

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50240/2020  
(22) Anmeldetag: 24.03.2020  
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2021

(51) Int. Cl.: **F02M 21/02** (2006.01)  
**F17C 13/00** (2006.01)  
**F17C 13/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 2112363 A2  
US 2014174404 A1  
DE 102017213523 A1

(73) Patentinhaber:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)

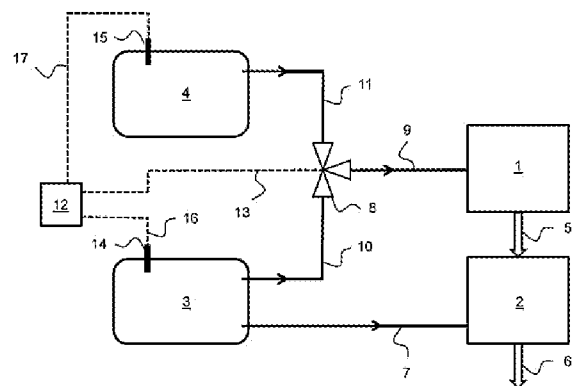
(72) Erfinder:  
RASER Bernhard DI  
8042 Graz (AT)  
MACHERHAMMER Josef DI  
8020 Graz (AT)  
HADL Klaus Dr.  
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:  
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.  
8020 Graz (AT)

### (54) **Kraftfahrzeug und Verfahren zum Betreiben eines solchen Kraftfahrzeugs**

(57) Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug und ein Verfahren zum Betreiben des Kraftfahrzeugs. Das Kraftfahrzeug weist einen Verbrennungsmotor (1) und ein Abgasnachbehandlungssystem (2) zur Nachbehandlung von Abgas des Verbrennungsmotors (1) sowie einen ersten Druckbehälter (3) und wenigstens einen weiteren Druckbehälter (4) auf, in denen jeweils ein Kraftstoff zum Antrieb des Verbrennungsmotors (1) unter einem im Vergleich zu Normalbedingungen erhöhten Speicherdruck gespeichert ist, wobei ein Steuersystem vorgesehen ist, welches beim Betrieb des Verbrennungsmotors (1) eine Versorgung des Verbrennungsmotors (1) und des Abgasnachbehandlungssystems (2) mit dem Kraftstoff derart steuert, dass bis zum Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter (3) auf einen vorgebbaren ersten unteren Grenzwert der Verbrennungsmotor (1) zumindest überwiegend mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter (3) versorgt wird. Nach Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter (3) auf oder unter den ersten unteren Grenzwert wird der Verbrennungsmotor (1) mit Kraftstoff aus dem weiteren Druckbehälter (4) versorgt und das Abgasnachbehandlungssystem (2)

wird wenigstens zeitweise mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter (3) versorgt, sofern der Speicherdruck im ersten Druckbehälter (3) über einem vorgebbaren zweiten unteren Grenzwert liegt, wobei der zweite untere Grenzwert kleiner als der erste untere Grenzwert ist.



## Beschreibung

### KRAFTFAHRZEUG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES SOLCHEN KRAFTFAHRZEUGS

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor und einem Abgasnachbehandlungssystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Kraftfahrzeugs mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 6.

**[0002]** Die DE 102017213523 A1 offenbart ein Druckbehältersystem für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten und einem weiteren Druckbehälter, in denen ein im Kraftfahrzeug verwendeter Brennstoff unter einem erhöhten Druck gespeichert werden kann. Zum Ausgleich von Druckunterschieden in den Druckbehältern ist eine Druckausgleichsvorrichtung vorgesehen. Dadurch können insbesondere bei einem Betankungsvorgang der Druckbehälter störende Druckunterschiede ausgeglichen werden.

**[0003]** Auch in der EP 2112363 A2 und der US 2014174404 A1 ist jeweils ein Kraftfahrzeug mit einem Abgasnachbehandlungssystem und mit einem ersten Druckbehälter sowie einem weiteren Druckbehälter, in denen jeweils ein Kraftstoff zum Antrieb des Verbrennungsmotors unter einem im Vergleich zu Normalbedingungen erhöhten Speicherdruck gespeichert ist, offenbart.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, ein Kraftfahrzeug und ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs anzugeben, mit welchen eine verbesserte Ausnutzung von in Druckbehältern unter erhöhtem Druck gespeichertem Kraftstoff zum Antrieb des Kraftfahrzeugverbrennungsmotors erzielbar ist.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

**[0006]** Das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug weist ein Abgasnachbehandlungssystem zur Nachbehandlung von Abgas des Verbrennungsmotors sowie einen ersten Druckbehälter und wenigstens einen weiteren Druckbehälter auf, in denen jeweils ein Kraftstoff zum Antrieb des Verbrennungsmotors unter einem im Vergleich zu Normalbedingungen erhöhten Speicherdruck gespeichert ist. Das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug zeichnet sich insbesondere durch ein Steuersystem aus, welches beim Betrieb des Verbrennungsmotors eine Versorgung des Verbrennungsmotors und des Abgasnachbehandlungssystems mit dem Kraftstoff derart steuert, dass bis zum Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter auf einen vorgebbaren ersten unteren Grenzwert der Verbrennungsmotor zumindest überwiegend mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter versorgt wird. Nach Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter auf oder unter den ersten unteren Grenzwert wird der Verbrennungsmotor mit Kraftstoff aus dem weiteren Druckbehälter versorgt und das Abgasnachbehandlungssystem wird wenigstens zeitweise mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter versorgt, sofern der Speicherdruck im ersten Druckbehälter über einem vorgebbaren zweiten unteren Grenzwert liegt, wobei der zweite untere Grenzwert kleiner als der erste untere Grenzwert ist.

**[0007]** Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass bei dem Kraftfahrzeug bis zum Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter auf einen vorgebbaren ersten unteren Grenzwert der Verbrennungsmotor zumindest überwiegend mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter versorgt wird, und nach Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter auf oder unter den ersten unteren Grenzwert der Verbrennungsmotor mit Kraftstoff aus dem weiteren Druckbehälter versorgt wird und das Abgasnachbehandlungssystem wenigstens zeitweise mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter versorgt wird, sofern der Speicherdruck im ersten Druckbehälter über einem vorgebbaren zweiten unteren Grenzwert liegt, wobei der zweite untere Grenzwert kleiner als der erste untere Grenzwert ist.

