



(10) **DE 10 2009 046 830 B4** 2023.02.02

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 046 830.7**  
 (22) Anmeldetag: **18.11.2009**  
 (43) Offenlegungstag: **19.05.2011**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **02.02.2023**

(51) Int Cl.: **F02M 37/00** (2006.01)  
**F02M 51/00** (2006.01)  
**F16K 47/00** (2006.01)  
**F02M 47/02** (2006.01)  
**F02M 59/36** (2006.01)  
**F02M 59/44** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

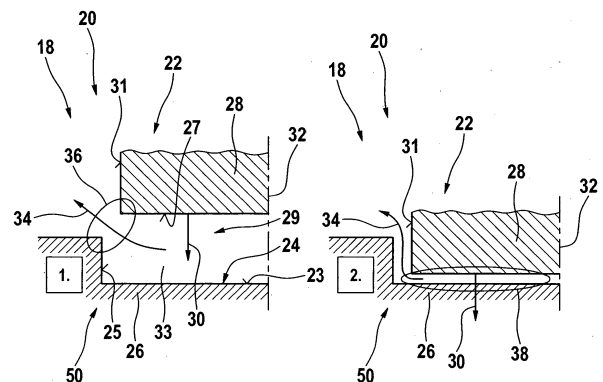
(56) Ermittelter Stand der Technik:

(72) Erfinder:  
**Eckart, Winfried, 71636 Ludwigsburg, DE; Voth,  
 Valentin, 63263 Neu-Isenburg, DE; Dogan, Ersin,  
 Gunpo, KR; Koreck, Juergen, 70806  
 Kornwestheim, DE; Maess, Matthias, 70563  
 Stuttgart, DE**

DE	100 65 015	A1
DE	101 13 008	A1
DE	196 34 899	A1
DE	10 2006 057 935	A1
DE	10 2006 061 895	A1

(54) Bezeichnung: **Common-Rail-System mit einem Mengensteuerventil**

(57) Hauptanspruch: Common Rail-Kraftstoffsystem (1) mit einer als Kolbenpumpe ausgebildeten Hochdruckpumpe (3), die stromaufwärts über eine Saugleitung (4), eine Vorförderpumpe (5) und eine Niederdruckleitung (7) mit einem Kraftstofftank (9) verbunden ist und an die stromabwärts über eine Hochdruckleitung 11 ein Hochdruckspeicher (13) angeschlossen ist, wobei ein als Mengensteuerventil (14) ausgebildetes elektromagnetisches Schaltventil (20) mit einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung (15) hydraulisch zwischen der Niederdruckleitung 7 und der Hochdruckpumpe (3) angeordnet ist, wobei das Mengensteuerventil (14) als Baueinheit mit der Hochdruckpumpe (3) ausgebildet ist und die von der Hochdruckpumpe (3) dem Hochdruckspeicher (13) zugeführte Kraftstoffmenge bestimmt, indem es ein Einlassventil der Hochdruckpumpe (3) während eines Förderhubs zeitweise zwangsweise offen zu halten vermag, wobei das elektromagnetische Schaltventil (20), ein in einem Gehäuse (50) bewegbares Ventilelement (22) aufweist, eine Dämpfungseinrichtung (18) zum Abbremsen des Ventilelements (22) vor Erreichen einer Endlage aufweist, wobei die Dämpfungseinrichtung (18) einen ersten gehäusefesten Abschnitt (26) und einen zweiten mit dem Ventilelement (22) gekoppelten Abschnitt (28) aufweist, wobei der eine Abschnitt (26; 28) eine Ausnehmung (29) umfasst, in die der andere Abschnitt (26; 28) vor Erreichen der Endlage des Ventilelements (22) unter Bildung eines im Wesentlichen radialen Spalts (36; 38) eintaucht.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Common-Rail-System mit einem Mengensteuerventil, welches ein elektromagnetisches Schaltventil ist.

**[0002]** Vom Markt her bekannt sind elektromagnetische Schaltventile wie beispielsweise Mengensteuerventile zur Steuerung der von einer Hochdruckpumpe einem Common Rail zugeführten Kraftstoffmenge. Dabei kann die Arbeitsfrequenz solcher Ventile, insbesondere bei Anwendungen in Kraftstoffsystemen von Fahrzeugen, so hoch sein, dass die mechanische Beanspruchung der funktionalen Elemente sowie die Geräusentwicklung nicht mehr vernachlässigbar sind. Patentveröffentlichungen aus diesem Fachgebiet sind beispielsweise die DE 100 65 015 A1, die DE 101 13 008 A1, die DE 10 2006 057 935 A1, die DE 196 34 899 A1 und die DE 10 2006 061 895 A1.

## Offenbarung der Erfindung

**[0003]** Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird durch ein Common-Rail-System nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in Unteransprüchen angegeben. Für die Erfindung wichtige Merkmale finden sich ferner in der nachfolgenden Beschreibung und in den Zeichnungen, wobei die Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wichtig sein können, ohne dass hierauf nochmals explizit hingewiesen wird.

**[0004]** Das elektromagnetische Schaltventil des erfindungsgemäßen Common-Rail-Systems hat den Vorteil, dass die Anschlaggeschwindigkeit des bewegten Ventilelements verringert wird. Dadurch wird die Anregung mechanischer Schwingungen gesenkt, das Geräusch reduziert und die Belastung funktionaler Elemente herabgesetzt. Damit wird das Betriebsverhalten des elektromagnetischen Schaltventils allgemein verbessert.

**[0005]** Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass das bewegte Ventilelement ganz oder teilweise von einem zu fördernden Fluid, also beispielsweise von Kraftstoff, umgeben ist. Dadurch können hydraulische Effekte genutzt werden, um eine hydraulische Dämpfungseinrichtung zu schaffen, welche das Ventilelement vor dem Erreichen einer Endlage abbremst. Um den vielfältigen Anforderungen im Betrieb eines elektromagnetischen Ventils, beispielsweise eines Mengensteuerventils zur Zumessung einer Kraftstoffmenge, zu genügen, werden erfindungsgemäß ein hydraulischer Drossel-effekt und ein hydraulischer Quetscheffekt kombiniert. Diese können in unterschiedlichen Phasen der Bewegung

des Ventilelements wirken oder einsetzen und sich so ergänzen. Insbesondere können durch eine vergleichsweise früh einsetzende Dämpfung Kraftspitzen bei der Abbremsung des Ventilelements vermindert werden.

**[0006]** Dazu weist die Dämpfungseinrichtung einen ersten gehäusefesten Abschnitt sowie einen zweiten mit dem Ventilelement gekoppelten Abschnitt auf. Einer dieser Abschnitte umfasst jeweils eine Ausnehmung, in die der andere Abschnitt vor Erreichen der Endlage des Ventilelements eintaucht. Dabei wird - wenigstens vorübergehend - ein radialer Spalt gebildet. Der radiale Spalt kann unterschieden werden in einen Drosselspalt und/oder einen Quetschspalt, entsprechend der jeweiligen hydraulischen Wirkung. Der die Ausnehmung umfassende Abschnitt kann - abhängig von konstruktiven Erfordernissen - entweder dem Ventilelement oder dem Gehäuse des Mengensteuerventils zugeordnet sein.

**[0007]** Mit dieser Anordnung wird also die erforderliche Geometrie bereit gestellt, um den Quetsch- und/oder Drossel-effekt zu realisieren. Dadurch ergibt sich eine Vielzahl von Varianten, so dass die Dämpfungseinrichtung optimal auf die jeweilige Anforderung ausgelegt werden kann. Vorzugsweise wird die Dämpfungseinrichtung konstruktiv so gestaltet, dass in einer ersten Phase vor dem Erreichen der Endlage das Ventilelement überwiegend durch den Drossel-effekt gebremst wird, und in einer darauf folgenden zweiten Phase der Quetscheffekt verstärkt einsetzt, um die restliche Bewegungsenergie des Ventilelements abzubauen.

