



(10) **DE 10 2021 204 586 A1** 2022.11.10

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 204 586.3**

(22) Anmeldetag: **06.05.2021**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2022**

(51) Int Cl.: **F17C 5/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
Caspers, Leo, Eindhoven, NL

(56) Ermittelte Stand der Technik:

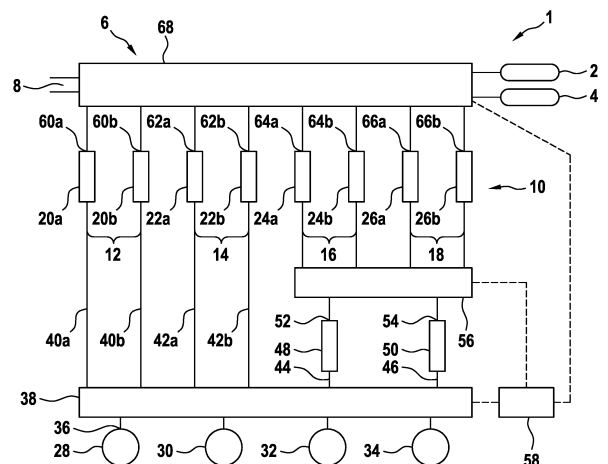
WO 2003/ 019 016 A1
WO 2004/ 091 970 A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Kompression eines Gases und Verfahren zum Füllen eines Tanks mit einer derartigen Vorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Offenbart sind eine Vorrichtung zur Kompression eines für einen Antrieb geeigneten Gases und ein Verfahren zum Füllen eines Tanks mit einer derartigen Vorrichtung, wobei das Befüllen über mehrere Kompressionsstufen erfolgt, wobei beim Befüllen über eine Kompressionsstufe auch ein Vorfüllen eines Akkumulators der folgenden Kompressionsstufe erfolgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Kompression eines, vorzugsweise für einen Antrieb geeigneten Gases, beispielsweise Wasserstoff, und eine Vorrichtung zum Füllen eines Tanks, vorzugsweise eines Land-, Wasser- oder Luftfahrzeugs, mit einer derartigen Vorrichtung.

[0002] Im Zuge der zunehmenden Erhöhung der Abgasgrenzwerte besteht seit einigen Jahren ein Trend dazu, herkömmliche Verbrennungsmotoren, die mit Benzin- oder Dieselmotoren betrieben werden, durch alternative Antriebe zu ersetzen. Nicht zuletzt aufgrund steuerlicher Anreize und der Subventionierung haben sich als Alternative weitgehend elektrische Antriebe durchgesetzt, die während der Nutzung nahezu emissionsfrei sind und somit die Umweltbelastung in stark besiedelten Gebieten verringern können. Problematisch bei diesen elektrischen Antrieben ist jedoch, dass bei Berücksichtigung der Aufwendungen und Emissionen, die mit der Herstellung der Batterien einhergehen, die gesamte Energie-/Schadstoffbilanz nicht wesentlich besser als bei herkömmlichen Dieselmotoren ist. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass bisher noch wenige tragfähige Lösungen vorhanden sind, die eine umweltverträgliche Entsorgung/Wiederaufbereitung der defekten Batterien ermöglichen.

[0003] Es besteht daher ein Bedarf an weiteren alternativen Antriebstechnologien, wobei die Verwendung von Wasserstoff als Energieträger eines der erfolgsversprechendsten Konzepte ist. Wasserstoff kann beispielsweise als Kraftstoff zum Betrieb eines Wasserstoffverbrennungsmotors (Wasserstoffmotors) verwendet werden, der nach Art eines herkömmlichen Verbrennungsmotors betrieben wird. Da bei dieser Verbrennung nur eine geringe Menge von beispielsweise durch Schmierstoffe eingebrachten Kohlenstoff anfällt, sind derartige Wasserstoffmotoren herkömmlichen Verbrennungsmotoren im Hinblick auf die Emissionen von kohlenstoffhaltigen Schadstoffen überlegen. Dennoch werden nicht unerhebliche Mengen an Stickoxiden ausgestoßen. Ein weiterer Nachteil derartiger Lösungen ist, dass der komplexe Aufbau der Verbrennungsmotoren aufrechterhalten wird und des Weiteren ein erhöhter Aufwand für die Speicherung des Brennstoffs erforderlich ist.

[0004] Vielversprechender sind daher Entwicklungen, die auf einem Antriebssystem mit einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle und einem Elektromotor beruhen, der von der Brennstoffzelle mit Energie versorgt wird. Selbstverständlich können außer Wasserstoff auch andere Brennstoffe, beispielsweise Methanol, Butan, Erdgas oder dergleichen verwendet werden.

[0005] Ein Problem bei derartigen Konzepten ist, dass der Brennstoff, im Folgenden Gas genannt, mit einem vergleichsweise hohen Druck in einem Tank gespeichert wird, so dass die Tankstation zum Füllen des Tanks entsprechend ausgelegt sein muss.

[0006] In der Druckschrift DE 298 16 811 U1 ist ein System zur Kompression/Speicherung von derartigen Brennstoffen/Gasen beschrieben, bei dem das Gas in einem volumenveränderlichen Speicher aufgenommen ist, der beispielsweise durch einen als Verdichter wirkenden Kolben- oder Blasenspeicher ausgebildet ist, wobei über den Kolben bzw. die Blase das Gas von einem antreibenden Medium, beispielsweise Hydraulikfluid, getrennt ist. Zwischen dem Tank des Fahrzeugs und dem Verdichter (auch Akkumulator genannt) kann noch ein so genannter Booster zur weiteren Druckerhöhung des Gases vorgesehen werden. Beschrieben ist auch ein so genanntes 3-Bank-Verfahren, bei dem drei Speicher mit unterschiedlicher Druckstufe kaskadenweise während des Tankens zugeschaltet werden. Der Gasdruck im jeweiligen Speicher wird bei dieser bekannten Lösung jeweils hydraulisch konstant gehalten.

[0007] In der US 10,753,539 B2 ist eine Tankstation beschrieben, bei der das Gas ebenfalls in einem volumenveränderlichen Speicher, beispielsweise einem Blasenspeicher, aufgenommen ist, wobei die Druckbeaufschlagung ebenfalls hydraulisch erfolgt. Bei dieser bekannten Lösung wird das hydraulische Druckmittel aus einem Tank angesaugt und über eine Pumpe auf den gewünschten Druck gebracht, wobei der Ausgangsanschluss der Pumpe mit dem Raum des Speichers verbunden ist, der mit dem hydraulischen Druckmittel gefüllt ist. Zur Erhöhung der Speicherkapazität des Speichers wird in der US 10,753,539 B2 vorgeschlagen, drei derartiger volumenveränderlicher Speicher parallel zu schalten.

[0008] In der Druckschrift WO 2006/034748 A1 ist eine Vorrichtung zur Kompression eines gasförmigen Mediums beschrieben, bei dem die Verdichtung des Gases ebenfalls in einem Verdichter/Akkumulator erfolgt, in dem das zu verdichtende Gas und eine ionische Flüssigkeit aufgenommen sind, wobei letztere über eine Hydraulikpumpe mit Druck beaufschlagt wird, um das Gas zu verdichten. Bei der bekannten Lösung ist die ionische Flüssigkeit so ausgelegt, dass sie einen sehr geringen Dampfdruck aufweist, so dass eine Verschleppung der ionischen Flüssigkeit in das zu verdichtende Medium, im vorliegenden Fall das Brenngas, nicht oder nur in sehr geringem Umfang erfolgt, so dass die beiden Komponenten mit vergleichsweise geringem Aufwand voneinander getrennt werden können.