**[0008]** Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass zur Versorgung des Verbrennungsmotors mit Kraftstoff aus einem der Druckbehälter ein bestimmter erhöhter Versorgungsdruck erforder-

lich ist, der nicht unterschritten werden kann, soll ein ordnungsgemäßer Betrieb des Verbrennungsmotors gewährleistet bleiben. Sinkt, ausgehend von einer anfänglichen Vollbefüllung des Druckbehälters mit einem vorgegebenen erhöhten Nennfülldruck der Speicherdruck des Kraftstoffs im ersten Druckbehälter, aus welchem der Verbrennungsmotor zunächst versorgt wird, auf oder unter diesen bestimmten erhöhten Versorgungsdruck, so kann der Verbrennungsmotor daher bei Verzicht auf Druckerhöhungsmittel wie beispielsweise Kompressoren, zu seinem Betrieb nicht mehr aus dem ersten Druckbehälter mit Kraftstoff versorgt werden. Gemäß der Erfindung kann der Verbrennungsmotor jedoch trotzdem weiter betrieben werden, da in diesem Fall mittels des entsprechend ausgebildeten Steuersystems seine Versorgung mit Kraftstoff auf den weiteren, noch zumindest annähernd voll befüllten Druckbehälter umgeschaltet wird. Die Umschaltung erfolgt, wenn der Speicherdruck im ersten Speicherbehälter auf einen vorgegebenen oder vorgebbaren ersten unteren Grenzwert abgesunken ist, wobei dieser Grenzwert vorzugsweise von der Bauart des Verbrennungsmotors bzw. dessen Betriebsanforderungen abhängt und größer als 1 bar ist.

**[0009]** Nach Umschaltung der Versorgung des Verbrennungsmotors auf den weiteren Druckbehälter befindet sich, entsprechend dem ersten unteren Grenzwert für den Speicherdruck, eine bestimmte Restmenge an Kraftstoff im ersten Druckbehälter, die nicht mehr zur Verbrennung im Verbrennungsmotor genutzt werden kann. Vorteilhafterweise kann entsprechend dem Erfindungsgedanken diese Kraftstoffrestmenge im ersten Druckbehälter dennoch sinnvoll im Kraftfahrzeug zumindest größtenteils genutzt werden, indem das Abgasnachbehandlungssystem je nach Bedarf zumindest zeitweise mit Kraftstoff aus dem bereits mehr oder weniger stark entleerten ersten Druckbehälter versorgt wird. Vorzugsweise wird das Abgasnachbehandlungssystem bereits bedarfsweise mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter versorgt, wenn dessen Speicherdruck noch höher oder gleich dem ersten unteren Grenzwert ist. Der Kraftstoff wird bevorzugt einem im Abgasnachbehandlungssystem angeordneten katalytischen Bauteil zugeführt, wo er aufgrund seiner reduzierenden Wirkung zur Unterstützung der Abgasreinigung dient. Dabei wird ausgenutzt, dass zur Einbringung des Kraftstoffs in das Abgasnachbehandlungssystem typischerweise ein deutlich niedriger Druck erforderlich ist als zur Versorgung des Verbrennungsmotors. Folglich kann dem ersten Tank weiterhin Kraftstoff entnommen werden und die Ausnutzung seiner Speicherkapazität ist verbessert. Die wenigstens zeitweise Kraftstoffversorgung des Abgasnachbehandlungssystems aus dem teilentleerten ersten Druckbehälter bleibt beim Betrieb des Verbrennungsmotors vorteilhafterweise solange bestehen, bis dort der Speicherdruck auf bzw. geringfügig unter den vorgegebenen oder vorgebbaren zweiten unteren Grenzwert abgesunken ist. Der zweite untere Grenzwert hängt dabei im wesentlichen von durch das Abgasnachbehandlungssystem bestimmten Erfordernissen ab.

**[0010]** Typischerweise ist der zweite untere Grenzwert deutlich niedriger als der erste untere Grenzwert.

**[0011]** Hat der Speicherdruck im ersten Druckbehälter den zweiten unteren Grenzwert erreicht, so schaltet das Steuersystem die wenigstens zeitweise Versorgung des Abgasnachbehandlungssystems mit Kraftstoff auf den weiteren Druckbehälter um. Es versteht sich, dass das geschilderte Erfindungsprinzip nicht auf den Einsatz von genau zwei Druckbehältern beschränkt ist, sondern sinngemäß auf drei, vier oder mehr Druckbehälter erweitert werden kann.

**[0012]** In Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs ist der Kraftstoff Wasserstoff. Dieser kann in gasförmiger Form unter hohem Speicherdruck in den Druckbehältern gespeichert sein. Typischerweise liegt der Speichernenddruck im Bereich zwischen 300 bar und 700 bar. Der Wasserstoff kann jedoch auch in überwiegend flüssiger Form tiefkalt in einem Kryotank als Druckbehälter gespeichert sein. Typischerweise liegt er dort bei einer Temperatur von weniger als 33 K und einem Druck von bis etwa 10 bar vor.

**[0013]** Bei dem Kraftstoff kann es sich jedoch in weiterer Ausgestaltung der Erfindung auch um einen unter Normalbedingungen gasförmigen Kohlenwasserstoff oder um Ammoniak handeln. Als Kohlenwasserstoff kann gasförmiges Erdgas, (als compressed natural Gas = CNG) oder Flüssigerdgas (als liquefied natural gas = LNG) oder ein sogenanntes Autogas (liquefied Petroleum

Gas = LPG) oder auch Biogas eingesetzt werden. Je nach Kohlenwasserstoff liegen die Speicherdrücke typischerweise zwischen etwa 5 bar und 200 bar oder mehr, die Speichertemperaturen zwischen 113 K und Umgebungstemperatur. Ammoniak wird vorzugsweise in überwiegend flüssiger Form bei erhöhtem Druck von bis zu etwa 9 bar und bei Umgebungstemperatur im Druckbehälter gespeichert.

**[0014]** Entsprechend des eingesetzten, unter Umgebungsbedingungen gasförmigen Kraftstoffs, ist der Verbrennungsmotor als sogenannter Gasmotor, vorzugsweise als Wasserstoffmotor ausgeführt. Bevorzugt ist generell eine Ausführung als mehrzylindriger Hubkolbenmotor, wobei in Bezug auf das Kraftstoff-Luftgemisch eine äußere Gemischbildung vorgesehen sein kann. Bei dieser wird ein zündfähiges Kraftstoff-Luftgemisch außerhalb eines jeweiligen Brennraums des Verbrennungsmotors gebildet und dieses dem Brennraum zugeführt. Eine vorteilhafte Ausführungsform ist jedoch in weiterer Ausgestaltung der Erfindung eine Ausführung mit innerer Gemischbildung. Hierbei wird einem jeweiligen Brennraum des Verbrennungsmotors der Kraftstoff direkt zugeführt, d.h. mit einem entsprechenden Versorgungsdruck eingeblasen.

