(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 526730 A2 2024-06-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50912/2023
(22) Anmeldetag: 13.11.2023
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2024

(51) Int. Cl.: ***F17C 5/02*** (2006.01)
F17C 7/02 (2006.01)
F17C 13/04 (2006.01)

(30) Priorität:
01.12.2022 AT GM 86/2022 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102019125184 A1
US 5572875 A
US 4956975 A
WO 0159357 A1

(71) Patentanmelder:
Zieger Andreas
8321 Hofstätten an der Raab (AT)

(72) Erfinder:
Zieger Andreas
8321 Hofstätten an der Raab (AT)

(74) Vertreter:
Schwarz & Partner Patentanwälte GmbH
1010 Wien (AT)

AT 526730 A2 2024-06-15

(54) Kryotank

(57) Die Erfindung betrifft einen Kryotank (100) mit Kryoventilen (7, 12, 17, 19, 22, 23, 24) ohne Aktuator zur Leitung des Kraftstoffstroms bei der Betankung und bei der Entnahme in unterschiedlichen Ausführungsvarianten, wobei das Betankungsrückschlagventil (7) und das bei Bedarf parallel hierzu angeordnete entsperrbare Rückgasrückschlagventil (12) und das bei Bedarf vorhandene Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) die Betankung steuern und die Rohrbruchsicherung (17) und das parallel angeordnete entsperrbare Entnahmerückschlagventil (19) oder die parallel angeordnete Drossel (23) der das parallel angeordnete Entnahmerückschlagventil (24) und das bei Bedarf vorhandene Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) die Entnahme steuern, wobei die Kryoventilen (7, 12, 17, 19, 22, 23, 24) in einem mit dem Einfüllstutzen (5) in Verbindung stehenden Bauraum angeordnet sind und wobei alle Kryoventile (7, 12, 17, 19, 22, 23, 24) nach Entfernung der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) entnehmbar sind.

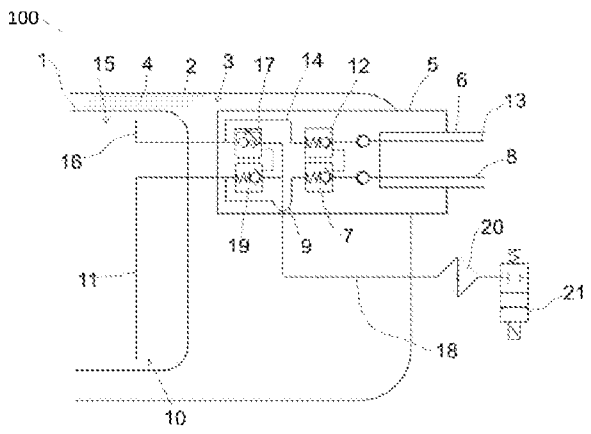


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Kryotank (100) mit Kryoventilen (7, 12, 17, 19, 22, 23, 24) ohne Aktuator zur Leitung des Kraftstoffstroms bei der Betankung und bei der Entnahme in unterschiedlichen Ausführungsvarianten, wobei das Betankungsrückschlagventil (7) und das bei Bedarf parallel hierzu angeordnete entsperrbare Rückgasrückschlagventil (12) und das bei Bedarf vorhandene Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) die Betankung steuern und die Rohrbruchsicherung (17) und das parallel angeordnete entsperrbare Entnahmerückschlagventil (19) oder die parallel angeordnete Drossel (23) der das parallel angeordnete Entnahmerückschlagventil (24) und das bei Bedarf vorhandene Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) die Entnahme steuern, wobei die Kryoventilen (7, 12, 17, 19, 22, 23, 24) in einem mit dem Einfüllstutzen (5) in Verbindung stehenden Bauraum angeordnet sind und wobei alle Kryoventile (7, 12, 17, 19, 22, 23, 24) nach Entfernung der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) entnehmbar sind.

(Fig. 1)

32189-AT

Kryotank

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Kryotank zur Aufnahme, Speicherung und Abgabe eines kryogenen Mediums, insbesondere einen Kryotank zur Aufnahme von kryogenem Wasserstoff, und ein Verfahren zum Befüllen und Entleeren eines Kryotanks mit einem kryogenem Medium nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Ein Kraftstoffversorgungssystem für kryogene Kraftstoffe wie z.B. LNG (flüssiges Erdgas) oder LH_2 (flüssiger Wasserstoff) umfasst im Allgemeinen einen doppelwandigen Behälter mit einem Innentank zur Aufnahme des Kraftstoffs, einen Außentank mit einem dazwischen angeordneten vakuumisolierten Raum mit einer Isolation zur Verringerung des Wärmeeintrags in den Innentank, einer Innentankaufhängung zur Positionierung des Innentanks im Außentank, einen wärmeisolierten Einfüllstutzen (Johnson-Cox-Kupplung) am Außentank zur Aufnahme einer kryotankseitigen Betankungskupplung samt Schaltkomponenten, Schaltkomponenten zur Steuerung des Massenstroms bei der Betankung, Schaltkomponenten zur Steuerung des Massenstroms bei der Entnahme, Schaltkomponenten zur Begrenzung des Innentankdrucks, einen Innentank-Wärmetauscher und dazugehörige Schaltkomponenten zur Aufrechterhaltung des Innentankdrucks, einen Wärmetauscher zur Erwärmung des Kraftstoffs für den Verbraucher, Leitungen zur Verbindung der einzelnen Schaltkomponenten und Wärmetauscher sowie Sensoren zur Steuerung der Massenströme, zur Überwachung und zur Diagnose.

Derartige Kraftstoffspeichersysteme für kryogene Kraftstoffe sind u.a. aus DE102020206689, DE102009012380 und dgl. bekannt, wobei sich die einzelnen Anmeldungen u.a. hinsichtlich des Verschaltungssystems für die Betankung und die Entnahme, d.h. Art, Anzahl und Anordnung der Schaltkomponenten, voneinander unterscheiden: DE102020206689 offenbart ein angesteuertes Kryo-Schaltventil für die gasförmige Phase und ein angesteuertes Kryo-Schaltventil für die flüssige Phase, wobei die Kryoventile bei der Betankung durch den Kraftstoffstrom aufgedrückt werden und wobei zur kontinuierlichen Entleerung ein Steuergerät die Entnahme bei hohem Innentankdruck bevorzugt über das Kryoventil für die gasförmige Phase und bei niedrigem Innentankdruck bevorzugt über das Kryo-Schaltventil für die flüssige Phase ermöglicht. DE102009012380 offenbart ein Phasenübertragungsventil mit einem dynamisch abzudichtendem Referenzdruckelement, das ohne Beeinflussung durch ein Steuergerät die Entnahme von gasförmigem Kraftstoff bei hohem Innentankdruck und die Entnahme von flüssigem Kraftstoff bei geringem Innentankdruck ermöglicht.

Ein gemeinsames Merkmal der beiden Anmeldungen ist die Verwendung von Schaltkomponenten mit Aktuator im tiefkalten Befüll- und Entnahmepfad. Ein weiteres gemeinsames Merkmal der beiden Anmeldungen ist die Anordnung der Schaltkomponenten zur Steuerung des Betankungs- und des Entnahmevorgangs im vakuumisolierten Raum zwischen dem Innentank und dem Außentank. Die Schaltkomponenten sind i.A. so aufgebaut, dass die für die Dichtheit verantwortlichen Einzelteile im verbauten Zustand entnehmbar sind und im Betrieb trotz der tiefkalten Temperatur des Kraftstoffs keine Kaltstelle mit Verflüssigung oder Kondensation von Luftbestandteilen an der Umgebungsseite des Ventils erfolgt.

Die Nachteile von Kryo-Schaltventilen, wie z.B. in EP 1801478 gezeigt, sind der enorme Platzbedarf des Ventils zur Vermeidung von Kaltstellen an der Umgebungsseite, die Kosten des Kryoventils, die Kosten für das Verschweißen der Ventilgehäuse und der Verbindungsleitungen, die Kosten für die Prüfung der Schweißnähte, die Störung der Isolation und dadurch die Verminderung der Isolationswirkung bei einer Anordnung der Kryoventile im Isolationsraum und das Gewicht.

Die Nachteile des Kryo-Phasenübertragungsventils, umgangssprachlich auch „Economizer" genannt, wie z.B. in DE102009012380 gezeigt, sind ebenfalls der enorme Platzbedarf des Ventils zur Vermeidung von Kaltstellen an der Umgebungsseite, die Kosten des Kryo-Phasenübertragungsventils, die Kosten für das Verschweißen der Ventilgehäuse und der Verbindungsleitungen, die Kosten für die Prüfung der Schweißnähte, die Störung der Isolation bei einer Anordnung der Kryoventile im Isolationsraum, das dynamisch abzudichtende Referenzdruckelement und das Gewicht.

Technische Aufgabe

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden und durch die Vermeidung von Schaltorganen mit Aktuator, von Arbeitsschritten und von Prüfvorgängen einen Kryotank und ein Verfahren für die Befüllung und Entleerung dieses Kryotanks bereitzustellen.

Erfindungsgemäß wird die vorliegende Aufgabe durch Bereitstellung eines Kryotanks nach Anspruch 1 und durch die Bereitstellung eines Verfahrens für die Befüllung und die Entleerung dieses Kryotanks mit den Merkmalen der Ansprüche 8 bis 13 gelöst.

Technische Lösung

Die Aufgabe wird durch den Einsatz von Schaltkomponenten ohne Aktuator statt von Schaltorganen mit Aktuator, deren Positionierung in einem vorhandenen wärmeisolierten

Bauteil, deren Zugänglichkeit und deren Durchströmung zur Betankung und zur kontinuierlichen Entleerung des Kryotanks gelöst.

Die Aufgabe wird durch den Einsatz von Rückschlagventilen, entsperrbaren Rückschlagventilen, einer Rohrbruchsicherung oder einer Drossel in zweckgerichteter Anordnung statt von elektromechanischen, elektropneumatischen oder elektrohydraulischen Absperrventilen und einem Innentankdruckregelventil gelöst, wobei die Schaltorgane zur Steuerung des Kraftstoffstroms bei der Betankung und/oder bei der Entnahme in unterschiedlichen Ausführungsvarianten im Einfüllstutzen angeordnet sind und wobei alle Kryoventile nach Entfernung der fahrzeugseitigen Betankungskupplung entnehmbar sind. Die Kryoventile werden zu einem kompakten Ventilblock zusammengeführt, wobei der Ventilblock das Gehäuse der Schaltorgane bildet oder die Schaltorgane mit Gehäuse aufnimmt und wobei Bohrungen im Ventilblock die geschweißten Leitungen nach dem Stand der Technik ersetzen und die einzelnen Schaltkomponenten verbinden. Der Ventilblock oder der Einfüllstutzen kann weiters andere Komponenten des Kryotanks, wie z.B. das Absperrventil, die Ventile zur Begrenzung des Innentankdruck, die Ventile zur Aufrechterhaltung des Innentankdrucks, den Wärmetauscher und dgl., enthalten.

Der Kryotank kann, abhängig vom Druckniveau, mit der flüssigen Phase oder der überkritischen Phase befüllt werden, wobei bei der zweiflutigen Betankung die flüssige oder überkritische Phase von der Tankstelle zum Innentank und die gasförmige Phase vom Innentank zur Tankstelle strömt und wobei bei der einflutigen Betankung die flüssige oder überkritische Phase von der Tankstelle zum Innentank und kein Kraftstoff vom Innentank zur Tankstelle strömt. Bei Bedarf kann der Kryotank zur Erhöhung des Drucks am Ende der Betankung mit der gasförmigen Phase befüllt werden. Nach der Betankung bzw. im Betrieb wird je nach Druckniveau, Entnahmemenge, Schaltorgangen und Wärmetauscherleistung die gasförmiger und/oder die überkritische und/oder oder die flüssige Phase entnommen.