[0009] Nachteilig bei diesen Lösungen ist, dass vor jedem Betanken der jeweilige Verdichter/Akkumulator aufgeladen werden muss, so dass je nach der Designkapazität des installierten Verdichters eine erhebliche Zeit vergehen kann, bis der nächste Tankvorgang begonnen werden kann. Dies ist insbesondere dann problematisch, wenn ein Fahrzeug mit einem vergleichsweise großen Tank betankt werden muss, dessen Kapazität größer ist als die Restkapazität des Verdichters/Akkumulators.

[0010] Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Verdichten eines Gases, beispielsweise Wasserstoff, zu schaffen, die es ermöglicht, auch Tanks mit großer Kapazität oder mehrere Tanks parallel zu betanken. Der Erfindung liegt des Weiteren die Aufgabe zugrunde, ein entsprechendes Verfahren zum Füllen eines Tanks bereitzustellen.

[0011] Diese Aufgabe wird im Hinblick auf die Vorrichtung durch die Merkmalskombination des Patentanspruches 1 und im Hinblick auf das Verfahren durch die Merkmalskombination des nebengeordneten Patentanspruches 14 gelöst.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0013] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist insbesondere zum Verdichten eines für einen Antrieb geeigneten Gases, beispielsweise Wasserstoff, ausgelegt und hat eine Versorgungs-Druckquelle oder ist an eine derartige Druckquelle angeschlossen, die das mit einem Versorgungsdruck beaufschlagte Gas bereitstellt. Die Vorrichtung hat des Weiteren zumindest zwei, jeweils einen Akkumulator für das Gas aufweisende Kompressionsstufen, wobei unter dem Begriff „Akkumulator“ ein Verdichter/Speicher verstanden werden soll, der dazu ausgelegt ist, das Gas aufzunehmen und zum Füllen, beispielsweise eines Tanks, über einen hydraulischen Antrieb mit einem Druck zu beaufschlagen, der oberhalb des Versorgungsdrucks oder Ausgangsdrucks liegt. Dementsprechend kann das Gas innerhalb der Akkumulatoren über ein Hydraulikfluid mit dem vorbestimmten Druck beaufschlagt werden. Erfindungsgemäß ist gasseitig eine Ventillogik (Ventilschaltung) vorgesehen, die derart ausgelegt ist, dass wahlweise jeweils ein oder mehrere Gasanschlüsse der Akkumulatoren mit einem Tank, beispielsweise einem Fahrzeugtank, und/oder einem Gasanschluss eines Akkumulators einer nachgeordneten Stufe verbindbar ist / sind. Die Ventillogik ist des Weiteren so ausgelegt, dass die Druckquelle auch direkt mit dem zu füllenden Tank und/oder dem Gasanschluss eines Akkumulators verbunden werden kann.

[0014] Unter dem Begriff „Ventillogik“ ist eine geeignete Ventilschaltung, vorzugsweise mit einem jeweils

einem Tank zugeordneten Druckregelventil, mit der zugeordneten Steuerung/Regelung mittels eines Steuergerätes zu verstehen.

[0015] Eine derartige Vorrichtung ermöglicht es, gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wahlweise einen Akkumulator einer ersten Kompressionsstufe gasseitig mit dem Versorgungsdruck zu beaufschlagen und den Tank zunächst mit Gas aus der Druckquelle (mit dem Versorgungsdruck) zu füllen. In einem folgenden Schritt wird dann das im ersten Akkumulator aufgenommene Gas über den hydraulischen Antrieb verdichtet und der Tank mit einem entsprechenden Druck aus dem ersten Akkumulator beaufschlagt. Gleichzeitig erfolgt ein Vorspannen/Vorfüllen eines Akkumulators einer folgenden Kompressionsstufe, so dass diese auf den Ausgangsdruck der ersten Kompressionsstufe vorgespannt ist. Anschließend wird das Gas im Akkumulator der zweiten Kompressionsstufe hydraulisch verdichtet, so dass das Gas im Tank auf den Ausgangsdruck der zweiten Kompressionsstufe komprimiert wird. Unter dem Begriff „Komprimieren“ wird dabei eine Verdichtung/Kompression des Gases im Tank verstanden, wobei während dieser Kompression auch eine Nachfüllung des Tanks zum Ausgleich der durch die Kompression verursachten Volumenänderung des Gases erfolgt.

[0016] Diese Vorgehensweise kann entsprechend mit weiteren Kompressionsstufen weitergeführt werden, bis der gewünschte Solldruck von beispielsweise etwa 1000 bar oder 480 bar erreicht ist, um Systeme mit 700 bar bzw. 350 bar Tankdruck zu betanken.

[0017] Diese Vorgehensweise ermöglicht es, das Tanken mit minimalen Energieverlusten und auch mit einem minimalen Druckverlust über ein dem jeweiligen Tank vorgeschaltetes Druckregelventil durchzuführen. Des Weiteren können auch bei vergleichsweise geringen Volumina der Akkumulatoren durch das wechselseitige Vorfüllen während des Betankens die Speichervolumina und somit das Totvolumen minimal gehalten werden. Aufgrund der Druckbeaufschlagung der nachgeordneten Kompressionsstufe während des Füllens des Tanks mit dem Ausgangsdruck der niedrigeren Kompressionsstufe kann der nächste Tankvorgang auch ohne zeitintensives Laden/Vorspannen der Akkumulatoren eingeleitet werden.

[0018] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird es bevorzugt, zwei Sets von Akkumulatoren mit unterschiedliche Kompressionsstufen vorzusehen, wobei jede Kompressionsstufe zumindest zwei etwa baugleiche Akkumulatoren aufweist. Die Ventillogik ist dann ausgelegt, den Gasanschluss des Akkumulators einer Kompressionsstufe mit dem Gasanschluss eines Akkumulators der folgenden Kompress-

sionsstufe zu verbinden, um so die Vorfüllung ohne Zeitverlust durchzuführen.

[0019] Je nach Anzahl der Sets können dann mehrere Fahrzeuge im Wesentlichen gleichzeitig oder ein großer Tank betankt werden, wobei die Vorspannung von Akkumulatoren der höheren Kompressionsstufen über Akkumulatoren der niedrigeren Kompressionsstufe erfolgt.

[0020] Besonders vorteilhaft ist es, wenn in einer Ausgangsposition ein Akkumulator einer ersten Kompressionsstufe mit dem Versorgungsdruck und ein Akkumulator einer folgenden Kompressionsstufe mit einem dem Ausgangsdruck der vorhergehenden Kompressionsstufe entsprechenden Gasdruck vorgespannt/vorgefüllt ist.

[0021] Während des anschließenden Betriebs wird diese Vorfüllung dann jeweils durch die vorhergehende Kompressionsstufe parallel zur Druckbeaufschlagung des Tanks durchgeführt.

[0022] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist es vorgesehen, bei einer vorbeschriebenen gasseitigen Vorspannung den Akkumulator der ersten Kompressionsstufe über eine Hydrauliklogik fluidseitig mit Niederdruck, vorzugsweise Umgebungsdruck, und den Akkumulator der folgenden Kompressionsstufe fluidseitig mit einem dem Ausgangsdruck der vorhergehenden Kompressionsstufe entsprechenden Druck vorzuspannen. Eine derartige Hydrauliklogik enthält alle erforderlichen Ventile und Aggregate, beispielsweise Pumpen zur Druckbeaufschlagung der Hydraulikseite der jeweiligen Akkumulatoren. Die Ansteuerung dieser Hydrauliklogik erfolgt ebenfalls wieder über das Steuergerät oder ein eigenes Hydraulik-Steuergerät, das selbstverständlich mit dem gasseitigen Steuergerät in Daten- und Signalverbindung steht.

