

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 886 064 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.12.1998 Patentblatt 1998/52

(51) Int. Cl.⁶: **F02M 51/06**, H01L 41/09

(21) Anmeldenummer: 98110221.3

(22) Anmeldetag: 04.06.1998

(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

(30) Priorität: 20.06.1997 DE 19726125

(71) Anmelder:
TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH
74072 Heilbronn (DE)

(72) Erfinder: **Hettich, Gerhard, Dr.**
90599 Dietenhofen (DE)

(74) Vertreter:
Maute, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.
Daimler-Benz Aktiengesellschaft,
Theresienstrasse 2
74072 Heilbronn (DE)

(54) Verfahren zur Einspritzung von Kraftstoff

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einspritzung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Zylinder einer Brennkraftmaschine mittels Kraftstoffinjektoren unter Verwendung von Piezoaktoren, deren geringer Hub durch eine hydraulische Übersetzung vergrößert wird. Die hydraulische Übersetzung weist als hydraulische Flüssigkeit ein inkompressibles Medium, beispielsweise das Wood'sche Metall auf.

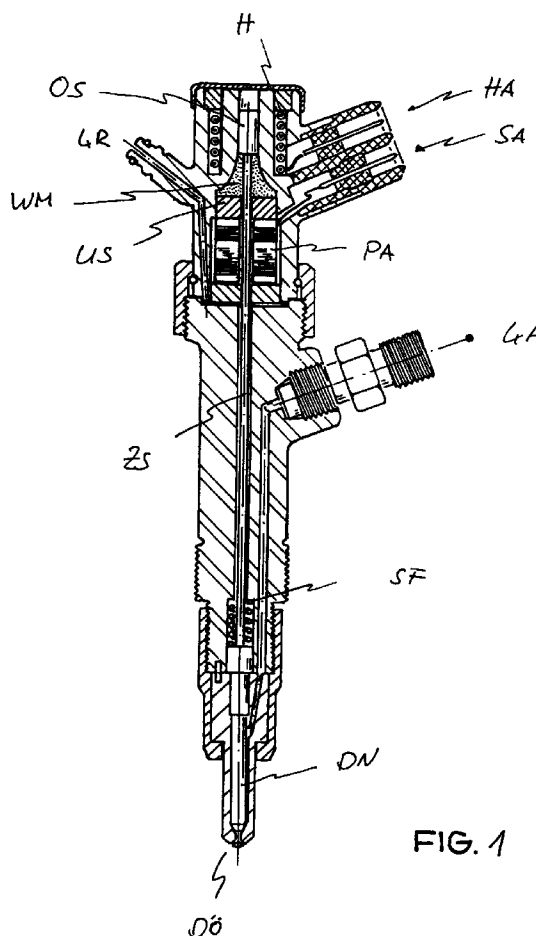


FIG. 1

EP 0 886 064 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einspritzung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Zylinder einer Brennkraftmaschine mittels Kraftstoffinjektoren, wobei ein Kraftstoffinjektor ein Injektorgehäuse, eine Düsennadel und einen über ein Steuergerät steuerbaren Piezoaktor aufweist, wobei der Piezoaktor direkt auf die Düsennadel wirkt. Ein derartiger Kraftstoffinjektor ist in der Druckschrift DE 195 19 192 C1 beschrieben.

Bei mehrzylindrigen Brennkraftmaschinen, insbesondere bei Dieselmotoren, ist die Laufruhe von dem exakten Zeitpunkt der Einspritzung des Kraftstoffes und von der exakten Dosierung der eingespritzten Kraftstoffmenge abhängig. Bei der Konstruktion von Kraftstoffinjektoren ist die Verwendung von Piezoaktoren bereits bekannt. Piezoaktoren ermöglichen einen sehr kompakten Aufbau eines Kraftstoffinjektors, da Piezoaktoren keine weiteren mechanischen Komponenten erfordern. Zudem sind Piezoaktoren elektrisch einfach anzusteuern, ermöglichen hohe Stellfrequenzen und können hohe Stellkräfte bereitstellen.

