

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
03. Oktober 2024 (03.10.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/200084 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02M 21/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/057214

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. März 2024 (19.03.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 202 777.1
27. März 2023 (27.03.2023) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Post-
fach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **HALLAS, Patrick**; Elisabeth-Kranz-Strasse 10,
71640 Ludwigsburg (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

(54) **Title:** PROPORTIONAL CONTROL VALVE FOR CONTROLLING A GASEOUS FUEL, IN PARTICULAR HYDROGEN, IN A FUEL SUPPLY SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE OR IN A FUEL CELL SYSTEM, AS WELL AS PRESSURE CONTROL UNIT AND FUEL SUPPLY SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** PROPORTIONALREGELVENTIL ZUM STEUERN EINES GASFÖRMIGEN BRENNSTOFFS, INSBESONDERE WASSERSTOFF, IN EINEM BRENNSTOFFVERSORGUNGSSYSTEM EINER BRENNKRAFTMASCHINE ODER IN EINEM BRENNSTOFFZELLENSYSTEM, SOWIE DRUCKREGELEINHEIT UND BRENNSTOFFVERSORGUNGSSYSTEM

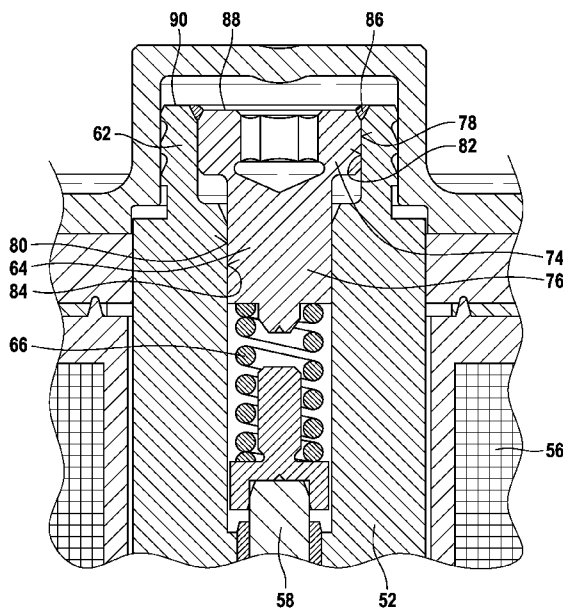


FIG. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to a proportional control valve (32) for controlling a gaseous fuel, in particular hydrogen, in a fuel supply system (10) of an internal combustion engine or in a fuel cell system, said control valve comprising a valve element (58), a valve spring (66), and a first housing portion (64), wherein the valve spring (66) is braced between the valve element (58) and the first housing portion (64), and wherein the first housing portion (64) is at least initially movable relative to a second housing portion (62) in order to adjust a spring preload. According to the invention, the first housing portion (64) is fluid-tightly and integrally (86; 92) connected to the second housing portion (62).

(57) **Zusammenfassung:** Ein Proportionalregelventil (32) zum Steuern eines gasförmigen Brennstoffs, insbesondere Wasserstoff, in einem Brennstoffversorgungssystem (10) einer Brennkraftmaschine oder in einem Brennstoffzellensystem umfasst ein Ventilelement (58), eine Ventulfeder (66) und einen ersten Gehäuseabschnitt (64), wobei die Ventulfeder (66) zwischen dem Ventilelement (58) und dem ersten Gehäuseabschnitt (64) verspannt ist, und wobei der erste Gehäuseabschnitt (64) zur Einstellung einer Federvorspannung wenigstens anfänglich gegenüber einem zweiten Gehäuseabschnitt (62) beweglich ist. Es wird vorgeschlagen, dass der erste Gehäuseabschnitt (64) mit dem zweiten Gehäuseabschnitt (62) fluiddicht und stoffschlüssig (86; 92) verbunden ist.

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

5 Beschreibung

Titel

10 Proportionalregelventil zum Steuern eines gasförmigen Brennstoffs,
insbesondere Wasserstoff, in einem Brennstoffversorgungssystem einer
Brennkraftmaschine oder in einem Brennstoffzellensystem, sowie
Druckregleinheit und Brennstoffversorgungssystem

Stand der Technik

15 Die Erfindung betrifft ein Proportionalregelventil zum Steuern eines gasförmigen Brennstoffs, insbesondere Wasserstoff, in einem Brennstoffversorgungssystem einer Brennkraftmaschine oder in einem Brennstoffzellensystem, sowie Druckregleinheit und Brennstoffversorgungssystem, nach den Oberbegriffen der jeweiligen nebengeordneten Ansprüche.

20

Vom Markt her bekannt sind Brennkraftmaschinen, deren Brennstoff gasförmiger Wasserstoff ist. Derartige Brennkraftmaschinen können beispielsweise zum Antrieb von Kraftfahrzeugen verwendet werden. Der Wasserstoff kann beispielsweise unter relativ hohem Druck, beispielsweise 700 bar, gasförmig in einem tankartigen Brennstoffspeicher gespeichert sein. Von dort gelangt er über eine Hochdruck-Druckregleinrichtung zu einer Niederdruck-Druckregleinheit und weiter zu einer Brennstoffverteileinrichtung, die funktional ähnlich ist wie das Kraftstoffrail bei einer Brennkraftmaschine mit Benzin- oder Diesel-Direkteinspritzung. Die Hochdruck-Druckregleinrichtung regelt den Gasdruck typischerweise herunter auf beispielsweise ungefähr 40 bar, die Niederdruck-Druckregleinheit regelt den Gasdruck weiter herunter typischerweise auf einen Druck von ungefähr 15 bar. An die Brennstoffverteileinrichtung sind üblicherweise mehrere Injektoren angeschlossen, die den gasförmigen Brennstoff direkt in Brennräume der Brennkraftmaschine (H₂-Direkteinspritzung) oder in eine Vorkammer einblasen (Port Fuel Injection).

25
30
35

Die DE 10 2017 210 367 A1 offenbart ein Proportionalregelventil, wie es in der oben beschriebenen oder als die oben beschriebene Niederdruck-Druckregeleinheit eingesetzt werden kann. Es umfasst ein Ventilelement und einen Ventilsitz, der eine Durchlassöffnung für das gasförmige Medium begrenzt.

5

Offenbarung der Erfindung

Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird durch ein Proportionalregelventil, eine Druckregeleinheit und ein Brennstoffversorgungssystem mit den Merkmalen des jeweiligen nebengeordneten Anspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in Unteransprüchen genannt.

10

Ein Vorteil der Erfindung ist, dass die Montage des erfindungsgemäßen Proportionalregelventils vereinfacht wird. Das bisher notwendige Einsetzen eines O-Rings zur Abdichtung sowie das bisher notwendige Verstemmen zur Positionssicherung des ersten Gehäuseabschnitts können entfallen. Darüber hinaus wird der Aufwand für die Handhabung von Teilen an der Fertigungslinie des Proportionalregelventils reduziert, da weniger Bauteile benötigt werden. All dies führt zu einer Reduktion der Fertigungskosten. Auch wird die Qualität der Abdichtung zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt und dem zweiten Gehäuseabschnitt verbessert.