[0023] Die Erfindung ist dabei nicht auf eine Ausführung mit zwei Kompressionsstufen begrenzt, sondern es können nahezu beliebig viele Kompressionsstufen hintereinander geschaltet werden, um das Gas auf den vorbestimmten Druck zu bringen, wobei diese Kompressionsstufen, wie vorstehend erläutert, auf einander folgend in Wirkverbindung mit dem Tank gebracht werden, wobei über den Ausgangsdruck einer Kompressionsstufe jeweils eine Vorfüllung der folgenden Kompressionsstufe erfolgt.

[0024] Bei einer alternativen Lösung werden alle Akkumulatoren eines oder aller Sets auf ihren maximalen Ausgangsdruck vorgefüllt/vorkomprimiert, so dass die gesamte interne Speicherkapazität des Systems maximiert ist. Das Füllen des Tanks kann dann über die Ventillogik, insbesondere über ein Druckregelventil geregelt werden, so dass der Druck

im Tank entsprechend der Regelcharakteristik dieses Druckregelventils (oder dergleichen) geregelt ist.

[0025] Dabei wird es besonders bevorzugt, wenn jede Kompressionsstufe mit zumindest zwei Akkumulatoren ausgeführt ist, so dass eine entsprechende Anzahl von Akkumulator-Sets zur Ausbildung der Kompressionsstufen vorgesehen ist.

[0026] Wie vorstehend erwähnt, können die Akkumulatoren fluidseitig über die Hydrauliklogik und zumindest eine Pumpe und optional über einen Booster mit Druck beaufschlagt werden, um den gasseitig gewünschten Druck einzustellen.

[0027] Dabei wird es besonders bevorzugt, wenn jeder Kompressionsstufe eines oder mehrerer Sets wahlweise eine Hydropumpe oder Motor-Pumpeneinheit zugeordnet ist. Selbstverständlich können diese Pumpen auch parallel geschaltet werden, um die jeweiligen Akkumulatoren mit Druckmittel zu versorgen. Bei einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, die Motor-Pumpeneinheit so auszulegen, dass eine Vielzahl von Hydropumpen über einen gemeinsamen Motor angetrieben wird. Dabei kann der Antrieb direkt über die Motorwelle oder ein zwischengeschaltetes Getriebe oder dergleichen erfolgen.

[0028] Die gaseitige Ventillogik ist bei einem Ausführungsbeispiel so ausgelegt, dass die Gasanschlüsse der jeweiligen Sets von Akkumulatoren mit einer entsprechenden Anzahl von Tanks oder mit einem größerem Tank verbunden werden können, so dass eine gleichzeitige Betankung mehrerer Fahrzeuge/Tanks oder eines großen Tanks in kurzer Zeit ermöglicht ist.

[0029] Dabei wird es besonders bevorzugt, wenn die Akkumulatoren jeder Kompressionsstufe in etwa den gleichen Aufbau besitzen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Ausgangsdruck jeder Kompressionsstufe etwa das Doppelte des jeweiligen Eingangsdrucks beträgt.

[0030] Die Akkumulatoren können als Kolbenspeicher, Blasenspeicher, Membranspeicher ausgebildet sein oder mit einem ionischen Fluid betrieben werden.

[0031] Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die erfindungsgemäße Vorrichtung mit zwei oder vier Kompressionsstufen ausgeführt. Dabei können einige oder alle Kompressionsstufen über einen Booster vorgespannt/angetrieben sein.

[0032] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist es vorgesehen, die Abgabe des Gases an den Tank über ein Druckregelventil oder dergleichen zu steuern oder zu regeln.

[0033] Zur Verbesserung des thermodynamischen Wirkungsgrades kann die Gasströmung zwischen den Akkumulatoren oder zum Tank hin gekühlt werden. Alternativ können die Akkumulatoren per se mit einer Kühlung ausgeführt sein.

[0034] Zur Vermeidung von Verunreinigungen kann des Weiteren stromabwärts der letzten Kompressionsstufe ein Abscheider vorgesehen sein, über den Fluidanteile im Gas oder - insbesondere bei einem Kolbenspeicher - durch verdampfte Schmierstoffe in die Gasseite eingetragene Anteile abgeschieden werden können.

[0035] Die Pumpen zum Antrieb der Hydraulikseite der Akkumulatoren können vorzugsweise Verstellpumpen oder Konstantpumpen mit drehzahlvariablem Antrieb oder eine Motor-Pumpenheitheit sein, so dass entsprechend der Ansteuerung der Pumpe (n) unterschiedliche APRR-Charakteristika (Average Pressure Ramp Rate Profiles) einstellbar sind.

[0036] Zum Betanken von großen Tankvolumina können den Akkumulatoren auch Speicherpufferkapazitäten zugeordnet werden, durch die weitere APRR-Varianten einstellbar sind.

[0037] Bei einer alternativen Vorgehensweise kann die Gasseite der Akkumulatoren vor der Verbindung mit dem Tank vorkomprimiert/vorgefüllt werden, wobei dann nach der Verbindung mit dem Tank die vorbeschriebene APRR-Charakteristik über eine geeignete Ventilanordnung, beispielsweise ein Druckwegeventil geregelt wird. Diese Kompression des Gases innerhalb des Akkumulators kann weiter durchgeführt werden, wenn eine minimale Druckdifferenz über dem Druckregelventil unterschritten wird. Diese Situation kann beispielsweise dann relevant sein, wenn der Tankvorgang gestoppt oder unterbrochen wird (beispielsweise durch den Nutzer) bevor das Gas innerhalb des Akkumulators komprimiert ist. Dementsprechend sind die Akkumulatoren gemäß dieser Vorgehensweise derart angesteuert, dass deren maximale Kapazität für das Füllen des Tanks/der Tanks zu jeder Zeit ausgenutzt werden kann.

[0038] Zur Druckregelung ist bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung jedem Tank ein Druckregelventil oder ein sonstiges Ventil geeigneter Bauart vorgeschaltet, wobei die Steuerung so ausgelegt sein kann, dass bei Unterschreiten eines vorbestimmten Druckabfalls über diesem Ventil eine Kompression des Akkumulators erfolgt, aus dem der Tank versorgt wird.

[0039] Die Anmelderin behält sich vor, auf diese Merkmale eigene Ansprüche zu richten.

[0040] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Hydraulikschaltung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betanken/Füllen von Fahrzeugtanks;

Fig. 2 eine Detaildarstellung eines Teilsystems der Schaltung gemäß **Fig. 1** und

Fig. 3 ein Diagramm, in dem der Druck in Akkumulatoren der Schaltung gemäß den **Fig. 1** und **Fig. 2** über der Zeit dargestellt ist.

[0041] **Fig. 1** zeigt beispielhaft ein Schaltschema einer Tankstation 1, die zur Betankung von Tanks 2, 4 zweier Fahrzeuge ausgelegt ist und die mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 6 zur Kompression/Verdichtung von Wasserstoff oder eines anderen Gases ausgeführt ist.

[0042] Die Erfindung ist jedoch keinesfalls auf eine Anwendung zum Betanken von Fahrzeugtanks beschränkt, sondern kann beispielsweise auch verwendet werden, um andere Tanks, beispielsweise auf Trailern oder Containern angeordnete Tanks, beispielsweise mit einer Kapazität von 1200 kg zu betanken. Das erfindungsgemäße System kann auch verwendet werden, um kleinere Tanks, beispielsweise mit einer Kapazität von 2 x 40 kg oder 1 x 80 kg gleichzeitig beziehungsweise über alle Sets zu betanken.

