

(19)



(11)

EP 2 581 597 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

17.04.2013 Patentblatt 2013/16

(51) Int Cl.:

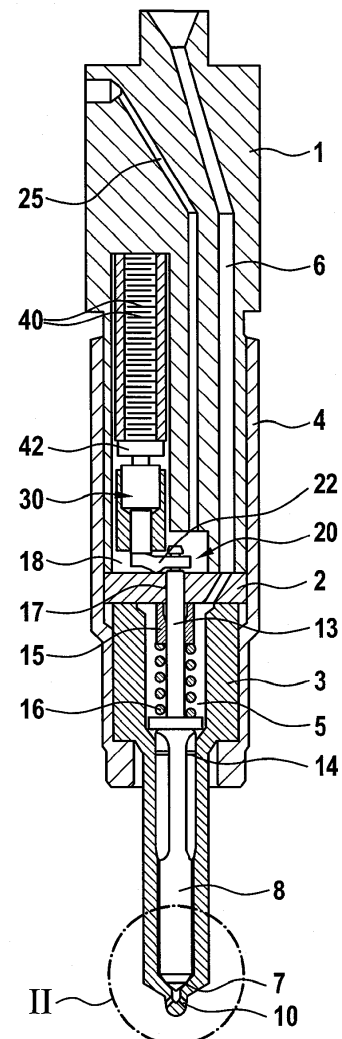
F02M 51/06 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **12185618.1**(22) Anmeldetag: **24.09.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH****70442 Stuttgart (DE)**(72) Erfinder: **Kreschel, Henning****71640 Ludwigsburg (DE)**(30) Priorität: **12.10.2011 DE 102011084342**(54) **Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit direkt angesteuerter Ventilnadel**

(57) Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einer Ventilnadel (8), die in einem Druckraum (5) längsverschiebbar angeordnet ist und mit einer an der Ventilnadel (8) ausgebildeten Ventildichtfläche (9) mit einem Ventilsitz (7) zum Öffnen und Schließen wenigstens einer Einspritzöffnung (10) zusammenwirkt. Der Druckraum (5) ist mit Kraftstoff unter Einspritzdruck befüllbar, wobei sich die hydraulischen Kräfte auf die Ventilnadel (8), die durch den Druck im Druckraum (5) entstehen, bei Anlage der Ventilnadel (8) auf dem Ventilsitz (7) zumindest im Wesentlichen aufheben. Der Ventildichtfläche (9) entgegengesetzt ist an der Ventilnadel (8) ein Stiftfortsatz (13) ausgebildet, der in einen Niederdruckraum (18) ragt und der mit einem mechanischen Koppler (20) verbunden ist, über den eine Öffnungskraft auf die Ventilnadel (8) ausgeübt werden kann.

Fig. 1**EP 2 581 597 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen, wie es insbesondere zur Einspritzung von Kraftstoff in selbstzündende, schnelllaufende Brennkraftmaschinen Verwendung findet.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Kraftstoffeinspritzventile bekannt, mit denen Kraftstoff direkt in den Brennraum von selbstzündenden schnelllaufenden Brennkraftmaschinen eingespritzt werden kann. Der Kraftstoff wird dabei mit Drücken von bis zu 2500 bar eingespritzt, wobei die Einspritzung bei den bekannten Einspritzventilen in der Regel mittels einer Ventilnadel gesteuert wird. Die Ventilnadel wirkt dabei mit einem Ventilsitz zusammen und ist in einem Druckraum angeordnet, in dem Kraftstoff unter hohem Druck vorgehalten wird. Auf die Ventilnadel wirken dabei bedingt durch den hohen Kraftstoffdruck im Druckraum sehr hohe hydraulische Kräfte, die benutzt werden, um die Ventilnadel in Längsrichtung zu bewegen und relativ zum Ventilsitz zu bewegen. Dem Ventilsitz nachgeordnet sind in den Kraftstoffeinspritzventilen eine oder mehrere Einspritzöffnungen angeordnet, über die der Kraftstoff schließlich austritt. Eine direkte Ansteuerung der Ventilnadel, wie es beispielsweise bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen üblich ist, scheidet aufgrund der hohen hydraulischen Kräfte in aller Regel aus.

[0003] Aus der DE 10 2006 026 399 A1 ist ein Kraftstoffeinspritzventil bekannt, das einen piezoelektrischen Aktor aufweist, der über einen hydraulischen Koppler einen Steuerkolben bewegt. Der Steuerkolben ist hydraulisch mit der Ventilnadel verbunden. Bei einer Betätigung des Aktors wird der Steuerkolben von der Ventilnadel wegbewegt, wodurch sich der Kraftstoffdruck im Steuerraum der Ventilnadel reduziert und die Ventilnadel vom Ventilsitz abhebt, was letztendlich die Einspritzöffnungen freigibt. Die Ventilnadel kann mit diesem Konzept sehr präzise mit Hilfe des Piezoaktors gesteuert werden, jedoch erfolgt die Nadelbewegung auch hier mit Hilfe der hydraulischen Kräfte auf die Ventilnadel. Bei diesem Servoventil wird bei jedem Öffnen Kraftstoff aus dem Steuerraum abgesteuert, der zwar von der Hochdruckpumpe verdichtet werden muss, letztendlich aber nicht zur Einspritzung gelangt. Dies reduziert den Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine.