15

20

Konkret wird dies erreicht durch ein Proportionalregelventil zum Steuern eines gasförmigen Brennstoffs, insbesondere Wasserstoff, in einem Brennstoffversorgungssystem einer Brennkraftmaschine oder in einem Brennstoffzellensystem. Der gasförmige Wasserstoff kann beispielsweise zur innermotorischen Verbrennung verwendet werden. Bei der Brennkraftmaschine kann es sich um eine im Wesentlichen typische Kolben-Brennkraftmaschine handeln, wie sie beispielsweise bei Kraftfahrzeugen oder stationären Anwendungen, beispielsweise zum Antrieb von Generatoren, eingesetzt wird.

25

30

Bei einem solchen Brennstoffversorgungssystem kann der Wasserstoff beispielsweise unter relativ hohem Druck, beispielsweise 700 bar, gasförmig in einem tankartigen Brennstoffspeicher gespeichert sein. Von dort kann er über eine Hochdruck-Druckregeleinrichtung zu einer Niederdruck-Druckregeleinheit

35

und weiter zu einer Brennstoffverteileinrichtung gelangen, die funktional ähnlich ist wie das Kraftstoffrail bei einer Brennkraftmaschine mit Benzin- oder Diesel-Direkteinspritzung. Die Hochdruck-Druckregleinrichtung regelt den Gasdruck typischerweise herunter auf beispielsweise ungefähr 40 bar, die Niederdruck-Druckregleinheit regelt den Gasdruck weiter herunter typischerweise auf einen Druck von ungefähr 15 bar. An die Brennstoffverteileinrichtung können beispielsweise mehrere Injektoren angeschlossen sein, die den Brennstoff direkt in Brennräume der Brennkraftmaschine (H₂-Direkteinspritzung) oder in eine Vorkammer einblasen (Port Fuel Injection).

Die gerade erwähnte Niederdruck-Druckregleinheit (auch "HIPR" bzw. "Hydrogen Injection Pressure Regulator" genannt) regelt entsprechend den spezifischen Anforderungen den Druck und somit den Massen- oder Volumenstrom in der Brennstoffverteileinrichtung bzw. zu der Brennstoffverteileinrichtung. Hierzu kann der HIPR mindestens ein Proportionalregelventil umfassen oder aus einem solchen bestehen. Zu der Niederdruck-Druckregleinheit kann noch ein Drucksensor und/oder ein Sicherheitsventil gehören. Bei ausgeschalteter Brennkraftmaschine ist das Sicherheitsventil geschlossen, und das Sicherheitsventil öffnet, wenn die Brennkraftmaschine gestartet werden soll.

Eine alternative Anwendung des erfindungsgemäßen Proportionalregelventils ist in einem Brennstoffzellensystem zur Erzeugung von elektrischer Energie sowohl für stationäre als auch für mobile Anwendungen, beispielsweise Kraftfahrzeuge.

Als Proportionalregelventil wird erfindungsgemäß ein solches vorgeschlagen, welches ein Ventilelement und eine Ventilsfeder aufweist. Das Ventilelement wirkt mit einem Ventilsitz zusammen. Insoweit ist das Proportionalregelventil als Sitzventil ausgebildet. Der Ventilsitz ist typischerweise ringförmig ausgebildet, und er begrenzt eine Durchlassöffnung für das gasförmige Medium, also beispielsweise den Wasserstoff. Durch eine Beeinflussung des Abstands bzw. des Spalts zwischen dem Ventilelement und dem Ventilsitz kann der Durchfluss des gasförmigen Mediums durch die Durchlassöffnung beeinflusst werden, und hierdurch kann der Druck stromabwärts von dem Proportionalregelventil beeinflusst werden.

Die erwähnte Ventildfeder ist typischerweise so ausgebildet, dass sie das Ventilelement in Schließrichtung beaufschlagt. Ein beispielsweise elektromagnetischer Aktor ist typischerweise so ausgebildet, dass er das Ventilelement entgegen der Kraft der Ventildfeder in Öffnungsrichtung beaufschlagen kann.

Zu dem Proportionalregelventil gehört ein erster Gehäuseabschnitt. Die Ventildfeder ist zwischen dem Ventilelement und dem ersten Gehäuseabschnitt verspannt. Beispielsweise kann es sich bei der Ventildfeder um eine Schraubendruckfeder handeln. Um die Ventildfeder montieren zu können und um durch Fertigungstoleranzen verursachte Maßungenauigkeiten ausgleichen zu können, ist zumindest anfänglich, also bei der Montage des erfindungsgemäßen Proportionalregelventils, der erste Gehäuseabschnitt zur Einstellung einer Federvorspannung gegenüber einem zweiten Gehäuseabschnitt beweglich. Auf diese Weise kann durch eine entsprechende Positionierung des ersten Gehäuseabschnitts relativ zum zweiten Gehäuseabschnitt die Federvorspannung der Ventildfeder beeinflusst und auf einen gewünschten Wert eingestellt werden.

Dabei wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass der erste Gehäuseabschnitt mit dem zweiten Gehäuseabschnitt fluiddicht und stoffschlüssig verbunden ist. Dabei wird unter einer stoffschlüssigen Verbindung eine solche Verbindung verstanden, bei der der erste Gehäuseabschnitt und der zweite Gehäuseabschnitt durch Verschmelzen und/oder durch intermolekulare oder chemische Bindungskräfte, gegebenenfalls über Zusatzstoffe, miteinander verbunden werden.

Die fluiddichte und stoffschlüssige Verbindung wird dabei erst hergestellt, nachdem – erforderlichenfalls – der erste Gehäuseabschnitt relativ zum zweiten Gehäuseabschnitt zur Einstellung einer gewünschten Federvorspannung positioniert wurde. Typischerweise wird in einer entsprechenden Vorrichtung der erste Gehäuseabschnitt relativ zum zweiten Gehäuseabschnitt zunächst in eine gewünschte Position gebracht und in dieser gehalten, und dann wird die fluiddichte und stoffschlüssige Verbindung hergestellt. Damit die stoffschlüssige Verbindung wirklich fluiddicht ist, sollte sie sich beispielsweise bei einem zylindrischen ersten Gehäuseabschnitt über die komplette Erstreckung des Umfangs des ersten Gehäuseabschnitts erstrecken.

Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der erste Gehäuseabschnitt mit dem zweiten Gehäuseabschnitt fluiddicht und stoffschlüssig durch Schweißen, Löten oder Kleben stoffschlüssig verbunden ist. Dies sind leicht realisierbare und kostengünstige Arten von stoffschlüssigen Verbindungen.

Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die stoffschlüssige Verbindung in einem Bereich hergestellt wird, welcher in radialer Richtung gesehen zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt und dem zweiten Gehäuseabschnitt angeordnet ist. Beispielsweise kann eine solche stoffschlüssige Verbindung in einem radialen Spalt zwischen einem radial innen liegenden ersten Gehäuseabschnitt und einem radial außen liegenden zweiten Gehäuseabschnitt hergestellt werden. In diesem Bereich wird aufgrund der axialen Erstreckung des ersten Gehäuseabschnitts typischerweise eine vergleichsweise große Verbindungsfläche bereitgestellt, wodurch die fluidische Abdichtung besonders gut ist. Eine solche Verbindung kann beispielsweise sehr gut durch Kleben hergestellt werden.

Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die stoffschlüssige Verbindung in einem axialen Endbereich des ersten Gehäuseabschnitts hergestellt wird. Dieser Bereich ist für ein entsprechendes Werkzeug sehr gut zugänglich. Besonders geeignete Verbindungsarten sind in diesem Fall Schweißen und Löten.

Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der erste Gehäuseabschnitt mit dem zweiten Gehäuseabschnitt verschraubt ist. Hierdurch wird die Einstellung der gewünschten Federvorspannung der Ventilfeeder erleichtert und das Halten der eingestellten axialen relativen Position des ersten Gehäuseabschnitts zum zweiten Gehäuseabschnitts für das Herstellen der stoffschlüssigen Verbindung gesichert.

Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der erste Gehäuseabschnitt in den zweiten Gehäuseabschnitt eingepresst ist. Dies ist kostengünstig.

Zu der Erfindung gehört auch eine Druckregleinheit in einem Brennstoffversorgungssystem einer Brennkraftmaschine zur Druckregelung eines

gasförmigen Brennstoffs, insbesondere Wasserstoff, welche mindestens ein Proportionalregelventil der oben genannten Art umfasst.

5 Ferner gehört zu der Erfindung ein Brennstoffversorgungssystem zur Versorgung einer Brennkraftmaschine oder eines Brennstoffzellensystem mit gasförmigem Brennstoff, insbesondere Wasserstoff, umfassend einen Brennstoffspeicher, mindestens ein Proportionalregelventil und einen stromabwärts von dem Proportionalregelventil angeordneten Verbraucher, wobei das Proportionalregelventil gemäß der oben genannten Art ausgebildet ist.

10 Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung erläutert. In dieser zeigen:

15 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Brennstoffversorgungssystems zur Versorgung einer Brennkraftmaschine mit gasförmigem Brennstoff mit einer Druckregeleinheit mit einem Proportionalregelventil;

20 Figur 2 einen Längsschnitt durch das Proportionalregelventil von Figur 1;

Figur 3 einen vergrößerten Ausschnitt von Figur 2;

25 Figur 4 eine Darstellung ähnlich zu Figur 3 einer alternativen Ausführungsform; und

Figur 5 eine Darstellung ähnlich zu Figur 3 einer nochmals alternativen Ausführungsform.

30 Nachfolgend tragen funktionsäquivalente Elemente und Bereiche in unterschiedlichen Figuren und in unterschiedlichen Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen. Sie werden im Normalfall nur bei der ersten Erwähnung im Detail beschrieben. Darüber hinaus sind aus Gründen der Vereinfachung nicht in allen Figuren sämtliche Bezugszeichen eingetragen.

35 Ein Brennstoffversorgungssystem trägt in Figur 1 insgesamt das Bezugszeichen 10. Es dient zur Versorgung einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine mit

einem gasförmigen Brennstoff, vorliegend beispielsweise gasförmigem Wasserstoff.

Der Wasserstoff ist in Gasform unter hohem Druck, beispielsweise ungefähr 700 bar, in einem tankartigen Brennstoffspeicher 12 gespeichert. Dieser kann über einen Füllanschluss 14 befüllt werden. Am Brennstoffspeicher 12 ist ferner eine integrierte Einheit 16 aus einem Tankventil zur Befüllung und Abgabe von Wasserstoff in bzw. aus dem Brennstoffspeicher 12 und einem Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur des aus dem Brennstoffspeicher 12 kommenden gasförmigen Wasserstoffs angeordnet.

Der gasförmige Wasserstoff gelangt über eine Druckleitung 18 zunächst zu einem Filter 20 und von dort weiter zu einer Hochdruck-Druckregleinrichtung 22. Diese reduziert den Druck des gasförmigen Wasserstoffs beispielsweise auf einen Druck im Bereich von 40 bar. Die Druckleitung 18 führt von der Hochdruck-Druckregleinrichtung 22 weiter zu einem Drucksensor 24, einen weiteren Filter 26 und eine optionale Temperiereinrichtung 28 schließlich zu einer Niederdruck-Druckregleinheit 30.

Die Niederdruck-Druckregleinheit 30 umfasst vorliegend beispielhaft zwei hydraulisch parallele Druckregelventile 32, einen Niederdruck-Drucksensor 34 und ein Sicherheitsventil in Form einer Absperrventileinrichtung 36. Die beiden Druckregelventile 32 sind identisch aufgebaut und sind vorliegend Proportionalregelventile. Durch die Niederdruck-Druckregleinheit 30 wird der Druck in der Druckleitung 18 nochmals abgesenkt von dem eingangsseitigen vorliegend beispielhaften Druck von ungefähr 40 bar auf einen Druck beispielsweise von ungefähr 15 bar.

Stromabwärts von der Niederdruck-Druckregleinheit 30 führt die Druckleitung 18 zu einer Brennstoffverteileinrichtung 38, die beispielsweise als längliches Rohr ausgebildet sein kann in der Art eines typischen Kraftstoffralls, wie es von Benzin- und Diesel-Kraftstoffsystemen bekannt ist. Der in der Brennstoffverteileinrichtung 38 herrschende Gasdruck wird von einem Drucksensor 40 erfasst.

An die Brennstoffverteileinrichtung 38 sind mehrere Injektoren 42 angeschlossen, die den gasförmigen Wasserstoff vorliegend beispielhaft in Brennräume 44 der Brennkraftmaschine direkt einblasen. Der gasförmige Wasserstoff wird in den Brennräumen 44 mit Luftsauerstoff gemischt, und dieses Gemisch wird durch eine jeweilige Zündeinrichtung 46 entzündet. Typischerweise handelt es sich bei der Brennkraftmaschine um eine 2-Takt- oder 4-Takt-Kolben-Brennkraftmaschine von einer weitgehend üblichen Bauart. Beispielsweise wird eine solche Brennkraftmaschine zum Antrieb eines Kraftfahrzeugs eingesetzt. Sie kann aber auch beispielsweise stationär zum Antrieb eines Generators zur Stromerzeugung verwendet werden.

Gesteuert werden das Brennstoffversorgungssystem 10 und seine Komponenten durch eine elektronische Steuer- und Regeleinrichtung 48, die über einen oder mehrere entsprechende Mikroprozessoren, einen Speicher für Programmcode, etc., verfügt. Diese erhält Signale unter anderem vom Temperatursensor 16, dem Drucksensor 24, dem Drucksensor 40, etc. Die Steuer- und Regeleinrichtung 48 steuert verschiedene Komponenten des Brennstoffversorgungssystems 10 an, unter anderem die Niederdruck-Druckregeleinrichtung 30, das Sicherheitsventil 36 sowie die Zündeinrichtungen 46. Ferner wird auch eine Steuereinrichtung 50 von der Steuer- und Regeleinrichtung 48 angesteuert, die wiederum spezifisch den Betrieb des Brennstoffspeichers 12 steuert bzw. regelt.

