



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.02.2021 Patentblatt 2021/05

(51) Int Cl.:
F25J 3/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19020456.0**

(22) Anmeldetag: **02.08.2019**

(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

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

(72) Erfinder:
• **Kamann, Martin**
82041 Oberhaching (DE)
• **Bub, Andreas**
82515 Wolfratshausen (DE)
• **Köppl, Lisa**
82515 Wolfratshausen (DE)

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

(54) **VERFAHREN UND ANLAGE ZUR BEREITSTELLUNG EINES ERDGASPRODUKTS**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren (100-400) zur Bereitstellung eines Erdgasprodukts, bei dem ein unter Verwendung von Erdgas gebildetes Komponentengemisch, das Methan und Kohlenwasserstoffe mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen enthält, einem Demethanisierungsschritt unterworfen wird, worin eine methanreiche Fraktion und eine an Kohlenwasserstoffen mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion gebildet wird, wobei das Erdgasprodukt unter Verwendung zumindest eines Teils der methanreichen Fraktion gebildet wird, der in einem oder mehreren Erwärmungsschritten von einem ersten Temperaturniveau auf ein zweites Temperaturniveau erwärmt wird, der anschließend in einem oder in mehreren Verdichtungsschritten von einem ersten Druckniveau auf ein zweites Druckniveau verdichtet wird, und der anschließend in einem oder mehreren Nachkühlsschritten nachgekühlt wird. Es ist vorgesehen, dass in dem Nachkühlsschritt oder in zumindest einem der mehreren Nachkühlsschritte ein Kühlmittelstrom verwendet wird, der aus einem Teil der methanreichen Fraktion gebildet wird, der auf einem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus belassen oder auf ein solches Temperaturniveau gebracht wird. Eine entsprechende Anlage ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

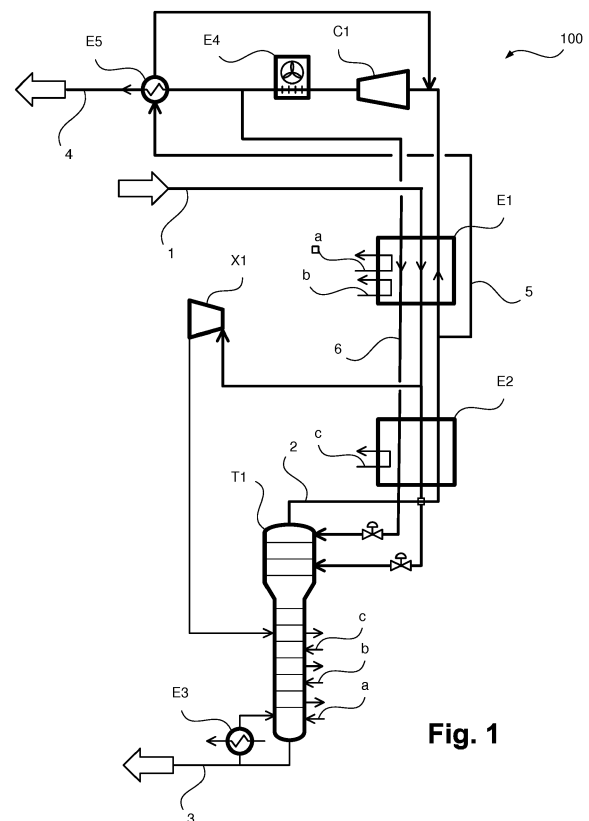


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anlage zur Bereitstellung eines Erdgasprodukts gemäß den jeweiligen Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Stand der Technik

[0002] Bei Erdgas handelt es sich um ein Gasgemisch aus Kohlenwasserstoffen und weiteren Komponenten. Zu den Kohlenwasserstoffen zählen vor allem Methan, aber auch höhere Alkane wie Ethan, Propan, Butan und Pentan in typischerweise deutlich geringeren Mengen. Zu den weiteren Komponenten zählen Sauer gases wie Kohlendioxid und Schwefelverbindungen sowie Stickstoff und Helium.