**[0015]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist das Abgasnachbehandlungssystem einen Stickoxidreduktionskatalysator auf und der Kraftstoff ist stromaufwärts des Stickoxidreduktionskatalysators dem Abgasnachbehandlungssystem zuführbar. Bei dem Stickoxidreduktionskatalysator kann es sich um einen Mager-NO<sub>x</sub>-Katalysator, einen SCR-Katalysator oder um einen Stickoxidspeicherkatalysator handeln. Vorzugsweise wird der Katalysatortyp abhängig von der Art des eingesetzten Kraftstoffs gewählt. Bei Wasserstoff als Kraftstoff ist der Einsatz eines Mager-NO<sub>x</sub>-Katalysators oder eines Stickoxidspeicherkatalysators bevorzugt. Bei Verwendung von Ammoniak als Kraftstoff ist der Einsatz eines klassischen SCR-Katalysators vorteilhaft. Ins Abgas eingebrachter Kraftstoff wird mit dem Abgasstrom ins Katalysatorinnere transportiert und reduziert an dessen katalytisch wirksamer Oberfläche im Abgas enthaltene oder im Katalysatormaterial gespeicherte Stickoxide (NO<sub>x</sub>) zu unschädlichem Stickstoff. Daneben kommt auch der Einsatz einer NO<sub>x</sub>- Falle in Betracht, bei welcher durch zugeführten Kraftstoff gespeicherte Stickoxide überwiegend freigesetzt werden.

**[0016]** In Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nach Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter unter den zweiten unteren Grenzwert das Abgasnachbehandlungssystem wenigstens zeitweise mit Kraftstoff aus dem weiteren Druckbehälter versorgt. Wie bereits erwähnt, richtet sich der zweite untere Grenzwert an die Erfordernisse betreffend die Zugabe bzw. Eindüsung des Kraftstoffs ins Abgasnachbehandlungssystem. Für diesen Anwendungsfall sind jedoch lediglich vergleichsweise niedrige Drücke von typischerweise weniger als 2 bar bis 5 bar erforderlich. Demgegenüber sind erforderliche Versorgungsdrücke zur Versorgung des Verbrennungsmotors mit Kraftstoff mit beispielsweise 10 bar bis zu 50 bar deutlich höher. Dementsprechend höher sind auch der erste untere Grenzwert und die im Druckbehälter verbleibende Rest-Kraftstoffmenge bei Erreichen des ersten unteren Grenzwerts. Durch Versorgung des Abgasnachbehandlungssystems mit dieser Restmenge entspringendem Kraftstoff bis maximal zum Absinken des Speicherdrucks auf den zweiten unteren Grenzwert kann die letztlich zumindest im ersten Druckbehälter verbleibende Restmenge signifikant vermindert werden. Daraus resultiert eine deutlich verbesserte Ausnutzung von in den Druckbehältern insgesamt gespeichertem Kraftstoff.

**[0017]** Ist außer dem ersten und dem weiteren Druckbehälter ein dritter Druckbehälter vorhanden, so kann nach Umschalten der Kraftstoffversorgung des Verbrennungsmotors vom ersten auf den weiteren Druckbehälter nochmals - auf den dritten Druckbehälter - umgeschaltet werden, wenn im weiteren Druckbehälter der erste untere Grenzwert erreicht ist. Entsprechend kann das Abgasnachbehandlungssystem solange aus dem ersten oder dem weiteren Druckbehälter mit Kraftstoff versorgt werden, bis in dem weiteren Druckbehälter der zweite untere Grenzwert für den Speicherdruck erreicht wird. Danach steht dann zur Unterstützung der Abgasreinigung der dritte Druckbehälter als Kraftstoffquelle zur Verfügung.

**[0018]** In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird der Kraftstoff einem im Abgasnachbehandlungssystem angeordneten oxidationskatalytisch wirksamen Bauteil zugeführt und in diesem un-

ter Wärmefreisetzung wenigstens teilweise oxidiert. Auf diese Weise ist eine Aufheizung des Abgasstroms bzw. des oxidationskatalytisch wirksamen Bauteils ermöglicht. Gleiches gilt auch für stromabliegende, im Abgasnachbehandlungssystem angeordnete Bauteile. Mit dem Wärmeeintrag ins Abgas können entsprechende Bauteile rascher auf Betriebstemperatur gebracht werden bzw. auf Betriebstemperatur gehalten werden. Demgemäß ist eine Verkürzung der Warmlaufzeit und eine Ausdehnung des Betriebsbereichs des Abgasnachbehandlungssystems ermöglicht. Die Kraftstoffverbrennung im Verbrennungsmotor wird dabei vorzugsweise so eingestellt, dass ein sauerstoffhaltiges Abgas ausgestoßen wird.

**[0019]** Besonders vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn in weiterer Ausgestaltung des Verfahrens der Kraftstoff dem Abgasnachbehandlungssystem zugeführt wird, wenn eine Temperatur im Abgasnachbehandlungssystem unter einem vorgebbaren unteren Temperaturgrenzwert liegt. Vorzugsweise erfolgt hierbei eine Überwachung einer weiteren Temperatur im Abgasnachbehandlungssystem und der Kraftstoff wird nur dann dem Abgasnachbehandlungssystem zugeführt, wenn die weitere Temperatur einen oberen Temperaturgrenzwert überschreitet. Mit der geeigneten Wahl des oberen Temperaturgrenzwerts kann sichergestellt werden, dass dem Abgasnachbehandlungssystem zugeführter Kraftstoff auch tatsächlich in einem entsprechenden oxidationskatalytisch wirksamen Bauteil unter Wärmefreisetzung oxidiert werden kann.

**[0020]** Obige sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter, nicht einschränkender Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen. Darin zeigen:

**[0021]** Fig. 1 eine schematische Systemskizze von Verbrennungsmotor, Abgasnachbehandlungssystem und Druckbehältern des erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs gemäß einer ersten vorteilhaften Ausführungsform, und

**[0022]** Fig. 2 eine schematische Systemskizze von Verbrennungsmotor, Abgasnachbehandlungssystem und Druckbehältern des erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs gemäß einer zweiten vorteilhaften Ausführungsform.

