

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
1. September 2016 (01.09.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/134815 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F25J 1/00 (2006.01) F25J 3/02 (2006.01)
F25J 1/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/000129

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Januar 2016 (26.01.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 002 443.4
26. Februar 2015 (26.02.2015) DE

(71) Anmelder: LINDE AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Klosterhofstr. 1, 80331 München (DE).

(72) Erfinder: GWINNER, Martin; Bachstr. 9a, 82398
Polling (DE). BURMBERGER, Stephan; Alpstützring
72, 82061 Neuried (DE). GOLLWITZER, Claudia;
Rosenheimer Str. 117, 81667 München (DE).

(74) Anwalt: ZAHN, Christoph; c/o Linde AG, Technology &
Innovation Corporate Intellectual Property, Dr.-Carl-von-
Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD OF LIQUEFYING NATURAL GAS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR VERFLÜSSIGEN VON ERDGAS

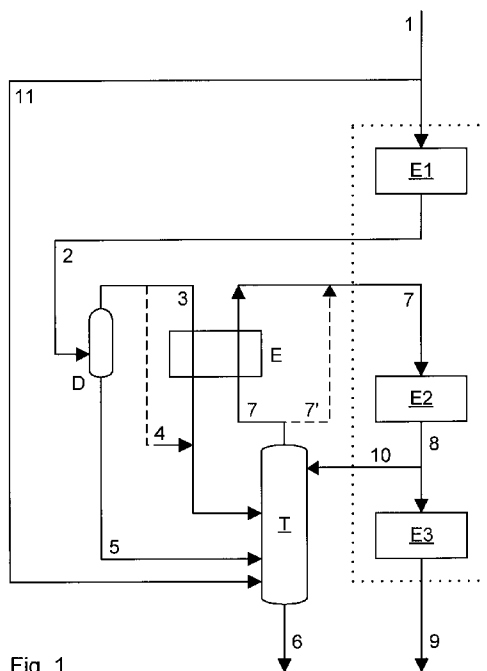


Fig. 1

(57) Abstract: A method of liquefying a hydrocarbon-rich fraction, especially natural gas, is described, wherein the hydrocarbon-rich fraction (1) is cooled and liquefied in indirect heat exchange against the coolant in at least one cooling circuit, the cooling and liquefaction of the hydrocarbon-rich fraction (1) is effected in a coiled heat exchanger (E1, E2, E3), and the hydrocarbon-rich fraction (1) to be liquefied, prior to liquefaction, is sent to a removal unit (T) which serves to remove heavy hydrocarbons. According to the invention, the hydrocarbon-rich fraction (1) to be liquefied is pre-cooled in the coiled heat exchanger (E1) to a temperature between -20 and -70°C and at least a substream of the pre-cooled hydrocarbon-rich fraction (3), before this fraction is fed into the removal unit (T), is cooled in at least one separate heat exchanger (E) to such an extent that the hydrocarbon-rich fraction (4) supplied to the removal unit (T) has a temperature which is not more than 10°C and preferably not more than 5°C below or above the dewpoint temperature.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion, insbesondere Erdgas, beschrieben wobei die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (1) im indirekten Wärmetausch gegen das Kältemittel wenigstens eines Kältekreislaufs abgekühlt und verflüssigt wird, die Abkühlung und Verflüssigung der Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion (1) in einem gewickelten Wärmetauscher (E1, E2, E3) erfolgt, und die zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (1) vor ihrer Verflüssigung einer Abtrenneinheit (T), die der Entfernung von

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



schweren Kohlenwasserstoffen dient, zugeführt wird. Erfindungsgemäß wird die zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (1) in dem gewickelten Wärmetauscher (E1) auf eine Temperatur zwischen -20 und -70 °C vorgekühlt und zumindest ein Teilstrom der vorgekühlten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion (3) vor der Zuführung dieser Fraktion in die Abtrenneinheit (T) in wenigstens einem separaten Wärmetauscher (E) soweit abgekühlt, dass die der Abtrenneinheit (T) zugeführte Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (4) eine Temperatur aufweist, die maximal 10 °C, vorzugsweise maximal 5 °C unter oder über der Taupunkttemperatur liegt.