[0003] Typischerweise werden die höheren Alkane aus dem Erdgas in Form einer separaten Erdgasfraktion gewonnen. Dazu wird das Erdgas zunächst getrocknet und durch Entfernung der Sauer gases "entsäuert" (engl. Sweetening). Nach optionalen weiteren Verfahrensschritten wird das entsäuerte Erdgas einem Demethanisierungsschritt unterworfen, wobei eine methanreiche Fraktion und eine an Kohlenwasserstoffen mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion erhalten wird.

[0004] Entsprechende Prozesse sind in der Fachliteratur umfangreich beschrieben. Es wird z.B. auf den Artikel "Natural Gas" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Online-Veröffentlichung 15. Juli 2006, DOI: 10.1002/14356007.a17_073.pub2 verwiesen. Wird im Folgenden daher auf einen "Demethanisierer" oder eine entsprechende "Demethanisierung" Bezug genommen, so soll hierunter ein fachüblicher Trennschritt verstanden werden, der typischerweise eine Niedertemperaturrektifikation umfasst, und in dem eine methanreiche Fraktion und eine an Kohlenwasserstoffen mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion gebildet werden. Die methanreiche Fraktion ist vorzugsweise arm an Kohlenwasserstoffen mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen und die an Kohlenwasserstoffen mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion ist vorzugsweise reich an Methan. Der Begriff "reich" bezieht sich in diesem Zusammenhang insbesondere auf einen Gehalt von mindestens 80%, 90%, 95%, 99%, 99,5% oder 99,9%, und der Begriff "arm" auf einen Gehalt von höchstens 20%, 10%, 5%, 1%, 0,5% oder 0,1%. Die hierin angegebenen Prozentsätze beziehen sich auf Mol-, Volumen- oder Massenwerte.

[0005] Herkömmliche Prozesse der genannten Art umfassen typischerweise die Verwendung eines Kältemittelkreislaufs, z.B. umfassend Propan, Propylen oder ein äquivalentes Kältemittel, um insbesondere eine Kühlung des Speise- bzw. Einsatzgases und die Kondensation höherer Kohlenwasserstoffe zu ermöglichen. Dies ermöglicht es, einen vergleichsweise hohen Druck in der Demethanisierung zu verwenden und damit die erforderliche Wellenleistung für die (Nach-)Verdichtung der ge-

wonnenen methanreichen Fraktion, die typischerweise das Hauptprodukt der Anlage ist, entsprechend zu reduzieren.

[0006] Bei hohen Speisegasdrücken, z.B. über 70 bara (die Einheit "bara" bezeichnet hier Absolutdruckwerte in bar), ist der Vorteil eines separaten Kältemittelkreislaufs aber fraglich, da aufgrund des hohen Speisegasdrucks auch bei höheren Drücken in der Demethanisierung ein ausreichendes Enthalpiegefälle zur Kältegewinnung vorliegt und daher die erforderliche Kälte alleine durch die Entspannung des Speisegases geliefert werden kann. Auch hier liegt die methanreiche Fraktion durch den vergleichsweise hohen Druck in der Demethanisierung bereits auf einem höheren Druck vor, so dass ein geringerer Wellenleistungsbedarf für die Produktgasverdichtung besteht.

[0007] Die Kompressionswärme der Produktgasverdichtung kann dem Erdgasprodukt, also der methanreichen Fraktion, in einem Nachkühler gegen ein Kühlmedium, z.B. Luft oder Kühlwasser, entzogen werden. Das bedeutet, dass die Temperatur des Erdgasprodukts nur vom Temperaturniveau des bereitgestellten Kühlmediums abhängig ist. In einigen Fällen kann jedoch, wie nachfolgend erläutert, eine Zieltemperatur mit herkömmlichen Kühlmitteln wie Kühlwasser nicht erreicht werden.

[0008] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es daher, verbesserte Mittel zur Kühlung eines Erdgasprodukts in einem entsprechenden Kontext bereitzustellen.