In einer bevorzugten Ausführungsform strömt bei der Betankung flüssiger oder überkritischer Kraftstoff von der Tankstelle über ein Betankungsrückschlagventil zum Innentank und bei Bedarf gasförmiger oder überkritischer Kraftstoff über ein entsperrtes Rückgasrückschlagventil vom Innentank zur Tankstelle. In einer bevorzugten Ausführungsform strömt bei der Entnahme gasförmiger oder überkritischer Kraftstoff über eine Rohrbruchsicherung und bei Bedarf überkritischer oder flüssiger Kraftstoff über ein entsperrtes Rückschlagventil oder eine Drossel zum Verbraucher.

Der Einfüllstutzen des Kryotanks ist ein rohrförmiger Bauteil, dessen außentankseitiges Ende dicht mit dem Außentank und dessen innentankseitiges Ende dicht mit den Leitungen verbunden ist. Die tankseitige Betankungskupplung ist dicht am außentankseitigen Ende des Einfüllstutzens befestigt und erstreckt sich durch den rohrförmigen Mittelteil des Einfüllstutzens bis zum innentankseitigen Ende des Einfüllstutzens, wo die

Leitungsverbindung erfolgt. Die tankseitige Betankungskupplung, wie z.B. in DE4104766 dargestellt, umfasst i.A. Ventile für die Betankung und die Abdichtung, die (teilweise) durch die tankstellenseitige Betankungskupplung betätigt werden. Der rohrförmige Mittelteil des Einfüllstutzens ist mit geringer Wandstärke ausgeführt, um eine Kaltstelle an der Außenseite zu verhindern.

Durch das Betankungsrückschlagventil für die Befüllung und das entsperrbare Rückgasrückschlagventil für die Gasrückführung bei einer zweiflutigen Betankung erfolgt die Steuerung der Betankung ausschließlich durch die Tankstelle und benötigt keine Energieversorgung des Kryotanks.

Durch die Rohrbruchsicherung und das entsperrbare Entnahmerückschlagventil bzw. die Drossel erfolgt eine kontinuierliche Entleerung des Kryotanks, wobei das Umschalten von der Gasentnahme zur Flüssigentnahme entweder ohne äußeren Eingriff selbsttätig aufgrund eines Druckabfalls bei der Durchströmung der Rohrbruchsicherung oder mit äußeren Eingriff durch eine kurzfristige und von einem Steuergerät eingeleitete Anhebung der Entnahmemenge über der das Schließen der Rohrbruchsicherung beim jeweiligen Druck im Innentank auslösenden Entnahmemenge erfolgt.

Durch die Verwendung von Rückschlagventilen, entsperrbaren Rückschlagventilen, einer Rohrbruchsicherung und einer Drossel statt elektromechanischer, elektropneumatischer oder elektrohydraulischer Absperrventile und/oder eines Phasenübertragungsventils im Kryotank ist für die Betankung und für die Entnahme nur ein Absperrventil mit Aktuator, vorzugsweise in Strömungsrichtung nach dem Wärmetauscher angeordnet, erforderlich.

Durch die Verwendung von Schaltkomponenten ohne Aktuator, die in einem Ventilblock innerhalb des Einfüllstutzens angeordnet sind, wird eine erhebliche Kostenreduktion durch den Entfall von Komponenten, wie z.B. der Leitungen, durch den Entfall von Arbeitsschritten, wie z.B. das Verschweißen der Leitungen, und durch den Entfall von Prüfvorgängen, wie z.B. die Prüfung der Leitungsschweißnähte, erreicht.

Durch die Anordnung der Schaltorgane in einem Ventilblock entsteht eine handhabbare Baugruppe mit kompaktem Aufbau, einfacher Montage und einfacher Vorprüfung.

Durch den Aufbau wird nur eine zum Isolierraum dichtende Leitung zwischen dem Einfüllstutzen oder dem Ventilblock mit dem Innentank benötigt. Andere Leitungen zum Innentank können durch ein Steck- oder Schraubsystem verbunden und innerhalb der dichtenden Leitung angeordnet sein.

Durch die Anordnung der kryogenen Schaltorgane in einem Bauraum, der über den Einfüllstutzen zugängig ist, kann jedes kryogene Schaltorgan oder die gesamte Baugruppe in einfacher Weise getauscht werden.

Durch die Anordnung der kryogenen Schaltorgane in einem Bauraum, der über den Einfüllstutzen zugängig ist, wird die Isolation nicht gestört und die Isolationswirkung verbessert.

Durch die Anordnung der kryogenen Schaltorgane in einem Bauraum, der über den Einfüllstutzen zugängig ist, wird die Vereisungsgefahr verringert.

Durch den Entfall der Gehäuse, der Aktuatoren und der Verbindungsleitungen sinkt das Gewicht des Kryotanks.

Durch den Entfall von Komponenten und Schweißnähten sinkt das Ausfallsrisiko.

Durch den offenbarten Aufbau sinken die Kosten des Kryotanks.

Ausführungsform

Der erfindungsgemäße Kryotank sowie alternative Ausführungsvarianten werden in weiterer Folge anhand der Figuren erläutert.

Figur 1 zeigt den erfindungsgemäßen Kryotank in einer bevorzugten Ausführungsform für eine zweiflutige Betankung mit einem Rückschlagventil und mit einem entsperrbaren Rückschlagventil im Betankungspfad, sowie einer Rohrbruchsicherung und einem entsperrbaren Rückschlagventil im Entnahmepfad.

Figur 2 zeigt eine alternative Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Kryotanks für eine zweiflutige Betankung mit einem Rückschlagventil und mit einem entsperrbaren Rückschlagventil im Betankungspfad, einer Rohrbruchsicherung und einem entsperrbaren Rückschlagventil im Entnahmepfad, sowie einem zusätzlichen Rückschlagventil für Befüllung und Entnahme.

Figur 3 zeigt eine weitere alternative Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Kryotanks für eine einflutige Betankung mit einem Rückschlagventil im Betankungspfad, sowie einer Rohrbruchsicherung und einem entsperrbaren Rückschlagventil im Entnahmepfad.

Figur 4 zeigt eine weitere alternative Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Kryotanks für eine einflutige Betankung mit einem Rückschlagventil im Betankungspfad, sowie einer Rohrbruchsicherung und einem entsperrbaren Rückschlagventil im Entnahmepfad.

Figur 5 zeigt den erfindungsgemäßen Kryotank aus Figur 1 für eine zweiflutige Betankung mit einem Rückschlagventil und mit einem entsperrbaren Rückschlagventil im Betankungspfad, sowie einer Rohrbruchsicherung und einer Drossel statt einem entsperrbaren Rückschlagventil im Entnahmepfad.

Figur 6 zeigt den erfindungsgemäßen Kryotank aus Figur 1 für eine zweiflutige Betankung mit einem Rückschlagventil und mit einem entsperrbaren Rückschlagventil im Betankungspfad, sowie einer Rohrbruchsicherung und einem Rückschlagventil statt einem entsperrbaren Rückschlagventil im Entnahmepfad.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines Kryotanks 100 für eine zweiflutige Betankung mit Gasrückführung zur Tankstelle, umfassend einen Innentank 1 zur Aufnahme des kryogenen Kraftstoffs bei einem bestimmten Druck bzw. Temperatur, einen Außentank 2 zur Begrenzung des vakuumisolierten Raums 3 zwischen dem Innentank 1 und dem Außentank 2 mit einer Isolation 4 zur Verringerung des Wärmeeintrags zum Innentank 1 und einen wärmeisolierten Einfüllstutzen 5 zur Aufnahme der tankseitigen Betankungskupplung 6. Im Einfüllstutzen 5 ist zur Befüllung des Innentanks 1 mit flüssigem oder überkritischem Kraftstoff ein Betankungsrückschlagventil 7 angeordnet, welches bei der Betankung aufgrund des Druckunterschiedes zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 durch den Betankungsstrom öffnet, den Innentank 1 ansonsten verschließt und einen Druckausgleich vom Einfüllstutzen 5 bzw. von der Betankungskupplung 6 zum Innentank 1 ermöglicht. Das Betankungsrückschlagventil 7 ist betankungskupplungsseitig mit der Betankungsleitung 8 der tankseitigen Betankungskupplung 6 und innentankseitig über die Befüllleitung 9 mit einer in einem Flüssigkeitsraum 10 des Innentanks 1 endenden Befüll- und Entnahmeleitung 11 verbunden. Im Einfüllstutzen 5 ist zur Befüllung weiters ein entsperrbares Rückgasrückschlagventil 12 angeordnet, welches bei der Betankung aufgrund der mechanischen Kopplung mit dem Betankungsrückschlagventil 7 durch die Öffnungsbewegung des Schließkörpers im Betankungsrückschlagventil 7 öffnet und dadurch den Rückfluss von Gas aus dem Innentank 1 zur Tankstelle ermöglicht, den Innentank 1 ansonsten verschließt und einen Druckausgleich vom Einfüllstutzen 5 bzw. von der Betankungskupplung 6 zum Innentank 1 ermöglicht. Das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 ist betankungskupplungsseitig mit der Gasrückführleitung 13 der tankseitigen Betankungskupplung 6 und innentankseitig über die Rückgasleitung 14 mit einer in einem Gasraum 15 des Innentanks 1 endenden Rückgas- und Entnahmeleitung 16 verbunden. Im Einfüllstutzen 5 ist zur Entnahme von gasförmigem oder überkritischem Kraftstoff eine Rohrbruchsicherung 17 mit Bypass-Bohrung angeordnet, welche geöffnet ist, bei der Entnahme von gasförmigem oder überkritischem Kraftstoff aus einem Gasraum 15 durchströmt wird und bei einem festgelegten Massenstrom infolge eines daraus resultierenden Druckverlusts selbsttätig schließt. Die Rohrbruchsicherung 17 ist innentankseitig über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16 mit einem Gasraum 15 des Innentanks 1 und betankungskupplungsseitig mit einer Entnahmeleitung 18 verbunden. Im Einfüllstutzen 5 ist zur Entnahme von flüssigem oder überkritischem Kraftstoff weiters ein entsperrbares Entnahmerückschlagventil 19 angeordnet, welches geschlossen ist, aber aufgrund der mechanischen Kopplung mit der Rohrbruchsicherung 17 durch die

Schließbewegung des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17 öffnet und dadurch die Entnahme des flüssigen oder überkritischen Kraftstoffs aus dem Flüssigkeitsraum 10 des Innentanks 1 ermöglicht. Das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 ist innentankseitig über die Befüll- und Entnahmeleitung 11 mit einem Flüssigkeitsraum 10 des Innentanks 1 und betankungskupplungsseitig mit der Entnahmeleitung 18 verbunden. Ein Wärmetauscher 20 im Anschluss an die Entnahmeleitung 18 erwärmt den kryogenen Kraftstoff bei Bedarf und das nachfolgend angeordnete Absperrventil 21 verschließt den Kryotank 100 bei Bedarf in Richtung des Verbrauchers.

Bei der Betankung strömt Kraftstoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund eines Druckgefälles zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 über die Betankungsleitung 8, das geöffnete Betankungsrückschlagventil 7, die Befüllleitung 9 und die Befüll- und Entnahmeleitung 11 in den Innentank 1 und Kraftstoff mit gasförmigem Aggregatzustand aufgrund eines Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und der Tankstelle über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16, die Rückgasleitung 14, das vom Betankungsrückschlagventil 7 entsperrte und damit geöffnete Rückgasrückschlagventil 12 und die Gasrückführleitung 13 zur Tankstelle. Nach Beendigung der Betankung schließt aufgrund der fehlenden Druckdifferenz zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 das Betankungsrückschlagventil 7 und somit auch das bei der Betankung entsperrte und damit geöffnete Rückgasrückschlagventil 12 automatisch.

