



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 205 129.4**

(22) Anmeldetag: **10.04.2019**

(43) Offenlegungstag: **15.10.2020**

(51) Int Cl.: **F17C 7/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

**Hanebuth, Marc, 90482 Nürnberg, DE; Habich,
Dana Berlinde, 91085 Weisendorf, DE; Ungerer,
Markus, 91083 Baiersdorf, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

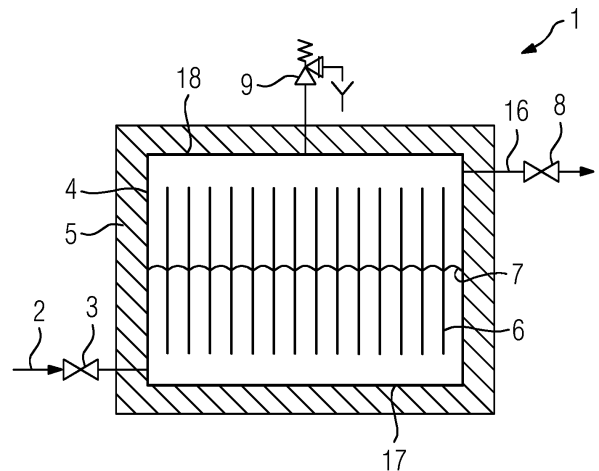
DE	100 27 619	A1
DE	10 2010 020 476	A1
DE	603 01 667	T2
US	2013 / 0 056 111	A1
US	2014 / 0 091 574	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Transport von Fluiden mittels multifunktionalem Transportbehälter**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Verfahren für den Transport von Fluiden mittels eines Transportbehälters sowie ein Transportbehälter. Bei der Betankung des Transportbehälters mit einem ersten Fluid über eine erste Zuleitung wird dadurch ein im Tank vorliegendes zweites Fluid über eine zweite Zuleitung aus dem Tank verdrängt, ohne Durchmischung mit dem zulaufenden Fluid. Der Transportbehälter weist einen Tank auf, der als Druckbehälter ausgestaltet ist sowie eine thermische Isolationsschicht, wobei der Druckbehälter ausgestaltet ist, einem Druck stand zu halten, welcher nötig ist das zweite Fluid geringerer Dichte im gleichen Tankvolumen zu transportieren wie das erste Fluid höherer Dichte.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für den Transport von Fluiden mittels eines Transportbehälters sowie einen Transportbehälter.

Stand der Technik

[0002] Im Rahmen der Energiewende wird vorrangig das Ziel verfolgt, den Ausstoß an Treibhausgasen, insbesondere Kohlenstoffdioxid, zu verringern.

[0003] Mit dem Generieren von Strom aus erneuerbaren Energiequellen im Rahmen der Energiewende steht Strom in Zeiten von viel Sonne und starkem Wind in solch großen Mengen zur Verfügung, dass es ein Überangebot an Strom gibt. Es gibt daher bereits Ansätze, unter Einsatz von diesem Überschussstrom, aus Kohlenstoffdioxid als Edukt wieder Wertprodukte herzustellen. Zu solchen Wertprodukten zählen auch synthetisch hergestellte Treibstoffe, beispielsweise Kohlenwasserstoffe oder Alkohole wie z. B. Methanol.

[0004] Ein Überangebot an Strom herrscht insbesondere in Ländern mit viel Sonne, Ländern am Sun Belt und in Wüstenregionen oder in Ländern mit viel Wind, z. B. Feuerland. Als Edukte für Wertstoffe sind Substanzen, die Kohlenstoff und Substanzen, die Wasserstoff enthalten, erforderlich. Als Wasserstoffquelle kann im Allgemeinen Wasser herangezogen werden, welches häufig in Form von Oberflächenwasser oder Grundwasser zur Verfügung steht. Es ist ebenso möglich, Meerwasser zu entsalzen, Wasser aus der Luft zu gewinnen oder anzuliefern.

[0005] Die Kohlenstoffdioxidverfügbarkeit stellt typischerweise die größere Herausforderung dar: An Orten, an denen günstige elektrische Energie zur Verfügung steht, fehlen in der Regel Punktquellen von Kohlenstoffdioxid wie Zementwerke für eine wirtschaftlich tragfähige Gewinnung von reinem Kohlenstoffdioxid und umgekehrt. Es besteht daher das Problem, dass für die Kohlenstoffdioxidverwertung mittels Überschussstrom, nicht beides am gleichen Ort verfügbar ist. Entweder muss das Kohlenstoffdioxid an den Ort der Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen transportiert werden oder der Überschussstrom muss an eine Kohlenstoffdioxidquelle angeliefert werden.

[0006] Für den Transport von Kohlenstoffdioxid werden derzeit geschlossene Druckbehälter verwendet, in denen zwar ein Teil der Masse an Kohlenstoffdioxid in flüssiger Form vorliegt, jedoch ein erheblicher Teil des Tankvolumens von gasförmigem Kohlenstoffdioxid ausgefüllt ist. Bisher werden von Gasherstellern Druckbehälter verwendet, in denen Kohlenstoffdioxid mit einem Prüfdruck von 250 bar transportiert wird. In diesem liegt das zu transportieren-

de Kohlenstoffdioxid mit einer Dichte von maximal 750 g/l vor. Der Prüfdruck ergibt sich daraus, dass verhindert werden soll, dass bei einer Erwärmung des Druckbehälterinhalts die hervorgerufene Ausdehnung und dementsprechend der Druck im Behälter gefährlich hoch werden könnte. Es gibt eine Druckbehälterverordnung, nach der maximal 0,75 kg Kohlenstoffdioxid pro Liter Flaschenvolumen eingefüllt werden dürfen. Mit diesem Füllfaktor ist gewährleistet, dass der Druck in der Kohlenstoffdioxidflasche erst bei Erwärmung auf 65 °C den Prüfdruck von 250 bar erreicht.

