





ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

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 Beschreibung

Titel

Kraftstoffeinspritzventile für Brennkraftmaschinen

10 Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen, wie es vorzugsweise für die direkte Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum von selbstzündenden Brennkraftmaschinen verwendet wird.

Stand der Technik

15

Einspritzdüsen zur direkten Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum von Brennkraftmaschinen sind seit langer Zeit bekannt. So zeigt die Offenlegungsschrift DE 100 24 703 A1 ein solches Einspritzventil, wie es bei so genannten Common-Rail-Einspritzsystemen verwendet wird. Die Einspritzdüse beinhaltet eine Ventalnadel, die längsbeweglich in einem Ventilkörper angeordnet ist und die durch ihre Längsbewegung das Öffnen und Schließen wenigstens einer Einspritzöffnung steuert, indem sie mit einem Ventilsitz zusammenwirkt. Die Bewegung der Ventalnadel wird hierbei durch ein Steuerventil geregelt, wobei die die Ventalnadel bewegenden Kräfte hydraulisch erzeugt werden. Nachteil dieser Kraftstoffeinspritzventile ist zum einen die große bewegte Masse, da die Ventalnadel, die die gesamte Länge der Einspritzdüse umfasst, relativ lang und damit schwer ist. Die dadurch bedingte Trägheit macht sehr schnell aufeinander folgende Einspritzvorgänge nur schwer durchführbar. Zum anderen tritt bei immer höheren Einspritzdrücken das Problem auf, dass die Ventalnadel mit sehr großen Kräften bewegt werden muss, um die schnellen Öffnungs- und Schließvorgänge zu erreichen. Dadurch setzt die Ventalnadel hart auf dem Ventilsitz auf, was dort zu Verschleiß und vorzeitigem Ausfall des Einspritzventils führen kann, insbesondere wenn im Zuge der weiteren technischen Entwicklung immer höhere Einspritzdrücke, die deutlich über 2000 bar liegen, angesteuert werden.

20

25

30

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 967 382 A2 ist ein Einspritzventil bekannt, bei dem die Ventilmadel eine kleinere Ventilmadel beinhaltet, die zumindest einen Teil der Einspritzöffnungen öffnet und schließt. Durch diese kleinere Ventilmadel, die vorzugsweise in einer Längsbohrung der größeren Ventilmadel angeordnet ist, lassen sich zumindest bestimmte Betriebszustände schnell durch die kleine Ventilmadel steuern. Darüber hinaus wird über die kleinere Ventilmadel eine saubere Zentrierung der eigentlichen Ventilmadel im Bereich des Ventilsitzes erreicht, sodass eine gleichmäßige Einspritzung durch sämtliche Einspritzöffnungen ermöglicht wird.

Das bekannte Kraftstoffeinspritzventil weist hierbei jedoch den Nachteil auf, dass eine unabhängige Steuerung der kleinen Ventilmadel nicht möglich ist. Dies erschwert eine schnelle Ansteuerung, wie sie für Mehrfach-Einspritzungen, d. h. eine in mehrere Teileinspritzungen unterteilte Kraftstoffeinspritzung notwendig ist. Darüber hinaus weist das bekannte Kraftstoffeinspritzventil den Nachteil auf, dass bei immer höherem Druck, der die Düsenmadel umgibt, erhebliche elastische Verformungen des Ventilkörpers auftreten. Dies vergrößert die Leckagespalte und führt dazu, dass Kraftstoff vermehrt in den Kraftstoffrücklauf gefördert wird, was zusätzliche Pumpenleistung der Hochdruckpumpe notwendig macht, die den Kraftstoff verdichtet und der Einspritzdüse zur Verfügung stellt.

Vorteile der Erfindung

Offenbarung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass eine schnelle Steuerung der Einspritzung bei niedriger Leckage erfolgen kann, auch bei einem Druck, der deutlich über den heute erreichbaren 2000 bar liegt. Dazu ist in der Bohrung des Ventilkörpers ein Ventilbolzen angeordnet, auf dem eine Ventilmadel geführt ist. Ein erster Steuerraum befindet sich innerhalb des Ventilbolzens, wobei der erste Steuerraum mit einem zweiten Steuerraum durch eine im Ventilbolzen ausgebildete Verbindung verbunden ist. Der Druck im zweiten Steuerraum ist einstellbar, vorzugsweise über ein Steuerventil, sodass sich auch der Druck im ersten Steuerraum sehr rasch ändern lässt. Durch die geringe bewegte Masse kann die Ventilmadel sehr schnell die Einspritzöffnungen öffnen oder verschließen, wodurch sehr rasch aufeinander folgende Einspritzungen ermöglicht werden. Da im Hochdruckbereich keine Leckagespalten vorhanden sind, ergibt sich auch bei hö-

heren Einspritzdrücken keine Beeinträchtigung der Funktion des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils.

5 Durch die abhängigen Ansprüche sind vorteilhafte Weiterbildungen des Gegenstandes der Erfindung möglich. In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung weist der Ventilbolzen im wesentlichen eine Hohlzylinderform auf, sodass die Verbindung zwischen den beiden Steuerräumen durch einen Längskanal im Ventilbolzen gebildet wird. Der Ventilbolzen stützt sich hierbei vorzugsweise über eine Schließfeder an der Ventalnadel ab, sodass die Ventalnadel durch die Federkraft gegen den Ventilsitz gedrückt wird. Dadurch bleiben die  
10 Einspritzöffnungen auch dann verschlossen, wenn das Kraftstoffeinspritzventil nicht betrieben wird. Der Ventilbolzen kann sich darüber hinaus vorteilhafterweise über eine Druckfeder an einem ortfesten Anschlag abstützen, sodass er zwischen der Schließfeder einerseits und der Druckfeder andererseits gelagert ist. Dies erleichtert eine leichte Montage und Demontage des Kraftstoffeinspritzventils und erlaubt es, in Längsrichtung mit  
15 relativ großen Toleranzen zu fertigen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung stützt sich der Ventilbolzen an seinem ventilsitzseitigen Ende mit einer Anlagefläche am Ventilsitz ab, sodass er durch die Druckfeder ortsfest gehalten wird. Der Ventilbolzen weist in diesem Fall vorzugsweise Öffnungen auf, durch die der Kraftstoff aus einem Druckraum, der den Ventilbolzen umgibt, in Richtung der Einspritzöffnungen fließen kann.  
20

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist es ebenso möglich, dass eine weitere Hülse vorgesehen ist, die ebenfalls in der Bohrung des Ventilkörpers angeordnet ist und die den Ventilbolzen und die Ventalnadel umgibt. Die Hülse wird hierbei in der Bohrung geführt und sorgt ebenso für eine Führung des Ventilbolzens und der Ventalnadel, wobei  
25 der erste Steuerraum zwischen dem Ventilbolzen und der Ventalnadel ausgebildet ist und von der Hülse radial nach außen begrenzt wird. Die Hülse weist ventilsitznah ebenfalls Öffnungen auf, durch die Kraftstoff zu den Einspritzöffnungen fließen kann. Durch die  
30 Hülse werden sowohl der Ventilbolzen als auch die Ventalnadel sehr exakt bezüglich der Längsachse des Ventilkörpers geführt, sodass auch die Einspritzung entsprechend symmetrisch stattfindet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist der Ventilbolzen eine Aufnahme auf,  
35 in die ein Druckkolben hineinragt. Der Druckkolben begrenzt zusammen mit der Auf-

nahme den zweiten Steuerraum, der über einen Längskanal innerhalb des Ventilbolzens mit dem ersten Steuerraum verbunden ist. Der Druckkolben lässt sich beispielsweise über ein Piezoaktor bewegen, sodass die Bewegung der Ventalnadel direkt über dem Piezoaktor gesteuert werden kann. Durch diese Bauform, bei der die Steuerung der Ventalnadel in den Ventilkörper verlegt wird, lassen sich sehr kompakte Einspritzventile konstruieren, die dem steten Bedarf nach Bauteilverkleinerung Rechnung tragen.

