

(19)



(11)

EP 2 280 160 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.02.2011 Patentblatt 2011/05

(51) Int Cl.:
F02M 45/08 (2006.01) F02M 61/20 (2006.01)
F02M 61/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10164578.6**

(22) Anmeldetag: **01.06.2010**

(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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(72) Erfinder:
• **Rau, Andreas**
70469, Stuttgart (DE)
• **Rueckert, Frank-Ulrich**
70469, Stuttgart (DE)
• **Suenderhauf, Gerhard**
75242, Steinegg (DE)
• **Teschner, Werner**
70192, Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **29.07.2009 DE 102009028089**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(54) Kraftstoffeinspritzventil mit erhöhter Kleinmengenfähigkeit

(57) Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper 1, in dem eine Bohrung 2 ausgearbeitet ist, die an einem Ende von einem Ventilsitz 3 begrenzt ist, von dem zumindest ein Einspritzkanal 5 abgeht, und mit einer Ventilnadel 6, die in der Bohrung 2 längsverschiebbar angeordnet ist und die an ihrem dem Ventilsitz 3 zugewandten Ende eine Ventilsitzfläche 8 aufweist, mit der sie zum Öffnen und Schließen des wenigstens einen Einspritzkanals 5 mit dem Ventilsitz 3 zusammenwirkt und mit einem zwischen der Ventilnadel 6 und der Wand der Bohrung 2 ausgebildeten Druckraum 7, der mit Kraftstoff unter Druck befüllbar ist, wobei zwischen dem Ventilkörper 1 und der Ventilnadel 6 eine Drossel 10 angeordnet ist. Erfindungsgemäß wird ein Kraftstoffeinspritzventil bereitgestellt, welches bei großen Einspritzraten robust arbeitet, aber auch insbesondere kleine Einspritzraten zuverlässig gewährleisten kann. Dies wird dadurch erreicht, dass das Kraftstoffeinspritzventil benachbart zu dem Ventilsitz 3 einen Sitzabsatz 9, 9a, 9b aufweist und das die Drossel 10 zwischen dem Ventilsitz 3 und dem Sitzabsatz 9, 9a, 9b angeordnet ist.

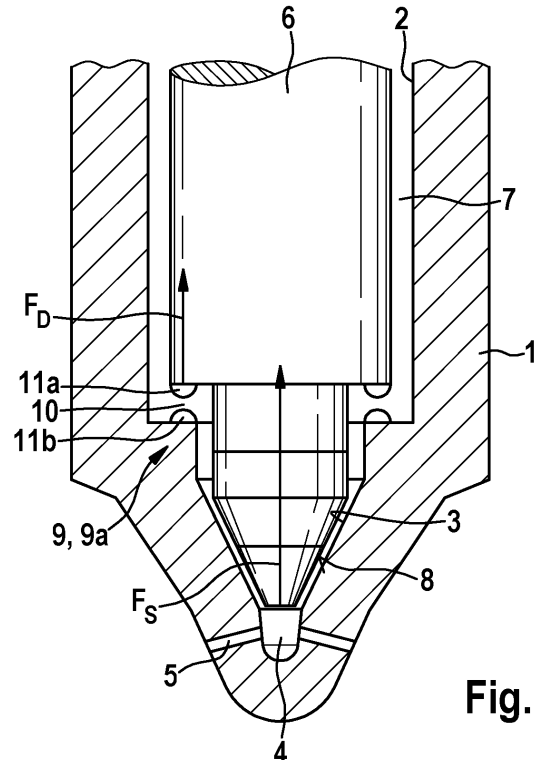


Fig. 1

EP 2 280 160 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper, in dem eine Bohrung ausgearbeitet ist, die an einem Ende von einem Ventilsitz begrenzt ist, von dem zumindest ein Einspritzkanal abgeht, und mit einer Ventilnadel, die in der Bohrung längsverschiebbar angeordnet ist und die an ihren dem Ventilsitz zugewandten Ende eine Ventilsitzfläche aufweist, mit der sie zum Öffnen und Schließen des wenigstens einen Einspritzkanals mit dem Ventilsitz zusammenwirkt und mit einem zwischen der Ventilnadel und der Wand der Bohrung ausgebildeten Druckraum, der mit Kraftstoff unter Druck befüllbar ist, wobei zwischen dem Ventilkörper und der Ventilnadel eine Drossel angeordnet ist.

Stand der Technik

[0002] Ein derartiges Kraftstoffeinspritzventil ist aus der WO 2004/057180 A1 bekannt. Dieses Kraftstoffeinspritzventil weist einen Ventilkörper auf, in dem eine Ventilnadel längsverschiebbar angeordnet ist. Die Ventilnadel weist einen Führungsabschnitt auf, der in dem Ventilkörper gelagert ist. An den Führungsabschnitt schließt eine Druckschulter an, die eine mit Kraftstoff gefüllte Bohrung begrenzt. Die Bohrung wird von einem Nadelkörper der Ventilnadel durchdrungen, wobei der Nadelkörper endseitig eine Ventilsitzfläche aufweist. In diese Ventilsitzfläche ist eine Druckfläche eingearbeitet, die bei Anlage der Ventilnadel auf den Ventilsitz über eine Drossel mit dem Druckraum verbunden ist. Durch diese Ausgestaltung sollen Schwankungen des Einspritzzeitpunktes verhindert werden, die durch Druckschwingungen im Druckraum hervorgerufen werden. Auftretende Druckschwingungen werden gedämpft, so dass der Kraftstoffdruck, der effektiv auf die Druckfläche wirkt, deutlich geringere Druckschwankungen aufweist als der Druck in dem Druckraum.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Kraftstoffeinspritzventil bereitzustellen, welches bei großen Einspritzraten (Haupteinspritzung) robust arbeitet, aber auch insbesondere kleine Einspritzraten (Voreinspritzung) zuverlässig gewährleisten kann.