[0043] Die Vorrichtung 6 ist an ein Versorgungsnetz, im Folgenden Versorgungs-Druckquelle 8 genannt, angeschlossen, wobei über diese Druckquelle 8 Wasserstoff mit einem Versorgungsdruck p_0 von beispielsweise 60 bar bereitgestellt wird. Dieser Druck ist selbstverständlich zu gering, um Tanks 2, 4 mit dem erforderlichen Tankdruck, beispielsweise 350 bar oder 700 bar, zu befüllen, so dass entsprechend eine Verdichter-/Akkumulatoranordnung 10 vorgesehen ist, um den erforderlichen Tankdruck aufzubauen. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel hat die Akkumulatoranordnung vier Kompressionsstufen 12, 14, 16, 18, wobei jede Kompressionsstufe jeweils ein Set (Subsystem) mit zwei baugleichen Akkumulatoren 20a, 20b; 22a, 22b; 24a, 24b und 26a, 26b enthält.

[0044] Über das erste Akkumulatoren-Set (Kompressionsstufe 12) erfolgt eine Verdichtung des Gases vom Versorgungsdruck p_0 auf einen Zwischendruck p_1 , der beispielsweise etwa 120 bar beträgt. In der zweiten Kompressionsstufe 14 erfolgt die Verdichtung dieses Zwischendrucks p_1 auf einen höheren Druck p_2 , der beispielsweise etwa 240 bar beträgt. Über die beiden weiteren Kompressionsstufen 16, 18 wird das Gas dann von dem weiteren Druck p_2 auf einen ersten Tankdruck p_3 in Höhe von etwa 480 bar und über das Set 18 von diesem

ersten Tankdruck p_3 auf einen Tankhochdruck p_4 von etwa 1000 bar verdichtet. Über die Kompressionsstufe 16 mit dem ersten Tankdruck p_3 können dann beispielsweise Fahrzeuge betankt werden, die einen Tankdruck von etwa 350 bar voraussetzen, während die Kompressionsstufe 18 genutzt wird, um Fahrzeuge zu betanken, die einen Tankdruck von etwa 700 bar voraussetzen. Selbstverständlich sind durch entsprechende Ausgestaltung der Akkumulatoren auch andere Druckverhältnisse realisierbar. Wie im Folgenden noch näher beschrieben, sind die Akkumulatoren jeweils als Kolbenspeicher ausgeführt, wobei der Kolben jeweils einen den Wasserstoff aufnehmenden Gasraum von einem mit Hydraulikflüssigkeit befüllten Fluidraum trennt, der mit dem Druckanschluss einer Hydraulikpumpe oder mit einem Tank verbindbar ist, um den gaseitigen Druckraum mit Druck zu beaufschlagen oder zu entspannen.

[0045] Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind vier derartiger Hydropumpen 28, 30, 32, 34 vorgesehen, deren Druckanschluss 36 (lediglich ein Druckanschluss in **Fig. 1** mit einem Bezugszeichen versehen) über eine Hydrauliklogik 38 und über Arbeitsleitungen 40a, 40b, 42a, 42b, 44 bzw. 46 mit dem jeweiligen Set verbindbar ist. Dementsprechend bilden die Sets jeweils Kompressionsstufen 12, 14, 16, 18 aus, so dass beim dargestellten Ausführungsbeispiel vier Kompressionsstufen vorgesehen sind, um das Gas ausgehend vom Versorgungsdruck p_0 auf den Hochdruck p_4 zu verdichten. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt die Verdichtung/Kompression des Gases von dem vergleichsweise geringen Druck p_2 auf die vergleichsweise hohen Drücke p_3 und p_4 jeweils mit Hilfe eines Boosters 48, 50, der an die Arbeitsleitungen 44, 46 angeschlossen ist und deren Ausgangsanschluss 52, 54 über eine Boosterlogik 56 mit den Kompressionsstufen 16, 18 verbunden ist. Prinzipiell kann auf diese Booster 48, 50 auch verzichtet werden, so dass die Kompression/Verdichtung im Wesentlichen mit Hilfe der Akkumulatoren 20, 22, 24, 26 und der Hydropumpen 28, 30, 32, 34 erfolgt. Im Prinzip können auch im Niederdruckbereich (Kompressionsstufen 12, 14) Booster zur Unterstützung eingesetzt werden, so dass entsprechend die Hydropumpen 28, 30, 32, 34 mit einem geringeren Maximaldruck ausgelegt sein können.

[0046] Diese Hydropumpen 28, 30, 32, 34 können beispielsweise als Verstellpumpen oder als Konstantpumpe mit drehzahlvariablem Antrieb ausgeführt sein.

[0047] Die Ansteuerung der Ventile der Hydrauliklogik 38 und der Boosterlogik 56 erfolgt über ein oder mehrere Steuergeräte 58.

[0048] Eine Besonderheit des erfindungsgemäßen Konzeptes besteht darin, dass in den einzelnen Kompressionsstufen 12, 14, 16, 18 der Ausgangsdruck (p_1 , p_2 , p_3) eines Akkumulators 20, 22, 24 zum einen zur Kompression des Wasserstoffs im Tank 2, 4 und zum anderen zum Vorspannen/Vorfüllen des Akkumulators der folgenden Kompressionsstufe 14, 16, 18 verwendet wird, so dass für diese Vorspannung keine eigenen Druckspeicher oder allenfalls Druckspeicher mit einer minimalen Speicherkapazität erforderlich sind.

[0049] Je nach Ansteuerung der Hydraulikseite werden dann die Druckquelle 8 und Gasanschlüsse 60a, 60b, 62a, 62b, 64a, 64b, 66a, 66b der Akkumulatoren 20, 22, 24, 26 kaskadierend über eine gaseitige Ventillogik 68 mit den Tanks 2, 4 verbunden, so dass diese mit Gas vorgefüllt und dieses sukzessive auf den erforderlichen Tankdruck komprimiert wird, wobei diese Kompression mit dem Ausgangsdruck (p_1 , p_2 , p_3 , p_4) der jeweiligen Kompressionsstufen 12, 14, 16, 18 erfolgt. Wie vorstehend erläutert, erfolgt die Vorfüllung der folgenden Kompressionsstufen 14, 16, 18 jeweils über den Ausgangsdruck der vorhergehenden Kompressionsstufe. Die Druckregelung erfolgt dabei über ein dem Tank 2, 4 vorgeschaltetes, nicht dargestelltes Druckregelventil.

[0050] Auch die Ventillogik 68 mit den Druckregelventilen für den Tank 2, 4 wird, wie in **Fig. 1** angedeutet, über das zentrale Steuergerät 58 oder über ein weiteres Steuergerät angesteuert. Diese Ansteuerung erfolgt erfindungsgemäß derart, dass zur Befüllung des Tanks 2 je nach gewünschtem Tankdruck die Akkumulatoren 20a, 22a, 24a, 26a und für die Füllung des Tanks 4 die Akkumulatoren 20b, 22b, 24b, 26b verwendet werden, so dass die mit dem Bezugszeichen „a“ und „b“ gekennzeichneten Akkumulatoren jeweils ein Subsystem / Set ausbilden. Dabei wird die vorbeschriebene Vorfüllung derart gesteuert, dass Ausgangs-/Gasdruck des erst genannten Subsystems („a“) zur Vorspannung/Vorfüllung der Kompressionsstufen des zweiten Subsystems („b“) verwendet werden. Dies führt dazu, dass beide Tanks 2, 4 parallel, jedoch zeitlich leicht versetzt zu einander befüllt werden können, wobei auch mehrere Kompressionsstufen realisierbar sind.