#### Zeichnung

In der Zeichnung sind verschiedene Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils dargestellt. Es zeigt:

- Figur 1 einen Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil,  
Figur 1a einen Querschnitt durch das in Figur 1 gezeigte Kraftstoffeinspritzventil entlang der Linie A-A,  
Figur 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils im Längsschnitt,  
Figur 2a einen Querschnitt entlang der Linie A-A und  
Figur 2b eine alternative Konstruktion des in Figur 2 gezeigten Einspritzventils, wobei nur der ventilsitzabgewandte Bereich dargestellt ist,  
Figur 3,  
Figur 4 und  
Figur 5 zeigen weitere Ausführungsbeispiele, die jeweils im Längsschnitt dargestellt sind und  
Figur 6 ein letztes Ausführungsbeispiel, bei dem zusätzlich ein Piezoaktor dargestellt ist, der Teil des gesamten Einspritzventils ist.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In **Figur 1** ist ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil im Längsschnitt dargestellt. Das Kraftstoffeinspritzventil umfasst einen Ventilkörper 1, der in Einbaulage gegen einen in der Zeichnung nicht dargestellten Haltekörper verspannt ist. Der Ventilkörper 1 weist eine Bohrung 3 auf, die an ihrem brennraumseitigen Ende von einem konischen Ventilsitz 4 begrenzt wird. Der konische Ventilsitz 4 läuft in eine Sacklochbohrung 6 aus, wobei wenigstens eine Einspritzöffnung 10, 10' entweder von der Sacklochbohrung 6 o-

der vom konischen Ventilsitz 4 ausgeht und in Einbaulage des Kraftstoffeinspritzventils in den Brennraum der Brennkraftmaschine mündet. In der Bohrung 3 ist ein Ventilbolzen 5 längsverschiebbar angeordnet, wobei zwischen der Wand der Bohrung 3 und dem Ventilbolzen 5 ein Druckraum 8 ausgebildet, der mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllbar ist. Der Ventilbolzen 5 ist in einem mittleren Abschnitt 105 in der Bohrung 3 geführt: **Figur 1a** zeigt hierzu einen Querschnitt durch das in Figur 1 dargestellte Kraftstoffeinspritzventil entlang der Linie A-A. Der Ventilbolzen 5 weist im mittleren Führungsabschnitt 105 Ausnehmungen 16 in Form von Längsnuten auf, sodass hier vier Führungsflächen 17 an der Außenseite des Ventilbolzens 5 gebildet werden, die an der Wand der Bohrung 3 anliegen. Durch die Ausnehmungen 16 ist ein ausreichend großer Durchflussquerschnitt gebildet, durch den Kraftstoff in Richtung der Einspritzöffnungen 10 ungehindert fließen kann.

Am ventilsitzseitigen Ende geht der Ventilbolzen 5 in einen Führungsabschnitt 14 über, der im Durchmesser verringert ist. Auf dem Führungsabschnitt 14 ist eine Ventalnadel 7 geführt, die eine entsprechende Aufnahme 15 aufweist, die den Führungsabschnitt 14 des Ventilbolzens 5 aufnimmt. Die Ventalnadel 7 weist eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche 11 auf, mit der sie auf dem Ventilsitz 4 aufliegt und dabei bei Anlage am Ventilsitz 4 den Druckraum 8 von den Einspritzöffnungen 10 trennt. Die Ventalnadel 7 ist über eine Schließfeder 12 gegen den Ventilbolzen 5 gespannt, wobei die Schließfeder 12 den Führungsabschnitt 14 des Ventilbolzens 5 umgibt.

Durch die Aufnahme 15 der Ventalnadel 7 und den Führungsabschnitt 14 des Ventilbolzens 5 wird ein erster Steuerraum 25 begrenzt, der über einen im Ventilbolzen 5 ausgebildeten Längskanal 22 mit einem zweiten Steuerraum 27 verbunden ist. Dieser wird durch das ventilsitzabgewandte Ende des Ventilbolzens 5 und eine Druckhülse 18 begrenzt, wobei die Druckhülse 18 den Ventilbolzen 5 an seinem ventilsitzabgewandten Ende umgibt. Die Druckhülse 18 wird über eine Druckfeder 20, die sich an einem mit dem Ventilbolzen 5 verbundenen Stützring 13 abstützt, gegen den in der Figur 1 nicht dargestellten Haltekörper gedrückt. Dadurch wird auch der Ventilbolzen 5 in Richtung des Ventilsitzes 4 gedrückt, während er gleichzeitig von der Schließfeder 12 in die entgegengesetzte Richtung beaufschlagt wird.

Damit sich der Druck möglichst rasch von zweiten Steuerraum 27 in den ersten Steuerraum 25 fortsetzt, muss das Volumen der beiden Steuerräume 25, 27 und das Volumen

des Längskanals 22 möglichst klein sein. Da der Durchmesser des Längskanals 22 fertigungsbedingt einen gewissen Mindestquerschnitt aufweisen muss, kann es vorgesehen sein, dass im Längskanal 22 ein Füllstift 31 angeordnet ist. Über die Dicke und die Länge des Füllstiftes 31 kann so das Volumen optimal angepasst werden.

5

Die Funktionsweise des Kraftstoffeinspritzventils ist wie folgt: Im Druckraum 8 wird ein vorgegebener Kraftstoffhochdruck aufrechterhalten, der beispielsweise in einem sogenannten Common-Rail zur Verfügung gestellt wird. Durch eine gesonderte Verbindung oder durch Leckagespalte, etwa zwischen dem Ventilbolzen 5 und der Druckhülse 18, herrscht im zweiten Steuerraum 27 und über den Längskanal 22 auch im ersten Steuer-  
10 raum 25 derselbe hohe Kraftstoffdruck wie im Druckraum 8. Soll eine Einspritzung erfolgen, so wird die über eine Steuervorrichtung, beispielsweise ein Steuerventil, das in dem in der Zeichnung nicht dargestellten Haltekörper untergebracht ist, ein niedrigerer Druck im zweiten Steuerraum 27 eingestellt. Durch den Druckabfall im zweiten Steuer-  
15 raum 27 sinkt praktisch instantan auch der Druck im ersten Steuerraum 25, da beide Steuerräume 25, 27 über den Längskanal 22 hydraulisch miteinander verbunden sind. Dies bewirkt ein Absinken der hydraulischen Kraft auf die Ventalnadel 7, die durch den Druck im ersten Steuerraum 25 eine Schließkraft in Richtung des Ventilsitzes 4 erfährt. Durch Druckbeaufschlagung eines Teils der Ventildichtfläche 11 hebt die Ventalnadel 7  
20 nunmehr vom Ventilsitz 4 ab, sodass Kraftstoff aus dem Druckraum 8 zwischen der Ventildichtfläche 11 und dem Ventilsitz 4 hindurch zu den Einspritzöffnungen 10 strömt und von dort in den Brennraum eingespritzt wird. Durch anschließende Druckerhöhung im zweiten Steuerraum 27 steigt auch der Druck im ersten Steuerraum 25 wieder an, und die Ventalnadel 7 gleitet zurück in ihre Schließstellung, d.h. in Anlage an den Ventilsitz 4.