[0007] Es lässt sich zudem festhalten, dass der produzierte Treibstoff aus einer Kohlenstoffdioxidverwertung am Ort seiner Herstellung selten vollständig genutzt werden kann. Gerade dort, wo eine Energieübertragung mithilfe von Stromtrassen keine wirtschaftliche Option für die Nutzung des Überschussstroms oder generell des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen darstellt, gilt es, eine Lösung zu finden, diese Energiequelle dennoch zu nutzen und beispielsweise aus Kohlenstoffdioxid hergestellten Treibstoff herzustellen und abzutransportieren. Wo eine Stromtrasse keine wirtschaftliche Option darstellt, ist in der Regel auch ein Abtransport von Treibstoffen mittels einer Pipeline keine Option.

[0008] Folglich stellt es sich als technisch erforderlich dar, eine verbesserte Lösung vorzuschlagen, welche die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile vermeidet. Insbesondere soll die vorzuschlagende Lösung eine wirtschaftliche Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen für die chemische Kohlenstoffdioxidverwertung ermöglichen.

[0009] Diese der vorliegenden Erfindung zugrunde liegenden Aufgaben werden durch ein Verfahren gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß wird dabei ein Transportbehälter gemäß Patentanspruch 6 verwendet. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Beschreibung der Erfindung

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Betankung eines Transportbehälters vorgenommen, mit einem ersten Fluid über eine erste Zuleitung, wodurch dieses erste Fluid ein im Tank vorliegendes zweites Fluid über eine zweite Zuleitung aus dem Tank verdrängt oder eine Betankung mit einem zweiten Fluid über die zweite Zuleitung, wodurch dieses zweite Fluid ein im Tank vorliegendes erstes Fluid über die erste Zuleitung aus dem Tank verdrängt. Bei der Verdrängung des jeweils im Transportbehälter vorliegenden Fluids soll dabei keine Durchmischung mit dem zulaufenden Fluid erfolgen. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass zwei unterschiedliche Fluide, beispielsweise Kohlenstoffdioxid und ein synthetisch hergestellter Treibstoff mittels demsel-

ben Transportbehälter und entsprechend demselben Transportvehikel an- und abtransportiert werden können, insbesondere an Standorte erneuerbarer Energiequellen. Ein derartiges Verfahren zur Anlieferung des Edukts und Ablieferung des Produkts wird wirtschaftlich, indem Transportwege ohne Transportgut vermieden werden. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens liegt in der zeitgleichen Be- und Entladung unterschiedlicher Fluide: Beim Betanken mit dem einen Fluid wird zeitgleich durch Verdrängung das zweite Fluid herausgedrückt, also entladen. Insbesondere weisen dabei die Fluide unterschiedliche Dichten auf: Das Fluid mit der geringeren Dichte wird insbesondere durch eine weiter oben liegende Öffnung be- und entladen, während das Fluid mit der höheren Dichte bevorzugt durch eine am Transportbehälter weiter unten angebrachte Öffnung be- und entladen wird.

[0011] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist das erste Fluid insbesondere ein energiereiches Fluid und das zweite Fluid insbesondere ein energiearmes Fluid, welches bei der Nutzung, z.B. Verbrennung, des ersten Fluid anfällt.

[0012] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren weist das erste Fluid beispielsweise einen Treibstoff auf, für dessen Herstellung zumindest ein Edukt verwendet wird, welches als Wertprodukt aus der elektrochemischen Umsetzung von Kohlenstoffdioxid resultiert. Das zweite Fluid weist insbesondere Kohlenstoffdioxid auf, vorzugsweise reines Kohlenstoffdioxid. Vorzugsweise wird als zweites Fluid Kohlenstoffdioxid transportiert, welches in einer Reinheit von mindestens 95 %, besser 99 %, noch besser 99,5 % vorliegt. Beispiele für Treibstoffe sind beispielsweise Ethanol, Methanol oder i-Octan. Allgemein kommen alle synthetisch herstellbaren Treibstoffe infrage, beispielsweise Kohlenwasserstoffe oder Alkohole, welche Kohlenstoffdioxid als Ausgangsstoff aufweisen. Entsprechend weist in einer Ausführungsform der Erfindung das Verfahren ein erstes Fluid auf, welches Kohlenstoff, z.B. in Form von Kohlenstoffverbindungen, Wasserstoff und/oder Wasserstoffverbindungen umfasst.

[0013] Bei dem Verfahren soll bevorzugt das Tankvolumen des Transportbehälters in beiden Richtungen, das heißt für die Anlieferung des ersten Fluids und den Abtransport des zweiten Fluids, möglichst vollständig ausgenutzt werden. Legt man einen bestimmten Treibstoff, der Kohlenstoff und Wasserstoff enthält zugrunde, lässt sich unter der Annahme, dass Kohlenstoffdioxid bei seiner Herstellung stöchiometrisch umgesetzt wird, rechnerisch bestimmen, welche Dichte das Kohlenstoffdioxid bei seinem Transport haben sollte.

[0014] Eine besonders vorteilhafte Kombination von Fluiden für das Verfahren ist Methanol als Treibstoff, also als erstes Fluid, und reines Kohlenstoffdioxid als

zweites Fluid. Demnach wird bei dem Verfahren vorzugsweise das zweite Fluid auf eine Dichte zwischen 800 g/l und 1300 g/l gebracht, insbesondere auf eine Dichte zwischen 900 g/l und 1200 g/l, bevorzugt auf eine Dichte zwischen 950 g/l und 1150 g/l oder besonders bevorzugt auf eine Dichte zwischen 980 g/l und 1100 g/l. Dieses zweite Fluid kann vor der Betankung des Transportbehälters oder im Zuge der Betankung des Transportbehälters komprimiert werden. In einer beispielhaften Ausführungsform des Verfahrens wird das zweite Fluid dazu vor der Betankung gekühlt, insbesondere auf eine Temperatur unter 8 °C, insbesondere unter 6 °C, unter 0 °C, unter -5 °C, unter -10 °C, unter -15 °C oder sogar unter -20 °C. Je nach Zielmolekül des ersten Fluids, also des zurück zu transportierenden Treibstoffs, verändert sich die benötigte Dichte und demnach Temperatur mit der das zweite Fluid, z.B. das Kohlenstoffdioxid, antransportiert werden muss, um stöchiometrisch der Treibstoffmenge zu entsprechen.