BeschreibungVerfahren zum Verflüssigen von Erdgas

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion, insbesondere Erdgas, wobei

- 5 - die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion im in direkten Wärmetausch gegen das Kältemittel wenigstens eines Kältekreislaufs abgekühlt und verflüssigt wird,
- die Abkühlung und Verflüssigung der Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion in einem gewickelten Wärmetauscher erfolgt, und
- die zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion vor ihrer
- 10 Verflüssigung einer Abtrenneinheit, die der Entfernung von schweren Kohlenwasserstoffen dient, zugeführt wird.

Unter dem Begriff "schwere Kohlenwasserstoffe" seien hierbei C_{2+} -Kohlenwasserstoffe zu verstehen. Diese Kohlenwasserstoffe sind aus den nachfolgend genannten

- 15 Gründen aus der Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion abzutrennen:
 - C_{6+} -Kohlenwasserstoffe, da sie bei der Abkühlung, Verflüssigung und Unterkühlung gefrieren können; dies betrifft in Abhängigkeit der Konzentration generell alle C_{6+} -Kohlenwasserstoffe, insbesondere betrifft dies $n-C_6$ -Kohlenwasserstoffe bei einer Konzentration ab 50 ppm, $n-C_7$ -Kohlenwasserstoffe bei einer Konzentration ab 20 ppm
 - 20 sowie $n-C_8$ -Kohlenwasserstoffe und C_{8+} -Kohlenwasserstoffe ab einer Konzentration von 0 ppm
 - weitere gefriergefährdete Kohlenwasserstoffe, wie z.B. BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole), da sie bei der Abkühlung, Verflüssigung und Unterkühlung gefrieren können; insbesondere betrifft dies Benzol bei einer Konzentration ab 0 ppm
 - 25 - alle Kohlenwasserstoffe, die zur Erreichung einer vorgegebenen LNG-Produktspezifikation (Konzentrationslimit, Produktheizwert oder Wobbeindex) abgetrennt werden müssen.; vorzugsweise betrifft dies eine Produktspezifikation für C_2 -Kohlenwasserstoffe (z.B. < 6 mol-%) oder C_{5+} -Kohlenwasserstoffe (z.B. < 0.15 mol-%).

30

Gattungsgemäße Verfahren zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion, insbesondere von Erdgas, sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt. Der zu verflüssigende Erdgasstrom weist im Regelfall einen Druck zwischen

20 und 100 bar auf. Seine Abkühlung und Verflüssigung erfolgt in einem sog. gewickelten Wärmetauscher, wobei der zu verflüssigende Gasstrom zunächst im Vorkühler-Bündel des gewickelten Wärmetauschers abgekühlt wird. Nach Abzug aus dem gewickelten Wärmetauscher wird der vorgekühlte Erdgasstrom einer der

5 Entfernung von schweren Kohlenwasserstoffen dienenden Abtrenneinheit zugeführt. Sofern erforderlich, erfolgt eine Entspannung des vorgekühlten Erdgasstromes auf den Betriebsdruck dieser Abtrenneinheit, bei der es sich im Regelfall um eine Abtrenn-, vorzugsweise eine Waschkolonne handelt. Aus Gründen der Energieoptimierung wird der vorgekühlte Erdgasstrom der Abtrennkolonne vorzugsweise bei einer Temperatur

10 zugeführt, die nahe an der Taupunkttemperatur des Erdgasstroms liegt. Üblicherweise wird der vorgekühlte Erdgasstrom der Abtrennkolonne in deren mittleren Bereich zugeführt.

Die Abtrennung der vorgenannten schweren Kohlenwasserstoffe ist zwingend

15 erforderlich, da diese im nachfolgenden Verflüssigungsteil ausfrieren können bzw. aufgrund der vorgegebenen LNG-Produktspezifikation nicht zulässig sind. Üblicherweise wird der Abtrennkolonne am Kopf ein Rücklaufstrom zugeführt, bei dem es sich vorzugsweise um einen Teilstrom des verflüssigten Erdgases handelt. Um den Anteil von leichten Kohlenwasserstoffen im Sumpfprodukt der Abtrennkolonne zu

20 reduzieren, kann der Abtrennkolonne als Strippgas ein Teilstrom des abzukühlenden Erdgasstromes im Sumpf zugeführt werden. Das vorerwähnte Sumpfprodukt der Abtrennkolonne weist die abzutrennenden schweren Kohlenwasserstoffe auf.