Nun wird unter Bezugnahme auf die Figuren 2 und 3 eine erste Ausführungsform eines Proportionalregelventils 32 stärker im Detail erläutert. Das Proportionalregelventil 32 umfasst eine längliche Gehäusehülse 52. Diese wird in ihrem in den Figuren 2 und 3 oberen Bereich von einem elektromagnetischen Aktor 54 mit einer Magnetspule 56 umgeben. In der Gehäusehülse 52 ist ein Ventilelement 58 geführt, welches vorliegend eine längliche zylindrische Gestalt mit Abschnitten mit unterschiedlichem Durchmesser aufweist. Ein Abschnitt des Ventilelements 58 mit relativ großem Durchmesser bildet einen Magnetanker 60. der Magnetanker 60 kann aber auch ein separates Teil sein, der mit dem Ventilelement 58 fest verbunden ist.

Ein in den Figuren oberer Bereich 62 der Gehäusehülse 52 ist durch ein Verschlussstück 64 verschlossen. Zwischen dem Ventilelement 58 und dem Verschlussstück 64 ist eine Ventildfeder 66 verspannt, die das Ventilelement 58 in

den Figuren nach unten beaufschlagt. Das Verschlusssteil 64 bildet einen ersten Gehäuseabschnitt, wohingegen der obere Bereich 62 der Gehäusehülse 52 einen zweiten Gehäuseabschnitt bildet.

Die Gehäusehülse 52 weist einen seitlichen Fluideinlass 68 auf. An ihrem in den Figuren unteren Bereich ist die Gehäusehülse 52 mit einem metallischen Ventilsitzkörper 70 verbunden, in dem eine zur Gehäusehülse 52 und zum Ventilelement 58 koaxiale Durchlassöffnung 72 vorhanden ist, an der ein Ventilsitz (ohne Bezugszeichen) für das Ventilelement 58 vorhanden ist.

Das Proportionalregelventil 32 arbeitet folgendermaßen: ist die Magnetspule 56 nicht bestromt, wird das Ventilelement 58 durch die Ventilsfeder 66 gegen die Durchlassöffnung 72 gedrückt. Wird die Magnetspule 56 bestromt, wird das Ventilelement 58 gegen die Kraft der Ventilsfeder 66 in den Figuren nach oben bewegt, wodurch das Ventilelement 58 von der Durchlassöffnung 72 abhebt. Somit kann gasförmiges Medium bzw. Wasserstoff vom Fluideinlass 68 über die Durchlassöffnung 72 ausströmen. Über die Stärke der Bestromung der Magnetspule 56 kann die Menge des strömenden Mediums und damit letztlich der Druck in der Brennstoffverteilereinrichtung 38 beeinflusst werden.

Nun wird insbesondere unter Bezugnahme auf Figur 3 das Zusammenwirken des ersten Gehäuseabschnitts 64 (Verschlusssteil) mit dem zweiten Gehäuseabschnitt 62 (oberer Bereich der Gehäusehülse 52) erläutert. Wie oben erwähnt, ist die Ventilsfeder 66 zwischen dem Ventilelement 58 und dem ersten Gehäuseabschnitt 64 verspannt. Bei der in den Figuren 2 und 3 gezeigten Ausführungsform weist der erste Gehäuseabschnitts 64 die Form eines Bolzens auf mit einem Kopf 74 und einem Zapfen 76. Eine äußere Mantelfläche 78 des Kopfes 74 und eine äußere Mantelfläche 80 des Zapfens 76 sind jeweils eben bzw. gerade ausgebildet. Der zweite Gehäuseabschnitt 62 der Gehäusehülse 52 ist zum ersten Gehäuseabschnitt 64 komplementär ausgebildet mit einer ebenfalls geraden inneren Mantelfläche 82 bzw. 84.

Die äußere Mantelfläche 78 des ersten Gehäuseabschnitts 64 ist gegenüber der inneren Mantelfläche 82 des zweiten Gehäuseabschnitts 62 vorliegend beispielhaft im Gleitsitz ausgeführt. Ebenso ist die äußere Mantelfläche 80 des ersten Gehäuseabschnitts 64 gegenüber der inneren Mantelfläche 84 des

zweiten Gehäuseabschnitts 62 vorliegend beispielhaft im Gleitsitz ausgeführt.

Der erste Gehäuseabschnitt 64 ist mit dem zweiten Gehäuseabschnitt 62

fluiddicht und stoffschlüssig vorliegend beispielhaft durch eine in

Umfangsrichtung umlaufende und durchgehende Schweißnaht 86 verbunden.

5 Die Schweißnaht 86 ist dabei vorliegend beispielhaft in einem axialen Endbereich 88 bzw. 90 des ersten Gehäuseabschnitts 64 bzw. des zweiten Gehäuseabschnitts 62 hergestellt.

Bei der Herstellung des Proportionalregelventils 32 wird zunächst der erste

10 Gehäuseabschnitt 64 in den zweiten Gehäuseabschnitt 62 kraftgesteuert

eingeführt, um so eine gewünschte Federvorspannung der Ventildfeder 66

einzustellen. Hat der erste Gehäuseabschnitt 64 jene Position erreicht, in der die gewünschte Federvorspannung der Ventildfeder 66 vorliegt, wird die Schweißnaht

86 hergestellt und hierdurch der erste Gehäuseabschnitt 64 mit dem zweiten

15 Gehäuseabschnitt 62 fluiddicht und stoffschlüssig verbunden.

Bei einer vorliegend nicht gezeigten Ausführungsform, die jedoch in der

Zeichnung nicht anders aussehen würde als die in den Figuren 2 und 3 gezeigte

Ausführungsform, ist der Kopf 74 mit seiner äußeren Mantelfläche 78 in die

20 innere Mantelfläche 82 eingepresst, also in jener Position, in der die gewünschte Federvorspannung der Ventildfeder 66 vorliegt, im Presssitz gehalten.

Bei der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform ist zwischen der äußeren

Mantelfläche 78 des Kopfes 74 des ersten Gehäuseabschnitts und der inneren

25 Mantelfläche 82 des zweiten Gehäuseabschnitts 62 eine geringer Spalt

vorhanden, der nach dem Einstellen der Federvorspannung der Ventildfeder 66

durch eine in Umfangsrichtung durchgehende Verklebung 92 aufgefüllt wird,

durch die der erste Gehäuseabschnitt 64 ebenfalls fluiddicht und stoffschlüssig

mit dem zweiten Gehäuseabschnitt 62 verbunden wird. Somit wird bei dieser

30 Ausführungsform die stoffschlüssige Verbindung in einem Bereich hergestellt, welcher in radialer Richtung gesehen zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt 64 und dem zweiten Gehäuseabschnitt 62 angeordnet ist.