[0015] Für die besonders bevorzugte Kombination aus Kohlenstoffdioxid und synthetisch hergestelltem Methanol als Treibstoff sei eine Beispielsrechnung gegeben: Hat Methanol eine Dichte von 790 g/l, eine Molmasse von 32,04 g/mol und enthält ein Kohlenstoffatom pro Molekül, benötigt man entsprechend 24,66 mol Kohlenstoffdioxid pro Liter Tankvolumen. Mit einer Molmasse von 44 g/mol Kohlenstoffdioxid bedeutet das, dass die Dichte des antransportierten Kohlenstoffdioxids im Tankvolumen 1.086 g/l betragen sollte.

[0016] Prinzipiell sind bei der Verwendung von flüssigem Kohlenstoffdioxid höhere Dichten als die im Stand der Technik üblichen 750 g/l möglich. Beispielsweise kann flüssiges Kohlenstoffdioxid Dichten von über 1.000 g/l annehmen, wobei der tatsächliche Wert von der Temperatur und vom Druck abhängt, welche Abhängigkeit in **Fig. 2** gezeigt ist.

[0017] Der erfindungsgemäße Transportbehälter, der zweckdienlicherweise bei dem Verfahren eingesetzt wird, weist einen Tank auf, der als Druckbehälter ausgestaltet ist, weist eine erste Zuleitung mit einer Absperrvorrichtung für die Betankung und Entleerung eines ersten Fluids und eine zweite Zuleitung mit einer Absperrvorrichtung für die Betankung und Entleerung eines zweiten Fluids auf sowie ein Sicherheitsventil. Außerdem weist der Transportbehälter eine thermische Isolationsschicht auf und ist so ausgestaltet, dass er einem Druck standhält, welcher nötig ist, das zweite Fluid geringerer Dichte im gleichen Tankvolumen zu transportieren wie das erste Fluid höherer Dichte und wobei die erste und zweite Zuleitung so angeordnet sind, dass eine zeitgleiche Betankung über die erste Zuleitung und Entleerung über die zweite Zuleitung und umgekehrt vorgenommen werden kann. Beispielsweise liegt die Zuleitung für das Fluid mit der geringeren Dichte höher als die

Zuleitung für das Fluid mit der höheren Dichte. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zuleitungen am Boden und an der Decke des Transportbehälters angebracht sind, wodurch störende Restinhalte des jeweils zuvor getankten Fluids vermieden werden.

[0018] Entsprechend der Berechnung, bei welcher Dichte das Kohlenstoffdioxid bevorzugt transportiert werden sollte, um stöchiometrisch der Menge des daraus resultierenden Treibstoffs zu entsprechen, muss der Tank des Transportbehälters als Druckbehälter ausgestaltet sein: Insbesondere ist der Tank ausgelegt, einem Druck bis 100 bar standzuhalten, beispielsweise bis 90 bar, bis 80 bar, bis 70 bar, bis 65 bar, bis 60 bar, bis 55 bar, bis 50 bar, bis 40 bar, bis 30 bar oder bis 20 bar. Das Sicherheitsventil sorgt dafür, dass Kohlenstoffdioxid abgegeben werden kann, bevor ein Druck im Tank entsteht, der über dem Prüfdruck liegt, und demnach gefährlich werden könnte.

[0019] Das Kohlenstoffdioxid sollte demnach auch nicht zu warm werden, weil sonst der Tank noch höhere Drücke aushalten müsste. Für den Transport muss ein vorteilhafter Kompromiss aus Druck und Temperatur des Fluids gefunden werden: Dafür umfasst der Transportbehälter vorzugsweise eine Kühlvorrichtung mit einer Kühlmittelzuleitung und eine Kühlmittelableitung zur Führung eines Kühlmediums, insbesondere mit einer Temperaturregeleinheit. Das Fluid, insbesondere das Kohlenstoffdioxid, kann vorzugsweise schon gekühlt eingefüllt werden, oder während des Tankvorgangs abgekühlt werden, auf eine Zieltemperatur von unter 8 °C, insbesondere unter 6 °C, unter 0 °C, unter -5 °C, unter -10 °C, unter -15 °C oder unter -20 °C, vgl. **Fig. 2**. Vorzugsweise wird bereits gekühltes Kohlenstoffdioxid in den Tank eingefüllt. Der Transportbehälter umfasst des Weiteren eine Isolationsschicht, welche eine Erwärmung des Tankinhalts zwar nicht vollständig unterbindet, jedoch stark verlangsamt. Vor allem ist die Isolationsschicht besonders zweckdienlich in Zeiten, in denen keine aktive Kühlung durch den Betrieb der Kühlvorrichtung stattfinden kann, z.B. beim Umladen. Den Transportbehälter mit einer Kühlvorrichtung zu versehen ist jedoch effektiver und wirtschaftlicher als eine aufwendige Verstärkung der Isolation. Die Temperaturregeleinheit umfasst dabei eine Temperaturmessungs- und Temperatursteuerungseinheit, welche einen aktiven Kühlvorgang aktiviert, sobald die gemessene Temperatur des Tankinhalts über einen Grenzwert ansteigt. Somit kann dauerhaft eine Tanktemperatur unterhalb der Umgebungstemperatur gehalten werden. In unterschiedlichen Ausführungsformen der Erfindung sind alternative Kühlmedien einsetzbar: In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst der Transportbehälter ein Überströmventil sowie ein Wechselventil, welche angeordnet und ausgestaltet sind, einen Teil des zweiten Fluids, insbesondere des Kohlenstoffdioxids, als Kühlmedium in die Kühlvorrichtung zu leiten. So ließe

sich eine Temperaturregelung realisieren, welche bei einem Anstieg der Temperatur des Tankinhalts und einem damit einhergehenden Anstieg des Drucks im Tank das Fluid durch das Überströmventil in die Kühlvorrichtung leitet, wo es als Kühlmittel fungiert und zum aktiven Kühlen des Tankinhalts beiträgt. Es ist bekannt, dass die Verdampfungsenthalpie von Kohlenstoffdioxid außergewöhnlich hoch ist. Somit lässt sich das erzeugte Kohlenstoffdioxid als Kühlmedium nutzen, indem es durch die Kühlvorrichtung geleitet wird.