25

In **Figur 2** ist ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils dargestellt. Die Ventalnadel 7 ist hier, abgesehen von der konischen Ventildichtfläche 11, als kompakter Zylinder ausgeführt und somit nicht auf dem Ventilbolzen 5 geführt. Der erste Steuerraum 25 ist zwischen der Ventalnadel 7 und der ventilsitzzugewandten Stirnfläche des Ventilbolzens 5 ausgebildet. In der Bohrung 3 ist in diesem Ausführungsbeispiel zusätzlich eine Hülse 30 angeordnet, die sowohl den Ventilbolzen 5 als auch die Druckhülse 18 und die Ventalnadel 7 umgibt und die mit einer Anlagefläche 37 am Ventilsitz 4 aufliegt. Die Hülse 30 ist ortsfest in der Bohrung 3 angeordnet und weist Ausnehmungen 16 auf, durch die – ebenso bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 –  
30 Führungsflächen 17 gebildet werden, mit denen die Hülse 30 an der Wand der Bohrung 3  
35

anliegt. Ventilsitzzugewandt wird die Hülse 30 vom Druckraum 8 umgeben, der ebenfalls mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllt ist. Um den Zustrom von Kraftstoff zu den Einspritzöffnungen 10 zu ermöglichen, sind an der Hülse 30 mehrere Öffnungen 32 angeordnet, die schlitzförmig ausgeführt sind und einen ausreichenden Strömungsquerschnitt zur Verfügung stellen. **Figur 2a** zeigt hierzu einen Querschnitt entlang der Linie A-A der Figur 2, durch die die Anordnung der Druckhülse 18 in der Hülse 30 deutlich wird. Die Funktionsweise dieses Kraftstoffeinspritzventils ist identisch mit der Funktionsweise des in Figur 1 gezeigten Einspritzventils, sodass auf eine Funktionsbeschreibung hier verzichtet werden kann.

**Figur 2b** zeigt eine alternative Ausgestaltung des ventilsitzabgewandten Endes des Einspritzventils nach Figur 2, wobei hier nur die wesentlichen Komponenten gezeigt sind. Statt der Druckhülse 18 ist hier ein Druckstück 34 vorgesehen, das eine Längsbohrung 36 aufweist. Zwischen dem Druckstück 34 und dem Ventilbolzen 5 ist ein Zwischenraum 29 ausgebildet, in dem die Druckfeder 20 angeordnet ist, die das Druckstück 34 gegen den nicht gezeigten Haltekörper drückt und gleichzeitig den Ventilbolzen 5 in Richtung der Ventilmadel 7. Somit ergibt sich eine Hintereinander-Schaltung des zweiten Steuerraums 27, des Zwischenraums 29 und des ersten Steuerraums 25, die jeweils über eine Längsbohrung 36 bzw. einen Längskanal 22 im Ventilbolzen 5 und im Druckstück 34 miteinander verbunden sind. Durch diese Ausgestaltung ergeben sich andere Dämpfungseigenschaften, insbesondere, wenn der Ventilbolzen 5 bei der Öffnungshubbewegung der Ventilmadel 7 eine leichte Bewegung ausführt.

In **Figur 3** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel im Längsschnitt dargestellt. Der Ventilbolzen 5 ist hier, ebenso wie bei dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel, durch Führungsflächen 17 in der Bohrung 3 geführt. Zwischen der Druckhülse 18 und dem Ventilbolzen 5 ist hier eine Druckfeder angeordnet, die den Ventilbolzen 5 mit einer Anlagefläche 19 gegen den Ventilsitz 4 drückt. Um den Kraftstofffluss zu den Einspritzöffnungen 10 zu ermöglichen, sind hier Öffnungen 32' vorgesehen, die ähnlich wie die Öffnungen 32 in der Hülse 30 des Ausführungsbeispiels nach Figur 2 ausgeführt sind. Die Ventilmadel 7 weist der Ventildichtfläche 11 abgewandt ein kolbenförmiges Ende 21 auf, mit der sie in einer Aufnahme 24 im Ventilbolzen 5 geführt ist. Zwischen einem Ringbund 33 und einem Absatz in der Aufnahme 24 ist die Schließfeder 12 angeordnet, die die Ventilmadel 7 gegen den Ventilsitz 4 drückt. Der erste Steuerraum 25 wird durch die Stirnfläche des kolbenförmigen Endes 21 und durch die Grundfläche der Aufnahme 24

begrenzt und ist auch hier durch den Längskanal 22 mit dem zweiten Steuerraum 27 verbunden. Die Funktionsweise ist auch hier identisch mit dem der vorangegangenen Ausführungsbeispiele, wobei hier an der Ventilmadel 7 eine weitere Druckfläche 35 durch den Ringbund 33 gebildet wird, der eine zusätzliche hydraulische Kraft auf die Ventilmadel 7 in Öffnungsrichtung bewirkt. Anders als bei den vorangegangenen Ausführungsbeispielen bewegt sich der Ventilbolzen 5 hier nicht und bleibt während der gesamten Einspritzung ortsfest.

In **Figur 4** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei hier dieselbe Darstellung wie in Figur 3 gewählt wurde. Die beiden Ausführungsbeispiele unterscheiden sich nur dadurch, dass die Ventilmadel 7 hier in einen Zapfen 23 ausläuft, der in der Aufnahme 24 angeordnet ist und durch den eine Ventilmadel 7 eine Schulter gebildet wird, an der die Schließfeder 12 anliegt. Die Ventilmadel 7 wird in der Aufnahme 24 geführt, wobei sich eine hydraulische Öffnungskraft nur dadurch ergibt, dass ein Teil der Dichtfläche 11 vom Kraftstoffdruck des Druckraums 8 beaufschlagt wird.

Bei dem in **Figur 5** dargestellten Ausführungsbeispiel, das ebenfalls im Längsschnitt dargestellt ist, weist der Ventilbolzen 5 keine Führungsflächen 17 auf, sondern eine zylindrische Außenform und einen Außendurchmesser, der deutlich kleiner ist als der Innendurchmesser der Bohrung 3. Um den Druckbolzen 5 in der Bohrung 3 zu zentrieren, ist eine Führungsscheibe 38 vorgesehen, die an einem Absatz 41 am Druckbolzen 5 anliegt. Zwischen der Führungsscheibe 38 und der Druckhülse 18 ist die Druckfeder 20 angeordnet, die an die Führungsscheibe 38 gegen den Absatz 41 drückt. In der Führungsscheibe 38 sind mehrere Durchlässe 39 vorgesehen, sodass der Kraftstoff durch den Druckraum 8 in Richtung der Einspritzöffnungen ungedrosselt fließen kann. Bei der Öffnungshubbewegung der Ventilmadel 7 wird nur die Ventilmadel 7 bewegt, während der Druckbolzen 5 ortsfest in der Bohrung 3 verbleibt.

In **Figur 6** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem neben dem Ventilkörper 1 noch eine Antriebsvorrichtung, hier in Form eines Piezoaktors 40 dargestellt, der in der Regel im Haltekörper angeordnet ist. Der Ventilbolzen 5 weist eine Aufnahme 24 auf, in der die Ventilmadel 7 – wie bereits in vorhergehenden Ausführungsbeispielen – geführt ist. Darüber hinaus weist der Ventilbolzen 5 an seiner gegenüberliegenden Seite eine weitere Aufnahme 26 auf, in der ein Druckkolben 42 geführt ist, wobei der zweite Steuerraum 27 durch den Druckkolben 42 und durch die Wandung der zweiten Aufnahme

26 begrenzt wird. Zwischen dem Druckkolben 42 und dem Ventilbolzen 5 ist die Druckfeder 20 angeordnet, die den Druckkolben 42 vom Ventilbolzen 5 wegdrückt.

