

(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
30. September 2021 (30.09.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/190890 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16K 31/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/055320

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. März 2021 (03.03.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 203 700.0
23. März 2020 (23.03.2020) DE

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

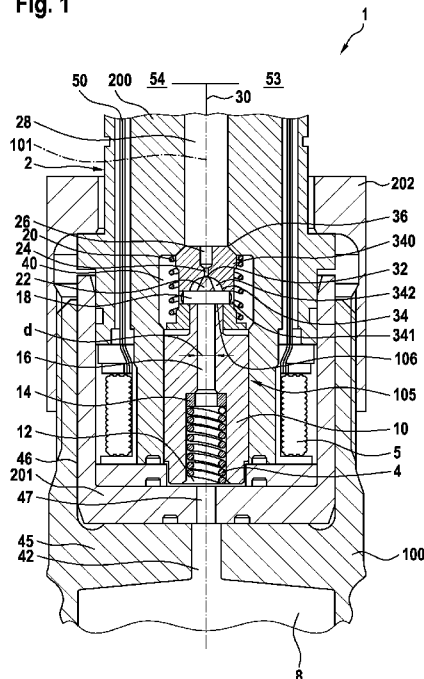
(72) **Erfinder:** **RAU, Andreas**; Hohewartstr. 140, 70469 Stuttgart (DE). **HAHN, Joerg**; Beutelsbacher Str. 40, 71384 Weinstadt (DE). **SCHAICH, Udo**; Moewenweg 51, 70378 Stuttgart (DE). **STIEBER, Marco**; Lilo-Herrmann-Ring 25, 71665 Vaihingen An Der Enz (DE).

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,

(54) **Title:** VALVE DEVICE FOR A FUEL CELL SYSTEM AND TANK DEVICE FOR STORING A GASEOUS MEDIUM

(54) **Bezeichnung:** VENTILVORRICHTUNG FÜR EIN BRENNSTOFFZELLENSYSTEM UND TANKVORRICHTUNG ZUR
SPEICHERUNG EINES GASFÖRMIGEN MEDIUMS

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a valve device for a fuel cell system that has a valve housing, in which valve housing a pilot valve element which is movable along a longitudinal axis of the valve device is located, which pilot valve element interacts with a first seal seat to open and close a connection opening and thus forms a pilot valve. The valve device comprises a solenoid, by means of which solenoid the pilot valve element can be moved along the longitudinal axis, a main valve element being located in the valve housing, which main valve element interacts with a second seal seat to open and close a main opening and thus forms a main valve. Furthermore, the main valve element has transverse bores and the pilot valve element has transverse bores, which transverse bores of the pilot valve element open into the transverse bores of the main valve element, an entraining element being located in one of the transverse bores of the pilot valve element and in one of the transverse bores of the main valve element.

(57) **Zusammenfassung:** Ventilvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem mit einem Ventilgehäuse, in welchem Ventilgehäuse ein entlang einer Längsachse der Ventilvorrichtung bewegliches Vorsteuerventilelement angeordnet ist, welches Vorsteuerventilelement zum Öffnen und Schließen einer Verbindungsöffnung mit einem ersten Dichtsitz zusammenwirkt und so ein Vorsteuerventil ausbildet. Die Ventilvorrichtung umfasst eine Magnetspule, durch welche Magnetspule das Vorsteuerventilelement entlang der Längsachse bewegbar ist, wobei in dem Ventilgehäuse ein Hauptventilelement angeordnet ist, welches Hauptventilelement zum Öffnen und Schließen einer Hauptöffnung mit einem zweiten Dichtsitz zusammenwirkt und so ein Hauptventil ausbildet. Darüber hinaus weist das Hauptventilelement Querbohrungen auf und das Vorsteuerventilelement weist Querbohrungen auf, welche Querbohrungen des Vorsteuerventilelements in die Querbohrungen des Hauptventilelements

WO 2021/190890 A1

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, 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)

Beschreibung

5

**VENTILVORRICHTUNG FÜR EIN BRENNSTOFFZELLENSYSTEM
UND TANKVORRICHTUNG ZUR SPEICHERUNG EINES GASFÖRMIGEN MEDIUMS**

10

Die Erfindung betrifft eine Ventilvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem und eine Tankvorrichtung für einen Brennstoffzellentank, insbesondere zur Speicherung von Wasserstoff, beispielsweise zur Anwendung in Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb.

Stand der Technik

15

Die DE 10 2018 201 055 A1 beschreibt eine Tankvorrichtung mit mindestens zwei Speichereinheiten, welche jeweils ein Steuerventil aufweisen, und welche über ein Leitungssystem mit einer Ausgangsleitung verbunden sind. Dabei ist mindestens ein Steuerventil mindestens einer Speichereinheit als Hauptventil ausgebildet, und mindestens ein Steuerventil mindestens einer Speichereinheit ist als Nebenventil ausgebildet, wobei das Hauptventil und das Nebenventil unterschiedlich ausgebildet sind.

20

25

Die Sicherheitsvorrichtungen für solch eine Tankvorrichtung sind normiert. Dabei muss jede Tankvorrichtung solch ein Absperrventil aufweisen. So kann das Absperrventil bei einer Beschädigung der Tankvorrichtung hervorgerufen durch einen Unfall des Fahrzeugs mit Brennstoffzellenantrieb oder bei einem Bruch einer Leitung der Tankvorrichtung die Tankbehälter verschließen, so dass kein Gas aus der Tankvorrichtung austreten kann.

30

Aufgrund der hohen Sicherheitsanforderungen an die Absperrventile und aufgrund hoher Systemdrücke von beispielsweise 800 bar oder mehr sind solche Absperrventile konstruktiv sehr herausfordernd und weisen einen großen Bau- raum auf. Dies erhöht wiederum das Gesamtgewicht der gesamten Tankvorrichtung, was im Falle eines Unfalls des Fahrzeugs mit Brennstoffzellenantrieb zu

hohen auftretenden Beschleunigungskräften und möglichen Verformungen der Ventilvorrichtung oder der Tankvorrichtung führen kann.

5 Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Ventilvorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass in konstruktiv einfacher Weise ein kompakt ausgelegtes Sicherheitsventil mit positiver Energiebilanz und Einhaltung aller sicherheitsrelevanten Kriterien erzielt wird.

