



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.09.2023 Patentblatt 2023/37

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25J 1/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22020097.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**F25J 1/004; F25J 1/0015; F25J 1/0027;
F25J 1/0221; F25J 1/0228; F25J 1/023;
F25J 1/0236; F25J 2210/62; F25J 2220/82;
F25J 2230/30; F25J 2260/80; F25J 2290/60**

(22) Anmeldetag: **08.03.2022**

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

(72) Erfinder: **Lautenschlager, Tobias**
82049 Pullach (DE)

(74) Vertreter: **Fischer, Werner**
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(71) Anmelder: **Linde GmbH**
82049 Pullach (DE)

(54) **VERFAHREN UND ANLAGE ZUM ZUMINDEST TEILWEISEN VERFLÜSSIGEN EINES GASGEMISCHES**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum zumindest teilweisen Verflüssigen (122) eines Gasgemisches (c), aufweisend zumindest Kohlenstoffdioxid, unter Verwendung eines Wärmetauschers (120), wobei das Gasgemisch dem Wärmetauscher (120) zugeführt wird, wobei von dem Wärmetauscher (120) zumindest teilweise

verflüssigtes Gasgemisch (f) abgeführt wird, und wobei der Wärmetauscher (120) zugleich zum Verdampfen (124), insbesondere Wiederverdampfen, von flüssigem Erdgas (d) verwendet wird. Die Erfindung betrifft auch eine entsprechende Anlage (100).

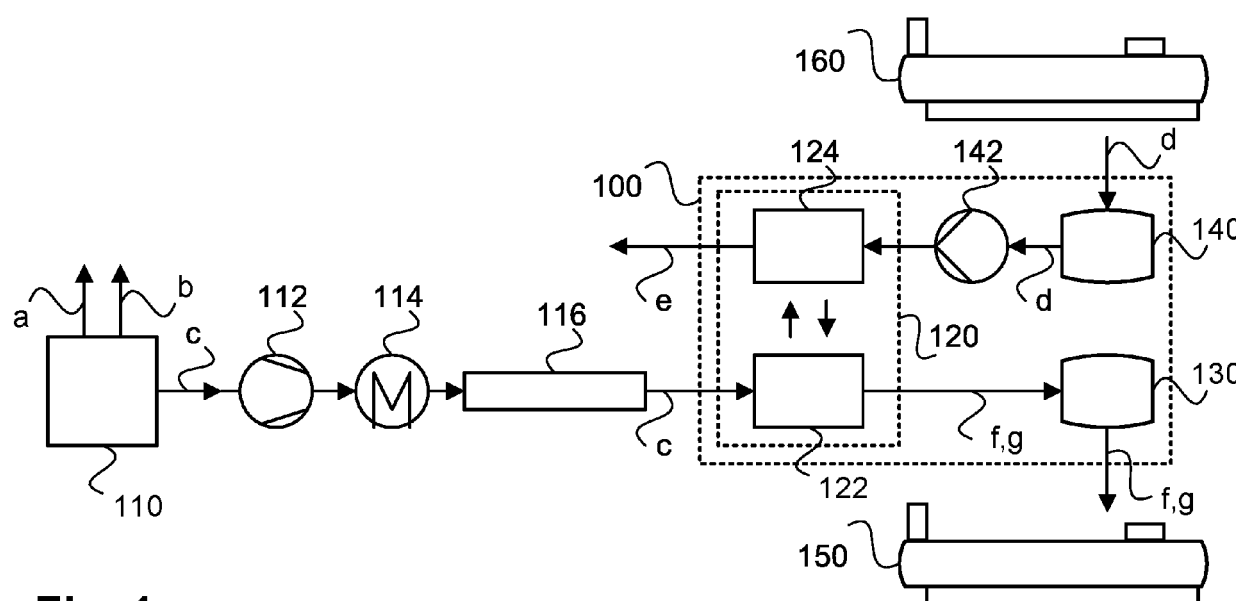


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anlage zum zumindest teilweisen Verflüssigen eines Gasgemisches, aufweisend zumindest Kohlenstoffdioxid sowie ggf. Stickstoff.

Stand der Technik

[0002] Wasserstoff kann aus Kohlenwasserstoffen wie z.B. Methan erzeugt oder gewonnen werden, z.B. durch Dampfreformierung von Erdgas, ebenso kommt eine Vergasung geeigneter Ausgangsstoffe in Betracht. Dabei entsteht neben Wasserstoff in der Regel Kohlenstoffmonoxid sowie Kohlenstoffdioxid. Insbesondere das entstehende Kohlenstoffdioxid wird in der Regel als Abfallprodukt angesehen. Um die Gewinnung von Wasserstoff und/oder Kohlenstoffmonoxid als kohlenstoffneutral ansehen zu können, gibt es die Möglichkeit, das anfallende Kohlenstoffdioxid abzuführen und dauerhaft zu speichern, z.B. mittels sog. geologischer Speicherung bzw. Sequestration. Der so gewonnene Wasserstoff wird dann auch als sog. "blauer" Wasserstoff bezeichnet.