Vorteile der Erfindung

[0004] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass das Kraftstoffeinspritzventil benachbart zu dem Ventilsitz einen Sitzabsatz aufweist und dass die Drossel zwischen dem Ventilsitz und dem Sitzabsatz angeordnet ist. Dieser Ausgestaltung liegt zunächst einmal die Erkenntnis zu Grunde, dass sich prinzipbedingt am Injektor ein Dilem-

ma aus Robustheit gegenüber Mengenschwankungen und Kleinmengenfähigkeit ergibt. Bei der Abstimmung bestehen, neben weiteren Forderungen, die Prämisse, dass der Injektor so robust auf Toleranzlagen und Drift reagiert, dass die Einspritzmengen und Raten über die Laufzeit möglichst unverändert bleiben. Im Gegensatz dazu besteht aber die Forderung, dass bei der Voreinspritzung auch bei hohen Raildrücken kleine Mengen realisiert werden können. Diese Anforderungen konkurrieren miteinander. Durch die Anordnung der Drossel zwischen dem Sitzabsatz und dem Ventilsitz wird erreicht, dass bei kleinen Hüben und großen Fluidgeschwindigkeiten ein Druckeinbruch unterhalb der wirksamen Drosselfläche eingestellt wird. Durch ihre geometrische Lage führt dies zu einer Absenkung der Nadelkraft. Dadurch wird die Einspritzrate gegenüber einer Ausgestaltung ohne die Drossel reduziert und im Ergebnis die Voreinspritzrate beziehungsweise die Voreinspritzmenge reduziert. Geringere Voreinspritzmengen bieten verbrennungstechnische Vorteile.

[0005] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist die Drossel in den Sitzabsatz integriert. Dabei ist bei allen Ausgestaltungen das Vorhandensein des Sitzabsatzes für die Einstellung der erfindungsgemäß gewünschten Drosselwirkung wesentlich.

[0006] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist der Sitzabsatz als Stufensitzabsatz ausgebildet und die Drossel als quer zu der Bewegungsrichtung der Ventilnadel ausgerichtete Verengung zwischen der Ventilnadel und dem Ventilkörper ausgebildet. Durch diese Ausgestaltung lässt sich die Drossel sehr präzise einstellen. So ist bei auf dem Ventilsitz aufliegender Ventilnadel ein genau definierter Nullhub einstellbar, der die freie Querschnittsfläche der Drossel bestimmt. Wesentlich ist, dass die Drossel bei auf dem Ventilsitz aufliegender Ventilnadel immer (bezüglich der Drosselfunktion) vollständig geöffnet ist. Es handelt sich somit nicht um einen zusätzlichen Sitz zur Vermeidung der damit verbundenen Verschleiß- und Driftproblematik. Bei einem kleinen Öffnungshub der Ventilnadel und hohen Fluidgeschwindigkeiten stellt sich hinter der Drossel ein geringerer dynamischer Druck (Druckeinbruch) ein, der zu einer Absenkung der charakteristischen Nadelkraft führt. Diese verminderte Nadelkraft tritt aber - wie gewünscht - nur bei kleinem Nadelhub und hohen Fluidgeschwindigkeiten auf (damit erfolgt eine Wirkung nur bei kleinen Mengen), während bei einem großen Nadelhub die Drossel zumindest angenähert unwirksam ist und dementsprechend die Einspritzrate bei der Haupteinspritzung nicht beeinflusst wird. Die Leerlaufmenge wird bei kleinen Drücken und niedrigen Fluidgeschwindigkeiten weniger beeinflusst.

[0007] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist der Sitzabsatz als Schrägsitzabsatz ausgebildet und die Drossel ist als zumindest angenähert parallel zu dem Ventilsitz ausgerichtete Verengung in den Sitzabsatz eingearbeitet. Dabei ist es möglich, den Schrägsitzabsatz durch entsprechende Ausgestaltung des Ventilkör-

pers oder der Ventilnadel zu realisieren. Dadurch kann der Herstellungsaufwand reduziert werden.

[0008] In Weiterbildung der Erfindung ist die Drossel direkt in den Ventilsitz integriert. Durch diese Ausgestaltung wird die Anzahl der zu bearbeitenden Flächen reduziert.

[0009] Dabei weist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung die Ventilnadel benachbart zu einem Sitzbereich der Ventilsitzfläche zumindest auf der dem lochseitigen Ende des Ventilkörpers zugewandten Seite einen verkleinerten Nadelwinkel auf. Grundsätzlich wird durch diese Ausgestaltung die erfindungsgemäße Drosselwirkung erreicht. Zusätzlich wird vorteilhaft der Sitzwinkel und der Spitzenwinkel der Ventilnadel und des Ventilkörpers verkleinert. Dadurch wird bei einem geringen Nadelhub die freie Fläche zwischen der Ventilnadel und der Ventilsitzfläche nur geringfügig verändert, so dass sich zusammen mit dem verkleinerten Nadelwinkel der gewünschte Druckabfall und somit der Vorteil einer geringen Einspritzrate bei einer Voreinspritzung ergibt. Bei dieser Ausgestaltung beträgt der Sitzwinkel und der Spitzenwinkel der Ventilnadel und des Ventilkörpers weniger als 59° , vorzugsweise zwischen 29° und 49° . Dadurch wird gleichzeitig die Wandstärke des Ventilkörpers erhöht, was in Bezug auf die Festigkeit bei hohen Raildrücken im Bereich von beispielsweise 3000 bar von Vorteil ist.