Dazu weist die Ventilvorrichtung für ein Brennstoffzellensystem ein Ventilgehäuse auf, in dem ein entlang einer Längsachse der Ventilvorrichtung bewegliches Vorsteuerventilelement angeordnet ist. Das Vorsteuerventilelement wirkt zum Öffnen und Schließen einer Verbindungsöffnung mit einem ersten Dichtsitz zusammen und bildet so ein Vorsteuerventil aus. Außerdem umfasst die Ventilvorrichtung eine Magnetspule, durch die das Vorsteuerventilelement entlang der Längsachse bewegbar ist. Weiterhin ist in dem Ventilgehäuse ein Hauptventilelement angeordnet, welches zum Öffnen und Schließen einer Hauptöffnung mit einem zweiten Dichtsitz zusammenwirkt und so ein Hauptventil ausbildet. Darüber hinaus weist das Hauptventilelement Querbohrungen auf und das Vorsteuerventilelement weist Querbohrungen auf, welche Querbohrungen des Vorsteuerventilelements in die Querbohrungen des Hauptventilelements mündet. Dabei ist in eine der Querbohrungen des Vorsteuerventilelements und in eine der Querbohrungen des Hauptventilelements ein Mitnehmerelement angeordnet.

So kann in einfacher Weise die Effizienz und die Funktionsweise der Ventilvorrichtung bei gleichzeitiger Kostenersparnis durch Minimierung der notwendigen magnetischen Kräfte für die Öffnung der Ventilvorrichtung optimiert werden. Weiterhin wird durch optimale Auslegung des magnetischen Flusses aufgrund optimierter Materialwahl, der Querschnittsdimensionierungen und der Gestaltung der Oberflächenstrukturen der Ventilvorrichtung der Magnetkreis verbessert und so eine kompakte und kostengünstige Ventilvorrichtung erzielt.

In erster vorteilhafter Weiterbildung ist es vorgesehen, dass das Mitnehmerelement stiftförmig ausgebildet ist.

5 In vorteilhafter Weiterbildung ist es vorgesehen, dass das Mitnehmerelement mehrteilig ausgebildet ist und zwei Kugeln aufweist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass das Mitnehmerelement im Querschnitt elliptisch oder kreiszylinderförmig oder polygonisch ausgebildet ist.

10 Die geometrische Gestaltung des Mitnehmerelements wird entsprechend der geforderten Funktionen angepasst, so dass eine optimale Funktionsweise der gesamten Ventilvorrichtung erzielt wird.

15 In vorteilhafter Weiterbildung ist es vorgesehen, dass das Vorsteuerventilelement ein kuppenförmiges Ende aufweist, welches kuppenförmige Ende in einem kuppenförmigen Raum angeordnet ist, wobei der kuppenförmige Raum von dem Hauptventilelement und dem Mitnehmerelement begrenzt wird. Durch diese geometrische Ausformung wird eine optimale Funktionsweise der Ventilvorrichtung begünstigt.

20 In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass in der Ventilvorrichtung ein Steuerraum ausgebildet ist, in welchem Steuerraum das Hauptventilelement angeordnet ist und in welchem Steuerraum eine Feder angeordnet ist, welche Feder das Hauptventilelement mit einer Kraft in Richtung des Vorsteuerventilelements beaufschlagt.

25

In vorteilhafter Weiterbildung weist das Vorsteuerventilelement eine Öffnung auf, in welcher Öffnung eine Feder angeordnet ist, welche Feder das Vorsteuerventilelement mit einer Kraft in Richtung des ersten Dichtsitzes und welche Feder das

Hauptventilelement mit einer Kraft in Richtung des zweiten Dichtsitzes beaufschlagt.

5 In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorteilhaft vorgesehen, dass die Öffnung in die Querborenungen des Vorsteuerventilelements mündet und das Mitnehmerelement zumindest teilweise in der Öffnung angeordnet ist. So wird ein kompakter Aufbau der Ventilvorrichtung erzielt.

10 In vorteilhafter Weiterbildung ist es vorgesehen, dass in der Verbindungsöffnung eine Drossel in Form einer Verengung der Verbindungsöffnung angeordnet ist und die Verbindungsöffnung in eine in dem Ventilgehäuse ausgebildete Hauptöffnung mündet. Die Verbindungsöffnung und die Hauptöffnung sind zylinderförmig ausgebildet und ein Durchmesser der Hauptöffnung ist größer als ein Durchmesser der Verbindungsöffnung. So kann der Fluss des gasförmigen Mediums in einfacher Weise gesteuert werden. Weiterhin wird eine schnelle und effiziente Öffnung der gesamten Ventilvorrichtung ermöglicht, da nur geringe magnetische Kräfte für die Öffnung notwendig sind.

20 Die beschriebene Ventilvorrichtung eignet sich vorzugsweise in einer Tankvorrichtung zur Speicherung eines gasförmigen Mediums, insbesondere Wasserstoff. Dabei weist die Tankvorrichtung einen Tankinnenraum auf, der mittels der Ventilvorrichtung und mittels einer Zulaufleitung mit einem Anodenbereich eines Brennstoffzellensystems verbindbar ist.

25 In vorteilhafter Weiterbildung ist es vorgesehen, dass die Ventilvorrichtung einen Ventilgehäusetopf aufweist, welcher Ventilgehäusetopf fest mit dem Ventilgehäuse verbunden ist und welcher Ventilgehäusetopf in einem Halsbereich der Tankvorrichtung angeordnet und gegen einen Tankboden innerhalb des Halsbereichs gepresst ist.

30 Aufgrund der konstruktiven Auslegung der Ventilvorrichtung innerhalb des Halsbereichs wird eine geringere Druckangriffsfläche erzielt, was geringere axiale

Druckkräfte zur Folge hat. Bei hohen Drücken stellen geringere Druckangriffsflächen eine hohe Entlastung bezüglich Bauteilbelastungen dar, was sich in geringeren Verformungen, weniger Verschleiß und Dichtheitseinflüssen und einer erhöhten Lebensdauer der gesamten Tankvorrichtung und der Ventilvorrichtung widerspiegelt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorteilhaft vorgesehen, dass in dem Tankboden und in dem Ventilgehäusetopf eine Durchgangsöffnung ausgebildet ist, welche Durchgangsöffnung in die Öffnung des Vorsteuerventilelements mündet. So kann das Innere der Ventilvorrichtung in einfacher Weise mit einem Tankinnenraum der Tankvorrichtung verbunden werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Tankinnenraum mittels der Ventilvorrichtung und mittels der Zulaufleitung mit einer Tankstelle verbindbar ist. Somit kann in konstruktiv einfacher Weise der Tankinnenraum über dieselbe Ventilvorrichtung und dieselbe Zulaufleitung mit Wasserstoff befüllt werden wie dieser dem Anodenbereich des Brennstoffzellensystems zur Verfügung gestellt wird.