[0003] Die geologische Speicherung von Kohlenstoffdioxid hängt von den geologischen Gegebenheiten ab und ist nicht überall möglich. Wenn die vorstehend beschriebene Gewinnung von Wasserstoff also nicht an einem Ort erfolgt, der für die geologische Speicherung von Kohlenstoffdioxid geeignet ist, muss das Kohlenstoffdioxid an einen geeigneten Ort transportiert werden. Hierzu bietet sich die Verflüssigung des Kohlenstoffdioxids an, was allerdings besonders energieintensiv ist. Außerdem ist das Kohlenstoffdioxid oftmals nicht rein genug für die Speicherung.

[0004] Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, verbesserte Möglichkeiten zum zumindest teilweisen Verflüssigen eines Gasgemisches, aufweisend zumindest Kohlenstoffdioxid, anzugeben.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren sowie eine Anlage zum zumindest teilweisen Verflüssigen eines Gasgemisches mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0006] Die Erfindung beschäftigt sich mit dem zumindest teilweisen Verflüssigen eines Gasgemisches, das zumindest Kohlenstoffdioxid (CO_2) aufweist. Typische weitere Komponenten in einem Gasgemisch, das z.B. bei der eingangs schon genannten Gewinnung von Wasserstoff und/oder Kohlenstoffmonoxid erhalten wird, und zwar insbesondere als Abfallprodukt, sind Stickstoff (N_2), Wasserstoff (H_2), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Methan

(CH_4). Ein Anteil des Kohlenstoffdioxids in dem Gasgemisch liegt typischerweise zwischen 80 Vol.-% und 95 Vol.-%, ein Anteil des Stickstoffs in dem Gasgemisch liegt typischerweise zwischen 4 Vol.-% und 15 Vol.-%. Ein Beispiel für ein konkretes Gasgemisch, das lediglich als Beispiel zur näheren Erläuterung verstanden werden soll, ist z.B. Kohlenstoffdioxid (CO_2) mit 92,5 Vol.-%, Stickstoff (N_2) mit 7 Vol.-% und Wasserstoff (H_2), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Methan (CH_4) zusammen mit 0,5 Vol.-%. Außerdem können in dem Gasgemisch z.B. auch noch Spuren von H_2S , HCN und/oder MeOH enthalten sein.

[0007] Es hat sich gezeigt, dass ein anderer Prozess, nämlich das Verdampfen, insbesondere Wiederverdampfen, von flüssigem bzw. verflüssigtem Erdgas (LGN, "Liquid Natural Gas", das großteils Methan aufweist) Kälte freisetzt, die bisher ungenutzt bleibt. Ein solches Verdampfen von flüssigem Erdgas wird z.B. dann verwendet, wenn das Erdgas z.B. mittels Tankschiffen transportiert wird bzw. werden muss. Hierzu ist die (vorherige) Verflüssigung des Erdgases nötig, nach dem Transport muss es in aller Regel jedoch wieder verdampft werden, um weiterverwendet bzw. weitertransportiert werden zu können.

[0008] Die vorliegende Erfindung macht sich dies zunutze und schlägt vor, dass zum zumindest teilweisen Verflüssigen des erwähnten Gasgemisches, aufweisend zumindest Kohlenstoffdioxid, ein Wärmetauscher verwendet wird, der zugleich zum Verdampfen, insbesondere Wiederverdampfen, von flüssigem Erdgas verwendet wird. Die beim Verdampfen des flüssigen Erdgases entstehende Kälte wird also direkt im Wärmetauscher zum Abkühlen und dabei zum zumindest teilweise Verflüssigen des Kohlenstoffdioxids genutzt. Dabei sind insbesondere Vorgänge von Interesse, die im industriellen Maßstab erfolgen, also z.B. mit Volumenströmen des zumindest teilweise zu verflüssigenden Gasgemisches von mehr als 10, 50 oder 100 Tonnen Gasgemisch pro Stunde.

[0009] Das Gasgemisch kann hierzu am Ort der Entstehung, also z.B. dort, wo der Wasserstoff und/oder das Kohlenstoffmonoxid gewonnen werden, zunächst komprimiert werden, z.B. auf 10 bis 25 bara, und dann über eine geeignete Pipeline zum Ort des Wärmetauschers, also einer entsprechenden Anlage, transportiert werden. Es bietet sich z.B. an, diesen Wärmetauscher an einem Ort vorzusehen, an dem das flüssige Erdgas angeliefert und/oder gespeichert ist oder wird. Denkbar ist aber auch ein Ort dazwischen.

[0010] Trotz Löslichkeitseffekten verringert ein Anteil von z.B. 5 Vol.-% bis 15 Vol.-% Stickstoff im Gasgemisch die Verflüssigungstemperatur des Gasgemisches derart, dass es bis auf z.B. ca. -45°C bis -55°C heruntergekühlt werden kann, während immer noch genügend Abstand (Temperaturabstand) zur Verfestigung (Ausfrieren) von zumindest Komponenten oder Teilen des Gasgemisches vorhanden ist.