Im Falle sog. magerer Kohlenwasserstoff-reicher Fraktionen weist diese

25 Verfahrensführung eine Vielzahl von Nachteilen auf. Unter dem Begriff "magere Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion" sei eine Fraktion zu verstehen, die wenige langkettige Kohlenwasserstoffe aufweist und bei der deshalb die Anwendung der vorbeschriebenen Verfahrensführung mit Nachteilen, wie bspw. einem Mehraufwand an Energie verbunden ist. Insbesondere betrifft diese Gaszusammensetzungen, die

30 weniger als 2,5 % Ethan oder weniger als 0,5 % Propan aufweisen.

Weist die magere Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion beispielsweise lediglich 2 ppm n-C₈-Kohlenwasserstoffe, 7 ppm n-C₇-Kohlenwasserstoffe und 14 ppm n-C₆-Kohlenwasserstoffe auf, muss die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion je nach Druck auf

35 eine Temperatur von bspw. -80 °C – dies entspricht in etwa der Taupunkttemperatur

eines derartigen mageren Gases – abgekühlt werden, bevor sie der Abtrennkolonne zugeführt werden kann. Bei höheren Temperaturen wäre die Abtrennung der n-C₈-Kohlenwasserstoffe, die in den nachfolgenden Prozessschritten ausfrieren würden, energetisch ungünstig.

5

Die vorbeschriebene Verfahrensführung konfrontiert den Fachmann mit einer Vielzahl von Problemen. Das Abkühlen der aufzutrennenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion von Umgebungstemperatur auf eine Temperatur von beispielsweise -80 °C in einem einzigen Wärmetauscherbündel gegen lediglich ein Kältemittel(gemisch) ist nicht energieeffizient. Die Wärmetauscherfläche sowie der Durchmesser des Vorkühl-Bündels sind zudem nicht unerheblich. In Abhängigkeit von der Kapazität des Verflüssigungsprozesses können zudem die konstruktiven Begrenzungen für Aluminium – gewickelte Wärmetauscher werden üblicherweise aus Aluminium hergestellt – erreicht werden. Es stellt eine große Herausforderung dar, die Austrittstemperatur aus dem Vorkühl-Bündel zu kontrollieren oder anzupassen – insbesondere bei vergleichsweise stark variierenden Zusammensetzungen der zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion. Wie erwähnt, erfordert ein mageres Gasgemisch beispielsweise eine Austrittstemperatur von ca. -80 °C, während hingegen ein schweres Gasgemisch lediglich eine Temperatur von bspw. -30 °C erfordert.

10

15

20

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion anzugeben, das die vorgenannten Nachteile vermeidet.

25

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein gattungsgemäßes Verfahren zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion vorgeschlagen, das dadurch gekennzeichnet ist, dass

- die zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion in dem gewickelten Wärmetauscher auf eine Temperatur zwischen -20 und -70 °C vorgekühlt wird, und
- zumindest ein Teilstrom der vorgekühlten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion vor der Zuführung dieser Fraktion in die Abtrenneinheit in wenigstens einem separaten Wärmetauscher soweit abgekühlt wird, dass die der Abtrenneinheit zugeführte Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion eine Temperatur aufweist, die

30

35

maximal 10 °C, vorzugsweise maximal 5 °C unter oder über der Taupunkttemperatur liegt.

- Erfindungsgemäß erfolgt nunmehr die Abkühlung der zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion vor ihrer Zuführung in die Abtrenneinheit auf die gewünschte Temperatur nicht in einem einzigen Verfahrensschritt bzw. nicht ausschließlich in dem gewickelten Wärmetauscher, sondern es wird ein separater Wärmetauscher vorgesehen, der der weiteren Vorkühlung dieser Fraktion vor ihrer Zuführung in die Abtrenneinheit dient. Während die zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion in dem gewickelten Wärmetauscher auf eine Temperatur zwischen -20 und -70 °C vorgekühlt wird – dies entspricht dem energetischen Optimum –, wird sie in dem separaten Wärmetauscher anschließend soweit abgekühlt, dass sie am Eintritt in die Abtrenneinheit eine Temperatur aufweist, die maximal 10 °C, vorzugsweise maximal 5 °C unter oder über ihrer Taupunkttemperatur liegt.