[0010] In weiterer Ausgestaltung ist der Sitzbereich eine Kegelabschnittsfläche oder aber alternativ eine Ringfläche. Eine Kegelabschnittsfläche ist in Hinblick auf die Dauerhaltbarkeit vorteilhaft, während bei einer Ringfläche die Drosselwirkung genauer einstellbar ist.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0011] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der Zeichnungsbeschreibung zu entnehmen, in der in den Figuren dargestellte Ausführungsbeispiele näher beschrieben sind.

[0012] Es zeigen:

Figur 1 den einspritzseitigen Endbereich eines Kraftstoffeinspritzventils in einer ersten Ausführungsform,

Figur 2 eine vergrößerte Ausschnittsdarstellung aus Figur 1,

Figur 3a, 3b in einer Gegenüberstellung einen kleinen und einen großen Öffnungshub der Ventilnadel des Kraftstoffeinspritzventils,

Figur 4 Diagramme zur Nadelkraft und Einspritzrate des Kraftstoffeinspritzventils bei hohen Drücken und hohen Fluidgeschwindigkeiten,

Figur 5a, 5b Ausführungsbeispiele mit in einen

Schrägsitzabsatz integrierter Drossel und

Figur 6a, 6b Ausführungsbeispiele mit in den Ventilsitz integrierter Drossel

[0013] Figur 1 zeigt den einspritzseitigen Endbereich eines Kraftstoffeinspritzventils. Das Kraftstoffeinspritzventil weist einen Ventilkörper 1 auf in dem eine Bohrung 2 eingearbeitet ist. Auf dem einspritzseitigen Ende des Ventilkörpers 1 weist dieser einen Ventilsitz 3 auf, der in ein Sackloch 4 mündet. Von dem Sackloch 4 gehen Einspritzkanäle 5 ab, über die Kraftstoff, insbesondere Dieselmotorkraftstoff in den jeweils zugeordneten Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

[0014] In der Bohrung 2 ist eine Ventilnadel 6 längsverschiebbar angeordnet. Die Ventilnadel 6 ist in einem nicht dargestellten Bereich des Kraftstoffeinspritzventils mit einem Führungsabschnitt in dem Ventilkörper 1 gelagert. An diesem Führungsabschnitt schließt eine ebenfalls nicht dargestellte Druckschulter an, von der die Ventilnadel 6 unter Bildung eines Druckraums 7 beabstandet zu der Bohrung 2 in dem Ventilkörper 1 angeordnet ist. Dem Druckraum 7 wird über eine geeignete Zuführung Kraftstoff unter Druck zugeführt. Endseitig und im geschlossenen Zustand des Kraftstoffeinspritzventils zusammenwirkend mit dem Ventilsitz 3 weist die Ventilnadel 6 eine Ventilsitzfläche 8 auf, die die Kraftstoffzufuhr von dem Druckraum 7 in das Sackloch 4 unterbindet.

[0015] Das Kraftstoffeinspritzventil weist zwischen dem Druckraum 7 und dem Ventilsitz 3 bzw. der Ventilsitzfläche 8 einen Sitzabsatz 9 auf. In dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist der Sitzabsatz als Stufensitzabsatz 9a ausgebildet. In dem Stufensitzabsatz 9a ist eine Drossel 10 eingearbeitet, die durch in den Sitzabsatz 9 eingelassene Verengungen 11a, 11b gebildet ist. Die Drossel 10 ist so bemessen, dass diese bei geschlossenem Kraftstoffeinspritzventil noch einen Strömungsquerschnitt frei lässt. Bei kleinen Hüben der Ventilnadel 6 und großen Fluidgeschwindigkeiten wird ein Druckeinbruch unterhalb der Drosselfläche - also im Bereich zu dem Ventilsitz 3 hin - eingestellt. Dies führt zu einer Absenkung der Nadelkraft F_{Nadel} , die sich als Summe der Spitzenkraft F_{Spitze} (F_S) und der Drosselkraft F_{Drossel} (F_D) ergibt. Diese verringerte Nadelkraft stellt sich nur bei geringem Hub der Ventilnadel 6 und hohen Fluidgeschwindigkeiten ein, während bei großem Hub die Nadelkraft unverändert (gegenüber einer Ausbildung des Sitzabsatzes 9 ohne Drossel 10) verbleibt.

[0016] Figur 2 zeigt in einer vergrößerten Ausschnittsdarstellung aus Figur 1 die im Bereich des Sitzabsatzes 9 sich ergebenden geometrischen Ausgestaltungen. Der Nullhub a der Drossel 10 und der Nadelhub b der Ventilnadel 6 ergeben die freie Querschnittsfläche der Drossel 10. Es ergeben sich mit den dargestellten geometrischen Ausgestaltungen die folgenden Beziehungen.

$$A_{\text{Hub}} = (\text{Nullhub} + \text{Nadelhub}) * \Pi * d$$

$$A_{\text{Drossel}} = (\text{Nadeldurchmesser}^2 - \text{Zylinderabsatz}^2) * \frac{\pi}{4}$$

$$F_{\text{Drossel}} = p_{\text{Drossel}} * A_{\text{Drossel}}$$

[0017] In der Zeichnung sind A_{Drossel} mit A_{D} ; A_{Hub} mit A_{H} und p_{Drossel} mit p_{D} bezeichnet.