[0011] Vorzugsweise werden aus dem von dem Wär-

metauscher abgeführten, also zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisch, Verunreinigungen abgeschieden bzw. abgetrennt, und zwar insbesondere gasförmige Verunreinigungen. Das verbleibende, zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch wird dann zur weiteren Verwendung bereitgestellt. Dabei weist das verbleibende, zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch insbesondere einen höheren Anteil (bevorzugt gemessen in Vol.-%) an Kohlenstoffdioxid auf, als das (initiale) Gasgemisch. Dies beruht darauf, dass bei der partiellen Kondensation des (initialen) Gasgemisches diejenigen Komponenten, die eine höhere Flüchtigkeit gegenüber Kohlenstoffdioxid (CO₂) aufweisen (z.B. Stickstoff (N₂), Wasserstoff (H₂), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Methan (CH₄)) sich bevorzugt in der Gasphase anreichern. In einer sich anschließenden Phasenabscheidung bzw. -abtrennung - dies kann z.B. durch einen geeigneten Abscheider erfolgen, z.B. bei 7 bis 15 bara - werden die gasförmigen Bestandteile vom Gasgemisch getrennt.

[0012] Eine weitere Verstärkung dieses Trenneffekts lässt sich insbesondere durch Druckreduktion des Gasgemisches vor dem Abscheider erreichen. Eine solche Druckreduktion wird oftmals ohnehin benötigt, da das verflüssigte CO₂ typischerweise bei einem Druck von 6 bar bis 10 bar in Tanks gespeichert wird

[0013] Die abgetrennten Verunreinigungen liegen dann ebenfalls in Form eines Gasgemisches vor, das abgeführt werden kann. Dieses weist insbesondere Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid und Methan auf. Diese Komponenten (Verunreinigungen) werden im Abscheider in die Gasphase überführt und können damit vom verflüssigten Kohlenstoffdioxid getrennt werden. Es sei erwähnt, dass diese Verunreinigungen bzw. das entsprechende Gasgemisch auch (gasförmiges) Kohlenstoffdioxid enthalten bzw. umfassen können, sogar zu einem relativ großen Anteil von z.B. mehr als 50 Vol.-%. Verglichen zur absoluten Menge des verbleibenden, verflüssigten Kohlenstoffdioxids ist dies aber gering. Der Anteil an nichtkondensierbaren Komponenten im verflüssigten Gasgemisch liegt dabei insbesondere unterhalb von 4 Vol.-%. Der Anteil an Kohlenstoffmonoxid (CO) kann z.B. um etwa das Neunfache verringert werden. Bei dem vorstehend erwähnten konkreten Beispiel für das Gasgemisch weist das verbleibende zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch z.B. Anteile an Kohlenstoffdioxid (CO₂) von 99,3 Vol.-%, an Stickstoff (N₂) von 0,6 Vol.-% und an Wasserstoff (H₂), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Methan (CH₄) zusammen von 0,1 Vol.-% auf. Der Anteil an Kohlenstoffmonoxid (CO) am verbleibenden, zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisch beträgt dabei insbesondere weniger als 35 ppm.

[0014] Auf diese Weise kann also das schon zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch noch weiter von Unreinheiten (mit dem Kohlenstoffdioxid als eigentliche, gewünschte Komponente) befreit werden, bevor es einer weiteren Verwendung zugeführt wird.

[0015] Denkbar ist, dass das verbleibende, zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisch vor der weiteren Ver-

wendung zunächst gereinigt wird, also zusätzlich zu der Reinigung durch die Abscheidung. Während die Abscheidung bereits einen Reinheitsgrad von oftmals mehr als 99 Vol.-% Anteil von Kohlenstoffdioxid im verbleibenden, zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisch liefert, kann dieser Reinheitsgrad soweit erhöht werden, dass eine Verwendung z.B. der Einsatz in der Lebensmittelindustrie in Betracht kommt. Dies kann ggf. auch für nur einen Teil des verbleibenden, zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisches erfolgen.

[0016] Unabhängig davon ist eine besonders bevorzugte Verwendung des verbleibenden, zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisches (oder zumindest eines Teils davon), dass es einer geologischen Speicherung zugeführt wird. Damit wird die Gewinnung von "blauem" Wasserstoff möglich. Hierzu kann das (ggf. nochmals gereinigte) verbleibende, zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch zunächst in einem Speicher bzw. Speichertank zwischengespeichert werden, bevor es von dort dann z.B. mittels eines Tankschiffs oder über Pipelines dem Ort der geologischen Speicherung zugeführt bzw. an diesen Ort transportiert wird.

[0017] Die erwähnten Verunreinigungen (in Form eines Gasgemisches) können in obigem Beispiel Anteile an Kohlenstoffdioxid von 55 Vol.-%, an Stickstoff von 44 Vol.-% und an Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid und Methan zusammen von 1 Vol.-% umfassen. Unabhängig von der genauen Zusammensetzung kann aber auch dieses Gasgemisch zur weiteren Verwendung bereitgestellt werden. Hierbei werden die Verunreinigungen bzw. dieses Gasgemisch z.B. einer Reinigung, insbesondere durch Vergasung, und/oder einer Gasturbine (die z.B. mit einem Kompressor gekoppelt ist), die damit z.B. gekühlt oder vorgekühlt werden kann, zugeführt.

