

(19)



(11)

EP 4 067 725 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.10.2022 Patentblatt 2022/40

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F17C 13/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21166232.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F17C 13/04; F17C 2201/056; F17C 2201/058;
F17C 2205/013; F17C 2205/0326;
F17C 2205/0329; F17C 2205/0332;
F17C 2205/0335; F17C 2205/0341;
F17C 2205/035; F17C 2205/0385;
F17C 2205/0394; F17C 2221/012;
F17C 2223/0123; F17C 2223/036;

(Forts.)

(22) Anmeldetag: **31.03.2021**

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

(72) Erfinder:
• **WÜSTE, Lars**
33607 Bielefeld (DE)
• **SCHULZ, Dennis**
32289 Rödinghausen (DE)
• **RIXE, Björn**
33611 Bielefeld (DE)

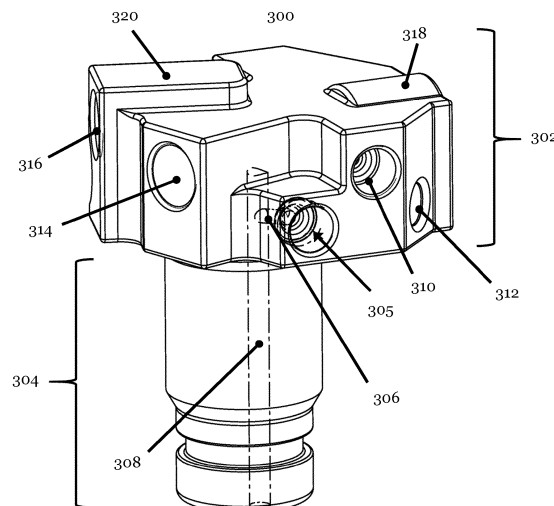
(71) Anmelder: **Poppe & Potthoff GmbH**
33824 Werther (DE)

(74) Vertreter: **Bardehle Pagenberg Partnerschaft mbB**
Patentanwälte Rechtsanwälte
Prinzregentenplatz 7
81675 München (DE)

(54) VENTILGRUNDKÖRPER UND MULTIFUNKTIONSVENTIL FÜR WASSERSTOFFTANKS

(57) Die vorliegenden Erfindung betrifft einen Grundkörper für ein Ventil für einen Behälter oder ein System zum Speichern von Wasserstoff-, H₂, Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa, aufweisend eine Gasentnahmeleitung und eine Gasbefüllleitung, wobei die Gasbefüllleitung eine erste Teilleitung und eine zweite Teillei-

tung aufweist und wobei die erste Teilleitung die zweite Teilleitung unter einem Winkel von mindestens 90°, bevorzugt unter einem Winkel im Bereich von 95° bis 105°, in einem Verschneidungsbereich im Inneren des Grundkörpers schneidet und wobei der Verschneidungsbereich entgratet und bevorzugt abgerundet ist.



Figur 3

EP 4 067 725 A1

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
F17C 2250/043; F17C 2250/0439

Beschreibung

1. Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft einen Grundkörper für ein Ventil für einen Wasserstofftank oder ein Tanksystem, ein zugehöriges Herstellungsverfahren sowie ein Multifunktionsventil für einen Wasserstofftank oder ein Tanksystem, insbesondere für Anwendungen in der Fahrzeugtechnik.

2. Stand der Technik

[0002] Mit einer Energiedichte von ~ 120 MJ/kg und wegen der emissionsfreien Knallgasreaktion ($2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$) ist molekularer Wasserstoff (H_2) ein idealer Brennstoff für Wärmekraftmaschinen (z.B. Gasturbinen und Verbrennungsmotoren) sowie Brennstoffzellen.

[0003] Für Anwendungen in der Fahrzeugtechnik, z.B. bei PKW, Bussen und / oder LKW mit Wasserstoffantrieb wird der Wasserstoff üblicherweise in Hochdruckgastanks bei einem Gasdruck von ca. 30 MPa oder auch von ca. 70 MPa oder mehr gespeichert und über ein Entnahmevertil, in das je nach Anwendungsfall unterschiedliche Funktionen integriert sein können, an eine Brennstoffzelle, einen H_2 -Verbrennungsmotor oder eine H_2 -Gasturbine geleitet.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Ventiltypen für H_2 -Hochdrucktanks bekannt. Beispielsweise beschreibt EP 1943 446 ein Ventil mit einem Hauptkörper, der einen Tankanschluss, eine Einfüllöffnung, ein mit der Einfüllöffnung in Fluidverbindung stehender Filter, ein dem Filter nachgeschaltetem Durchflussbegrenzungsventil und eine Vielzahl von Sensoranschlussöffnungen umfasst, wobei jede der Sensoranschlussöffnungen einen Drucksensor und/oder einen Temperatursensor aufnimmt. Das in EP 1943 446 beschriebene Ventil ist dadurch gekennzeichnet, dass es darüber hinaus ein dem Durchflussbegrenzungsventil nachgeschaltetes manuelles Strömungsventil, einen dem manuellen Strömungsventil nachgeschalteten Druckminderungsregler und ein dem Druckminderungsregler nachgeschaltetes Druckbegrenzungsventil umfasst.

[0005] Ferner betrifft EP 2 857 727 eine Fluidsteuerventilanordnung, die einen Hauptventilkörper umfasst, in dem eine Entnahmeleitung mit einer Befüllleitung im Inneren des Hauptventilkörpers kombiniert ist. Weitere konventionelle Ventiltypen sind aus der EP 3 324 086, der EP 3 077 713 und der US 9,371,913 bekannt.

[0006] Die aus dem Stand der Technik bekannten Ventile für H_2 -Tanks haben jedoch einige Nachteile. Ein Problem besteht z.B. darin, dass einige der bekannten Ventiltypen u.a. aufgrund ihres komplexen Aufbaus und / oder einer nachteiligen Leitungsführung im Ventilgrundkörper ein sehr hohes Gewicht aufweisen, einen hohen Platzbedarf haben und / oder schwer zu fertigen sind. H_2 -Antriebssysteme, in denen solche Ventile zum Ein-

satz kommen sind daher oft teuer und sperrig was insbesondere für den PKW-Massenmarkt problematisch sein kann.

[0007] Ferner weisen einige der aus dem Stand der Technik bekannten Ventiltypen unzureichende Befüllleistungen auf, was zu einer langen Tankdauer und somit ungewünschten Standzeiten des jeweiligen Fahrzeugs führen kann. Zusätzlich lassen sich einige der aus dem Stand der Technik bekannten Ventiltypen - auch aufgrund ihres hohen Platzbedarfs - nur sehr umständlich in den zugehörigen H_2 -Hochdrucktank ein- und wieder ausbauen, was die Fertigung und die Wartung von H_2 -Antriebssystemen erschwert.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt daher das Problem zu Grunde einige der vorstehend beschriebenen Nachteile des Stands der Technik zumindest teilweise zu verringern.

3. Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Das oben angeführte Problem wird zumindest teilweise durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche der vorliegenden Anmeldung gelöst. Beispielfähige Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Wo nicht anders angegeben sind Materialeigenschaften nach den einschlägigen Normen zu bestimmen. Ferner ist im Folgenden der Begriff "*im Wesentlichen*" als "*innerhalb typischer Konstruktions-, Mess- und / oder Fertigungstoleranzen*" zu verstehen.

[0010] In einer Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung einen Grundkörper für ein Ventil für einen Behälter oder ein System zum Speichern von Wasserstoff-, H_2 , Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa bereit, aufweisend: eine Gasentnahmeleitung und eine Gasbefüllleitung, wobei die Gasbefüllleitung eine erste Teilleitung und eine zweite Teilleitung aufweist und wobei die erste Teilleitung die zweite Teilleitung unter einem Winkel von mindestens 90° , bevorzugt unter einem Winkel im Bereich von 95° bis 105° , in einem Verschneidungsbereich im Inneren des Grundkörpers schneidet und wobei der Verschneidungsbereich entgratet und abgerundet ist. Der Grundkörper des Ventils kann dabei so konstruiert sein, dass er im Dauerbetrieb einem Gasinnen- druck von zumindest 30 MPa, bevorzugt von zumindest 70 MPa, mehr bevorzugt von zumindest 105 MPa, noch mehr bevorzugt von zumindest 200 MPa und am meisten bevorzugt von zumindest 300 MPa standhält.

[0011] Durch die Trennung von Befüll- und Entnahmeleitung und die gewählten Eigenschaften der Befüllleitung und insbesondere des Verschneidungsbereichs lassen sich die Befüllleistungen des Ventils signifikant verbessern und gleichzeitig die Konstruktion des Grundkörpers vereinfachen, ohne die Befüllrate zu reduzieren. In einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung lassen sich Befüllraten von bis zu 300 g/s H_2 -Gas bei einem Druck von 70 MPa erzielen. Beispielsweise kann der Verschneidungsbereich durch ein Entgratungsverfahren, das einen thermischen Entgratungs-

schritt bevorzugt gefolgt von einem elektro-chemischen Entgratungsschritt umfasst, entgratet und abgerundet sein.