Offenbarung der Erfindung

[0009] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren und eine Anlage mit den jeweiligen Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vor. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0010] Bei den vorstehend beschriebenen Verfahren kann die Temperatur des Erdgasprodukts bzw. der methanreichen Fraktion nach der Verdichtung hohe Werte, beispielsweise von 80 bis 120 °C, erreichen. Zwar kann hierbei der größte Teil der Verdichtungswärme durch z.B. Luftkühlung abgeführt werden, dennoch kann die erforderliche Produktgastemperatur, die z.B. 20 °C beträgt, mit dem Temperaturniveau des vorhandenen Kühlmediums insbesondere in der wärmeren Jahreszeit ggf. nicht erreicht werden.

[0011] Um ein entsprechendes Erdgasprodukt das ganze Jahr über auf der erforderlichen Temperatur bereitzustellen, ist daher ein zusätzliches Kühlsystem erforderlich, z.B. ein Propan-Kältemittelkreislauf, eine Kältemaschine, eine Expander-/Booster-Kombination und dergleichen. Wenn der Druck des Speisegases aber bereits vergleichsweise hoch ist und beispielsweise bei den erwähnten 70 bara liegt, ist ein separates Kühlsystem

für die Trennung, d.h. für die Demethanisierung selbst, nicht erforderlich, da die Entspannung des Speisegases auf den in der Demethanisierung verwendeten Druck bereits ausreichend Kälte liefert.

[0012] Dies bedeutet, dass in solchen Fällen ein zusätzliches Kühlsystem installiert werden müsste, das dann ausschließlich für die (Nach-)Kühlung des Erdgasprodukts nach dessen Verdichtung zuständig wäre. Ein solches zusätzliches Kühlsystem erfordert zusätzliche Maschinen, z.B. Kompressoren und/oder Expander, die außerdem redundant installiert werden müssten, um die erforderliche Dauerverfügbarkeit sicherzustellen. Darüber hinaus müsste ein solches zusätzliches Kühlsystem stets für die wärmste Umgebungstemperatur ausgelegt sein, da bei dieser die größte Kühlleistung erforderlich ist. In der kalten Jahreszeit müsste das Kühlsystem im Standby-Modus betrieben werden und würde für den Betrieb an sich nicht benötigt. Bei vergleichsweise moderaten Umgebungstemperaturen wäre nur eine vergleichsweise geringe Kältemenge erforderlich, d.h. das Kühlsystem müsste für einen entsprechenden Teillastbetrieb ausgelegt werden. Eine derartige Flexibilität erfordert typischerweise entweder die Installation mehrerer kleiner Kühlaggregate oder aber die "Vernichtung" von Energie in einer größeren Einheit, da hier ein Kompressor die meiste Zeit im Recyclingmodus betrieben werden müsste.

[0013] Die vorliegende Erfindung überwindet diese Nachteile, indem sie einen Teil der methanreichen Fraktion nach der Demethanisierung zur (Nach-)Kühlung des Erdgasprodukts verwendet. Der große Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass kein zusätzliches Kühlsystem installiert werden muss, das unter anderem die erwähnten zusätzlichen Maschinen umfasst. Neben den zusätzlichen Kosten für deren Bereitstellung würden entsprechende zusätzliche Einheiten ggf. auch die Gesamtanlagenverfügbarkeit beeinflussen. Der vorhandene Produktgasverdichter, der im Rahmen der vorliegenden Erfindung letztlich für die Kältegewinnung mitgenutzt wird, ist ohnehin redundant installiert, weshalb die Gesamtanlagenverfügbarkeit nicht beeinflusst wird. Ein geringfügiger Anstieg des Leistungsbedarfs des Produktgasverdichters kann von den typischerweise verwendeten Gasturbinen problemlos bewältigt werden bzw. ist eine vergleichsweise einfache Leistungsanpassung möglich.

[0014] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist also, nochmals zusammengefasst, keine Installation eines neuen Kältekreislaufs erforderlich. Es ist ferner kein zusätzliches rotierendes und statisches Equipment notwendig im Vergleich zu den alternativen Lösungen. Der Teillastbetrieb kann weitgehend ohne Energieverlust (wie oben für einen herkömmlichen Teillastbetrieb beschrieben) oder die Installation von Zusatzgeräten realisiert werden. Eine Redundanz kann durch bereits installierte redundante Produktgasverdichter sichergestellt werden.