**[0008]** Durch die erfindungsgemäß bewirkte Abbremsung des Ventilelements vor Erreichen der Endlage können Pulsationen im Kraftstoffdruck ebenso wie eine mögliche Kavitation vermindert werden. Zugleich werden Prelleffekte minimiert, so dass die Fördermenge genauer gesteuert werden kann. Außerdem können Bereiche des Mengensteuerventils, wie etwa Schweißnähte oder Hülsen, mechanisch entlastet werden, was der Lebensdauer und Zuverlässigkeit zu gute kommt.

**[0009]** Weiterhin wird vorgeschlagen, dass der eintauchende Abschnitt eine axiale Endfläche aufweist, welche in der Endlage des Ventilelements an einer gegenüber liegenden Anlagefläche des anderen Abschnitts im Wesentlichen anliegt. Von der Ausgestaltung der axialen Endfläche, welche konstruktiv fast beliebig variiert werden kann, wird vor allem der hydraulische Quetscheffekt beeinflusst. Die Stärke und das zeitliche Einsetzen des Quetscheffekts können somit vorteilhaft an die Anforderungen des Mengensteuerventils angepasst werden. Durch ein Zusammenwirken des Drossel- und des Quetscheffekts kann die Größe der Quetschfläche entsprechend kleiner sein, wodurch ein hydraulisches Kle-

ben beim Trennen der beiden Abschnitte reduziert wird. Als Folge einer verkleinerten Quetschfläche kann nämlich ein Wiederbefüllen des sich beim Trennen bildenden Spaltes schneller erfolgen und so die Dynamik des Schaltventils verbessert werden.

**[0010]** Das elektromagnetische Schaltventil baut einfacher, wenn die Endfläche und die Anlagefläche im Wesentlichen orthogonal zu einer Längsachse des Ventilelements verlaufen. Damit wird die Fertigung vereinfacht und werden die Herstellkosten vermindert.

**[0011]** Eine Ausgestaltung des elektromagnetischen Schaltventils sieht vor, dass die Endfläche und die Anlagefläche im Wesentlichen nicht orthogonal zu einer Längsachse des Ventilelements verlaufen. Damit kann eine bessere Kontaktdynamik erreicht werden. Insbesondere wird ein einfaches und rasches Lösen der beiden Abschnitte (Kontaktpartner) ermöglicht, indem der sich bildende Spalt schneller wieder mit Fluid gefüllt wird.

**[0012]** Das elektromagnetische Schaltventil wird vereinfacht, wenn die beiden Abschnitte im Wesentlichen radialsymmetrisch sind. Damit ergibt sich eine besonders einfache und kostengünstige Fertigung, insbesondere eine einfache Montage.

**[0013]** Alternativ sieht die Erfindung vor, dass die beiden Abschnitte nicht im Wesentlichen radialsymmetrisch sind. Auf diese Weise ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten bei der konstruktiven Gestaltung des Schaltventils und entsprechend auch bei der Einstellung eines gewünschten Dämpfungsverlaufs. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die beiden Abschnitte alternativ oder zusätzlich nicht vollkommen komplementär sind.

**[0014]** Eine weitere Ausgestaltung des elektromagnetischen Schaltventils sieht vor, dass die beiden Abschnitte (in axialer Richtung bzw. in Bewegungsrichtung) stufenförmig ausgebildet sind. Dadurch kann der hydraulische Drosseleffekt verstärkt werden und besser wirken. Dabei kann die stufenförmige Ausbildung der Abschnitte auch Mehrfachstufen - ähnlich einer Treppe - umfassen, so dass eine sehr differenzierte Einstellung eines wegabhängigen Drosseleffekts ermöglicht wird.

**[0015]** Eine weitere Ausgestaltung des elektromagnetischen Schaltventils sieht vor, dass die beiden Abschnitte wenigstens bereichsweise rampenförmig oder kegelförmig ausgebildet sind. Damit ergibt sich eine zusätzliche Möglichkeit, die Kontaktdynamik zu verbessern und ein Wiederbefüllen des Quetschspaltes beim Trennen der Abschnitte zu beschleunigen. Dabei kann die rampen- oder kegelförmige Ausbildung der Abschnitte auch Mehrfachrampen oder Mehrfachkegel umfassen.

**[0016]** Eine nochmals andere Ausgestaltung des elektromagnetischen Schaltventils sieht vor, dass die beiden Abschnitte wenigstens bereichsweise gerundet oder kugelförmig ausgebildet sind. Damit werden weitere Varianten der Dämpfungseinrichtung bereit gestellt. Insbesondere weisen gerundete Formen andere hydraulische Eigenschaften auf als - beispielsweise - stufenförmige, so dass der Dämpfungsverlauf vor dem Erreichen der Endlage des Ventilelements entsprechend vielseitig angepasst werden kann. Dabei kann die gerundete oder kugelförmige Ausbildung der Abschnitte auch Mehrfachrundungen oder Mehrfachkugeln umfassen.

**[0017]** Weiterhin sieht die Erfindung vor, dass der radiale Spalt kegelförmig und/oder sichelförmig ist. Damit können eventuelle Herstelltoleranzen ausgeglichen werden, bzw. diese wirken sich weniger stark aus. Zudem weist ein kegelförmig oder sichelförmig ausgebildeter radialer Spalt andere hydraulische Quetsch-Eigenschaften auf. Dadurch ergeben sich gerade für die Endphase der Bewegung des Ventilelements vielfältige Möglichkeiten, um die Dämpfung präzise einzustellen. Außerdem kann durch den so geformten Spalt das Wiederbefüllen beim Trennen der Abschnitte beschleunigt werden.

**[0018]** Es versteht sich, dass die stufenförmige, rampenförmige, kegelförmige, sichelförmige, kugelförmige oder gerundete Ausbildung der Abschnitte auch miteinander kombiniert werden können. Dabei können die für die Drosseleffekte und/oder die Quetscheffekte wirksamen Flächen bzw. Abschnitte unterschiedliche Abmessungen, Winkel oder Radien aufweisen.

**[0019]** Ergänzend wird vorgeschlagen, dass die Dämpfungseinrichtung mindestens einen Kanal aufweist, welcher einen Fluidraum, der sich bei Annäherung des Ventilelements an seine Endlage zwischen den beiden Abschnitten bildet, mit einem Entlastungsraum verbindet. Dadurch kann der Drosseleffekt und/oder der Quetscheffekt kontrolliert abgeschwächt werden. Beispielsweise ist der Kanal orthogonal zur Achse des Ventilelements ausgerichtet und in der Nähe der Endlage angeordnet.

**[0020]** Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen schematisch:

**Fig. 1** ein vereinfachtes Kraftstoffsystem einer Brennkraftmaschine;

**Fig. 2** eine erste Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht in zwei Bewegungszuständen vor dem Erreichen der Endlage;

**Fig. 3** eine zweite Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht in zwei

Bewegungszuständen vor dem Erreichen der Endlage;

**Fig. 4** eine dritte Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht in zwei Bewegungszuständen vor dem Erreichen der Endlage;

**Fig. 5** eine vierte Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht;

**Fig. 6** eine fünfte Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht;

**Fig. 7** eine sechste Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht;

**Fig. 8** eine siebte Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht;

**Fig. 9** eine achte Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht;

**Fig. 10** eine neunte Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht; und

**Fig. 11** eine zehnte Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung in einer Schnittansicht.

**[0021]** Es werden für funktionsäquivalente Elemente und Größen in allen Figuren auch bei unterschiedlichen Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen verwendet.