[0004] Darüber hinaus ist aus der Offenlegungsschrift DE 102 20 498 A1 ein Kraftstoffeinspritzventil bekannt, das ebenfalls mit einem Piezoaktor arbeitet. Der Piezoaktor wirkt dabei über einen Hebel, also einem mechanischen Koppler, indirekt auf die Ventilnadel und kann diese gesteuert durch den Piezoaktor vom Ventilsitz abheben. Die Ventilnadel ist hierbei kraftausgeglichen, das heißt, dass auf der dem Ventilsitz abgewandten Seite der Ventilnadel ein Steuerraum ausgebildet ist, der ebenfalls mit Kraftstoff unter hohem Druck geflutet ist, wo-

durch sich die öffnenden und schließenden hydraulischen Kräfte gegeneinander weitgehend wegheben. Dies gilt jedoch nur dann, wenn die Ventilnadel in ihrer Schließstellung ist. Beim Öffnen der Ventilnadel müssen die notwendigen Kräfte vom Piezoaktor und dem damit verbundenen mechanischen Koppler aufgebracht werden. Was je nach Einspritzdruck problematisch sein kann, insbesondere im Hinblick auf den Verschleiß des mechanischen Kopplers.

[0005] Aus der DE 10 2008 042 136 A1 ist weiter ein Kraftstoffeinspritzventil bekannt, bei dem auf die Ventilnadel sowohl eine mechanische öffnende Kraft aufgebracht wird, als auch hydraulische Kräfte für das Öffnen der Ventilnadel sorgen. Hierzu ist ein Piezoaktor ausgebildet, der über einen hydraulischen Koppler die Kraft auf ein Steuerventil überträgt, das einerseits für die Druckentlastung im Steuerraum sorgt, und das andererseits über einen mechanischen Koppler einer Öffnungskraft auf die Ventilnadel überträgt. Diese Konstruktion ist jedoch relativ aufwendig und führt nicht dazu, dass die Ventilnadel letztendlich kraftausgeglichen ist. Es ist nach wie vor viel Energie für das Bewegen der Ventilnadel notwendig und es fallen Kraftstoff-Steuermengen an, die die Effizienz der Brennkraftmaschine herabsetzen.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass die Ventilnadel sowohl in ihrer geöffneten als auch in ihrer geschlossenen Stellung weitgehend kraftausgeglichen ist. Dies ermöglicht zum einen das Bewegen der Ventilnadel mit geringem Energieaufwand und Vermeidung zum anderen Kraftstoff-Steuermengen, die bei servohydraulischen Ventilen sonst von der Kraftstoffhochdruckpumpe zusätzlich verdichtet werden müssen. Das Kraftstoffeinspritzventil kann dadurch effizient betrieben werden, wobei aufgrund der kurzen Schaltzeiten problemlos mehrere Einspritzungen in einem Zyklus möglich sind. Hierzu weist die Ventilnadel an der ihrer Ventildichtfläche entgegengesetzten Seite einen Stiftfortsatz auf, der in einen Niederdruckraum ragt und der mit einem mechanischen Koppler verbunden ist, über den eine Öffnungskraft auf die Ventilnadel ausgeübt werden kann. Da die Ventilnadel in ihrer geschlossenen Stellung kraftausgeglichen ist, muss der mechanische Koppler nur geringe Kräfte auf den Stiftfortsatz und damit in Längsrichtung der Ventilnadel übertragen, um die Ventilnadel in Öffnungsrichtung zu bewegen.

[0007] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung ist ein elektrischer Aktor zumindest mittelbar mit dem mechanischen Koppler verbunden, so dass die Kraft des Aktors über den mechanischen Koppler auf die Ventilnadel übertragbar ist. Der mechanische Koppler besteht hierbei vorzugsweise aus einem Kipphebel, der zwei Enden aufweist, wobei der Aktor zumindest mittelbar auf das erste Ende einwirkt

und das zweite Ende mit dem Stiftfortsatz verbunden ist. Durch diese Konstruktion lässt sich in vorteilhafter Weise auch eine Wegverstärkung der Aktorbewegung erreichen, indem der Kipphebel einen Drehpunkt aufweist und der wirksame Hebel vom Drehpunkt zum ersten Ende des Kipphebels kleiner ist als der wirksame Hebel zum zweiten Ende des Kipphebels.

[0008] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist zwischen dem Aktor und dem mechanischen Koppler ein hydraulischer Koppler angeordnet, über den die Kraft des Aktors auf den mechanischen Koppler übertragen wird. Insbesondere bei Verwendung eines Piezoaktors oder eines magnetostriktiven Aktors müssen Längenänderungen des Aktors ausgeglichen werden, wie sie beispielsweise aus thermischen Schwankungen resultieren. Dies kann in vorteilhafter Weise mit einem hydraulischen Koppler geschehen. Der hydraulische Koppler umfasst hierbei einen Primärkolben, der direkt mit dem Aktor verbunden ist, und einen durch einen hydraulischen Arbeitsraum davon getrennten Sekundärkolben, der mit dem mechanischen Koppler verbunden ist. Die Größe des hydraulischen Arbeitsraums ist variabel, so dass dadurch eine Längenänderung des Aktors ausgeglichen werden kann.

[0009] Auch durch den hydraulischen Koppler lässt sich eine Verstärkung der Aktorbewegung erzeugen: Weist der Primärkolben einen größeren Durchmesser auf als der Sekundärkolben, so wird durch die Bewegung des Primärkolbens eine größere Kraftstoffmenge im hydraulischen Arbeitsraum verdrängt als durch eine gleich große Bewegung des Sekundärkolbens. Bewegt sich der Primärkolben damit eine bestimmte Wegstrecke, so führt die Verdrängung des Kraftstoffs im hydraulischen Arbeitsraum zu einer größeren Bewegung des Sekundärkolbens. Zusammen mit der Wegverstärkung durch den mechanischen Aktor lässt sich so eine relativ große Verstärkung erreichen, so dass bereits ein kleiner Aktor ausreicht, um den notwendigen Hub für das Öffnen der Ventilmadel zu erreichen.