[0051] **Fig. 2** zeigt in detaillierter Ansicht denjenigen Teil der Schaltung gemäß **Fig. 1**, mit dem die Tanks 2, 4 mit Gas gefüllt werden können, das einen maximalen Druck p_2 aufweist, der beispielsweise 240 bar beträgt. Wie vorstehend erläutert, bilden dabei die Akkumulatoren 20a, 22a und 20b, 22b jeweils ein Subsystem („a“, „b“), wobei das Subsystem „a“ zum Füllen des Tanks 2 und das Subsystem „b“ zum Füllen des Tanks 4 ausgelegt ist. Selbstverständlich kann über die beiden Subsysteme „a“ und „b“ auch ein großer Tank gefüllt werden, wobei dann beide

Subsysteme wechselweise in Wirkverbindung mit dem Tank sind.

[0052] Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Akkumulatoren 20, 22 als Kolbenspeicher ausgeführt, wobei die Kolben jeweils einen Gasraum 70a, 70b, 72a, 72b der Akkumulator-Sets von einem Fluidraum 74a, 74b, bzw. 76a, 76b trennen. Die Druckbeaufschlagung der Fluidräume 74, 76 erfolgt gemäß der Darstellung in **Fig. 2** über die Hydrauliklogik 38, wobei diese über die Arbeitsleitungen 40a, 40b, 42a, 42b mit den Fluidräumen 74, 76 verbunden ist. Die Gasanschlüsse 60a, 60b, 62a, 62b können über die gestrichelt angedeutete Ventillogik 68 wahlweise mit dem Tank 2 und/oder 4 verbunden werden.

[0053] Beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Ventillogik 68 im Wesentlichen durch Rückschlagventile (check valve), die eine Druckmittelströmung in einer Richtung zulassen und in der anderen Richtung sperren und durch vorgesteuerte Rückschlagventile ausgebildet, die eine Druckmittelströmung in eine Richtung nach Art eines nicht vorgesteuerten Rückschlagventils zulassen und die in der anderen Richtung über die Vorsteuerung aufsteuerbar sind.

[0054] Demgemäß ist die Druckquelle 8, die einen Versorgungsdruck p_0 bereitstellt, an zwei Versorgungsleitungen 78, 80 angeschlossen, die zum Tank 2 bzw. 4 führen. Die Versorgungsleitung 78 ist über eine Gasleitung 82a mit dem Gasanschluss 60a und über eine weitere Gasleitung 84a mit dem Gasanschluss 62a des Akkumulators 22a der zweiten Kompressionsstufe 14 verbunden. In entsprechender Weise ist die weitere Versorgungsleitung 80 über eine Gasleitung 82b mit dem Gasanschluss 60b des Akkumulators 20b und über eine weitere Gasleitung 84b mit dem Gasanschluss 62b des Akkumulators 22b der zweiten Kompressionsstufe 14 verbunden. Die beiden Gasleitungen 82a und 84b sind über eine Vorspannleitung 86a und entsprechend die beiden Gasleitungen 82b und 84a über eine Vorspannleitung 86b mit einander verbunden. Vor und nach den Abzweigungen der Gasleitungen 82, 84 von den Versorgungsleitungen 78, 80 sind jeweils Rückschlagventile 88a, 88b, 90a, 90b und 92a, 92b vorgesehen, die in Richtung zum Tank 2, 4 öffnen. In den von den Versorgungsleitungen 78, 80 abzweigenden Gasleitungen 82a, 82b, 84a, 84b sind jeweils vorgesteuerte Rückschlagventile 96a, 96b, 98a, 98b angeordnet, wobei die Vorsteuerung der Einfachheit halber nicht dargestellt ist.

[0055] In den beiden Vorspannleitungen 86a, 86b ist ebenfalls jeweils ein Rückschlagventil 100a, 100b vorgesehen, das in Richtung der Kompressionsstufe mit dem höheren Druck öffnet und in Gegenrichtung schließt. In entsprechender Weise wird über die Rückschlagventile 88, 90, 92 eine Rückströmung

aus dem Tank 2, 4 in Richtung zur Druckquelle 8 gesperrt.

[0056] Nicht dargestellt in **Fig. 2** sind Druckregelventile, über die die APRR-Charakteristik zusätzlich beeinflussbar ist und die ausgangsseitig stromaufwärts der Tanks 2, 4 angeordnet sind.

[0057] Vor Beginn des Tankvorgangs wird das Subsystem „a“ mit Wasserstoff vorgefüllt, wobei im Gasraum 70a der Versorgungsdruck und im Gasraum 72a der mittlere Druck, d.h. der Druck p_1 (beispielsweise 120 bar) anliegt. Das Subsystem „b“ wird über die Hydraulikseite beaufschlagt, wobei im Fluidraum 74b der Umgebungsdruck und im Fluidraum 76b ein dem Druck p_1 entsprechender Fluidruck anliegt.

[0058] In einer ersten Kompressionsstufe 12 wird der Tank 2 des ersten Fahrzeugs über das nicht dargestellte Druckregelventil mit Wasserstoff gefüllt, wobei dieser mit dem Druck p_0 über die Ventile 88a, 90a und 92a zugeführt wird. Im Subsystem „b“ wird dabei der Gasraum 70b über die Ventile 88b und 96b mit dem Versorgungsdruck p_0 beaufschlagt, so dass das Hydraulikfluid aus dem Fluidraum 74b verdrängt wird.

[0059] In einem zweiten Schritt wird dann über die Hydrauliklogik 38 und die zugeordnete Hydropumpe 28, 30, 32 oder 34 der Fluidraum 74a mit Druckmittel beaufschlagt, so dass der Wasserstoff im Gasraum 70a vom Druck p_0 auf den Druck p_1 komprimiert und über die Ventile 96a, 90a und 92a zum Tank 2 geleitet wird, so dass der Wasserstoff im Tank 2 vom Versorgungsdruck p_0 auf den Druck p_1 verdichtet ist. Durch diese stufenweise Komprimierung ist gewährleistet, dass der Druckabfall über dem Druckregelventil und die damit einhergehenden Verluste minimal sind.

[0060] Ein Teilstrom des Wasserstoffs wird erfindungsgemäß über das Ventil 100a zum Gasraum 72b des Akkumulators 22b der zweiten Kompressionsstufe 14 geführt, so dass eine Vorfüllung mit dem Druck p_1 erfolgt.

[0061] Zeitgleich wird Wasserstoff über den hydraulikseitigen Antrieb des Akkumulators 22a vom Druck p_1 auf den Druck p_2 komprimiert und über die Ventile 98a und 92a wird der Wasserstoff im Tank 2 in dem dritten Schritt auf den Druck p_2 komprimiert.

[0062] Nach dem Tankvorgang ist dann der Tank 2 komplett gefüllt, wobei in diesem der Druck p_2 anliegt.