Bei einer vorliegend nicht gezeigten Ausführungsform, die jedoch in der

35 Zeichnung nicht anders aussehen würde als die in Figur 4 gezeigte

Ausführungsform, wird die stoffschlüssige Verbindung zwischen dem ersten

Gehäuseabschnitt 64 und dem zweiten Gehäuseabschnitt 62 ebenfalls durch Schweißen, beispielsweise Widerstandsschweißen, hergestellt.

5 Die in Figur 5 gezeigte Ausführungsform ist ähnlich zu jener der Figuren 2 und 3. Allerdings ist in der äußeren Mantelfläche 78 des Kopfes 74 des ersten Gehäuseabschnitts 64 ein Gewinde 94 vorhanden, und in der inneren Mantelfläche 82 des zweiten Gehäuseabschnitts 62 ist ein hierzu komplementäres Gewinde (ohne Bezugszeichen) vorhanden. Der erste Gehäuseabschnitt 64 ist daher in den zweiten Gehäuseabschnitt 62 der Gehäusehülse 52 eingeschraubt bzw. mit diesem verschraubt.

10

Es versteht sich, dass bei nicht gezeigten Ausführungsformen unterschiedliche Arten der stoffschlüssigen Verbindung zwischen erstem Gehäuseabschnitt und zweitem Gehäuseabschnitt miteinander kombiniert werden können. Ferner versteht sich, dass bei nicht gezeigten Ausführungsformen das Proportionalregelventil nicht in einem Brennstoffversorgungssystem einer Brennkraftmaschine, sondern in einem Brennstoffversorgungssystem eines Brennstoffzellensystems eingesetzt werden könnte.

15

5 Ansprüche

1. Proportionalregelventil (32) zum Steuern eines gasförmigen Brennstoffs, insbesondere Wasserstoff, in einem Brennstoffversorgungssystem (10) einer Brennkraftmaschine oder in einem Brennstoffzellensystem, mit einem
10 Ventilelement (58), einer Ventildfeder (66) und einem ersten Gehäuseabschnitt (64), wobei die Ventildfeder (66) zwischen dem Ventilelement (58) und dem ersten Gehäuseabschnitt (64) verspannt ist, und wobei der erste Gehäuseabschnitt (64) zur Einstellung einer
15 Federvorspannung wenigstens anfänglich gegenüber einem zweiten Gehäuseabschnitt (62) beweglich ist, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Gehäuseabschnitt (64) mit dem zweiten Gehäuseabschnitt (62) fluiddicht und stoffschlüssig (86; 92) verbunden ist.
2. Proportionalregelventil (32) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
20 der erste Gehäuseabschnitt (64) mit dem zweiten Gehäuseabschnitt (62) fluiddicht und stoffschlüssig durch Schweißen (86), Löten oder Kleben (92) stoffschlüssig verbunden ist.
3. Proportionalregelventil (32) nach wenigstens einem der vorhergehenden
25 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die stoffschlüssige Verbindung in einem Bereich hergestellt wird, welcher in radialer Richtung gesehen zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt (64) und dem zweiten Gehäuseabschnitt (62) angeordnet ist.
4. Proportionalregelventil (32) nach wenigstens einem der vorhergehenden
30 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die stoffschlüssige Verbindung in einem axialen Endbereich (88) des ersten Gehäuseabschnitts (64) hergestellt wird.

5. Proportionalregelventil (32) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Gehäuseabschnitt (64) mit dem zweiten Gehäuseabschnitt (62) verschraubt ist.
- 5 6. Proportionalregelventil (32) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Gehäuseabschnitt (64) in den zweiten Gehäuseabschnitt (62) eingepresst ist.
- 10 7. Druckregleinheit (30) in einem Brennstoffversorgungssystem (10) einer Brennkraftmaschine zur Druckregelung eines gasförmigen Brennstoffs, insbesondere Wasserstoff, dadurch gekennzeichnet, dass sie mindestens ein Proportionalregelventil (32) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.
- 15 8. Brennstoffversorgungssystem (10) zur Versorgung einer Brennkraftmaschine oder eines Brennstoffzellensystem mit gasförmigem Brennstoff, insbesondere Wasserstoff, umfassend einen Brennstoffspeicher (12), mindestens ein Proportionalregelventil (32) und einen stromabwärts von dem Proportionalregelventil (32) angeordneten Verbraucher, dadurch
20 gekennzeichnet, dass das Proportionalregelventil (32) nach wenigstens einem der Ansprüche 1-6 ausgebildet ist.