**[0023]** Das in Fig. 1 lediglich schematisch skizzierte beispielhafte System umfasst einen Verbrennungsmotor 1, ein Abgasnachbehandlungssystem 2 sowie einen ersten Druckbehälter 3 und einen weiteren Druckbehälter 4, in denen jeweils ein Kraftstoff zum Antrieb des Verbrennungsmotors 1 unter einem im Vergleich zu Normalbedingungen erhöhten Speicherdruck gespeichert ist. Bei dem Kraftstoff handelt es sich hier um einen unter Normalbedingungen gasförmigen Brennstoff wie beispielsweise Wasserstoff, Ammoniak, Methan oder einen anderen Kohlenwasserstoff. Dementsprechend ist der Verbrennungsmotor 1 als Gasmotor ausgeführt. Bevorzugt ist eine Ausführung als mehrzylindriger Hubkolbenmotor. Dabei kann eine innere oder eine äußere Gemischbildung von Kraftstoff mit dem Verbrennungsmotor 1 zugeführter Verbrennungsluft vorgesehen sein. Wird ein in überwiegend flüssiger Form gespeicherter Kraftstoff wie Ammoniak oder Autogas eingesetzt, so ist eine äußere Gemischbildung bevorzugt, bei welcher der Kraftstoff außerhalb von Brennräumen des Verbrennungsmotors 1 mit Verbrennungsluft gemischt wird. Wird ein gasförmig gespeicherter Kraftstoff wie Wasserstoff, Erdgas (CNG) oder Biogas eingesetzt, so ist eine innere Gemischbildung bevorzugt, bei welcher dem Verbrennungsmotor 1 Kraftstoff über Einblasventile direkt in die Brennräume zuführbar ist. Brennräume und Einblasventile sind ebenso wie ein entsprechendes Luftzufuhrsystem und vorzugsweise vorgesehener Druckregler zum Einstellen eines gegenüber dem Speicherdruck von Kraftstoff im ersten Druckbehälter 3 bzw. im zweiten Druckbehälter 4 verminderten Einblasdrucks nicht gesondert dargestellt.

**[0024]** Vom Verbrennungsmotor 1 bei der Kraftstoffverbrennung erzeugtes und ausgestoßenes Abgas wird dem Abgasnachbehandlungssystem 2 zugeführt und von diesem gereinigt in die Umgebung abgegeben, was durch die offenen Pfeile 5, 6 veranschaulicht ist. Das Abgasnachbehandlungssystem 2 weist einen nicht dargestellten Katalysator auf, der im Abgas enthaltene Schadstoffe wie Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO) und NO<sub>x</sub> insbesondere mit Hilfe von in den Druckbehältern 3, 4 enthaltenem, als Reduktionsmittel wirksamen Kraftstoff in unschädliche Bestandteile umwandeln kann. Hierzu wird Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter 3 stromaufwärts bzw. eingangsseitig über eine erste Zufuhrleitung 7 dem Katalysator zugeführt.

Hierfür zweckmäßigerweise vorzusehende Ventile, Druckregler und gegebenenfalls weitere Zufuhrmittel sind der Einfachheit halber ebenso nicht näher dargestellt, wie im Abgasnachbehandlungssystem 2 angeordnete Sensoren für Temperaturen und Schadstoffkomponenten wie insbesondere NO<sub>x</sub>.

**[0025]** Eine Zufuhr des Kraftstoffs zum Antrieb des Verbrennungsmotors 1 erfolgt über eine an ein Umschaltventil 8 angeschlossene zweite Zufuhrleitung 9. Das vorzugsweise als Dreiwegeventil ausgeführte Umschaltventil 8 ist weiterhin über eine erste Auslassleitung 10 an den ersten Druckbehälter 3 und über eine zweite Auslassleitung 11 an den weiteren, zweiten Druckbehälter 4 angeschlossen. Eine Steuereinheit 12 ist über eine Steuerleitung 13 an das Umschaltventil 8 angeschlossen und kann das Umschaltventil 8 so steuern, dass Kraftstoff wahlweise entweder aus dem ersten Druckbehälter 3 oder dem weiteren Druckbehälter 4 über die erste Auslassleitung 10 oder die zweite Auslassleitung 11 und die zweite Zufuhrleitung 9 dem Verbrennungsmotor 1 zugeführt wird. Alternativ können auch durchgehend getrennte und separat steuerbare Auslassleitungen vom ersten Druckbehälter 3 und vom weiteren Druckbehälter 4 bis zum Verbrennungsmotor 1 geführt sein.

**[0026]** Eine Auswahl des Druckbehälters, aus welchem dem Verbrennungsmotor 1 Kraftstoff zugeführt wird, erfolgt in Abhängigkeit von durch Drucksensoren 14, 15 erfasste Speicherdrücke in den Druckbehältern 3, 4, wobei die entsprechenden Drucksignale über Signalleitungen 16, 17 an die Steuereinheit 12 geleitet werden und von dieser ausgewertet werden. Die Steuereinheit 12 steuert über die Steuerleitung 13 das Umschaltventil 8 so an, dass der Verbrennungsmotor 1 vom ausgewählten Druckbehälter mit Kraftstoff versorgt wird.

**[0027]** Nachfolgend wird unter weiterem Bezug auf Fig. 1 auf den Betrieb des Kraftfahrzeugs bzw. des dargestellten Systems eingegangen.

**[0028]** Ausgehend von mit einem Nenndruck voll befüllten Druckbehältern 3, 4 wird zum Betrieb des Verbrennungsmotors 1 diesem durch entsprechende Betätigung des Umschaltventils 8 Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter 3 zugeführt. Dabei wird der Kraftstoff vorzugsweise vom Nenndruck bzw. vom aktuellen Speicherdruck auf einen vorgesehenen, demgegenüber verminderten Zufuhrdruck reduziert. Vorzugsweise erfolgt die Verbrennung des Kraftstoffs im Verbrennungsmotor 1 überwiegend oder zumindest zeitweise mit Luftüberschuss. Bei der Kraftstoffverbrennung entstehendes Abgas wird dem Abgasnachbehandlungssystem 2 zugeführt.