**[0022]** **Fig. 1** zeigt ein Kraftstoffsystem 1 einer Brennkraftmaschine in einer stark vereinfachten Darstellung. Eine (nicht näher erläuterte) und als Kolbenpumpe ausgebildete Hochdruckpumpe 3 ist stromaufwärts über eine Saugleitung 4, eine Vorförderpumpe 5 und eine Niederdruckleitung 7 mit einem Kraftstofftank 9 verbunden. Stromabwärts ist an die Hochdruckpumpe 3 über eine Hochdruckleitung 11 ein Hochdruckspeicher 13 („Common Rail“) angeschlossen. Ein als Mengensteuerventil 14 ausgebildetes elektromagnetisches Schaltventil mit einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 15 - im Folgenden als ein Elektromagnet 15 bezeichnet - ist hydraulisch zwischen der Niederdruckleitung 7 und der Hochdruckpumpe 3 angeordnet. Sonstige Elemente, wie beispielsweise Ventile der Hochdruckpumpe 3, sind in der **Fig. 1** nicht gezeichnet. Es versteht sich, dass das Mengensteuerventil 14 als Baueinheit mit der Hochdruckpumpe 3 ausgebildet sein kann. Beispielsweise kann durch das Mengensteuerventil 14 ein Einlassventil der Hochdruckpumpe 3 zwangsweise geöffnet werden.

**[0023]** Beim Betrieb des Kraftstoffsystems 1 fördert die Vorförderpumpe 5 Kraftstoff vom Kraftstofftank 9 in die Niederdruckleitung 7. Dabei bestimmt das Mengensteuerventil 14 die von der Hochdruckpumpe 3 dem Hochdruckspeicher 13 zugeführte Kraftstoff-

menge, indem es ein Einlassventil der Hochdruckpumpe 3 während eines Förderhubs zeitweise zwangsweise offen hält.

**[0024]** **Fig. 2** zeigt eine Ausführungsform einer Dämpfungseinrichtung 18 zum Abbremsen eines Ventilelements 22 des Mengensteuerventils 14. Dargestellt sind in einem linken und rechten Teil der **Fig. 2** zwei Bewegungszustände der Dämpfungseinrichtung 18. Im in der Zeichnung unteren Bereich ist jeweils ein gehäusefester erster Abschnitt 26 eines Gehäuses 50 und im oberen Bereich jeweils ein zweiter mit dem Ventilelement 22 gekoppelter Abschnitt 28 dargestellt. Vorliegend weist der gehäusefeste erste Abschnitt 26 eine Ausnehmung 29 auf. Eine Symmetrielinie 32 kennzeichnet eine Achse der vorliegend rotationssymmetrischen Dämpfungseinrichtung 18. Aufgrund der Ausnehmung 29 weist der Abschnitt 26 in der Schnittansicht eine stufenförmige Kontur auf. Beide Abschnitte 26 und 28 sind in den dargestellten Bereichen von Kraftstoff umflossen. Die Ausnehmung 29 hat eine Grundfläche 23, welche, wie weiter unten dargelegt werden wird, eine Anlagefläche bildet. Radial wird die Ausnehmung 29 durch eine Umfangsfläche 25 begrenzt. Der Abschnitt 28 weist eine zur Grundfläche 23 der Ausnehmung 29 hin weisende Stirnfläche 27 auf, sowie eine Umfangsfläche 31. Der Radius des zweiten Abschnitts 28 ist etwas kleiner als der Radius der Ausnehmung 29.

**[0025]** Im Betrieb ist das Ventilelement 22 zunächst entfernt von dem gehäusefesten Abschnitt 26 und damit von der Grundfläche 23. Die Abschnitte 26 und 28 sind so geformt, dass die Stirnfläche 27 und die Grundfläche 23 in der Endlage des Ventilelements 22 im Wesentlichen aneinander anliegen. Die Grundfläche 23 bildet somit eine Anlagefläche 24 für das Ventilelement 22 bzw. den Abschnitt 28 und bestimmt dessen Endlage. Eine Annäherung an die Endlage findet im Verlauf der Bewegung statt. Ein Pfeil 30 zeigt die Bewegungsrichtung des Ventilelements 22 an. Beim Eintauchen des Abschnitts 28 in die Ausnehmung 29 bildet sich ein Fluidraum 33.

**[0026]** Der in der Zeichnung linke Teil „1.“ der **Fig. 2** zeigt eine erste Phase vor dem Erreichen der Endlage, in der ein durch den Kraftstoff bedingter hydraulischer Drosseleffekt beim Abbremsen des Ventilelements 22 gegenüber einem hydraulischen Quetscheffekt überwiegt. Hierzu bildet sich aufgrund der unterschiedlichen Durchmesser von Ausnehmung 29 und Abschnitt 28 ein im Wesentlichen radialer Spalt zwischen dem Abschnitt 26 und dem Abschnitt 28 aus. Dies wird durch einen Fluidstrom 34 (Kraftstoff) veranschaulicht, der bei einer Annäherung der beiden Abschnitte 26 und 28 als Folge einer Druckerhöhung seitlich zur axialen Bewegung durch einen durch einen Kreis angedeuteten Drosselspalt

36 gedrückt wird. Dabei entstehen hydraulische Verluste, die zu einem entsprechenden Abbremsen der Bewegung des Abschnitts 28 bzw. des Ventilelements 22 führen.

**[0027]** Der in der Zeichnung rechte Teil „2.“ der **Fig. 2** zeigt eine darauf folgende zweite Phase unmittelbar vor dem Erreichen der Endlage. Dort ist das Ventilelement 22 bzw. der Abschnitt 28 der Anlagefläche 24 so weit angenähert, dass sich zwischen der Stirnfläche 27 und der Anlagefläche 23 ein Quetschspalt 38 ausbildet und der Fluidstrom 34 überwiegend durch den Quetscheffekt getrieben wird.

**[0028]** Die **Fig. 2** veranschaulicht, dass während der ersten Phase beim Durchgang des Fluids durch den Drosselspalt 36 schon eine merkliche Dämpfung der Bewegung des Ventilelements 22 stattfindet. Danach wird in der zweiten Phase durch den sich rasch verkleinernden Quetschspalt 38 ein noch höherer Druck zwischen den Abschnitten 26 und 28 aufgebaut und in kurzer Zeit ein großes Fluidvolumen verdrängt. Dabei entstehen entsprechend höhere hydraulische Verluste, die ein zunehmend starkes Abbremsen des Abschnitts 28 bzw. des Ventilelements 22 bewirken. Die Abschnitte 26 und 28 sind in ihrer Geometrie so ausgelegt, dass sich ein gewünschter Dämpfungsverlauf bzw. eine gewünschte Aufteilung zwischen Drossel- und Quetscheffekt ergeben. Beispielsweise wird bei einem engeren Drosselspalt die Drosselwirkung im allgemeinen größer und die Abbremsung des Ventilelements 22 verstärkt.

**[0029]** Beim Abheben des Ventilelements 22 bzw. des Abschnitts 28 von der Anlagefläche 24 in einem folgenden Arbeitstakt des Mengensteuerventils 14 erfolgt die Bewegung entgegen der durch den Pfeil 30 gezeigten Richtung. Dabei ist der Ablauf - beginnend mit dem rechten Teil der **Fig. 2** - im Wesentlichen umgekehrt wie zuvor beschrieben.

**[0030]** Man erkennt im rechten Teil der **Fig. 2**, wie der zunächst schmale Quetschspalt 38 durch einen Fluidstrom 34 (in umgekehrter Richtung in Bezug auf die Zeichnung) aufgefüllt wird, bis sich wiederum ein Fluidraum 33 ausbildet. Danach wird der Drosselspalt 36 rasch größer und das Abheben des Ventilelements 22 beschleunigt sich (vgl. den linken Teil der **Fig. 2**).