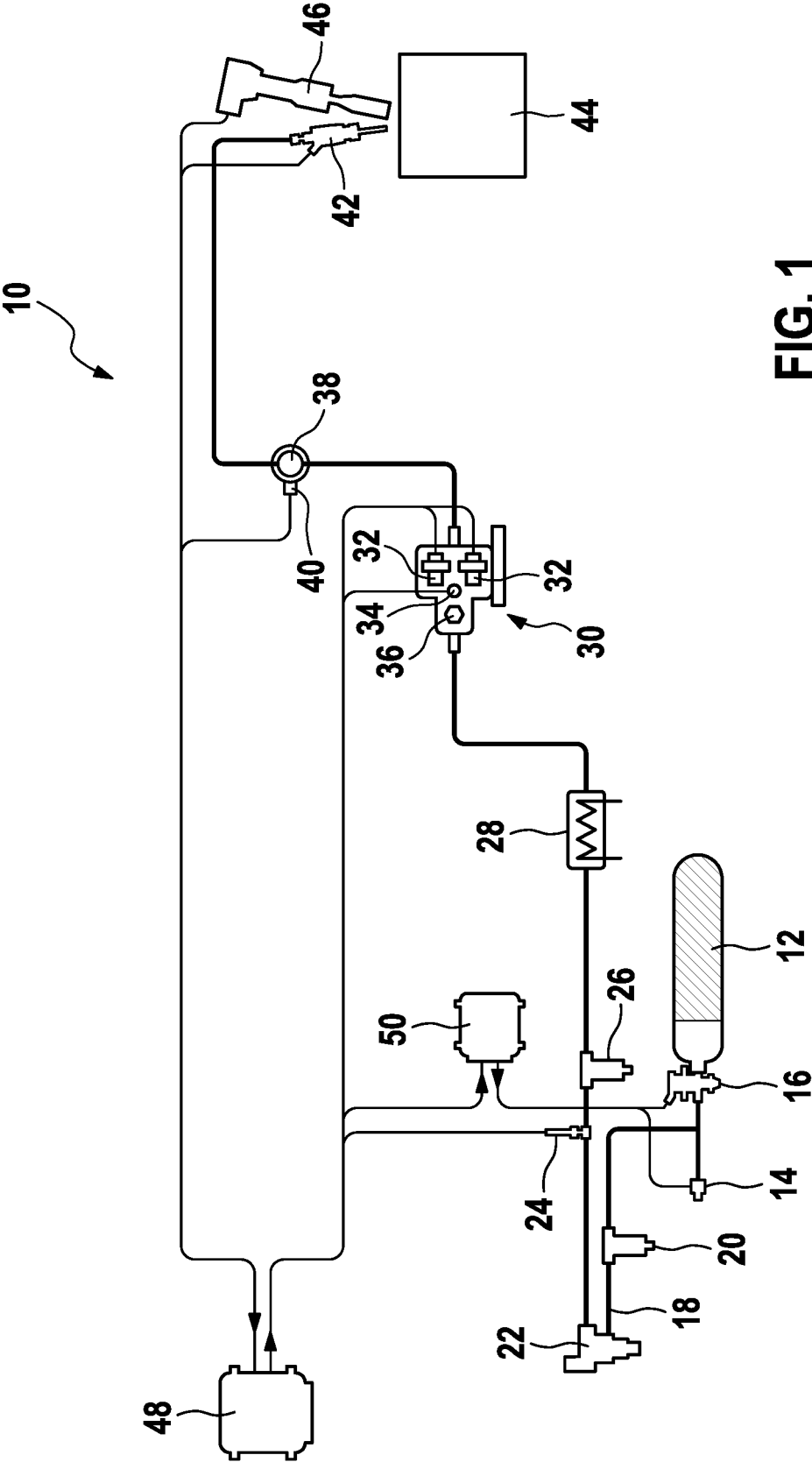


FIG. 1

2 / 5

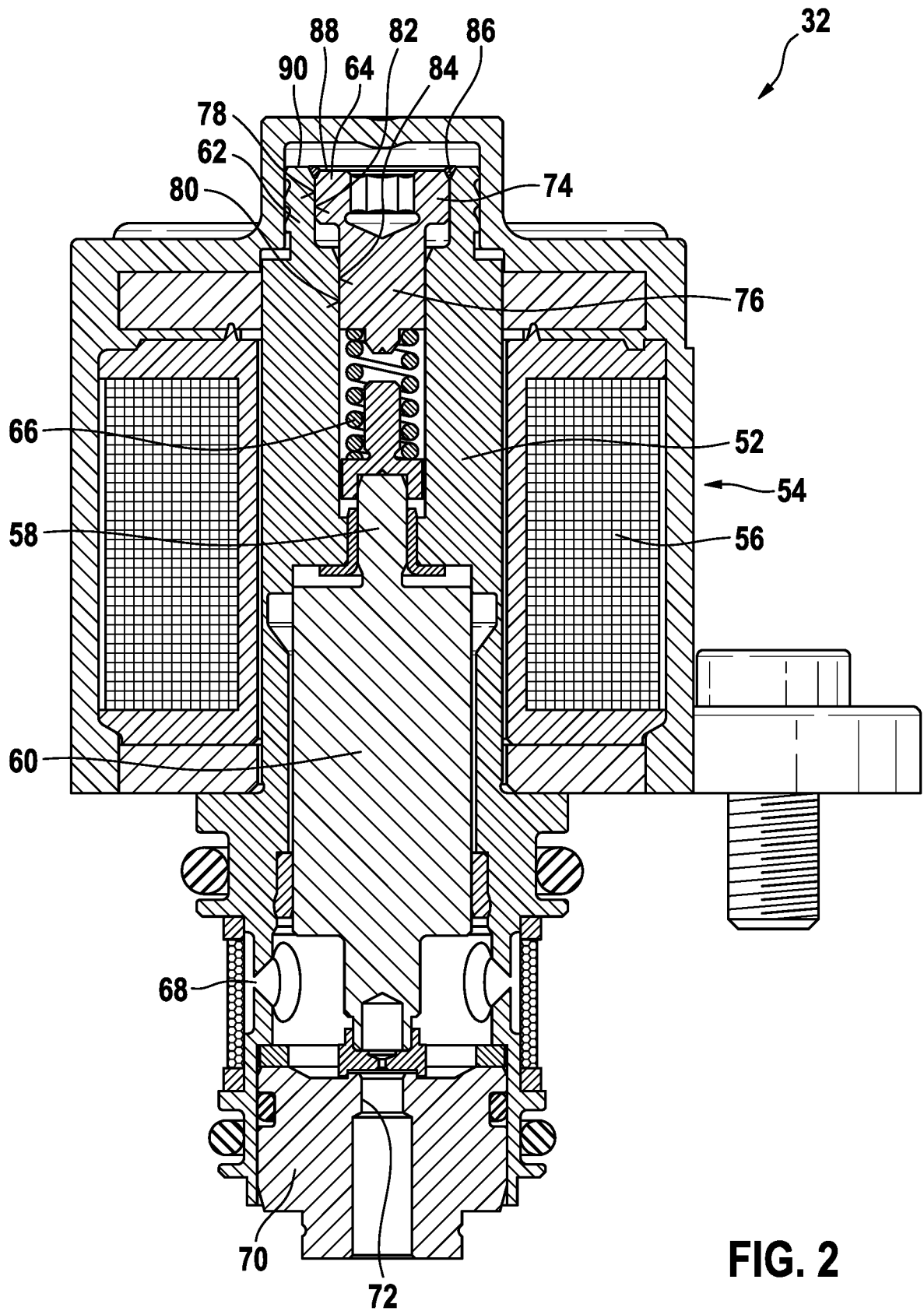


FIG. 2

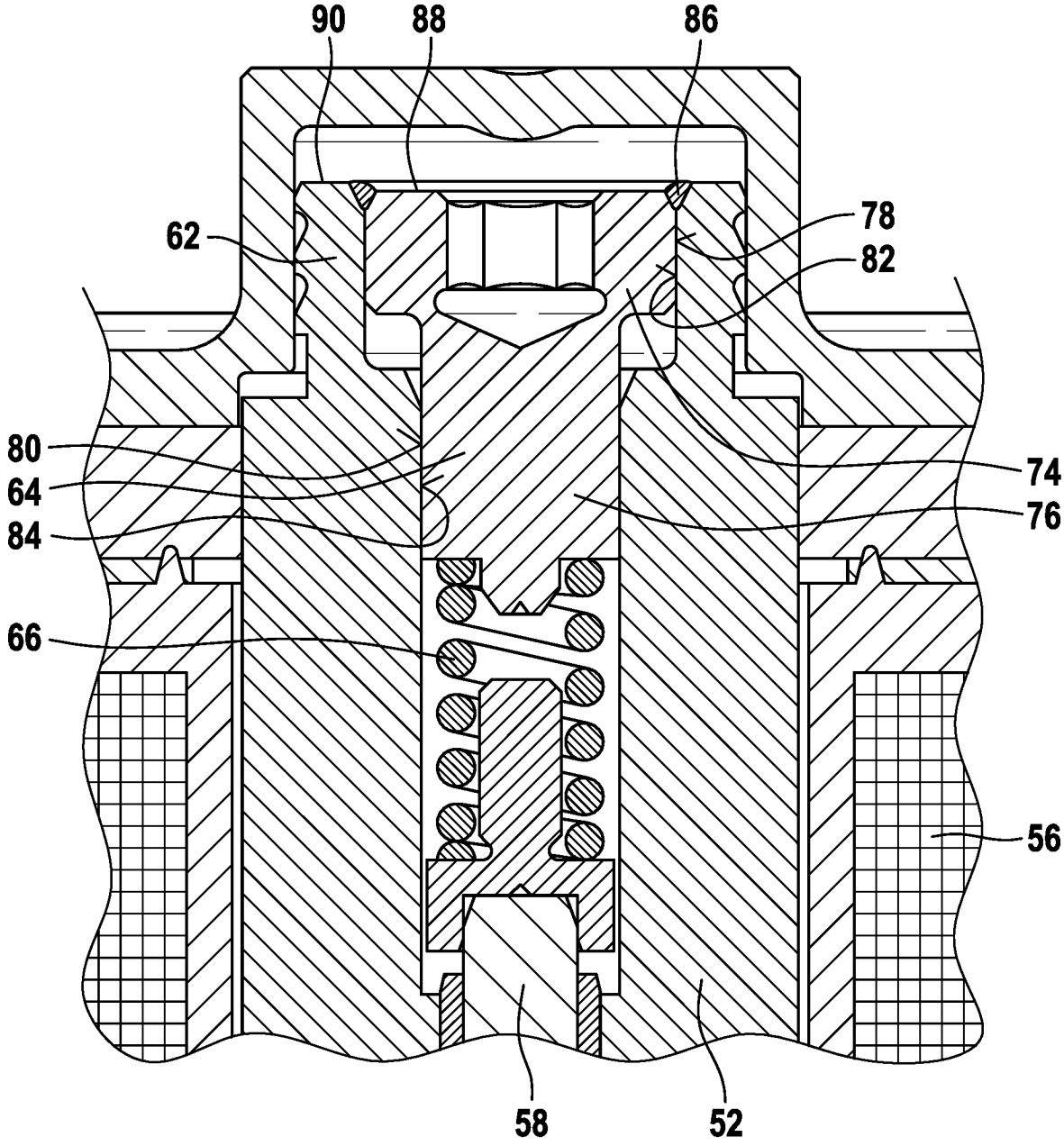


FIG. 3

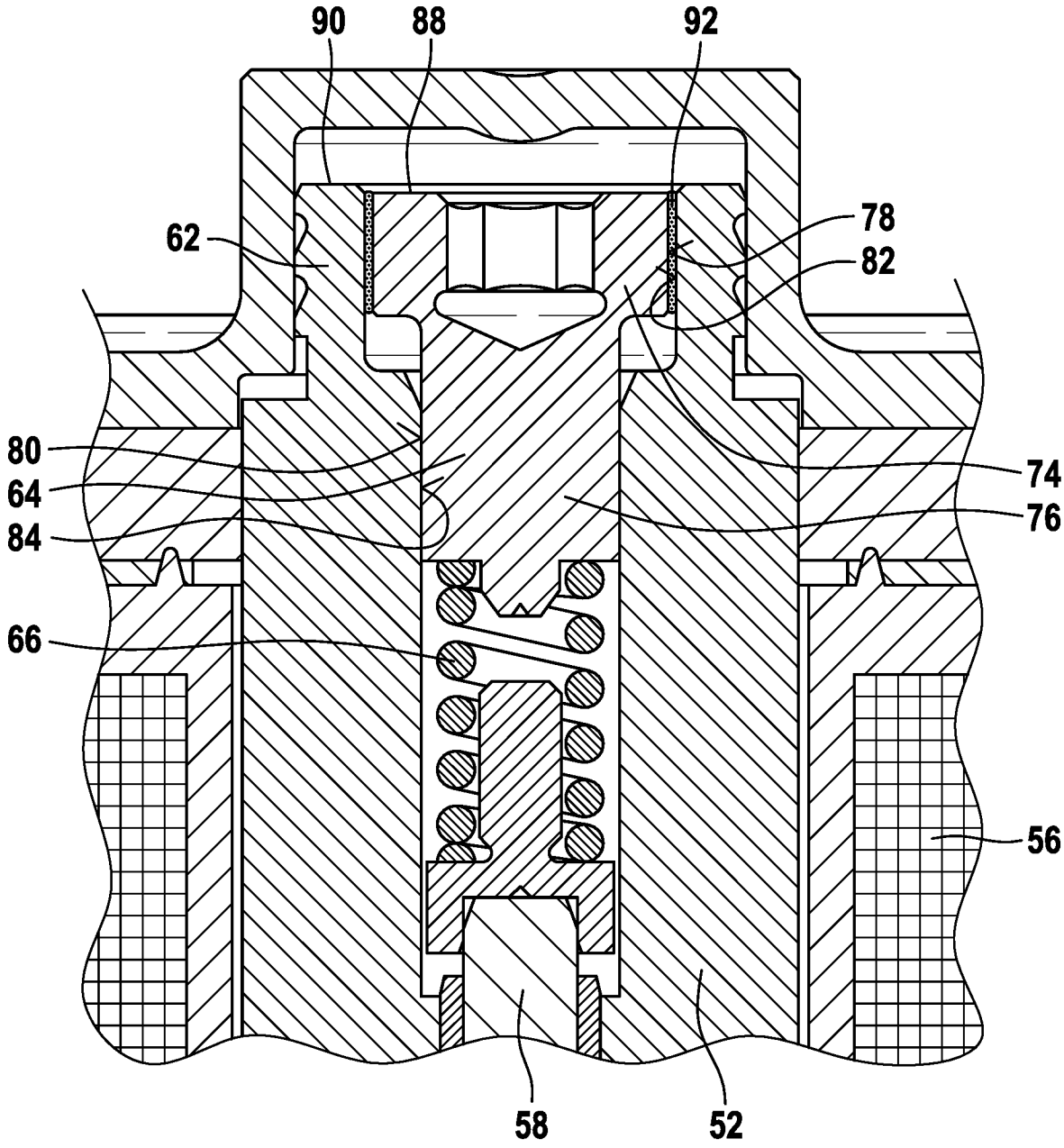


FIG. 4

5 / 5

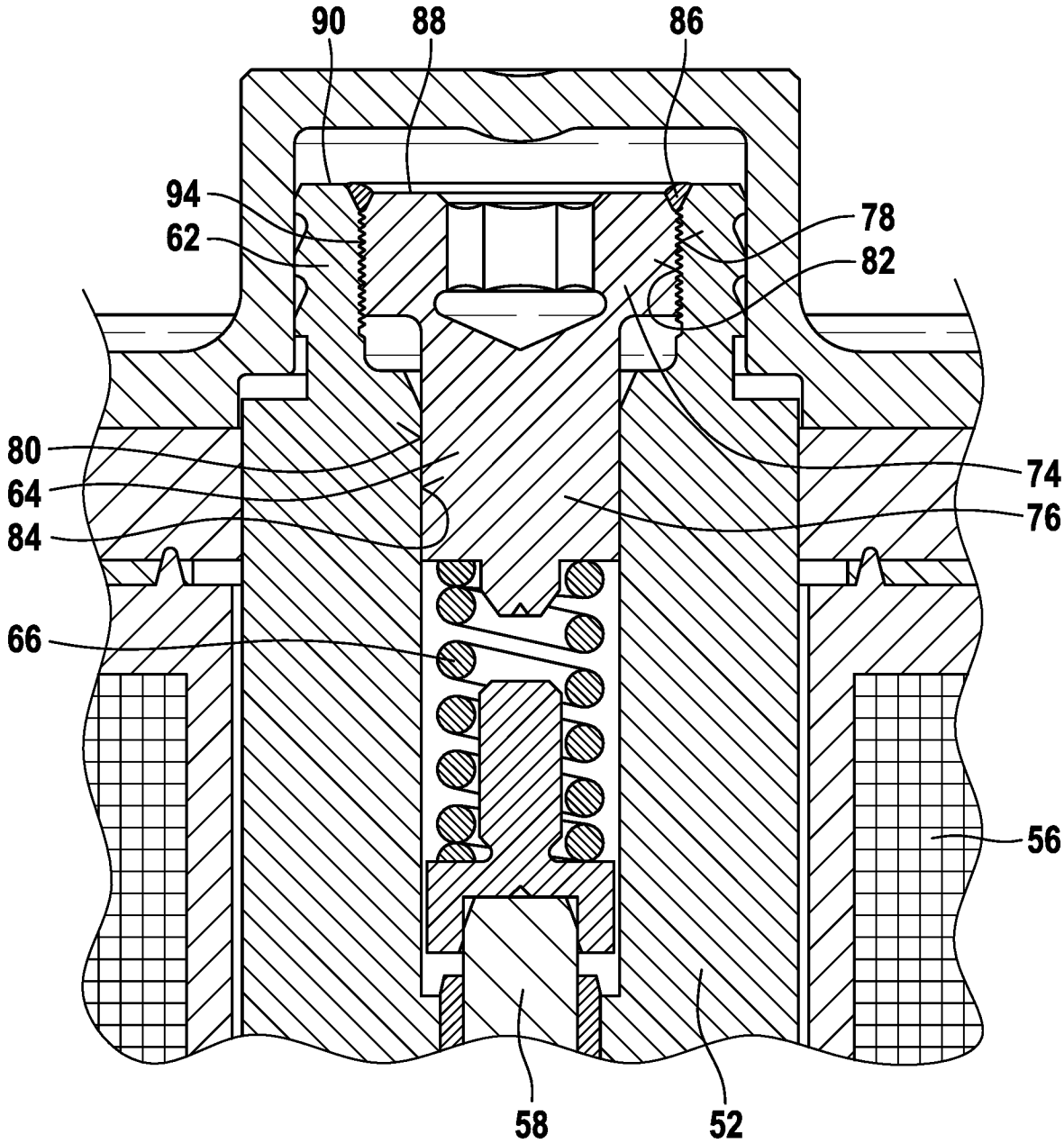


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/057214

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F02M 21/02 (2006.01)i 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 practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP H08334182 A (ITT) 17 December 1996 (1996-12-17) Summary figures 5, 6 paragraph [0013] - paragraph [0043]	1-5,7,8
X	US 5735309 A (KARINIEMI DEAN ALBERT [US] ET AL) 07 April 1998 (1998-04-07) abstract figure 1 columns 5, 6	1, 3, 4, 7, 8
X	DE 102016004997 A1 (CATERPILLAR INC [US]) 03 November 2016 (2016-11-03) Summary figures 3-6 paragraph [0024] - paragraph [0037]	1-4,6-8
X	US 2004231726 A1 (NAKAJIMA YOJI [JP] ET AL) 25 November 2004 (2004-11-25) abstract figure 6 paragraph [0068] - paragraph [0092]	1, 3-5, 7, 8
☒ 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 application or patent 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 14 May 2024		Date of mailing of the international search report 12 June 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Juvenelle, Cyril Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/057214

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102010043614 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10 May 2012 (2012-05-10) abstract figure 1 paragraph [0014] - paragraph [0021]	1, 3-5, 7, 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/057214