[0020] Alternativ umfasst der Transportbehälter ein Wechselventil, welches ausgestaltet ist Umgebungswasser als Kühlmedium in die Kühlvorrichtung zu leiten. Unter Umgebungswasser ist beispielsweise Meerwasser oder Flusswasser zu verstehen, wenn der Transportbehälter mittels Containerschiff oder Binnenschiff transportiert wird.

[0021] In einer weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Transportbehälter Mittel zur Anbindung der Kühlvorrichtung an eine On-board-Kühlanlage. Eine derartige Ausgestaltung der Kühlvorrichtung ist dann von Vorteil, wenn der Transportbehälter auf einem Landverkehrsmittel, insbesondere einem Straßenverkehrsmittel transportiert wird, z. B. einem LKW oder Sattelschlepper.

[0022] Eine Kombination mit der Ausführungsform mit Überströmventil zur Kühlung durch überströmendes Kohlenstoffdioxid ist von besonderem Vorteil, um Zeiten zu überbrücken, in denen keine aktive Kühlung durch eine On-board-Kühlanlage oder durch Umgebungswasser möglich ist. Dies ist beispielsweise der Fall beim Umladen oder bei kurzzeitigen Zwischenlagerungen.

[0023] In einer sehr vorteilhaften Ausführungsform des Transportbehälters weist dieser wenigstens ein Strömungshindernis auf, insbesondere eine Mehrzahl an vertikal im Tank angeordneten plattenförmigen Strömungshindernissen, wobei die erste Zuleitung am Boden des Tanks angeordnet ist und die zweite Zuleitung an der Decke des Tanks angeordnet ist. Alternativ sind auch mäanderförmige Einbauten vorstellbar. Die Einbauten im Tankinnenvolumen sind so gestaltet, dass engere Volumen durchströmt werden, in denen sich ein charakteristisches Strömungsprofil, vgl. **Fig. 1**, ausbildet, bei welchem eine Vermischung der beiden sich verdrängenden Fluide minimiert ist: Eine geringe Vermischung der beiden Fluide stellt keinen größeren Nachteil dar, eine größere Menge sollte sich jedoch nicht vermischen, da sonst eine aufwendige Trennung erforderlich werden könnte. Der Anteil an vermischten Fluiden liegt dabei unter 5%, insbesondere unter 1%. Ein Anteil eines Hydroxids im Kohlenstoffdioxid darf bis zu 1% betragen. Ein Anteil von Kohlenstoffdioxid im Treibstoff sollte deutlich unter 1%, besser unter 0,1% liegen.

Das Kohlenstoffdioxid würde sich aber auch nicht so einfach einlösen.

[0024] Die Strömungshindernisse im Tankinneren verhindern eine derartige Vermischung beim Be- und Entladen.

[0025] Die Strömungseigenschaften im Tankinneren, insbesondere entlang der Strömungshindernisse, können noch vorteilhaft beeinflusst werden, indem das Tankinnenvolumen beschichtet ist, insbesondere auch alle Oberflächen der Strömungshindernisse. Eine vorteilhafte funktionale Innenflächenbeschichtung des Tanks muss in Abhängigkeit der zu transportierenden Medien und dem verwendeten Tankmaterial gewählt werden. Die Innenbeschichtung gewährt eine rückstandsfreie Entleerung, sodass weniger Reste des zuvor getankten Mediums an der inneren Tankoberfläche anhaften und somit weniger Vermischungen der unterschiedlichen Medien eintreten. Dementsprechend ist eine hydrophile Beschichtung bei unpolaren Medien und eine hydrophobe Beschichtung bei polaren Medien zu wählen.

[0026] Der Transportbehälter weist insbesondere Außenabmessungen auf, die denen eines ISO-Containers entsprechen. Dies hat den Vorteil, dass er flexibel auf Containerschiffen, Landtransportmitteln wie LKWs, Sattelaufliegern oder Schienentransportmitteln transportiert werden kann.

[0027] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist der Transportbehälter Außenabmessungen auf, die denen eines ISO-Containers entsprechen. Insbesondere befindet sich der Transportbehälter aufgeladen auf ein Containerschiff, Binnenschiff oder ein Landtransportmittel, insbesondere ein Straßentransportmittel oder Schienentransportmittel. Unter Straßentransportmittel ist ein LKW oder Sattelaufzieger zu verstehen. Dies bietet den Vorteil, eines flexiblen Transports, mittels Schiff, Bahn oder LKW. Auch die Anschlüsse für Betankung und Entleerung, also erster und zweiter Zulauf, entsprechen vorteilhafterweise einer ISO-Norm.

[0028] Das vorgestellte Verfahren zur Kohlenstoffdioxidverwertung kann erfindungsgemäß in einen großen Kreislauf integriert sein, bei dem Kohlenstoffdioxid, insbesondere reines Kohlenstoffdioxid, auf eine Dichte von mindestens 800 g/L, insbesondere mindestens 900 g/L, mindestens 950 g/L oder mindestens 980 g/L komprimiert wird, in einer erfindungsgemäßen Variante eines Transportbehälters transportiert wird, am Zielort elektrochemisch zu mindestens einem Wertprodukt umgesetzt wird, dieses Wertprodukt einer Treibstoffherstellung als Edukt zugeführt wird und der daraus erzeugte Treibstoff in einem weiteren erfindungsgemäßen Transportbehälter abtransportiert wird.

[0029] Bei der Betankung erfolgt jeweils eine Verdrängung des Kohlenstoffdioxids oder des Treibstoffs durch das jeweils andere Transportgut.

[0030] Alternativ kann der Transportbehälter auch für vergleichbar unterschiedliche Transportgüter genutzt werden, welche nicht im Kontext der Kohlenstoffdioxidverwertung miteinander verbunden sind, z.B. Arbeitsgase allgemein, Synthesegas und andere Treibstoffe.