[0010] Die Ventilmadel ist in ihrer geschlossenen Stellung hydraulisch so ausgelegt, dass durch die Größe der Dichtfläche, mit der die Ventilmadel auf dem Ventilsitz aufliegt, und die Größe des Stiftfortsatzes ein Kraftausgleich erreicht wird. Um einen Kraftausgleich auch bei geöffneter Ventilmadel zu erreichen, ist in vorteilhafter Weise zwischen der Ventilmadel und der Wand des Druckraums eine Spaltdrossel ausgebildet, an der sich bei geöffneter Ventilmadel ein Druckgefälle zwischen dem Bereich des Druckraums stromaufwärts der Spaltdrossel und dem Bereich stromabwärts der Spaltdrossel bildet. Dadurch ergibt sich eine hydraulische Schließkraft auf die Ventilmadel, die jedoch dadurch ausgeglichen wird, dass jetzt der Teil der Ventildichtfläche, der bei geschlossener Ventilmadel nicht vom Kraftstoffdruck im Druckraum beaufschlagt wird, durch das Abheben der Ventilmadel eine hydraulische Kraft in Öffnungsrichtung erfährt. Bei entsprechender Auslegung der Spaltdrossel lässt sich so auch bei geöffneter Ventilmadel ein Kraft-

ausgleich der Ventilmadel erreichen. In vorteilhafter Weise beträgt dabei die Druckdifferenz vor und hinter der Spaltdrossel etwa 10 % des stromaufwärtigen Drucks, mindestens aber 50 bar und höchstens 150 bar.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der mechanische Koppler im Niederdruckraum anordnet, wobei der Niederdruckraum mit einer Ablaufbohrung verbunden ist, die für einen stets niedrigen Druck im Niederdruckraum sorgt. Die Anordnung des mechanischen Kopplers und damit auch des hydraulischen Kopplers im Niederdruckraum erleichtert, im Gegensatz zum Einbau in einem Hochdruckbereich des Injektors, die Konstruktion und erlaubt dadurch eine einfachere und kostengünstigere Fertigung des Kraftstoffeinspritzventils.

[0012] Der elektrische Aktor kann als Piezoaktuator, als Magnetaktuator oder als magnetostriktiver Aktuator ausgebildet sein. Auch weitere Aktortypen können in Frage kommen, sofern diese für die Anwendung in einem Kraftstoffeinspritzventil geeignet sind.

Zeichnung

[0013] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils dargestellt. Es zeigt

- Figur 1 eine Gesamtansicht des Kraftstoffeinspritzventils im Längsschnitt,
- Figur 2 eine Vergrößerung des mit II bezeichneten Ausschnitts von Figur 1,
- Figur 3 eine vergrößerte Darstellung des Ventilkörpers des Kraftstoffeinspritzventils und
- Figur 4 eine vergrößerte Darstellung des hydraulischen und mechanischen Kopplers.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0014] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil im Längsschnitt dargestellt. Das Kraftstoffeinspritzventil weist einen Haltekörper 1, eine Zwischenscheibe 2 und einen Ventilkörper 3 auf, die in dieser Reihenfolge aneinander anliegen. Der Ventilkörper 3 wird dabei durch eine Spannmutter 4 unter Zwischenlage der Zwischenscheibe 2 gegen den Haltekörper 1 verspannt. Im Ventilkörper 3, der in Fig. 3 nochmals vergrößert dargestellt ist, ist ein Druckraum 5 ausgebildet, der als Sackbohrung ausgeführt ist und der von der dem Haltekörper 1 zugewandten Seite des Ventilkörpers 3 ausgeht. Der Druckraum wird an seinem Grund von einem im Wesentlichen konischen Ventilsitz 7 begrenzt. An den konischen Ventilsitz 7 schließt sich ein Sackloch 11 an, von dem eine oder mehrere Einspritzöffnungen 10 ausgehen, über die der Kraftstoff letztendlich in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

[0015] Der Druckraum 5 wird über eine in der Zwi-

schenscheibe 2 und im Haltekörper 1 verlaufende Hochdruckbohrung 6 mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllt. Der Kraftstoff wird dabei beispielsweise in einem sogenannten Rail zur Verfügung gestellt. Das Rail ist ein Hochdruckspeicher, der über eine Hochdruckpumpe mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllt wird, so dass in der Hochdruckbohrung 6 bei Betrieb der Brennkraftmaschine stets Kraftstoff unter Einspritzdruck zur Verfügung steht.

[0016] Im Druckraum 5 ist eine kobenförmige Ventilscheibe 8 angeordnet, die längsverschiebbar geführt ist und die an ihrem dem Ventilsitz 7 zugewandten Ende eine Ventildichtfläche 9 aufweist, die im Wesentlichen aus zwei Konusflächen besteht. Dieser, in Fig. 1 mit II gekennzeichnete Bereich, ist in Fig. 2 nochmals vergrößert dargestellt. Zwischen den beiden Konusflächen ist eine Dichtkante 12 ausgebildet, mit der die Ventilscheibe 8 am Ventilsitz 7 aufliegt und dadurch den Druckraum 5 vom Sackloch 11 und damit von den Einspritzöffnungen 10 trennt. Die Ventilscheibe 8 weist einen Durchmesser D auf und erstreckt sich mit diesem Durchmesser ausgehend vom Ventilsitz 7 bis zu einem Führungsabschnitt 108. Hierzu ist der Ventilkörper 5 in Figur 3 nochmals vergrößert dargestellt. Im Führungsbereich 108 wird die Ventilscheibe 8 im Druckraum 5 geführt, wobei der Kraftstofffluss durch mehrere Anschlüsse an der Ventilscheibe 8 sichergestellt wird, die im Führungsabschnitt 108 ausgebildet sind.