[0012] Auf diese Weise lässt sich der Verschneidungsbereich derart fertigen, dass eine Kante des Verschneidungsbereichs einen Abrundungsradius von mindestens 0,15 mm, bevorzugt von mindestens 0,2 mm, mehr bevorzugt von mindestens 0,3 mm und noch mehr bevorzugt von mindestens 0,35 mm aufweist. Dadurch kann das Entstehen von Strömungsturbulenzen beim Befüllen des Behälters signifikant reduziert werden und dadurch der Druckabfall über die Befüllleitung stark reduziert werden, was folglich zu einer stark gesteigerten Befüllrate führt (siehe Fig. 9).

[0013] Ferner kann der Grundkörper einen Ventilkopf und einen Ventilhals aufweisen, wobei sich der Ventilkopf im eingebauten Zustand des Ventils über den Behälter erstreckt und sich der Ventilhals in den Behälter erstreckt. Dabei kann der Ventilkopf eine Dicke von höchstens 50 mm bevorzugt von höchstens 40 mm aufweisen und / oder der maximale Radius des Ventilkopfes kann kleiner als 63 mm, bevorzugt kleiner als 55 mm und mehr bevorzugt kleiner als 52 mm sein.

[0014] In alternativen Ausführungsformen können auch mehrere H2-Behälter z.B. über Verbindungsrohre und einen H2-Verteiler zusammengeschaltet sein. In solchen Konfigurationen kann es sinnvoll sein, nicht jeden Behälter einzeln mit einem Entnahme- und Befüllventil zu versehen, sondern ein gemeinsames Ventil zu verwenden, das z.B. dem H2-Verteiler in Entnahmerichtung nachgeschaltet ist. In diesem Fall erstreckt sich der Ventilhals nicht in den Behälter, sondern lässt sich über einer geeigneten Schnittstelle (z.B. ein weiteres H2-Hochdruckrohr) mit dem H2-Verteiler verbinden. Alternativ kann der Ventilhals auch weggelassen werden und das Ventil z.B. direkt mit dem H2-Verteiler verbunden sein.

[0015] Der maximale Radius des Ventilkopfes ist dabei als der Radius desjenigen Kreises zu verstehen, den die Außenkante des Ventilkopfes beschreibt, wenn das Ventil - z.B. beim Einschrauben in den Behälter - um seine Längsachse rotiert wird. Je kleiner dieser Radius, desto geringer ist der Platzbedarf des Ventils beim Zusammenbau oder bei der Wartung des zugehörigen H2-Antriebssystems.

[0016] Ferner kann die erste Teilleitung mit einem Befüllanschluss des Grundkörpers verbunden sein, der an einer ersten Seitenfläche des Ventilkopfes angeordnet ist und sich die zweite Teilleitung in dem Ventilhals erstreckt. Durch diese Anordnung kann der Platzbedarf und das Bauteilvolumen des Grundkörpers weiter reduziert werden.

[0017] Um den Einbau des Ventils zu erleichtern, kann an der Oberseite des Ventilkopfes eine Aufnahme oder Schlüsselfläche für ein Schlüsselwerkzeug wie einen Schraubenschlüssel angeordnet sein, mit der das Ventil in den Behälter eingeschraubt werden kann. Bevorzugt ist diese Aufnahme oder Schlüsselfläche so ausgestaltet, dass das Ventil auch maschinell, z.B. durch einen

Fertigungsroboter in der Massenfertigung von H2-Antriebssystemen in den zugehörigen Tank eingeschraubt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann die Form des Ventilkopfes und insbesondere die Form und Anordnung einer oder mehrerer der Seitenflächen des Ventilkopfes so konstruiert sein, dass der Ventilkopf in einfacher Weise von konventionellen oder speziell angefertigten maschinellen Werkzeugen gegriffen, verfahren und / oder eingeschraubt werden kann.

[0018] Um die Befülleigenschaften des Ventils weiter zu verbessern, kann der Durchmesser der zweiten Teilleitung im Bereich von 3 mm bis 8 mm, bevorzugt im Bereich von 4 mm bis 6 mm und mehr bevorzugt im Bereich von 4,5 mm bis 5,5 mm liegen. Alternativ oder zusätzlich kann die erste Teilleitung einen kleineren Querschnitt aufweisen als die zweite Teilleitung und / oder der Durchmesser der ersten Teilleitung kann im Bereich von 1 mm bis 7 mm, bevorzugt im Bereich von 3 mm bis 5 mm und mehr bevorzugt im Bereich von 3,5 mm bis 4,5 mm liegen. Ferner kann die Länge der ersten Teilleitung kleiner als 25 mm sein, bevorzugt kleiner als 20 mm und mehr bevorzugt kleiner als 15 mm sein.

[0019] Durch diese Konfigurationen der beiden Teilleitungen können nicht nur die Befülleigenschaften des Ventils verbessert werden, sondern auch die Fertigung des Grundkörpers vereinfacht und der Platzbedarf des Grundkörpers und des Ventils reduziert werden. Beispielsweise verhindert ein kleinerer Querschnitt oder Durchmesser der ersten Teilleitung im Vergleich zur zweiten Teilleitung, dass bereits bei geringen fertigungsbedingten Abweichungen der Verschneidungsposition, der effektive Durchmesser der Verschneidung abnimmt und somit die Befüllrate durch die Abweichung nicht beeinflusst wird.

[0020] Ferner ist es vorteilhaft, insbesondere für Ventile mit einem Betriebsdruck von 70 MPa oder mehr, dass die Oberfläche der Innenseite der Befüllleitung eine Oberflächenrauheit von höchstens Rz 20, bevorzugt von höchstens Rz 16 gemäß DIN EN ISO 1302 2002-06 aufweist.

[0021] Um den Platzbedarf des Grundkörpers weiter zu reduzieren und dessen Fertigung weiter zu vereinfachen, kann die zweite Teilleitung mit einem Anschluss für eine Druckentlastungsvorrichtung verbunden sein, der an einer zweiten Seitenfläche des Ventilkopfes angeordnet ist, wobei die zweite Seitenfläche bevorzugt im Wesentlichen gegenüber zur ersten Seitenfläche angeordnet ist. Alternativ oder zusätzlich kann eine Notfallentlüftungsleitung den Anschluss für die Druckentlastungsvorrichtung unter einem Winkel schneiden, der kleiner als 90°, bevorzugt kleiner als 75° und besonders bevorzugt kleiner als 60° ist.

[0022] Ferner kann die Entnahmeleitung eine dritte Teilleitung und eine vierte Teilleitung umfassen, wobei sich die dritte Teilleitung im Ventilhals erstreckt und sich die vierte Teilleitung im Ventilkopf zwischen zwei sich gegenüberliegenden Entnahmeanschlüssen erstreckt. Dabei kann die dritte Teilleitung mit der vierten Teilleitung

über einen Anschluss für ein manuelles Absperrventil und einen weiteren Anschluss für ein magnetisches Absperrventil verbunden sein, die beide ebenfalls an weiteren Außenseiten des Ventilkopfes angeordnet sind. Diese Konfiguration erlaubt es gewünschte Absperrfunktionen für die Entnahmeleitung derart in das Ventil zu integrieren, dass (i) mehrere Ventile einfach zusammengeschaltet werden können und (ii) dabei der Platzbedarf des Ventils nicht unnötig vergrößert wird.

[0023] Ferner kann der Grundkörper auch einen Anschluss für ein Ablassventil umfassen, wobei der Anschluss für das Ablassventil die zweite Teilleitung mit der vierten Teilleitung verbindet. Auf diese Weise kann der Behälter auch dann kontrolliert abgelassen werden (z.B. im Fehlerfall oder bei routinemäßigen Wartungen), wenn die Entnahmeleitung blockiert ist (z.B. bei einem blockierten Absperrventil oder einem verstopften Entnahmefilter).

[0024] Um ein möglichst geringes Gewicht des Grundkörpers bei gleichzeitig hoher Druckbeständigkeit zu erhalten, kann der Grundkörper im Wesentlichen aus einer Aluminiumlegierung, bevorzugt aus 3.2315 EN gefertigt sein. Ferner kann die Oberfläche des Grundkörpers mit einer EN 2536:1995-09 Beschichtung beschichtet sein, die eine Dicke im Bereich von 20 bis 50 μm bevorzugt von 25 bis 40 μm aufweist. Eine solche Beschichtung erhöht die Härte des Grundkörpers und erlaubt es dadurch Teile des Grundkörpers als Abdichtflächen für die funktionalen Ventile eines Multifunktionsventils zu verwenden.

[0025] Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein Multifunktionsventil für einen Behälter oder ein System zum Speichern von Wasserstoff-, H_2 , Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa bereit, aufweisend einen Grundkörper wie vorstehend beschrieben und eine oder mehrere der folgenden Komponenten: ein manuelles Absperrventil; ein magnetisches Absperrventil; ein manuelles Ablassventil; einen Temperatursensor, der sich im eingebauten Zustand des Ventils durch den Ventilhalshals in den Behälter erstreckt; einen Drucksensor; eine Druckentlastungsvorrichtung, bevorzugt thermisch ausgelöst oder einen Durchflussbegrenzer, bevorzugt mit integriertem Filter.