- Bei diesem separaten Wärmetauscher handelt es sich vorzugsweise um einen Wärmetauscher vom Typ Zweistromtauscher oder Gegenströmer, insbesondere vom Typ PFHE. Bei einem Wärmetauscher vom Typ PFHE ist die auf die mittlere Temperaturdifferenz bezogene Wärmeleistung bspw. um den Faktor 20 geringer als die des Vorkühler-Bündels, woraus eine kompakte Bauform resultiert.

- Die erfindungsgemäße Verfahrensweise ermöglicht es, die Temperatur, die bei der Vorkühlung im gewickelten Wärmetauscher erreicht wird, dem energetischen Optimum anzunähern bzw. anzupassen, unabhängig von der Zusammensetzung der zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion und der daraus resultierenden erforderlichen Eintrittstemperatur an der Abtrennkolonne für schwere Kohlenwasserstoffe.

- Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es zudem, mit einem vergleichsweise geringen verfahrenstechnischen Aufwand die Eintrittstemperatur an der Abtrennkolonne auch bei in ihren Zusammensetzungen stark schwankenden Einsatzfraktionen bzw. Erdgasen anzupassen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion erfolgt die Abkühlung der im gewickelten Wärmetauscher vorgekühlten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion in dem separaten Wärmetauscher gegen zumindest einen Teilstrom der aus der

5 Abtrenneinheit abgezogenen, von schweren Kohlenwasserstoffen befreiten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion, die anschließend der weiteren Abkühlung und Verflüssigung unterworfen wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen

10 Fraktion sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen desselben seien nachfolgend anhand des in der **Figur 1** dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Über Leitung 1 wird eine zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion dem Vorkühl-Bündel E1 eines gewickelten Wärmetauschers zugeführt. Dieser gewickelte

15 Wärmetauscher – dargestellt durch die gepunktet gezeichnete Black-Box – umfasst das vorgenannte Vorkühl-Bündel E1, ein Verflüssigungs-Bündel E2 und ein Unterkühlungs-Bündel E3.

Die entsprechend ihrem Druck auf eine Temperatur zwischen -20 und -70 °C

20 vorgekühlte Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 2 wird aus dem gewickelten Wärmetauscher abgezogen und einem Abscheider D zugeführt. Dieser Abscheider D dient dem Schutz des nachgeschalteten separaten, außerhalb des gewickelten Wärmetauschers angeordneten Wärmetauschers E, da die dem Behälter D zugeführte vorgekühlte Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 2 unter Umständen bereits

25 Flüssigkeitsanteile enthält, die im Abscheider D abgetrennt werden. Dies kann bspw. dann der Fall sein, wenn die Taupunkttemperatur einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion zwischen 0 und -10 °C beträgt. Bei dieser Temperatur fallen je nach Zusammensetzung bereits geringe Mengen an ersten flüssigen Kohlenwasserstoffen an, eine nennenswerte Kondensation größerer Mengen erfolgt aber erst ab einem

30 geringerem Temperaturniveau, so dass eine Einspeisung bei bspw. -30 °C einem energetischen Optimum entspricht.

Die vorgekühlte Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion wird über die Leitung 3 aus dem Abscheider D abgezogen und in dem separaten Wärmetauscher E auf die für die

35 Zuführung in die Abtrennkolonne T erforderliche Eintrittstemperatur abgekühlt. Diese

Eintrittstemperatur liegt erfindungsgemäß maximal 10 °C, vorzugsweise 5 °C unter oder über der Taupunkttemperatur dieser Fraktion.

Die aus dem Sumpf des Abscheiders D abgezogene Fraktion 5 kann der
5 Abtrennkolonne T im unteren Bereich zugeführt werden. Aus dem Sumpf der Abtrennkolonne T wird über Leitung 6 eine an schweren Kohlenwasserstoffen angereicherte Flüssigfraktion abgezogen; sie kann nach einer Aufbereitung als zusätzliches Produkt abgegeben oder zur Energieerzeugung verwendet werden. Die Zusammensetzung dieser Fraktion 6 kann über die Zugabe eines Strippgases am
10 Sumpf der Kolonne angepasst bzw. kontrolliert werden. Als Strippgas eignet sich bspw. ein Teilstrom 11 der abzukühlenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion 1.