[0015] Insgesamt schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Bereitstellen eines Erdgasprodukts

(engl. Sales Gas) vor, bei dem ein unter Verwendung von Erdgas gebildetes Komponentengemisch (Speisegas, engl. Feed Gas), das Methan und Kohlenwasserstoffe mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen enthält, einem Demethanisierungsschritt unterworfen wird. Das Komponentengemisch kann insbesondere Erdgas sein, das zuvor einer geeigneten Behandlung unterzogen wurde, insbesondere umfassend die bereits erwähnte Entsäuerung. Das Komponentengemisch kann bei einem Druck über 30, 40, 50, 60 oder 70 und z.B. bis zu 100, 150 oder 200 bara oder höher bereitgestellt werden.

[0016] Im Demethanisierungsschritt, der mit Hilfe von Rektifikationseinrichtungen, wie sie grundsätzlich aus der Technik bekannt sind, durchgeführt wird, werden eine methanreiche Fraktion (als Kopfprodukt) und eine an Kohlenwasserstoffen mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion gebildet (als Sumpfprodukt). Zur Bedeutung des Begriffs "reich" und weiteren Eigenschaften der genannten Fraktionen sei auf die einleitenden Erläuterungen verwiesen. Das Erdgasprodukt wird unter Verwendung zumindest eines Teils der methanreichen Fraktion aus der Demethanisierung gebildet, der zunächst noch in kaltem Zustand vorliegt. Die methanreiche Fraktion oder ein entsprechender, zur Bildung des Erdgasprodukts verwendeter Teil davon wird in einem oder mehreren Erwärmungsschritten von einem ersten Temperaturniveau auf ein zweites Temperaturniveau erwärmt, anschließend in einem oder mehreren Verdichtungsschritten von einem ersten Druckniveau auf ein zweites Druckniveau verdichtet, und wiederum hieran anschließend in einem oder mehreren Nachkühlschritten nachgekühlt. Wie bereits erwähnt, erfolgt die Nachkühlung klassisch mit Luft oder Kühlwasser, was aber nicht in allen Fällen ausreicht, um ein erforderliches Temperaturniveau zu erreichen.

[0017] Insbesondere können das erste Temperaturniveau (d.h. das Temperaturniveau der methanreichen Fraktion oder eines entsprechenden Teils hiervon direkt nach der Demethanisierung) -110 °C bis -90 °C, das zweite Temperaturniveau (vor der Verdichtung) -30 bis 60 °C, das erste Druckniveau 20 bis 60 bara und das zweite Druckniveau 40 bis 120 bara betragen. Ein Temperaturniveau direkt nach der Verdichtung und vor der Nachkühlung kann 50 bis 150 °C, z.B. 80 bis 120 °C, und das Zieltemperaturniveau des Erdgasprodukts nach der Nachkühlung kann -10 bis 40 °C, z.B. ca. 20 °C, betragen.

[0018] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird in dem genannten Nachkühlschritt oder in mindestens einem der mehreren genannten Nachkühlschritte ein Kühlmittelstrom verwendet, der aus einem Teil der methanreichen Fraktion gebildet wird, welcher auf dem zweiten Temperaturniveau oder einem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus belassen oder auf ein solches gebracht wird. Ein solcher Teil wird insbesondere dann auf dem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus "belassen", wenn er nicht dem Erwärmungsschritt oder zumindest nicht allen Erwärmungsschritten, falls mehrere Erwärmungsschritte