[0018] In Figur 3a ist ein kleiner Öffnungshub der Ventilmadel 6 und in Figur 3b ein großer Öffnungshub der Ventilmadel 6 dargestellt.

[0019] In dem oberen Diagramm der Figur 4 ist die Nadelkraft F_{N} über den Nadelhub N_{H} bei hohen Drücken dargestellt. Die durchgezogene Kurve zeigt die Nadelkraft, die sich ohne Drossel 10 ergibt, während die strichlinierte Kurve die Verhältnisse wiedergibt, die sich beim Einsatz der erfindungsgemäßen Drossel 10 ergeben. Bei niedrigen Drücken schwächt sich die Wirkung der Drossel 10 ab, was im Leerlaufbereich erwünscht ist. In dem unteren Diagramm der Figur 4 ist die Einspritzrate ER über der Einspritzzeit E_{Z} dargestellt. Erkennbar ist, dass im Bereich der links dargestellten Voreinspritzung durch die Drossel 10 eine verringerte Voreinspritzmenge (dargestellt durch die strichlinierte Kurve) erzielt wird. Die Haupteinspritzmenge (rechts in dem Diagramm dargestellt) bleibt unverändert. Beispielsweise liegt bei 10 μm Nullhub die Einspritzmenge bei ca. 1,0 mm^3 pro Hub, bei 60 μm Nullhub liegt sie bei ca. 1,2 mm^3 pro Hub. Die Kleinstmengenfähigkeit kann damit bei diesem Beispiel um ca. 20% verbessert werden. Die Haupteinspritzmenge bleibt hierbei konstant.

[0020] Die Figuren 5a und 5b zeigen einen Sitzabsatz 9, der als Schrägsitzabsatz 9b ausgebildet ist. Dabei ist in Figur 5a die Verengung 11b in den Ventilkörper 1 im oberen Bereich des Ventilsitzes 3 eingearbeitet, während bei der Figur 5b der Ventilsitz 3 in den Bereich der Drossel 10 gradlinig ausgebildet ist und die Verengung 11a im Bereich des ventilmadelseitigen Schrägsitzabsatzes 9b angeordnet ist. Selbstverständlich sind hier im Rahmen der Erfindung auch beliebige nicht dargestellte Kombinationen möglich.

[0021] Die Figuren 6a und 6b zeigen Ausführungsbeispiele, bei denen die Drossel 10 in den Ventilsitz 3 integriert sind. Figur 6a zeigt bei einer Sacklochdüse eine Ventilmadel 6, die eine Ventilsitzfläche 8 aufweist, die als Ringfläche 12 ausgebildet ist. Nur im Bereich der Ringfläche 12 ist im geschlossenen Zustand der Ventilmadel 6 eine dichte Verbindung zu dem Ventilsitz 3 hergestellt. Im Bereich zu dem Sackloch 4 und auch zu dem Sitzabsatz 9 weist die Ventilmadel 6 jeweils einen verkleinerten Nadelwinkel auf. Der Sitzwinkel der Ventilmadel 6 im Bereich Ringfläche 12 und der Nadelwinkel sowie der Spitzenwinkel des Ventilkörpers 1 sind gegenüber den Figuren 1 bis 3 und 5 dargestellten Ausführungen kleiner, vorzugsweise im Bereich zwischen 29° und 49° ausgestaltet. Wichtig ist hierbei, dass der Sitzdurchmesser gegenüber den in den vorherigen Ausführungsbeispielen gleich bleibt. Der Öffnungsdruck bleibt somit gleich. Die Sitzlänge wird dadurch aber erhöht, wodurch die Drosselung zunimmt.

[0022] In Figur 6b ist ein entsprechendes Ausführungsbeispiel bei einer Sitzlochdüse dargestellt. Um den Öffnungsdruck des Kraftstoffeinspritzventils konstant zu halten ist die Position der Ringfläche 12 in Richtung zu dem Sitzabsatz 9 verlagert. Hierdurch wird der gesamte Drosselbereich des Sitzes verlängert. Der Sitz übernimmt damit zusätzlich die Funktion der Drossel 10.

10 Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem eine Bohrung (2) ausgearbeitet ist, die an einem Ende von einem Ventilsitz (3) begrenzt ist, von dem zumindest ein Einspritzkanal (5) abgeht, und mit einer Ventilmadel (6), die in der Bohrung (2) längsverschiebbar angeordnet ist und die an ihren dem Ventilsitz (3) zugewandten Ende eine Ventilsitzfläche (8) aufweist, mit der sie zum Öffnen und Schließen des wenigstens einen Einspritzkanals (5) mit dem Ventilsitz (3) zusammenwirkt und mit einem zwischen der Ventilmadel (6) und der Wand der Bohrung (2) ausgebildeten Druckraum (7), der mit Kraftstoff unter Druck befüllbar ist, wobei zwischen dem Ventilkörper (1) und der Ventilmadel (6) eine Drossel (10) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kraftstoffeinspritzventil benachbart zu dem Ventilsitz (3) einen Sitzabsatz (9) aufweist und das die Drossel (10) zwischen dem Ventilsitz (3) und dem Sitzabsatz (9) angeordnet ist.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drossel (10) in den Sitzabsatz (9) integriert ist.
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sitzabsatz (9) als Stufensitzabsatz (9a) ausgebildet und die Drossel (10) als quer zu der Bewegungsrichtung der Ventilmadel (6) ausgerichtete Verengung (11a, 11b) zwischen der Ventilmadel (6) und dem Ventilkörper (1) ausgebildet ist.
4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sitzabsatz (9) als Schrägsitzabsatz (9b) ausgebildet und die Drossel (10) als zumindest angenähert parallel zu dem Ventilsitz (3) ausgerichtete Verengung (11a, 11b) ausgebildet ist.
5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drossel (10) in den Ventilsitz (3) integriert ist.
6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilmadel (6) benachbart zu einem Sitzbereich der Ventilsitzfläche