**[0031]** In den nachfolgenden **Fig. 3** bis **Fig. 6** werden weitere Ausführungsformen der Dämpfungseinrichtung 18 beschrieben. Die grundsätzliche Anordnung und die Wirkung der Dämpfungseinrichtung 18 ist jeweils der von **Fig. 2** ähnlich. Daher werden die Beschreibungen nur soweit wiederholt, wie es für die Funktion erforderlich ist.

**[0032]** **Fig. 3** zeigt die Dämpfungseinrichtung 18 mit einer im Vergleich zu der **Fig. 2** kegelförmigen Kontur

der dargestellten Schnittansicht. Man erkennt, dass der Drosselspalt 36 sich - im Verlauf der durch den Pfeil 30 dargestellten Bewegung des Abschnitts 28 - über dem Weg in einer anderen Weise verkleinern oder schließen kann, als dies in der **Fig. 2** der Fall ist. Entsprechend verändern sich das Einsetzen und die Stärke des Drossel- und des Quetscheffektes. Durch die Wahl der Geometrie, beispielsweise durch einen die kegelförmige Kontur bestimmenden Winkel, kann die Dämpfungseinrichtung an die jeweiligen Erfordernisse angepasst werden.

**[0033]** **Fig. 4** zeigt die Dämpfungseinrichtung 18 mit einer im Vergleich zu der **Fig. 2** halbkugelförmigen bzw. gerundeten Kontur der dargestellten Schnittansicht. Dabei gehen die Grundfläche 23 und die Umfangsfläche 25, bzw. die Stirnfläche 27 und die Umfangsfläche 31, und daraus folgend der Drosselspalt 36 und der Quetschspalt 38 stetig ineinander über.

**[0034]** Man erkennt, dass der Drosselspalt 36 sich wiederum in einer von den **Fig. 2** und **Fig. 3** verschiedenen Weise verkleinern oder schließen kann. Ebenso entsteht dadurch eine individuelle Dämpfungscharakteristik der Dämpfungseinrichtung 18. In der **Fig. 4** ist außerdem zu erkennen, dass die axiale Endfläche 27 des Abschnitts 28 und die gegenüber liegende Anlagefläche 24 des Abschnitts 26 wenigstens bereichsweise nicht orthogonal zu einer Längsachse des Ventilelements 22 verlaufen.

**[0035]** **Fig. 5** zeigt eine als Mehrfachstufe ausgebildete stufenförmige Kontur der dargestellten Schnittansicht. Ergänzend zur **Fig. 2** ergibt sich somit ein zweiter Drosselspalt 40. Vorliegend ist die Geometrie so gewählt, dass der erste Drosselspalt 36 sich im Verlauf der Bewegung des Ventilelements 22 früher verengt als der zweite Drosselspalt 40. Dadurch wird eine entsprechend „abgestufte“ Drosselung erreicht. Es versteht sich, dass die Mehrfachstufe nicht auf zwei Stufen beschränkt sein muss, sondern auch drei oder mehr Stufen umfassen kann.

**[0036]** In einer zu der **Fig. 5** zeichnerisch gleichen Ausführung der Dämpfungseinrichtung 18 sind die Abschnitte 26 und 28 nicht im Wesentlichen radial-symmetrisch ausgebildet und weisen beispielsweise in ihrer axialen Ansicht einen quadratischen Umriss auf. Diese Option ist alternativ ebenso auf die **Fig. 2** bis **Fig. 4** sowie die nachfolgenden **Fig. 6** bis **Fig. 11** anwendbar. Dadurch ergeben sich weitere Möglichkeiten, um die Dämpfungseinrichtung zu realisieren.

**[0037]** **Fig. 6** zeigt eine Dämpfungseinrichtung 18 mit einer in der Schnittansicht stufenförmigen Kontur ähnlich der **Fig. 2**, bei welcher ein Kanal 42 den Fluidraum 33 mit einem Entlastungsraum 44 verbindet. Der Kanal 42 ist vorliegend als eine „Entdrosselbohrung“ ausgeführt. Bei Annäherung des

Abschnitts 28 an den gehäusefesten Abschnitt 26 wird Fluid zunächst überwiegend durch den Drosselspalt 36 aus dem Fluidraum 33 abgeführt. Wird der Drosselspalt 36 im Zuge der Bewegung des Ventilelements 22 enger, so steigt der Druck im Fluidraum 33 weiter an, so dass sich ergänzend zum Fluidstrom 34 durch den Drosselspalt 36 ein rasch zunehmender Fluidstrom 35 durch den Kanal 42 ergibt.

**[0038]** Wird der Fluidraum 33 weiter verkleinert, so wird auch der Drosselspalt 36 verkleinert. Dabei nimmt der Quetscheffekt zu. Dies ist in der Zeichnung jedoch nicht dargestellt. Bei zunehmenden Quetscheffekt bleibt der Kanal 42 geöffnet, so dass bis zu einem möglichen Anschlag des Abschnitts 28 an der Anlagefläche 24 Fluid durch den Kanal 42 strömen kann. Dadurch wird die Wirkung der Dämpfungseinrichtung 18 in der zweiten Phase vor dem Erreichen der Endlage maßgeblich beeinflusst. Der Kanal 42 kann auch mehrfach in der Dämpfungseinrichtung 18 vorhanden sein, vorzugsweise radial-symmetrisch zur Symmetrielinie 32. Weiterhin versteht es sich, dass der Kanal 42 in einer zu der **Fig. 6** vergleichbaren Weise in den übrigen Ausführungsformen nach den **Fig. 2** bis **Fig. 5** und **Fig. 7** bis **Fig. 11** optional ergänzt werden kann.

**[0039]** **Fig. 7** zeigt eine Ausführung der Dämpfungseinrichtung 18 zusammen mit einem axial beweglichen Anker 46 und einem gehäusefesten Polkern 48. Der Polkern umfasst die Ausnehmung 29. Die in der **Fig. 7** gezeigten Elemente weisen eine im Wesentlichen rotationssymmetrische Form auf. Sonstige Elemente, wie etwa ein oder mehrere Abströmkä-näle, sind nicht mit dargestellt. Vorliegend sind die Grundfläche 23 und die Anschlagfläche 24 verschieden.

**[0040]** Der Pfeil 30 veranschaulicht die axiale Bewegung des Ankers 46. Bei einer Annäherung des Ankers 46 an den Polkern 48 trifft der Anker 46 auf die Anschlagfläche 24 auf, wobei - entsprechend der in der **Fig. 7** vorliegenden Geometrie - der Fluidraum 33 (welcher nicht in der **Fig. 7** gezeigt ist) in der Ausnehmung 29 sehr klein wird, aber nicht verschwindet. Bei der Annäherung an die Endlage taucht der Anker 46 in die Ausnehmung 29 des Polkerns 48 ein. Der Drosselspalt 36 bewirkt den für die Abbremsung des Ankers 46 gewünschten Drosseffekt, wogegen ein Quetscheffekt nicht oder nur vergleichsweise gering auftritt.

**[0041]** **Fig. 8** zeigt eine weitere Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung 18. In dem Gehäuse 50 ist eine Anschlagplatte 52 gehäusefest angeordnet. Eine Ventilnadel 54 mit einem darauf fest angeordneten scheibenförmigen Nadelbund 56 ist axial beweglich. Beide Elemente weisen eine im Wesentlichen rotationssymmetrische Form auf. Ein Drosselspalt 36 und ein Kanal 42 bewirken die aus den **Fig. 2** bis

**Fig. 6** bekannte Dämpfung beim Abbremsen der Ventilnadel 54 vor Erreichen der Endlage. Alternativ oder ergänzend können weitere Elemente eines elektromagnetischen Schaltventils 20 bzw. eines Mengensteuerventils 14 für eine Dämpfungseinrichtung 18 genutzt werden. Beispielsweise kann das Ventilelement 22 zusammen mit Hülsen oder Führungsblechen eines Mengensteuerventils 14 eine Dämpfungseinrichtung 18 realisieren.