verwendet werden, unterworfen wird. Ein entsprechender Kühlmittelstrom kann aber auch bei dem zweiten Temperaturniveau belassen werden, indem er zwar erwärmt, aber nicht mit verdichtet wird. Er erfährt daher keine entsprechende Erwärmung und kann daher als Kühlmittel verwendet werden. Dies wird unmittelbar nachfolgend erläutert. Ein solcher Teil wird dagegen, wenn er zuvor bereits weiter erwärmt wurde, durch eine erneute Abkühlung auf ein Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus "gebracht". In solchen Fällen kann zunächst eine Erwärmung des Kühlmittelstroms zusammen mit einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion auf das zweite Temperaturniveau durchgeführt werden. Der Kühlmittelstrom kann dabei je nach der benötigten Produkttemperatur in insbesondere variablen Anteilen durch sämtliche zur Erwärmung der methanreichen Fraktion verwendete Wärmetauscher geführt und dabei entsprechend abgekühlt werden. Dies wird weiter unten näher erläutert.

[0019] So kann beispielsweise ein Teil der methanreichen Fraktion vor einem Wärmetauscher, der in dem einen oder den mehreren Erwärmungsschritten verwendet wird, bei einem mäßig kalten Temperaturniveau um z.B. -20°C entnommen werden. Dieser Strom, der hier als Kühlmittelstrom bezeichnet wird, kann in einem weiteren Wärmetauscher im indirekten Wärmeaustausch gegen die gesamte oder einen Teil der restlichen methanreichen Fraktion, die die vollständige Erwärmung und dann die Verdichtung erfahren hat, erwärmt werden. Auf diese Weise kann das Erdgasprodukt auf die erforderliche Temperatur abgekühlt werden. Das zur Kühlung verwendete, entsprechend erwärmte methanreiche Gas auf niedrigerem Druck kann danach zur Saugseite des im Verfahren verwendeten Verdichters geleitet und auf diese Weise mit dem Rest der methanreichen Fraktion vermischt und verdichtet werden. Der Kühlmittelstrom kann aber, wie erwähnt, auch teilweise oder vollständig bis zur kalten Seite eines ersten, zur Erwärmung verwendeten Wärmetauschers geführt und damit auf das erste Temperaturniveau oder auf ein nahe bei diesem liegendes Temperaturniveau abgekühlt werden. Auch eine Verwendung unterschiedlicher, insbesondere einstellbarer, Anteile, die nur auf das mäßig kalte Temperaturniveau und ein entsprechendes tieferes Temperaturniveau abgekühlt werden, ist möglich.

[0020] In dieser Ausführungsform erhöht die Erwärmung des Kühlmittelstroms den Leistungsbedarf in der Verdichtung aufgrund der erhöhten Ansaugtemperatur nur um bis zu 10%, z.B. um 6 bis 7%, wenn eine Beimischung vor der Verdichtung erfolgt. Dies ist etwas weniger effizient (aber aufgrund des Verzichts auf zusätzliche rotierende Einheiten deutlich zuverlässiger und damit hinsichtlich der Erstellungskosten günstiger) im Vergleich zu einer Propan-Kältemaschine, und deutlich effizienter als ein Gas-Expander-/Boosterkreislauf.

[0021] Mit anderen Worten kann, wie soeben erwähnt, der Nachkühlschritt oder mindestens einer der Nachkühlschritte einen indirekten Wärmeaustausch des Kühlmittelstroms und der gesamten oder eines Teils der methanreichen Fraktion, die zur Bereitstellung des Erdgasprodukts verwendet wird, beinhalten. Ein Teil der methanreichen Fraktion kann aber auch entsprechend gekühlt und dann einem nicht gekühlten Teil beigemischt werden, um die Solltemperatur einzustellen. In letzterem Fall erfolgt also kein indirekter Wärmetausch, sondern die Einstellung einer Mischtemperatur durch Vermischung.