Die beschriebene Tankvorrichtung eignet sich vorzugsweise in einem Brennstoffzellensystem zur Speicherung von Wasserstoff für den Betrieb einer Brennstoffzelle.

Die beschriebene Tankvorrichtung zur Speicherung von Wasserstoff für den Betrieb einer Brennstoffzelle eignet sich weiterhin vorteilhaft in einem brennstoffzellenbetriebenen Fahrzeug.

Zeichnungen

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Tankvorrichtung zur Speicherung eines gasförmigen Mediums, insbesondere Wasserstoff, und Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Ventilvorrichtung dargestellt. Es zeigt in

- Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Tankvorrichtung mit einer erfindungsgemäßen Ventilvorrichtung im Längsschnitt,
- Fig. 2a eine vergrößerte Ansicht des Ausführungsbeispiels aus der Fig. 1,
- 5 Fig. 2b eine vergrößerte Ansicht im Bereich des Mitnehmerelements aus der Fig. 2a,
- Fig. 2c eine Querschnittansicht des Mitnehmerelements in elliptischer Form,
- Fig. 2d eine Querschnittansicht des Mitnehmerelements in kreiszylinderförmiger Form,
- 10 Fig. 2e eine Querschnittansicht des Mitnehmerelements in polygoner Form,
- Fig. 3a eine vergrößerte Ansicht im Bereich des Mitnehmerelements aus der Fig. 1 mit einem mehrteiligen kugelförmigen Mitnehmerelement,
- Fig. 3b eine vergrößerte Ansicht im Bereich des Mitnehmerelements aus der Fig. 1 mit einem mehrteiligen kugelförmigen Mitnehmerelement und einer Feder.
- 15

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

20

Fig.1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Tankvorrichtung 1 mit einer erfindungsgemäßen Ventilvorrichtung 2 mit einer Längsachse 101 im Längsschnitt. Die Tankvorrichtung 1 weist ein Tankgehäuse 100 auf, das einen Halsbereich 46 aufweist, welcher über einen Öffnungskanal 42 in einen Tankinnenraum 8 mündet. Dabei ist der Öffnungskanal 42 in einem Tankboden 45 der Tankvorrichtung 1 ausgebildet, welcher den Halsbereich 46 von dem Tankinnenraum 8 trennt.

25

30

Die Ventilvorrichtung 2 ist in dem Halsbereich 46 der Tankvorrichtung 1 angeordnet. Dabei weist die Ventilvorrichtung 2 ein Ventilgehäuse 200 und ein Ventilgehäusetopf 201 auf, mit welchem Ventilgehäusetopf 201 die Ventilvorrichtung 2 in dem Halsbereich 46 eingebettet ist und an dem Tankboden 45 anliegt. Der Ven-

tilgehäusetopf 201 weist eine Durchgangsöffnung 47 auf, welche in den Öffnungskanal 42 mündet. Das Ventilgehäuse 200 und das Tankgehäuse 100 sind dabei mittels Verschraubungselementen 202 fest miteinander verbunden.

5 In der Ventilvorrichtung 2 ist ein entlang der Längsachse 101 bewegliches Vorsteuerventilelement 10 angeordnet, welches zusammen mit einem ersten Dichtsitz 32 ein Vorsteuerventil 105 ausbildet. Das Vorsteuerventilelement 10 weist eine zylinderförmige Durchgangsöffnung 16 auf, welche in eine zylinderförmige Öffnung 12 übergeht, wobei der Durchmesser D der Öffnung 12 größer ist als der
10 Durchmesser d der Durchgangsöffnung 16. Die Öffnung 12 mündet außerdem in die Durchgangsöffnung 47.

In einer Querbohrung 106 des Vorsteuerventilelements 10 ist ein stiftförmig ausgebildetes Mitnehmerelement 18 angeordnet, wie in **Fig.2a** in einer vergrößerten
15 Darstellung des Ausführungsbeispiels aus der **Fig.1** gezeigt. Ein der Öffnung 12 abgewandtes Ende 22 des Vorsteuerventilelements 10 ist kuppenförmig ausgebildet. Weiterhin weist das Vorsteuerventilelement 10, wie in **Fig.2b** gezeigt, weitere Querbohrungen 107 auf, um einen Durchfluss des gasförmigen Mediums zu gewährleisten.

20 Weiterhin kann, wie in den **Fig.2c**, **Fig.2d** und **Fig.2e** gezeigt, das Mitnehmerelement 18 im Querschnitt auch elliptisch 500, kreiszylinderförmig 600 oder polygonisch 700, d.h. als Vieleck, ausgebildet sein.

25 Außerdem ist in der Ventilvorrichtung 2 koaxial zu dem Vorsteuerventilelement 10 ein Hauptventilelement 34 angeordnet, welches zusammen mit einem an dem Ventilgehäuse 200 ausgebildeten zweiten Dichtsitz 36 ein Hauptventil 340 ausbildet. Dabei ist der erste Dichtsitz 32 an dem Hauptventilelement 34 ausgebildet.

30 Das Hauptventilelement 34 weist eine kuppenförmige Öffnung 342 auf, in der das kuppenförmige Ende 22 des Vorsteuerventilelements 32 aufgenommen und geführt ist. Außerdem weist das Hauptventilelement 34 eine Querbohrung 341 auf, welche in die Querbohrung 106 des Vorsteuerventilelements 32 mündet. Dabei

ist auch das Mitnehmerelement 18 teilweise in der Querbohrung 341 des Hauptventilelements 34 angeordnet. Weiterhin weist das Hauptventilelement 34 weitere Querbohrungen 343 auf, um einen Durchfluss des gasförmigen Mediums zu gewährleisten.

5

Darüber hinaus ist in dem Hauptventilelement 34 eine zylinderförmige Verbindungsöffnung 26 mit einer Drossel 24 in Form einer Verengung der Verbindungsöffnung 26 ausgebildet. Dabei wirkt das kuppenförmige Ende 22 des Vorsteuerventilelements 32 mit dem ersten Dichtsitz 32 zum Öffnen und Schließen der Verbindungsöffnung 26 zusammen.