**[0029]** Durch einen im Abgasnachbehandlungssystem 2 angeordneten und von Abgas durchströmten Katalysator werden im Abgas enthaltene Schadstoffe wenigstens teilweise entfernt und das Abgas somit gereinigt. Zur Durchführung bzw. Unterstützung der Abgasreinigung wird dem Abgasnachbehandlungssystem 2 bzw. dem Katalysator wenigstens zeitweise Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter 3 dosiert zugeführt. Vorzugsweise erfolgt auch hier eine Druckreduktion des Kraftstoffs vom Nenndruck bzw. vom aktuellen Speicherdruck im ersten Druckbehälter 3 auf einen vorgesehenen Dosierdruck.

**[0030]** Es ist insbesondere vorgesehen, dass bei der Abgasreinigung im Abgas enthaltenes NO<sub>x</sub> mit Hilfe des als Reduktionsmittel wirkenden zugeführten Kraftstoffs zu Stickstoff reduziert wird. Hierzu ist der Katalysator vorzugsweise als Stickoxidreduktionskatalysator ausgebildet. Dabei kann es sich um einen selektiven NO<sub>x</sub>-Reduktionskatalysator wie einen Mager-NO<sub>x</sub>-Katalysator handeln, der NO<sub>x</sub> auch bei Sauerstoffüberschuss durch eine selektive NO<sub>x</sub>-Reduktion katalysieren kann. Es kann jedoch auch ein NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator vorgesehen sein, welcher NO<sub>x</sub> bei mageren Bedingungen einspeichern kann. Eine Zufuhr von Kraftstoff erfolgt in diesem Fall vorzugsweise dann, wenn eine Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators vorgesehen ist, bei welcher eingespeichertes NO<sub>x</sub> freigesetzt und reduziert wird. Es kann auch vorgesehen sein zur Erwärmung oder zur Aufrechterhaltung einer Betriebstemperatur einer Komponente des Abgasnachbehandlungssystems 2 diesem Kraftstoff insbesondere eingangsseitig eines oxidationskatalytisch wirksamen Bauteils zuzuführen. Eine bedarfsgerechte Zufuhr von Kraftstoff zum Abgasnachbehandlungssystem 2 erfolgt jedenfalls zweckmäßigerweise sensorgesteuert durch Auswertung der Signale von Sensoren für Abgaskomponenten und Temperaturen im Abgasnachbehandlungssystem 2.

**[0031]** Durch Entnahme von Kraftstoff zur Verbrennung im Verbrennungsmotor 1 und/oder zur Unterstützung der Abgasreinigung im Abgasnachbehandlungssystem 2 nimmt der Speicherdruck im ersten Druckbehälter 3 im Laufe der Zeit ab. Ist er auf bzw. unter einen für die Zufuhr zum Verbrennungsmotor 1 erforderlichen Mindestdruck abgesunken, kann der Verbrennungsmotor 1 nicht mehr ordnungsgemäß mit aus dem ersten Druckbehälter bezogenem Kraftstoff betrieben werden. Es ist daher vorgesehen, dass der Speicherdruck im ersten Druckbehälter 3 durch Auswertung des vom Drucksensor 14 bereitgestellten Signals durch die Steuereinheit 12 laufend überwacht wird. Wird festgestellt, dass ein für einen ordnungsgemäßen Betrieb des Verbrennungsmotors 1 maßgeblicher erster unterer Grenzwert erreicht bzw. unterschritten wird, so betätigt die Steuereinheit 12 das Umschaltventil 8 derart, dass dem Verbrennungsmotor 1 Kraftstoff aus dem zu diesem Zeitpunkt noch zumindest annähernd voll befüllten weiteren Druckbehälter 4 zugeführt wird. Die bedarfsgerechte Zufuhr von Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter 3 zum Abgasnachbehandlungssystem 2 kann unverändert bestehen bleiben, weil der erste untere Grenzwert für den Speicherdruck typischerweise deutlich höher als der erforderliche Dosierdruck zum Einbringen des Kraftstoffs in das Abgasnachbehandlungssystem 2 ist. Der erforderliche Dosierdruck ist vorzugsweise als zweiter unterer Grenzwert in der Steuereinheit 12 abgespeichert. Sofern der Speicherdruck im ersten Druckbehälter 3 den zweiten unteren Grenzwert nicht unterschreitet, wird daher das Abgasnachbehandlungssystem 2 mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter 3 versorgt.

**[0032]** Vorzugsweise sind Größen und damit die Kraftstoffspeicherkapazitäten des ersten Druckbehälters 3 und des weiteren Druckbehälters 4 so gewählt, dass die bei Umschalten der Kraftstoffversorgung des Verbrennungsmotors 1 vom ersten Druckbehälter 3 auf den weiteren Druckbehälter 4 im ersten Druckbehälter 3 noch vorhandene Kraftstoffrestmenge eine zumindest ebenso lange Nutzungsdauer zur bedarfsgerechten Abgasreinigung ermöglicht wie die Nutzungsdauer, die sich aus nutzbarer Füllmenge im weiteren Druckbehälter 4 und anzunehmendem Kraftstoffverbrauch des Verbrennungsmotors 1 ergibt. In diesem Fall ist es, wie in Fig. 1 dargestellt, nicht erforderlich Umschaltmittel vorzusehen, mit welchen die Versorgung des Abgasnachbehandlungssystems 2 mit Kraftstoff vom ersten Druckbehälter 3 auf den weiteren Druckbehälter 4 umgeschaltet werden kann. Gleichwohl ist dies jedoch ebenfalls möglich. Bei einer dementsprechenden Ausführungsform wird das Abgasnachbehandlungssystem 2 bis zum Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter 3 auf den zweiten unteren Grenzwert bedarfsgerecht mit Kraftstoff aus diesem versorgt. Wird der zweite untere Grenzwert im ersten Druckbehälter 3 erreicht, wird dann auf die Versorgung des Abgasnachbehandlungssystems 2 mit Kraftstoff aus dem weiteren Druckbehälter 4 umgeschaltet.

Es wird noch angemerkt, dass die Druckbehälter 3, 4 auch mit jeweiligen separaten Auslassleitungen direkt mit dem Verbrennungsmotor 1 und dem Abgasnachbehandlungssystem 2 verbunden sein können. Eine Umschaltung der Versorgung des Verbrennungsmotors 1 und des Abgasnachbehandlungssystems 2 vom ersten Druckbehälter 3 auf den weiteren Druckbehälter 4 kann dann durch entsprechend betätigt Ventile in den Auslassleitungen erfolgen.