5 Der Druckkolben 42 ist direkt mit dem Piezoaktor 40 verbunden, sodass durch eine entsprechende Bestromung des Piezoaktors 40 eine Längsbewegung des Druckkolbens 42 erfolgt, durch die das Volumen des zweiten Steuerraums 27 veränderbar ist, so dass entweder Kraftstoff aus dem zweiten Steuerraum 27 verdrängt oder über Leckagespalte zwischen der Wand der zweiten Aufnahme 26 und dem Druckkolben 42 in den zweiten Steuerraum 27 gefördert wird. Zu Beginn der Einspritzung ist der Piezoaktor 40 verkürzt. Der  
10 zweite Steuerraum 27 ist ebenso wie der erste Steuerraum 25 und der Längskanal 22 über Leckagespalte, die z. B. zwischen dem Druckkolben 42 und der zweiten Aufnahme 26 ausgebildet sind, mit dem Druckraum 8 verbunden und damit mit Kraftstoff unter Druck befüllt. Der Piezoaktor 40 befindet sich in seiner maximalen Auslenkungslage, sodass das Volumen des zweiten Steuerraums 27 und des ersten Steuerraums 25 möglichst klein ist.  
15 Soll eine Einspritzung erfolgen, so wird der Piezoaktor 40 verkürzt, sodass sich der Druckkolben 42 zurückzieht. Hierdurch erhöht sich das Volumen des zweiten Steuerraums 27, wodurch der Druck auch im ersten Steuerraum 25 rasch absinkt, wobei zur Vermeidung von Druckschwingungen und zur zeitlichen Steuerung des Druckabfalls im Längskanal 22 eine Drossel 28 vorgesehen sein kann. Durch den Druckabfall im ersten  
20 Steuerraum 25 und die damit einhergehende Abnahme der hydraulischen Schließkraft auf die Ventilmadel 7 wird diese vom Kraftstoffdruck im Druckraum 8 in ihre Öffnungsstellung, d. h. vom Ventilsitz 4 weggedrückt, so dass die Einspritzöffnungen 10 freigegeben werden. Zur Beendigung der Einspritzung wird der Piezoaktor 40 wieder verlängert, sodass sich der Druck in den Steuerräumen 25, 27 erneut aufbaut und die Ventilmadel 7 zurück in ihre Schließstellung drückt. Über die Leckagespalte findet anschließend ein  
25 Druckausgleich zwischen dem Druckraum 8 und den Steuerräumen 25, 27 statt.

Durch die Anordnung der Komponenten nach Figur 6 kann die komplette Steuerung der Ventilmadel 7 und damit der Einspritzung in den Ventilkörper 1 verlegt werden, was im  
30 Haltekörper lediglich der Piezoaktor 40 mit seinen elektrischen Anschlüssen vorgesehen sein muss und die Verbindung des Druckraums 8 mit der Kraftstoffhochdruckquelle.

Die gezeigten Ausführungsbeispiele weisen drüber hinaus den Vorteil auf, dass die Ventilmadel 7 sehr klein ausgeführt ist, sodass sich die Herstellungskosten senken lassen. Dies  
35 ist insbesondere dann interessant, wenn zur weiteren Erhöhung der Präzision relativ teure

Materialien zur Herstellung der Ventalnadel 7 Verwendung finden, beispielsweise Edeltähle.

5

## Patentansprüche

- 10 1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem eine Bohrung (3) mit einer darin angeordneten Ventilnadel (7) ausgebildet ist, wobei die Ventilnadel (7) so mit einem im Ventilkörper (1) ausgebildeten Ventilsitz (4) zusammenwirkt, dass dadurch wenigstens eine Einspritzöffnung (10; 10') geöffnet oder geschlossen werden kann, und mit einem Ventilbolzen (5), der ebenfalls in der Bohrung (3) angeordnet ist und der zusammen mit der Ventilnadel (7) einen ersten Steuerraum (25) begrenzt, der mit Kraftstoff befüllbar ist, wobei der Kraftstoffdruck im ersten Steuerraum (25) so auf die Ventilnadel (7) wirkt, dass diese gegen den Ventilsitz (4) gedrückt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Ventilbolzen (5) ein Längskanal (22) zu einem zweiten Steuerraum (27) ausgebildet ist, in dem ein veränderbarer Druck einstellbar ist.
- 20 2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilbolzen (5) im wesentlichen die Form eines Hohlzylinders aufweist.
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Ventilbolzen (5) über eine Schließfeder (12) an der Ventilnadel (7) abstützt, so dass die Ventilnadel (7) durch die Federkraft gegen den Ventilsitz (4) gedrückt wird.
- 25 4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Ventilbolzen (5) an seinem der Ventilnadel (7) abgewandten Ende über eine Druckfeder (20) ortsfest abstützt.
5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Ventilbolzen (5) über die Druckfeder (20) an einer Druckhülse (18) abstützt, die den zweiten Steuerraum (27) begrenzt.
- 30 6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilnadel (7) eine Aufnahme (15) aufweist, in die der Ventilbolzen (5) mit einem

Führungsabschnitt (14) eintaucht, so dass die Ventalnadel (7) bei ihrer Bewegung zum Öffnen und Schließen der wenigstens einen Einspritzöffnung (10; 10') auf dem Führungsabschnitt (14) geführt ist.

- 5 7. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilbolzen (5) eine Aufnahme (24) an seinem der Ventalnadel (7) zugewandten Ende aufweist, in welche die Ventalnadel (7) hineinragt und dabei bei ihrer Bewegung zum Öffnen und Schließen der wenigstens einen Einspritzöffnung (10; 10') in der Aufnahme (24) geführt ist.
- 10 8. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Ventilbolzen (5) an seinem der Ventalnadel (7) abgewandten Ende über eine Druckfeder (20) ortsfest abstützt und dadurch mit einer Anlagefläche (19) gegen den Ventilsitz (4) gedrückt wird.
- 15 9. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Ventilbolzen (5) Öffnungen (32') ausgebildet sind, über die Kraftstoff der wenigstens einen Einspritzöffnung (10; 10') zufließen kann, wenn die Ventalnadel (7) die wenigstens eine Einspritzöffnung (10; 10') freigibt.
- 20 10. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass an der Ventalnadel (7) eine Druckfläche (35) ausgebildet ist, die vom Kraftstoff beaufschlagt wird, der durch die Öffnungen (32') des Ventilbolzens (5) wirkt, so dass durch die hydraulische Kraft auf die Druckfläche (35) eine vom Ventilsitz (4) weggerichtete Kraft auf die Ventalnadel (7) wirkt.
- 25 11. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilbolzen (5) von einer Hülse (30) umgeben ist, die mit einer Anlagefläche (37) am Ventilsitz (4) aufliegt und die den ersten Steuerraum (25) radial nach außen begrenzt.
12. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilbolzen (5) ventilsitzabgewandt eine zweite Aufnahme (26) für einen Druckkolben (42) aufweist, so dass durch die Wand (26) der zweiten Aufnahme und den Druckkolben (42) der zweite Steuerraum (27) begrenzt wird.

13. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckbolzen (5) durch eine Antriebsvorrichtung (40) so längsbewegbar ist, dass durch seine Längsbewegung das Volumen des zweiten Steuerraums (27) veränderbar ist.
- 5 14. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsvorrichtung ein Piezoaktor (40) ist.
15. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass im Längskanal (22) eine Drosselstelle (28) vorgesehen ist.
- 10 16. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilbolzen (5) in der Bohrung (3) des Ventilkörpers (1) durch Führungsflächen (17) zentriert ist, die an der Wand der Bohrung (3) anliegen.
17. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass am Ventilbolzen (5) Ausnehmungen (16) ausgebildet sind, durch die einen Kraftstofffluss zu der wenigstens einen Einspritzöffnung (10; 10') ermöglicht wird.