Figurenliste

[0031] Beispiele und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden noch in exemplarischer Weise mit Bezug auf die **Fig. 1** bis **Fig. 4** der angehängten Zeichnung beschrieben:

Fig. 1 zeigt eine schematische Querschnittszeichnung eines Transportbehälters **1** mit Strömungshindernissen **6**,

Fig. 2 zeigt ein Dichte-Temperatur-Diagramm für Kohlenstoffdioxid CO₂ bei unterschiedlichen Drücken,

Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch einen Transportbehälter **1** mit Kühlvorrichtung **10** und

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt durch einen Transportbehälter **1** mit der Ausgestaltung, das über ein Wechselventil **14** von dem geladenen Kohlenstoffdioxid CO₂ der Kühlvorrichtung **10** als Kühlmedium zugeführt werden kann.

[0032] In den **Fig. 1**, **Fig. 3** und **Fig. 4** ist jeweils eine schematische Zeichnung eines Querschnitts durch einen Transportbehälter **1** gezeigt, wie er beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung entspricht. Dieser weist jeweils einen druckfesten Tankbehälter **4** auf, welcher von einer thermischen Isolierung **5** vollständig umgeben ist. Der Tankbehälter **4** weist mindestens zwei Zuleitungen **2**, **16** auf, über welche die Betankung und Entleerung erfolgt. Der Tank **4** kann eine funktionale Innenflächenbeschichtung **15** aufweisen, welche insbesondere so gewählt ist, dass sie ein übermäßiges Anhaften der zu transportierenden Medien verhindert und somit weniger Reste des zuvor getankten Mediums im Tank verbleiben und sich mit dem neu eingefüllten Fluids vermischen. Bei eher unpolaren Fluiden würde eine hydrophile Beschichtung **15**, bei eher polaren Medien eine hydrophobe Beschichtung **15** gewählt werden. Für Kohlenstoffdioxid wäre grundsätzlich eine hydrophile Beschichtung eine geeignete Innenflächenbeschichtung **15**. Zusätzlich hat die Beschichtung **15** des Tankinnenvolumens den Vorteil, dass bei der Betankung und gleichzeitigen Verdrängung des vorher getankten Fluids weniger strömungsbedingte Verwirbelungen und Vermischungen der beiden Medien erfolgen.

[0033] Neben der Tankinnenbeschichtung **15** tragen vor allem die Strömungshindernisse **6** zum Ausbilden eines vorteilhaften Strömungsprofils **7** bei: In **Fig. 2** sind vertikale Platten als Strömungshindernisse **6** im Tankinnenvolumen installiert. Auch ein Gitter aus senkrecht aufeinander stehenden vertikalen Platten ist denkbar, um die zu durchströmenden Bereiche noch enger und schlauch- bzw. rohrförmiger zu gestalten. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn sich die Dichten der beiden Fluide stark voneinander unterscheiden.

[0034] In dem in **Fig. 2** gezeigten Beispiel eines Transportbehälters **1** sind die Zu- und Ableitungen **2** und **16** jeweils mit Absperrventilen **3** und **8** versehen, diese müssen geeignet sein, dem vorgesehenen Druck im Tankbehälter **4** standzuhalten. Darüber hinaus sind der Boden des Tanks **17** und die Decke des Tankbehälters **18** gekennzeichnet, wobei sich die Begriffe Boden **17** und Decke **18** an der Orientierung des Transportbehälters **1** richten, wie dieser auf ein Transportmittel positioniert würde: Der Boden **17** des Tankbehälters **4** stellt dessen niedrigsten Punkt dar, an dem oder in dessen Nähe die erste Zuleitung **2** an den Tankbehälter **4** anschließt. Die Decke **18** des Tanks **4** stellt dessen höchsten Punkt dar, an dem oder in dessen Nähe die zweite Zuleitung **16** anschließt. Das schwerere Fluid, also das Fluid mit höherer Dichte, würde über die untere Zuleitung **2** in den Tankbehälter **4** eingepumpt und würde dann entsprechend das Fluid mit der geringeren Dichte über die Zuleitung **16** aus dem Tank **4** verdrängen.

[0035] Prinzipiell sind auch mäanderförmige Strömungshindernisse denkbar, die das Volumen quasi wie in einen langen Schlauch unterteilen, der der Länge nach durchströmt würde. Bei einer derartigen Ausgestaltung entstünde der Vorteil, dass eine Platzierung der beiden Zuleitungen **2** und **16** nicht gezwungenermaßen auf unterschiedlichen Höhen des Tanks vorgenommen werden muss, da die Schichtung dann nicht vertikal im gesamten Tank **4** vorliegt.

[0036] In der **Fig. 1** ist noch eine dritte Zu- bzw. Ableitung mit einem Ventil **9** gezeigt, welches ein Sicherheitsventil darstellt, das bei einem vorgebbaren Überdruck im Tank **4** öffnet, um von dem zu transportierenden Fluid eine Menge entweichen zu lassen, um den vorgegebenen Höchstdruck zu gewährleisten und nicht zu überschreiten.

[0037] Das Diagramm in **Fig. 2** zeigt, wie sich die Dichte in kg/m^3 von Kohlenstoffdioxid CO_2 mit veränderter Temperatur, angegeben in $^{\circ}\text{C}$, in einem Bereich zwischen -55°C bis 30°C verhält. Dies ist für unterschiedliche Drücke von 5 bar, 10 bar, 20 bar, 40 bar, 60 bar und 80 bar gezeigt. Ein durch den vorgestellten Transportbehälter **4** realisierbarer Dichte-Temperatur-Druck-Bereich ist schraffiert hinterlegt. Bei der Verwendung von flüssigem Kohlenstoffdioxid

sind höhere Dichten für den Transport möglich, als die im Stand der Technik üblichen 750 g/l. Flüssiges Kohlenstoffdioxid kann Dichten von über 1.000 g/l annehmen, wobei der tatsächliche Wert noch von Temperatur und Druck abhängt.