**[0042]** Wie in der **Fig. 2**, so sind auch in den **Fig. 3** bis **Fig. 8** die Abschnitte 26 und 28 so geformt, dass sie eine axiale Endfläche bzw. eine Anlagefläche 24 aufweisen, welche in der Endlage des Ventilelements 22 im Wesentlichen aneinander anliegen.

**[0043]** Die **Fig. 9** und **Fig. 10** zeigen stark schematisch und vereinfacht je eine Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung 18, bei der ein (**Fig. 9**) oder beide (**Fig. 10**) Abschnitte 26 und 28 in der dargestellten Schnittansicht wenigstens bereichsweise gerundet oder kugelförmig ausgebildet sind. Der sich ergebende Quetschspalt 38 weist vorliegend einen in etwa sichelförmigen Querschnitt auf.

**[0044]** **Fig. 11** zeigt eine weitere Ausführungsform der Dämpfungseinrichtung 18, in welcher sowohl der Drosselspalt 36 als auch der Quetschspalt 38 kegelförmig sind. Die Stirnfläche 27 des Ventilelements 22 umfasst eine plane Teilfläche 58, in deren Bereich die Stirnfläche 27 und die Anschlagfläche 24 aneinander liegen.

**[0045]** Entsprechend der in der **Fig. 11** dargestellten Geometrie ergeben sich weitere Möglichkeiten, um die Stärke und das Einsetzen des hydraulischen Drosseffekts und des hydraulischen Quetscheffekts und damit das Abbremsen des Ventilelements 22 spezifisch einzustellen. Der Quetscheffekt wirkt im Wesentlichen nur im Bereich der Teilfläche 58.

**[0046]** In weiteren, jedoch nicht dargestellten, Ausführungsformen der Dämpfungseinrichtung 18 des elektromagnetischen Schaltventils 20 sind die Abschnitte 26 und 28 und damit die Ausnehmung 29 in Bezug auf das Gehäuse 50 und das Ventilelement 22 vertauscht. Es ergibt sich jedoch eine grundsätzlich gleiche Dämpfungswirkung wie zuvor in den **Fig. 2** bis **Fig. 11** beschrieben.

**[0047]** Weitere, ebenfalls nicht dargestellte Ausführungsformen der Dämpfungseinrichtung 18 sind so ausgeführt, dass sie in beiden Bewegungsrichtungen des Ventilelements 22 wirksam sind, beziehungsweise, für jede Bewegungsrichtung eine separate Dämpfungseinrichtung 18 im Gehäuse 50 angeordnet ist.

**Patentansprüche**

1. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) mit einer als Kolbenpumpe ausgebildeten Hochdruckpumpe (3), die stromaufwärts über eine Saugleitung (4), eine Vorförderpumpe (5) und eine Niederdruckleitung (7) mit einem Kraftstofftank (9) verbunden ist und an die stromabwärts über eine Hochdruckleitung 11 ein Hochdruckspeicher (13) angeschlossen ist, wobei ein als Mengensteuerventil (14) ausgebildetes elektromagnetisches Schaltventil (20) mit einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung (15) hydraulisch zwischen der Niederdruckleitung 7 und der Hochdruckpumpe (3) angeordnet ist, wobei das Mengensteuerventil (14) als Baueinheit mit der Hochdruckpumpe (3) ausgebildet ist und die von der Hochdruckpumpe (3) dem Hochdruckspeicher (13) zugeführte Kraftstoffmenge bestimmt, indem es ein Einlassventil der Hochdruckpumpe (3) während eines Förderhubs zeitweise zwangsweise offen zu halten vermag, wobei das elektromagnetische Schaltventil (20), ein in einem Gehäuse (50) bewegbares Ventilelement (22) aufweist, eine Dämpfungseinrichtung (18) zum Abbremsen des Ventilelements (22) vor Erreichen einer Endlage aufweist, wobei die Dämpfungseinrichtung (18) einen ersten gehäusefesten Abschnitt (26) und einen zweiten mit dem Ventilelement (22) gekoppelten Abschnitt (28) aufweist, wobei der eine Abschnitt (26; 28) eine Ausnehmung (29) umfasst, in die der andere Abschnitt (26; 28) vor Erreichen der Endlage des Ventilelements (22) unter Bildung eines im Wesentlichen radialen Spalts (36; 38) eintaucht.

2. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eintauchende Abschnitt (26; 28) eine axiale Endfläche (27) aufweist, welche in der Endlage des Ventilelements (22) an einer gegenüber liegenden Anlagefläche (24) des anderen Abschnitts (26; 28) im Wesentlichen anliegt.

3. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Endfläche (27) und die Anlagefläche (24) im Wesentlichen orthogonal zu einer Längsachse des Ventilelements (22) verlaufen.

4. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Endfläche (27) und die Anlagefläche (24) im Wesentlichen nicht orthogonal zu einer Längsachse des Ventilelements (22) verlaufen.

5. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Abschnitte (26; 28) im Wesentlichen radialsymmetrisch sind.

6. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Abschnitte (26; 28) nicht im Wesentlichen radialsymmetrisch sind.

7. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Abschnitte (26; 28) stufenförmig ausgebildet sind.

8. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Abschnitte (26; 28) wenigstens bereichsweise rampenförmig oder kegelförmig ausgebildet sind.

9. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Abschnitte (26; 28) wenigstens bereichsweise gerundet oder kugelförmig ausgebildet sind.

10. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der radiale Spalt (36; 38) kegelförmig und/oder sichelförmig ist.

11. Common Rail-Kraftstoffsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dämpfungseinrichtung (18) mindestens einen Kanal (42) aufweist, welcher einen Fluidraum (33), der sich bei Annäherung des Ventilelements (22) an seine Endlage zwischen den beiden Abschnitten (26; 28) bildet, mit einem Entlastungsraum (44) verbindet.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