Fig. 1

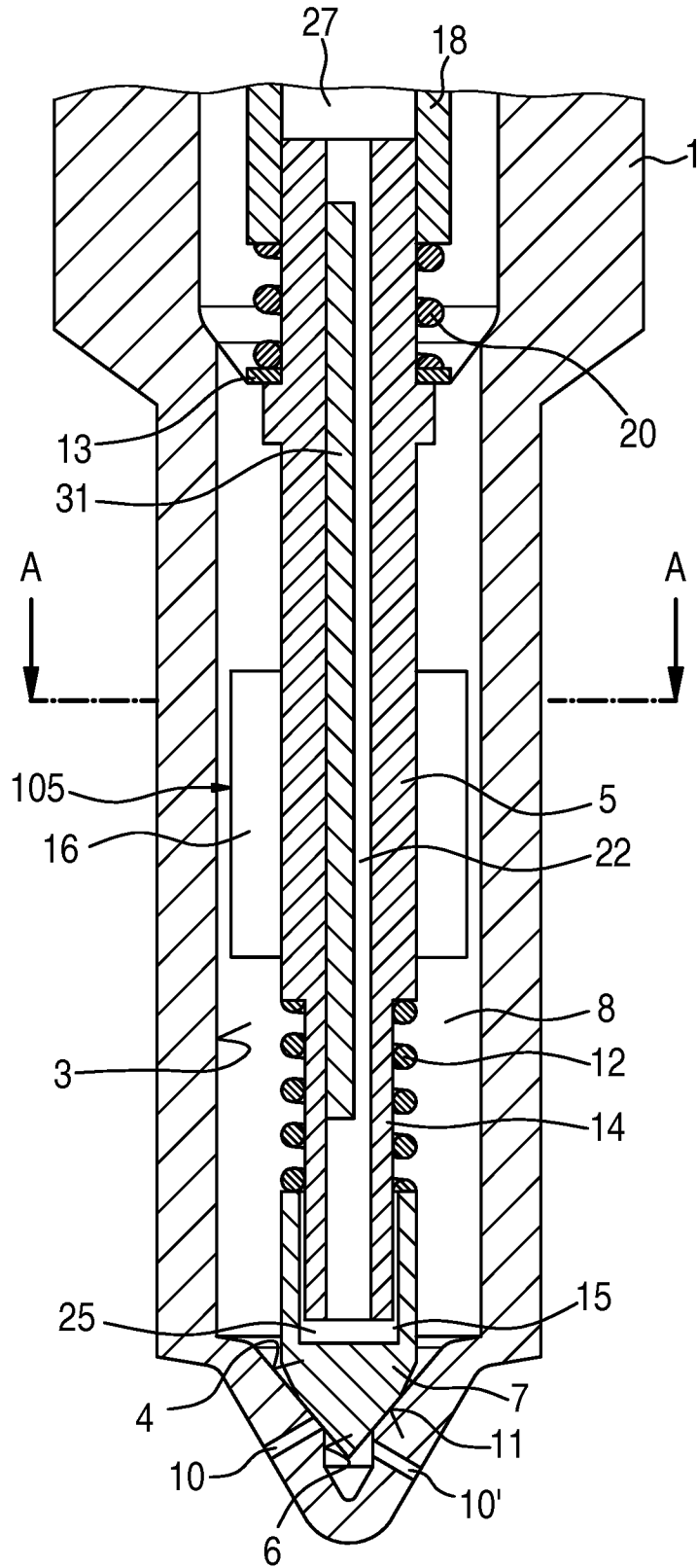


Fig. 1a

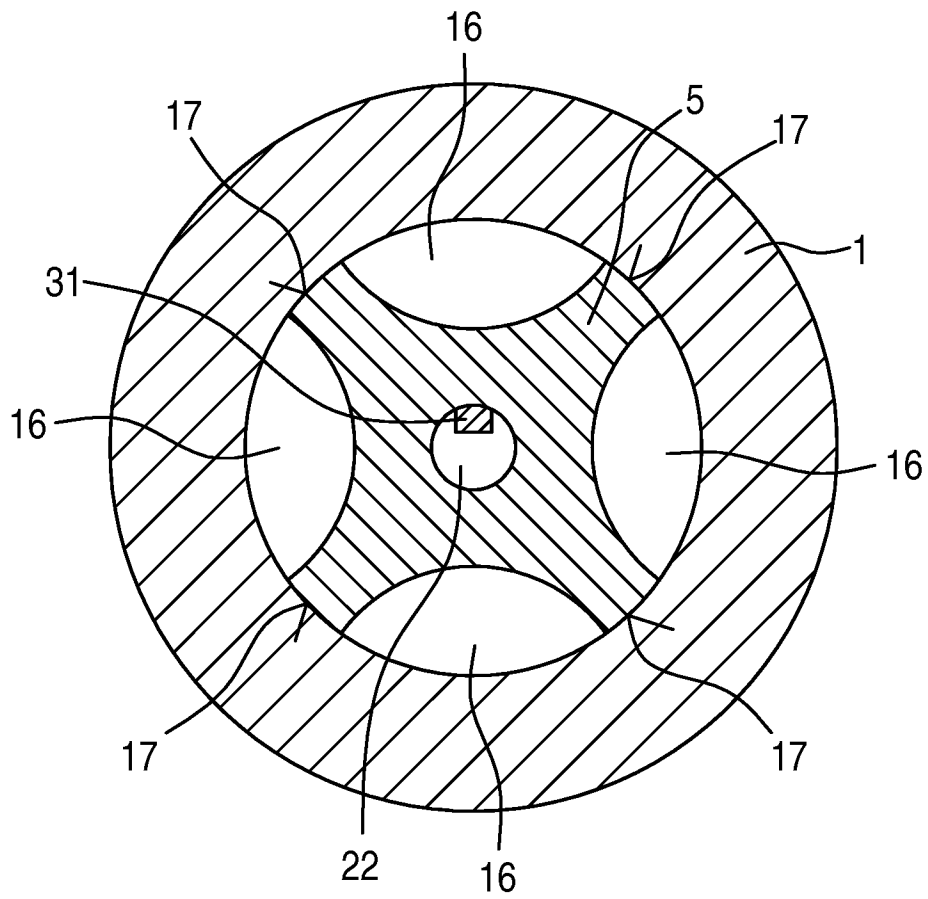


Fig. 2

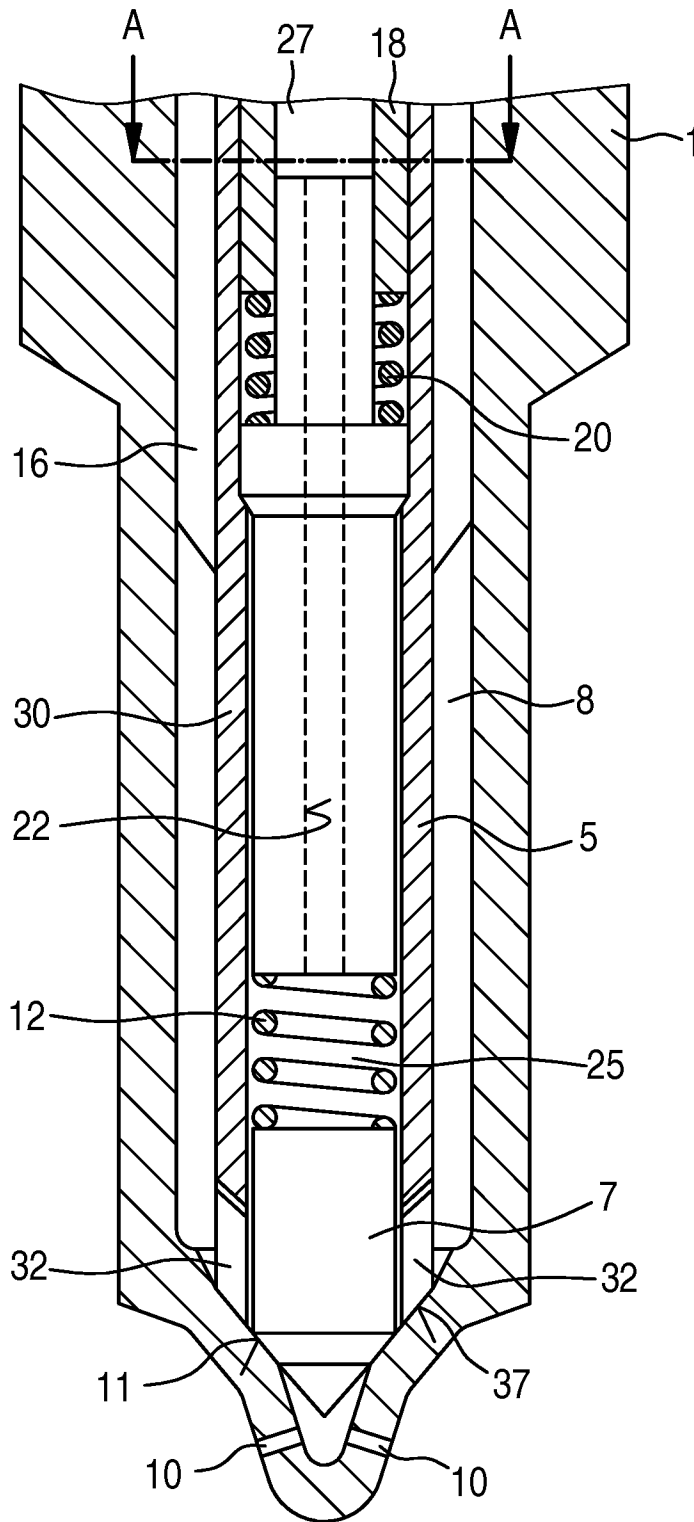