**[0033]** Generell ist es jedenfalls bevorzugt, wenn bei gegebener Kraftstoff-Gesamtspeicherkapazität von erstem und weiterem Druckbehälter, das Verhältnis von Kraftstoff-Einzelspeicherkapazität des ersten Druckbehälters 3 zu Kraftstoff-Einzelspeicherkapazität des weiteren Druckbehälters 4 in Abhängigkeit der Werte von erstem unteren Grenzwert und zweitem unteren Grenzwert für den Speicherdruck gewählt wird. Das Verhältnis der Druckbehältergrößen ist somit vorzugsweise abhängig von erstem und zweitem unteren Grenzwert für den Speicherdruck. Erster Druckbehälter 3 und weiterer Druckbehälter 4 können somit unterschiedliche Größen bzw. Kraftstoff-Einzelspeicherkapazitäten aufweisen. Dadurch ist eine besonders hohe Ausnutzung der Kraftstoff-Gesamtspeicherkapazität ermöglicht.

**[0034]** In Fig. 2 ist ein dem in Fig. 1 ähnliches System dargestellt, wobei die entsprechenden Bauteile, soweit sie mit den Teilen von Fig. 1 übereinstimmen, durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Aufgrund der Ähnlichkeit mit dem in Fig. 1 dargestellten System wird nachfolgend lediglich auf diesbezügliche Unterschiede eingegangen.

**[0035]** Das in Fig. 2 dargestellte System weist zusätzlich zu dem ersten und dem weiteren Druck-

behälter 3, 4 einen noch weiteren, dritten Druckbehälter 20 für unter erhöhtem Druck gespeicherten Kraftstoff auf. Mittels über Steuerleitungen 27, 28, 29 an die Steuereinheit 12 angeschlossene Schaltventile 24, 25, 26 kann Kraftstoff aus einem jeweiligen Druckbehälter 3, 4, 20 dem Verbrennungsmotor 1 bzw. dem Abgasnachbehandlungssystem 2 zugeführt werden. Hierfür sind die Druckbehälter 3, 4, 20 über jeweilige Auslassleitungen 21, 22, 23 fluidtechnisch mit einem der Schaltventile 24, 25, 26 verbunden. Die Schaltventile 24, 25, 26 können den von einem Druckbehälter bezogenen Kraftstoff in eine erste Sammelleitung 32 und eine zweite Sammelleitung 33 abgeben. Vorliegend wird das Abgasnachbehandlungssystem 2 über die an die erste Sammelleitung 32 angeschlossene erste Zufuhrleitung 7 mit Kraftstoff versorgt. Der Verbrennungsmotor 1 wird über die an die zweite Sammelleitung 33 angeschlossene zweite Zufuhrleitung 9 mit Kraftstoff versorgt.

**[0036]** Eine Auswahl des Druckbehälters, aus welchem dem Verbrennungsmotor 1 bzw. dem Abgasnachbehandlungssystem 2 Kraftstoff zugeführt wird, erfolgt in Abhängigkeit von durch Drucksensoren 14, 15, 30 erfasste Speicherdrücke in den Druckbehältern 3, 4, 20, wobei die entsprechenden Drucksignale über Signalleitungen 16, 17, 31 an die Steuereinheit 12 geleitet werden und von dieser ausgewertet werden. Die Steuereinheit 12 steuert über die Steuerleitungen 27, 28, 29 die Schaltventile 24, 25, 26 in Abhängigkeit der erfassten Speicherdrücke entsprechend an.

**[0037]** Nachfolgend wird auf eine bevorzugte Betriebsweise des in Fig. 2 dargestellten Systems eingegangen.

**[0038]** Ausgehend von mit einem Nenndruck voll befüllten oder zumindest mit einem über dem ersten unteren Grenzwert liegenden Speicherdruck befüllten Druckbehältern 3, 4, 20 werden der Verbrennungsmotor 1 und das Abgasnachbehandlungssystem 2 bedarfsgerecht durch Betätigung des Schaltventils 24 mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter 3 versorgt. Dabei wird der Kraftstoff vorzugsweise vom Nenndruck bzw. vom aktuellen Speicherdruck auf einen vorgesehenen, demgegenüber verminderten jeweiligen Zufuhrdruck reduziert. Die dem weiteren Druckbehälter 4 und dem dritten Druckbehälter 20 zugeordneten Schaltventile 25, 26 bleiben geschlossen. Wird von der Steuereinheit 12 ein Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter 3 auf bzw. unter den ersten unteren Grenzwert festgestellt, so wird die Kraftstoffversorgung des Verbrennungsmotors 1 vom ersten Druckbehälter 3 auf den weiteren Druckbehälter 4 umgestellt. Hierzu werden die Schaltventile 24, 25 entsprechend betätigt. Das dem dritten Druckbehälter 20 zugeordnete Schaltventil 26 bleibt geschlossen.

**[0039]** Fällt auch im weiteren Druckbehälter 4 der Speicherdruck auf bzw. unter den ersten unteren Grenzwert ab, so wird die Kraftstoffversorgung des Verbrennungsmotors 1 vom weiteren Druckbehälter 4 auf den dritten Druckbehälter 20 umgestellt. Hierzu werden die Schaltventile 25, 26 entsprechend betätigt.

**[0040]** Die bedarfsweise Kraftstoffversorgung des Abgasnachbehandlungssystems 2 aus dem ersten Druckbehälter 3 bleibt solange aufrechterhalten, bis der Speicherdruck im ersten Druckbehälter 3 auf bzw. unter den zweiten unteren Grenzwert sinkt. Wird dies von der Steuereinheit festgestellt, so wird durch entsprechende Betätigung der Schaltventile 24, 25 die Kraftstoffversorgung des Abgasnachbehandlungssystems 2 vom ersten Druckbehälter 3 auf den weiteren Druckbehälter 4 umgeschaltet.

**[0041]** Sollte beim weiteren Betrieb des Kraftfahrzeugs auch im weiteren Druckbehälter 4 der Speicherdruck auf bzw. unter den zweiten unteren Grenzwert absinken, so wird die Kraftstoffversorgung des Abgasnachbehandlungssystems 2 durch Betätigung der Schaltventile 25, 26 vom weiteren Druckbehälter 4 auf den dritten Druckbehälter 20 umgestellt.

**[0042]** Durch die die oben erläuterte Ausführung des erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs und der geschilderte Betriebsweise ist eine verbesserte Ausnutzung der vorhandenen Kraftstoffspeicherkapazität und damit eine vergrößerte Reichweite des Kraftfahrzeugs ermöglicht.