[0026] Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Ventils für einen Behälter oder ein System zum Speichern von Wasserstoff-, H_2 , Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa, aufweisend die folgenden Schritte: Erzeugen einer Gasentnahmeleitung in einem Ventilgrundkörper; Bilden einer Gasbefüllleitung in dem Ventilgrundkörper, durch Erzeugen einer ersten Teilleitung und einer zweiten Teilleitung in dem Ventilgrundkörper, so dass die erste Teilleitung die zweite Teilleitung unter einem Winkel von mindestens 90° , bevorzugt unter einem Winkel im Bereich von 95° bis 105° im Inneren des Ventilgrundkörpers schneidet; und Entgraten und Abrunden des Verschneidungsbereichs, wobei das Entgraten bevorzugt thermisch erfolgt, bevorzugt gefolgt von einem elektrochemischen Entgra-

ten und Abrunden des Verschneidungsbereichs.

[0027] Hierbei ist es vorteilhaft, dass das elektrochemische Entgraten und Abrunden bei folgenden Prozessparametern durchgeführt wird: einer elektrischen Spannung größer als 10 Volt und einem elektrischen Strom größer als 5 Ampere; einer Prozessdauer von mehr als 5 Sekunden bevorzugt von mehr als 8 Sekunden; und unter Einwirkung eines Elektrolyts, bevorzugt von NaNO_3 , bei einem Druck von zumindest 1 Bar.

[0028] Auf diese Weise lassen sich die vorstehend beschriebenen Eigenschaften des Verschneidungsbereichs der Befüllleitung in einfacher und reproduzierbarer Weise erhalten.

[0029] Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein Wasserstoffspeichersystem bereit, dass zumindest zwei Behälter zum Speichern von Wasserstoff-, H_2 , Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa umfasst, sowie einen Wasserstoffverteiler, der die zumindest zwei Behälter miteinander verbindet und ein Multifunktionsventil wie vorstehend beschrieben, das dem Wasserstoffverteiler in Entnahmerichtung nachgeschaltet ist.

[0030] Auf diese Weise lassen sich mehrere H_2 -Behälter / Tanks kombinieren bzw. zusammenschalten und mit nur einem Multifunktionsventil betreiben, was die Komplexität, Fehleranfälligkeit und Kosten des Speichersystems signifikant reduziert.

4. Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0031] Gewisse Aspekte der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden mit Bezugnahme auf die angefügten Zeichnungen beschrieben. Diese Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Strömungssimulation einer Bohrverschneidung einer Befüllleitung eines konventionellen Ventils eines H_2 -Tanks;

Fig. 2 eine Strömungssimulation einer Bohrverschneidung einer Befüllleitung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine Seitenansicht eines Grundkörpers eines Multifunktionsventils gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine weitere Seitenansicht eines Grundkörpers eines Multifunktionsventils gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine weitere Seitenansicht eines Grundkörpers eines Multifunktionsventils gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 ein Längsschnitt durch den Ventilgrundkörper von Fig. 3, Fig. 4 und Fig. 5 auf dem der Verlauf der Befüllleitung und ein Verschneidungsbereich der Befüllleitung dargestellt sind;

- Fig. 7** eine vergrößerte photographische Aufnahme eines exemplarischen Verschneidungsbereich gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 8** eine Vermessung der in Fig. 7 dargestellten Verschneidungskante;
- Fig. 9** eine Darstellung einer Vergleichsmessung des Tankvorgangs mit einem konventionellen Ventil und einem Ventil gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

5. Detaillierte Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele

[0032] Im Folgenden werden einige exemplarische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung am Beispiel einiger exemplarischer Ventilgrundkörper und Ventile für H₂-Hochdrucktanks beschrieben. Hierbei werden verschiedenen Merkmalskombinationen mit Bezugnahme auf die dargestellten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Naturgemäß müssen nicht alle Merkmale der beschriebenen Ausführungsformen vorhanden sein, um die vorliegende Erfindung zu realisieren. Ferner können die Ausführungsformen durch Kombinieren gewisser Merkmale einer Ausführungsform mit einem oder mehreren Merkmalen einer anderen Ausführungsform modifiziert werden - falls dies technisch kompatibel und sinnvoll ist - ohne von der Offenbarung und dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen, der durch die Patentansprüche definiert ist.

[0033] Fig. 1 zeigt die Ergebnisse einer Simulation einer (idealisierten) Bohrverschneidung einer Befüllleitung eines konventionellen Ventils für einen H₂-Hochdrucktank wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist. Dargestellt ist das Geschwindigkeitsfeld des H₂-Gases, wenn es durch den Verschneidungsbereich strömt, wobei der einen Verschneidungswinkel von 90° und eine scharfkantige Verschneidungskante aufweist.

[0034] Diese Konfiguration des Verschneidungsbereichs führt zum Entstehen unerwünschter Strömungsturbulenzen und dadurch zu einem starken Druckabfall über die Verschneidungszone, was den Gasstrom durch die Befüllleitung signifikant reduziert.

[0035] Da das Entstehen von Strömungsturbulenzen ein stark nicht-lineares und damit inhärent potenziell chaotisches Phänomen ist, wurden von den Erfindern, um die Befüllleistungen der Befüllleitung zu verbessern, umfangreiche numerische Strömungsmechanik (CFD) Berechnungen der Befüllleitung durchgeführt. Hierbei wurden verschiedene Parameter wie die Länge der Teilleitungen der Befüllleitung, der Durchmesser der Teilleitungen, der Verschneidungswinkel und die Geometrie der Verschneidungskante systematisch variiert, um ein Verständnis dafür zu entwickeln welche Parameter bzw. Kombination von Parametern zu einem möglichst geringen Druckabfall über die Befüllleitung und da-

mit einer möglichst hohen Befüllrate führen.

[0036] Generell lässt sich sagen, dass möglichst große Durchmesser der Teilleitungen, ein möglichst großer Verschneidungswinkel und eine möglichst runde Verschneidungskante den Druckabfall über den Verschneidungsbereich reduzieren. Dies steht jedoch in einem Zielkonflikt mit einer möglichst hohen Kompaktheit des Ventilgrundkörpers, so dass eine CFD-basierte Optimierung der Befüllleitung vorteilhaft ist.

[0037] Fig. 2 zeigt die Ergebnisse einer solchen exemplarischen CFD-Berechnung mit einem Systemdruck von 70 MPa. Die in diesem Beispiel gewählten Parameter der Befüllleitung führen dazu, dass der durch die Verschneidungszone bedingte Druckabfall unter 10% (~ 5 MPa) beträgt. Dieser im Vergleich zum Stand der Technik (~ 20 MPa) sehr geringe Druckabfall führt damit zu einer signifikanten Verbesserung des Gasstroms und damit der Befüllrate des Ventils.

[0038] Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht eines Ventilgrundkörpers 300 eines Multifunktionsventils nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Konstruktion des dargestellten Grundkörpers 300 und insbesondere der durch gestrichelte Linien dargestellten Befüllleitung 306, 308 beruht dabei zumindest teilweise auf den durch die CFD-Berechnungen gewonnen Erkenntnissen (siehe Fig. 1 und Fig. 2). Der Grundkörper 300 umfasst einen Ventilkopf 302 und einen Ventilhals 304. Im eingebauten Zustand, d.h. wenn das Ventil z.B. in einen H₂-Hochdrucktank eingeschraubt ist, befindet sich der Ventilkopf 302 oberhalb des Tanks und der Ventilhals 304 erstreckt sich in den Tank. Solche Ventilkonfigurationen werden daher auch "on tank valves" genannt.

[0039] Der Ventilkopf 310 umfasst mehrere Seitenflächen von unterschiedlicher Form und mit unterschiedlichen Abmessungen an denen mehrere Anschlüsse für unterschiedliche funktionale Komponenten eines Multifunktionsventils angebracht (z.B. eingeschraubt) werden können. In der dargestellten Ausführungsform ist 305 ein Befüllanschluss über den der Tank mit H₂-Gas befüllt werden kann. Beispielsweise kann in den Befüllanschluss 305 ein Rückschlagventil und / oder ein Leitungsanschluss eingeschraubt werden. Vom hinteren Ende des Befüllanschlusses 305 erstreckt sich eine kurze erste Teilleitung 306 der Befüllleitung schräg nach unten verlaufend in das Innere des Ventilgrundkörpers 300 und schneidet dort in einem Verschneidungsbereich (siehe Fig. 5, Fig. 7 und Fig. 8) eine zweite Teilleitung 308 der Befüllleitung, die sich im Ventilhals 304 bis zum unteren Ende des Grundkörpers 300 erstreckt.