Fig. 2a

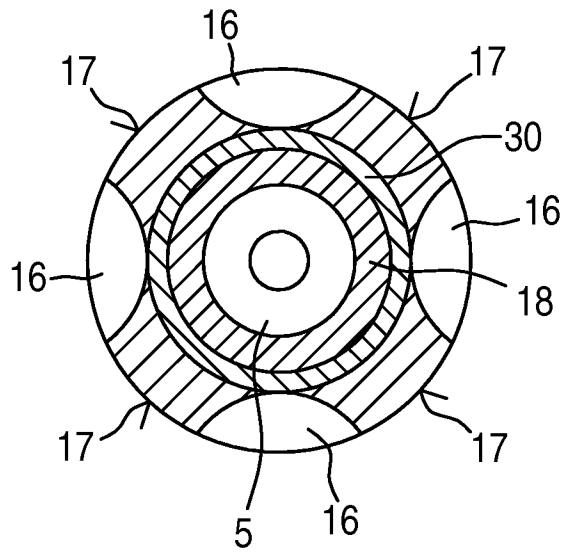


Fig. 2b

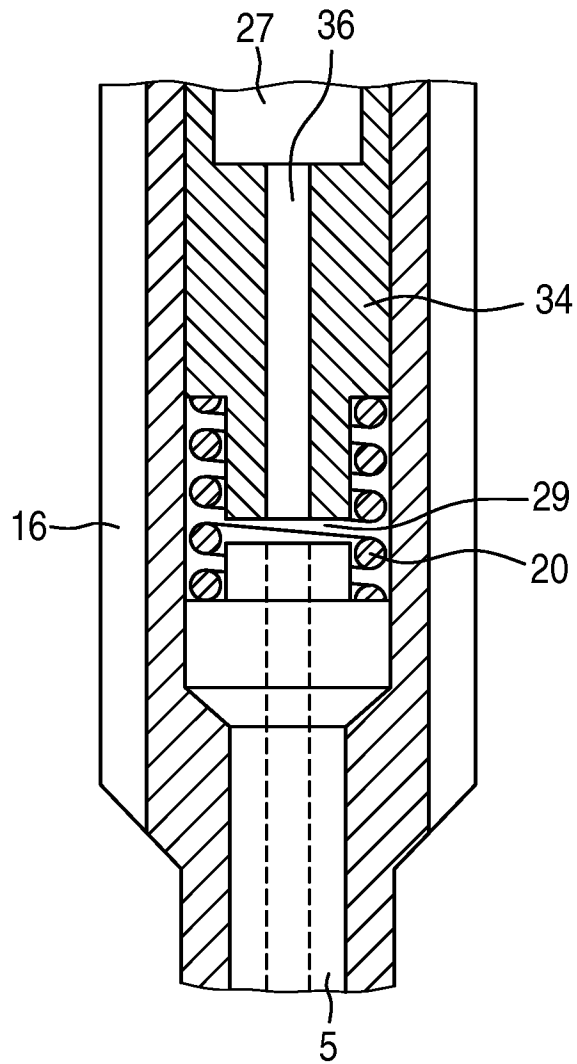


Fig. 3

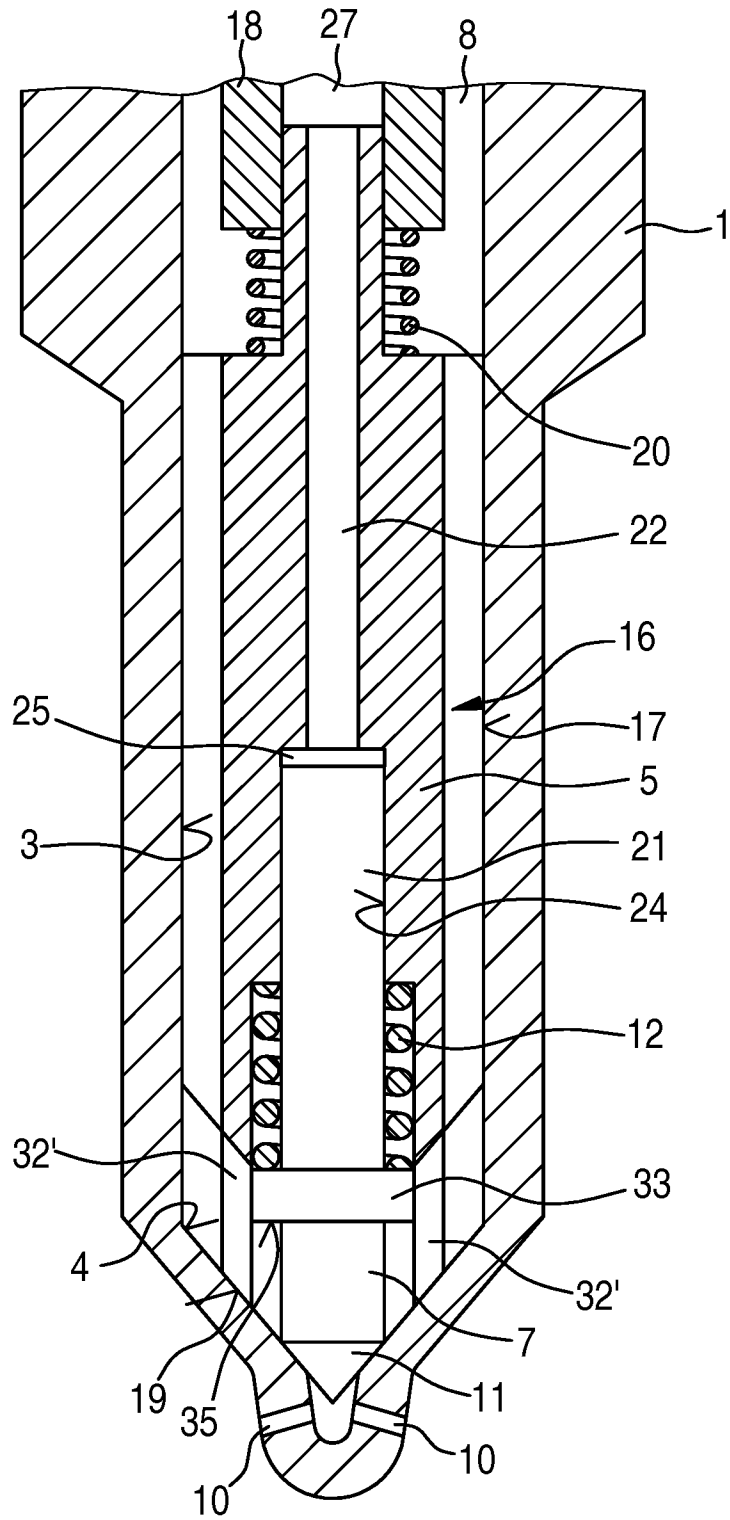