Bei der Entnahme strömt bei geschlossenem Entnahmerückschlagventil 19 Kraftstoff mit gasförmigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16, die geöffnete Rohrbruchsicherung 17 und die Entnahmeleitung 18 vom Innentank 1 zum Verbraucher. Mit abnehmendem Druck im Innentank 1 steigt aufgrund der abnehmenden Dichte des gasförmigen oder überkritischen Kraftstoffs die Strömungsgeschwindigkeit und somit der Druckabfall bei der Durchströmung der Rohrbruchsicherung 17, wobei die Rohrbruchsicherung 17 bei einem festgelegten Druckabfall schließt, die Entnahme von gasförmigem oder überkritischen Kraftstoff aus dem Innentank 1 unterbindet und über die mechanische Kopplung durch die Bewegung des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17 von der Offenposition in die Schließposition das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 entsperrt und damit öffnet, wodurch bei geschlossener Rohrbruchsicherung 17 Kraftsoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher über die Befüll- und Entnahmeleitung 11, das entsperrte und damit geöffnete Entnahmerückschlagventil 19 und die Entnahmeleitung 18 aus dem Innentank 1 zum Verbraucher strömt. Durch den Umschaltvorgang erfolgt eine kontinuierliche Entleerung des Innentanks 1, wobei zuerst immer der Druck im Innentank 1 durch die Entnahme über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16 bis zum Umschaltdruck der Rohrbruchsicherung 17 abgebaut wird und erst nach dem Schließen der Rohrbruchsicherung

17 die Entnahme über die Befüll- und Entnahmeleitung 11 erfolgt. Wird bei verschlossener Rohrbruchsicherung 17 kein Kraftstoff bzw. nur eine geringe Menge mit damit verbundenem geringem Druckabfall zwischen dem Innentank 1 und der Entnahmeleitung 8 vom Verbraucher benötigt, so erfolgt durch die Bypass-Bohrung der Rohrbruchsicherung 17 ein Druckausgleich zwischen der Befüll- und Entnahmeleitung 16 und der Entnahmeleitung 18, wodurch die Rohrbruchsicherung 17 öffnet und über die mechanische Kopplung durch die Bewegung des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17 von der Schließposition in die Offenposition das entsperrte und damit geöffnete Entnahmerückschlagventil 19 schließt. Das Betankungsrückschlagventil 7 und das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 sind bei der Entnahme geschlossen. Das Absperrventil 21 ist geöffnet, wenn der Verbraucher mit Kraftstoff versorgt wird.

Der tankseitige Betankungspfad zur Befüllung des Innentanks 1 zwischen der tankseitigen Befüllkupplung 6 und dem Innentank 1 umfasst mit dem Betankungsrückschlagventil 7 und dem entsperrbaren Rückgasrückschlagventil 12 zwei Schaltkomponenten ohne Aktuator. Der Entnahmepfad zur Entleerung des Innentanks 1 zwischen dem Innentank 1 und dem Absperrventil 15 zum Verbraucher umfasst mit der Rohrbruchsicherung 17 und dem entsperrbaren Entnahmerückschlagventil 19 zwei Schaltkomponenten ohne Aktuator und mit dem Absperrventil 21 eine Schaltkomponente bevorzugt mit Aktuator. Es wird keine Schaltkomponente mit Aktuator im Tieftemperaturbereich eingesetzt.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt eines Kryotanks 100 für eine zweiflutige Betankung mit Gasrückführung zur Tankstelle, wobei im Vergleich zu Figur 1 ein Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 zwischen den Schaltorganen für die Betankung 7, 12 und den Schaltorganen für die Entnahme 17, 19 angeordnet ist. Das Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 ist in Durchströmungsrichtung eingangsseitig über die Rückgasleitung 14 mit dem betankungsseitigen Eingang des entsperrbaren Rückgasrückschlagventils 12 und dem entnahmeseitigen Ausgang der Rohrbruchsicherung 17 und in Durchströmungsrichtung ausgangsseitig über die Befüllleitung 9 mit dem Ausgang des Betankungsrückschlagventils 7 und dem entnahmeseitigen Ausgang des entsperrbaren Entnahmerückschlagventils 19 verbunden. Das Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 ist bei der Betankung zur Verhinderung einer Rückströmung von flüssigem oder überkritischem Kraftstoff vom Betankungsrückschlagventil 7 zum entsperrbaren Rückgasrückschlagventil 12 geschlossen und ermöglicht bei der Entnahme die Strömung von der Rohrbruchsicherung 17 zur Entnahmeleitung 18.

Bei der Betankung strömt Kraftstoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund eines Druckgefälles zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 bei geschlossenem Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 über die Betankungsleitung

8, das durch den Betankungsstrom geöffnete Betankungsrückschlagventil 7, die Befüllleitung 9, das durch den Betankungsstrom geöffnete entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 und die Befüll- und Entnahmeleitung 11 in den Innentank 1 und Kraftstoff mit gasförmigen Aggregatzustand aufgrund eines Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und der Tankstelle über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16, die Rohrbruchsicherung 17, die Rückgasleitung 14, das vom Betankungsrückschlagventil 7 entsperrte und damit geöffnete Rückgasrückschlagventil 12 und die Gasrückführleitung 13 vom Innentank 1 zur Tankstelle. Nach Beendigung der Betankung schließt aufgrund der fehlenden Druckdifferenz zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 das Betankungsrückschlagventil 7 und somit auch das bei der Betankung entsperrte und damit geöffnete Rückgasrückschlagventil 12 automatisch.

Bei der Entnahme strömt aufgrund des gesperrten und damit geschlossenen Betankungs- und Entnahmerückschlagventils 22 Kraftstoff mit gasförmigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16, die geöffnete Rohrbruchsicherung 17, das vom Entnahmestrom geöffnete Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 und die Entnahmeleitung 18 vom Innentank 1 zum Verbraucher. Mit abnehmendem Druck im Innentank 1 steigt aufgrund der abnehmenden Dichte des gasförmigen oder überkritischen Kraftstoffs die Strömungsgeschwindigkeit und somit der Druckabfall bei der Durchströmung der Rohrbruchsicherung 17, wobei die Rohrbruchsicherung 17 bei einem festgelegten Druckabfall schließt, die Entnahme von gasförmigem oder überkritischen Kraftstoff aus dem Innentank 1 unterbindet und über die mechanische Kopplung durch die Bewegung des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17 von der Offenposition in die Schließposition das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 entsperrt und damit öffnet, wodurch aufgrund der geschlossenen Rohrbruchsicherung 17 Kraftsoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand bei geschlossenem Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher über die Befüll- und Entnahmeleitung 11, das entsperrte und damit geöffnete Entnahmerückschlagventil 19 und die Entnahmeleitung 18 aus dem Innentank 1 zum Verbraucher strömt. Durch den Umschaltvorgang erfolgt eine kontinuierliche Entleerung des Innentanks 1, wobei zuerst immer der Druck im Innentank 1 durch die Entnahme über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16 bis zum Umschaltdruck der Rohrbruchsicherung 17 abgebaut wird und erst nach dem Schließen der Rohrbruchsicherung 17 die Entnahme über die Befüll- und Entnahmeleitung 11 erfolgt. Wird bei verschlossener Rohrbruchsicherung 17 kein Kraftstoff bzw. nur eine geringe Menge mit damit verbundenem geringem Druckabfall zwischen dem Innentank 1 und der Entnahmeleitung 18 vom Verbraucher benötigt, so erfolgt durch die Bypass-Bohrung der Rohrbruchsicherung 17 ein Druckausgleich zwischen der Befüll- und Entnahmeleitung 16 und der Entnahmeleitung 18, wodurch die Rohrbruchsicherung 17 öffnet und über die mechanische Kopplung durch die Bewegung des Schließkörpers der

Rohrbruchsicherung 17 von der Schließposition in die Offenposition das entsperrte und damit geöffnete Entnahmerückschlagventil 19 schließt. Das Betankungsrückschlagventil 7 und das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 sind bei der Entnahme geschlossen. Das Absperrventil 21 ist geöffnet, wenn der Verbraucher mit Kraftstoff versorgt wird.

Das Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 ist bei der Entnahme von Kraftstoff über die Rohrbruchsicherung 17 geöffnet und bei der Entnahme von Kraftstoff über das entsperrte Entnahme-Rückschlagventil 19 geschlossen.

Der tankseitige Betankungspfad zur Befüllung des Innentanks 1 zwischen der tankseitigen Befüllkupplung 6 und dem Innentank 1 umfasst mit dem Betankungsrückschlagventil 7, dem entsperrbaren Entnahmerückschlagventil 19, dem entsperrbaren Rückgasrückschlagventil 12, der Rohrbruchsicherung 17 und dem Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 fünf Schaltkomponenten ohne Aktuator. Der tankseitige Entnahmepfad zur Entleerung des Innentanks 1 zwischen dem Innentank 1 und dem Absperrventil 15 zum Verbraucher umfasst mit der Rohrbruchsicherung 17, dem entsperrbaren Entnahmerückschlagventil 19 und dem Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 drei Schaltkomponenten ohne Aktuator und mit dem Absperrventil 21 eine Schaltkomponente bevorzugt mit Aktuator. Es wird keine Schaltkomponente mit Aktuator im Tieftemperaturbereich eingesetzt.

Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt eines Kryotanks 100 für eine einflutige Betankung ohne Gasrückführung zur Tankstelle bei der Betankung, wobei im Vergleich zu Figur 1 kein entsperrbares Rückgasrückschlagventil 12 verbaut ist.

Bei der Betankung strömt Kraftstoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund eines Druckgefälles zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 über die Betankungsleitung 8, das durch den Betankungsstrom geöffnete Betankungsrückschlagventil 7, die Befüllleitung 9 und die Befüll- und Entnahmeleitung 11 in den Innentank 1. Es erfolgt kein Rückfluss von Kraftstoff mit gasförmigem Aggregatzustand vom Innentank 1 zur Tankstelle.

Die Entnahme erfolgt entsprechend Figur 1.

Der tankseitige Betankungspfad zur Befüllung des Innentanks 1 zwischen der tankseitigen Befüllkupplung 6 und dem Innentank 1 umfasst mit dem Betankungsrückschlagventil 7 eine Schaltkomponente ohne Aktuator. Der tankseitige Entnahmepfad zur Entleerung des Innentanks 1 zwischen dem Innentank 1 und dem Absperrventil 21 zum Verbraucher umfasst mit der Rohrbruchsicherung 17 und dem entsperrbaren Entnahmerückschlagventil 19 zwei Schaltkomponenten ohne Aktuator und mit dem Absperrventil 21 eine Schaltkomponente bevorzugt mit Aktuator. Es wird keine Schaltkomponente mit Aktuator im Tieftemperaturbereich eingesetzt.

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt eines Kryotanks 100 für eine einflutige Betankung ohne Gasrückführung zur Tankstelle bei der Betankung, wobei im Vergleich zu Figur 3 der Ausgang des Betankungsrückschlagventils 7, der entnahmeseitige Ausgang der Rohrbruchsicherung 17 und der entnahmeseitige Ausgang des entsperrbaren Entnahmerückschlagventils 19 mit der Entnahmeleitung 18 verbunden sind.

Bei der Betankung strömt Kraftstoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund eines Druckgefälles zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 über die Betankungsleitung 8, das durch den Betankungsstrom geöffnete Betankungsrückschlagventil 7, die Befüllleitung 9, die Rohrbruchsicherung 17 und die Rückgas- und Entnahmeleitung 16 sowie das entsperrbare und durch den Betankungsstrom geöffnete Entnahmerückschlagventil 19 und die Befüll- und Entnahmeleitung 11 in den Innentank 1. Es erfolgt kein Rückfluss von Kraftstoff mit gasförmigem Aggregatzustand vom Innentank 1 zur Tankstelle.

Die Entnahme erfolgt entsprechend Figur 1.

Der tankseitige Betankungspfad zur Befüllung des Innentanks 1 zwischen der tankseitigen Befüllkupplung 6 und dem Innentank 1 umfasst mit dem Betankungsrückschlagventil 7, dem entsperrbaren Entnahmerückschlagventil 19 und der Rohrbruchsicherung 17 drei Schaltkomponenten ohne Aktuator. Der tankseitige Entnahmepfad zur Entleerung des Innentanks 1 zwischen dem Innentank 1 und dem Absperrventil 21 zum Verbraucher umfasst mit der Rohrbruchsicherung 17 und dem entsperrbaren Entnahmerückschlagventil 19 zwei Schaltkomponenten ohne Aktuator und mit dem Absperrventil 21 eine Schaltkomponente bevorzugt mit Aktuator. Es wird keine Schaltkomponente mit Aktuator im Tieftemperaturbereich eingesetzt.

Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt eines Kryotanks 100 für eine zweiflutige Betankung mit Gasrückführung zur Tankstelle, wobei im Vergleich zu Figur 1 eine Drossel 23 das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 ersetzt.

Bei der Betankung strömt Kraftstoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund eines Druckgefälles zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 über die Betankungsleitung 8, das durch den Betankungsstrom geöffnete Betankungsrückschlagventil 7, die Befüllleitung 9 und die Befüll- und Entnahmeleitung 11 in den Innentank 1 und Kraftstoff mit gasförmigem Aggregatzustand aufgrund eines Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und der Tankstelle über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16, die Rückgasleitung 14, das vom Betankungsrückschlagventil 7 entsperrte und damit geöffnete Rückgasrückschlagventil 12 und die Gasrückführleitung 13 zur Tankstelle. Nach Beendigung

der Betankung schließt aufgrund der fehlenden Druckdifferenz zwischen der Tankstelle und dem Innentank 1 das Betankungsrückschlagventil 7 und somit auch das bei der Betankung entsperrte und damit geöffnete Rückgasrückschlagventil 12 automatisch.

Bei der Entnahme strömt Kraftstoff mit gasförmigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16, die geöffnete Rohrbruchsicherung 17 und die Entnahmeleitung 18 vom Innentank 1 zum Verbraucher. Mit abnehmendem Druck im Innentank 1 steigt aufgrund der abnehmenden Dichte des gasförmigen oder überkritischen Kraftstoffs die Strömungsgeschwindigkeit und somit der Druckabfall bei der Durchströmung der Rohrbruchsicherung 17, wobei die Rohrbruchsicherung 17 bei einem festgelegten Druckabfall schließt und die Entnahme von gasförmigem oder überkritischen Kraftstoff aus dem Innentank 1 unterbindet, wodurch bei geschlossener Rohrbruchsicherung 17 Kraftsoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher über die Befüll- und Entnahmeleitung 11, die Drossel 23 und die Entnahmeleitung 18 aus dem Innentank 1 zum Verbraucher strömt. Durch den Umschaltvorgang erfolgt eine kontinuierliche Entleerung des Innentanks 1, wobei zuerst immer der Druck im Innentank 1 durch die Entnahme über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16 bis zum Umschaltdruck der Rohrbruchsicherung 17 abgebaut wird und erst nach dem Schließen der Rohrbruchsicherung 17 die Entnahme über die Befüll- und Entnahmeleitung 11 erfolgt. Wird bei verschlossener Rohrbruchsicherung 17 kein Kraftstoff bzw. nur eine geringe Menge mit damit verbundenem geringem Druckabfall zwischen dem Innentank 1 und der Entnahmeleitung 18 vom Verbraucher benötigt, so erfolgt durch die Bypass-Bohrung der Rohrbruchsicherung 17 ein Druckausgleich zwischen der Befüll- und Entnahmeleitung 16 und der Entnahmeleitung 18, wodurch die Rohrbruchsicherung 17 öffnet. Das Betankungsrückschlagventil 7 und das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 sind bei der Entnahme geschlossen. Das Absperrventil 21 ist geöffnet, wenn der Verbraucher mit Kraftstoff versorgt wird.

Der Querschnitt der Drossel 23 und damit der Druckabfall der Drossel 24 sollte so bemessen sein, dass bei geöffneter Rohrbruchsicherung 17 max. 25 % der Entnahmemenge und bevorzugt max. 10% der Entnahmemenge über die Drossel 24 entnommen wird.

Der tankseitige Betankungspfad zur Befüllung des Innentanks 1 zwischen der tankseitigen Befüllkupplung 6 und dem Innentank 1 umfasst mit dem Betankungsrückschlagventil 7 und dem entsperrbaren Rückgasrückschlagventil 12 zwei Schaltkomponenten ohne Aktuator. Der Entnahmepfad zur Entleerung des Innentanks 1 zwischen dem Innentank 1 und dem Absperrventil 15 zum Verbraucher umfasst mit der Rohrbruchsicherung 17 und der Drossel 23 eine Schaltkomponente ohne Aktuator und mit dem Absperrventil 21 eine Schaltkomponente bevorzugt mit Aktuator. Es wird keine Schaltkomponente mit Aktuator im Tieftemperaturbereich eingesetzt.

Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt eines Kryotanks 100 für eine zweiflutige Betankung mit Gasrückführung zur Tankstelle, wobei im Vergleich zu Figur 1 ein Entnahmerückschlagventil 24 das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 ersetzt.

Die Betankung erfolgt entsprechend Figur 1, wobei jedoch die Rohrbruchsicherung 17, z.B. mit seinem innentankseitigen Ende, die Verbindung zwischen der Rückgas- und Entnahmeleitung 16 und der Entnahmeleitung 18 verschließt.

Bei der Entnahme öffnet aufgrund eines Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher die Rohrbruchsicherung 17 Kraftstoff mit gasförmigem oder überkritischem Aggregatzustand strömt aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16, die geöffnete Rohrbruchsicherung 17 und die Entnahmeleitung 18 vom Innentank 1 zum Verbraucher. Mit abnehmendem Druck im Innentank 1 steigt aufgrund der abnehmenden Dichte des gasförmigen oder überkritischen Kraftstoffs die Strömungsgeschwindigkeit und somit der Druckabfall bei der Durchströmung der Rohrbruchsicherung 17, wobei die Rohrbruchsicherung 17 bei einem festgelegten Druckabfall schließt und die Entnahme von gasförmigem oder überkritischen Kraftstoff aus dem Innentank 1 unterbindet, wodurch bei geschlossener Rohrbruchsicherung 17 Kraftsoff mit flüssigem oder überkritischem Aggregatzustand aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Innentank 1 und dem Verbraucher über die Befüll- und Entnahmeleitung 11, das durch den Entnahmestrom geöffnete Entnahmerückschlagventil 24 und die Entnahmeleitung 18 aus dem Innentank 1 zum Verbraucher strömt. Durch den Umschaltvorgang erfolgt eine kontinuierliche Entleerung des Innentanks 1, wobei zuerst immer der Druck im Innentank 1 durch die Entnahme über die Rückgas- und Entnahmeleitung 16 bis zum Umschaltdruck der Rohrbruchsicherung 17 abgebaut wird und erst nach dem Schließen der Rohrbruchsicherung 17 die Entnahme über die Befüll- und Entnahmeleitung 11 erfolgt. Wird bei verschlossener Rohrbruchsicherung 17 kein Kraftstoff bzw. nur eine geringe Menge mit damit verbundenem geringem Druckabfall zwischen dem Innentank 1 und der Entnahmeleitung 18 vom Verbraucher benötigt, so erfolgt durch die Bypass-Bohrung der Rohrbruchsicherung 17 ein Druckausgleich zwischen der Befüll- und Entnahmeleitung 16 und der Entnahmeleitung 18, wodurch die Rohrbruchsicherung 17 öffnet. Das Betankungsrückschlagventil 7 und das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 sind bei der Entnahme geschlossen. Das Absperrventil 21 ist geöffnet, wenn der Verbraucher mit Kraftstoff versorgt wird.

Der tankseitige Betankungspfad zur Befüllung des Innentanks 1 zwischen der tankseitigen Befüllkupplung 6 und dem Innentank 1 umfasst mit dem Betankungsrückschlagventil 7 und dem entsperrbaren Rückgasrückschlagventil 12 zwei Schaltkomponenten ohne Aktuator. Der Entnahmepfad zur Entleerung des Innentanks 1 zwischen dem Innentank 1 und dem

Absperrventil 15 zum Verbraucher umfasst mit der Rohrbruchsicherung 17 und dem Entnahmerückschlagventil 24 eine Schaltkomponente ohne Aktuator und mit dem Absperrventil 21 eine Schaltkomponente bevorzugt mit Aktuator. Es wird keine Schaltkomponente mit Aktuator im Tieftemperaturbereich eingesetzt.

Das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 kann in den Figuren 1 bis 4 durch die Drossel 23 ersetzt werden, wobei in Figur 4 aufgrund des Strömungswiderstandes der Drossel 23 hauptsächlich über die Rohrbruchsicherung 17 betankt wird, wobei der Strömungswiderstand der Drossel 23 bei der Betankung kleiner als der Strömungswiderstand der Drossel 23 bei der Entnahme ausgeführt sein kann, um über die Drossel 23 zu betanken.

Das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 kann in den Figuren 1, 3 und 4 durch ein Entnahmerückschlagventil 24 ersetzt werden, wobei in Figur 4 nur über die Rohrbruchsicherung 17 betankt wird. Das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 kann in der Figur 2 durch zwei parallel angeordnete Entnahmerückschlagventile 24 mit entgegengesetzter Öffnungsrichtung oder einem Drosselrückschlagventil ersetzten werden.

Abhängig von der zweiflutigen oder der einflutigen Betankung umfasst der Betankungspfad bei der zweiflutigen Betankung einen ersten Betankungspfad mit einem Betankungsrückschlagventil 7 und weiteren Schaltkomponenten zur Zufuhr von flüssigem oder überkritischem Kraftstoff und einen zweiten Betankungspfad über das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 und weiteren Schaltkomponenten zur Abfuhr von gasförmigem Kraftstoff. Bei der einflutigen Betankung ist nur der erste Betankungspfad mit einem Betankungsrückschlagventil 7 zur Zufuhr von flüssigem oder überkritischem Kraftstoff ausgeführt. Der erste Betankungspfad verbindet den Innentank 1 mit der Betankungsleitung 8 der tankseitigen Betankungskupplung 6 und der zweite Betankungspfad verbindet den Innentank 1 mit der Gasrückführleitung 13 der tankseitigen Betankungskupplung 6.

Unabhängig von der zweiflutigen oder der einflutigen Betankung umfasst der Entnahmepfad einen ersten Entnahmepfad zur Entnahme von gasförmigem oder überkritischem Kraftstoff über die Rohrbruchsicherung 17 und wahlweise einem Befüll- und Entnahmerückschlagventil 22 und einen zweiten Entnahmepfad zur Entnahme von flüssigem oder überkritischem Kraftstoff über das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 oder über die Drossel 23 bzw. das Entnahmerückschlagventil 24 als Ersatz für das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19. Der erste Entnahmepfad und der zweite Entnahmepfad sind strömungstechnisch parallel angeordnet, da der erste Entnahmepfad und der zweite Entnahmepfad den Innentank 1 mit der Entnahmeleitung 18 verbinden.

Unabhängig von der zweiflutigen oder der einflutigen Betankung kann nach der Betankung bzw. bei der Entnahme der Kraftstoff im Innentank 1 im überkritischem Aggregatzustand oder im flüssigem und gasförmigem Aggregatzustand vorliegen, sodass bei der Entnahme in Abhängigkeit des Schließdrucks der Rohrbruchsicherung 17 über den ersten Entnahmepfad,

d.h. durch die Entnahme über die Rohrbruchsicherung 17, Kraftstoff im überkritischen oder gasförmignm Aggregatzustand und bei der Entnahme über den zweiten Entnahmepfad, d.h. durch die Entnahme über das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 oder über die Drossel 23 bzw. das Entnahmerückschlagventil 24 Kraftstoff im überkritischen oder flüssigen Aggregatzustand entnommen wird. Bei nahezu entleertem Innentank 1 oder bei einem flüssigen Kraftstoffspiegel im Innentank 1 unter dem Zulauf der Befüll- und Entnahmeleitung 11 kann bei großen Entnahmemengen und daher bei einer Entnahme über das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 oder über die Drossel 23 bzw. das Entnahmerückschlagventil 24 Kraftstoff im gasförmigen Aggregatzustand entnommen werden.