Am Kopf der Abtrennkolonne T wird eine von schweren Kohlenwasserstoffen befreite Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 7 abgezogen und im separaten Wärmetauscher E
15 gegen die vorzukühlende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 3 angewärmt. Hierbei kann ein Teilstrom 7' der von schweren Kohlenwasserstoffen befreiten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion am Wärmetauscher E vorbeigeführt werden, woraus eine weitere Regelungsmöglichkeit für den Wärmetauscher E resultiert. Anschließend wird die Fraktion 7 – ggf. nach Zumischung des Teilstromes 7' – erneut
20 dem gewickelten Wärmetauscher bzw. dessen Verflüssigungs-Bündel E2 zugeführt und verflüssigt.

Ein Teilstrom der verflüssigten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion 8 kann über Leitung 10 der Abtrennkolonne T als Rücklauf zugeführt werden. Die Zuführung dieses
25 Teilstromes 10 ist dann zwingend vorzusehen, wenn die im Kopfbereich der Abtrennkolonne T verdampfende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 10 für die Kältebereitstellung in dem separaten Wärmetauscher E erforderlich ist. Über die Anzahl der Kolonnenböden in der Kolonne T und/oder die Menge des Rücklaufstromes 10 lässt sich die Zusammensetzung des Kopfproduktstromes 7 in weiten Bereichen
30 anpassen (bspw. 0 ppm C₆₊-Kohlenwasserstoffe).

Im Unterkühlungs-Bündel E3 des gewickelten Wärmetauschers wird die verflüssigte Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion 8 unterkühlt und über Leitung 9 ihrer weiteren Verwendung bzw. einer Zwischenspeicherung, die der Übersichtlichkeit halber in der
35 Figur nicht dargestellt sind, zugeführt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion weist gegenüber dem bekannten Stand der Technik eine Vielzahl von Vorteilen auf.

5

Sowohl die Vorkühl- als auch die Verflüssigungs-Einheit des gewickelten Wärmetauschers können bei den Parametern, wie Druck, Temperatur, etc., betrieben werden, die eine bestmögliche Effizienz gewährleisten.

- 10 Im Vergleich zu einer zum Stand der Technik zählenden Verfahrensweise, bei der eine vorzukühlende, magere Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion das Vorkühl-Bündel des gewickelten Wärmetauschers mit einer Temperatur von bspw. -80 °C verlässt, weist das erfindungsgemäße Verfahren einen um ca. 5 % geringeren Energieverbrauch auf. Zudem kann die Wärmetauscherfläche des Vorkühl-Bündels um ca. 1/3 reduziert
15 werden. Umgekehrt kann bei gegebener Antriebsleistung die Verflüssigungsleistung dementsprechend erhöht werden.

- Aufgrund der erfindungsgemäßen Verfahrensweise kann die Abtrenneinheit bzw. Abtrennkolonne nunmehr auch für die Abtrennung kleinerer Mengen an schweren
20 Kohlenwasserstoffen verwendet werden.

- Des Weiteren eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere für Kohlenwasserstoff-reiche Fraktionen, deren Zusammensetzung variiert, da mit der Variation der Eintrittstemperatur ein weiterer Freiheitsgrad gegeben ist. Um diese
25 Anpassung der Temperatur an die Zusammensetzung in der Praxis mit einem vergleichsweise geringen Aufwand realisieren zu können, kann bspw. eine den separaten Wärmetauscher E umgehende Bypass-Leitung 4 vorgesehen werden, über die ggf. ein Teilstrom der Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion 3 an dem Wärmetauscher E vorbeigeführt wird. Die hierfür erforderlichen, in den Leitungen 3 und
30 4 vorzusehenden Regelventile sind der Übersichtlichkeit halber in der Figur nicht dargestellt.