Fig. 4

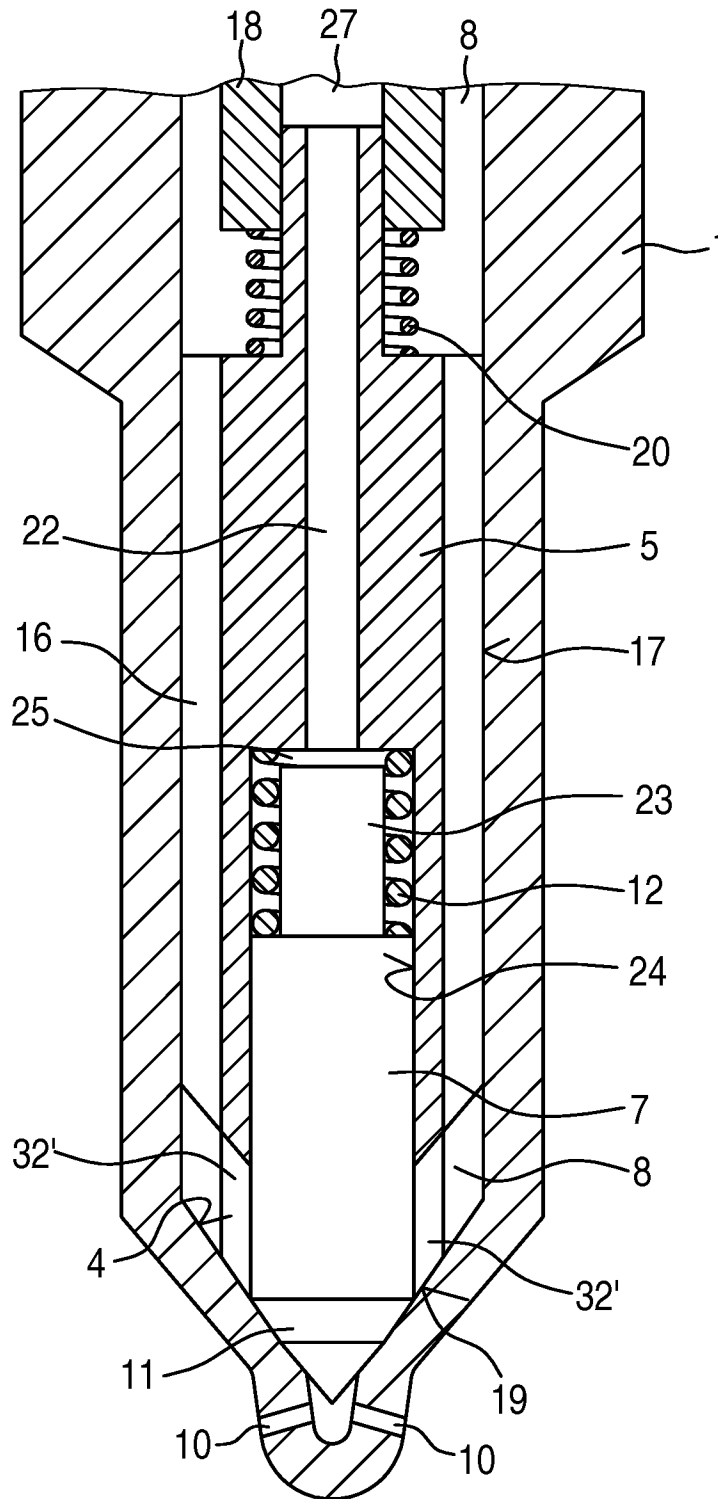


Fig. 5

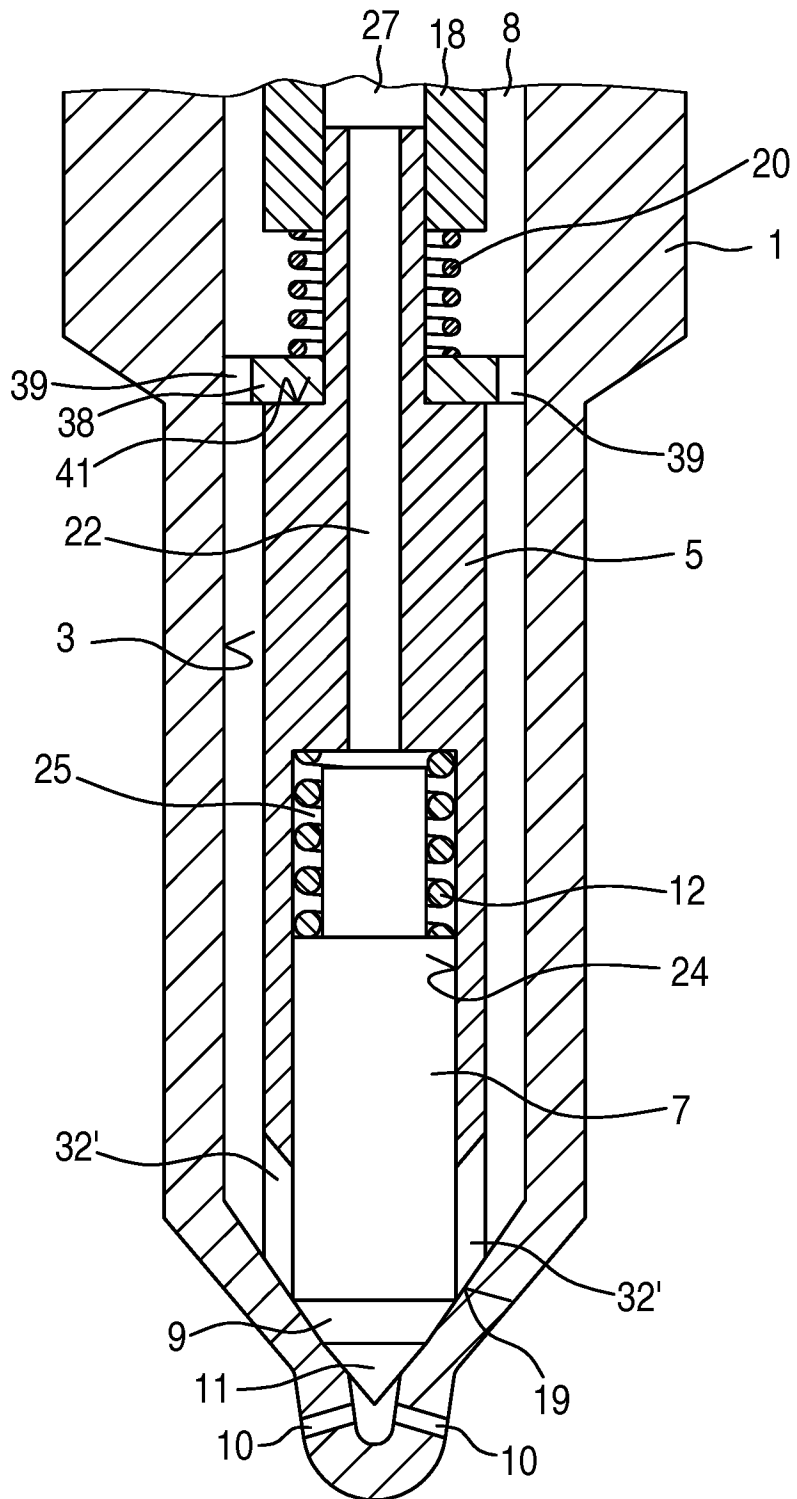
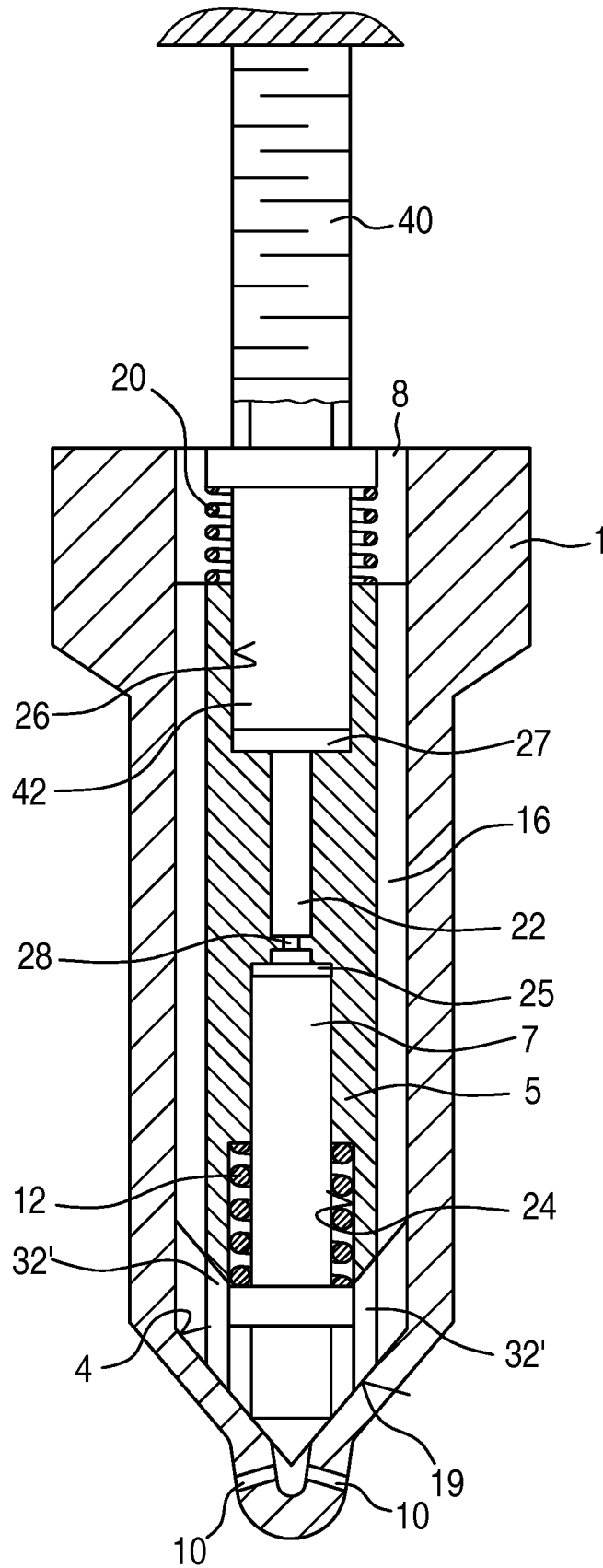