[0063] Parallel zu dieser Betankung wird der Tank 4 des zweiten Fahrzeugs in entsprechender Weise zunächst in dem ersten Schritt mit dem Versorgungsdruck p_0 gefüllt, wobei diese Füllung über die Ventile 88b, 90b, 92b und ggf. das nicht dargestellte Druck-

regelventil erfolgt. In der Folge erfolgt die Kompression des Wasserstoffs im Tank 4 dann entsprechend den vorgehenden Ausführungen stufenweise nach dem vorbeschriebenen Schritten 2 und 3 (stufenweise Kompression des Wasserstoffs im Tank , der zunächst mit dem Druck p1 und dann mit dem Druck p2 beaufschlagt ist), wobei die Ansteuerung der Subsysteme „a“ und „b“ in umgekehrter Weise wie beim oben beschriebenen Befüllen des Tanks 2 erfolgt. D.h. über den hydraulischen Antrieb und die Hydrauliklogik 38 wird der Gasraum 70b des Akkumulators 20b mit dem Druck p1 beaufschlagt und der Wasserstoff im Tank 4 dann über die Ventile 96b, 90b und 92b komprimiert. Ein Teilstrom des Wasserstoffs wird über die Vorspannleitung 36b und das Rückschlagventil 100b abgezweigt, so dass entsprechend der Akkumulator 22a des Subsystems „a“ mit dem Druck p1 vorgefüllt wird. In dem dritten Schritt wird dann, wie vorstehend beschrieben, über den hydraulischen Antrieb der Wasserstoff im Gasraum 72b des Akkumulators 22b auf den Druck p2 verdichtet und über die Ventile 98b, 92b der Wasserstoff im Tank 4 auf den Druck p2 komprimiert.

[0064] In dem Fall, in dem mehr als zwei Stufen (siehe **Fig. 2**) vorgesehen sind, erfolgt die stufenweise Kompression des Wasserstoffs in den Tanks 2 bzw. 4 in entsprechender Weise, wobei jeweils der Ausgangsdruck eines Akkumulators einer niedrigeren Kompressionsstufe eines Subsystems zum Vorfüllen eines Akkumulators einer höheren Kompressionsstufe des weiteren Subsystems verwendet wird.

[0065] Die vorbeschriebenen Rückschlagventile können auch durch herkömmliche direkt- oder vorgesteuerte Wegeventile oder sonstige Ventile ersetzt werden. Wie vorstehend erläutert, können vor der Herstellung der Druckmittelverbindung zum Tank 2, 4 der jeweiligen Fahrzeuge Akkumulatoren mit Hilfe eines Druckregelventils vorgespannt werden, über das der Füllvorgang geregelt wird.

[0066] Wie eingangs erwähnt, erfolgt die Ansteuerung der Hydrauliklogik 38, der Ventillogik 68 und der Boosterlogik 56 über das Steuergerät 58, beispielsweise in Abhängigkeit von einer vorbestimmten APRR-Charakteristik, die im Steuergerät abgelegt ist oder aber fahrzeugseitig beim Anschließen vorgegeben ist. Über dieses Steuergerät 58 wird dann entsprechend die Funktion der vorgesteuerten Ventile 96, 98 und der Booster 48, 50 bzw. der Hydraulikpumpen 28, 30, 32, 34 in geeigneter Weise gesteuert.

[0067] In dem Fall, in dem die Akkumulatoren über die Booster 48, 50 angetrieben sind, kann das von den Boostern 48, 50 zurückströmende Druckmittel auch direkt einem Fluidtank zugeführt oder in einem anderen Bereich des Hydrauliksystems genutzt wer-

den. Das gleiche gilt auch für das druckbeaufschlagte Druckmittel, das während des Tankvorgangs durch den Wasserstoff während der Verdichtungsstufen 2, 3 und folgende aus dem jeweiligen Akkumulator verdrängt wird.

[0068] In dem Diagramm gemäß **Fig. 3** ist der Druckverlauf in den vorbeschriebenen Akkumulatoren (siehe **Fig. 1**) über der Zeit dargestellt. Dabei repräsentieren die beiden Diagonalen 104, 106 die APRR-Charakteristik, die in der vorbeschriebenen Weise durch eine entsprechende Ansteuerung der Hydrauliklogik 38, der Boosterlogik 56 und der Ventillogik 68 sowie der Hydropumpen 28, 30, 32, 34 und der nicht dargestellten Druckregelventile (oder dergleichen) einstellbar ist.

[0069] In **Fig. 3** sind die Druckverläufe zur Klarstellung so dargestellt, dass die Druckdifferenz zwischen dem Tank 2, 4 und dem jeweils angeschlossenen Akkumulator Null ist. Wie den einzelnen Druckverläufen entnehmbar ist, haben die Akkumulatoren 20a, 20b, 22a, 22b, 24a, 24b der ersten drei Kompressionsstufen 12, 14, 16 jeweils eine Kompressionsstufe, die durch einen Druckanstieg über der Zeit gekennzeichnet ist. Diese drei Kompressionsstufen haben des Weiteren eine aktive Füllphase, bei der der Ausgangsdruck konstant ist, um den Akkumulator der nächsten Kompressionsstufe des zweiten Subsystems vorzufüllen. Jeder Akkumulator der drei Kompressionsstufen 12, 14, 16 hat des Weiteren eine passive Füllphase, die bei einem konstanten Eingangsdruck durchgeführt wird. Die Akkumulatoren der letzten Kompressionsstufe, im vorliegenden Fall der vierten Kompressionsstufe 18, haben keine aktive Füllphase, da kein Akkumulator einer höheren Kompressionsstufe nachgeschaltet ist. Wie eingangs erwähnt, sind die Kompressionsverhältnisse zwischen den einzelnen Kompressionsstufen jeweils so gewählt, dass das Kompressionsverhältnis 1:2 beträgt, so dass entsprechend der Druck im Ausgang einer Kompressionsstufe doppelt so hoch ist wie der Ausgangsdruck der vorhergehenden Kompressionsstufe. Dieses Kompressionsverhältnis ermöglicht eine effiziente Kühlung des Wasserstoffs zwischen den Kompressionsstufen, da die frei werdende Kompressionswärme innerhalb der einzelnen Verdichtungsstufen dann in etwa gleich ist und auch zur Verdichtung in jeder Kompressionsstufe in etwa die gleiche Kompressionsarbeit und somit Leistung erforderlich ist.

[0070] Wie vorstehend erwähnt, sind die Hydrauliklogik 38, die Boosterlogik 56 und die Ventillogik 68 sowie das Steuergerät 58 so ausgelegt, dass die Tanks 2, 4 mehrerer Fahrzeuge über das Versorgungssystem (Druckquelle 8) und über jeden Akkumulator der Kompressionsstufen 12, 14, 16, 18 aufgeladen werden können. Gemäß den Druckverläufen in **Fig. 3** beträgt der Versorgungs-

druck, d.h. der Druck der Druckquelle 8 etwa 60 bar, wobei ein Maximaldruck von ca. 1000 bar erreicht wird, um Fahrzeuge mit einem 700-bar-System zu füllen. Zur Klarstellung sei darauf hingewiesen, dass die Druckverläufe in **Fig. 3** stark vereinfacht dargestellt sind. In der Realität kann es vorkommen, dass während des Tankvorgangs ein erheblicher Druckabfall zwischen dem Kompressor und dem Tank vorliegt. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Tank nicht vollständig entleert ist oder mit einem relativ hohen internen Druck beaufschlagt ist, so dass der Druck der Druckquelle 8 nicht ausreichend ist, den Tank 2, 4 zu füllen. Bei Fahrzeugen mit einem 350-bar-System wird die vierte Kompressionsstufe 18 nicht benötigt, so dass das Füllen der Tanks 2, 4 über die Kompressionsstufen 12, 14 und 16 erfolgt, wobei letztere den Wasserstoff bzw. das Gas mit einem Druck von über 480 bar beaufschlagt, so dass ein Füllen der Tanks 2, 4 von 350-bar-Fahrzeugen ermöglicht ist.