[0038] In der **Fig. 3** ist zusätzlich eine Kühlvorrichtung **10** mit einer Zuleitung **11** und Ableitung **12** für ein Kühlmittel gezeigt. Besonders zweckmäßig ist es, das Fluid geringerer Dichte, welches komprimiert transportiert werden muss, schon vor dem Betanken zu kühlen und mittels der Kühlvorrichtung **10** des Transportbehälters **1** diese niedrigere Transporttemperatur zu halten. Die Isolationsschicht **5** verlangsamt zusätzlich die Erwärmung des zu transportierenden Fluids während des Transports. Gerade in Zeiten der Verladung oder bei kürzeren Zwischenlagerungen ist es möglich, dass keine aktive Kühlung über eine Kühlvorrichtung **10** betrieben werden kann. Dann ist die Isolationsschicht **5** von besonderer Bedeutung. Insbesondere ist bei der Kühlvorrichtung **10** auch eine Steuereinheit für die Temperaturregelung vorgesehen, um eine gewünschte Temperatur im Inneren des Tanks einzustellen und zu halten. Als Kühlmittel können Kühlwasser oder andere Kühlmedien verwendet werden. Insbesondere kann bei Transportbehältern **1**, die über Binnen- oder Containerschiffe transportiert werden, Umgebungswasser wie Meerwasser oder Flusswasser in die Kühlvorrichtung **10** geleitet werden. Bei dem Transport über Landtransportmittel wie LKWs oder Sattelaufleger könnte die Kühlvorrichtung **10** auch an eine On-board-Kühlanlage angeschlossen werden.

[0039] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Kühlvorrichtung **10** ist in **Fig. 4** gezeigt, bei der die Kühlmittelzuleitung **11** über eine zusätzliche Verbindungsleitung **19** und ein Überströmventil **13** mit dem Tank **4** verbunden ist. Die Verbindungsleitung **19** ist ausgestaltet, durch Überdruck im Tankinnenvolumen entweichendes Fluid über das Überströmventil **13** der Kühlvorrichtung **10** zuzuführen. Die Verbindungsleitung **19** ist z.B. über ein Wechselventil **14** mit der Kühlmittelzuleitung **11** verbunden. Das Überströmventil **13** kann die Funktion des Sicherheitsventils **9** übernehmen, aber auch zusätzlich zu diesem vorgesehen sein. Das Überströmventil **13** kann von der Zuleitung **16** abzweigen oder auch an anderer Stelle des Tanks **4** angeordnet sein. Das Überströmventil **13** ist ausgestaltet, bei Druckerhöhung beispielsweise durch Temperaturerhöhung des Tankinnenvolumens einen Teil des Kohlenstoffdioxids abzuführen und der Kühlvorrichtung **10** zuzuführen, wo die außergewöhnlich hohe Verdampfungsenthalpie von Kohlenstoffdioxid selbst zur Kühlung des restlichen Tankvolumens herangezogen wird. Gleichzeitig verringert sich der Druck im Tank **4** bereits durch die Entnahme. Diese Ausgestaltung ist sehr vorteilhaft, um Zeiten, in denen keine aktive Kühlung möglich ist, z.

B. beim Umladen oder kurzzeitigen Zwischenlagern, zu überbrücken.

Zusammenfassend wird festgehalten:

[0040] In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Transportbehälter **1** für den Transport von Kohlenstoffdioxid verwendet oder allgemein einem Fluid niedriger Dichte insbesondere einem Gas. Durch einen entsprechend hohen Druck, dem der Transportbehälter standhält und eine möglichst niedrige Temperatur, die durch die Kühleinrichtung **10** und eine Isolationsschicht **5** gewährt wird, kann dieses Fluid in flüssigem Zustand transportiert werden, also in einer möglichst hohen Dichte.

[0041] Für Hin- und Rücktransport unterschiedlicher Fluide wird ein Be- und Entladeverfahren für denselben Transportbehälter beschrieben, welches ermöglicht, ohne aufwendigen Reinigungsschritt dazwischen, denselben Tank für ein weiteres Fluid anderer Dichte zu verwenden, welches beim Betankungsvorgang das zuvor getankte Fluid aus dem Behälter verdrängt. Vorteilhafterweise hat dieses Fluid eine höhere Dichte und ist ein Wertprodukt aus der Verwertung des antransportierten Fluids, beispielsweise ein synthetisch hergestellter Treibstoff, für dessen Herstellung Edukte verwendet werden, die bei der elektrochemischen Umsetzung des angelieferten Kohlenstoffdioxids resultieren, wobei die elektrochemische Kohlenstoffdioxidverwertung insbesondere mittels Überschussstrom aus regenerativen Energiequellen betrieben wird.

[0042] Der Transportbehälter **1** umfasst dafür Einbauten, die als Strömungshindernisse **6** dienen und ein Vermischen der beiden Fluide zwar nicht 100%ig unterbinden, jedoch merklich unterdrücken. Besonders bevorzugt ist die Kombination von Fluiden, bei denen das erste Fluid, also das Fluid mit höherer Dichte, einen Energieträger darstellt, der insbesondere Kohlenstoff und Wasserstoff aufweist, beispielsweise Methanol. Als zweites Fluid wird ein energiearmes Reaktionsprodukt antransportiert, um einen geschlossenen Kreislauf für den Energietransport zu gewährleisten, welches insbesondere Kohlenstoffdioxid hoher Reinheit aufweist.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----------|--|
| 1 | Anordnung |
| 2 | Zuleitung für die Betankung des Fluid mit höherer Dichte (bzw. Ableitung für Entleerung des Fluids mit höherer Dichte) |
| 3 | Absperrvorrichtung |
| 4 | Druckfester Tankbehälter |
| 5 | Thermische Isolierung |

- | | |
|-----------|--|
| 6 | Einbauten, um ein Vermischen der Fluide zu behindern; Strömungshindernisse |
| 7 | Strömungsprofil |
| 8 | Absperrvorrichtung für Zuleitung des Fluids mit niedriger Dichte |
| 9 | Sicherheitsventil |
| 10 | Kühlvorrichtung |
| 11 | Zuführung für Kühlmedium |
| 12 | Ablauf für Kühlmedium |
| 13 | Überströmventil |
| 14 | Wechsel-Ventil |