Fig. 6



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2007/050775

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

INV. F02M47/02 F02M61/04 F02M61/12

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)  
F02M

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/084110 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; POTZ DETLEV [DE]; MACK GERHARD [DE]; KUEGLER T) 24 October 2002 (2002-10-24) page 14, paragraph 3; figures 8,10,11 page 18, paragraph 3 - page 24	1-5,7-9, 16,17
X	EP 1 566 538 A1 (DELPHI TECH INC [US]) 24 August 2005 (2005-08-24)	1-4, 7-10,16, 17
A	paragraphs [0027], [0029]; figures	13-15
X	WO 2004/109091 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; BOECKING FRIEDRICH [DE]) 16 December 2004 (2004-12-16) abstract; figures 1,2	1-3,16
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family 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

18 July 2007

Date of mailing of the international search report

25/07/2007

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  
  
Godrie, Pierre

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/050775

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X P,A	EP 1 693 561 A (DELPHI TECH INC [US]) 23 August 2006 (2006-08-23) abstract; figures -----	1-4,6,8, 16,17 13,14
A	EP 0 967 382 A2 (LUCAS IND PLC [GB] LUCAS INDUSTRIES LTD [GB] DELPHI TECH INC [US]) 29 December 1999 (1999-12-29) cited in the application abstract; figures -----	1,7, 13-16

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No <b>PCT/EP2007/050775</b>
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02084110	A	24-10-2002	BR 0204830 A 29-04-2003
			DE 10118699 A1 31-10-2002
			EP 1381774 A1 21-01-2004
			JP 2004518907 T 24-06-2004
			PL 358121 A1 09-08-2004
EP 1566538	A1	24-08-2005	NONE
WO 2004109091	A	16-12-2004	DE 10326044 A1 30-12-2004
			EP 1636482 A1 22-03-2006
			JP 2006527332 T 30-11-2006
			KR 20060021351 A 07-03-2006
			US 2006186226 A1 24-08-2006
EP 1693561	A	23-08-2006	JP 2006200536 A 03-08-2006
			US 2006157593 A1 20-07-2006
EP 0967382	A2	29-12-1999	DE 69922087 D1 30-12-2004
			DE 69922087 T2 01-12-2005
			JP 2000027735 A 25-01-2000
			KR 20000006409 A 25-01-2000
			US 6260775 B1 17-07-2001

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2007/050775

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. F02M47/02 F02M61/04 F02M61/12		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02M		
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		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02/084110 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; POTZ DETLEV [DE]; MACK GERHARD [DE]; KUEGLER T) 24. Oktober 2002 (2002-10-24) Seite 14, Absatz 3; Abbildungen 8,10,11 Seite 18, Absatz 3 - Seite 24 -----	1-5, 7-9, 16, 17
X	EP 1 566 538 A1 (DELPHI TECH INC [US]) 24. August 2005 (2005-08-24)	1-4, 7-10, 16, 17
A	Absätze [0027], [0029]; Abbildungen -----	13-15
X	WO 2004/109091 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; BOECKING FRIEDRICH [DE]) 16. Dezember 2004 (2004-12-16) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 ----- -/--	1-3, 16
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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  18. Juli 2007		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts  25/07/2007
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  Godrie, Pierre

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	EP 1 693 561 A (DELPHI TECH INC [US])	1-4,6,8,
	23. August 2006 (2006-08-23)	16,17
P,A	Zusammenfassung; Abbildungen	13,14
A	EP 0 967 382 A2 (LUCAS IND PLC [GB] LUCAS	1,7,
	INDUSTRIES LTD [GB] DELPHI TECH INC [US])	13-16
	29. Dezember 1999 (1999-12-29)	
	in der Anmeldung erwähnt	
	Zusammenfassung; Abbildungen	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/050775

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 02084110	A	24-10-2002	BR 0204830 A	29-04-2003
			DE 10118699 A1	31-10-2002
			EP 1381774 A1	21-01-2004
			JP 2004518907 T	24-06-2004
			PL 358121 A1	09-08-2004
EP 1566538	A1	24-08-2005	KEINE	
WO 2004109091	A	16-12-2004	DE 10326044 A1	30-12-2004
			EP 1636482 A1	22-03-2006
			JP 2006527332 T	30-11-2006
			KR 20060021351 A	07-03-2006
			US 2006186226 A1	24-08-2006
EP 1693561	A	23-08-2006	JP 2006200536 A	03-08-2006
			US 2006157593 A1	20-07-2006
EP 0967382	A2	29-12-1999	DE 69922087 D1	30-12-2004
			DE 69922087 T2	01-12-2005
			JP 2000027735 A	25-01-2000
			KR 20000006409 A	25-01-2000
			US 6260775 B1	17-07-2001