- Sofern die Konzentration an schweren Kohlenwasserstoffen in der zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion bei veränderter Gaszusammensetzung
35 ausreichend groß ist, kann der separate Wärmetauscher E unter Umständen

zumindest zeitweilig zur Gänze umgangen werden, da die im Vorkühl-Bündel E1 erreichte Temperatur von -20 bis -70 °C ausreichend niedrig ist. In diesem Falle würde die aus dem Abscheider D abgezogene Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion zumindest zeitweilig über die gestrichelt gezeichnete Leitung 4 direkt der Abtrennkolonne T

5 zugeführt werden. Dies ermöglicht es, die erfindungsgemäße Verfahrensweise bzw. den Anlagenbetrieb an veränderte Zusammensetzungen der zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion 1 anzupassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verflüssigen einer Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion,
insbesondere Erdgas, wobei
 - die Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (1) im indirekten Wärmetausch gegen
das Kältemittel wenigstens eines Kältekreislaufs abgekühlt und verflüssigt wird,
 - die Abkühlung und Verflüssigung der Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion (1) in
einem gewickelten Wärmetauscher (E1, E2, E3) erfolgt, und
 - die zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (1) vor ihrer
Verflüssigung einer Abtrenneinheit (T), die der Entfernung von schweren
Kohlenwasserstoffen dient, zugeführt wird,**dadurch gekennzeichnet, dass**
 - die zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (1) in dem gewickelten
Wärmetauscher (E1) auf eine Temperatur zwischen -20 und -70 °C vorgekühlt
wird, und
 - zumindest ein Teilstrom der vorgekühlten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion
(3) vor der Zuführung dieser Fraktion in die Abtrenneinheit (T) in wenigstens
einem separaten Wärmetauscher (E) soweit abgekühlt wird, dass die der
Abtrenneinheit (T) zugeführte Kohlenwasserstoff-reiche Fraktion (4) eine
Temperatur aufweist, die maximal 10 °C, vorzugsweise maximal 5 °C unter
oder über der Taupunkttemperatur liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühlung der
vorgekühlten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion (2, 3) in dem separaten
Wärmetauscher (E) gegen zumindest einen Teilstrom der aus der Abtrenneinheit
(T) abgezogenen, von schweren Kohlenwasserstoffen befreiten
Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion (7) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als separater
Wärmetauscher (E) ein Wärmetauscher vom Typ Zweistromtauscher oder
Gegenströmer, insbesondere vom Typ PFHE verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abtrenneinheit (T) ein Teilstrom der zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion (1) als Strippgas (11) und/oder ein Teilstrom der verflüssigten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion (8) als Rücklauf (10) zugeführt werden.

5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Zusammensetzung der zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion (1) variiert, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teilstrom (4) der vorgekühlten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion nicht dem separaten Wärmetauscher (E) zugeführt, sondern mit dem in dem separaten Wärmetauscher (E) abgekühlten Teilstrom (3) der vorgekühlten Kohlenwasserstoff-reichen Fraktion zusammengeführt wird, wobei die Teilstrommengen (3, 4) derart geregelt werden, dass die zusammengeführte Fraktion eine Temperatur aufweist, die maximal 10 °C, vorzugsweise maximal 5 °C unter oder über der Taupunkttemperatur liegt.