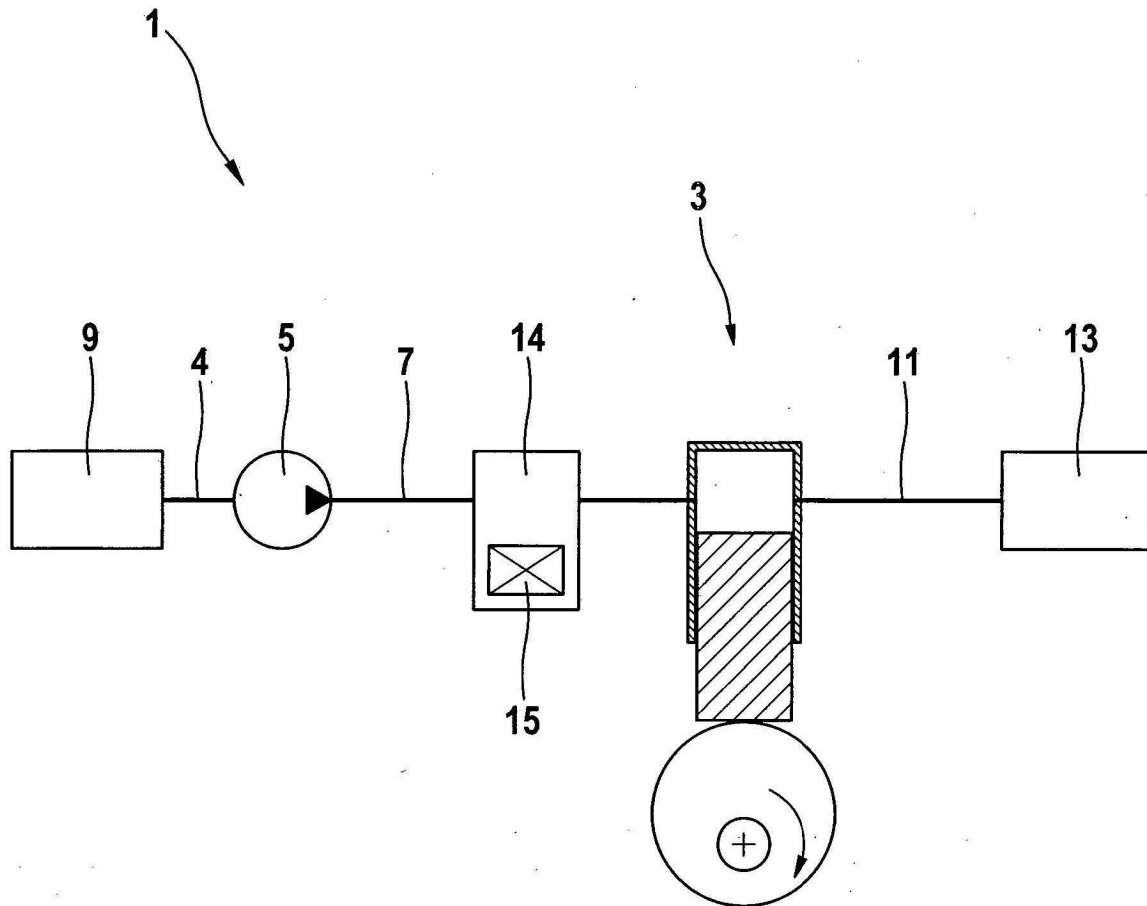
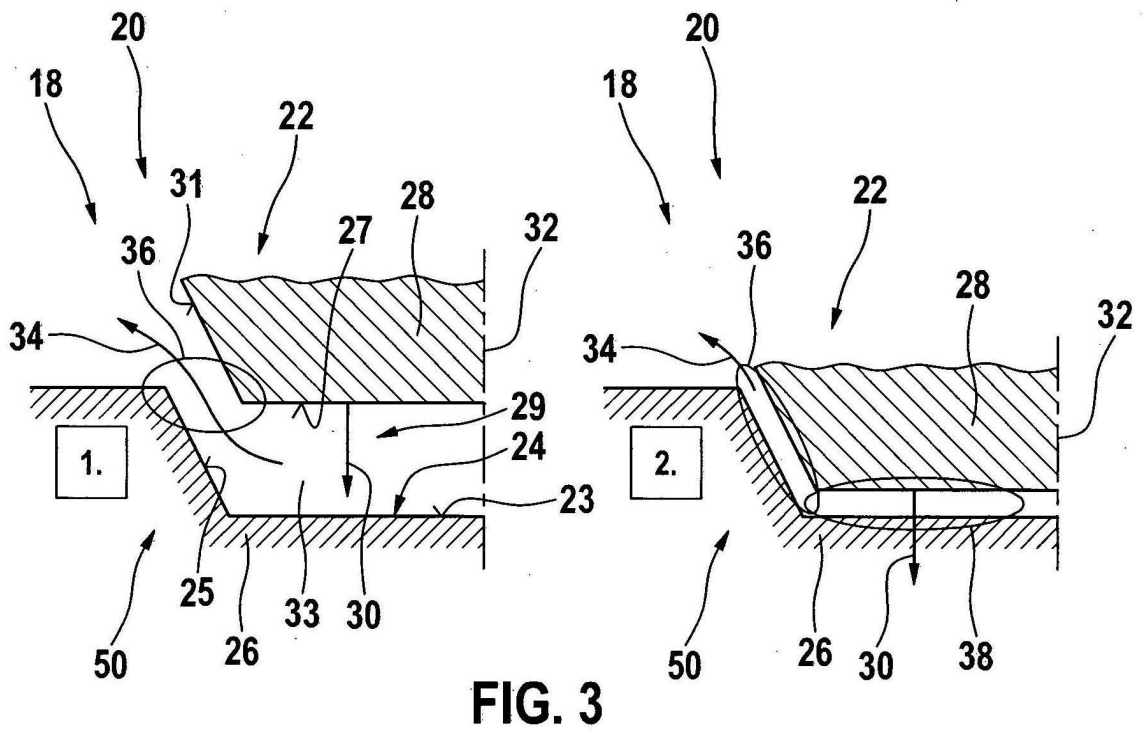
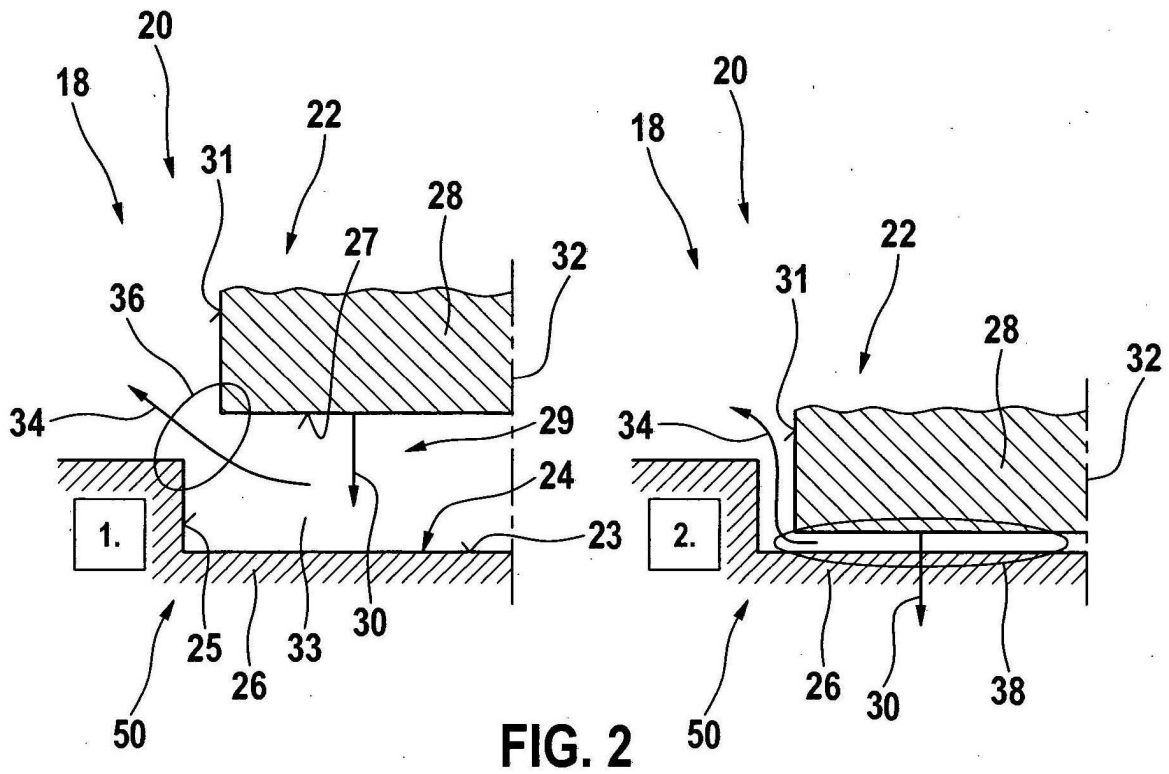


