 48 mit den Anschlußklemmen 7 der Einspritzventile 1 abschaltbar verbunden ist. Weiterhin weist die Steuereinheit 44 ein Datenspeichermodule 50 auf, in dem eine Anzahl von Kennfeldern K hinterlegt ist.

[0026] Beim Betrieb des Kraftstoffversorgungssystems 40 legt die Steuereinheit 44 in einem Einspritzzyklus über das Ansteuermodul 46 eine Ansteuerspannung U_a an die Anschlußklemmen 7 jedes Einspritzventils 1 an. In Abhängigkeit von dieser Ansteuerspannung U_a dehnt sich der Aktor 2 des angesteuerten Einspritzventils 1 in seiner Längsrichtung aus, so daß sich der Stellkolben 8 in Richtung des hydraulischen Kopplers 10 bewegt. Infolge der dadurch bewirkten Druckerhöhung im Koppler 10 bewegt sich auch der Stellkolben 14 mit dem daran angeordneten Verschließglied 16 in Richtung auf die Öffnungsposition in der Mitte des Ventilraums 20 und bei weiterer Erhöhung der Ansteuerspannung U_a auf den zweiten Ventilsitz 22 zu.

[0027] Über die Versorgungsleitung 42 herrscht im Anschlußstück 26 jedes Einspritzventils 26 ein hoher Druck, der bei einem Common-Rail-System beispielsweise zwischen 200 und 1800 bar betragen kann. Dieser Druck wirkt gegen die Düsennadel 28 und hält sie geschlossen, so daß durch den Kraftstoffauslauf 30 kein Kraftstoff austreten kann. Wenn aber nun infolge der an den Aktor 2 angelegten Steuerspannung U_a das Verschließglied 16 in den Bereich der Öffnungsposition bewegt wird, dann baut sich der Druck im Hochdruckbereich des Führungskanals 24 ab, so daß die Düsennadel 28 in Richtung auf den Ventilraum 20 zurückweicht und den Kraftstoffauslauf 30 freigibt. In diesem Fall erfolgt eine Kraftstoffeinspritzung in den zugeordneten Zylinder.

[0028] Der Verlauf der Ansteuerspannung U_a für ei-

nes der Einspritzventile 1 als Funktion der Zeit ist beispielhaft für einen Einspritzzyklus in Figur 3 dargestellt. Zu einem Startzeitpunkt t_1 wird die Ansteuerspannung U_a vom Wert 0 V (entsprechend der Ruheposition des Aktors 2; das Verschließglied befindet sich somit im ersten Ventilsitz 18) ausgehend auf ein Zwischenniveau, das beispielsweise etwa 75 V betragen kann, kontinuierlich erhöht. Zum Zeitpunkt t_2 erreicht die Ansteuerspannung U_a das Zwischenniveau, das einer mittleren Längenausdehnung des Aktors 2 entspricht (das Verschließglied 16 befindet sich somit in der Öffnungsposition in etwa der Mitte des Ventilraums 20). In diesem Zustand erfolgt somit eine Kraftstoffeinspritzung durch das betrachtete Einspritzventil 1. Zum Zeitpunkt t_3 wird die Ansteuerspannung U_a wieder abgesenkt, bis sie zu einem Zeitpunkt t_4 wieder den Wert 0 V erreicht. Demzufolge wird das Verschließglied 16 von der Öffnungsposition wieder in die durch den ersten Ventilsitz 18 definierte Schließposition überführt, so daß die Einspritzung beendet wird. Im insgesamt vorgesehenen Einspritzzyklus ist somit eine erste Voreinspritzung erfolgt, deren Schaltsinn durch die erste Schließposition als Ausgangsposition und als Zielposition für das Verschließglied 16 gegeben ist.

[0029] Eine weitere Einspritzung oder zweite Voreinspritzung beginnt zum Zeitpunkt t_5 mit einer erneuten Erhöhung der Ansteuerspannung U_a vom Wert 0 V auf das Zwischenniveau von etwa 75 V, das zum Zeitpunkt t_6 erreicht wird. Die Beendigung dieser Einspritzung wird zum Zeitpunkt t_7 eingeleitet, von dem an die Ansteuerspannung U_a noch weiter erhöht wird, bis sie zu einem Zeitpunkt t_8 einen Maximalwert von beispielsweise etwa 150 V erreicht. Dadurch wird das Verschließglied 16 von der Öffnungsposition in die durch den zweiten Ventilsitz 22 definierte Schließposition überführt. Der Schaltsinn dieser Einspritzung ist somit durch die erste Schließposition als Ausgangsposition und die zweite Schließposition als Zielposition definiert.