[0040] 310 ist einer von zwei Entnahmeanschlüssen, die an sich im Wesentlichen gegenüberliegenden Seitenflächen des Grundkörpers 300 angeordnet sind. Die Verwendung von zwei Entnahmeanschlüssen hat den Vorteil, dass mehrere Multifunktionsventile zu einem Tanksystem verbunden werden können. Bei den Endgliedern eines solchen Tanksystems kann einer der Entnahmeanschlüsse 310 mit einem Blindstopfen ver-

geschlossen werden. 312 ist ein Anschluss für einen Temperatursensor, der sich über eine weitere Leitung bzw. Bohrung (nicht dargestellt) im Inneren des Grundkörpers bis zum unteren Ende des Ventilhalses 304 erstreckt. Bei 314 handelt es sich um einen Anschluss für ein Ablassventil. Wie vorstehend in Abschnitt 3 beschrieben, verbindet dieser Anschluss 314 die zweite Teilleitung 308 der Befüllleitung mit einer Teilleitung der Entnahmeleitung (nicht dargestellt), die mit den beiden Entnahmeanschlüssen 310 verbunden ist.

[0041] 316 ist ein Anschluss für ein manuelles Absperrventil, mit dem die Entnahmeleitung in Entnahmerichtung vor einem magnetischen Absperrventil abgesperrt werden kann. Ein extern ansteuerbares magnetische Absperrventil kann am Anschluss 318 angebracht werden, um die Entnahmeleitung kontrolliert abzusperren oder freizugeben. Der Anschlussbereich 320 für das manuelle Absperrventil ist im Vergleich zum Rest des Ventilkopfes 302 erhöht und bildet dadurch einen Angriffspunkt 320 für ein Schlüsselwerkzeug (z.B. einen Schraubenschlüssel) mit dem das Ventil einfach und platzsparend in einen zugehörigen H2-Tank eingeschraubt werden kann. Diese Erhöhung definiert die maximale Dicke des Ventilkopfes 302, die bevorzugt kleiner als 50mm bevorzugt kleiner als 40mm sein kann. Dadurch lässt sich das Gewicht und der Platzbedarf des Ventilgrundkörpers trotz der unterschiedlichen in das Ventil integrierten Funktionen so gering wie möglich halten.

[0042] Fig. 4 zeigt eine weitere Seitenansicht des Ventilgrundkörpers 300 von Fig. 3 aus einer anderen Sicht. Zusätzlich zu den bereits in Fig. 3 beschriebenen Komponenten des Grundkörpers 300 und des Ventils zeigt Fig. 4 einen zweiten Entnahmeanschluss 310-2, der über eine Teilleitung 404 der Entnahmeleitung mit dem ersten Entnahmeanschluss 310 verbunden ist. Die Entnahmeleitung lässt sich über das oben beschriebene manuelle Absperrventil und das in den Anschluss 318 eingeschraubte Magnetventil absperren und freigeben.

[0043] In den Anschluss 402 kann optional ein Drucksensor eingeschraubt werden. Ist dieser nicht benötigt lässt sich der Anschluss 402 über einen Blindstopfen verschließen.

[0044] Fig. 5 zeigt eine weitere Seitenansicht des Ventilgrundkörpers 300 von Fig. 3 und Fig. 4 aus einer anderen Sicht. Zusätzlich zu den bereits in Fig. 3 und Fig. 4 beschriebenen Komponenten des Grundkörpers 300 und des Ventils zeigt Fig. 5 einen Anschluss 502 für eine bevorzugt thermisch ausgelöste Druckentlastungsvorrichtung. Das hintere Ende der Anschlussbohrung 502 ist über ein kurzes Leitungsstück 504 im Inneren des Ventilkopfes mit der zweiten Teilleitung 308 (siehe Fig. 3 und Fig. 6 verbunden). Direkt benachbart zum Anschluss 502 ist ein Notfallentlüftungsanschluss 506 vorgesehen. Dieser ist über ein weiteres kurzes Leitungsstück mit dem Anschluss 502 für die Druckentlastungsvorrichtung verbunden. Wie oben in Abschnitt 3 beschrieben schneidet dabei das Leitungsstück der Notfallentlüftung den Anschluss 502 unter einem Winkel der

kleiner als 90°, bevorzugt kleiner als 75° und besonders bevorzugt kleiner als 60° ist. Auf diese Weise lässt sich das benötigte Bauteilvolumen für die Notfallentlüftung so gering wie möglich halten.

[0045] Fig. 6 zeigt einen Längsschnitt durch den Ventilgrundkörper 300 entlang der Befüllleitung. Der gestrichelte Bereich 602 kennzeichnet den Verschneidungsbereich der Befüllleitung in dem sich die erste Teilleitung 306 und 308 schneiden. In der dargestellten Ausführungsform schneiden sich die beiden Teilleitungen 306 und 308 unter einem Winkel von mehr als 90° und bevorzugt in einem Bereich von 95° und 105°. Dieser Winkelbereich ermöglicht es, eine möglichst kurze Befüllleitung und einen möglichst kompakten Aufbau des Ventilgrundkörpers 300 mit einem möglichst geringen Druckabfall im Verschneidungsbereich 602 zu kombinieren.

[0046] Ferner sind im dargestellten Ausführungsbeispiel, die Durchmesser der Teilleitungen 306 und 308 so gewählt, dass der Querschnitt der ersten Teilleitung 306 kleiner ist als der Durchmesser der zweiten Teilleitung 308. Wie vorstehend in Abschnitt 3 beschrieben vereinfacht das die Fertigung der Befüllleitung und verringert die Wahrscheinlichkeit, dass bereits geringe Fertigungsabweichungen zu einer Verengung des effektiven Leitungsquerschnitts im Verschneidungsbereich führen. Im dargestellten Beispiel beträgt der Durchmesser der zweiten Teilleitung 308 5mm und der der ersten Teilleitung 3,5 mm. Die oben in Abschnitt 3 beschriebene Vorteile lassen sich aber auch mit anderen wie oben beschriebenen Durchmessern erzielen.

[0047] Um die Befülleigenschaften und insbesondere den Druckabfall im Verschneidungsbereich 604 weiter zu verbessern wird die Verschneidungskante 604 wie nachstehend bei Fig. 7 und Fig. 8 beschrieben mit einem Entgratungsverfahren entgratet und abgerundet. Dies verringert das Entstehen von Strömungsturbulenzen im Verschneidungsbereich 602 und führt damit zu einem niedrigeren Druckabfall über die Befüllleitung. Zusätzlich sollte die innere Oberfläche der Befüllleitung möglichst glatt sein und beispielsweise eine Rauigkeit von höchstens Rz 20, bevorzugt von höchstens Rz 16 gemäß DIN EN ISO 1302 2002-06 aufweisen.

[0048] Um den Verschneidungsbereich 602 zu entgraten und abzurunden und insbesondere die Verschneidungskante 604 abzurunden, kann ein Entgratungsverfahren wie oben in Abschnitt 3 beschrieben verwendet werden. Versuche der Erfinder haben gezeigt, dass es besonders vorteilhaft ist, die Befüllleitung in einem ersten Schritt thermisch zu entgraten (beispielsweise über Explosionsentgratung) und die Befüllleitung anschließend elektro-chemisch zu entgraten. Hierbei kann wie oben in Abschnitt 3 beschrieben ein Elektrolyt, bevorzugt NaNO_3 , bei einem Druck von zumindest 1 Bar zum Einsatz kommen. Für die Entgratung kann ein elektrischer Strom von zumindest 5 Ampere bei einer Spannung größer als 10 Volt und einer Prozessdauer von mehr als 5 Sekunden verwendet werden. Besonders vorteilhaft waren die folgenden Prozessparameter: 12 Volt, 7,5 Am-

pere und eine Prozessdauer von 10 Sekunden.

[0049] Fig. 7 zeigt eine vergrößerte photographische Aufnahme des Verschneidungsbereichs 602 in einem Testgrundkörper, an dem das oben beschriebene Entgratungsverfahren durchgeführt wurde. Durch das beschriebene Verfahren konnte die Verschneidungskante 604 sogar mit einem Radius von mehr als 0,35 mm abgerundet werden (siehe Fig. 8), was die Strömungseigenschaften im Verschneidungsbereich 602 der Befüllleitung signifikant verbessert.

[0050] Fig. 9 zeigt einen Vergleich der Tankgeschwindigkeit zwischen einem konventionellen Ventil (gestrichelte Linie 902) und einem Ventil gemäß der vorliegenden Erfindung (Linie 904). Bei einem Systemdruck von 70 MPa und einem Tankvolumen von 140 l lässt sich der Tank mit dem erfindungsgemäßen Ventil fast doppelt so schnell auf einen Füllstand von 90% befüllen wie das mit einem konventionellen Ventil möglich ist. Dadurch lässt sich trotz der vielen Funktionen, die in ein modernes Multifunktionsventil für H₂-Antriebssysteme intergriert sind, die Stillstandzeit beim Tanken signifikant reduzieren, was ein entscheidender Vorteil von H₂-Antrieben im Vergleich zu batteriebetriebenen Fahrzeugen darstellt.