In der gattungsbildenden Druckschrift DE 195 19 192 C1 ist die Verwendung von Piezoaktoren zur Steuerung der Düsennadel von Kraftstoffinjektoren beschrieben. Der zur Einspritzung notwendige Einspritzdruck des Kraftstoffes wird von einer separaten Kraftstoffpumpe bereitgestellt. Von der Kraftstoffpumpe wird der Kraftstoff über einen Hochdruckanschluß dem Injektorgehäuse zugeführt und gelangt über Kraftstoffkanäle an die Einspritzdüse des Kraftstoffinjektors. Die Kraftstoffkanäle werden zur Steuerung der eingespritzten Kraftstoffmenge von der Düsennadel gesperrt.

Das Problem bei der Verwendung von Piezoaktoren ist der sehr geringe Hub des Piezoaktors, der etwa 0,1 % der Länge des Piezoaktors beträgt. Bei einem zur Einspritzung des Kraftstoffes typischen Hub der Düsennadel von 200 µm ist somit ein Piezoaktor von ca. 20 cm Länge notwendig. Ein derartiger Kraftstoffinjektor kann aufgrund seiner Abmessungen nur mit Schwierigkeiten an einer Brennkraftmaschine bzw. im Motorraum eines Kraftfahrzeuges angeordnet werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Einspritzung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Zylinder einer Brennkraftmaschine unter Verwendung von Piezoaktoren anzugeben, bei dem die Länge des Piezoaktors reduziert werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen verfahren zur Einspritzung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Zylinder einer Brennkraftmaschine mittels Kraftstoffinjektoren wird zwischen dem piezoaktor und der Düsennadel eine hydraulische Übersetzung angeordnet, wodurch der Hub der Piezokeramik entsprechend dem Übersetzungsverhältnis der hydraulischen Übersetzung vergrößert wird und als hydraulische Flüssigkeit der hydraulischen Übersetzung ein inkompressibles Medium verwendet.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß für die inkompressible Flüssigkeit flüssiges Metall genutzt wird, das beim Starten der Brennkraftmaschine durch Vorheizen mit einem Heizelement geschmolzen wird.

In einer weiteren Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, als flüssiges Metall das bei einer Temperatur von 98°C schmelzende Natrium zu verwenden.

In einer nächsten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, als flüssiges Metall eine Legierung des bei einer Temperatur von 70°C schmelzenden Wood'schen Metalls zu verwenden.

In einer letzten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß das die hydraulischen Übersetzung umfassende Gehäuse aus einem nicht leitfähigen Material gefertigt wird, wodurch bei einer Verwendung von flüssigem Metall als inkompressible Flüssigkeit das Metall durch direkten Stromdurchgang geschmolzen wird, so daß auf einen Heizkörper zum Schmelzen des Metalls im Injektorgehäuse beim Starten der Brennkraftmaschine verzichtet werden kann.

Der durch eine hydraulische Übersetzung vergrößerte Hub eines Piezoaktors bewirkt eine geringere Gesamtlänge des Kraftstoffinjektors. Die Möglichkeit zur Verwendung eines Kraftstoffinjektors mit einem Piezoaktor im Motorenbau wird durch den geringeren Platzbedarf beträchtlich gesteigert.

Im folgenden ist das Verfahren zur Einspritzung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Zylinder einer Brennkraftmaschine mittels eines Kraftstoffinjektors, der einen Piezoaktor mit einer hydraulischen Übersetzung aufweist, im Zusammenhang mit einer Zeichnung beschrieben. Als inkompressible Flüssigkeit für die hydraulische Übersetzung wird eine Legierung des Wood'schen Metalls verwendet.

Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung des Kraftstoffinjektors mit dem Piezoaktor und der hydraulischen Übersetzung.

In der Figur ist ein Kraftstoffinjektor zur Dieseleinspritzung für einen Zylinder eines Dieselmotors dargestellt. Das Injektorgehäuse weist einen Kraftstoffanschluß KA für eine Kraftstoffpumpe, einen Heizungsanschluß HA zur Stromversorgung der Heizung H, einen Anschluß für einen Kraftstoffrücklauf KR sowie einen Steueranschluß SA zur Spannungsversorgung eines Piezoaktors PA durch ein Steuergerät auf.