[0030] Für die innerhalb des Einspritzzyklus noch vorgesehene dritte Einspritzung oder Haupteinspritzung wird die Ansteuerspannung U_a schließlich zum Zeitpunkt t_9 vom Maximalwert auf ein der Öffnungsposition entsprechendes Maximalwert auf ein der Öffnungsposition entsprechendes Zwischenniveau abgesenkt, das sie zum Zeitpunkt t_{10} erreicht. Dieses Zwischenniveau kann auch vom beim Öffnen des Verschließgliedes 16 zum Zeitpunkt t_6 eingenommenen Zwischenniveau abweichen und beispielsweise etwa 70V betragen. Zur Beendigung der Haupteinspritzung wird die Ansteuerspannung U_a , beginnend zum Zeitpunkt t_{11} , noch weiter reduziert, bis sie zum Zeitpunkt t_{12} wieder den Wert von 0 V erreicht. Dementsprechend ist der Schaltsinn der Haupteinspritzung durch die zweite Schließposition als Ausgangsposition und durch die erste Schließposition als Zielposition gegeben.

[0031] Jede der drei innerhalb des Einspritzzyklus vorgesehenen Einspritzungen ist dadurch charakteri-

siert, daß das Verschließglied 16 sich zunächst in einer der Schließpositionen als Ausgangsposition befindet, von der aus es dann zunächst in die Öffnungsposition und anschließend nach einer angemessenen Wartezeit wieder in eine der Schließpositionen als Zielposition gebracht wird. Die Überführung in die Öffnungs- und in die Zielposition wird dabei mittels Anlegen der Ansteuerspannung U_a bewirkt, wobei diese ihrerseits unter Berücksichtigung einer Ansteuerdauer T_a als Kontrollparameter an den jeweiligen Aktor 2 angelegt wird. Mit anderen Worten: das Verschließglied 16 wird anhand der Ansteuerdauer T_a in die Öffnungsposition und von dort in die Zielposition gebracht.

[0032] Die Ansteuerdauer T_a ist dabei im Ausführungsbeispiel definiert als die Zeitspanne, die zwischen Auslösen der Ventilöffnung und Auslösen des Ventilschlusses verstreicht. Für die erste Voreinspritzung ist dies somit die Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_1 , für die zweite Voreinspritzung die Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t_7 und t_5 , und für die Haupteinspritzung die Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t_{11} und t_9 . Die Ansteuerdauer T_a ist somit im wesentlichen durch diejenige Zeitspanne gegeben, in der das jeweilige Einspritzventil 1 geöffnet ist, so daß eine Einspritzung erfolgt. Durch eine geeignete Wahl oder Vorgabe der Ansteuerdauer T_a als Kontrollparameter ist somit die durch eine Einspritzung abgegebene Einspritzmenge einstellbar oder dosierbar.

[0033] Das Steuermodul 46 der Steuereinheit 44 ist derart ausgelegt, daß die Auswahl der für eine Einspritzung vorzusehenden Ansteuerdauer T_a als Kontrollparameter unter Berücksichtigung einer Reihe von Parametern erfolgt. Zunächst erfolgt die Auswahl unter Berücksichtigung des Schaltsinns des Einspritzventils bei der jeweiligen Einspritzung. Mit anderen Worten: für die Auswahl der Ansteuerdauer T_a für die vorzunehmende Einspritzung wird berücksichtigt, in welcher Schließposition als Ausgangsposition sich das Verschließglied vor Beginn der Einspritzung befindet, und in welche Schließposition das Verschließglied nach Beendigung der Einspritzung überführt werden soll. Dadurch wird der Erkenntnis Rechnung getragen, daß aufgrund der Bauweise des Einspritzventils 1 im durch die beiden Ventilsitze 18, 22 begrenzten Ventilraum 20 ein Druckgefälle herrscht. Jede Bewegung des Verschließgliedes 16 von einer Schließposition in die Öffnungsposition oder umgekehrt erfolgt somit gegen das oder mit dem Druckgefälle, so daß das Verhalten des Einspritzventils 1 und somit auch das Resultat hinsichtlich der tatsächlich eingespritzten Menge von der Bewegungsrichtung des Verschließgliedes 16 abhängt.