**[0043]** Es wird noch angemerkt, dass auch für die in Fig. 2 dargestellte Ausführungsform mit drei Druckbehältern die Leitungsführung zur Kraftstoffversorgung des Verbrennungsmotors 1 und des

Abgasnachbehandlungssystem 2 und die hierfür vorgesehenen Umschaltmittel anders gestaltet werden können, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Beispielsweise können Verbrennungsmotor 1 und Abgasnachbehandlungssystem 2 jeweils direkt mit separaten Kraftstoffleitungen mit den Druckbehältern 3, 4, 20 verbunden werden. Eine Leitungszusammenführung kann auch im Verbrennungsmotor 1 bzw. im Abgasnachbehandlungssystem vorgesehen sein.

## BEZUGSZEICHENLISTE

1	Verbrennungsmotor
2	Abgasnachbehandlungssystem
3	Erster Druckbehälter
4	Weiterer Druckbehälter
5, 6	Offener Pfeil
7	Erste Zufuhrleitung
8	Umschaltventil
9	Zweite Zufuhrleitung
10	Erste Auslassleitung
11	Zweite Auslassleitung
12	Steuereinheit
13	Steuerleitung
14, 15, 30	Drucksensoren
16, 17, 31	Signalleitungen
20	Dritter Druckbehälter
21, 22, 23	Auslassleitungen
24, 25, 26	Schaltventile
27, 28, 29	Steuerleitungen
32	Erste Sammelleitung
33	Zweite Sammelleitung

## Patentansprüche

1. Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor (1) und einem Abgasnachbehandlungssystem (2) zur Nachbehandlung von Abgas des Verbrennungsmotors (1) sowie mit einem ersten Druckbehälter (3) und wenigstens einem weiteren Druckbehälter (4) in denen jeweils ein Kraftstoff zum Antrieb des Verbrennungsmotors (1) unter einem im Vergleich zu Normalbedingungen erhöhten Speicherdruck gespeichert ist,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass ein Steuersystem vorgesehen ist, welches beim Betrieb des Verbrennungsmotors (1) eine Versorgung des Verbrennungsmotors (1) und des Abgasnachbehandlungssystem (2) mit dem Kraftstoff derart steuert, dass
  - bis zum Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter (3) auf einen vorgebbaren ersten unteren Grenzwert der Verbrennungsmotor (1) zumindest überwiegend mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter (3) versorgt wird, und
  - nach Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter (3) auf oder unter den ersten unteren Grenzwert der Verbrennungsmotor (1) mit Kraftstoff aus dem weiteren Druckbehälter (4) versorgt wird und das Abgasnachbehandlungssystem (2) wenigstens zeitweise mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter (3) versorgt wird, sofern der Speicherdruck im ersten Druckbehälter (3) über einem vorgebbaren zweiten unteren Grenzwert liegt, wobei der zweite untere Grenzwert kleiner als der erste untere Grenzwert ist.
2. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Kraftstoff Wasserstoff ist.
3. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Kraftstoff ein unter Normalbedingungen gasförmiger Kohlenwasserstoff oder Ammoniak ist.
4. Kraftfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbrennungsmotor (1) als Verbrennungsmotor mit innerer Gemischbildung ausgeführt ist.
5. Kraftfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass das Abgasnachbehandlungssystem (2) einen Stickoxidreduktionskatalysator aufweist und der Kraftstoff stromaufwärts des Stickoxidreduktionskatalysators dem Abgasnachbehandlungssystem (2) zuführbar ist.
6. Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor (1) und einem Abgasnachbehandlungssystem (2) zur Nachbehandlung von Abgas des Verbrennungsmotors (1) sowie mit einem ersten Druckbehälter (3) und wenigstens einem weiteren Druckbehälter (4) in denen jeweils ein Kraftstoff zum Antrieb des Verbrennungsmotors (1) unter einem im Vergleich zu Normalbedingungen erhöhten Speicherdruck gespeichert ist,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass
  - bis zum Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter (3) auf einen vorgebbaren ersten unteren Grenzwert der Verbrennungsmotor (1) zumindest überwiegend mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter (3) versorgt wird, und
  - nach Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter (3) auf oder unter den ersten unteren Grenzwert der Verbrennungsmotor (1) mit Kraftstoff aus dem weiteren Druckbehälter (4) versorgt wird und das Abgasnachbehandlungssystem (2) wenigstens zeitweise mit Kraftstoff aus dem ersten Druckbehälter (3) versorgt wird, sofern der Speicherdruck im ersten Druckbehälter (3) über einem vorgebbaren zweiten unteren Grenzwert liegt, wobei der zweite untere Grenzwert kleiner als der erste untere Grenzwert ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
nach Absinken des Speicherdrucks im ersten Druckbehälter (3) unter den zweiten unteren Grenzwert das Abgasnachbehandlungssystem (2) wenigstens zeitweise mit Kraftstoff aus dem weiteren Druckbehälter (4) versorgt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
durch Zufuhr des Kraftstoffs zu einem im Abgasnachbehandlungssystem (2) angeordneten Stickoxidreduktionskatalysator im Abgas enthaltene Stickoxide reduziert werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der Kraftstoff einem im Abgasnachbehandlungssystem (2) angeordneten oxidationskatalytisch wirksamen Bauteil zugeführt wird und in diesem unter Wärmefreisetzung wenigstens teilweise oxidiert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der Kraftstoff dem Abgasnachbehandlungssystem (2) zugeführt wird, wenn eine Temperatur im Abgasnachbehandlungssystem (2) unter einem vorgebbaren unteren Temperaturgrenzwert liegt.