Piezoaktoren dehnen sich proportional zu der an sie angelegten Spannung aus. Über das Steuergerät werden die Piezoaktoren mit Spannungen von bis zu 1000 Volt angesteuert. Dabei dehnt sich der Piezoaktor PA um etwa 50 µm aus. Der zur Kraftstoffeinspritzung notwendige Hub der Düsennadel DN beträgt 200 µm. Zur Verlängerung des Hubes des Piezoaktors PA ist oberhalb des Piezoaktors PA eine hydraulische Übersetzung angeordnet. Die hydraulische Übersetzung wird auf der

dem Piezoaktor PA zugewandten Seite von einem Unteren Stempel US abgedichtet. Auf der entgegengesetzten Seite wird die hydraulische Übersetzung von einem oberen Stempel OS abgedichtet. An dem oberen Stempel OS ist zudem die Zugstange ZS angebracht. Die hydraulische Übersetzung verengt sich zwischen dem oberen Stempel OS und dem Unteren Stempel US Laval - Düsen förmig, wobei das Verhältnis zwischen dem Hub des Oberen Stempels OS und dem Hub des Unteren Stempels US 4 zu 1 beträgt, wodurch sich der Hub des Piezoaktors von 50 µm auf die benötigten 200 µm vergrößert.

Als inkompressible Flüssigkeit zwischen den beiden Stempeln OS, US der hydraulischen Übersetzung wird das Wood'sche Metall WM verwendet. Das Wood'sche Metall WM wird beim Starten des kalten Dieselmotors durch eine die hydraulische Übersetzung umgebende Heizung H geschmolzen. Der Vorgang des Schmelzens des Wood'schen Metalls WM entspricht dem Vorglühen der Glühkerzen des Dieselmotors und kann mit diesem gekoppelt werden. Während des Fahrzeugbetriebes genügt die vom Dieselmotor dissipierte Wärme, um das bei einer Temperatur von ca. 70°C schmelzende Wood'sche Metall WM im flüssigen Zustand zu halten. Die Heizung H wird über einen Temperatursensor geregelt, der im Heizungsanschluß HA zur Stromversorgung der Heizung H angeordnet werden kann und der beispielsweise als Bimetall - Schalter ausgeführt ist.

Die am oberen Stempel OS befestigt Zugstange ZS wird durch die inkompressible Flüssigkeit, durch den Unteren Stempel US und durch den hohl gebohrten Piezoaktor PA bis an die Düsennadel DN geführt und ist mit der Düsennadel DN verbunden. Die Zugstange ZS ist aus einem Faserwerkstoff gefertigt, der den Hub des Oberen Stempels OS verlustfrei auf die Düsennadel DN überträgt.

Die Rückstellkraft der Düsennadel DN erfolgt mittels einer Schließfeder SF, die sich auf der einen Seite gegen das Injektorgehäuse abstützt und auf der anderen Seite auf die Düsennadel DN wirkt. Durch die Schließfeder SF wird das Verschließen der Düsenöffnungen DÖ mit der Düsennadel DN im spannungslosen Zustand des Piezoaktors PA bewirkt.

Der für den Betrieb des Dieselmotors benötigte Einspritzdruck des Kraftstoffes von bis zu 1500 bar wird von einer dem Kraftstoffinjektor vorgeschalteten Kraftstoffpumpe bereitgestellt. Der Kraftstoff wird von der Kraftstoffpumpe über den Kraftstoffanschluß KA und über Kraftstoffkanäle im Inneren des Kraftstoffinjektors bis an die Düsennadel DN geführt.

Während eines Einspritzvorgangs wird der Piezoaktor PA von dem Steuergerät mit einer sich zeitlich ändernden Spannung angesteuert. Der sich proportional zur anliegenden Spannung ausdehnende Piezoaktor PA bewegt über die hydraulische Übersetzung und die Zugstange ST die Düsennadel DN, wodurch der Kraftstoff proportional zur von dem Steuergerät vorge-

gebenen Spannung durch die Düsenöffnungen DÖ des Kraftstoffinjektors in den entsprechenden Verbrennungsraum des Dieselmotors eingespritzt wird.

Die optimalen zeitlichen Spannungsverläufe für einen Zündvorgang sind im Steuergerät in einem Kennfeld beispielsweise drehzahl -, last - und/oder temperaturabhängig gespeichert.

Von dem Steuergerät können dabei zeitliche Spannungsverläufe vorgegeben werden, bei denen der Kraftstoff während eines Einspritzvorgangs für einen Verbrennungsvorgang pulsierend, in vielen kurzen Schüben unterschiedlicher Frequenz in den Verbrennungsraum eingespritzt wird. Dabei wird die Düsenöffnung DÖ vom dem Piezoaktor PA durch die Düsennadel DN vielfach geöffnet und geschlossen, wodurch sich ein zeitlich nicht stetiger Verlauf der eingespritzten Kraftstoffmenge ergibt.