[0017] Der Druckraum 5 erweitert sich, ausgehend vom Ventilsitz 7, zum haltekörperseitigen Ende des Ventilkörpers 3 zu einem Federraum 105, in den auch die Hochdruckbohrung 6 mündet. Im Federraum 105 ist eine Schließfeder 16 angeordnet, die die Ventilscheibe 8 umgibt und die sich mit einem Ende an einem Absatz 208 der Ventilscheibe 8 abstützt. Mit ihrem anderen Ende liegt die Schließfeder 16 an einer Hülse 15 an, die durch die Kraft der Schließfeder 16 gegen die Zwischenscheibe 2 gedrückt wird. Die Ventilscheibe 8 ist in diesem Bereich als Stiftfortsatz 13 ausgeführt, der einen Durchmesser d aufweist, welcher deutlich kleiner ist als der Durchmesser D der Ventilscheibe 8 am ventilsitzseitigen Ende. Die Hülse 15 ist auf dem Stiftfortsatz 13 geführt, wobei zwischen der Hülse 15 und dem Stiftfortsatz 13 nur ein sehr kleiner Spalt verbleibt, wie er zur Bewegung des Stiftfortsatzes 13 in der Hülse 15 notwendig ist. Der Stiftfortsatz 13 ragt durch eine Führungsbohrung 17 in der Zwischenscheibe 2 hindurch bis in einen Niederdruckraum 18, der im Haltekörper 1 ausgebildet ist. Die Abdichtung des Druckraums 5 gegenüber dem Niederdruckraum 18 geschieht einerseits durch die Dichtung der Führungshülse 15 an der Zwischenscheibe 2 und andererseits durch die Gleitdichtung zwischen dem Stiftfortsatz 13 und der Hülse 15.

[0018] Im Bereich des Führungsabschnitts 108 der Ventilscheibe 8 befindet sich darüber hinaus eine Spalt-drossel 14, die durch einen umlaufenden Bund gebildet ist und die nur einen sehr geringen Spalt zwischen der Ventilscheibe 8 und der Wand des Druckraums 5 belässt. Der Kraftstoff, der durch die Hochdruckbohrung 6 über

den Federraum 105 in den ventilsitzseitigen Bereich des Druckraums 5 strömt, wird an dieser Stelle in der Spalt-drossel 14 gedrosselt, was bei fließendem Kraftstoff eine Druckdifferenz zwischen dem Federraum 105 und dem ventilsitzseitigen Bereich des Druckraums 5 bewirkt.

[0019] Im Niederdruckraum 18 ist ein mechanischer Koppler 20 angeordnet, der einen um einen Drehpunkt 24 drehend gelagert Kipphebel 22 umfasst. Der Kipphebel 22 weist dabei ein erstes Ende 122 und ein zweites Ende 222 auf, das mit dem Stiftfortsatz 13 verbunden ist. Wird das erste Ende 122 des Kipphebels 22 in Richtung der Zwischenscheibe 2 gedrückt, so hebt sich durch die Drehung um den Drehpunkt 24 das zweite Ende 222 des Kipphebels 22 und hebt die Ventilscheibe 13 vom Ventilsitz 7 ab.

[0020] Im Haltekörper 1 ist ein elektrischer Aktor 40 ausgebildet, der beispielsweise als Piezoaktor ausgebildet ist. Der Piezoaktor 40 weist an seinem dem Ventilkörper 3 zugewandten Ende einen Aktorkopf 42 auf, der mit einem hydraulischen Koppler 30 verbunden ist, der ebenfalls im Niederdruckraum 18 angeordnet ist. Der hydraulische Koppler 30 besteht dabei aus einem Primärkolben 32, der mit dem Aktorkopf 42 verbunden ist, und einem Sekundärkolben 33, der sich am ersten Ende 122 des Kipphebels 22 abstützt. Zwischen dem Primärkolben 22 und dem Sekundärkolben 33, die beide in einer Kopplerhülse 34 geführt sind, ist ein hydraulischer Arbeitsraum 35 ausgebildet. Der hydraulische Arbeitsraum 35 erlaubt einen Längenausgleich, wie er durch thermische Längenänderungen des Aktors 40 notwendig ist. Da diese nur vergleichsweise langsam geschehen, kann die unterschiedliche Befüllung des hydraulischen Arbeitsraums 35 durch zu- oder abströmen von Kraftstoff aus bzw. in den Niederdruckraum 18 problemlos ausgeglichen werden.

[0021] Der Hub des Piezoaktors ist vergleichsweise gering und übersteigt in der Regel nicht 0,1 bis 0,2 % seiner Gesamtlänge. Wenn dies für den Hub der Ventilscheibe 8 nicht ausreicht, kann sowohl der hydraulische Koppler 30, als auch der mechanische Koppler 20 zur Verstärkung des maximalen Hubs eingesetzt werden. Hierzu weist der Primärkolben 32 einen größeren Durchmesser auf als der Sekundärkolben 33. Bei seiner Bewegung in Richtung auf die Zwischenscheibe 2 verdrängt der Primärkolben 32 damit mehr Kraftstoff als der Sekundärkolben 33 bei einem gleichen Hub, so dass der Sekundärkolben 33 eine größere Wegstrecke durchfährt als der Primärkolben 32. Eine weitere Verstärkung kann durch den mechanischen Koppler 20 erreicht werden, indem der wirksame Hebel vom Drehpunkt 24 zum ersten Ende 122 kleiner ist als der wirksame Hebel vom Drehpunkt 24 zum zweiten Ende 222. Die Wegverstärkung der Koppler kann jeweils bis zu 1,5 betragen, d. h. dass eine Längenänderung des Piezoaktors von 100 µm zu einer Bewegung des mechanischen Kopplers von 150 µm führt, was im mechanischen Koppler nochmals verstärkt werden kann.