[0018] Zusätzlich oder alternativ ist es bevorzugt, wenn die Verunreinigungen zur weiteren Verwendung komprimiert und komprimiertem Erdgas (CNG, "Compressed Natural Gas") zugeführt werden, also in komprimiertes Erdgas injiziert werden. Dies ist je nach erlaubter Konzentration von Kohlenstoffmonoxid im komprimierten Erdgas möglich und erlaubt die Anpassung des sog. Wobbe-Index, also der kalorischen Eigenschaften.

[0019] Je nach Temperatur des (initialen) Gasgemisches und/oder des flüssigen Erdgases kann es zweckmäßig sein, wenn das flüssige Erdgas, bevor es dem Wärmetauscher zum Verdampfen zugeführt wird, zumindest teilweise erwärmt wird. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn andernfalls das Gasgemisch soweit abgekühlt würde, dass es dort zum Ausfrieren von Komponenten käme. Hierzu kann z.B. ein Zwischenkreis für das flüssige Erdgas vorgesehen werden, z.B. mit Verwendung eines gemischten Kühlmittelkreislaufs mit Kondensierung.

[0020] Zusätzlich oder alternativ ist es bevorzugt, wenn durch das Erwärmen zugleich ein weiteres Gas oder Gasgemisch, insbesondere Stickstoff, zumindest teilweise verflüssigt wird. Dies bietet sich insbesondere dann an, wenn z.B. gasförmiger Stickstoff oder anderes

Gas oder Gasgemisch verfügbar ist und/oder eine Verflüssigung ohnehin nötig ist. Damit kann die vorhandene Kälte noch effizienter genutzt werden. Während die Verflüssigung von Kohlenstoffdioxid nämlich typischerweise in einem Temperaturbereich zwischen 210 und 300 K erfolgt, kann der darunterliegende Temperaturbereich des flüssigen Erdgases (LNG) zwischen 130 K und 210 K exergetisch effizient für die Vorkühlung einer Verflüssigung von z.B. Stickstoff, Sauerstoff und/oder Argon genutzt werden.

[0021] Als Wärmetauscher kommt grundsätzlich jede Art von Wärmetauscher in Betracht, besonders bevorzugt ist es jedoch, wenn ein Spiralwärmetauscher verwendet wird. Dieser weist eine hohe spezifische Wärmeübertragung auf, erlaubt hohe Strömungsgeschwindigkeiten, was etwaiges Ausfrieren von Komponente vermeidet, und weist in aller Regel eine große Querschnittsfläche auf

[0022] Die Erfindung betrifft außerdem eine Anlage zum zumindest teilweisen Verflüssigen eines Gasgemisches, aufweisend zumindest Kohlenstoffdioxid. Die Anlage weist einen Wärmetauscher auf und ist dazu eingerichtet, das Gasgemisch zu erhalten und dem Wärmetauscher zum zumindest teilweisen Verflüssigen zuzuführen. Die Anlage ist weiterhin dazu eingerichtet, flüssiges Erdgas zu erhalten und dem Wärmetauscher zugleich zum Verdampfen, insbesondere Wiederverdampfen, zuzuführen. Insbesondere ist die Anlage zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet. Für weitere Details, mögliche Ausgestaltungen sowie Vorteile der Anlage sei auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen, die hier entsprechend gelten.

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert, welche eine Anlage gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0024] Kurze Beschreibung der Zeichnung

Figur 1 zeigt schematisch eine Anlage zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer bevorzugten Ausführungsform.

Figur 2 zeigt die Anlage aus Figur 1 mit mehr Details.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

[0025] In Figur 1 schematisch eine Anlage 100 zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer bevorzugten Ausführungsform dargestellt. Die Anlage 100 weist einen Wärmetauscher 120 auf, dem ein Gasgemisch c zum zumindest teilweisen Verflüssigen 122 zugeführt wird. Zudem wird dem Wärmetauscher 120 flüssiges Erdgas d zum Verdampfen 124 zugeführt. Das Verflüssigen 122 und das Verdampfen 124 sollen zugleich erfolgen.

[0026] Das Gasgemisch c wird hier insbesondere als ein Abfallprodukt aus einer Gewinnung oder Erzeugung 110 von Wasserstoff a und/oder Kohlenstoffmonoxid b

erhalten. Diese Gewinnung 110 kann z.B. einer entsprechenden Anlage durchgeführt werden, die getrennt von der Anlage 100 ist. Das dabei anfallende Gasgemisch c kann, wie schon erwähnt, z.B. einen Anteil an Kohlenstoffdioxid (CO_2) von 92,5 Vol.-%, an Stickstoff (N_2) von 7 Vol.-% und an Wasserstoff (H_2), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Methan (CH_4) zusammen von 0,5 Vol.-% aufweisen. Außerdem können in dem Gasgemisch dann z.B. noch Spuren von H_2S , HCN und/oder MeOH enthalten sein.