[0071] Offenbart sind eine Vorrichtung zur Kompression eines insbesondere für einen Antrieb geeigneten Gases und ein Verfahren zum Füllen eines Tanks mit einer derartigen Vorrichtung, wobei das Befüllen über mehrere Kompressionsstufen erfolgt, wobei beim Befüllen über eine Kompressionsstufe auch ein Vorfüllen eines Akkumulators der folgenden Kompressionsstufe erfolgt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 29816811 U1 [0006]
- US 10753539 B2 [0007]
- WO 2006/034748 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kompression eines vorzugsweise für einen Antrieb geeigneten Gases, beispielsweise Wasserstoff, mit einer Versorgungsdruckquelle (8), die das mit einem Versorgungsdruck beaufschlagte Gas bereitstellt und mit zumindest zwei, jeweils einen Akkumulator (20, 22, 24, 26) für das Gas aufweisenden Kompressionsstufen (12, 14, 16, 18), wobei das Gas zum Füllen eines Tanks (2,4) über ein Hydraulikfluid innerhalb jedes Akkumulators (20, 22, 24, 26) hydraulisch mit Druck beaufschlagbar ist, **gekennzeichnet durch** eine gasseitige Ventillogik (68), die ausgelegt ist, wahlweise jeweils einen oder mehrere Gasanschlüsse (60, 62) der Akkumulatoren (20, 22, 24, 26) mit dem Tank (2, 4) und/oder mit dem Akkumulator (20, 22, 24, 26) einer nachgeordneten Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) oder die Druckquelle (8) mit dem Tank (2, 4) und/oder dem Gasanschluss (60, 62) zu verbinden.

2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, wobei zumindest zwei Sets von Akkulatoren (20a, 20b; 22a, 22b; 24a, 24b; 26a, 26b) zur Ausbildung von Kompressionsstufen (12, 14, 16, 18) vorgesehen sind, wobei die Ventillogik (68) ausgelegt ist, den Gasanschluss (60a, 60b, 62a, 62b, 64a, 64b) der Akkulatoren (20, 22, 24, 26) eines ersten Sets mit dem Gasanschluss (62a, 62b, 64a, 64b, 66a, 66b) der folgenden Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) des ersten oder weiteren Sets zu verbinden.

3. Vorrichtung nach Patentanspruch 1 oder 2, wobei in einem Ausgangszustand ein Akkumulator (20) einer Kompressionsstufe (12) mit dem Versorgungsdruck (p_0) und ein Akkumulator (20, 22, 24, 26) folgender Kompressionsstufen (12, 14, 16, 18) mit einem dem Ausgangsdruck der vorhergehenden Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) entsprechenden Gasdruck vorgespannt ist.

4. Vorrichtung nach Patentanspruch 2, wobei ein oder beide Sets nach Patentanspruch 3 vorgefüllt sind und der Akkumulator (20b) der ersten Kompressionsstufe des zweiten Sets über eine Hydrauliklogik (38) fluidseitig mit Niederdruck (p_0), vorzugsweise Umgebungsdruck einem Ausgangsdruck und der Akkumulator (22a, 24a, 26a) der folgenden Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) mit einem dem Ausgangsdruck (p_1 , p_2 , p_3) der vorhergehenden Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) entsprechenden Druck vorgespannt ist.

5. Vorrichtung nach Patentanspruch 1 oder 2, wobei die Akkulatoren (20, 22, 24, 26) jedes Sets auf ihren vorbestimmten Ausgangsdruck vorgespannt/vorgefüllt sind.

6. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 2 bis 5, mit weiteren Kompressionsstufen (12, 14, 16, 18), in denen jeweils zwei oder mehr Akkulatoren (20a, 20b, 22a, 22b, 24a, 24b, 26a, 26b) angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei die Akkulatoren (20, 22, 24, 26) fluidseitig über eine Hydrauliklogik (38) und zumindest eine Hydropumpe (28, 30, 32, 34) oder eine Motor-Pumpeinheit und optional über einen Booster (48, 50) mit Druck beaufschlagt sind.

8. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 2 bis 7, wobei jeder Kompressionsstufe eines oder mehrerer Sets eine Hydropumpe oder Motor-Pumpeinheit (28, 30, 32, 34) zugeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 2 bis 8, wobei die gasseitige Ventillogik (68) ausgelegt ist, Gasanschlüsse (62, 64, 66) der Sets, insbesondere Gasanschlüsse der letzten Kompressionsstufe (14, 16, 18) mit einer entsprechenden Anzahl von Tanks (2, 4) oder mit einem Tank zu verbinden.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der Ausgangsdruck jeder Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) etwa das Doppelte des jeweiligen Eingangsdrucks beträgt.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei die Akkulatoren (20, 22, 24, 26) als Kolbenspeicher, Blasenspeicher, Membranspeicher ausgebildet oder mit einem ionischen Fluid betrieben sind.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei zwei oder vier Kompressionsstufen (12, 14, 16, 18) vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei die Ventillogik (68) ein dem Tank (2, 4) vorgeschaltetes Druckregelventil oder dergleichen hat.

14. Verfahren zum Füllen eines Tanks (2, 4) mit einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, mit den Schritten:

a) gasseitiges Vorfüllen eines Akkulators (20) einer ersten Kompressionsstufe (12) oder aller Akkulatoren (20, 22, 24, 26) mit einem Versorgungsdruck;

b) Füllen des Tanks (2, 4) mit dem mit dem Versorgungsdruck (p_0) beaufschlagten Gas;

c) Kompression des Gases in einer Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) und vorzugsweise gleichzeitige Kompression des Gases im Tank (2, 4) mit dem Gas aus der Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) und Vorspannen/Vorfüllen eines Akkulators (20, 22, 24, 26) einer folgenden Kompressionsstufe (12, 14, 16,

18) auf den Ausgangsdruck der vorhergehenden Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) und
d) Kompression des Gases mittels der folgenden Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) und Kompression des Gases im Tank (2, 4) mit dem auf den Ausgangsdruck dieser Kompressionsstufe (12, 14, 16, 18) verdichteten Gas. Wiederholen der Schritte c), d) bis ein vorbestimmter Tankdruck erreicht ist.

15. Verfahren nach Patentanspruch 13, wobei zumindest zwei Sets von Akkumulatoren (20a, 20b, 22a, 22b, 24a, 24b, 26a, 26b) zur Ausbildung von Kompressionsstufen (12, 14, 16, 18) vorgesehen sind, wobei bei der Kompression des Gases im Tank (2, 4) mit dem Gas aus der ersten Kompressionsstufe (12, 14, 16) eines Sets auch eine Vorfüllung des Akkumulators (20, 22, 24, 26) einer folgenden Kompressionsstufe (14, 16, 18) des gleichen oder zweiten Sets erfolgt.

16. Verfahren nach Patentanspruch 15, wobei über die Sets ein oder zumindest zwei Tanks (2, 4) während zeitlich überlappenden Zeiträumen mit Gas versorgt werden.

17. Verfahren nach einem der Patentansprüche 14 bis 16, wobei die Kompression des Gases über weitere Kompressionsstufen (12, 14, 16, 18) mit jeweils zumindest einem Akkumulator (22a, 22b, 24a, 24b, 26a, 26b) erfolgt, wobei die Kompressionsstufen (12, 14, 16, 18) auf einander folgend mit dem zu füllenden Tank (2, 4) in Wirkverbindung gebracht werden.