10

15

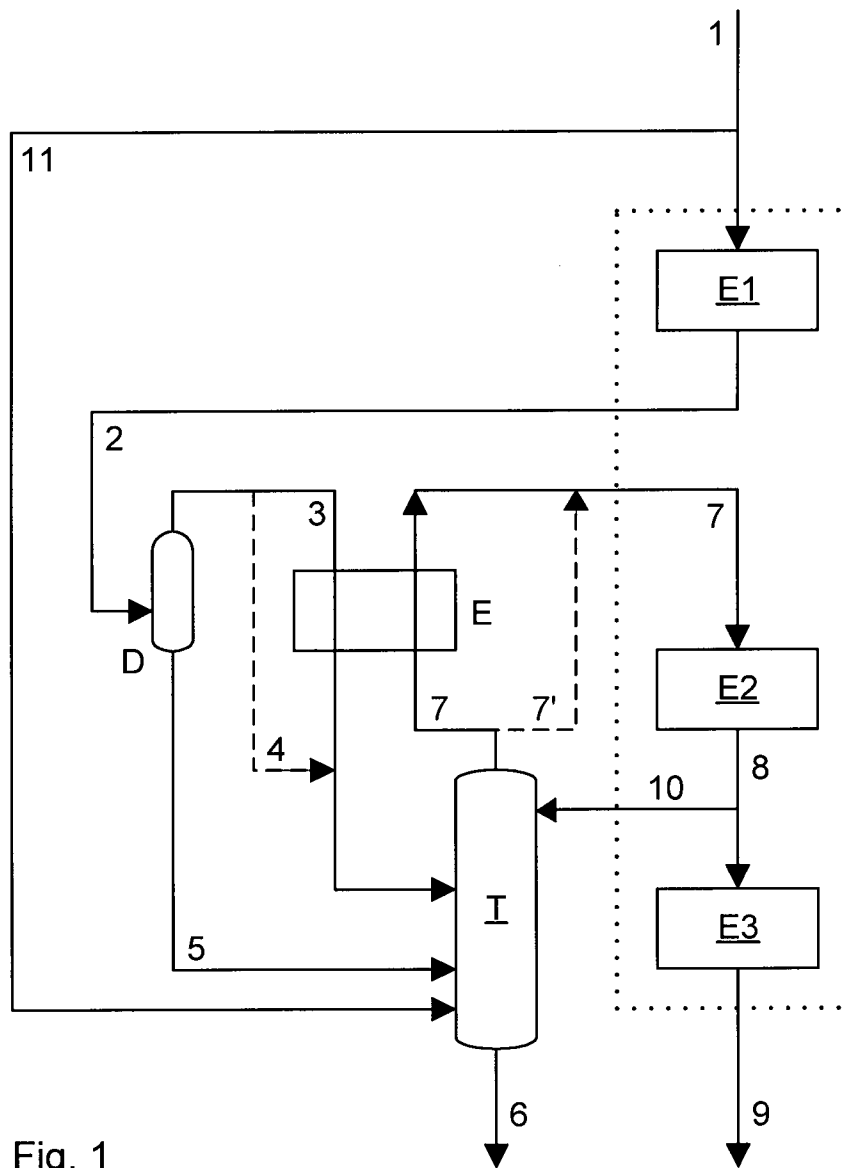


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/000129

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F25J1/00 F25J1/02 F25J3/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/098103 A1 (BUIJS CORNELIS [NL] ET AL) 25 April 2013 (2013-04-25) paragraphs [0050] - [0054], [0058], [0073] - [0082], [0086]; figures 2,3 -----	1-5
X	EP 0 596 470 A1 (LINDE AG [DE]) 11 May 1994 (1994-05-11) figure 5	1,3,5
Y		4
A		2
Y	DE 10 2009 008230 A1 (LINDE AG [DE]) 12 August 2010 (2010-08-12) paragraph [0011]; figure 1 -----	4
A		1
Y	DE 10 2011 109234 A1 (LINDE AG [DE]) 7 February 2013 (2013-02-07) figure 1 -----	1-5
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 April 2016

Date of mailing of the international search report

02/05/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Göritz, Dirk

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/000129

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 881 283 A2 (AIR PROD & CHEM [US]) 23 January 2008 (2008-01-23) paragraphs [0016], [0017], [0029]; figure 1 -----	1-5
A	US 4 445 916 A (NEWTON CHARLES L [US]) 1 May 1984 (1984-05-01) column 8, paragraph 1; figures 1B,2,3 -----	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/000129

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013098103	A1	25-04-2013	AU 2011273541 A1 20-12-2012 CA 2803468 A1 05-01-2012 CN 103299145 A 11-09-2013 EP 2588822 A2 08-05-2013 KR 20130088141 A 07-08-2013 US 2013098103 A1 25-04-2013 WO 2012001001 A2 05-01-2012
EP 0596470	A1	11-05-1994	AT 126187 T 15-08-1995 DE 4237620 A1 11-05-1994 EP 0596470 A1 11-05-1994 US 5414190 A 09-05-1995
DE 102009008230	A1	12-08-2010	AR 075133 A1 09-03-2011 AU 2010213188 A1 18-08-2011 BR PI1008539 A2 15-03-2016 CN 102449419 A 09-05-2012 DE 102009008230 A1 12-08-2010 PE 06752012 A1 03-06-2012 RU 2011137411 A 20-03-2013 WO 2010091804 A2 19-08-2010
DE 102011109234	A1	07-02-2013	NONE
EP 1881283	A2	23-01-2008	AU 2007203296 A1 07-02-2008 CA 2593886 A1 21-01-2008 CN 101108977 A 23-01-2008 EG 25242 A 20-11-2011 EP 1881283 A2 23-01-2008 JP 4713548 B2 29-06-2011 JP 2008057962 A 13-03-2008 KR 20080008984 A 24-01-2008 PE 03912008 A1 16-05-2008 RU 2374575 C2 27-11-2009 TW 200806784 A 01-02-2008 US 2008016910 A1 24-01-2008
US 4445916	A	01-05-1984	AR 231349 A1 31-10-1984 AU 553598 B2 24-07-1986 AU 1869283 A 08-03-1984 CA 1200191 A 04-02-1986 DE 3368758 D1 05-02-1987 EP 0102087 A2 07-03-1984 ES 8507441 A1 16-12-1985 JP H049987 B2 21-02-1992 JP S5981483 A 11-05-1984 MX 163352 A 28-04-1992 NO 833100 A 01-03-1984 US 4445916 A 01-05-1984