[0022] Die soeben getroffenen Erläuterungen nochmals zusammengefasst, und im Sprachgebrauch der Patentansprüche, kann der Kühlmittelstrom also als Teil der methanreichen Fraktion gebildet werden, der auf dem zweiten Temperaturniveau oder dem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus verbleibt, indem dieser Teil von einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion stromauf oder stromab des Erwärmungsschritts oder mindestens einer der Erwärmungsschritte, jedoch vor der Verdichtung, abgetrennt oder abgeteilt wird. Wie bereits erwähnt, kann dies durch Abtrennen dieses Stroms stromaufwärts eines Wärmetauschers oder zumindest stromaufwärts des letzten Wärmetauschers zum Erwärmen verwendeten Wärmetauschers erfolgen. In diesem Fall liegt der Kühlstrom auf einem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus vor. Er kann aber auch auf dem zweiten Temperaturniveau belassen werden, indem er stromab des oder des letzten zur Erwärmung verwendeten Wärmetauschers abgezweigt wird. Dieser Kühlstrom kann, wie erwähnt, nach dem indirekten Wärmeaustausch einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion stromauf der einen oder mehreren Verdichtungsstufen beigemischt werden.

[0023] Die Kühlung selbst kann jedoch nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auch dadurch erfolgen, dass der (kältere) Kühlmittelstrom der gesamten oder einem Teil der (wärmeren) methanreichen Fraktion, die bei der Bereitstellung des Erdgasprodukts verwendet wird, beigemischt wird. Eine Mischtemperatur kann durch Einstellen der entsprechenden Mengenströme gesteuert werden.

[0024] Der Kühlmittelstrom kann als der Teil der methanreichen Fraktion gebildet werden, der auf das zweite Temperaturniveau oder das Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus "gebracht" wird, indem dieser Teil von einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion stromab des Verdichtungsschritts oder mindestens einer der Verdichtungsstufen abgetrennt wird. In diesem Fall wird der Kühlmittelstrom also durch bereits erwärmtes Fluid gebildet, das danach wieder abgekühlt wird.

[0025] In dieser Ausführungsform kann der Kühlmittelstrom im Erwärmungsschritt oder mindestens einem der Erwärmungsschritte, dem die zweite Fraktion oder ihr Teil, der zur Bereitstellung des Erdgasprodukts verwendet wird, ausgesetzt ist, erneut abgekühlt und danach zur Abkühlung des Erdgasprodukts verwendet werden.

[0026] Wie allgemein bekannt, kann das Speisegas für

die Demethanisierung im Gegenstrom zum Erdgasprodukt (also zur hier betrachteten methanreichen Fraktion), gekühlt werden. Neben dem Erdgasprodukt können dabei ein oder mehrere weitere Kühlmittelströme zur Kühlung verwendet werden. Der weitere Kühlmittelstrom oder mindestens einer der weiteren Kühlmittelströme wird oder werden also zur Bereitstellung für den Demethanisierungsschritt verwendet.

[0027] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auch auf eine Anlage, die dafür eingerichtet ist, ein Verfahren zur Gewinnung eines Erdgasprodukts durchzuführen, wobei die Vorrichtung dafür eingerichtet ist, ein aus Erdgas gebildetes Komponentengemisch, das Methan und Kohlenwasserstoffe mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen umfasst, einem Demethanisierungsschritt zu unterwerfen, wobei der Demethanisierungsschritt dafür eingerichtet ist, eine methanreiche Fraktion und eine an Kohlenwasserstoffen mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion zu bilden, und wobei Mittel vorgesehen sind, die dafür eingerichtet sind, das Erdgasprodukt unter Verwendung zumindest eines Teils der methanreichen Fraktion zu bilden, dies umfassend eine Erwärmung von einem ersten Temperaturniveau auf ein zweites Temperaturniveau in einem oder mehreren Erwärmungsschritten, anschließend eine Verdichtung von einem ersten Druckniveau auf ein zweites Druckniveau in einem oder mehreren Verdichtungsschritten, und wiederum anschließend eine Nachkühlung in einem oder mehreren Abkühlungsschritten.

[0028] Gemäß der vorliegenden Erfindung sind Mittel vorgesehen, die dafür eingerichtet sind, in dem Nachkühlschritt oder zumindest einem der Nachkühlschritte einen Kühlmittelstrom zu verwenden und den Kühlmittelstrom aus einem Teil der methanreichen Fraktion zu bilden, der auf dem zweiten Temperaturniveau oder einem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus belassen oder auf ein solches Temperaturniveau gebracht wird.