[0027] Das Gasgemisch c kann dann mittels eines Verdichters 122 zunächst auf z.B. zwischen 10 und 25 bara verdichtet, ggf. mittels eines (weiteren) Wärmetauschers 114 gekühlt oder vorgekühlt werden und dann mittels einer Pipeline 116 bis zur Anlage 100 und dort zum Wärmetauscher 120 transportiert werden. Je nach konkretem Ort der Gewinnung 110 des Wasserstoffs und der Anlage 100 kann dies eine Strecke von mehreren Kilometern bis mehrere 100 km sein.

[0028] Das flüssige Erdgas d wird z.B. aus einem Speichertank 140 entnommen und ggf. mittels einer Pumpe 142 zum Wärmetauscher 120 gefördert. In den Speichertank 140 wiederum kann das flüssige Erdgas d wiederum aus einem Tankschiff 160 gelangt sein. Zweckmäßig ist es, wenn der Wärmetauscher 120 und der Speichertank 140 an einem Ort bzw. nahe zusammen vorgesehen sind. Der Speichertank 140 kann insofern als Teil der Anlage 100 angesehen werden. Die Entnahme des flüssigen Erdgases d aus dem Tankschiff 160 erfolgt typischerweise in einem entsprechenden Terminal an einem Hafen.

[0029] Nach dem Verdampfen, d.h. nach Verlassen des Wärmetauschers 120, kann das - dann gasförmige - Erdgas e einer gewünschten Verwendung zugeführt werden.

[0030] Denkbar ist z.B., dass das Erdgas e mittels geeigneter Pipelines zu Verbrauchern wie Kraftwerken transportiert und/oder in anderen Gasspeichern gespeichert wird.

[0031] Das Gasgemisch c wird mittels des Wärmetauschers zumindest teilweise verflüssigt und dann - als dann zumindest teilweise verflüssigtes - Gasgemisch f, oder ein ggf. nach einer Abtrennung von Verunreinigungen verbleibendes, zumindest teilweise verflüssigtes Gasgemisch g wird in einem Speichertank 130 gespeichert bzw. zwischengespeichert. Von dort kann es z.B. in ein weiteres Tankschiff 150 verladen und zu einem passenden Ort zu geologischen Speicherung transportiert werden. Je nach Situation, kann das (verbleibende) zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch auch direkt in ein Tankschiff verladen, direkt mittels Pipelines abtransportiert, oder auch aus dem Speichertank 130 mittels Pipelines zur geologischen Speicherung oder zur anderweitigen Verwendung abtransportiert werden.

[0032] In Figur 2 ist die Anlage 100 aus Figur 1 mit mehr Details dargestellt, woran insbesondere auch ein erfindungsgemäßes Verfahren in einer bevorzugten Ausführungsform erläutert werden soll. Gleiche Kompo-

nenten und Gasgemische sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0033] Hierbei ist erneut der Wärmetauscher 120 zu sehen, dem einerseits das zumindest teilweise zu verflüssigende Gasgemisch c (aus der Pipeline 116) und andererseits das flüssige Erdgas d (aus dem Speichertank 140, hier ist die Pumpe nicht gezeigt) zugeführt werden. Bei dem Wärmetauscher 120 handelt es sich bevorzugt um einen Spiralwärmetauscher.

[0034] Das Gasgemisch c kann, wie erwähnt, z.B. einen Anteil an Kohlenstoffdioxid (CO_2) von 92,5 Vol.-%, an Stickstoff (N_2) von 7 Vol.-% und an Wasserstoff (H_2), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Methan (CH_4) zusammen von 0,5 Vol.-% aufweisen. Außerdem können in dem Gasgemisch dann z.B. noch Spuren von H_2S , HCN und/oder MeOH enthalten sein. Dabei kann das Gasgemisch c mit einem Volumenstrom von 100 t/h bei einem Druck von 18 bara und einer Temperatur von 30°C aus der Pipeline 116 ankommen.

[0035] Das flüssige Erdgas d wird im Wärmetauscher 120 verdampft und wird dann als gasförmiges Erdgas mit z.B. einem Volumenstrom von 65 t/h bei einem Druck von 49 bara und einer Temperatur von 5°C bereitgestellt. Mittels eines weiteren Wärmetauschers 146, z.B. eines Wasser-Glykol-Kreises, kann das gasförmige Erdgas e bei Bedarf noch erwärmt werden, z.B. auf 25°C , dann mit einem Volumenstrom von 52 t/h bei einem Druck von 48 bara.

[0036] Falls die Temperatur des flüssigen Erdgases d zu niedrig ist und z.B. Ausfrierungen von Komponenten im Gasgemisch c im Wärmetauscher 120 zu erwarten sind, kann das flüssige Erdgas d zumindest teilweise erwärmt werden. Hierzu kann ein Teil des flüssigen Erdgases d z.B. abgezweigt und über einen sog. "Open Rack Vaporizer", ORV, 144, der mit Meerwasser k versorgt bzw. betrieben wird, geführt werden.