[0034] Des weiteren werden bei der Auswahl der Ansteuerdauer T_a als Kontrollparameter betriebsrelevante Daten der Brennkraftmaschine, wie deren Drehzahl und/oder der im Kraftstoffeinspritzsystem 40 herrschende Einspritzdruck, berücksichtigt. Um zudem auch durch aufeinanderfolgende Einspritzungen bedingte Einflüsse infolge von Druckschwingungen zu kompensieren,

sieren, wird bei der Auswahl der Ansteuerdauer Ta auch noch die Anzahl der innerhalb desselben Einspritzzyklus vorangegangenen Einspritzungen, also im Ausführungsbeispiel bei der ersten Voreinspritzung keine, bei der zweiten Voreinspritzung eine und bei der Haupteinspritzung zwei, berücksichtigt.

[0035] Die Auswahl der Ansteuerdauer Ta erfolgt unter Bezugnahme auf im Datenspeichermodul 50 hinterlegte Kennfelder K. Jedes Kennfeld K ist dabei gegeben durch eine Kurvenschar, in der die Ansteuerdauer Ta mit der Drehzahl der Brennkraftmaschine als Scharparameter als Funktion des im Kraftstoffeinspritzsystem 40 herrschenden Einspritzdrucks festgehalten ist. Die Kennfelder K können dabei anhand vorhergegangener Eichungen erstellt worden sein. Im Datenspeichermodul 50 ist für jeden für das jeweilige Einspritzventil 1 möglichen Schaltsinn für jede Anzahl der möglichen Voreinspritzungen jeweils ein Kennfeld K hinterlegt.

[0036] Somit wird beispielsweise bei der Auswahl der Ansteuerdauer Ta als Kontrollparameter für die Haupteinspritzung, der zwei Voreinspritzungen vorangehen und deren Schaltsinn durch die zweite Schließposition als Ausgangsposition und durch die erste Schließposition als Zielposition gegeben ist, das für diese Kombination der Randbedingungen im Datenspeichermodul 50 hinterlegte Kennfeld K herangezogen. Aus diesem Kennfeld K wird diejenige Kurve ermittelt, deren Scharparameter der aktuell für die Brennkraftmaschine gemessenen Drehzahl am nächsten kommt. Aus dieser Kurve wird die für den aktuell herrschenden Einspritzdruck vorgesehene Ansteuerdauer Ta abgeleitet.

[0037] Die solchermaßen ausgewählte Ansteuerdauer Ta wird für die Ansteuerung des Einspritzventils 1 als Kontrollparameter zugrundegelegt. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die vorgegebene Einspritzmenge unabhängig vom Schaltsinn des Einspritzventils 1 vergleichsweise genau eingehalten werden kann, obwohl die im Ventilraum 20 herrschenden Druckverhältnisse eine Abhängigkeit der Ventilcharakteristik von der Bewegungsrichtung des Verschleißglieds 16 bedingen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils (1) für Kraftstoff, bei dem ein in einer Schließposition als Ausgangsposition befindliches Verschleißglied (16) anhand eines Kontrollparameters zuerst in eine Öffnungsposition und nachfolgend in eine aus einer Anzahl von Schließpositionen ausgewählte Zielposition gebracht wird, wobei der das Verschleißglied (16) beeinflussende Kontrollparameter in Abhängigkeit von der Ausgangsposition und von der Zielposition gewählt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Kontrollparameter in Abhängigkeit von der Anzahl von innerhalb desselben Einspritzzyklus vorangegan-

nen Einspritzungen gewählt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Kontrollparameter anhand von betriebsrelevanten Daten einer mit Kraftstoff zu bespeisenden Brennkraftmaschine gewählt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem als betriebsrelevante Daten für den Einspritzdruck charakteristische Meßdaten berücksichtigt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, bei dem als betriebsrelevante Daten für die Drehzahl der Brennkraftmaschine charakteristische Daten berücksichtigt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem die Auswahl des Kontrollparameters in Abhängigkeit von den betriebsrelevanten Daten anhand von parameterspezifischen Kennfeldern (K) erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem für jede der aus allen möglichen Schließpositionen erzeugbaren Kombinationen von Ausgangsposition und Zielposition jeweils ein Kennfeld (K) vorgesehen ist.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem in Abhängigkeit von der Anzahl der innerhalb desselben Einspritzzyklus bereits vorangegangenen Einspritzungen jeweils ein Kennfeld (K) vorgesehen ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem das Einspritzventil (1) als doppelschaltendes Ventil ausgebildet ist, bei dem für das Verschleißglied (16) zwei Schließpositionen sind, die jeweils die Ausgangsposition und/oder die Zielposition bilden können.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem das Verschleißglied (16) mittels eines piezoelektrischen Aktors (2) angetrieben wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem als Kontrollparameter eine Ansteuerdauer (Ta) für den piezoelektrischen Aktor (2) gewählt wird.
12. Kraftstoffeinspritzsystem (40) mit einer Anzahl von Einspritzventilen (1), bei denen jeweils ein in einer Schließposition als Ausgangsposition befindliches Verschleißglied (16) anhand eines Kontrollparameters zuerst in eine Öffnungsposition und nachfolgend in eine aus einer Anzahl von Schließpositionen auswählbare Zielposition bringbar ist, und mit einer Steuereinheit (44), die für jedes Einspritzventil (1) den sein Verschleißglied (16) beeinflussenden Kontrollparameter in Abhängigkeit von dessen Ausgangsposition und von dessen Zielposition vorgibt.