10

Die Verbindungsöffnung 26 mündet in eine in dem Ventilgehäuse 200 der Ventilverrichtung 2 ausgebildeten zylinderförmigen Hauptöffnung 28, welche mit einer Zulaufleitung 30 verbunden ist. Die Zulaufleitung 30 ist beispielsweise mit einem Anodenbereich 53 eines Brennstoffzellensystems verbunden, um eine in dem Brennstoffzellensystem angeordnete Brennstoffzelle mit Wasserstoff zu versorgen.

15

Das Hauptventilelement 34 wirkt zum Öffnen und Schließen der Hauptöffnung 28 mit dem zweiten Dichtsitz 36 zusammen, wobei ein Öffnungsquerschnitt dieser Hauptöffnung 28 in Verbindung mit dem zweiten Dichtsitz 36 größer ist als ein Öffnungsquerschnitt der Verbindungsöffnung 26 in Verbindung mit dem ersten Dichtsitz 32. Denn der Durchmesser der Hauptöffnung 28 ist größer als der Durchmesser der Verbindungsöffnung 26.

20

25

Das Ventilgehäuse 200 und das Hauptventilelement 34 begrenzen einen Steuer-
raum 40, in welchem eine Feder 20 angeordnet ist. Diese Feder 20 stützt sich einerseits an dem Ventilgehäuse 200 und andererseits an dem Hauptventilelement 34 ab und beaufschlagt das Hauptventilelement 34 mit einer Kraft in Richtung des Vorsteuerventilelements 10.

30

Das Vorsteuerventilelement 10 wird mittels einer Feder 4 in der Öffnung 12 mit einer Kraft in Richtung des Hauptventilelements 34 beaufschlagt, so dass das Vorsteuerventilelement 10 auf dem ersten Dichtsitz 32 anliegt. Dabei ist in der

Öffnung 12 ein Einstellelement 14 angeordnet, wodurch die Spannkraft der Feder 4 einstellbar ist.

Weiterhin ist in der Ventilvorrichtung 2 eine Magnetspule 5 angeordnet, welche in der Ventilvorrichtung 2 zur Stromversorgung einen elektrischen Anschluss 50 aufweist. Die Magnetspule 5 bildet zusammen mit dem Vorsteuerventilelement 10 und dem Ventilgehäusetopf 201 einen Elektromagneten 51 aus.

Fig.3a und **Fig.3b** zeigen weitere Ausführungen des Mitnehmerelements 18. Dieses ist hier mehrteilig ausgebildet. Dabei weist das Mitnehmerelement 18 zwei Kugeln 180 auf, die in den Querbohrungen 106, 341 angeordnet sind.

In der Ausführung der **Fig.3a** sind die Kugeln 180 in dem Vorsteuerventilelement 10 eingepresst, da die Kugeln 180 bei der Montage in das Hauptventilelement 34 einrasten und so in dem Vorsteuerventilelement 10 und dem Hauptventilelement 34 fixiert sind.

In der Ausführung der **Fig.3b** ist zusätzlich jeweils eine Feder 181 in der Querbohrung 106 angeordnet, welche sich an einem Absatz 182 der Querbohrung 106 abstützt und die Kugeln 180 in den Querbohrungen 106, 341 vorspannt, da die Kugeln 180 bei der Montage in das Hauptventilelement 34 einrasten und durch die Feder 181 fixiert sind.

Die Funktionsweise der Tankvorrichtung 1 ist wie folgt: Bei einer Bestromung der Magnetspule 5 bildet sich ein magnetisches Feld aus, was zu einer magnetischen Kraftwirkung zwischen dem Vorsteuerventilelement 10 und dem Ventilgehäusetopf 201 führt. Bei ausreichend hoher Magnetkraft hebt das Vorsteuerventilelement 10 von dem ersten Dichtsitz 32 ab und gibt den Öffnungsquerschnitt zwischen dem kuppenförmigen Raum 343 und der Verbindungsöffnung 26 frei. So strömt nun gasförmiges Medium, beispielsweise Wasserstoff, aus dem Tankinnenraum 8 über den Öffnungskanal 42, die Durchgangsöffnung 47, die Öffnung 12 des Vorsteuerventilelements 10, die Durchgangsöffnung 16 und den kuppenförmigen Raum 343 in die Hauptöffnung 28.

Dies führt dazu, dass sich die Hauptöffnung 28 mit gasförmigem Medium füllt und so durch das Drucksystem ein ausgleichendes Druckniveau um das Hauptventilelement 34 aufgebaut wird. Dabei stellt sich mit der Zeit ein Druckniveau ein, welches vergleichbar mit dem Druckniveau am Vorsteuerventilelement 10 ist.

5 Durch die Druckausgeglichenheit des Hauptventilelements 34 wird dieses durch die Kraft der Feder 20 aus dem zweiten Dichtsitz 36 gehoben und öffnet so den großen Öffnungsquerschnitt, eine Verbindung zwischen der Hauptöffnung 28 und dem Steuerraum 40. So strömt nun beispielsweise Wasserstoff zur Versorgung einer Brennstoffzelle in Richtung des Anodenbereichs 53 des Brennstoffzellen-

10 systems.

Sollten sich die ausgleichenden Druckverhältnisse um das Hauptventilelement 34 verändern bzw. sollten diese noch nicht ausgeglichen sein, so kann das Hauptventilelement 34 mit Hilfe des mechanischen Mitnehmerelements 18 kraftschlüssig über das Vorsteuerventilelement 10 zeitversetzt aus dem zweiten Dichtsitz 36

15 definiert gezogen werden.

Wird die Bestromung der Magnetspule 5 unterbrochen, so bricht das magnetische Feld zusammen und es wird eine schließende Kraft auf das Vorsteuerventilelement 10 und das Hauptventilelement 34 durch die Feder 4 und den pneumatischen Druckverhältnissen in der Ventilvorrichtung 2 ausgeübt. Das Vorsteuerventilelement 10 und das Hauptventilelement 34 bewegen sich dadurch wieder in Richtung des ersten Dichtsitzes 32 und des zweiten Dichtsitzes 36 und dichten so wieder die Öffnungsquerschnitte an dem ersten Dichtsitz 32 und dem zweiten

20 Dichtsitz 36 ab. Gasförmiges Medium strömt nun nicht mehr aus der Tankvorrichtung 1 über die Ventilvorrichtung 2 in Richtung des Anodenbereichs 53 des Brennstoffzellensystems.