[0037] Das von dem Wärmetauscher 120 abgeführte, zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch f wird ggf. über einen (optionalen) Unterkühler 128 geführt und dann einem Abscheider 126 zugeführt. Das zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch f hat hier, d.h. vor dem Abscheider 126, z.B. noch einen Druck von 17 bara bei einer Temperatur von -50°C . Im Abscheider 126 werden dann, bei z.B. 7 bis 15 bara, aus dem Gasgemisch f Verunreinigungen abgeschieden, indem gasförmige Bestandteile vom Gasgemisch f getrennt werden.

[0038] In dem dann noch verbleibenden, zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisch g verbleiben dann z.B. noch Anteile an Kohlenstoffdioxid (CO_2) von 99,3 Vol.-%, an Stickstoff (N_2) von 0,6 Vol.-% und an Wasserstoff (H_2), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Methan (CH_4) zusammen von 0,1 Vol.-%. Der Anteil an Kohlenstoffmonoxid (CO) am verbleibenden, zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisch f ist dabei insbesondere weniger als 35 ppm. Dieses verbleibende, zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch fliegt dann z.B. mit einem Volumenstrom von 87 t/h bei einem Druck von 9 bara und einer Temperatur von -58°C vor. Es kann dann dem

Speichertank 130 zugeführt werden.

[0039] Die Verunreinigungen h - ein (gasförmiges) Gasgemisch - umfassen dann z.B. noch an Kohlenstoffdioxid von 55 Vol.-%, an Stickstoff von 44 Vol.-% und an Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid und Methan zusammen von 1 Vol.-%. Dieses Gasgemisch h kann über den Unterkühler, sofern vorhanden, geführt werden und liegt dann z.B. mit einem Volumenstrom von 13 t/h bei einem Druck von 8 bara und einer Temperatur von -58°C vor. Es kann dann z.B. zum Kühlen der Vorkühler einer Gasturbine eines Kompressors 170 verwendet werden.

[0040] Auf diese Weise kann also besonders effizient sog. "blauer" Wasserstoff hergestellt werden. Es sei erwähnt, dass die vorgeschlagene, effiziente Ausnutzung von Energie, die beim Verdampfen von flüssigem Erdgas anfällt, auch zum Abkühlen bzw. zumindest teilweise Verflüssigen von anderweitig anfallendem Gasgemisch mit zumindest Kohlenstoffdioxid verwendet werden kann. Es sei auch nochmals explizit erwähnt, dass die im Rahmen des konkreten Beispiels verwendeten Anteile, Drücke, Temperaturen und Volumenströme nur der Erläuterung dienen und in der Praxis auch abweichen können. Ebenso können je nach Art und Größe und weiterer Verwendung der Gasgemische auch andere Werte auftreten. Hierzu sei auch darauf hingewiesen, dass zur geologischen Speicherung von Kohlenstoffdioxid zwar typischerweise ein Anteil des Kohlenstoffdioxids im Gasgemisch von zumindest 95 Vol.-% gefordert wird, die Anteile anderer Komponenten aber auch unterschiedlich zugelassen werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum zumindest teilweisen Verflüssigen (122) eines Gasgemisches (c), aufweisend zumindest Kohlenstoffdioxid, unter Verwendung eines Wärmetauschers (120), wobei das Gasgemisch dem Wärmetauscher (120) zugeführt wird, wobei von dem Wärmetauscher (120) zumindest teilweise verflüssigtes Gasgemisch (f) abgeführt wird, und wobei der Wärmetauscher (120) zugleich zum Verdampfen (124), insbesondere Wiederverdampfen, von flüssigem Erdgas (d) verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei aus dem von dem Wärmetauscher abgeführten, zumindest teilweise verflüssigten Gasgemisch (f), insbesondere unter Verwendung eines Abscheiders (126), Verunreinigungen (h), insbesondere gasförmige Verunreinigungen, abgeschieden werden, und wobei das verbleibende zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch (g), zur weiteren Verwendung bereitgestellt wird, wobei das verbleibende zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch (g), wobei das verbleibende zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch (g) zur weiteren Verwendung einer geologischen Speicherung zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das verbleibende zumindest teilweise verflüssigte Gasgemisch (g) vor der weiteren Verwendung zunächst gereinigt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei die durch das Abscheiden erhaltenen Verunreinigungen (h) zur weiteren Verwendung bereitgestellt werden 5
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Verunreinigungen (h) zur weiteren Verwendung einer Reinigung, insbesondere durch Vergasung, und/oder einer Gasturbine zugeführt werden. 10
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Verunreinigungen (h) zur weiteren Verwendung komprimiert und komprimiertem Erdgas zugeführt werden. 15
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Gasgemisch (c) als Abfallprodukt einer vorhergehenden Gewinnung (110) von Wasserstoff (a) und/oder Kohlenstoffmonoxid (b) erhalten wird, vorzugsweise der Herstellung mittels Vergasen und/oder Dampfreformierung. 20
25
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Gasgemisch (c), vor dem zumindest teilweisen Verflüssigen, weiterhin wenigstens einen der folgenden Stoffe aufweist: Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid, Methan. 30
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Anteil des Kohlenstoffdioxids in dem Gasgemisch, vor dem zumindest teilweisen Verflüssigen, zwischen 80 Vol.-% und 95 Vol.-% liegt, und/oder wobei der Anteil von Stickstoff in dem Gasgemisch, vor dem zumindest teilweisen Verflüssigen, zwischen 4 Vol.-% und 15 Vol.-% liegt. 35
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das flüssige Erdgas (d), bevor es dem Wärmetauscher (120) zum Verdampfen zugeführt wird, zumindest teilweise erwärmt wird. 40
11. Verfahren nach Anspruch 11, wobei durch das Erwärmen zugleich ein weiteres Gas oder Gasgemisch, insbesondere Stickstoff, zumindest teilweise verflüssigt wird. 45
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei als Wärmetauscher (120) ein Spiralwärmetauscher verwendet wird. 50
13. Anlage (100) zum zumindest teilweisen Verflüssigen eines Gasgemisches (c), aufweisend zumindest Kohlenstoffdioxid, wobei die Anlage (100) einen Wärmetauscher (120) aufweist und dazu eingerichtet ist, das Gasgemisch (c) zu erhalten und dem Wärmetauscher (120) zum zumindest teilweisen Verflüssigen zuzuführen, und wobei die Anlage (100) weiterhin dazu eingerichtet ist, flüssiges Erdgas (d) zu erhalten und dem Wärmetauscher (120) zugleich zum Verdampfen, insbesondere Wiederverdampfen, zuzuführen. 55
14. Anlage (100) nach Anspruch 13, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Anspruch 1 bis 12 eingerichtet ist.