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/000129

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F25J1/00 F25J1/02 F25J3/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F25J		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/098103 A1 (BUIJS CORNELIS [NL] ET AL) 25. April 2013 (2013-04-25) Absätze [0050] - [0054], [0058], [0073] - [0082], [0086]; Abbildungen 2,3 -----	1-5
X	EP 0 596 470 A1 (LINDE AG [DE]) 11. Mai 1994 (1994-05-11) Abbildung 5 -----	1,3,5
Y	-----	4
A	-----	2
Y	DE 10 2009 008230 A1 (LINDE AG [DE]) 12. August 2010 (2010-08-12) Absatz [0011]; Abbildung 1 -----	4
A	-----	1
Y	DE 10 2011 109234 A1 (LINDE AG [DE]) 7. Februar 2013 (2013-02-07) Abbildung 1 -----	1-5
----- -/--		
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 20. April 2016	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 02/05/2016	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Göritz, Dirk	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 1 881 283 A2 (AIR PROD & CHEM [US]) 23. Januar 2008 (2008-01-23) Absätze [0016], [0017], [0029]; Abbildung 1 -----	1-5
A	US 4 445 916 A (NEWTON CHARLES L [US]) 1. Mai 1984 (1984-05-01) Spalte 8, Absatz 1; Abbildungen 1B,2,3 -----	1-5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/000129

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2013098103 A1	25-04-2013	AU 2011273541 A1 CA 2803468 A1 CN 103299145 A EP 2588822 A2 KR 20130088141 A US 2013098103 A1 WO 2012001001 A2	20-12-2012 05-01-2012 11-09-2013 08-05-2013 07-08-2013 25-04-2013 05-01-2012
EP 0596470 A1	11-05-1994	AT 126187 T DE 4237620 A1 EP 0596470 A1 US 5414190 A	15-08-1995 11-05-1994 11-05-1994 09-05-1995
DE 102009008230 A1	12-08-2010	AR 075133 A1 AU 2010213188 A1 BR PI1008539 A2 CN 102449419 A DE 102009008230 A1 PE 06752012 A1 RU 2011137411 A WO 2010091804 A2	09-03-2011 18-08-2011 15-03-2016 09-05-2012 12-08-2010 03-06-2012 20-03-2013 19-08-2010
DE 102011109234 A1	07-02-2013	KEINE	
EP 1881283 A2	23-01-2008	AU 2007203296 A1 CA 2593886 A1 CN 101108977 A EG 25242 A EP 1881283 A2 JP 4713548 B2 JP 2008057962 A KR 20080008984 A PE 03912008 A1 RU 2374575 C2 TW 200806784 A US 2008016910 A1	07-02-2008 21-01-2008 23-01-2008 20-11-2011 23-01-2008 29-06-2011 13-03-2008 24-01-2008 16-05-2008 27-11-2009 01-02-2008 24-01-2008
US 4445916 A	01-05-1984	AR 231349 A1 AU 553598 B2 AU 1869283 A CA 1200191 A DE 3368758 D1 EP 0102087 A2 ES 8507441 A1 JP H049987 B2 JP S5981483 A MX 163352 A NO 833100 A US 4445916 A	31-10-1984 24-07-1986 08-03-1984 04-02-1986 05-02-1987 07-03-1984 16-12-1985 21-02-1992 11-05-1984 28-04-1992 01-03-1984 01-05-1984