(8) zumindest auf der dem lochseitigen Ende des Ventilkörpers (1) zugewandten Seite einen verkleinerten Nadelwinkel aufweist.

7. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sitzwinkel (13) und der Spitzenwinkel (14) der Ventilnadel (6) und des Ventilkörpers (1) kleiner als 59° ist, vorzugsweise zwischen 29° und 49° beträgt.
8. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sitzbereich eine Kegelabschnittsfläche ist.
9. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sitzbereich eine Ringfläche (12) ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

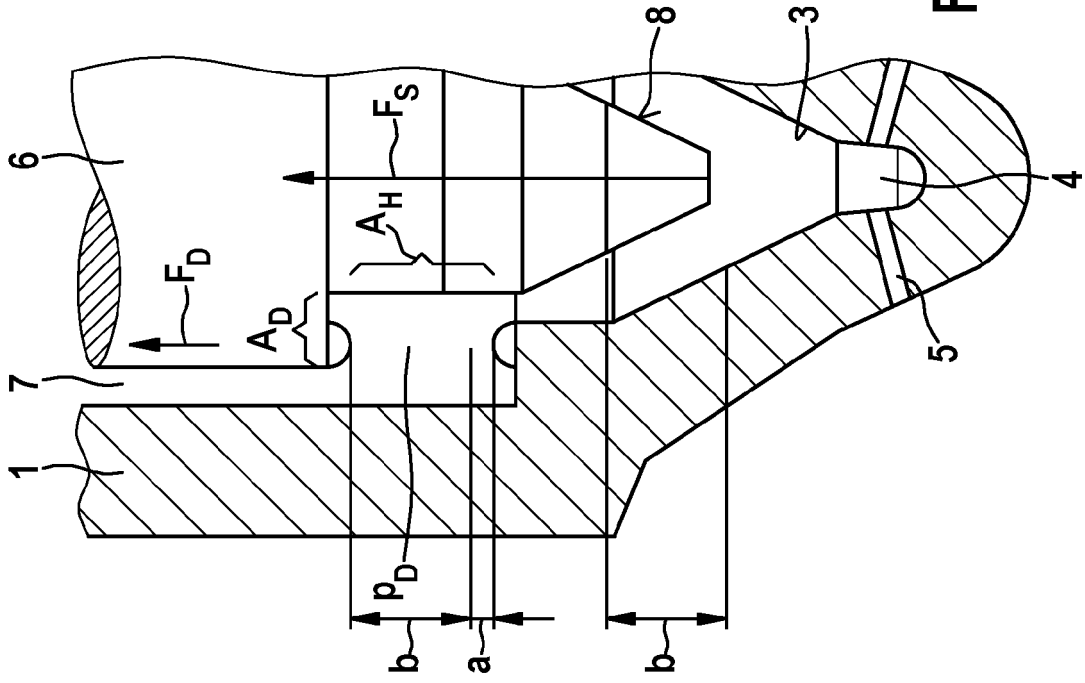


Fig. 2

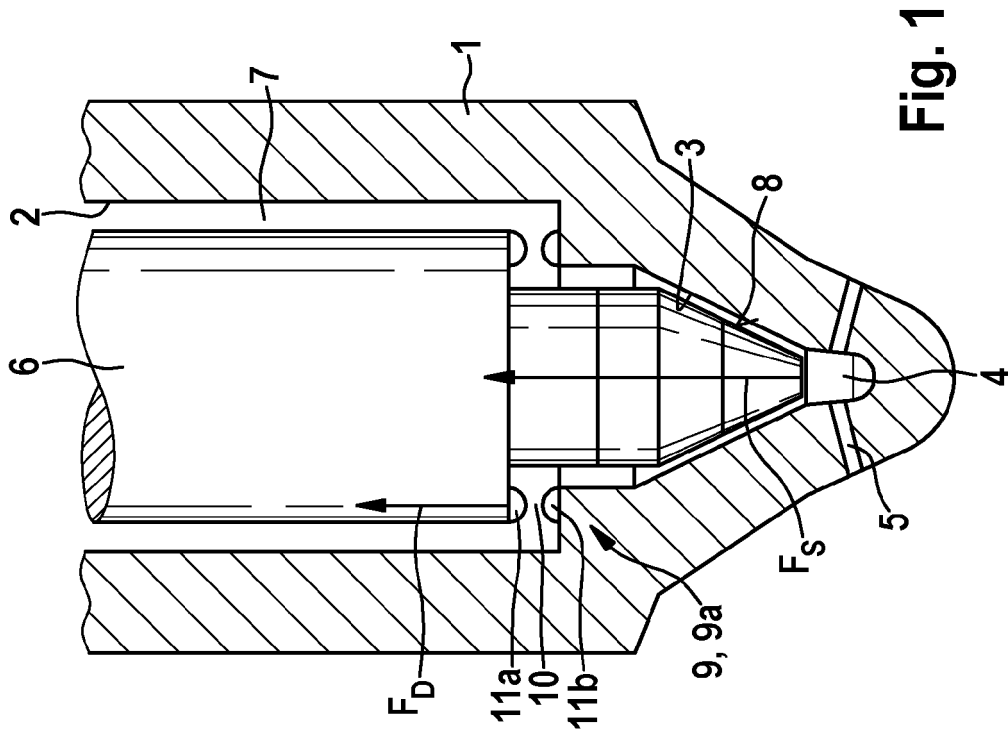


Fig. 1

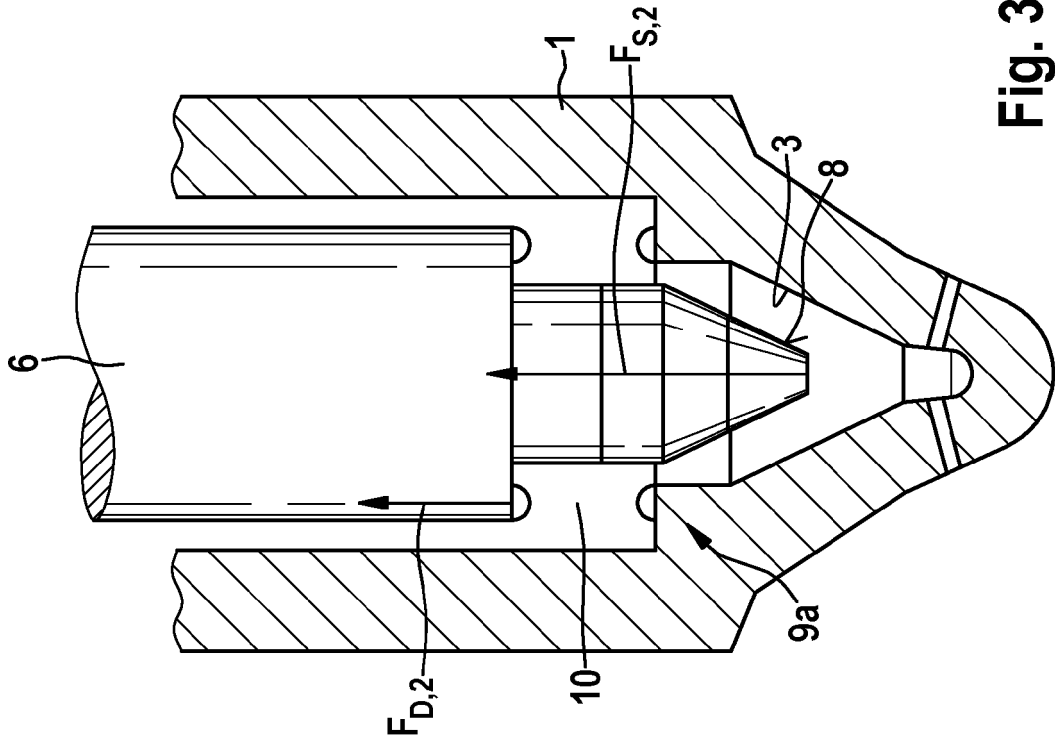


Fig. 3b

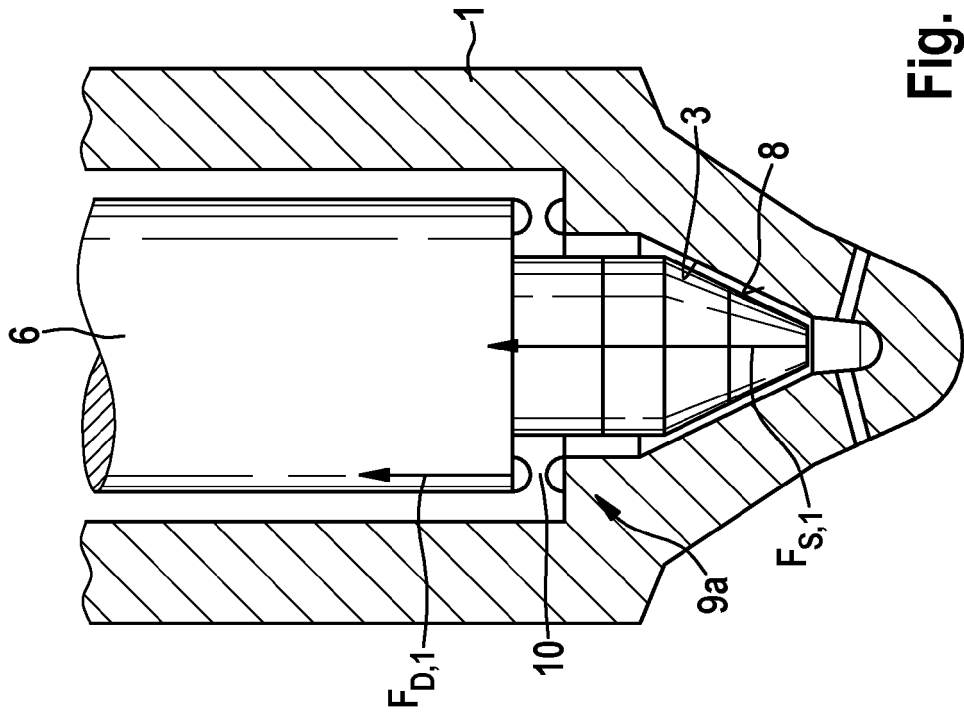


Fig. 3a

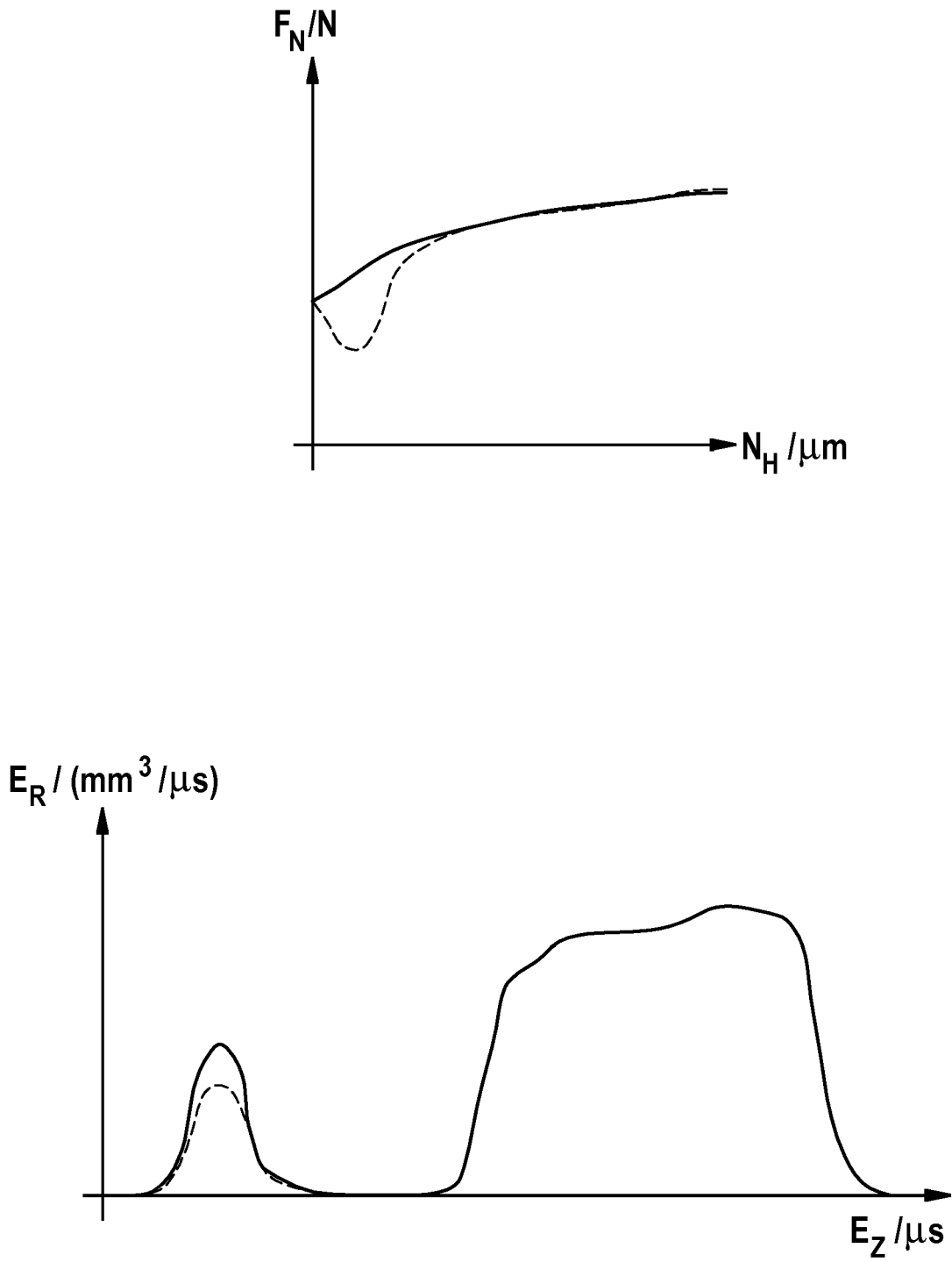


Fig. 4