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	H08334182	A	17 December 1996	CA	2147061	A1	22 October 1995
				DE	69506310	T2	24 June 1999
				EP	0678798	A2	25 October 1995
				JP	2672276	B2	05 November 1997
				JP	H08334182	A	17 December 1996
				US	5443083	A	22 August 1995

US	5735309	A	07 April 1998	AT	E206216	T1	15 October 2001
				CA	2197514	A1	30 October 1997
				DE	69706914	T2	28 March 2002
				EP	0805384	A2	05 November 1997
				EP	1087281	A1	28 March 2001
				JP	H1061500	A	03 March 1998
				KR	970070972	A	07 November 1997
				US	5735309	A	07 April 1998

DE	102016004997	A1	03 November 2016	CN	205477982	U	17 August 2016
				DE	102016004997	A1	03 November 2016
				US	2016319788	A1	03 November 2016

US	2004231726	A1	25 November 2004	JP	3933563	B2	20 June 2007
				JP	2004185052	A	02 July 2004
				US	2004231726	A1	25 November 2004

DE	102010043614	A1	10 May 2012	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02M21/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE 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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP H08 334182 A (ITT) 17. Dezember 1996 (1996-12-17) Zusammenfassung Abbildungen 5, 6 Absatz [0013] - Absatz [0043] -----	1 - 5, 7, 8
X	US 5 735 309 A (KARINIEMI DEAN ALBERT [US] ET AL) 7. April 1998 (1998-04-07) Zusammenfassung Abbildung 1 Spalten 5, 6 -----	1, 3, 4, 7, 8
X	DE 10 2016 004997 A1 (CATERPILLAR INC [US]) 3. November 2016 (2016-11-03) Zusammenfassung Abbildungen 3-6 Absatz [0024] - Absatz [0037] ----- - / - -	1 - 4, 6 - 8