13. Kraftstoffeinspritzsystem (40) nach Anspruch 12, bei dem das Verschließglied (16) jedes Einspritzventils (1) mittels eines piezoelektrischen Aktors (2) antreibbar ist.

5

14. Kraftstoffeinspritzsystem (40) nach Anspruch 12 oder 13, dessen Steuereinheit (44) als Kontrollparameter eine Ansteuerdauer (T_a) für den piezoelektrischen Aktor (2) vorgibt.

10

15. Kraftstoffeinspritzsystem (40) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem in einem Datenspeichermodul (50) für jede der aus allen möglichen Schließpositionen erzeugbaren Kombinationen von Ausgangsposition und Zielposition jeweils ein Kennfeld (K) für den Kontrollparameter als Datensatz hinterlegt ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

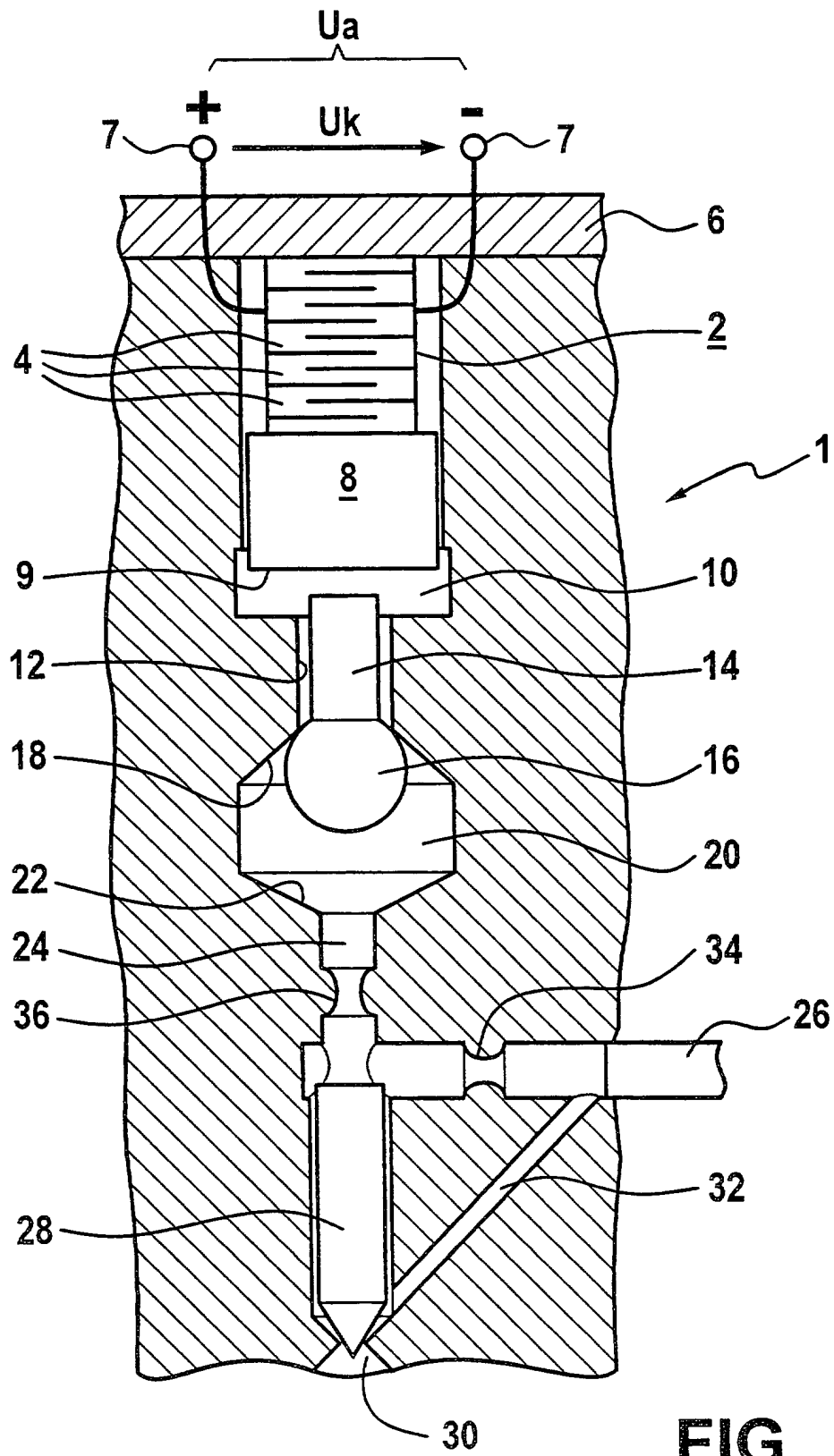