Über die Kraft der Öffnungsfeder in der Rohrbruchsicherung 17, die den Schließkörper entgegen dem Schließdruck infolge des Druckabfalls bei der Durchströmung offenhält, wird der Schließdruck der Rohrbruchsicherung 17, d.h. die Entnahmemenge bei unterschiedlichen Gasdichten und damit die Entnahmemenge bei unterschiedlichen Drücken im Innentank 1, eingestellt. Der Umschaltdruck der Rohrbruchsicherung 17 ist abhängig von der Betriebsweise, insbesondere von der Entnahmedynamik. Erfolgen große Entnahmestromänderungen, insbesondere mit höherer Frequenz, im Betrieb oder werden hauptsächlich große Mengen entnommen, so wird auch der Umschaltdruck höher festgelegt, um ein unteres Druckniveau nicht zu unterschreiten. Erfolgen keine großen Entnahmestromänderungen im Betrieb oder werden hauptsächlich kleine Mengen entnommen, so wird auch der Umschaltdruck niedriger festgelegt, um eine längerfristige Entnahme aus der Gasphase zu ermöglichen.

Über den Durchmesser der Bypass-Bohrung der Rohrbruchsicherung 17 wird die Entnahmemenge für das Wiederöffnen der Rohrbruchsicherung 17 nach einem Schließen der Rohrbruchsicherung 17 eingestellt.

Vorzugsweise öffnet das Betankungsrückschlagventil 7 das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 bei der Betankung aufgrund einer mechanischen Kopplung zwischen dem Schließkörper des Betankungsrückschlagventils 7 und dem Schließkörper des entsperrbaren Rückgasrückschlagventils 12 durch die Bewegung des Schließkörpers im Betankungsrückschlagventil 7 von der Schließposition in die Offenposition, wahlweise öffnet das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 aufgrund der Druckdifferenz zwischen dem Eingang oder dem Ausgang des Betankungsrückschlagventils 7 und dem Eingang oder dem Ausgang des Rückgasrückschlagventils 12 .

Vorzugsweise öffnet die Rohrbruchsicherung 17 das entsperrbare Entnahme-Rückschlagventil 19 bei der Entnahme aufgrund einer mechanischen Kopplung zwischen dem Schließkörper der Rohrbruchsicherung 17 und dem Schließkörper des entsperrbaren Entnahmerückschlagventils 19 durch die Bewegung des Schließkörpers in der Rohrbruchsicherung 17 von der Offenposition in die Schließposition, wahlweise öffnet das

entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 aufgrund der Druckdifferenz zwischen der Entnahmeleitung 18 und der Rückgas- und Betankungsleitung 16 oder der Befüll- und Entnahmeleitung 11 .

Vorzugsweise ist die Drossel 23 ein eigenständiger Bauteil, eine Engstelle oder eine Zulauf-Bohrung in der Befüll- und Entnahmeleitung 11, das eingangsseitige Ende des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17 in Form eines Schieberventils oder das eingangsseitige Ende des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17 als Schieberventil.

Vorzugsweise ist das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 ein eigenständiger Bauteil, wahlweise bildet eine Fläche der Rohrbruchsicherung 17, insbesondere eine zylindrische Mantelfläche oder die der Dichtfläche gegenüberliegenden Rückseite der Rohrbruchsicherung 17 das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19.

Vorzugsweise ist das Entnahmerückschlagventil 24 ein eigenständiger Bauteil, 11, das eingangsseitige Ende des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17 in Form eines Schieberventils oder das eingangsseitige Ende des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17 als Schieberventil, wobei bei einem zweiteiligem Schließkörper eine Druckfeder zwischen den beiden Teilen angeordnet sein kann.

Vorzugsweise sind das Betankungsrückschlagventil 7, das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12, die Rohrbruchsicherung 17, das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 bzw. die Drossel 23 und das Befüll- und Entnahmerückschlagventil 22 am innentankseitigen Ende des Einfüllstutzens 5 oder an der tankseitigen Betankungskupplung 6 angeordnet und nach Entfernung der tankseitigen Betankungskupplung 6 zugängig. Wahlweise sind das Betankungsrückschlagventil 7, das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12, die Rohrbruchsicherung 17, das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 bzw. die Drossel 23 und das Befüll- und Entnahmerückschlagventil 22 in einem in Betankungsrichtung nach dem innentankseitigen Ende des Einfüllstutzens 5 und mit dem Einfüllstutzen 5 verbundenen Raum angeordnet und nach Entfernung der fahrzeugseitigen Betankungskupplung 6 über den Einfüllstutzen 5 zugängig. Wahlweise sind das Betankungsrückschlagventil 7, das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12, die Rohrbruchsicherung 17 das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 bzw. die Drossel 23 und das Betankungs- und Entnahmerückschlagventil 22 in einem separaten wärmeisolierten rohrförmigen Teil, der mit dem Außentank verbunden ist, angeordnet und über den rohrförmigen Teil zugängig. Wahlweise sind das Betankungsrückschlagventil 7, das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12, die Rohrbruchsicherung 17, das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 bzw. die Drossel 23 und das Befüll- und Entnahmerückschlagventil 22 im Isolationsraums 3 oder im Innentank 1 angeordnet. Wahlweise sind das Betankungsrückschlagventil 7 und/oder das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 und/oder die Rohrbruchsicherung 17 und/oder das

entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 und/oder die Drossel 23 und/oder das Befüll- und Entnahmerückschlagventil 22 an voneinander getrennten Positionen im Kryotank 100 angeordnet.

Vorzugsweise erfolgen die Betankung und die Entnahme von flüssigem oder überkritischem Kraftstoff über die gemeinsame Betankungs- und Entnahmeleitung 11. Wahlweise erfolgen die Betankung und die Entnahme von flüssigem oder überkritischem Kraftstoff über getrennte Leitungen.

Vorzugsweise erfolgen die Rückführung von gasförmigem Kraftstoff bei der Betankung und die Entnahme von gasförmigem oder überkritischem Kraftstoff über die gemeinsame Betankungs- und Entnahmeleitung 16. Wahlweise erfolgen die Rückführung von gasförmigem Kraftstoff bei der Betankung und die Entnahme von gasförmigem oder überkritischem Kraftstoff über getrennte Leitungen.

Vorzugsweise endet die Befüll- und Entnahmeleitung 11 im Flüssigraum 10 des Innentanks 1. Wahlweise endet die Befüll- und Entnahmeleitung 11 im Gasraum 16 des Innentanks 1, wobei die Entnahme von flüssigem oder überkritischem Kraftstoff aus dem Flüssigraum 10 durch eine möglichst tief gelegene Bohrung in der Befüll- und Entnahmeleitung 11 mit kleinerer Strömungsfläche als die Strömungsfläche der Befüll- und Entnahmeleitung 11 erfolgt.

Bevorzugt ist das Absperrventil 21 nach dem Wärmetaucher 20 angeordnet, wahlweise ist das Absperrventil 21 vor dem Wärmetauscher 20, bevorzugt im Bereich der Kryoventile, angeordnet.

Bevorzugt ist das Absperrventil 21 am oder in unmittelbarer Nähe des Kryotanks 100 angeordnet, wahlweise ist das Absperrventil 21 ein Teil des Verbrauchers.

Wahlweise ist im Entnahmepfad ein Druckregler angeordnet.

Wahlweise ist im Entnahmepfad in Entnahmerichtung vor oder nach dem Wärmetauscher eine Rohrbruchsicherung angeordnet.

Bevorzugt ist das Absperrventil 21 ein elektromagnetisch betätigtes Ventil, wahlweise erfolgt der Öffnungsvorgang des Absperrventils 21 durch einen beliebigen Aktuator oder manuell.

Bevorzugt sind der Wärmetaucher 20 und/oder das Absperrventil 21 außerhalb des vakuumisolierten Raums 3 angeordnet, wahlweise sind der Wärmetauscher 20 und/oder das Absperrventil 21 innerhalb des vakuumisolierten Raums 3 angeordnet.

Vorzugsweise ist die Rohrbruchsicherung 17 ein Sitzventil, wahlweise ist die Rohrbruchsicherung 17 ein Schieberventil.

Vorzugsweise ist das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 ein Sitzventil, wahlweise ist das entsperrbare Entnahmerückschlagventil 19 ein Schieberventil.

Vorzugsweise ist das Befüll- und Entnahmerückschlagventil 22 ein Sitzventil, wahlweise ist das Befüll- und Entnahmerückschlagventil 22 ein Schieberventil.

Vorzugsweise ist das Entnahmerückschlagventil 24 ein Sitzventil, wahlweise ist das Entnahmerückschlagventil 24 ein Schieberventil.

Vorzugsweise ist das Betankungsrückschlagventil 7 ein Sitzventil.

Vorzugsweise ist das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 ein Sitzventil.

Vorzugsweise ermöglicht die Rohrbruchsicherung 17 im geöffneten Zustand eine Strömung in Richtung des Innentanks 1, wahlweise verschießt die Rohrbruchsicherung 17 im geöffneten Zustand die Rückgas- und Entnahmeleitung 16 zum Innentank und verhindert oder begrenzt eine Rückströmung.

Vorzugsweise wird vor dem Umschalten, d.h. vor dem Schließen der Rohrbruchsicherung 17, ausschließlich gasförmiger oder überkritischer Kraftstoff und nach dem Umschalten, d.h. bei geschlossener Rohrbruchsicherung 17, ausschließlich flüssiger oder überkritischer Kraftstoff entnommen. Wahlweise wird vor dem Umschalten, d.h. vor dem Schließen der Rohrbruchsicherung 17, im Wesentlichen gasförmiger oder überkritischer Kraftstoff und nach dem Umschalten, d.h. bei geschlossener Rohrbruchsicherung 17, im Wesentlichen flüssiger oder überkritischer Kraftstoff entnommen.

Vorzugsweise erfolgt das Umschalten von der Gasentnahme zur Flüssigentnahme selbsttätig durch die Rohrbruchsicherung 17 aufgrund einer bei der Durchströmung der Rohrbruchsicherung 17 erzeugten Druckdifferenz, die den Schließkörper der Rohrbruchsicherung 17 entgegen der Kraft der Öffnungsfeder der Rohrbruchsicherung 17 von der Offenposition in die Schließposition bewegt. Wahlweise erfolgt das Umschalten von der Gasentnahme zur Flüssigentnahme durch eine kurzfristige und von einem Steuergerät eingeleitete Anhebung der Entnahmemenge über die das Schließen der Rohrbruchsicherung 17 beim jeweiligen Druck im Innentank 1 auslösenden Entnahmemenge. Das über das Steuergerät eingeleitete Umschalten ist erforderlich, wenn über einen längeren Zeitraum aufgrund eines geringen Massenstroms kein Umschalten erfolgt und somit die Gefahr besteht, dass der Druck im Innentankt 1 unter ein kritisches Niveau fällt.

Vorzugsweise erfolgt das Reseten, d.h. das Wiederöffnen der Rohrbruchsicherung 17 durch die Bypass-Bohrung innerhalb der Rohrbruchsicherung 17, wahlweise erfolgt das Reseten der Rohrbruchsicherung 17 nicht durch eine äußere Bypass-Bohrung oder durch eine definierte Undichtheit des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung 17. Wahlweise ist keine Bypass-Bohrung ausgeführt und das Reseten erfolgt durch einen Druckanstieg in der

Entnahmeleitung 18, z.B. aufgrund eines undichten entsperrbaren Befüll- und Entnahmerückschlagventils 19 oder aufgrund eines undichten Entnahmerückschlagventils 24 oder durch die Drossel 23.

Vorzugsweise ist jede Schaltkomponente als eigenständiger Bauteil mit einer festgelegten Funktion ausgeführt, wahlweise erfüllt ein Bauteil mehrere Funktionen, wie z.B. das Drosselrückschlagventil.

Vorzugsweise sind die kryogenen Schaltorgane aus Figur 1, Figur 2, Figur 3, Figur 4, Figur 5 und Figur 6 in einer handhabbaren Baugruppe, wie z.B. einem Ventilblock zusammengefasst, wahlweise sind die kryogenen Schaltorgane aus Figur 1, Figur 2, Figur 3, Figur 4, Figur 5 und Figur 6 zu einzelnen Baugruppen zusammengefasst oder einzeln verbaut.