[0022] Die Arbeitsweise des Kraftstoffeinspritzventils

ist wie folgt:

Zu Beginn der Einspritzung befindet sich die Ventildichtfläche 8 in Anlage am Ventilsitz 7, so dass im gesamten Druckraum 5 der gleiche hohe Druck herrscht, wie er über die Hochdruckbohrung 6 zugeführt wird. Hierbei wirken große hydraulische Kräfte auf die Ventildichtfläche 8, die sich in radialer Richtung gesehen jedoch gegenseitig aufheben. Um auch in Längsrichtung zumindest näherungsweise einen Kraftausgleich zu erreichen, muss der Durchmesser d des Stiftfortsatzes 13 zumindest näherungsweise dem Durchmesser der kreisförmigen Dichtkante 12 an der Ventildichtfläche 9 entsprechen. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, durch entsprechende Wahl der Durchmesser eine geringe hydraulische Schließkraft in Richtung des Ventilsitzes 7 zu erzeugen, da die Ventildichtfläche 8 sonst nur durch die Schließfeder 16 in Anlage am Ventilsitz 7 gehalten wird. Im Niederdruckraum 18, der über einen Ablaufkanal 25 stets mit einem Niederdruckrücklauf verbunden ist, herrscht niedriger Kraftstoffdruck, der erheblich niedriger ist als der Kraftstoffdruck im Druckraum 5 und nicht mehr als einige bar beträgt.

[0023] Soll eine Einspritzung erfolgen, so wird der Piezoaktor 40 bestromt, wodurch er sich in Längsrichtung ausdehnt und über den Aktorkopf 42 den Primärkolben 32 in Richtung der Zwischenscheibe 2 bewegt. Dabei wird der Kraftstoff im hydraulischen Arbeitsraum 35 komprimiert, und der steigende Druck im hydraulischen Arbeitsraum 35 drückt den Sekundärkolben 33 ebenfalls in Richtung der Zwischenscheibe 2. Durch die Verbindung des Sekundärkolbens 33 mit dem ersten Ende 122 des Kipphebels 22 dreht sich damit der Kipphebel 22 um seinen Drehpunkt 24 und hebt den Stiftfortsatz 13 der Ventildichtfläche 8 an. Dabei wird die Ventildichtfläche 8 vom Ventilsitz 7 weggezogen. Durch den Kraftausgleich der Ventildichtfläche 8 in Längsrichtung ist für die Längsbewegung nur eine geringe Kraft notwendig, die ohne Weiteres über den Piezoaktor 40 aufgebracht werden kann. Sobald die Ventildichtfläche 8 vom Ventilsitz 7 abgehoben hat, strömt der Kraftstoff aus dem Druckraum 5 in das Sackloch 11 und von dort durch die Einspritzöffnungen 10 in den Brennraum der Brennkraftmaschine.

[0024] Bei geöffneter Ventildichtfläche 8 ergeben sich folgende hydraulische Verhältnisse: Der Kraftstoff strömt aus der Hochdruckbohrung 6 in den Druckraum 5, am Führungsabschnitt 108 vorbei und von dort zwischen den Raum, der zwischen der Ventildichtfläche 8 und der Wand des Druckraums 5 verbleibt, zum Sackloch 11. Hierbei muss der Kraftstoff jedoch die Spaltdrossel 14 passieren, was ein Druckgefälle zwischen dem Bereich vor und hinter der Spaltdrossel 14 bewirkt, so dass der Druck im Federraum 105 höher ist als im stromabwärtigen Teil des Druckraums 5. Die Druckverminderung beträgt dabei in etwa 50 bis 150 bar, je nach den hydraulischen Verhältnissen. Durch den geringeren Druck im stromabwärtigen

Teil des Druckraums 5 ergibt sich stromabwärts der Spaltdrossel 14 eine geringere hydraulische Kraft auf die Ventildichtfläche 9, was die hydraulische Öffnungskraft auf die Ventildichtfläche 8 vermindert. Durch geeignete Dimensionierung der Spaltdrossel 14 lässt sich so erreichen, dass durch den höheren hydraulischen Druck im Federraum 105 und den verminderten Kraftstoffdruck auf die Ventildichtfläche 9 wiederum ein Kraftausgleich entsteht. Auch im geöffneten Zustand der Ventildichtfläche 8 kann so ein Kraftausgleich in Längsrichtung erreicht werden, was nur eine geringe Schließkraft auf die Ventildichtfläche 8 erfordert, die ohne Weiteres über den mechanischen Koppler erreichbar ist.

[0025] Um das Schließen der Ventildichtfläche 8 zu beschleunigen kann es jedoch auch vorgesehen sein, durch geeignete Auslegung Parameter in geöffneten Zustand eine leichte hydraulische Schließkraft auf die Ventildichtfläche 8 zu erzeugen. Eine Kraft durch die Vermittlung des mechanischen Kopplers 20 ist dann zum Schließen der Ventildichtfläche 8 nicht mehr erforderlich, ohne dass große hydraulische Kräfte am mechanischen Koppler 20 ziehen, wenn dieser die Ventildichtfläche 8 in ihrer Öffnungsstellung hält.

[0026] Es kann weiter vorgesehen sein, dass die Hülse 15 entfällt und sich die Schließfeder 16 einerseits weiterhin am Absatz 208 abstützt, andererseits aber direkt an der Zwischenscheibe 2. Die Abdichtung des Druckraums 5 gegenüber dem Niederdruckraum 18 erfolgt dann ausschließlich durch die Spaltdrossel, die zwischen dem Stiftfortsatz 13 und der Führungsbohrung 17 in der Zwischenscheibe 2 verbleibt. Insbesondere bei einer Zwischenscheibe 2, die eine größere Dicke aufweist, wird so eine ausreichende Abdichtung erreicht.

[0027] Die Darstellung des Kraftstoffeinspritzventils, insbesondere die Darstellung des hydraulischen Kopplers 30, ist nur schematisch zu verstehen. Die Kopplerhülse 34 ist bei der tatsächlichen Ausführungsform fest im Haltekörper 1 fixiert, so dass sie sich beim Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils nicht bewegt.