Vor allem können aber auch Spannungsverläufe von dem Steuergerät vorgegeben werden, bei denen der Kraftstoff während eines Einspritzvorgangs für einen Verbrennungsvorgang mit einem zeitlich stetigen Verlauf der Kraftstoffmenge in den Verbrennungsraum eingespritzt wird. Dabei wird die Düsenöffnung DÖ vom dem Piezoaktor PA durch die Düsennadel DN genau einmal geöffnet und geschlossen, und die eingespritzte Kraftstoffmenge wird dadurch verändert, wie weit die Düsennadel DN jeweils vom Piezoaktor PA zurückgezogen wird.

Da die Bohrung für die Zugstange ZS im Injektorgehäuse nicht auf Dauer für den unter sehr hohem Druck stehendem Kraftstoff abzudichten ist, wird der sich im Injektorgehäuse sammelnde Kraftstoff über einen Kraftstoffrücklauf KR in den Kraftstofftank zurückgeführt.

Bei der Verwendung eines Injektorgehäuses aus einem nicht leitfähigen Material kann das Wood'sche Metall WM durch direkten Stromdurchgang geschmolzen werden, wodurch auf eine Heizung H im Injektorgehäuse verzichtet werden kann.

Die Kraftstoffinjektoren einer Brennkraftmaschine können gegebenenfalls mit einer Temperaturregelung ausgestattet werden, mit der die Temperatur des Wood'schen Metalls in den hydraulischen Übersetzungen überwacht wird. Beim Unterschreiten der Schmelztemperatur wird von der Temperaturregelung die Heizung H zugeschaltet. Beim Überschreiten einer Grenztemperatur werden von der Temperaturregelung zur Vermeidung von Störungen durch die thermische Ausdehnung des Wood'schen Metalls bzw. des Kraftstoffinjektors passive Mittel (Gebläse) und/oder aktive Mittel (Peltierelement) zur Kühlung der Kraftstoffinjektoren zugeschaltet.

Bei der Verwendung von Einspritzdüsen, bei denen sich die Düsenöffnungen DÖ dadurch öffnen, daß die Düsennadeln DN in Richtung der Verbrennungsräume verschoben werden, vereinfacht sich der Aufbau der Kraftstoffinjektoren. Dabei werden der Piezoaktor PA, die hydraulische Übersetzung und die Düsennadel DN im Kraftstoffinjektor in einer Reihe angeordnet, wobei

auf das Hohlbohren des Piezoaktors PA verzichtet werden kann und sich die enge der Zugstange ZS auf ein Minimum reduziert.

Durch die hydraulische Übersetzung wird der geringe Hub des Piezoaktors PA deutlich vergrößert, 5
wodurch die Gesamtlänge des Kraftstoffinjektors beträchtlich reduziert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einspritzung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Zylinder einer Brennkraftmaschine mittels Kraftstoffinjektoren, wobei ein Kraftstoffinjektor ein Injektorgehäuse, eine Düsen- 10
nadel (DN) und einen über ein Steuergerät steuerbaren Piezoaktor (PA) aufweist, und wobei der Piezoaktor (PA) direkt auf die Düsen- 15
nadel (DN) wirkt, dadurch gekennzeichnet, daß der Hub des Piezoaktors (PA) durch eine hydraulische Übersetzung zwischen dem Piezoaktor (PA) und der 20
Düsennadel (DN) vergrößert wird, und daß bei der hydraulischen Übersetzung ein inkompressibles Medium als hydraulische Flüssigkeit verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als inkompressibles Medium flüssi- 25
ges Metall verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als flüssiges Metall Natrium verwen- 30
det wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als flüssiges Metall eine Legierung 35
des Wood'schen Metalls (WM) verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das die 40
hydraulische Übersetzung umgebende Gehäuse aus einem nicht leitfähigen Material gefertigt wird.