25

Das Prinzip des selbstständigen Verschließens der Ventilvorrichtung 2 wirkt auch bei einem Notfall, wenn beispielsweise die Stromzufuhr unterbrochen ist. So kann sichergestellt werden, dass der Wasserstoff in der Tankvorrichtung 1 eingeschlossen ist und dieser nicht unkontrolliert in die Umgebung abgegeben wird.

30

Im Betankungsfall wird die Hauptöffnung 28 über eine Tankeinheit mit Druck versorgt. Dabei ist der anstehende Druck in der Hauptöffnung 28 höher als in der Ventilvorrichtung 2 und dem Tankinnenraum 8. Die unterschiedlichen Druckverhältnisse führen dazu, dass das Hauptventilelement 34 aus dem zweiten Dichtsitz 36 gedrückt wird und der große Öffnungsquerschnitt an dem zweiten Dichtsitz 36 freigegeben wird. Der Tankinnenraum 8 kann nun mit Wasserstoff befüllt werden. Wird der Tankvorgang beendet, so gleicht sich der Druck in der Hauptöffnung 28 wieder dem Druck in der Ventilvorrichtung 2 und dem Tankinnenraum 8 an, so dass sich das Hauptventilelement 34, unterstützt durch die Kraft der Feder 4, in Richtung des zweiten Dichtsitzes 36 bewegt und diesen wieder verschließt. Somit kann der Tankinnenraum 8 über die Zulaufleitung 30, welche hier dann an eine Tankstelle 54 angeschlossen wird, über dieselbe Ventilvorrichtung 2 mit Wasserstoff befüllt werden, wie der Wasserstoff für die Brennstoffzelle zur Verfügung gestellt wird.

Die geometrische Form des Mitnehmerelements 18 kann je nach geforderter Funktion erfolgen. Beispielsweise kann der zeitliche Versatz zwischen der Öffnung des ersten Dichtsitzes 32 und der Öffnung des zweiten Dichtsitzes 36 über die Wahl der geometrischen Form und Toleranzauslegungen des Mitnehmerelements 18 eingestellt werden.

Je nach Ausbildung, Materialpaarungen und Fertigungsverfahren des Vorsteuerventilelements 10 bzw. des Hauptventilelements 34 sind für das Mitnehmerelement 18 geschraubte, gebördelte, geclipste Lösungen oder Schnapp-Lösungen möglich.

So wird eine ausreichende Kraft, Flächenpressung, erzielt und es findet eine zeitversetzte Bewegung des Vorsteuerventilelements 10 und des Hauptventilelements 34 statt. Dies führt insgesamt zu kleineren Öffnungskräften und damit zu geringen Bauteilbelastungen und geringem Verschleiß.

Ansprüche

1. Ventilvorrichtung (2) für ein Brennstoffzellensystem mit einem Ventilgehäuse (200), in welchem Ventilgehäuse (200) ein entlang einer Längsachse (101) der Ventilvorrichtung (2) bewegliches Vorsteuerventilelement (10) angeordnet ist, welches Vorsteuerventilelement (10) zum Öffnen und Schließen einer Verbindungsöffnung (26) mit einem ersten Dichtsitz (32) zusammenwirkt und so ein Vorsteuerventil (105) ausbildet, wobei die Ventilvorrichtung (2) eine Magnetspule (5) umfasst, durch welche Magnetspule (5) das Vorsteuerventilelement (10) entlang der Längsachse (101) bewegbar ist, wobei in dem Ventilgehäuse (200) ein Hauptventilelement (34) angeordnet ist, welches Hauptventilelement (34) zum Öffnen und Schließen einer Hauptöffnung (28) mit einem zweiten Dichtsitz (36) zusammenwirkt und so ein Hauptventil (340) ausbildet, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Hauptventilelement (34) Querborehungen (341, 343) aufweist und das Vorsteuerventilelement (10) Querborehungen (106, 107) aufweist, welche Querborehungen (106, 107) des Vorsteuerventilelements (10) in die Querborehungen (341, 343) des Hauptventilelements (34) münden, wobei in eine der Querborehungen (106) des Vorsteuerventilelements (10) und in eine der Querborehungen (341) des Hauptventilelements (34) ein Mitnehmerelement (18) angeordnet ist.
2. Ventilvorrichtung (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Mitnehmerelement (18) stiftförmig ausgebildet ist.
3. Ventilvorrichtung (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Mitnehmerelement (34) mehrteilig ausgebildet ist und zwei Kugeln (180) aufweist.
4. Ventilvorrichtung (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Mitnehmerelement (18) im Querschnitt elliptisch (500) oder kreiszylinderförmig (600) oder polygonisch (700) ausgebildet ist.
5. Ventilvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorsteuerventilelement (10) ein kuppenförmig-

ges Ende (22) aufweist, welches kuppenförmiges Ende (22) in einem kuppenförmigen Raum (343) angeordnet ist, wobei der kuppenförmige Raum (343) von dem Hauptventilelement (34) und dem Mitnehmerelement (18) begrenzt wird.

- 5 6. Ventilvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Ventilvorrichtung (2) ein Steuerraum (40) ausgebildet ist, in welchem Steuerraum (40) das Hauptventilelement (34) angeordnet ist und in welchem Steuerraum (40) eine Feder (20) angeordnet ist, welche Feder (20) das Hauptventilelement (34) mit einer Kraft in Richtung des Vorsteuerventilelements (10) beaufschlagt.
- 10
7. Ventilvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorsteuerventilelement (10) eine Öffnung (12) aufweist, in welcher Öffnung (12) eine Feder (4) angeordnet ist, welche Feder (4) das Vorsteuerventilelement (10) mit einer Kraft in Richtung des ersten Dichtsitzes (32) und welche Feder (4) das Hauptventilelement (34) mit einer Kraft in Richtung des zweiten Dichtsitzes (36) beaufschlagt.
- 15
8. Ventilvorrichtung (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnung (12) in die Querbohrungen (106, 107) des Vorsteuerventilelements (10) mündet und das Mitnehmerelement (18) zumindest teilweise in der Öffnung (12) angeordnet ist.
- 20
9. Ventilvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Verbindungsöffnung (26) eine Drossel (24) in Form einer Verengung der Verbindungsöffnung (26) angeordnet ist und die Verbindungsöffnung (26) in eine in dem Ventilgehäuse (200) ausgebildete Hauptöffnung (28) mündet, wobei die Verbindungsöffnung (26) und die Hauptöffnung (28) zylinderförmig ausgebildet sind und ein Durchmesser der Hauptöffnung (28) größer ist als ein Durchmesser der Verbindungsöffnung (26).
- 25
10. Tankvorrichtung (1) zur Speicherung eines gasförmigen Mediums, insbesondere Wasserstoff, mit einem Tankinnenraum (8) und einer Ventilvorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Tankinnenraum (8) mittels der Ventilvorrichtung (2) und mittels einer Zulaufleitung (30) mit einem Anodenbereich (53) eines Brennstoffzellensystems verbindbar ist.
- 30
- 35

11. Tankvorrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilvorrichtung (2) einen Ventilgehäusetopf (201) aufweist, welcher Ventilgehäusetopf (201) fest mit dem Ventilgehäuse (101) verbunden ist und welcher Ventilgehäusetopf (201) in einem Halsbereich (46) der Tankvorrichtung (1) angeordnet und gegen einen Tankboden (45) innerhalb des Halsbereichs (46) gepresst ist.

12. Tankvorrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Tankboden (45) und in dem Ventilgehäusetopf (201) eine Durchgangsöffnung (47) ausgebildet ist, welche Durchgangsöffnung (47) in die Öffnung (12) des Vorsteuerventilelements (10) mündet.

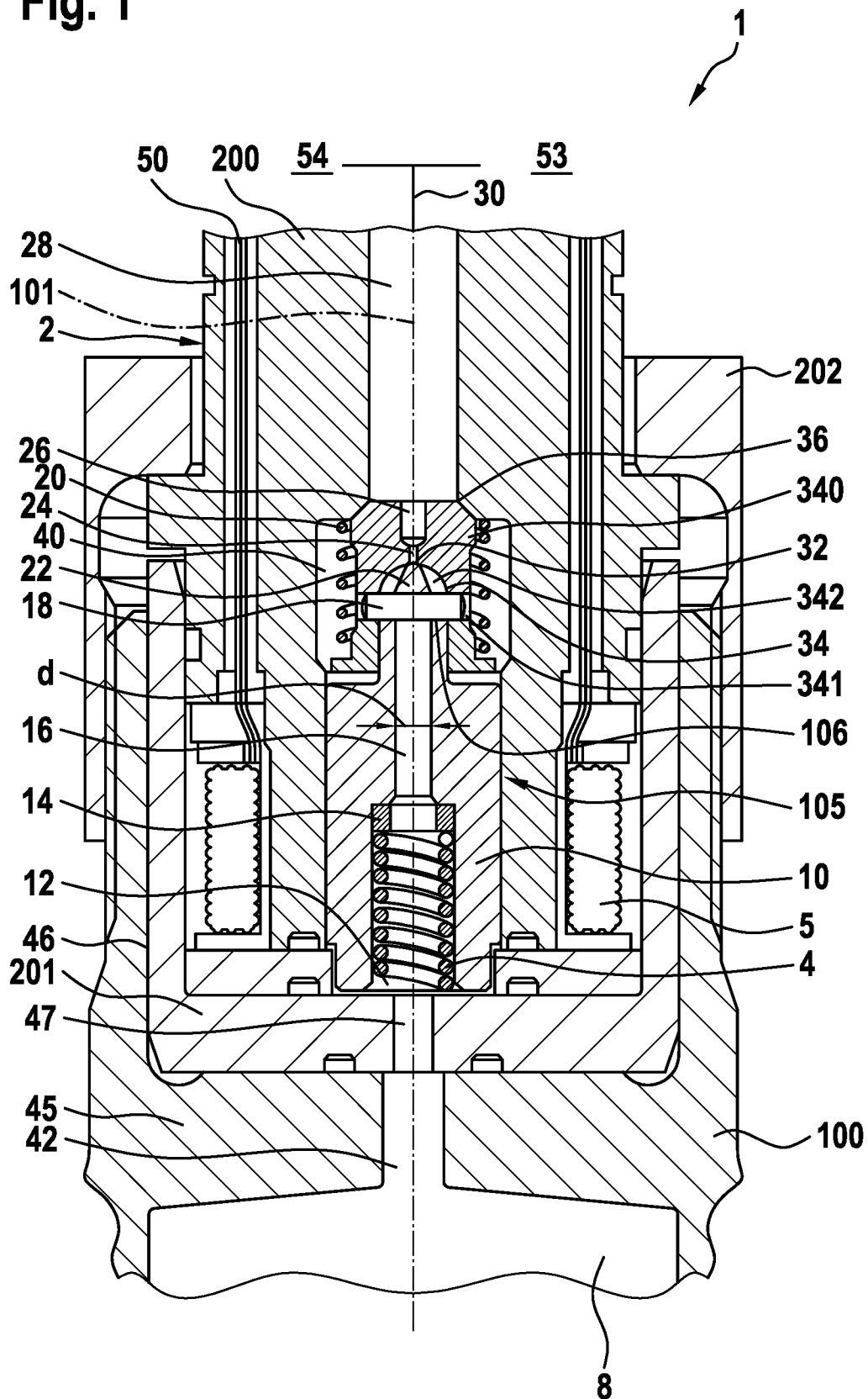
13. Tankvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Tankinnenraum (8) mittels der Ventilvorrichtung (2) und mittels der Zulaufleitung (30) mit einer Tankstelle (54) verbindbar ist.

14. Brennstoffzellensystem mit einer Tankvorrichtung (1) zur Speicherung von Wasserstoff für den Betrieb einer Brennstoffzelle nach einem der Ansprüche 10 bis 13.

15. Brennstoffzellenbetriebenes Fahrzeug mit einer Tankvorrichtung (1) zur Speicherung von Wasserstoff für den Betrieb einer Brennstoffzelle nach einem der Ansprüche 10 bis 13.