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**

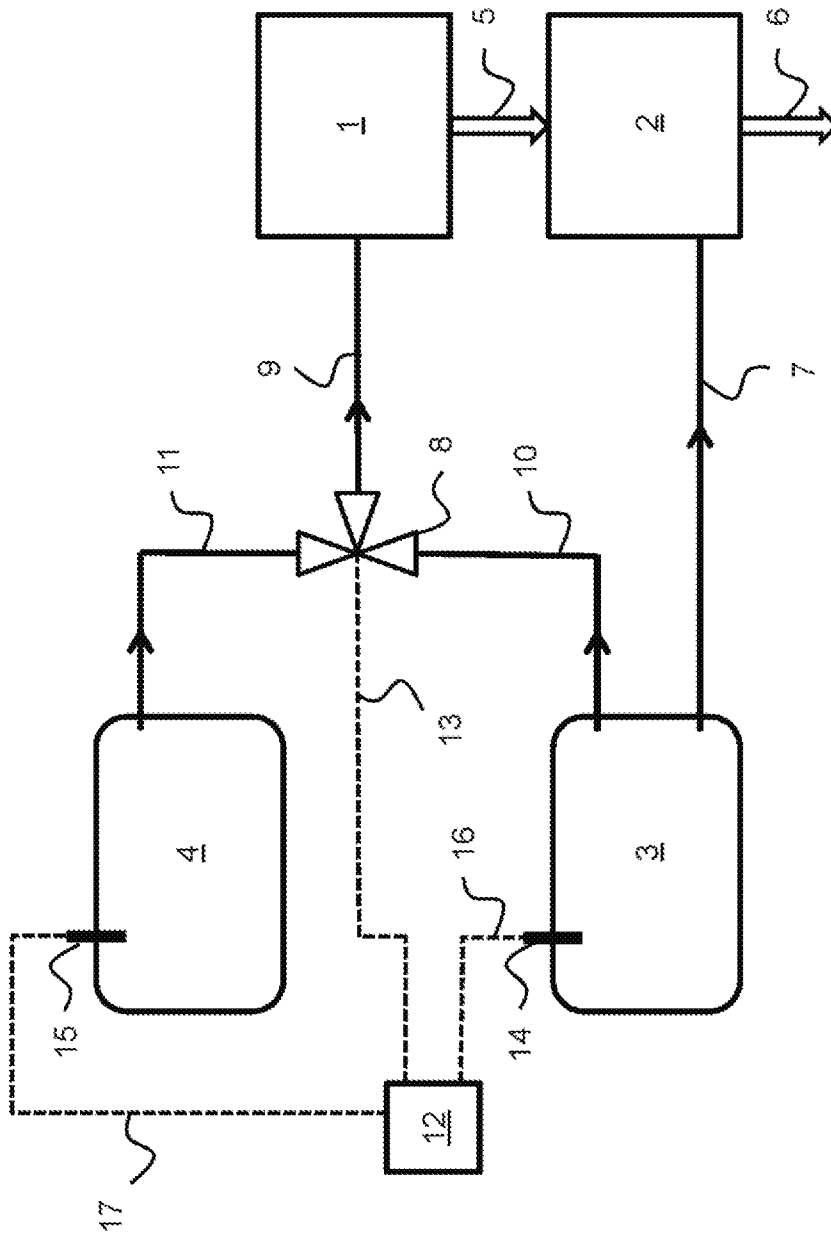


Fig. 1

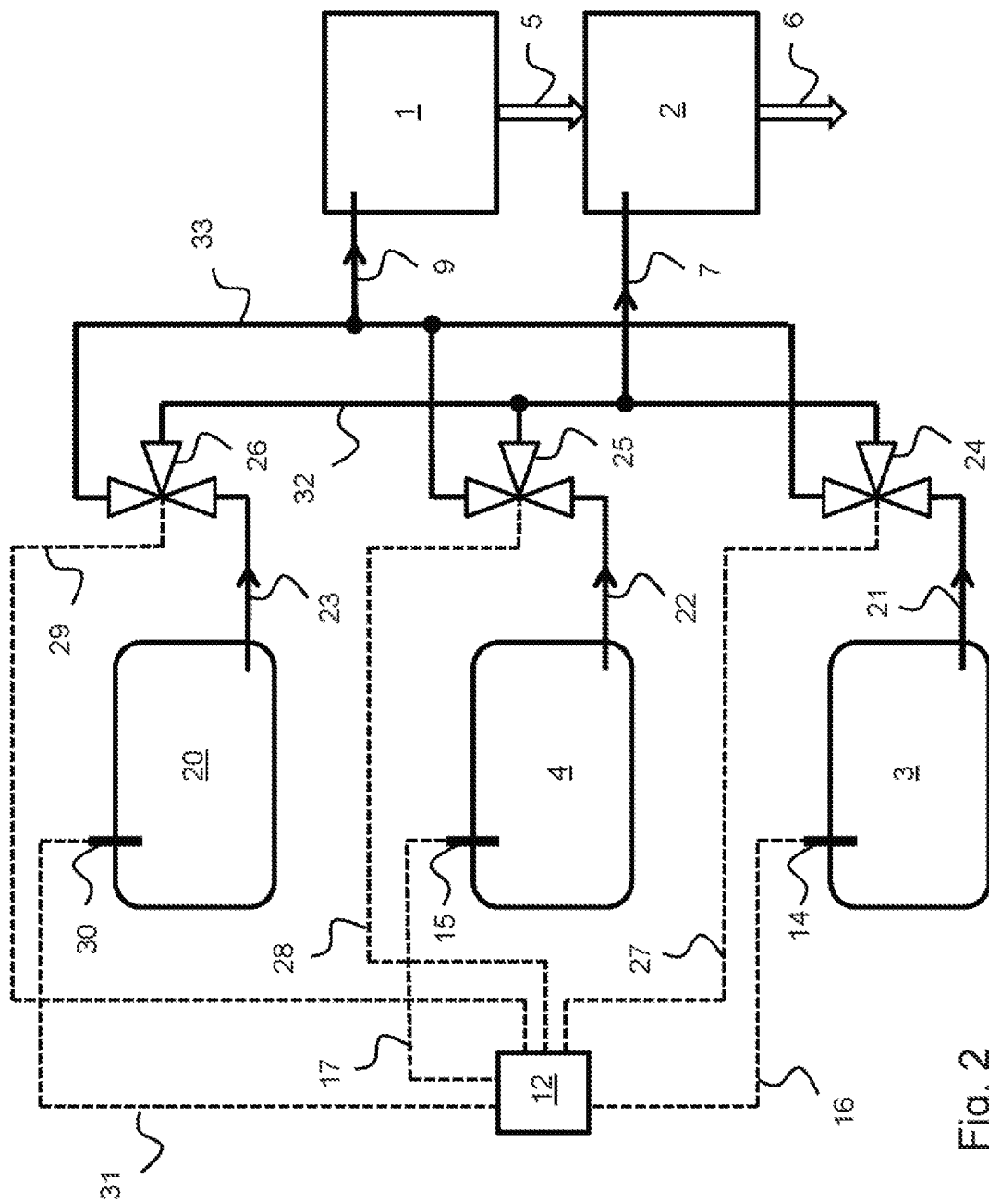


Fig. 2