Vorzugsweise ist der Ventilblock mit den kryogenen Schaltorganen aus Figur 1, Figur 2, Figur 3, Figur 4, Figur 5 und Figur 6 mit dem Einfüllstutzen 5 verschraubt, wahlweise ist der Ventilblock mit den kryogenen Schaltorganen aus Figur 1, Figur 2, Figur 3, Figur 4, Figur 5 und Figur 6 mit der fahrzeugseitigen Betankungskupplung verschraubt oder zwischen dem Einfüllstutzen 5 und der tankseitigen Betankungskupplung 6 geklemmt.

Vorzugsweise werden der erste und der zweite Entnahmepfad für die Befüllung und die Entnahme verwendet, wahlweise werden Teile des ersten und des zweiten Entnahmepfads für die Befüllung, für die Entnahme für die Aufrechterhaltung des Innentankdrucks und/oder die Begrenzung des Innentankdrucks verwendet.

Vorzugsweise wird im Kryotank 100 kryogener Wasserstoff oder kryogenes Erdgas gespeichert, wahlweise wird im Kryotank ein beliebiges kryogenes Medium gespeichert.

Vorzugsweise wird der Kryotank 100 in einer mobilen Anwendung eingesetzt, wahlweise wird der Kryotank 100 in einer stationären Anwendung eingesetzt.

Vorzugsweise sind der Einfüllstutzen 5 und die kryotankseitige Betankungskupplung 6 eigenständige Bauteile, wahlweise sind der Einfüllstutzen 5 und die kryotankseitige Betankungskupplung 6 einteilig ausgeführt, d.h. der Einfüllstutzen 5 enthält alle Schaltkomponenten der kryotankseitigen Betankungskupplung 6. Wahlweise sind der Einfüllstutzen 5 und die kryotankseitige Betankungskupplung 6 eigenständige Bauteile und der Einfüllstutzen 5 enthält alle oder einige Schaltkomponenten der kryotankseitigen Betankungskupplung 6.

Vorzugsweise öffnet das Betankungsrückschlagventil 7 bei der Betankung aufgrund der Druckdifferenz zwischen dem Eingang oder dem Ausgang des Betankungsrückschlagventils 7, wahlweise öffnet das Betankungsrückschlagventil 7 bei der Betankung aufgrund einer mechanischen Kopplung zwischen dem Schließkörper des Betankungsrückschlagventils 7 und dem Schließkörper eines Ventils der kryotankseitigen Betankungskupplung 6 durch die

Bewegung des Schließkörpers eines Ventils der kryotankseitigen Betankungskupplung 6 von der Schließposition in die Offenposition, wobei der Schließkörper eines Ventils der kryotankseitigen Betankungskupplung 6 bevorzugt der Schließkörper eines Rückschlagventils ist. Wahlweise öffnet das Betankungsrückschlagventil 7 bei der Betankung durch einen beweglichen Teil der kryotankseitigen Betankungskupplung 6 und/oder durch einen beweglichen Teil der tankstellenseitigen Betankungskupplung 6

Vorzugsweise öffnet das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 bei der Betankung aufgrund einer mechanischen Kopplung zwischen dem Schließkörper des Betankungsrückschlagventils 7 und dem Schließkörper des entsperrbaren Rückgasrückschlagventils 12 durch die Bewegung des Schließkörpers im Betankungsrückschlagventil 7 von der Schließposition in die Offenposition, wahlweise öffnet das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 bei der Betankung aufgrund einer mechanischen Kopplung zwischen dem Schließkörper des entsperrbaren Rückgasrückschlagventils 12 und dem Schließkörper eines Ventils der kryotankseitigen Betankungskupplung 6 durch die Bewegung des Schließkörpers eines Ventils der kryotankseitigen Betankungskupplung 6 von der Schließposition in die Offenposition, wobei der Schließkörper eines Ventils der kryotankseitigen Betankungskupplung 6 bevorzugt der Schließkörper eines Rückschlagventils ist. Wahlweise öffnet das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 bei der Betankung durch einen beweglichen Teil der kryotankseitigen Betankungskupplung 6 und/oder durch einen beweglichen Teil der tankstellenseitigen Betankungskupplung 6.

Vorzugsweise öffnet bei der Betankung zuerst das Betankungsrückschlagventil 7 und danach öffnet das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12, wahlweise öffnet bei der Betankung zuerst das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 und danach öffnet das Betankungsrückschlagventil 7. Wahlweise öffnen bei der Betankung gleichzeitig das Betankungsrückschlagventil 7 und das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12.

Vorzugsweise ist das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 koaxial zum Betankungsrückschlagventil 7 angeordnet, wahlweise ist das entsperrbare Rückgasrückschlagventil 12 in beliebiger Position relativ zum Betankungsrückschlagventil 7 angeordnet.

Vorzugsweise ist die Rohrbruchsicherung 17 koaxial zum Betankungsrückschlagventil 7 und/oder koaxial zum entsperrbaren Rückgasrückschlagventil 12 angeordnet, wahlweise ist die Rohrbruchsicherung 17 in beliebiger Position relativ zum Betankungsrückschlagventil 7 und/oder in beliebiger Position relativ zum entsperrbaren Rückgasrückschlagventil 12 angeordnet.

Vorzugsweise ist das entsperrbares Rückgasrückschlagventil 19 koaxial zum Betankungsrückschlagventil 7 und/oder koaxial zum entsperrbaren Rückgasrückschlagventil

12 und/oder koaxial zur Rohrbruchsicherung 17 angeordnet, wahlweise ist entsperrbares Rückgasrückschlagventil 19 in beliebiger Position relativ zum Betankungsrückschlagventil 7 und/oder in beliebiger Position relativ zum entsperrbaren Rückgasrückschlagventil 12 angeordnet und/oder in beliebiger Position relativ zur Rohrbruchsicherung 17 angeordnet.

Zusammenfassend umfasst der Tieftemperaturbereich entgegen dem Stand der Technik ausschließlich Schaltorgane ohne Betätigungsmechanismus zur Steuerung der Betankung und der Entnahme in Form von Rückschlagventilen, entsperrbaren Rückschlagventilen, Rohrbruchsicherungen, Drosseln oder eine Kombination dieser Elemente.

Zusammenfassend sind die Schaltorgane im Tieftemperaturbereich zur Steuerung der Betankung und der Entnahme entgegen dem Stand der Technik in einem Ventilblock zusammengefasst.

Zusammenfassend sind die Schaltorgane im Tieftemperaturbereich zur Steuerung der Betankung und der Entnahme entgegen dem Stand der Technik ausschließlich in einem über den Einfüllstutzen zugängigen Bauraum angeordnet und nach Entfernung der kryotankseitigen Betankungskupplung entnehmbar.

Bezugszeichenliste

1 Innentank
2 Außentank
3 Vakuumisolierter Raum
4 Isolation (MLI)
5 Einfüllstutzen
6 Kryotankseitige Betankungskupplung
7 Betankungsrückschlagventil
8 Betankungsleitung
9 Befüllleitung
10 Flüssigkeitsraum
11 Befüll- und Entnahmeleitung
12 Entsperrbares Rückgasrückschlagventil
13 Gasrückführleitung
14 Rückgasleitung
15 Gasraum
16 Rückgas- und Entnahmeleitung
17 Rohrbruchsicherung mit Bypass-Bohrung
18 Entnahmeleitung
19 Entsperrbares Entnahmerückschlagventil
20 Wärmetauscher
21 Absperrventil
22 Betankungs- und Entnahmerückschlagventil
23 Drossel
24 Entnahmerückschlagventil

Ansprüche

1. Kryotank (100) umfassend einen Innentank (1) zur Aufnahme eines kryogenen Mediums, einen Außentank (2) zur Begrenzung eines vakuumisolierten Raums (3) mit einer Isolation (4) zwischen dem Innentank (1) und dem Außentank (2) zur Verringerung des Wärmeeintrags in den Innentank (1), einen wärmeisolierten Einfüllstutzen (5) zur Aufnahme einer kryotankseitigen Betankungskupplung (6), einen Betankungspfad zwischen der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) und dem Innentank (1) zur Befüllung des Innentanks (1) mit der flüssigen oder überkritischen Phase und einen Entnahmepfad zwischen dem Innentank (1) und einem Absperrventil (21) zur Entnahme der überkritischen und/oder gasförmigen und/oder flüssigen Phase, wobei eine Druckdifferenz zwischen der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) und dem Innentank (1) die Betankung ermöglicht und wobei eine Druckdifferenz zwischen dem Innentank (1) und einem Absperrventil (21) die Entnahme ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entnahmepfad einen ersten Entnahmepfad und einen zweiten Entnahmepfad umfasst, wobei der erste und der zweite Entnahmepfad den Innentank (1) über eine Entnahmeleitung (18) mit dem Absperrventil (21) verbinden, wobei der erste Entnahmepfad eine Rohrbruchsicherung (17) zur bevorzugten Entnahme der gasförmigen oder überkritischen Phase aus dem Innentank (1) mit einer Offenstellung und einer Schließstellung umfasst, wobei die Rohrbruchsicherung (17) in der Offenstellung die Entnahme der gasförmigen oder überkritischen Phase aus dem Innentank (1) ermöglicht, wobei die Rohrbruchsicherung (17) in der Schließstellung die Entnahme der gasförmigen oder überkritischen Phase aus dem Innentank (1) begrenzt oder verhindert, wobei die Rohrbruchsicherung (17) bei der Durchströmung einen entnahmemengen- und innentankdruckabhängigen Druckabfall verursacht und die Schließstellung bei einer festgelegten Entnahmemenge einnimmt, wobei der zweite Entnahmepfad ein entsperrbares Entnahmerückschlagventil (19) oder ein Entnahmerückschlagventil (24) oder eine Drossel (23) zur bevorzugten Entnahme der flüssigen oder überkritischen Phase aus dem Innentank (1) umfasst und wobei die Rohrbruchsicherung (17) in der Schließstellung die Entnahme der flüssigen oder überkritischen Phase über den zweiten Entnahmepfad ermöglicht.

2. Kryotank (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das entsperrbare Entnahmerückschlagventil (19) eine Offenstellung und eine Schließstellung einnimmt, wobei das entsperrbare Entnahmerückschlagventil (19) in der Offenstellung die Entnahme der flüssigen oder überkritischen Phase aus dem Innentank (1) ermöglicht, wobei das entsperrbare Entnahmerückschlagventil (19) in der Schließstellung die Entnahme der flüssigen oder überkritischen Phase aus dem

Innentank (1) begrenzt oder verhindert, wobei das entsperrbare Entnahmerückschlagventil (19) bei geöffneter Rohrbruchsicherung (17) geschlossen ist, wobei das entsperrbare Entnahmerückschlagventil (19) beim Schließen der Rohrbruchsicherung (17) aufgrund einer mechanischen Kopplung zwischen dem Schließkörper der Rohrbruchsicherung (17) und dem Schließkörper des entsperrbaren Entnahmerückschlagventils (19) durch die Bewegung des Schließkörpers der Rohrbruchsicherung (17) von der Offenposition in die Schließposition oder aufgrund der Druckdifferenz zwischen dem Innentank (1) und der Entnahmeleitung (18) öffnet.

3. Kryotank (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Entnahmerückschlagventil (24) eine Offenstellung und eine Schließstellung einnimmt, wobei das Entnahmerückschlagventil (24) in der Offenstellung die Entnahme der flüssigen oder überkritischen Phase aus dem Innentank (1) ermöglicht, wobei das Entnahmerückschlagventil (24) in der Schließstellung die Entnahme der flüssigen oder überkritischen Phase aus dem Innentank (1) begrenzt oder verhindert, wobei das Entnahmerückschlagventil (24) bei geöffneter Rohrbruchsicherung (17) geschlossen ist, wobei das Entnahmerückschlagventil (24) beim Schließen der Rohrbruchsicherung (17) aufgrund der Druckdifferenz zwischen dem Innentank (1) und der Entnahmeleitung (18) öffnet.

4. Kryotank (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drossel (23) die Entnahme der flüssigen oder überkritischen Phase aus dem Innentank (1) ermöglicht, wobei die Drossel (23) bei geöffneter Rohrbruchsicherung (17) die Entnahme von maximal 25% der Entnahmemenge des ersten Entnahmepfads ermöglicht.