Patentansprüche

1. Grundkörper für ein Ventil für einen Behälter oder ein System zum Speichern von Wasserstoff-, H₂, Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa, aufweisend:

eine Gasentnahmeleitung; und
eine Gasbefüllleitung, wobei die Gasbefüllleitung eine erste Teilleitung und eine zweite Teilleitung aufweist; und
wobei die erste Teilleitung die zweite Teilleitung unter einem Winkel von mindestens 90°, bevorzugt unter einem Winkel im Bereich von 95° bis 105°, in einem Verschneidungsbereich im Inneren des Grundkörpers schneidet; und
wobei der Verschneidungsbereich entgratet und bevorzugt abgerundet ist.

2. Ventilgrundkörper nach Anspruch 1, wobei der Verschneidungsbereich durch ein Entgratungsverfahren, das einen thermischen Entgratungsschritt bevorzugt gefolgt von einem elektro-chemischen Entgratungsschritt umfasst, entgratet und abgerundet wird.
3. Ventilgrundkörper nach Anspruch 1, wobei eine Kante des Verschneidungsbereichs einen Abrundungsradius von mindestens 0,15 mm, bevorzugt von mindestens 0,2 mm, mehr bevorzugt von mindestens 0,3 mm und noch mehr bevorzugt von mindestens von 0,35 mm aufweist.

4. Ventilgrundkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Grundkörper einen Ventilkopf und einen Ventilhals aufweist;

5 wobei sich der Ventilkopf im eingebauten Zustand des Ventils über den Behälter erstreckt und sich der Ventilhals in den Behälter erstreckt; und
wobei der Ventilkopf eine Dicke von höchstens 50 mm bevorzugt von höchstens 40 mm aufweist; und / oder
10 wobei der maximale Radius des Ventilkopfes kleiner als 63 mm, bevorzugt kleiner als 55 mm und mehr bevorzugt kleiner als 52 mm ist.

- 15 5. Ventilgrundkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 - 4,
wobei die erste Teilleitung mit einem Befüllanschluss des Grundkörpers verbunden ist, der an einer ersten Seitenfläche des Ventilkopfes angeordnet ist und wobei sich die zweite Teilleitung in dem Ventilhals erstreckt.

- 20 6. Ventilgrundkörper nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei an der Oberseite des Ventilkopfes eine Aufnahme oder Schlüsselfläche zum Einschrauben des Ventils in den Behälter mit einem Schlüsselwerkzeug umfasst.

- 25 7. Ventilgrundkörper nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei der Durchmesser der zweiten Teilleitung im Bereich von 3 mm bis 8 mm, bevorzugt im Bereich von 4 mm bis 6 mm und mehr bevorzugt im Bereich von 4,5 mm bis 5,5 mm liegt; und / oder;
30 wobei die erste Teilleitung einen kleineren Querschnitt aufweist als die zweite Teilleitung; und / oder
wobei der Durchmesser der ersten Teilleitung im Bereich von 1 mm bis 7 mm, bevorzugt im Bereich von 3 mm bis 5 mm und mehr bevorzugt im Bereich von 3,5 mm bis 4,5 mm liegt; und / oder
35 wobei die Länge der ersten Teilleitung kleiner als 25 mm ist, bevorzugt kleiner als 20 mm und mehr bevorzugt kleiner als 15 mm ist.

- 40 8. Ventilgrundkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Oberfläche der Innenseite der Befüllleitung eine Oberflächenrauheit von höchstens Rz 20, bevorzugt von höchstens Rz 16 gemäß DIN EN ISO 1302 2002-06 aufweist.

- 45 9. Ventilgrundkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die zweite Teilleitung mit einem Anschluss für eine Druckentlastungsvorrichtung verbunden ist, der an einer zweiten Seitenfläche des Ventilkopfes angeordnet ist, wobei die zweite Seitenfläche bevorzugt im Wesentlichen gegenüber zur ersten Seitenfläche angeordnet ist; und / oder
50

wobei eine Notfallentlüftungsleitung den Anschluss für die Druckentlastungsvorrichtung unter einem Winkel schneidet, der kleiner als 90°, bevorzugt kleiner als 75° und besonders bevorzugt kleiner als 60° ist.

10. Ventilgrundkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Entnahmeleitung eine dritte Teilleitung und eine vierte Teilleitung umfasst, wobei sich die dritte Teilleitung im Ventilhalbs erstreckt und sich die vierte Teilleitung im Ventilkopf zwischen zwei sich gegenüberliegenden Entnahmeanschlüssen erstreckt; und

wobei die dritte Teilleitung mit der vierten Teilleitung über einen Anschluss für ein manuelles Absperrventil und einen weiteren Anschluss für ein magnetisches Absperrventil verbunden ist, die beide ebenfalls an weiteren Außenseiten des Ventilkopfes angeordnet sind.

11. Ventilgrundkörper nach dem vorhergehenden Anspruch, ferner umfassend einen Anschluss für ein Ablassventil, wobei der Anschluss für das Ablassventil die zweite Teilleitung mit der vierten Teilleitung verbindet.

12. Ventilgrundkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Grundkörper im Wesentlichen aus einer Aluminiumlegierung, bevorzugt aus 3.2315 EN gefertigt ist und / oder wobei die Oberfläche des Grundkörper mit einer EN 2536:1995-09 Beschichtung beschichtet ist, die eine Dicke im Bereich von 20 bis 50 µm bevorzugt von 25 bis 40 µm aufweist.

13. Multifunktionsventil für einen Behälter oder ein System zum Speichern von Wasserstoff-, H₂, Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa aufweisend:

- einen Ventilgrundkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche; und

eine oder mehrere der folgenden Komponenten:

- ein manuelles Absperrventil;
- ein magnetisches Absperrventil;
- ein manuelles Ablassventil;
- ein Temperatursensor, der sich im eingebauten Zustand des Ventils durch den Ventilhalbs in den Behälter erstreckt;
- einen Drucksensor;
- eine Druckentlastungsvorrichtung, bevorzugt thermisch ausgelöst;
- ein Durchflussbegrenzer, bevorzugt mit integriertem Filter.

14. Verfahren zur Herstellung eines Ventils für einen Behälter oder ein System zum Speichern von Wasser-

stoff-, H₂, Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa, aufweisend die folgenden Schritte:

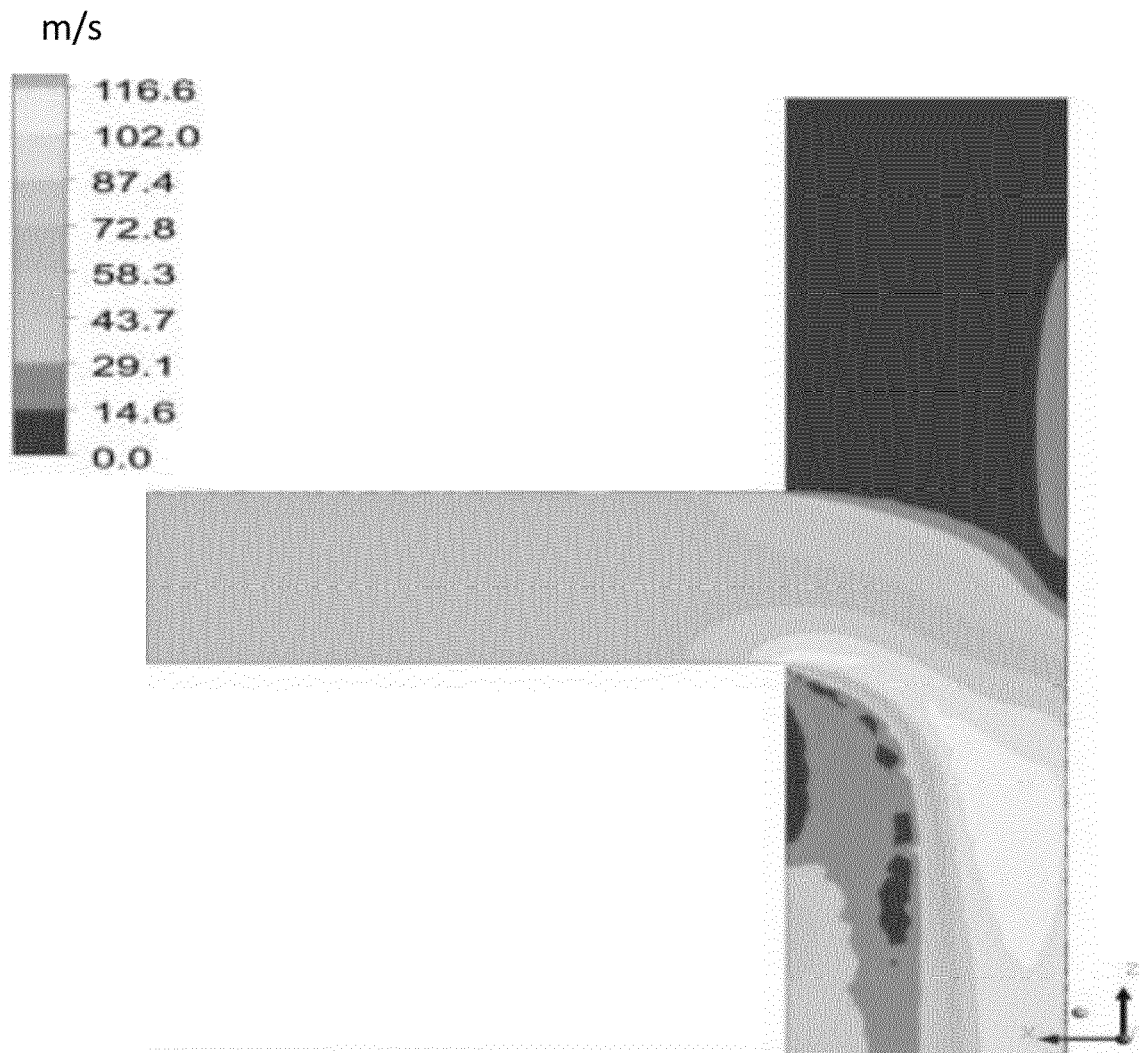
Erzeugen einer Gasentnahmeleitung in einem Ventilgrundkörper;