18. Verfahren nach einem der Patentansprüche 13 bis 17, wobei die gaseitige Kompression der Akkumulatoren (20, 22, 24, 26) auch ohne Verbindung zum Tank (2, 4) erfolgen kann.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

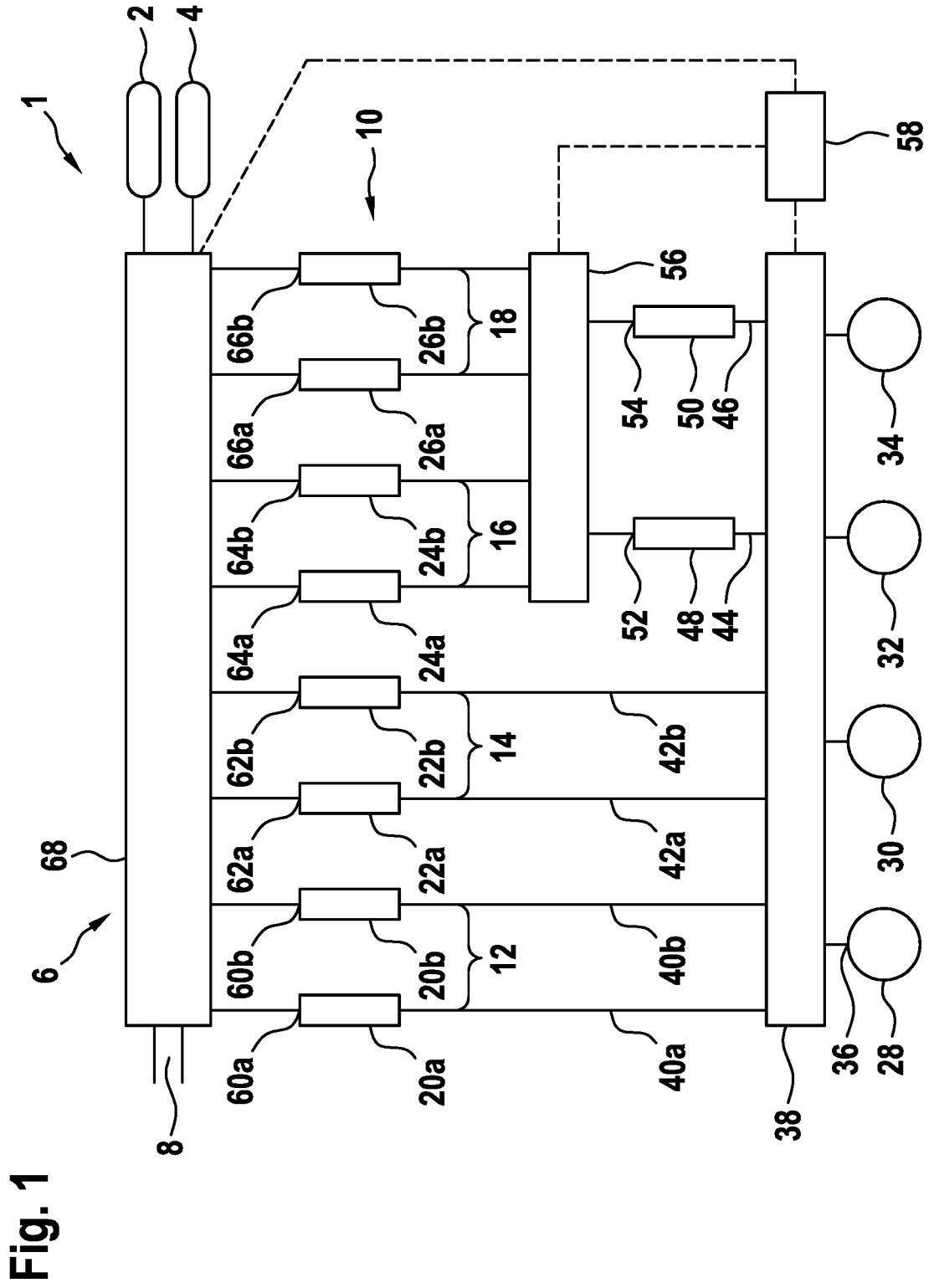


Fig. 2

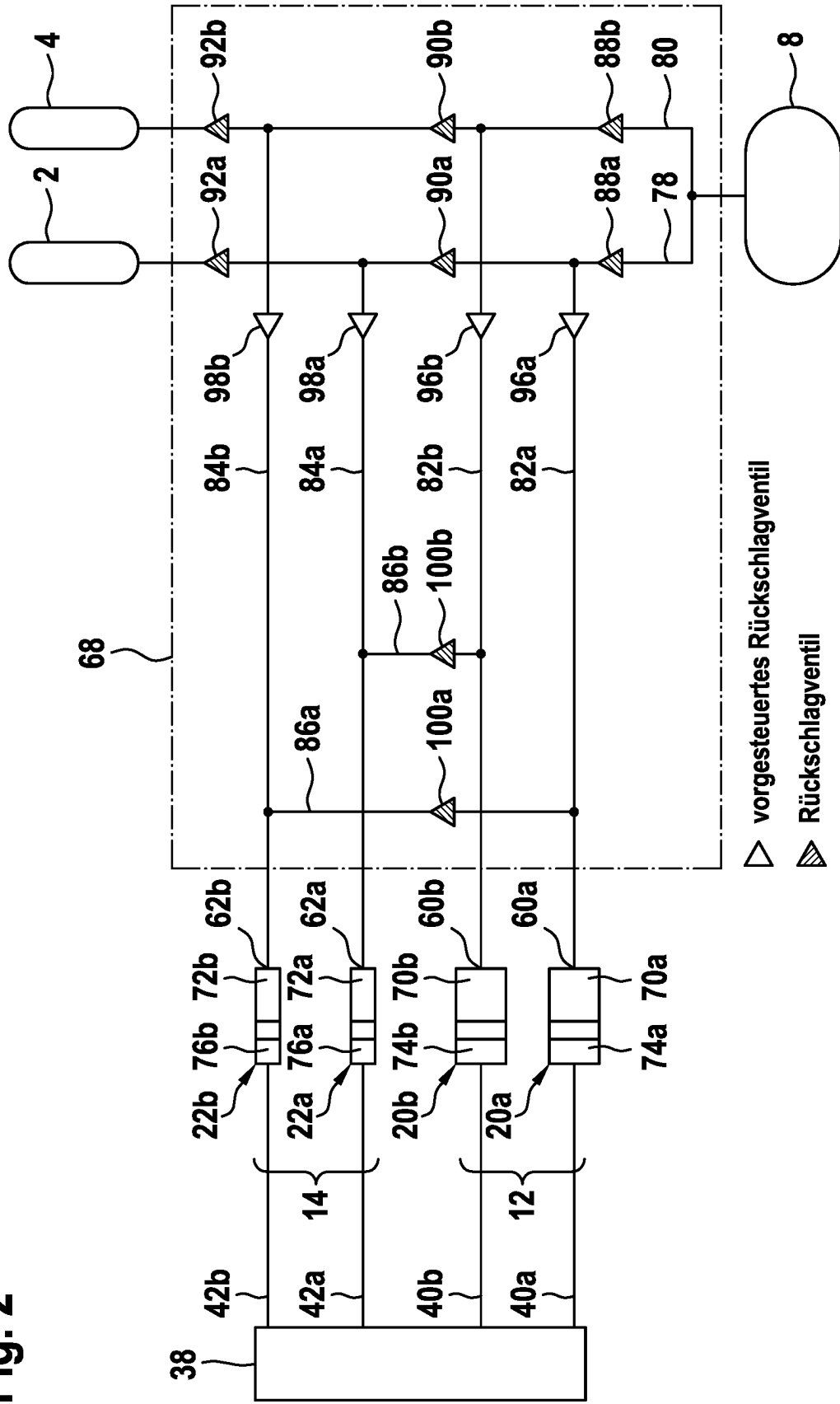


Fig. 3