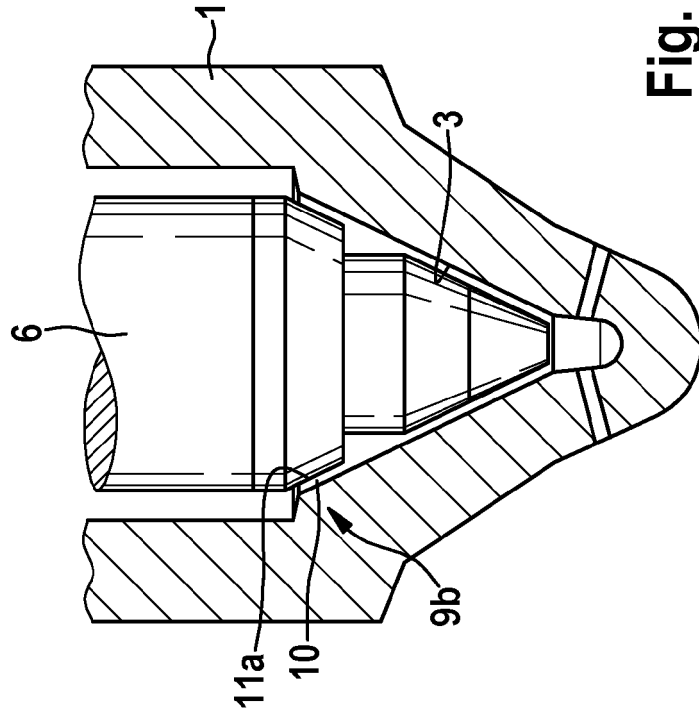


Fig. 5b

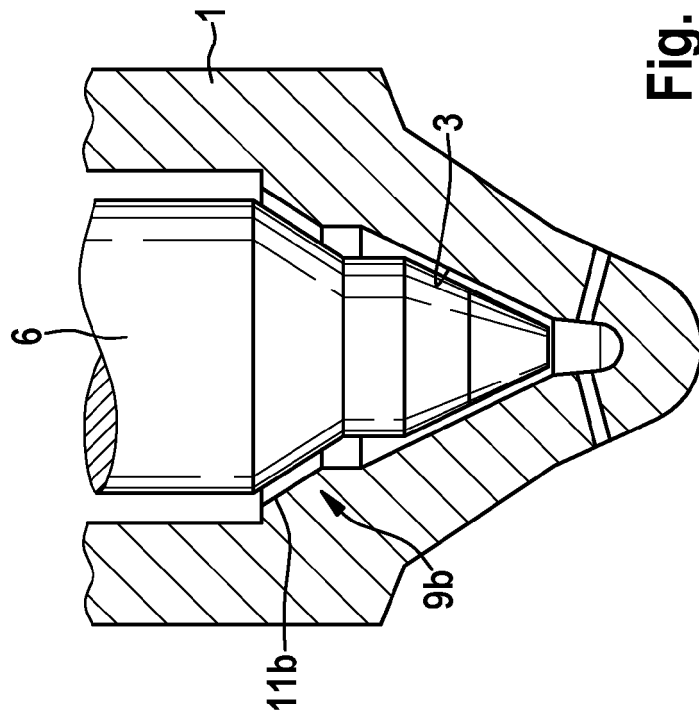


Fig. 5a

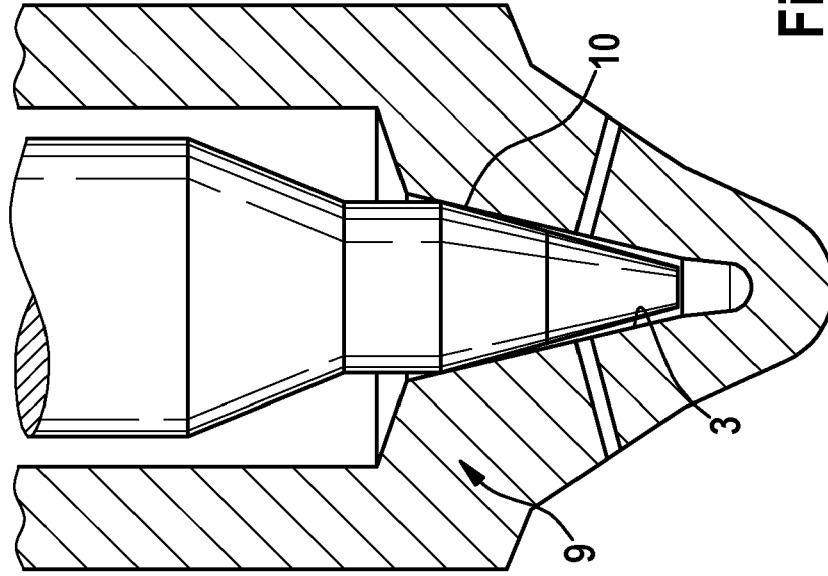


Fig. 6b

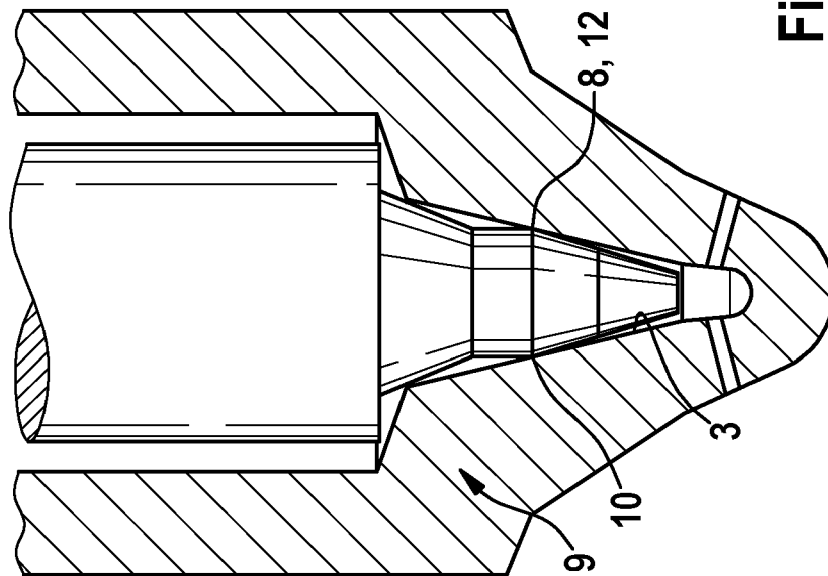


Fig. 6a

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

- WO 2004057180 A1 [0002]