Bilden einer Gasbefüllleitung in dem Ventilgrundkörper, durch Erzeugen einer ersten Teilleitung und einer zweiten Teilleitung in dem Ventilgrundkörper, so dass die erste Teilleitung die zweite Teilleitung unter einem Winkel von mindestens 90°, bevorzugt unter einem Winkel im Bereich von 95° bis 105° schneidet; und Entgraten und Abrunden des Verschneidungsbereichs, wobei das Entgraten bevorzugt thermisch erfolgt, bevorzugt gefolgt von einem elektrochemischen Entgraten und Abrunden des Verschneidungsbereichs.

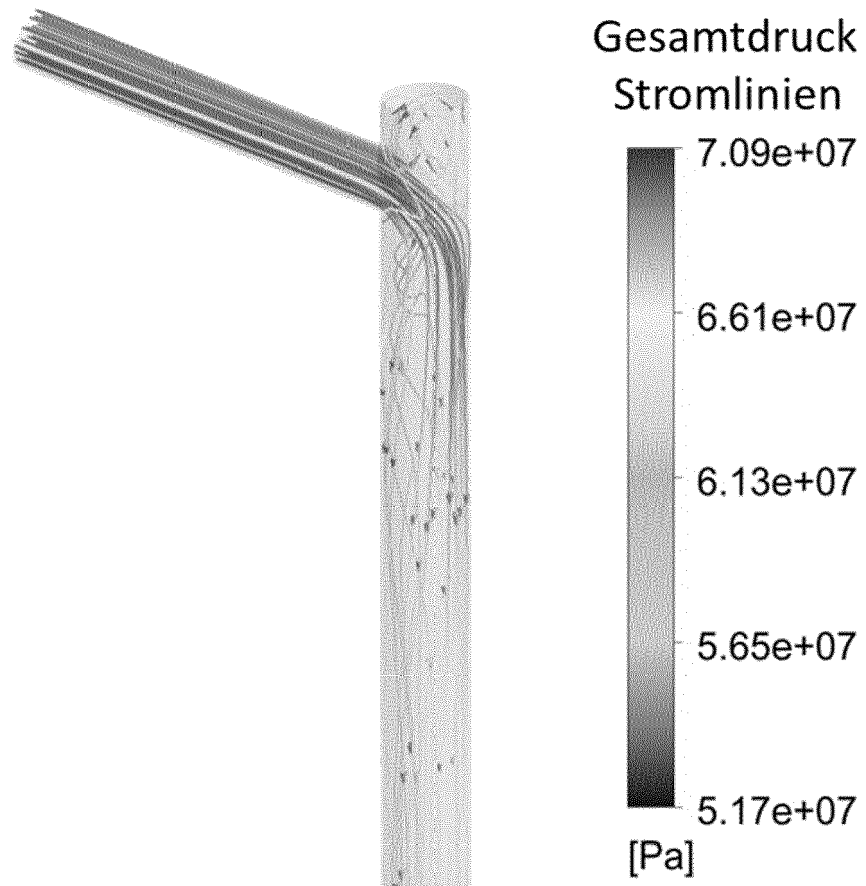
15. Wasserstoffspeichersystem, umfassend:

zumindest zwei Behälter zum Speichern von Wasserstoff-, H₂, Gas bei einem Druck von mindestens 30 MPa;

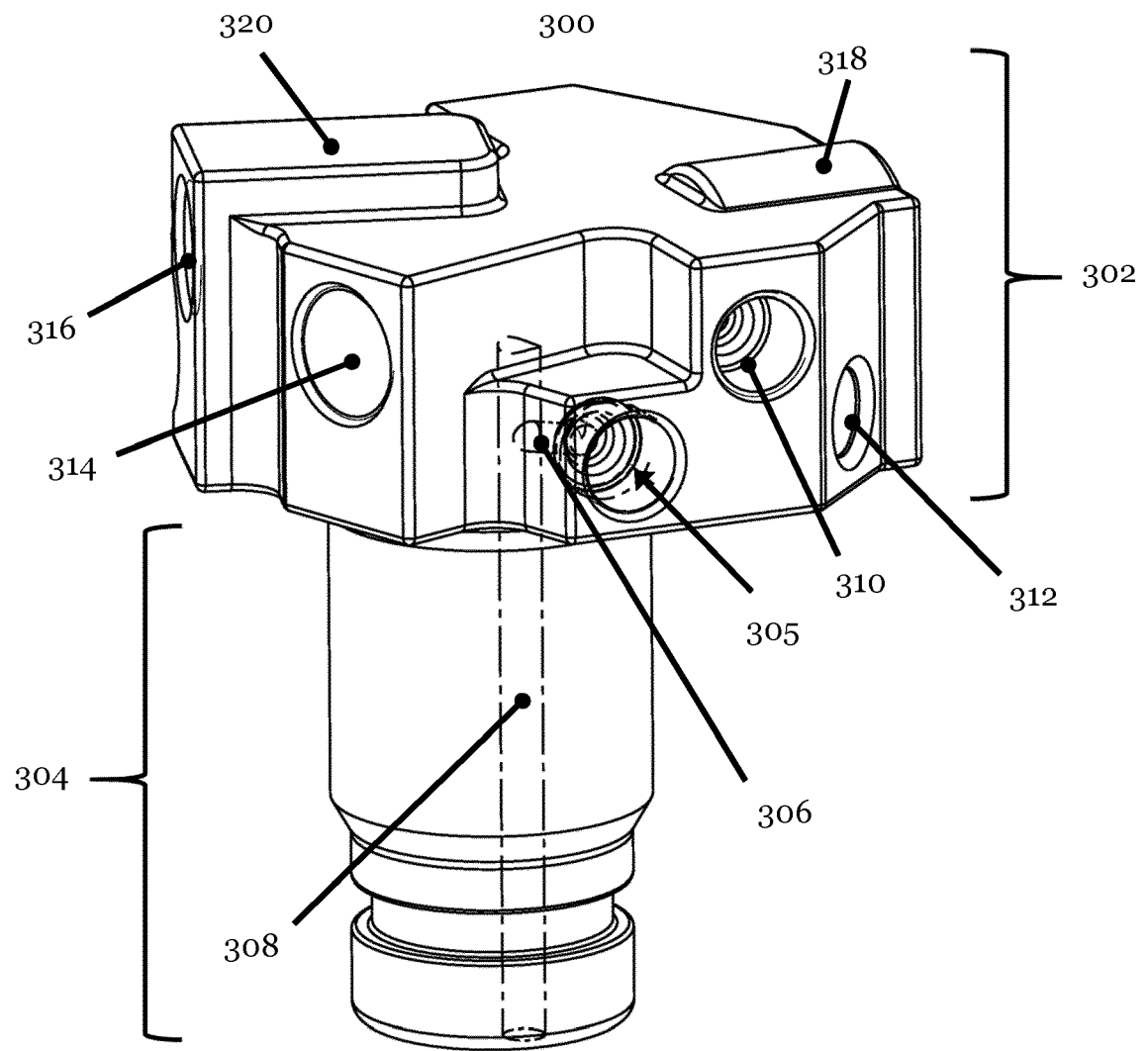
einen Wasserstoffverteiler der die zumindest zwei Behälter miteinander verbindet; und ein Multifunktionsventil nach Anspruch 13, das dem Wasserstoffverteiler im Entnahmepfad nachgeschaltet ist.