[0029] Hinsichtlich weiterer Merkmale und Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die vorzugsweise dafür eingerichtet ist, ein Verfahren wie vorstehend beschrieben in unterschiedlichen Ausführungsformen durchzuführen, wird auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen.

[0030] Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter erläutert, die bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung veranschaulichen.

Kurzbeschreibung der Figuren

[0031]

Abbildung 1 zeigt ein vereinfachtes schematisches Diagramm einer Anlage gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Abbildung 2 zeigt ein vereinfachtes schematisches Diagramm einer Anlage gemäß einer bevorzugten

Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Abbildung 3 zeigt ein vereinfachtes schematisches Diagramm einer Anlage gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Abbildung 4 zeigt ein vereinfachtes schematisches Diagramm einer Anlage gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0032] In den Figuren sind funktional oder baulich einander entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen angesprochen. Nur aus Gründen der Übersichtlichkeit entfallen dabei wiederholte Erläuterungen. Werden nachfolgend erfindungsgemäße Anlagen erläutert, gelten die Erläuterungen in gleicher Weise auch für die entsprechenden Verfahren und umgekehrt.

Ausführungsformen der Erfindung

[0033] In den Abbildungen 1 bis 4 sind Anlagen gemäß bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung vereinfacht schematisch dargestellt und mit 100, 200, 300 und 400 bezeichnet. Als gemeinsame Elemente beinhalten diese Anlagen eine Demethanisierungskolonne T1, einen ersten und einen zweiten Wärmetauscher E1, E2, einen dritten Wärmetauscher E3, einen vierten Wärmetauscher E4 und, mit Ausnahme der Ausgestaltung gemäß Figur 4, einen fünften Wärmetauscher E5. Darüber hinaus sind eine Expansionsturbine X1 und ein Verdichter C1 vorhanden.

[0034] In allen Fällen wird ein aus Erdgas gebildetes Komponentengemisch 1, das Methan und Kohlenwasserstoffe mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen umfasst, nach dem Abkühlen im ersten und zweiten Wärmetauscher E1 und E2 und nach teilweiser Expansion in der Expansionsturbine X1, wie in allen Figuren dargestellt, einem Demethanisierungsschritt in der Demethanisierungskolonne T1 unterzogen. Kühlmittelströme, die in der Demethanisierungskolonne T1 und im ersten und zweiten Wärmetauscher E1 und E2 verwendet werden, sind mit a bis c gekennzeichnet. Sie können z.B. C2- oder C3-Kältemittel auf unterschiedlichen Druckniveaus umfassen.

[0035] Im Demethanisierungsschritt wird, wie bereits erwähnt, eine methanreiche Fraktion 2 und eine an Kohlenwasserstoffen mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion 3 durch Rektifikation in der Demethanisierungskolonne T1 gebildet, die mit dem dritten Wärmetauscher E3 als Sumpfverdampfer betrieben wird. Die an Kohlenwasserstoffen mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion 3 wird aus dem Verfahren ausgeführt und hier nicht weiter betrachtet.

[0036] Ein Erdgasprodukt 4 wird unter Verwendung mindestens eines Teils der methanreichen Fraktion 2 gebildet, der von einem ersten Temperaturniveau auf ein zweites Temperaturniveau im ersten und zweiten Wärmetauscher E1, E2 erwärmt wird, der anschließend von

einem ersten Druckniveau auf ein zweites Druckniveau im Verdichter C1 komprimiert wird, und der wiederum anschließend im vierten und fünften Wärmetauscher E4, E5 nachgekühlt wird.

[0037] Gemäß Figur 1 wird im fünften Wärmetauscher der Anlage 100 ein Kühlmittelstrom 5 verwendet, der aus einem Teil der methanreichen Fraktion 2 gebildet wird, der auf einem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus verbleibt. Der Kühlmittelstrom 5 wird von einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion 2 stromaufwärts des Erwärmungsschritts in dem ersten Wärmetauscher E1 abgetrennt. Nach dem Erwärmen im fünften Wärmetauscher 5 wird der Kühlmittelstrom der Saugseite des Verdichters C1 zugeführt. Alternativ, aber hier nicht gesondert veranschaulicht, kann der Kühlmittelstrom 5 von einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion 2 auch stromab des ersten Wärmetauschers E1 abgetrennt werden, so dass dieser auf dem zweiten Temperaturniveau vorliegt.