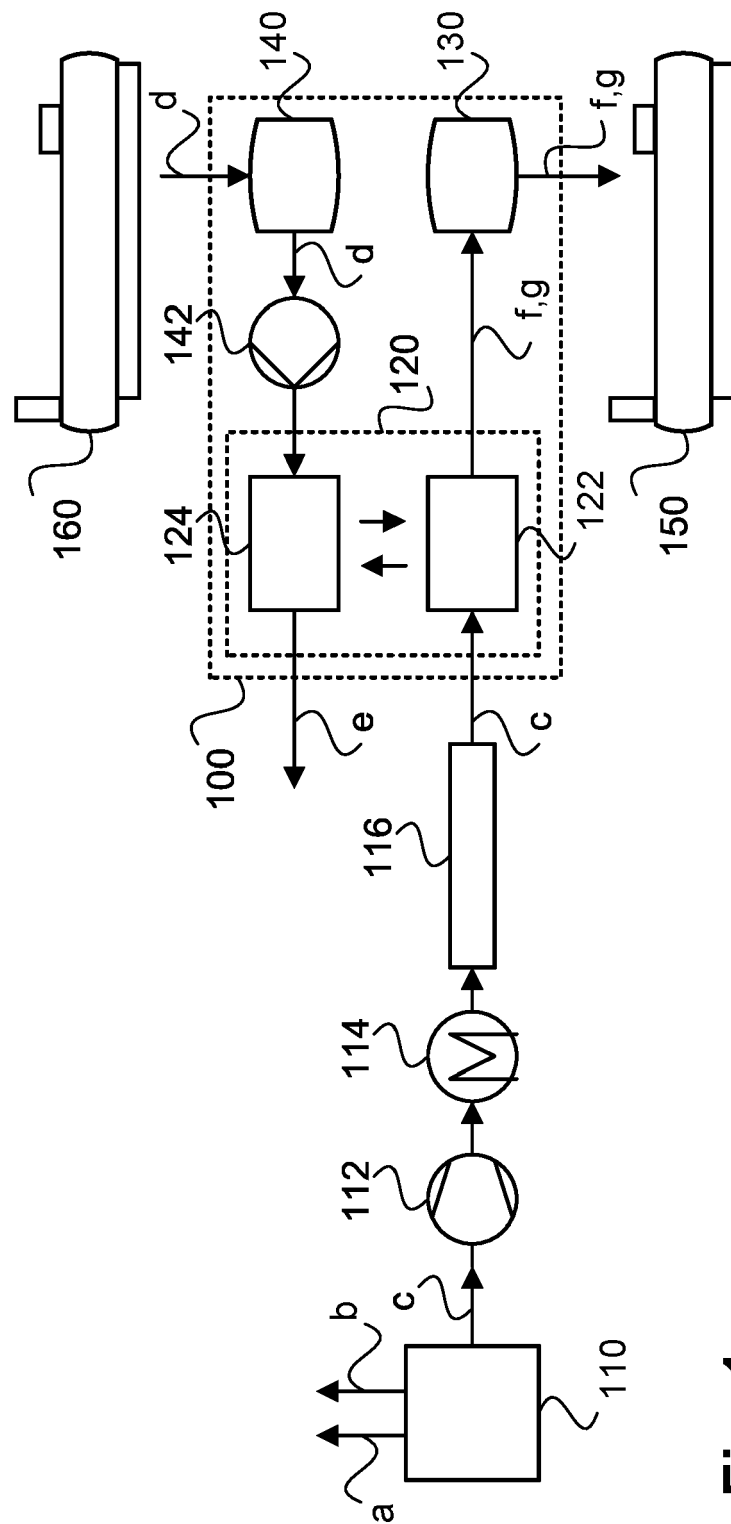


Fig. 1

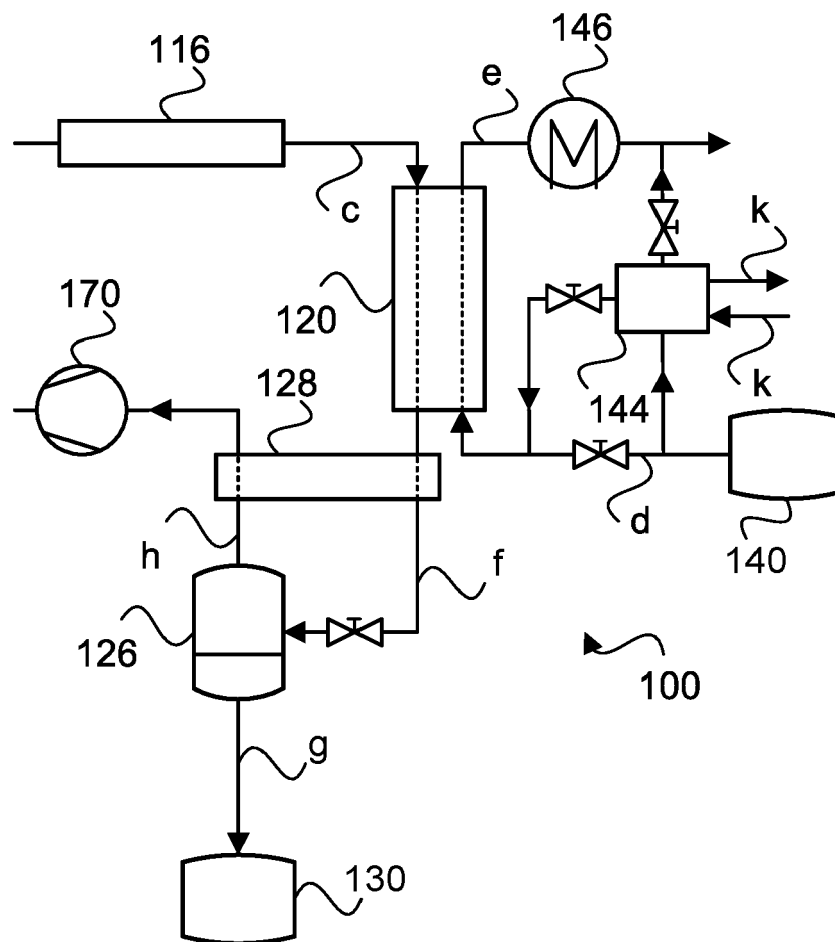


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 02 0097

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2007/148984 A2 (AKER KVAERNER ENGINEERING & TE [NO]; EIE ROLF [NO] ET AL.) 27. Dezember 2007 (2007-12-27) * Seiten 6,7; Abbildung 1 *	1-6, 9, 10, 12-14	INV. F25J1/00
X	LEE DONGJUN ET AL: "Integrating hydrogen liquefaction with steam methane reforming and CO2 liquefaction processes using techno-economic perspectives", ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, OXFORD, GB, Bd. 245, 16. August 2021 (2021-08-16), XP086763961, ISSN: 0196-8904, DOI: 10.1016/J.ENCONMAN.2021.114620 [gefunden am 2021-08-16] * Abbildung 7 *	1, 3, 6-9, 12, 13	
X	ASPELUND A ET AL: "A liquefied energy chain for transport and utilization of natural gas for power production with CO ₂ capture and storage - Part 1", APPLIED ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, GB, Bd. 86, Nr. 6, 1. Juni 2009 (2009-06-01), Seiten 781-792, XP025962954, ISSN: 0306-2619, DOI: 10.1016/J.APENERGY.2008.10.010 [gefunden am 2008-11-25] * Abbildung 8 *	1, 3, 6, 9-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. August 2022	Prüfer Schopfer, Georg
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 22 02 0097

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

26-08-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007148984 A2	27-12-2007	AT 445805 T	15-10-2009
		CA 2656497 A1	27-12-2007
		CN 101466976 A	24-06-2009
		EP 2035740 A2	18-03-2009
		ES 2334853 T3	16-03-2010
		JP 2009541522 A	26-11-2009
		KR 20090033363 A	02-04-2009
		NO 328260 B1	18-01-2010
		PL 2035740 T3	31-03-2010
		PT 2035740 E	17-12-2009
		US 2009277189 A1	12-11-2009
		WO 2007148984 A2	27-12-2007

EPO FORM P0461

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