5. Kryotank (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betankungspfad einen ersten Betankungspfad umfasst, wobei der erste Betankungspfad eine Betankungsleitung (8) der kryotankseitige Betankungskupplung (6) mit dem Innentank (1) verbindet, wobei der erste Betankungspfad ein Betankungsrückschlagventil (7) mit einer Offenstellung und einer Schließstellung umfasst, wobei eine Druckdifferenz das Betankungsrückschlagventil (7) bei der Betankung in die Offenstellung drückt, wobei das Betankungsrückschlagventil (7) in der Offenstellung die Zufuhr der flüssigen oder überkritischen oder gasförmigen Phase in den Innentank (1) ermöglicht und wobei das Betankungsrückschlagventil (7) in der Schließstellung ein Rückströmen des Mediums aus dem Innentank (1) zur kryotankseitigen Betankungskupplung (6) verhindert.

6. Kryotank (100) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betankungspfad einen zweiten Betankungspfad umfasst,

wobei der zweite Betankungspfad eine Gasrückführleitung (13) der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) mit dem Innentank (1) verbindet, wobei der zweite Betankungspfad ein entsperrbares Rückgasrückschlagventil (12) mit einer Offenstellung und einer Schließstellung umfasst, wobei das entsperrbares Rückgasrückschlagventil (12) in der Offenstellung die Abfuhr der gasförmigen Phase aus dem Innentank (1) ermöglicht, wobei das entsperrbare Rückgasrückschlagventil (12) in der Offenstellung die Zufuhr der gasförmigen Phase in den Innentank (1) ermöglicht, wobei eine Druckdifferenz zwischen der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) und dem Innentank (1) das entsperrbare Rückgasrückschlagventil (12) in die Offenstellung drückt, wobei das entsperrbare Rückgasrückschlagventil (12) in der Schließstellung ein Rückströmen des Mediums aus dem Innentank (1) zur kryotankseitigen Betankungskupplung (6) verhindert, wobei das entsperrbare Rückgasrückschlagventil (12) bei geöffnetem Betankungsrückschlagventil (7) geschlossen ist, wobei das entsperrbare Rückgasrückschlagventil (12) beim Öffnen des Betankungsrückschlagventils (7) aufgrund einer mechanischen Kopplung zwischen dem Schließkörper des Betankungsrückschlagventils (7) und dem Schließkörper des entsperrbaren Rückgasrückschlagventils (12) durch die Bewegung des Schließkörpers des Betankungsrückschlagventils (7) von der Offenposition in die Schließposition oder aufgrund der Druckdifferenz zwischen dem Eingang oder dem Ausgang des Betankungsrückschlagventils (7) und dem Eingang oder dem Ausgang des entsperrbaren Rückgasrückschlagventils (12) öffnet.

7. Kryotank (100) nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Entnahmepfad ein Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) mit einer Offenstellung und einer Schließstellung umfasst, wobei das Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) in Entnahmerichtung nach der Rohrbruchsicherung angeordnet ist, wobei das Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) bei der Entnahme über den ersten Entnahmepfad in die Offenstellung drückbar ist, wobei das Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) bei der Entnahme über den zweiten Entnahmepfad geschlossen ist, wobei das Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) den ersten und den zweiten Entnahmepfad verbindet, wobei das Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) den ersten und den zweiten Betankungspfad verbindet und wobei das Befüll- und Entnahmerückschlagventil (22) bei der Betankung in die Schließstellung drückbar ist.

8. Kryotank (100) nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betankungsrückschlagventil (7), das entsperrbare Rückgasrückschlagventil (12), die Rohrbruchsicherung (17), das entsperrbare Entnahmerückschlagventil (19) oder die Drossel (23) oder das Entnahmerückschlagventil (24) und bei Bedarf das Betankungs-

und Entnahmerückschlagventil (22) in einem über den Einfüllstutzen (5) zugängigen Bauraum angeordnet und nach Entfernung der fahrzeugseitigen Betankungskupplung (6) entnehmbar sind.

9. Verfahren zur Entnahme eines kryogenen Mediums aus einem Kryotank (100) nach den Ansprüchen 1, 2 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gasförmige oder überkritische Phase aus dem Innentank (1) der Entnahmeleitung (18) bei gesperrtem Entnahmerückschlagventil (19) über die geöffnete Rohrbruchsicherung (17) zugeführt wird, dass die überkritische oder flüssige Phase aus dem Innentank (1) der Entnahmeleitung (18) bei geschlossener Rohrbruchsicherung (19) über das entsperrte Entnahmerückschlagventil (19) zugeführt wird, dass die Druckdifferenz zwischen dem Innentank (1) und der Entnahmeleitung (18) als Regelgröße zum Schließen der Rohrbruchsicherung (17) verwendet wird und dass der Schließvorgang der Rohrbruchsicherung (17) oder die Druckdifferenz zwischen der Entnahmeleitung (18) und dem Innentank (1) nach dem Schließen der Rohrbruchsicherung (17) zum Öffnen des entsperrbaren Entnahmerückschlagventils (19) verwendet wird.

10. Verfahren zur Entnahme eines kryogenen Mediums aus einem Kryotank (100) nach den Ansprüche 1, 3 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gasförmige oder überkritische Phase aus dem Innentank (1) der Entnahmeleitung (18) bei geschlossenem Entnahmerückschlagventil (24) über die geöffnete Rohrbruchsicherung (17) zugeführt wird, dass die überkritische oder flüssige Phase aus dem Innentank (1) der Entnahmeleitung (18) bei geschlossener Rohrbruchsicherung (19) über das geöffnete Entnahmerückschlagventil (24) zugeführt wird, dass die Druckdifferenz zwischen dem Innentank (1) und der Entnahmeleitung (18) als Regelgröße zum Schließen der Rohrbruchsicherung (17) verwendet wird und das Entnahmerückschlagventil (23) bei geschlossener Rohrbruchsicherung (17) durch das Druckgefälle zwischen der Betankungsleitung (8) und dem Innentank (1) öffnet.

11. Verfahren zur Entnahme eines kryogenen Mediums aus einem Kryotank (100) nach den Ansprüche 1, 4 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gasförmige oder überkritische Phase aus dem Innentank (1) der Entnahmeleitung (18) im Wesentlichen über die geöffnete Rohrbruchsicherung (17) zugeführt wird, dass die überkritische oder flüssige Phase aus dem Innentank (1) der Entnahmeleitung (18) bei geschlossener Rohrbruchsicherung (19) über die Drossel (23) zugeführt wird, dass die Druckdifferenz zwischen dem Innentank (1) und der Entnahmeleitung (18) als Regelgröße zum Schließen der Rohrbruchsicherung (17) verwendet wird.

12. Verfahren zur Betankung eines Kryotanks (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 mit einem kryogenen Medium, **dadurch gekennzeichnet, dass** die überkritische oder

flüssige Phase aus einer Betankungsleitung (8) der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) dem Innentank (1) über das geöffnete Betankungsrückschlagventil (7) zugeführt wird, dass das Betankungsrückschlagventil (7) durch das Druckgefälle zwischen der Betankungsleitung (8) und dem Innentank (1) öffnet, dass die gasförmige Phase aus dem Innentank (1) einer Gasrückführleitung (13) der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) bei entsperrtem Rückgasrückschlagventil (12) abgeführt wird und das der Öffnungsvorgang des Betankungsrückschlagventils (7) oder die Druckdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Betankungspfad zum Öffnen des entsperrbaren Rückgasrückschlagventil (12) verwendet wird.

13. Verfahren zur Betankung eines Kryotanks (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 mit einem kryogenen Medium, **dadurch gekennzeichnet, dass** die überkritische oder flüssige Phase aus einer Betankungsleitung (8) der kryotankseitigen Betankungskupplung (6) dem Innentank (1) über das geöffnete Betankungsrückschlagventil (7) zugeführt wird und das Betankungsrückschlagventil (7) durch das Druckgefälle zwischen der Betankungsleitung (8) und dem Innentank (1) öffnet.