1 / 4

Fig. 1



2 / 4

Fig. 2a

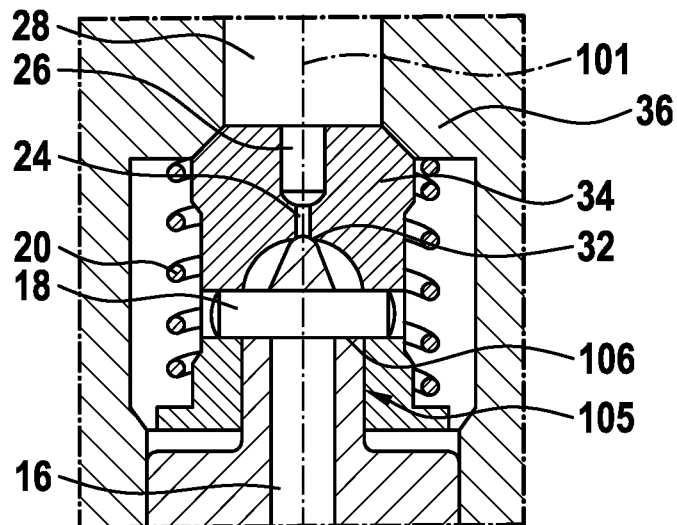
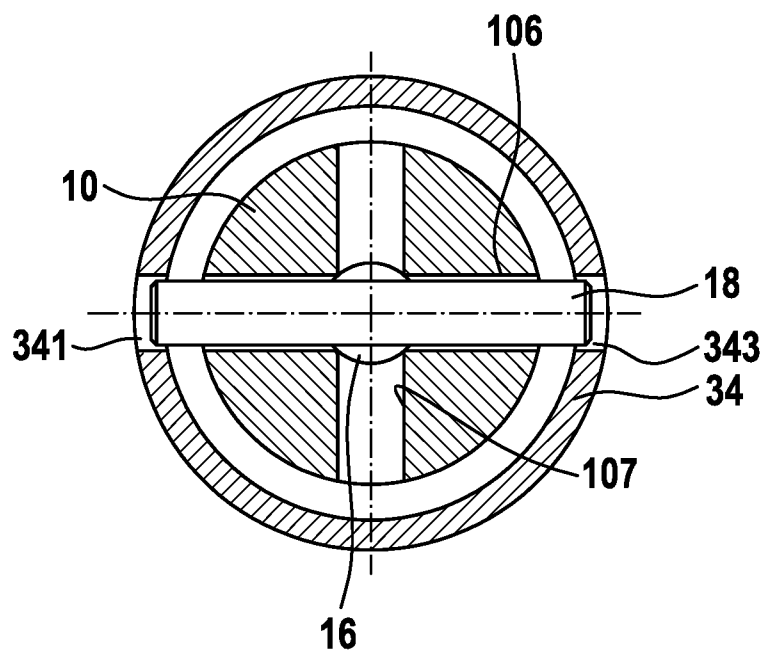


Fig. 2b



3 / 4

Fig. 2c

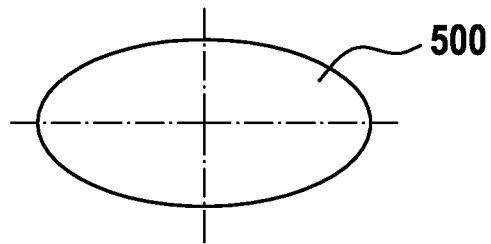


Fig. 2d

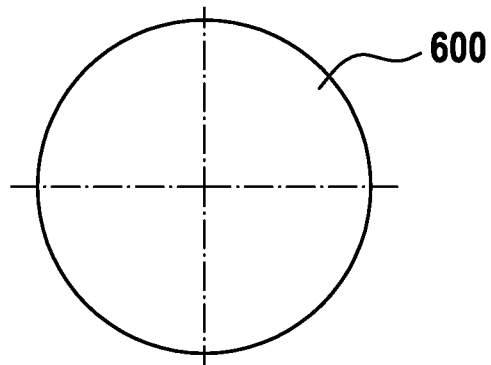
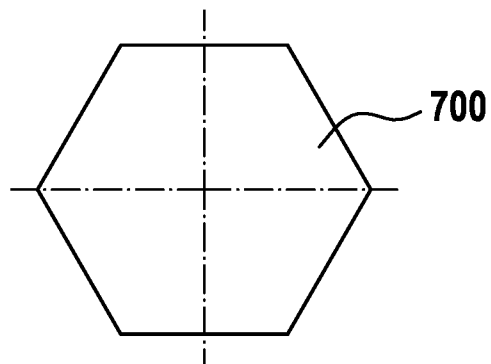


Fig. 2e



4 / 4

Fig. 3a

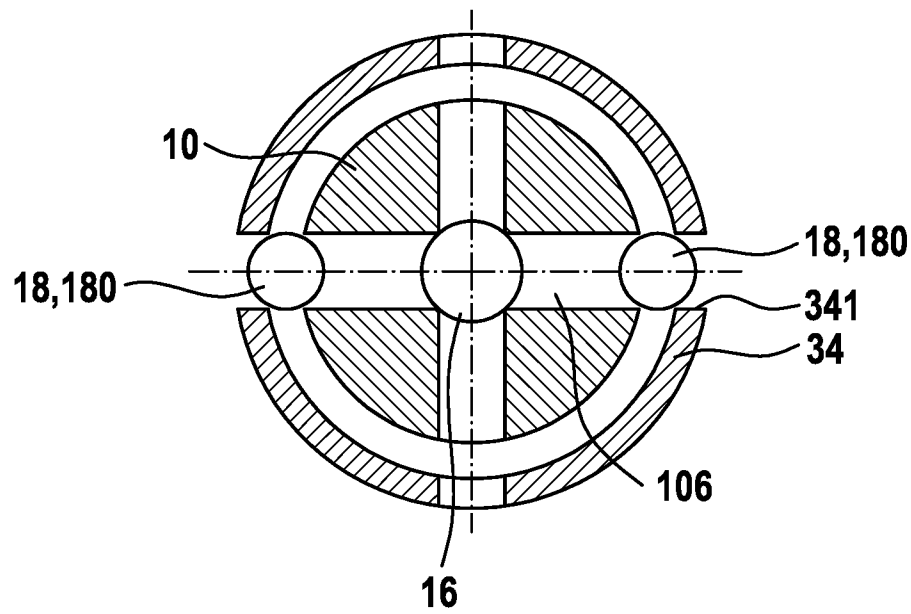
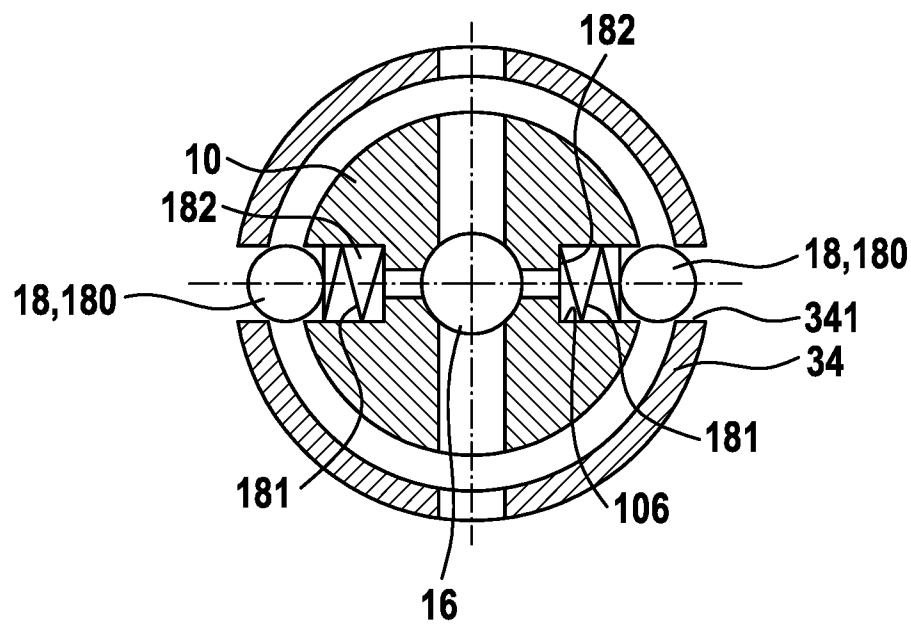