Patentansprüche

1. Verfahren, bei dem eine Betankung eines Transportbehälters vorgenommen wird, mit einem ersten Fluid über eine erste Zuleitung (2), wodurch dieses erste Fluid ein im Tank (4) vorliegendes zweites Fluid über eine zweite Zuleitung (16) aus dem Tank (4) verdrängt oder eine Betankung mit einem zweiten Fluid über die zweite Zuleitung (16) vorgenommen wird, wodurch dieses zweite Fluid ein im Tank (4) vorliegendes erstes Fluid über die erste Zuleitung (2) aus dem Tank (4) verdrängt, wobei die Verdrängung des jeweils im Transportbehälter vorliegenden Fluids ohne Durchmischung mit dem zulaufenden Fluid erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das zweite Fluid Kohlenstoffdioxid aufweist und das erste Fluid einen Treibstoff aufweist, für dessen Herstellung zumindest ein Edukt verwendet wird, welches Edukt als Wertprodukt aus der elektrochemischen Umsetzung des Kohlenstoffdioxids resultiert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das erste Fluid Kohlenstoff(-verbindungen) und Wasserstoff(-verbindungen) aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 3, bei dem das zweite Fluid vor der Betankung gekühlt wird, insbesondere auf eine Temperatur unter 8°C, insbesondere unter 6°C, unter 0°C, unter -5°C, unter -10°C, unter -15°C oder unter -20°C.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 4, bei dem das zweite Fluid im Tank mit einer Dichte von zwischen 800 g/L und 1300 g/L, insbesondere zwischen 900 g/L und 1200 g/L, zwischen 950 g/L und 1150 g/L oder zwischen 980 g/L und 1100 g/L vorliegt.

6. Transportbehälter (1) für Fluide aufweisend einen Tank (4), der als Druckbehälter ausgestaltet ist, eine erste Zuleitung (2) mit einer Absperrvorrichtung (3) für die Betankung und Entleerung eines ersten Fluids und eine zweite Zuleitung (16) mit einer Ab-

sperrvorrichtung (8) für die Betankung und Entleerung eines zweiten Fluids sowie ein Sicherheitsventil (9), außerdem aufweisend eine thermische Isolationschicht (5), wobei der Druckbehälter ausgestaltet ist einem Druck stand zu halten, welcher nötig ist das zweite Fluid geringerer Dichte im gleichen Tankvolumen zu transportieren wie das erste Fluid höherer Dichte und wobei erste und zweite Zuleitung so angeordnet sind, dass eine zeitgleiche Betankung über die erste Zuleitung (2) und Entleerung über die zweite Zuleitung (16) und umgekehrt vorgenommen werden kann.

ein Containerschiff oder ein Landtransportmittel, insbesondere Straßentransportmittel wie Sattelaufzieger oder Schienentransportmittel.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

7. Transportbehälter (1) nach Anspruch 6, wobei der Tank (4) für einen Druck bis 100 bar, bis 90 bar, bis 80 bar, bis 70 bar, bis 65 bar, bis 60 bar, bis 55 bar, bis 50 bar, bis 40 bar, bis 30 bar oder bis 20 bar ausgelegt ist.

8. Transportbehälter (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche 6 oder 7, umfassend eine Kühlvorrichtung (10) mit einer Kühlmittelzuleitung (11) und einer Kühlmittelableitung (12) zur Führung eines Kühlmediums, insbesondere mit einer Temperaturregel-einheit.

9. Transportbehälter nach einem der vorstehenden Ansprüche 6 bis 8, umfassend ein Überströmventil (13) und ein Wechselventil (14), angeordnet und ausgestaltet einen Teil des zweiten Fluids als Kühlmedium in die Kühlvorrichtung (10) zu leiten.

10. Transportbehälter (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche 6 bis 9, umfassend ein Wechselventil, welches ausgestaltet ist Umgebungswasser als Kühlmedium in die Kühlvorrichtung (10) zu leiten.

11. Transportbehälter (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche 8 bis 10, umfassend Mittel zur Anbindung der Kühlvorrichtung (10) an eine On-Board-Kühlanlage.

12. Transportbehälter (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche 6 bis 11 umfassend wenigstens ein Strömungshindernis (6).

13. Transportbehälter (1) nach Anspruch 12 mit einer Mehrzahl an vertikal im Tank (4) angeordneten plattenförmigen Strömungshindernissen (6), wobei die erste Zuleitung (2) am Boden (17) des Tanks (4) angeordnet ist und die zweite Zuleitung (16) an der Decke (18) des Tanks (4) angeordnet ist.

14. Transportbehälter (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche mit einer funktionalen Innenflächenbeschichtung (15) des Tanks (4).

15. Transportbehälter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dessen Außenabmessungen denen eines ISO-Containers entsprechen, aufgeladen auf