[0028] Das dargestellte erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil weist insbesondere den Vorteil auf, dass sowohl der Piezoaktor 40, als auch der hydraulische Koppler 30 und der mechanische Koppler 20, im Niederdruck untergebracht sind. Damit herrscht mit Ausnahme der Hochdruckbohrung 6 im gesamten Haltekörper nur Niederdruck, was die Konstruktion und Bauweise der Koppler erheblich vereinfacht und auch die Konstruktion des Piezoaktors und seine Kapselung zur Abdichtung gegenüber dem Kraftstoff, der den gesamten Niederdruckraum 18 ausfüllt, erheblich vereinfacht.

[0029] Außer der unvermeidlichen Leckagemenge, die zwischen der Hülse 15 und dem Stiftfortsatz 13 einerseits und zwischen der Führungsbohrung 17 und dem Stiftfortsatz 13 andererseits in den Niederdruckraum 18 fließt, arbeitet das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil ohne Abstemmenge, wie sie bei servohydraulischen Steuerventilen zwangsläufig anfällt. Dies erhöht die Effizienz des Einspritzsystems, da die Hochdruck-

pumpe, die den Kraftstoff letztendlich komprimiert und die durch den Motor selbst angetrieben wird, nur unwesentlich mehr Kraftstoff auf den hohen Einspritzdruck komprimieren muss, wie tatsächlich eingespritzt wird.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einer Ventilnadel (8), die in einem Druckraum (5) längsverschiebbar angeordnet ist, und mit einer an der Ventilnadel (8) ausgebildeten Ventildichtfläche (9), die mit einem Ventilsitz (7) zum Öffnen und Schließen wenigstens einer Einspritzöffnung (10) zusammenwirkt, wobei der Druckraum (5) mit Kraftstoff unter Einspritzdruck befüllbar ist, wobei sich die hydraulischen Kräfte auf die Ventilnadel (8), die durch den Druck im Druckraum (5) entstehen, bei Anlage der Ventilnadel (8) auf dem Ventilsitz (7) zumindest im Wesentlichen aufheben, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventildichtfläche (9) entgegengesetzt an der Ventilnadel (8) ein Stiftfortsatz (13) ausgebildet ist, der in einen Niederdruckraum (18) ragt und der mit einem mechanischen Koppler (20) verbunden ist, über den eine Öffnungskraft auf die Ventilnadel (8) ausgeübt werden kann.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein elektrischer Aktor (40) zumindest mittelbar mit dem mechanischen Koppler (20) verbunden ist, so dass die Kraft des Aktors (40) über den mechanischen Koppler (20) auf die Ventilnadel (8) übertragbar ist.
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mechanische Koppler (20) einen Kipphebel (22) umfasst, der zwei Enden (122; 222) aufweist, wobei der Aktor (40) zumindest mittelbar auf das erste Ende (122) einwirkt und das zweite Ende (222) mit dem Stiftfortsatz (13) verbunden ist.
4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kipphebel (22) einen Drehpunkt (24) aufweist, um den sich der Kipphebel (22) bei der Öffnungsbewegung der Ventilnadel (8) drehend bewegt, wobei der wirksame Hebel vom Drehpunkt (24) zum ersten Ende (122) kleiner ist als der wirksame Hebel zum zweiten Ende (222), so dass die Bewegung des Aktors (40) durch den Kipphebel (22) verstärkt wird.
5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Aktor (40) und dem mechanischen Koppler (20) ein hydraulischer Koppler (30) angeordnet ist, über den die Kraft des Aktors (40) auf den mechanischen Koppler (20) übertragen wird.
6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hydraulische Koppler (30) einen mit dem Aktor wirkverbundenen Primärkolben (32) und einen durch einen hydraulischen Arbeitsraum (34) davon getrennten Sekundärkolben (33) aufweist.
7. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Primärkolben (32) einen größeren Durchmesser aufweist als der Sekundärkolben (33), so dass die Bewegung des Aktors (40) durch den hydraulischen Koppler (30) verstärkt wird.
8. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Ventilnadel (8) und der Wand des Druckraums (5) eine Spaltdrossel (14) ausgebildet ist, so dass bei geöffneter Ventilnadel (8) ein Druckgefälle zwischen dem Bereich des Druckraums (5) stromaufwärts der Spaltdrossel (14) und dem Bereich stromabwärts der Spaltdrossel (14) herrscht.
9. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckdifferenz etwa 10 % des stromaufwärtigen Drucks beträgt, mindestens aber 50 bar und höchstens 150 bar.
10. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilnadel (8) im geöffneten Zustand durch den Druck im Druckraum (5) eine in Richtung des Ventilsitzes (7) gerichtete hydraulische Schließkraft erfährt.
11. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mechanische Koppler (20) im Niederdruckraum (18) angeordnet ist und der Niederdruckraum (18) mit einer Ablaufbohrung (25) verbunden ist, so dass im Niederdruckraum (18) stets ein niedriger Druck herrscht.
12. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktor ein Piezoaktor (40), ein Magnetaktor oder ein magnetostriktiver Aktor ist.