Fig. 3b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/055320

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F16K 31/06**(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)

F16K

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	US 2009236551 A1 (NOMICHI KAORU [JP] ET AL) 24 September 2009 (2009-09-24)	1-4,7-15
Y	paragraph [0060] - paragraph [0091]; figures 1,2	5,6
Y	US 2013277587 A1 (ZIEGER ANDREAS [AT] ET AL) 24 October 2013 (2013-10-24)	5
	abstract; figures 1,2	
Y	US 2004155215 A1 (KILL WALTER [DE] ET AL) 12 August 2004 (2004-08-12)	6
	paragraph [0050]; figure 9	
X	US 5048790 A (WELLS ROBERT A [US]) 17 September 1991 (1991-09-17)	1,2
	the whole document	
X	US 2018038507 A1 (NINOMIYA MAKOTO [JP] ET AL) 08 February 2018 (2018-02-08)	1,2
	the whole document	



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

03 June 2021

Date of mailing of the international search report

14 June 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Schumacher, G

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/055320

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2009236551	A1	24 September 2009	CA	2637769	A1	07 September 2007
				EP	1990568	A1	12 November 2008
				JP	4072865	B2	09 April 2008
				JP	2007232151	A	13 September 2007
				US	2009236551	A1	24 September 2009
				WO	2007099831	A1	07 September 2007
US	2013277587	A1	24 October 2013	BR	102013009560	A2	23 June 2015
				CA	2812270	A1	20 October 2013
				CN	103375631	A	30 October 2013
				DE	102012206604	A1	24 October 2013
				EP	2653763	A2	23 October 2013
				ES	2590149	T3	18 November 2016
				JP	6220541	B2	25 October 2017
				JP	2013230808	A	14 November 2013
				KR	20130118836	A	30 October 2013
				RU	2013115343	A	20 October 2014
				US	2013277587	A1	24 October 2013
US	2004155215	A1	12 August 2004	DE	10305157	A1	19 August 2004
				JP	2004239437	A	26 August 2004
				US	2004155215	A1	12 August 2004
US	5048790	A	17 September 1991	NONE			
US	2018038507	A1	08 February 2018	JP	6463647	B2	06 February 2019
				JP	2016156485	A	01 September 2016
				US	2018038507	A1	08 February 2018
				WO	2016136239	A1	01 September 2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F16K31/06
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16K

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	US 2009/236551 A1 (NOMICHI KAORU [JP] ET AL) 24. September 2009 (2009-09-24)	1-4,7-15
Y	Absatz [0060] - Absatz [0091]; Abbildungen 1,2	5,6
Y	US 2013/277587 A1 (ZIEGER ANDREAS [AT] ET AL) 24. Oktober 2013 (2013-10-24)	5
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	
Y	US 2004/155215 A1 (KILL WALTER [DE] ET AL) 12. August 2004 (2004-08-12)	6
Y	Absatz [0050]; Abbildung 9	
X	US 5 048 790 A (WELLS ROBERT A [US]) 17. September 1991 (1991-09-17)	1,2
	das ganze Dokument	
	-/--	

☒ 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

3. Juni 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/06/2021

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

Schumacher, G

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2018/038507 A1 (NINOMIYA MAKOTO [JP] ET AL) 8. Februar 2018 (2018-02-08) das ganze Dokument -----	1,2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/055320

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2009236551	A1	24-09-2009	CA	2637769 A1	07-09-2007
			EP	1990568 A1	12-11-2008
			JP	4072865 B2	09-04-2008
			JP	2007232151 A	13-09-2007
			US	2009236551 A1	24-09-2009
			WO	2007099831 A1	07-09-2007

US 2013277587	A1	24-10-2013	BR	102013009560 A2	23-06-2015
			CA	2812270 A1	20-10-2013
			CN	103375631 A	30-10-2013
			DE	102012206604 A1	24-10-2013
			EP	2653763 A2	23-10-2013
			ES	2590149 T3	18-11-2016
			JP	6220541 B2	25-10-2017
			JP	2013230808 A	14-11-2013
			KR	20130118836 A	30-10-2013
			RU	2013115343 A	20-10-2014
			US	2013277587 A1	24-10-2013

US 2004155215	A1	12-08-2004	DE	10305157 A1	19-08-2004
			JP	2004239437 A	26-08-2004
			US	2004155215 A1	12-08-2004

US 5048790	A	17-09-1991	KEINE		

US 2018038507	A1	08-02-2018	JP	6463647 B2	06-02-2019
			JP	2016156485 A	01-09-2016
			US	2018038507 A1	08-02-2018
			WO	2016136239 A1	01-09-2016