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

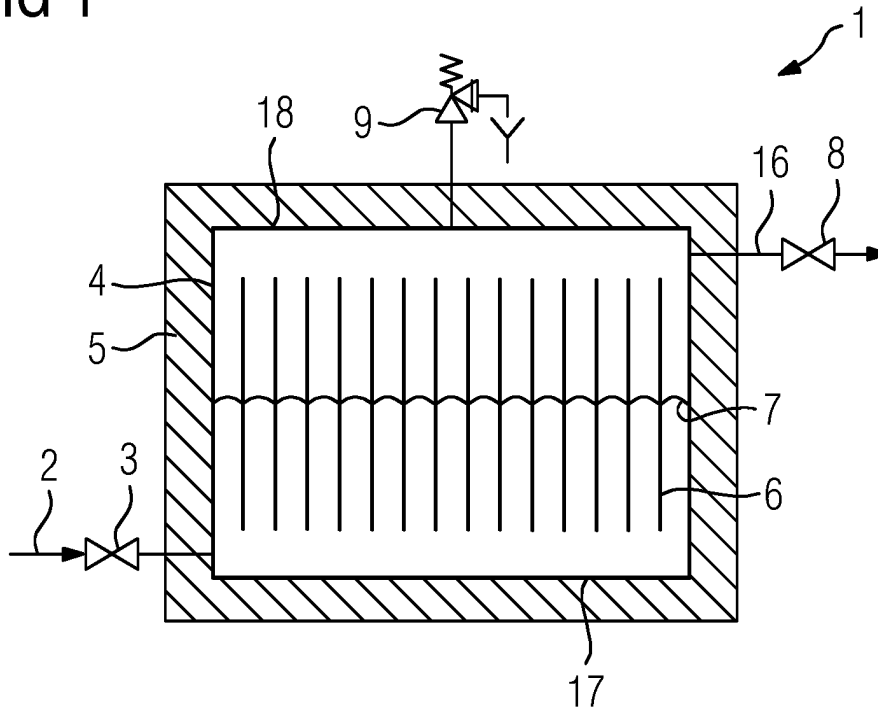


FIG 2

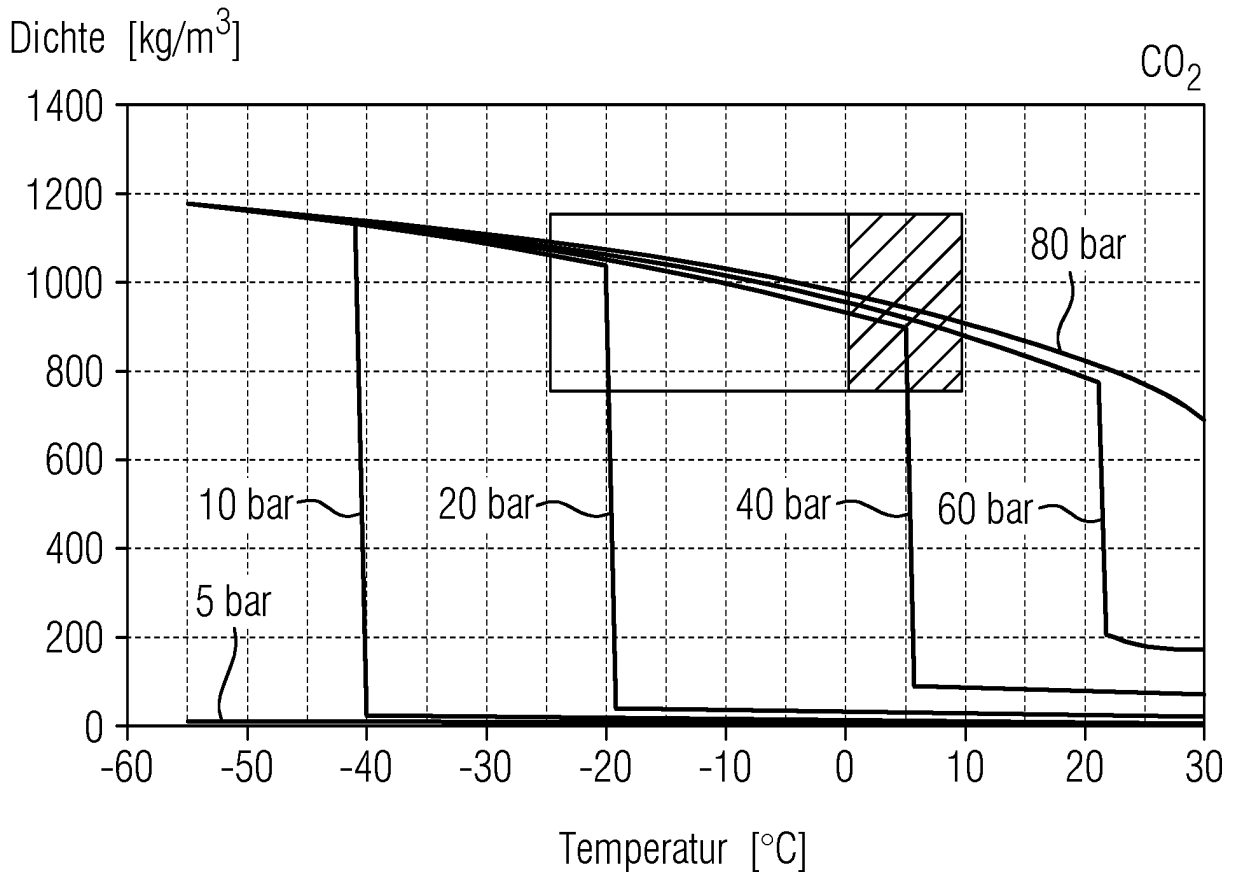


FIG 3

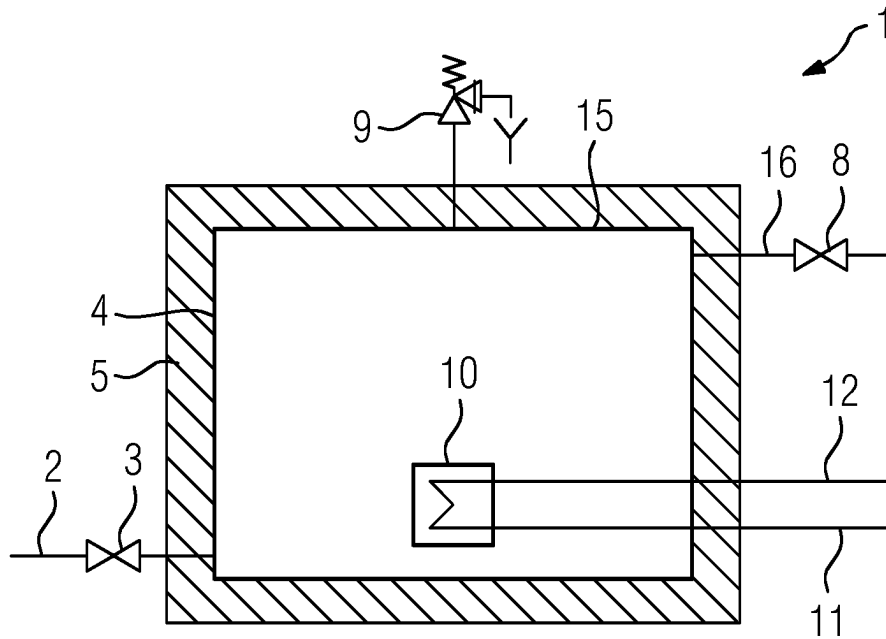


FIG 4