Fig. 1

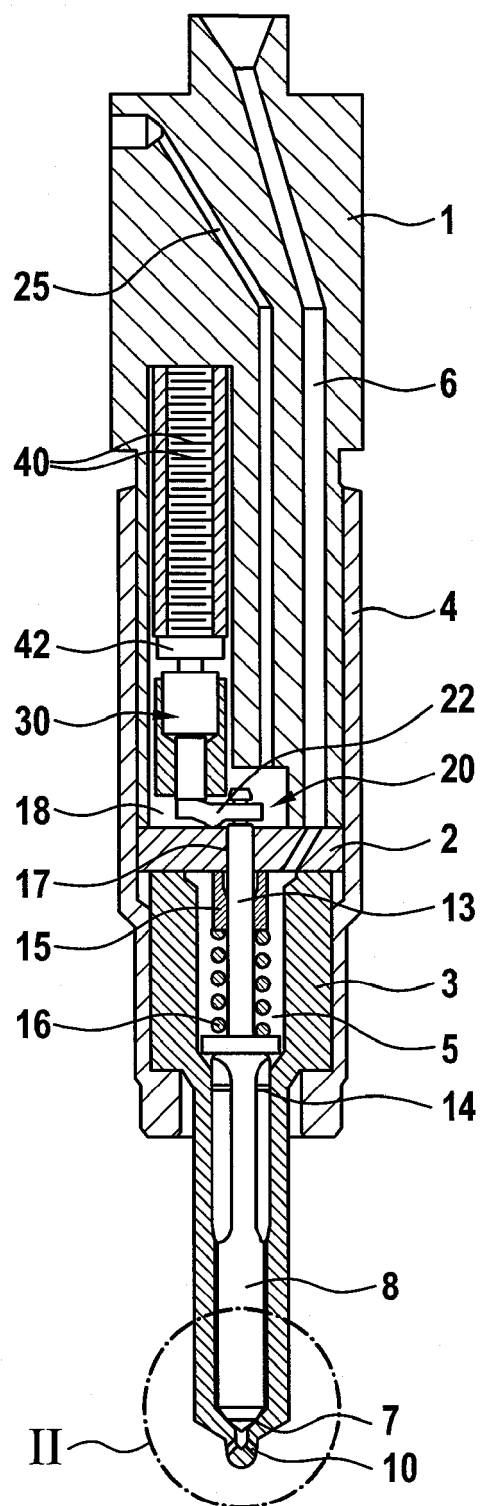


Fig. 2

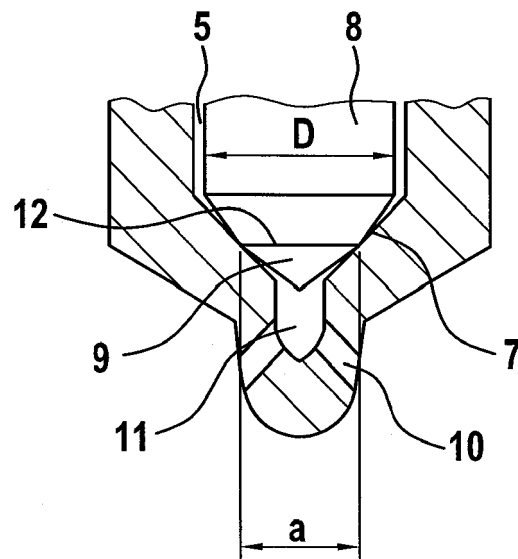


Fig. 3

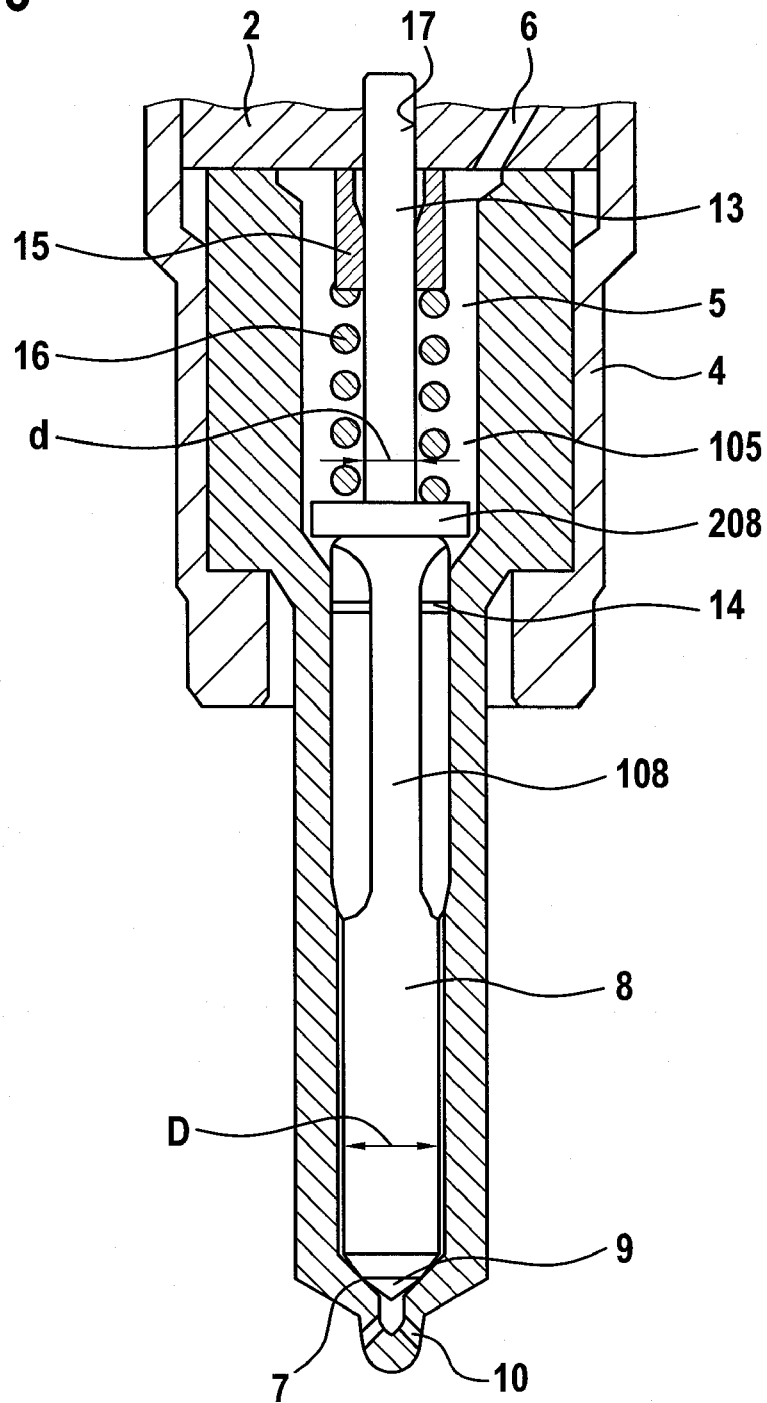
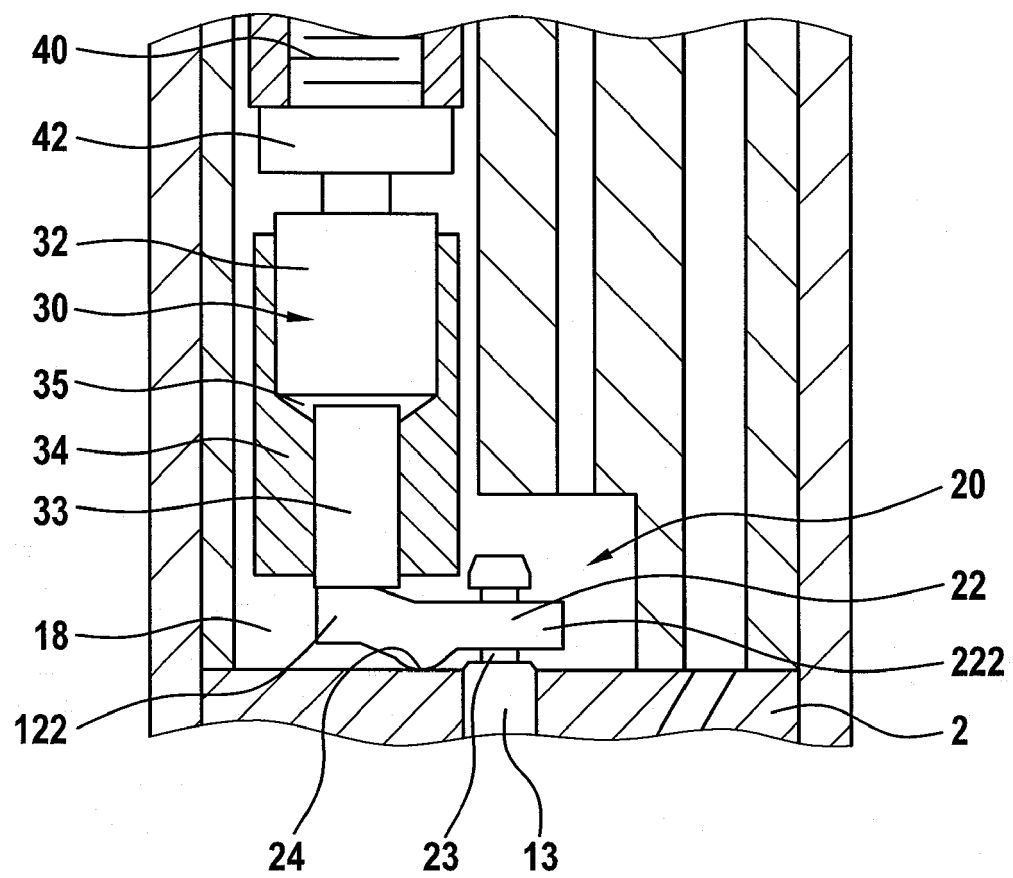