45

50

55

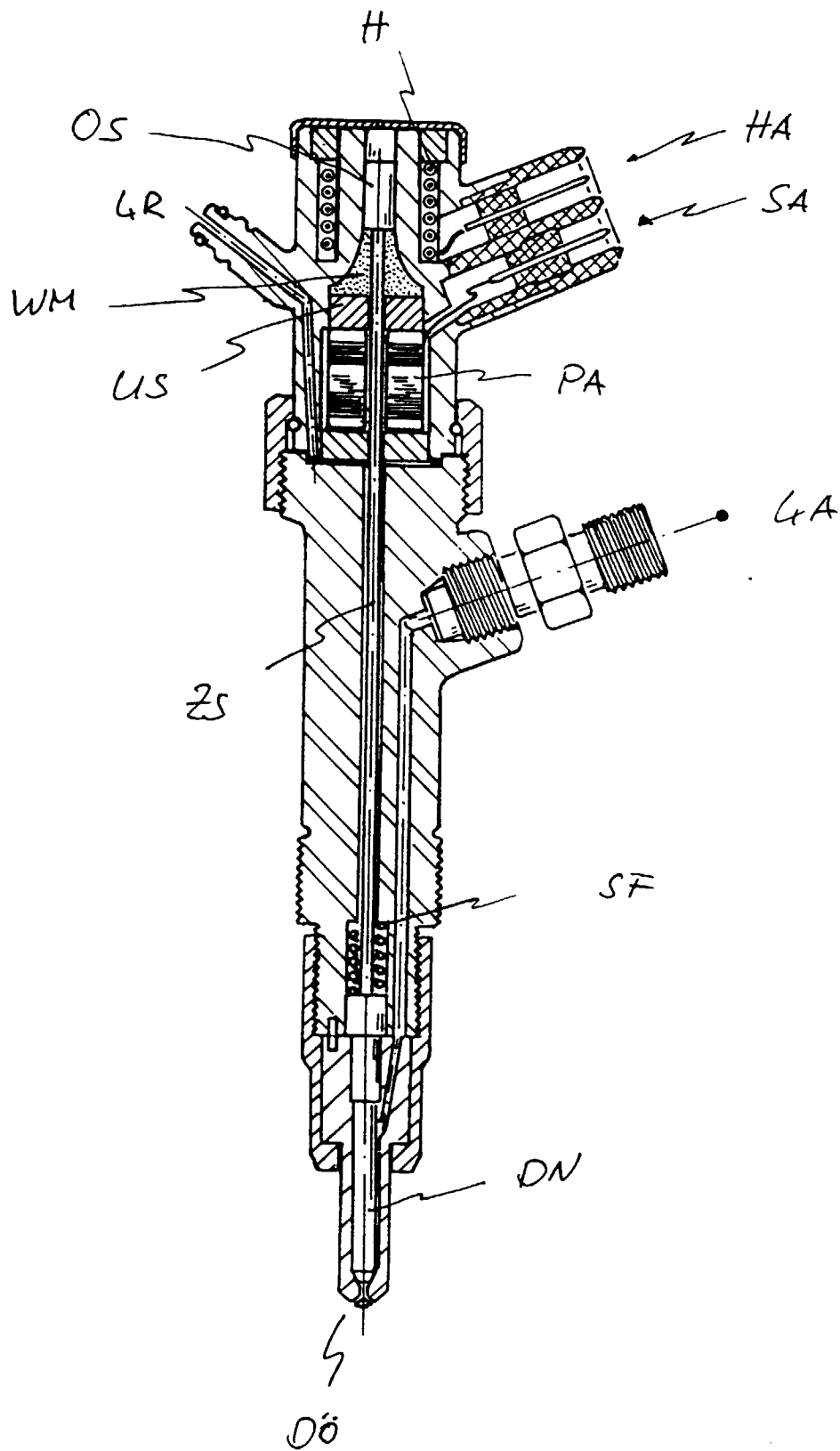


FIG. 1



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 0221

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US 3 635 016 A (BENSON GLENDON M) 18. Januar 1972 * Spalte 1, Zeile 24 - Zeile 39; Abbildungen 6,8 * * Spalte 6, Zeile 57 - Spalte 8, Zeile 13; Abbildungen 6,8 *	1,2	F02M51/06 H01L41/09
A	US 4 858 439 A (SAWADA DAISAKU ET AL) 22. August 1989 * Zusammenfassung; Abbildung 8 *	1	
A	DE 44 06 522 C (SIEMENS AG) 13. Juli 1995 * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F02M H01L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23. September 1998	Prüfer Torle, E
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 03/82 (P04C03)