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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 14. Mai 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 12/06/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Juvenelle, Cyril

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2004/231726 A1 (NAKAJIMA YOJI [JP] ET AL) 25. November 2004 (2004-11-25) Zusammenfassung Abbildung 6 Absatz [0068] - Absatz [0092] -----	1,3-5,7,8
X	DE 10 2010 043614 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10. Mai 2012 (2012-05-10) Zusammenfassung Abbildung 1 Absatz [0014] - Absatz [0021] -----	1,3-5,7,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/057214

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP H08334182	A	17-12-1996	CA	2147061 A1		22-10-1995
			DE	69506310 T2		24-06-1999
			EP	0678798 A2		25-10-1995
			JP	2672276 B2		05-11-1997
			JP	H08334182 A		17-12-1996
			US	5443083 A		22-08-1995

US 5735309	A	07-04-1998	AT	E206216 T1		15-10-2001
			CA	2197514 A1		30-10-1997
			DE	69706914 T2		28-03-2002
			EP	0805384 A2		05-11-1997
			EP	1087281 A1		28-03-2001
			JP	H1061500 A		03-03-1998
			KR	970070972 A		07-11-1997
			US	5735309 A		07-04-1998

DE 102016004997 A1		03-11-2016	CN	205477982 U		17-08-2016
			DE 102016004997	A1		03-11-2016
			US	2016319788 A1		03-11-2016

US 2004231726	A1	25-11-2004	JP	3933563 B2		20-06-2007
			JP	2004185052 A		02-07-2004
			US	2004231726 A1		25-11-2004

DE 102010043614 A1		10-05-2012	KEINE			