FIG. 1

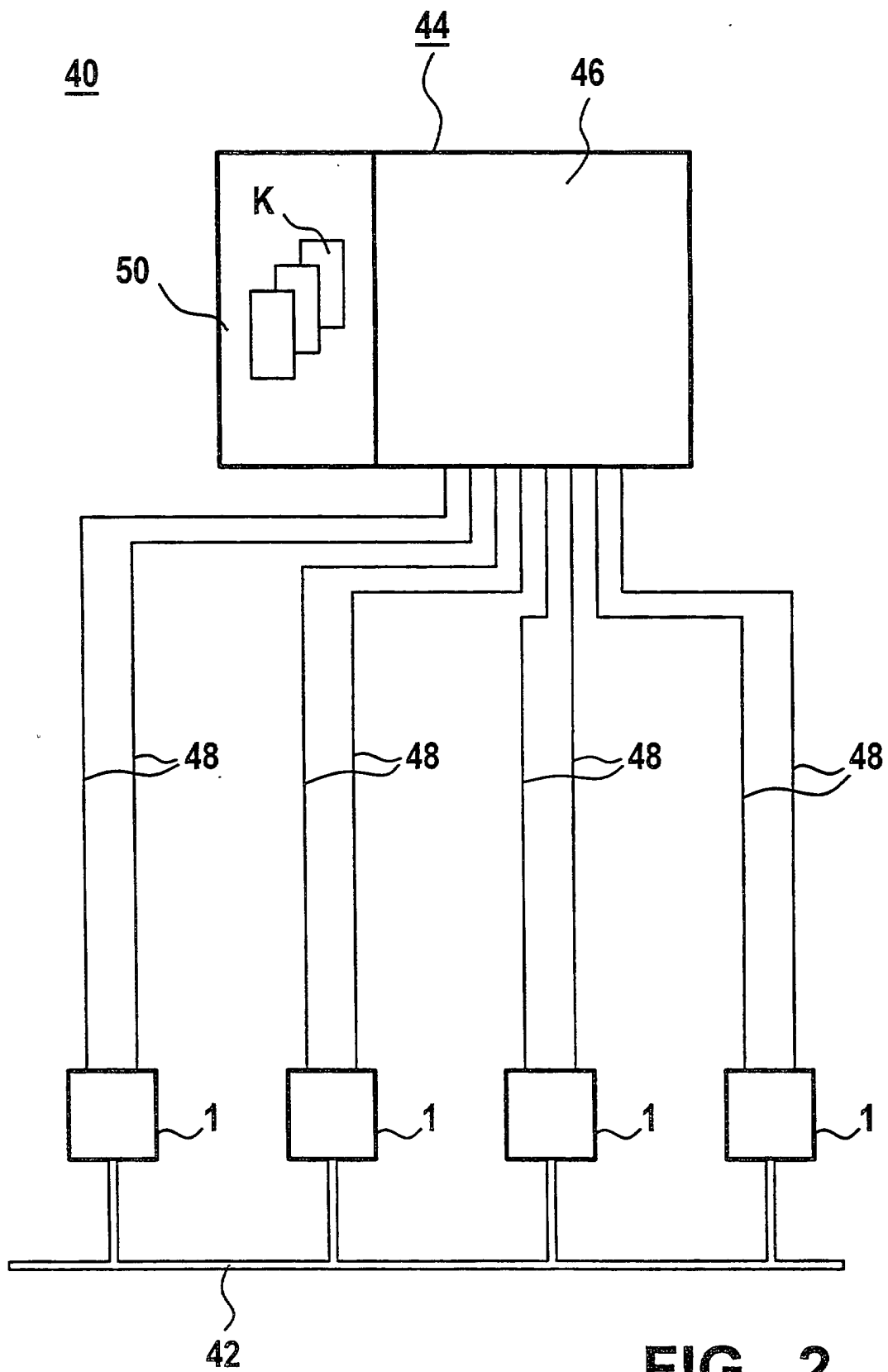


FIG. 2

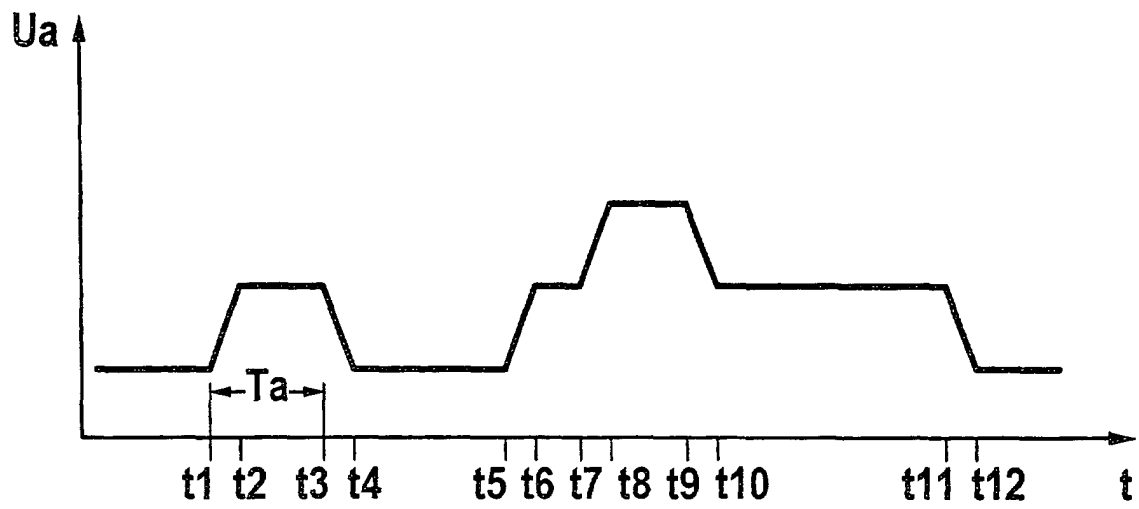


FIG. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 11 3993

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI.7)
A	EP 0 908 617 A (BOSCH GMBH ROBERT) 14. April 1999 (1999-04-14) * Absatz '0005! * * Absatz '0008! * * Abbildung 2 * ---	1	F02M47/02 F02M45/08 F02M45/10
A	WO 00 23704 A (NAVISTAR INT CORP) 27. April 2000 (2000-04-27) * Seite 16, Zeile 23 - Seite 17, Zeile 15 * * Ansprüche 1,2,4 * ---	1,12	
A	US 5 413 076 A (REISENBICHLER PETER ET AL) 9. Mai 1995 (1995-05-09) * Spalte 6, Zeile 16 - Zeile 62 * * Abbildungen 1,3 * ---	12	
A	DE 197 16 220 A (BOSCH GMBH ROBERT) 22. Oktober 1998 (1998-10-22) * Spalte 5, Zeile 54 - Zeile 58 * * Abbildung 1 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.CI.7)
			F02M F02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 22. November 2000	Prüfer De Vita, D
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 00 11 3993

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-11-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0908617 A	14-04-1999	DE 19744723 A	15-04-1999
		JP 11193765 A	21-07-1999
		US 5915361 A	29-06-1999
WO 0023704 A	27-04-2000	AU 6403099 A	08-05-2000
US 5413076 A	09-05-1995	DE 4311627 A	13-10-1994
		FR 2703734 A	14-10-1994
		GB 2276918 A,B	12-10-1994
		JP 6299928 A	25-10-1994
DE 19716220 A	22-10-1998	GB 2324336 A,B	21-10-1998
		JP 10299602 A	10-11-1998

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82