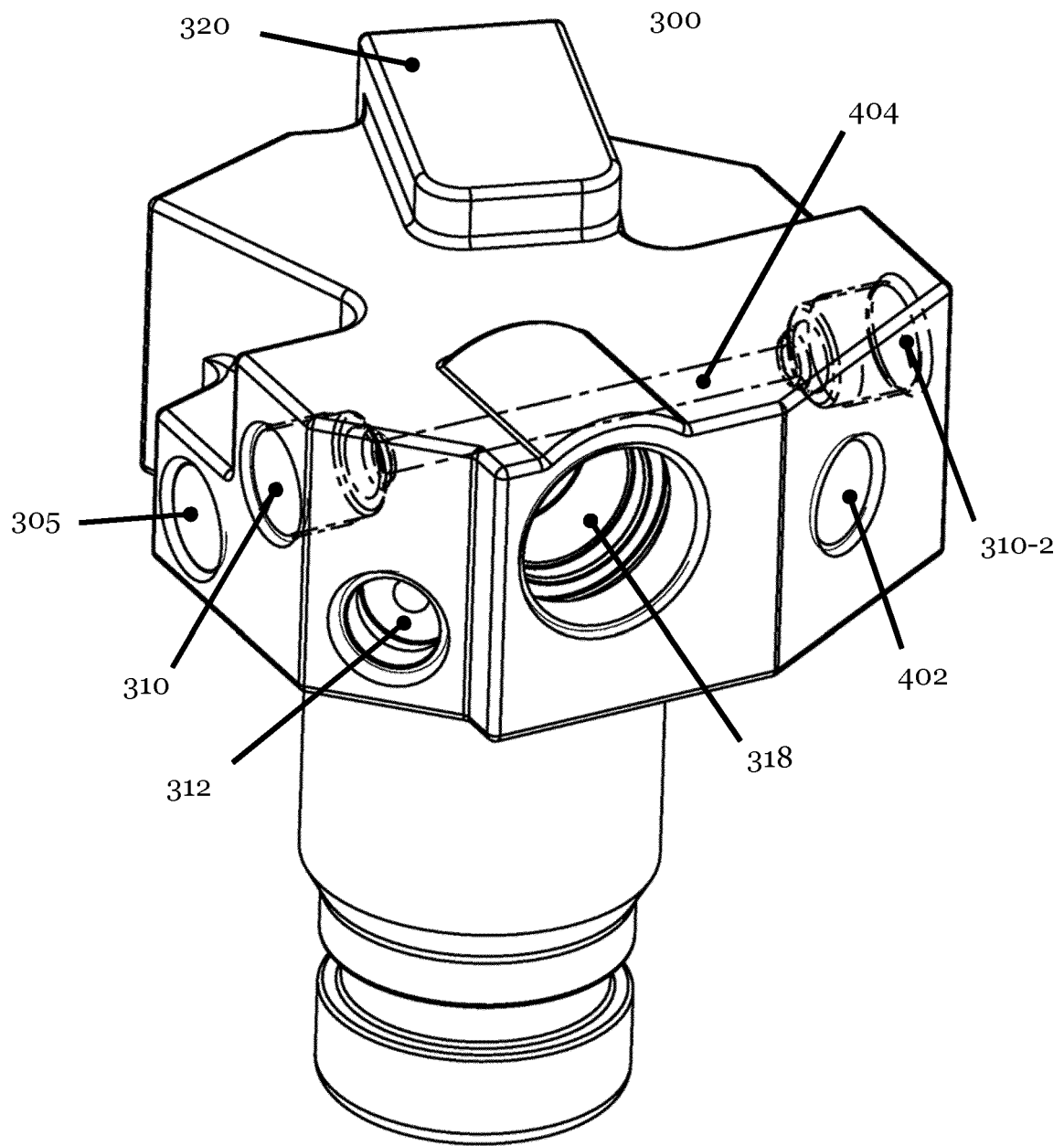
Figur 1



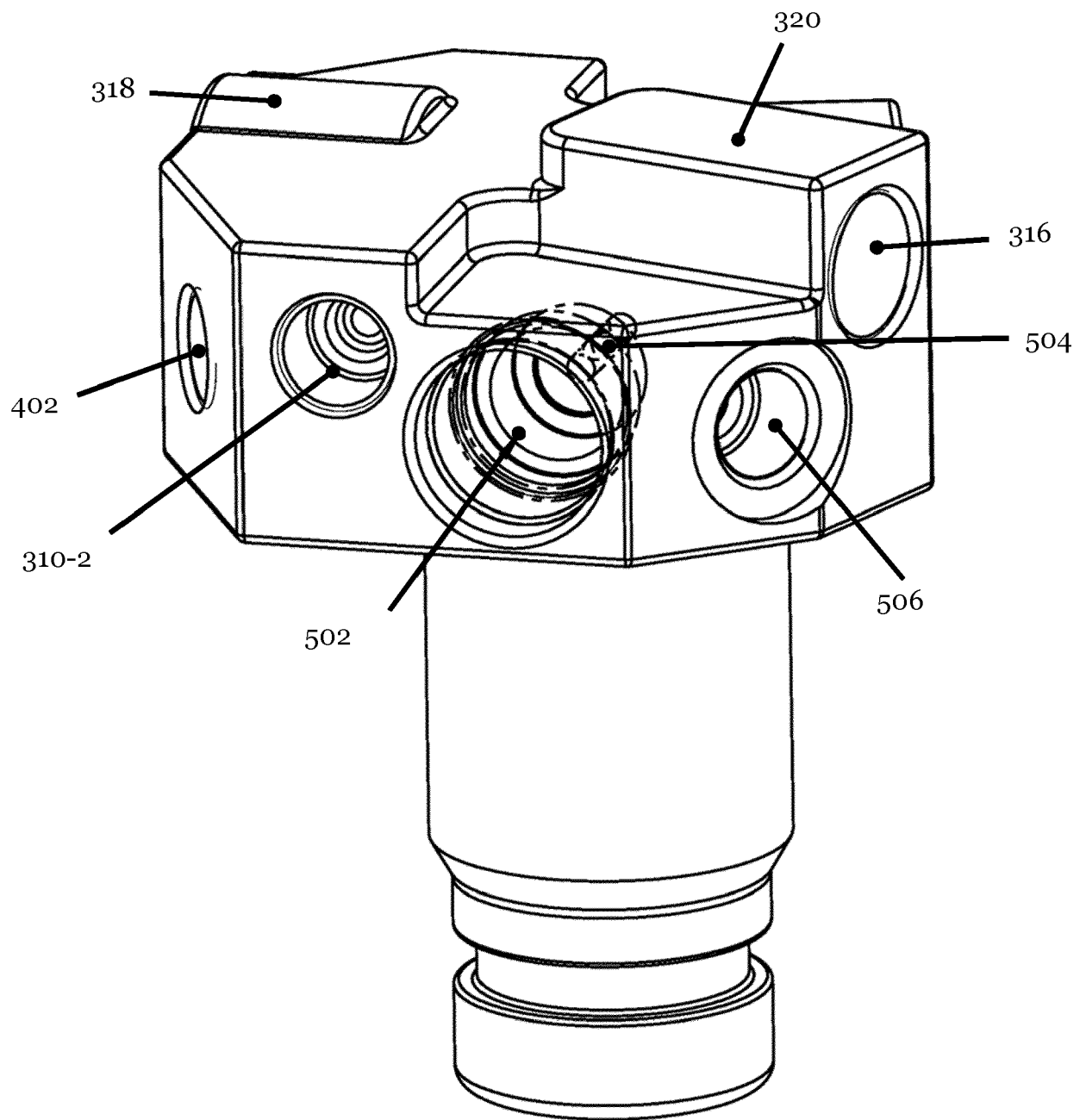
Figur 2



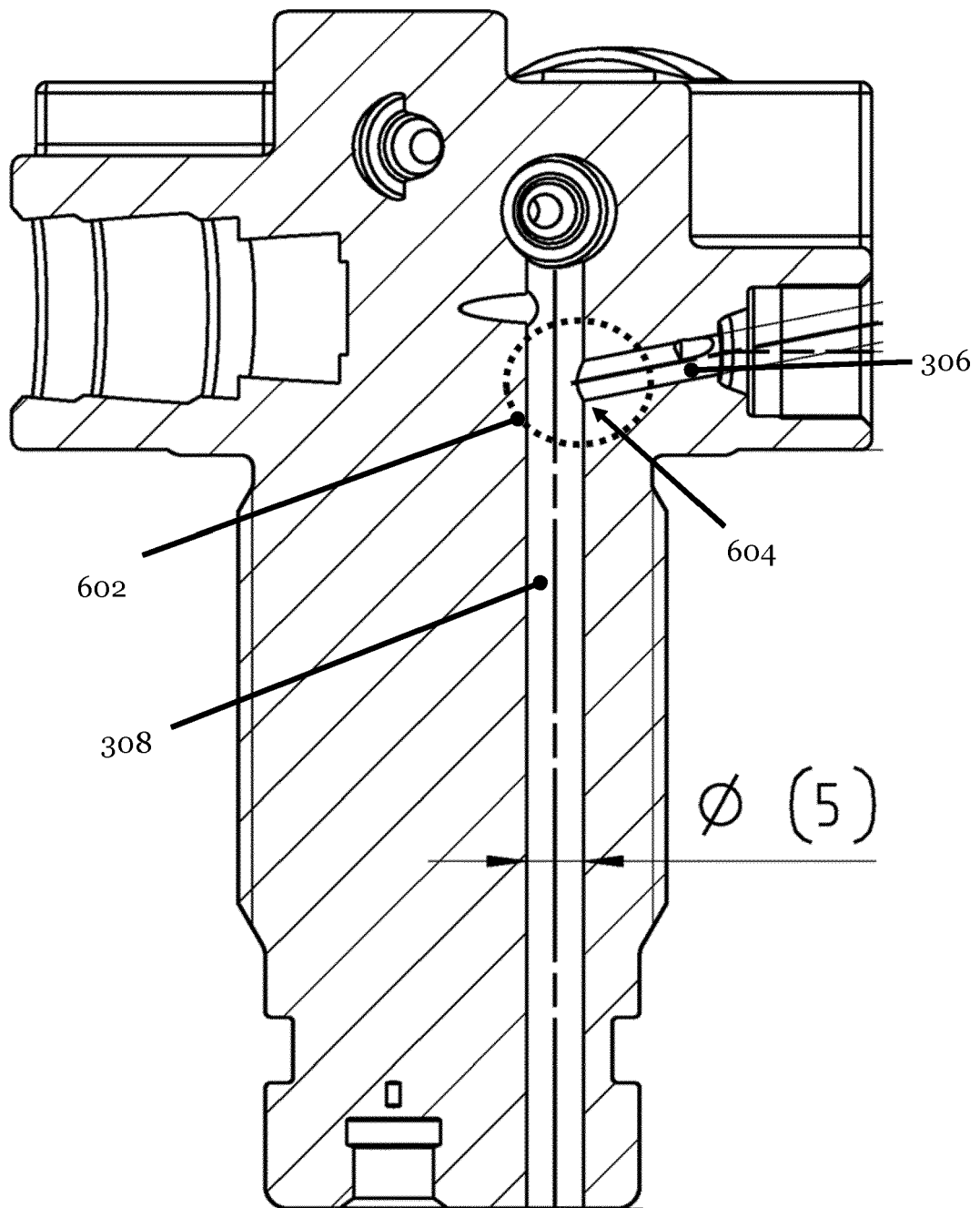
Figur 3



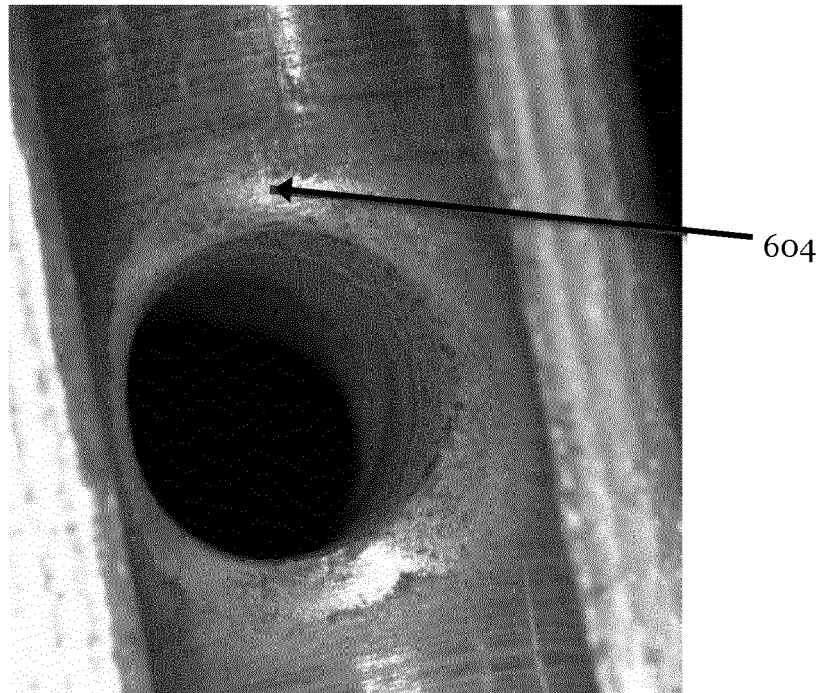
Figur 4



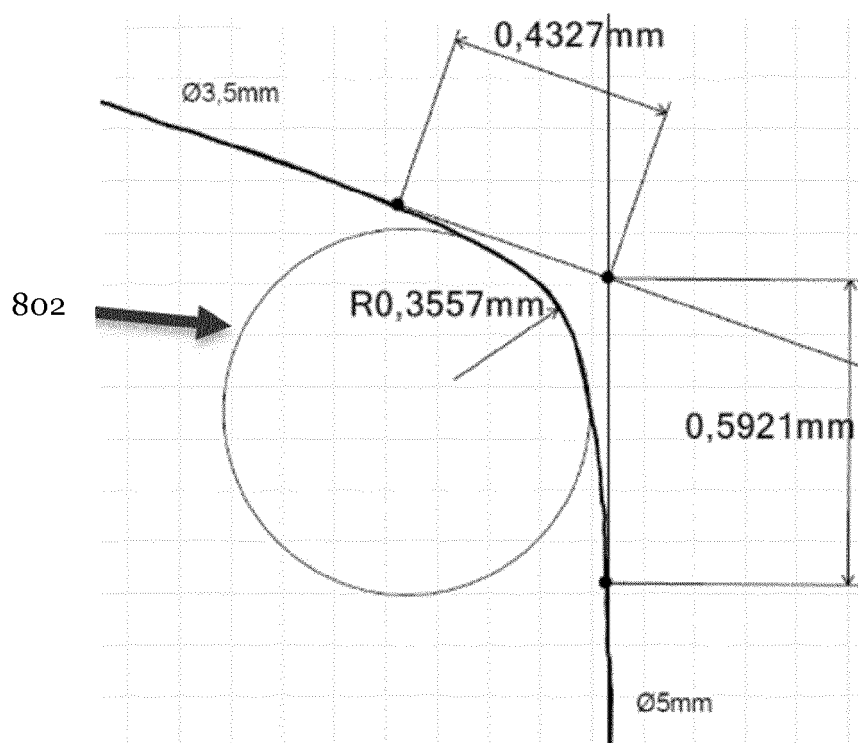
Figur 5



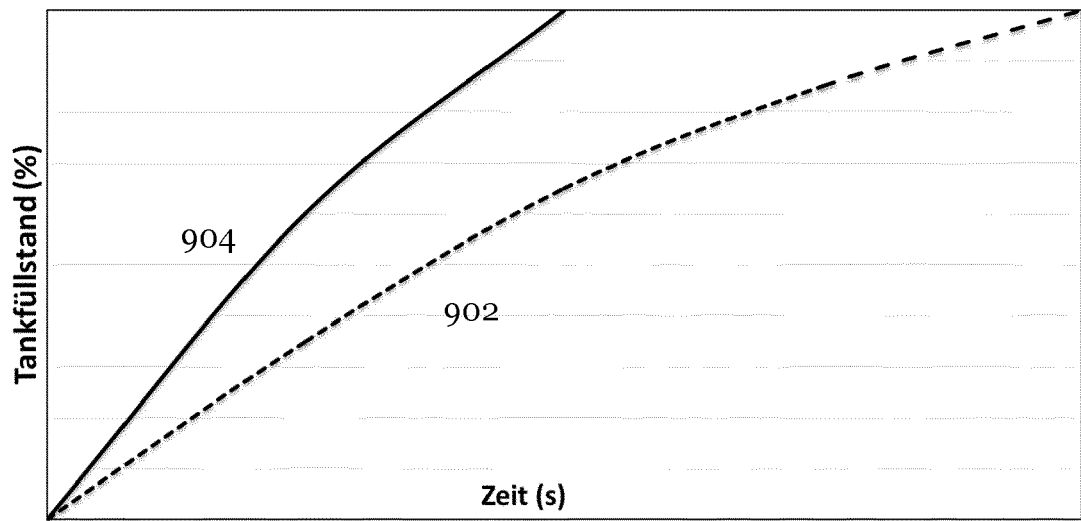
Figur 6



Figur 7



Figur 8



Figur 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 21 16 6232

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	AU 605 918 B2 (MYTTON S LIMITED) 24. Januar 1991 (1991-01-24) * das ganze Dokument *	1-15	INV. F17C13/04
A	GB 2 555 514 A (LUXFER GAS CYLINDERS LTD [GB]) 2. Mai 2018 (2018-05-02) * Absatz [0071] *	1-15	
A	US 2 155 179 A (BUTTNER WILLIAM C ET AL) 18. April 1939 (1939-04-18) * Abbildung 2 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F17C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. September 2021	Prüfer Ott, Thomas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 21 16 6232

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-09-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	AU 605918 B2	24-01-1991	KEINE	

15	GB 2555514 A	02-05-2018	GB 2555514 A	02-05-2018
			WO 2018020267 A1	01-02-2018

	US 2155179 A	18-04-1939	KEINE	

20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1943446 A [0004]
- EP 2857727 A [0005]
- EP 3324086 A [0005]
- EP 3077713 A [0005]
- US 9371913 B [0005]