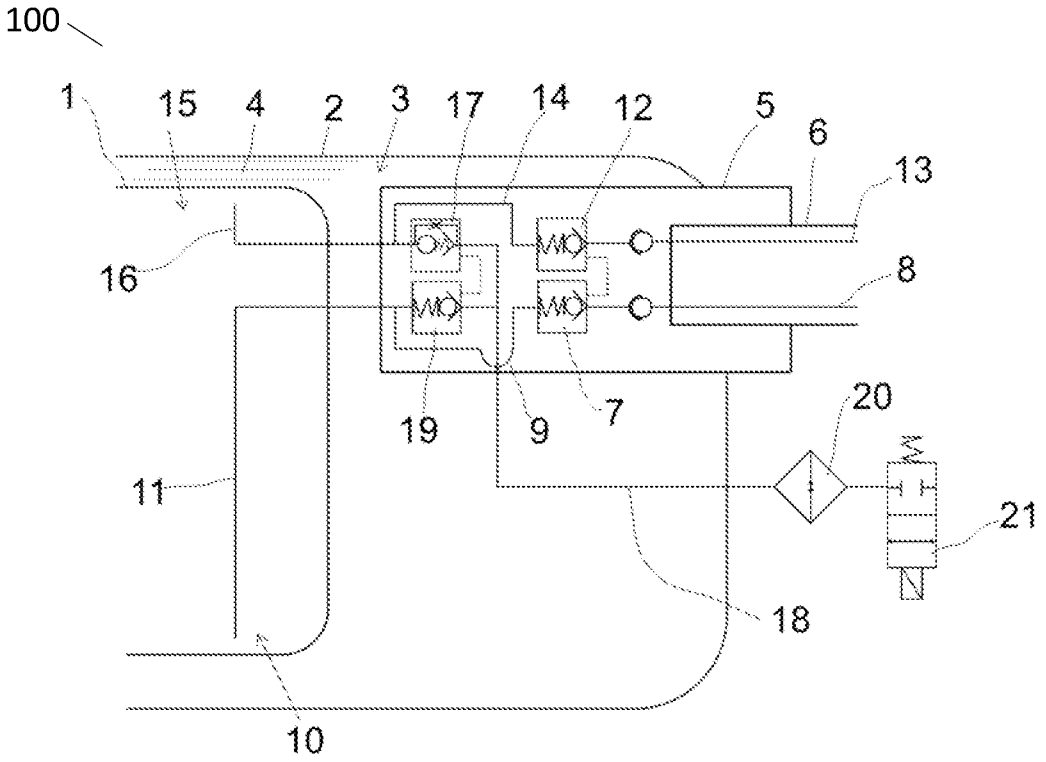

100
1
15
4
2
3
17
14
12
5
6
13
16
8
19
9
7
20
11
21
18
10

Fig. 1

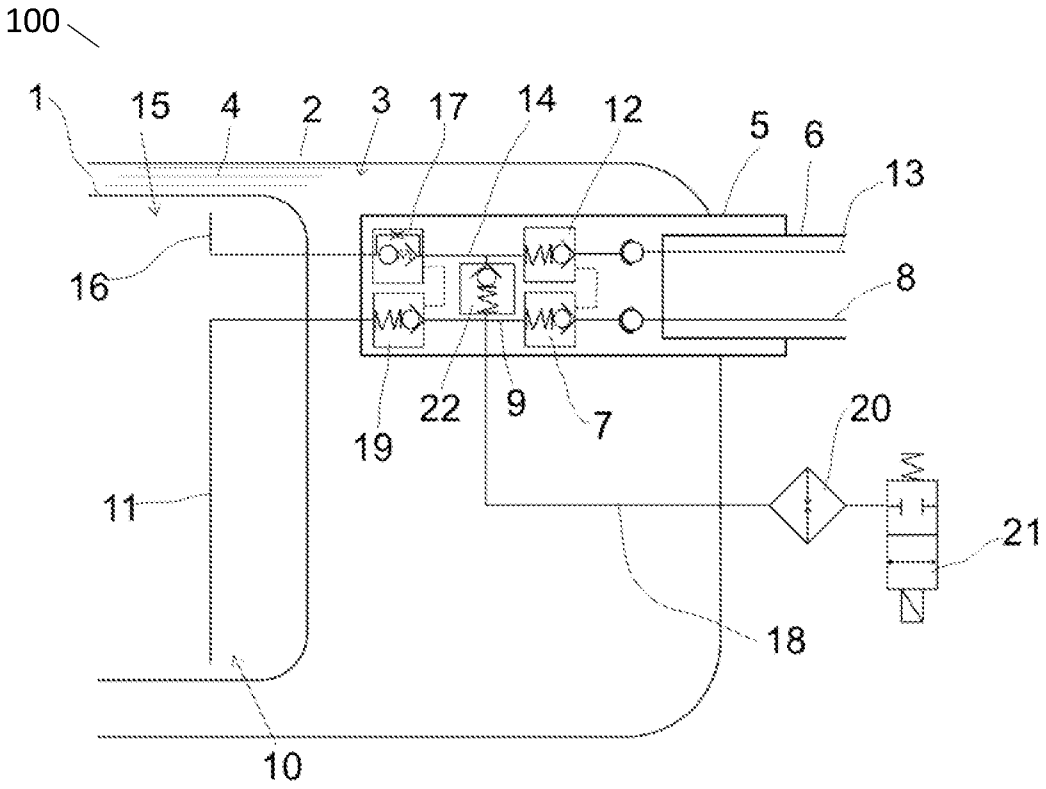

100
1
15
4
2
3
17
14
12
5
6
13
16
8
19
22
9
7
20
11
21
18
10

Fig. 2

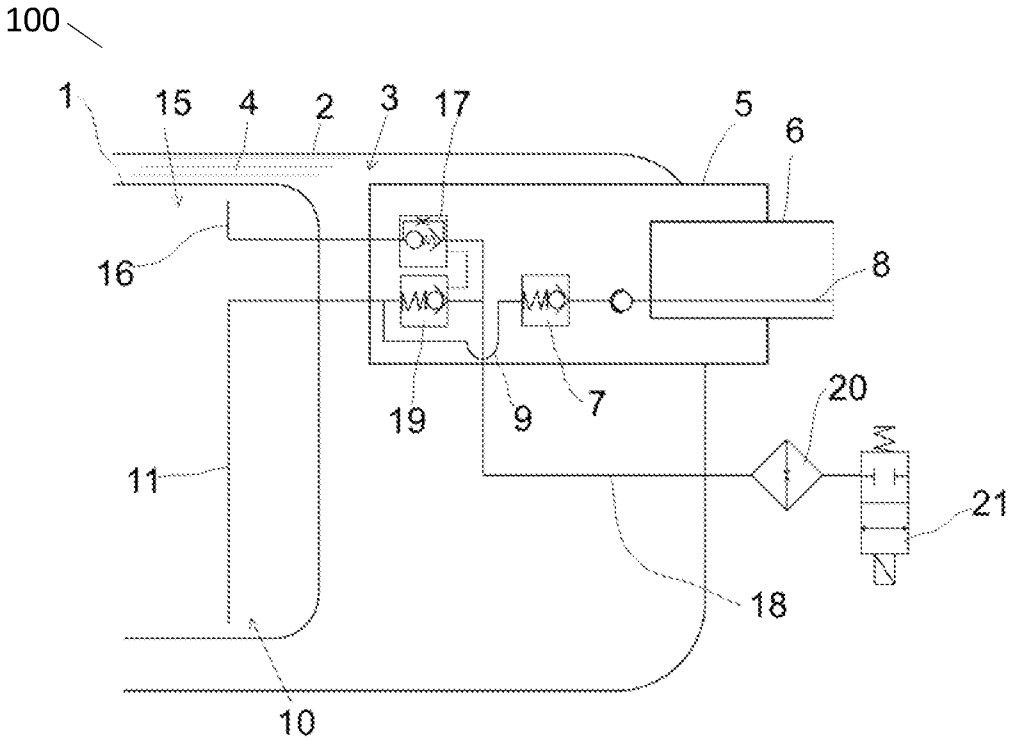

100
1
15
4
2
3
17
5
6
16
8
19
9
7
20
11
21
18
10

Fig. 3

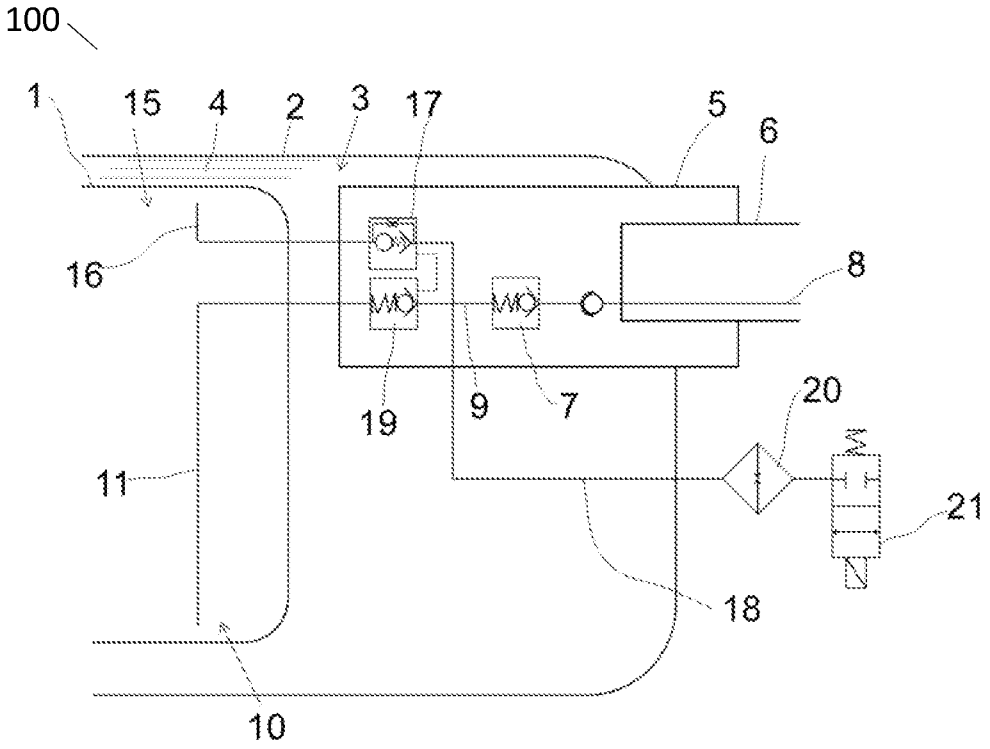

100
1
15
4
2
3
17
5
6
16
8
19
9
7
20
11
21
18
10

Fig. 4

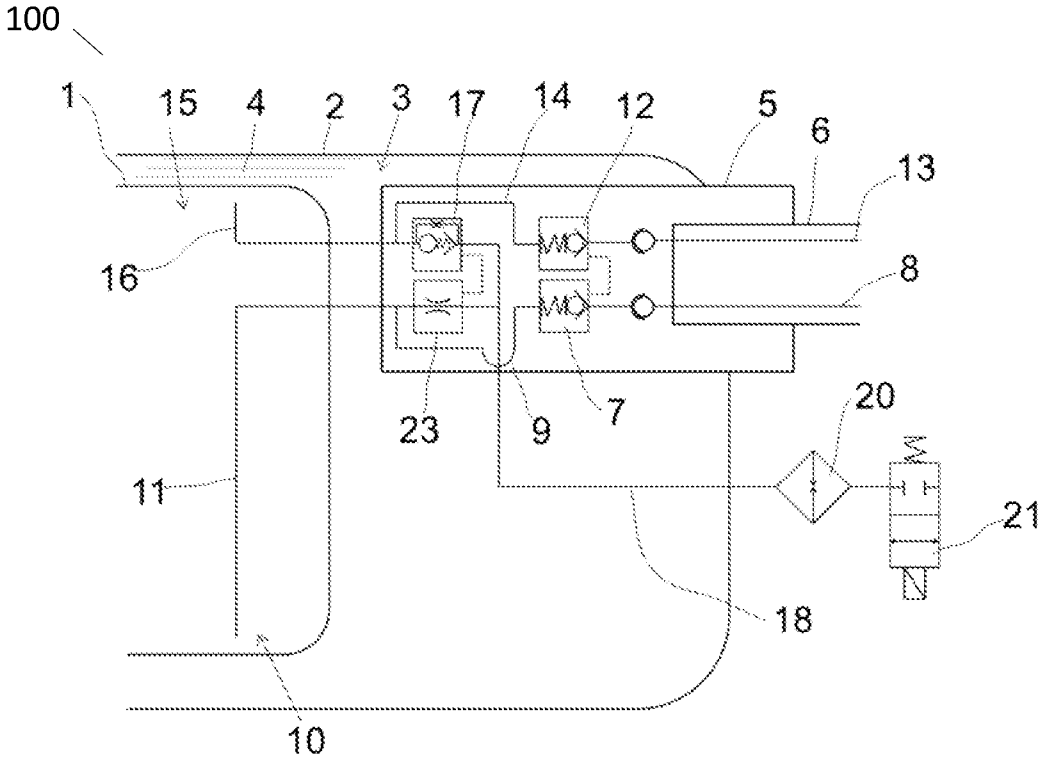

100
1
15
4
2
3
17
14
12
5
6
13
16
8
23
9
7
20
11
21
18
10

Fig. 5

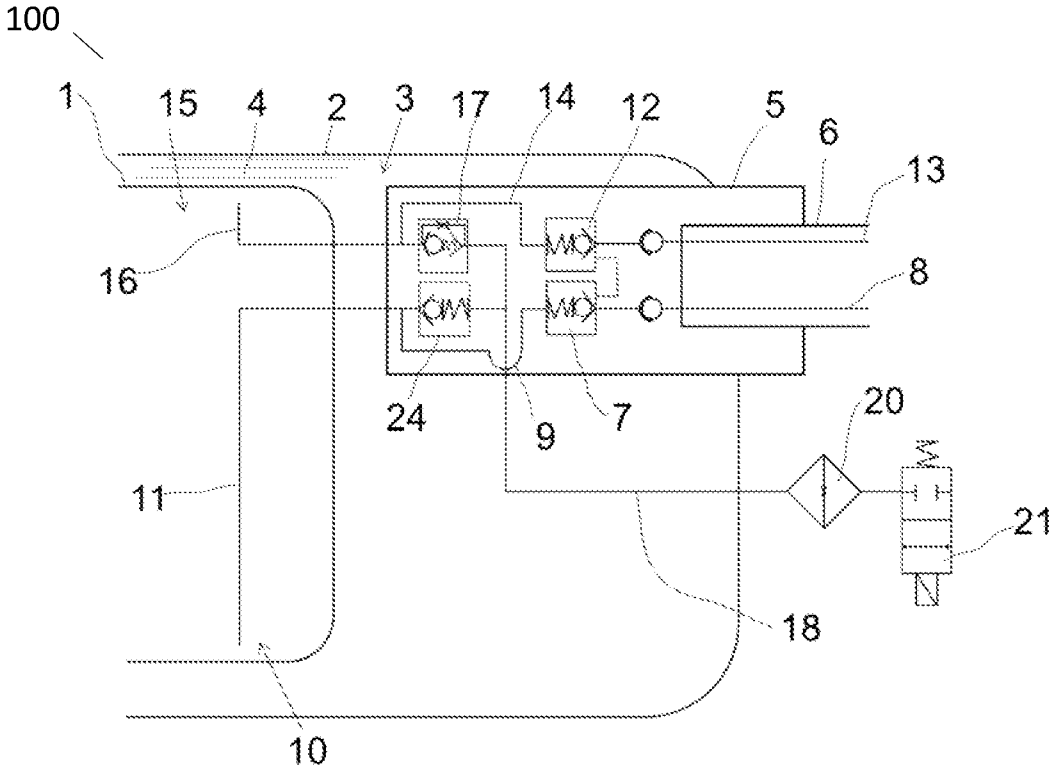

100
1
15
4
2
3
17
14
12
5
6
13
16
8
24
9
7
20
11
21
18
10

Fig. 6