FIG. 1



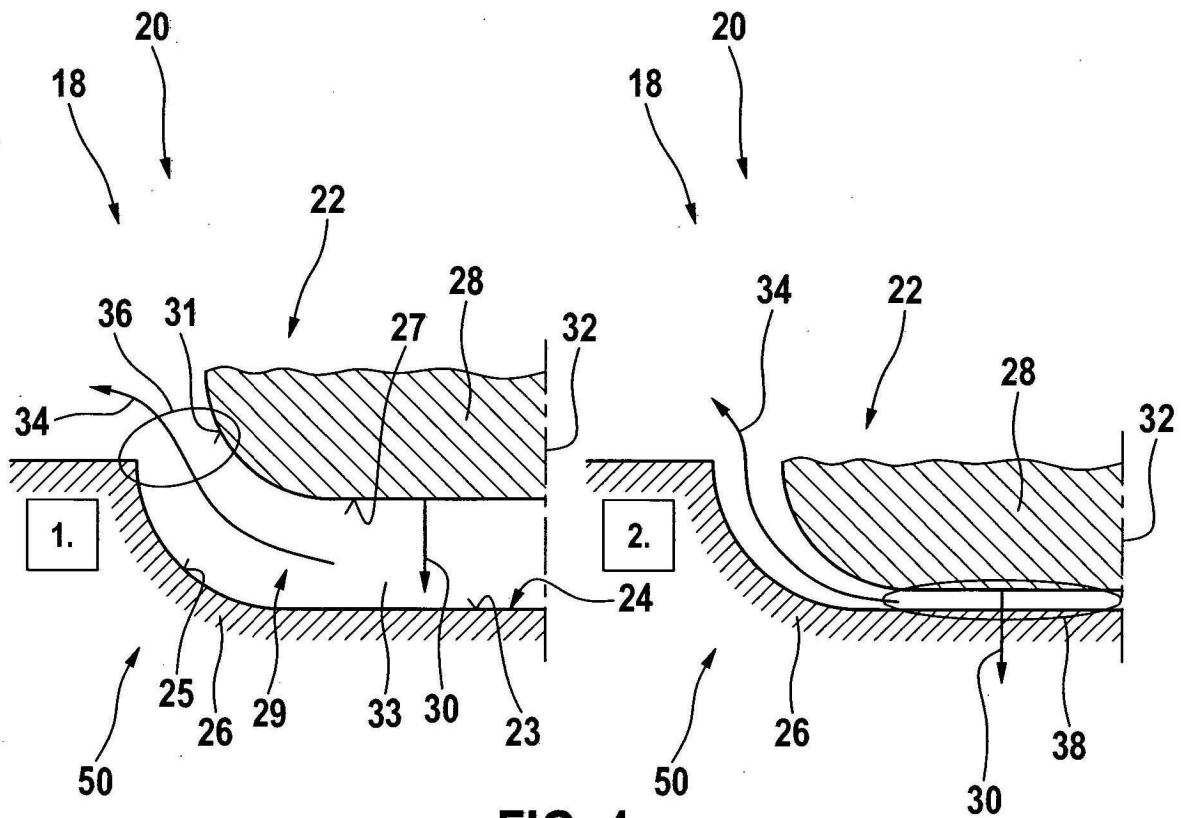


FIG. 4

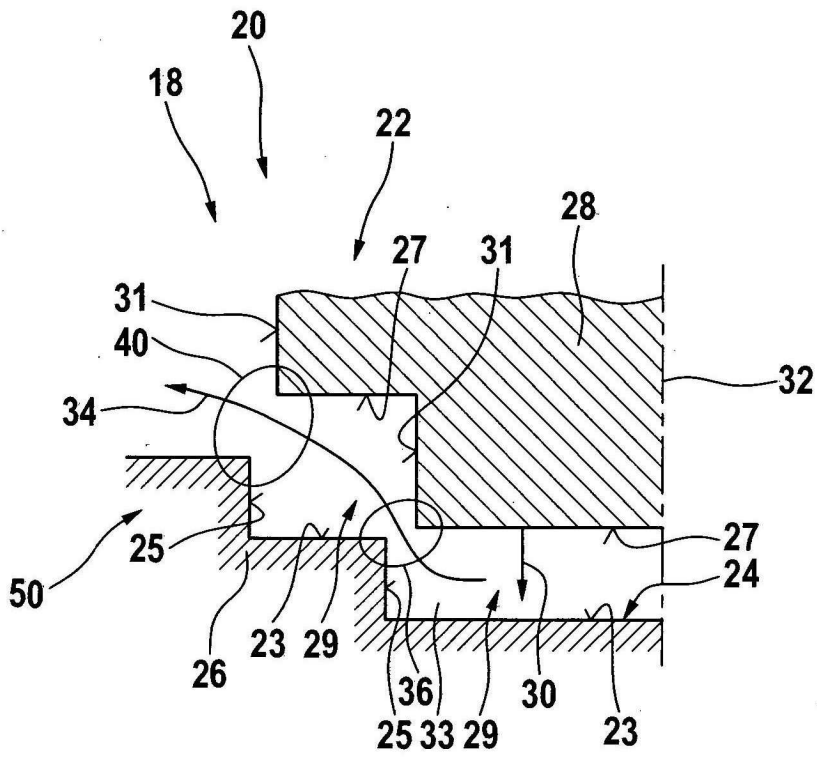


FIG. 5

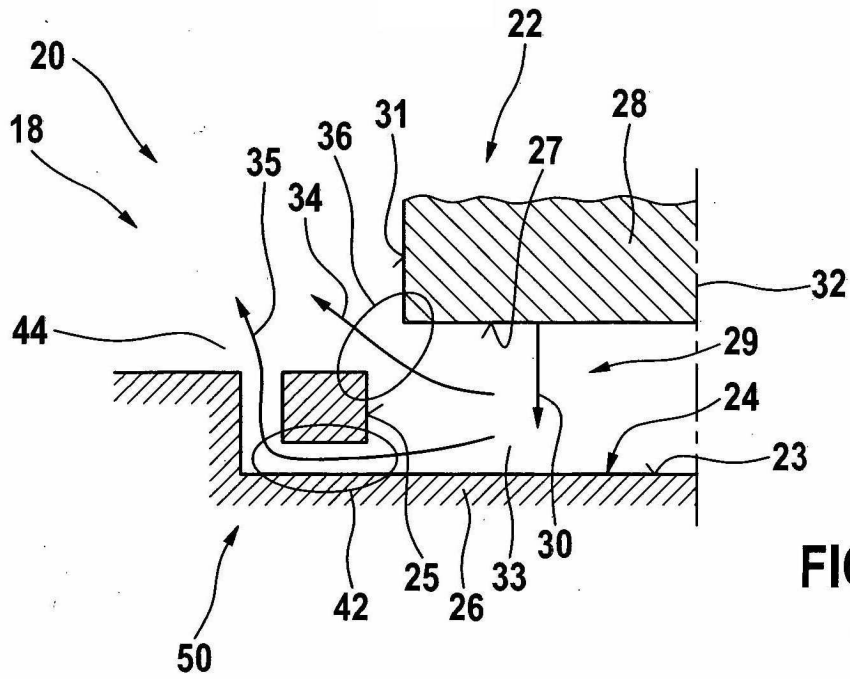


FIG. 6

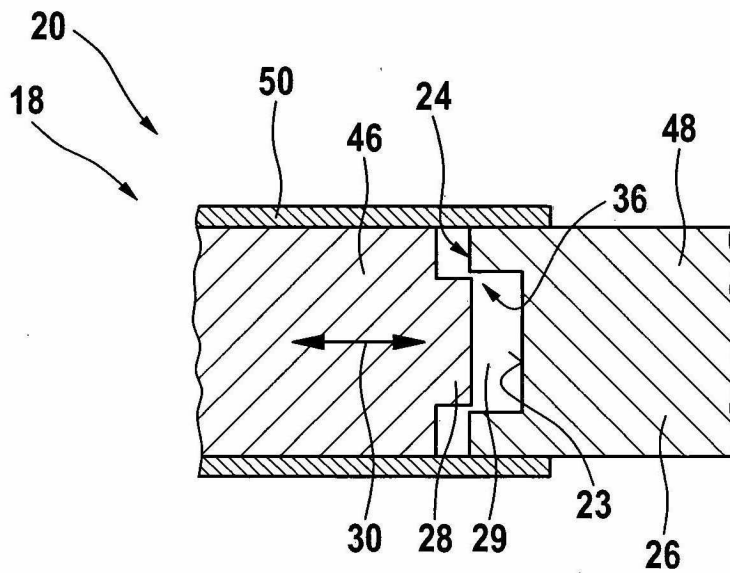


FIG. 7