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 18 5618

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2010/142753 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]; JAIME SALCEDO SVEN [DE]; KNOLLER MIC) 16. Dezember 2010 (2010-12-16)	1,2,5-7, 12	INV. F02M51/06
Y	* Seite 4, Zeilen 4-9 * * Seite 5, Zeilen 20-34 * * Seite 6, Zeilen 2-7 * * Seite 6, Zeile 25 - Seite 7, Zeile 11; Abbildungen 1,2 *	8-10	
X,D	DE 102 20 498 A1 (CUMMINS ENGINE CO INC [US] CUMMINS INC [US]) 28. November 2002 (2002-11-28)	1-4,11, 12	
Y	* Absätze [0001], [0048], [0049]; Abbildung 5 * * Absätze [0051], [0052]; Abbildung 8 * * Abbildung 22 *	8-10	
Y	DE 10 2007 032741 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. Januar 2009 (2009-01-15) * Absatz [0006]; Anspruch 1; Abbildung 1 *	8-10	
A	DE 10 2008 043085 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 29. April 2010 (2010-04-29) * Abbildung 1 *	1-7,12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02M
A	DE 10 2006 031567 A1 (SIEMENS AG [DE]) 10. Januar 2008 (2008-01-10) * Absätze [0034] - [0036], [0038], [0039], [0045]; Abbildungen 1,6 *	1-6,12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Januar 2013	Prüfer Landriscina, V
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 : nichtschriftliche 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)

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

EP 12 18 5618

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.

31-01-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2010142753 A1	16-12-2010	DE 102009024595 A1	24-03-2011
		EP 2440770 A1	18-04-2012
		US 2012160210 A1	28-06-2012
		WO 2010142753 A1	16-12-2010

DE 10220498 A1	28-11-2002	DE 10220498 A1	28-11-2002
		US 2002166542 A1	14-11-2002

DE 102007032741 A1	15-01-2009	CN 101743394 A	16-06-2010
		DE 102007032741 A1	15-01-2009
		EP 2171255 A1	07-04-2010
		JP 2010533263 A	21-10-2010
		JP 2012193748 A	11-10-2012
		RU 2010104947 A	20-08-2011
		US 2010193611 A1	05-08-2010
		WO 2009010348 A1	22-01-2009

DE 102008043085 A1	29-04-2010	KEINE	

DE 102006031567 A1	10-01-2008	AT 555300 T	15-05-2012
		CN 101479465 A	08-07-2009
		DE 102006031567 A1	10-01-2008
		EP 2041425 A1	01-04-2009
		US 2009200406 A1	13-08-2009
		WO 2008003347 A1	10-01-2008

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102006026399 A1 [0003]
- DE 10220498 A1 [0004]
- DE 102008042136 A1 [0005]