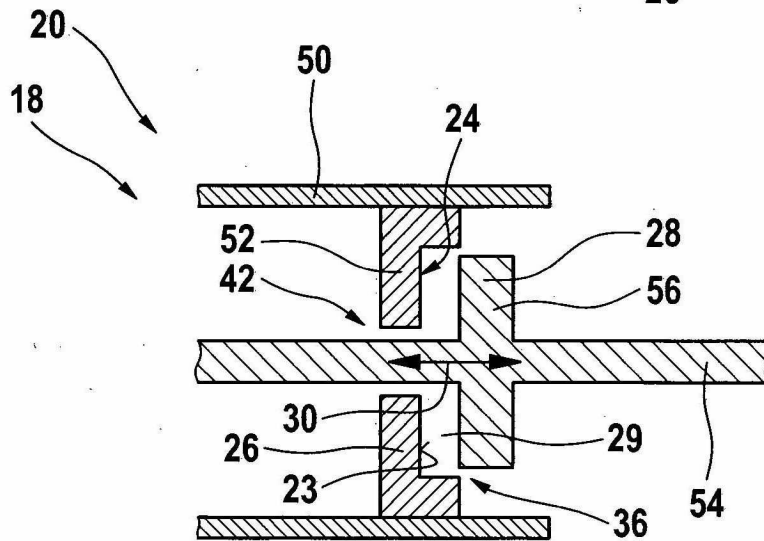


FIG. 8

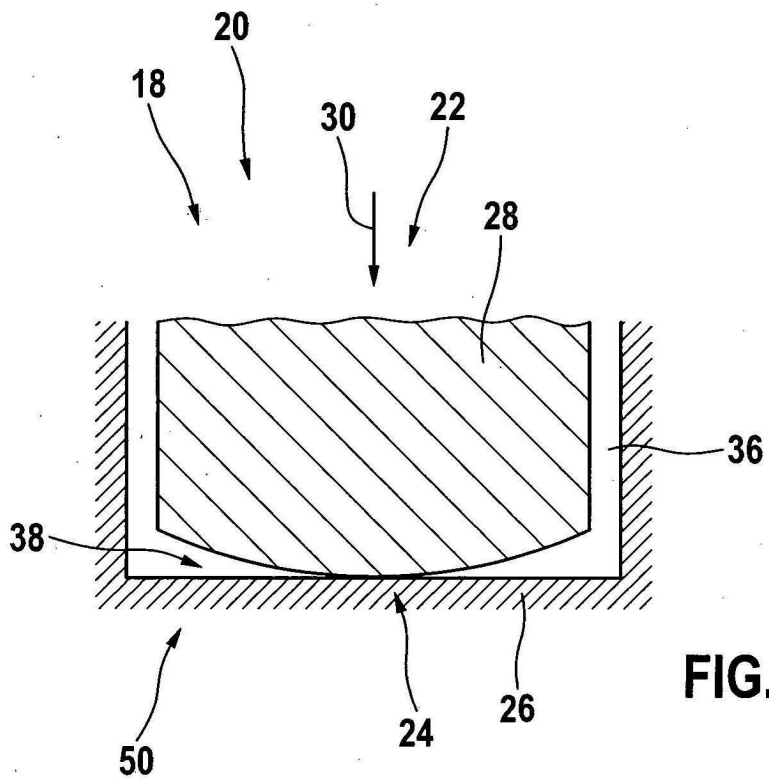


FIG. 9

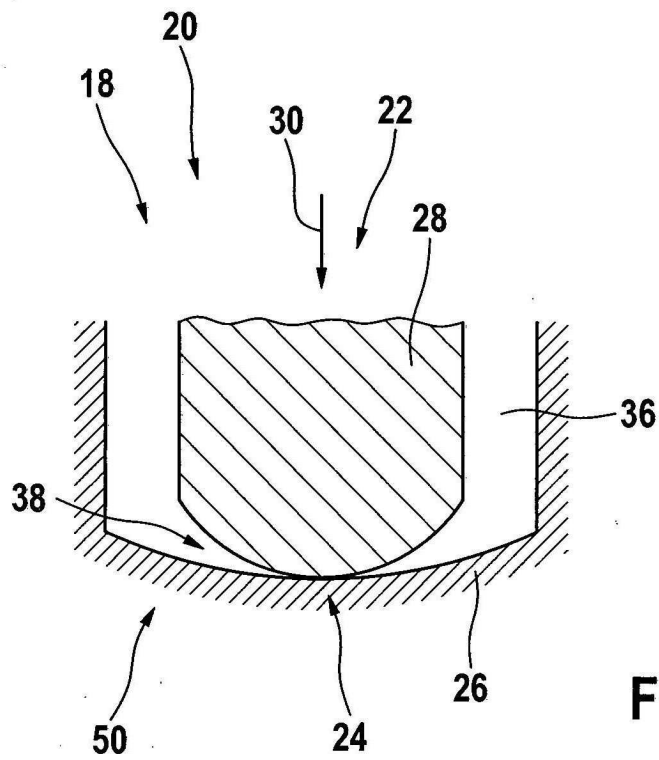
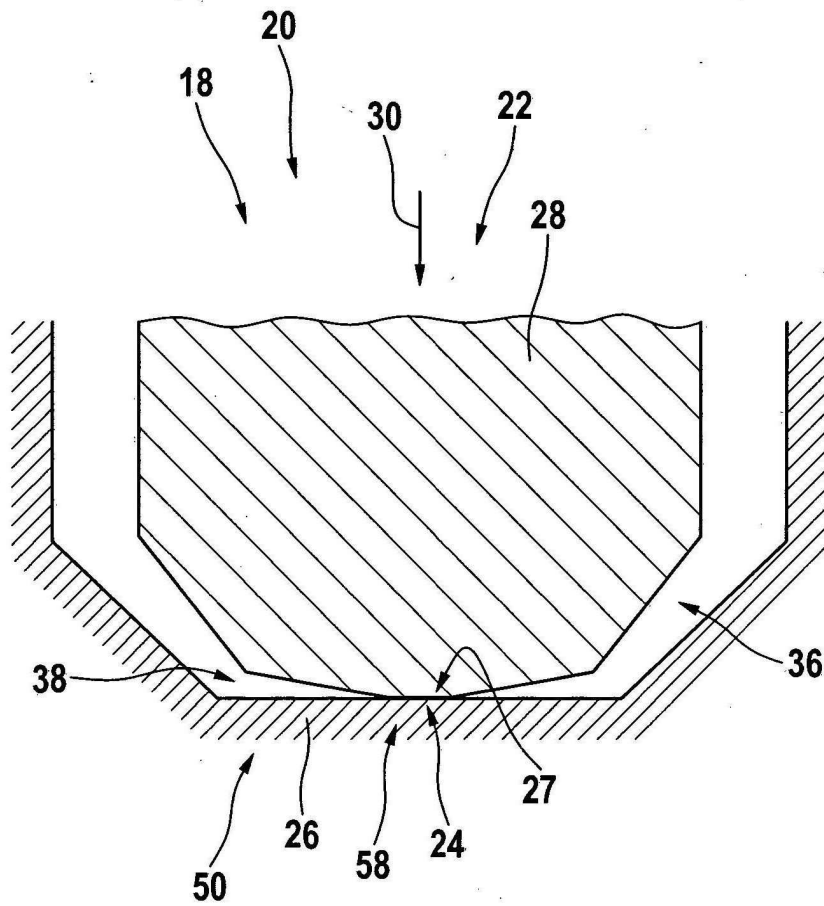


FIG. 10



**FIG. 11**