[0038] Ein weiterer Strom 6 kann vom Druckgas stromab des Verdichters C1 und des vierten Wärmetauschers E4 abgetrennt werden und wird nach einer Rückkühlung im ersten und zweiten Wärmetauscher E1, E2 entspannt und als Rückfluss in die Demethanisierungskolonie T1 zurückgeführt, um auf diese Weise die Ausbeute von Ethan bzw. höheren Kohlenwasserstoffen zu erhöhen.

[0039] Wie für die Anlage 200 gemäß Figur 2 dargestellt, kann anstelle der Abtrennung eines Teils der methanreichen Fraktion stromauf des ersten Wärmetauschers E1 ein entsprechender Strom 5' auch stromauf der Erwärmung insgesamt, d.h. direkt vom Kopfgas der Demethanisierungskolonie T1 abgetrennt werden. Der Vorteil dieser Lösung besteht im höheren möglichen Druckgefälle im fünften Wärmetauscher E5 im Produktgasweg. Da die Überkopftemperatur der Demethanisierungskolonie T1 (z.B. ca. -100 °C) typischerweise deutlich niedriger ist als die erforderliche Produktgastemperatur an der Anlagengrenze, wird vorteilhafterweise nur ein Teil des warmen Hochdruckproduktgases bzw. der methanreichen Fraktion stromab der Verdichtung im Verdichter C1 zum fünften Wärmetauscher E5 geleitet und dort auf ein niedrigeres Temperaturniveau als erforderlich abgekühlt. Eine Zieltemperatur kann durch Mischen mit dem restlichen warmen Produktgas eingestellt werden. Dies kann bei der Auslegung des fünften Wärmetauschers E5 vorteilhafter sein, da, weil nicht der gesamte Produktstrom zum Wärmetauscher geleitet werden muss, dieser deutlich kleiner und kostengünstiger ausgelegt werden kann.

[0040] Alternativ kann, wie für die Anlage 300 gemäß Figur 3 dargestellt, der Kühlmittelstrom, hier mit 5" bezeichnet, in Form einer Mischung aus Stoffströmen 5 und 5', die bereits zu den Figuren 1 und 2 erläutert wurden, gebildet werden. Hierbei kann eine Temperatur des Kühlmittelstroms 5" besonders flexibel eingestellt werden.

[0041] In einer weiteren Alternative, wie für die Anlage 400 gemäß Figur 4 dargestellt, kann komprimiertes Pro-

duktgas in Form eines Stoffstroms 5''' teilweise oder vollständig zurück in den kalten Teil der Anlage geleitet und im ersten Wärmetauscher E1 und/oder im zweiten Wärmetauscher E2 abgekühlt werden, um auf diese Weise die erforderliche Temperatur zur Nachkühlung des Produktgases zu erzielen. Auch hier ist eine entsprechende Regelung durch Einstellen des durch den ersten Wärmetauscher und den zweiten Wärmetauscher geführten Anteils möglich. Weil hier der Stoffstrom 5''' direkt im ersten Wärmetauscher E1 und/oder im zweiten Wärmetauscher E2 auf die erforderliche Produktgastemperatur an der Anlagengrenze oder auf ein niedrigeres Temperaturniveau gekühlt wird, ist hierzu kein weiterer (fünfter) Wärmetauscher E5 erforderlich. Durch die bessere Wärmeintegration des Stromes 5''' in den Wärmetauschern E1 und E2 kann die Effizienz der Produktgaskühlung weiter verbessert werden, wodurch der Leistungsbedarf des Verdichters C1 weiter gesenkt werden kann, z.B. 5%.

Patentansprüche

1. Verfahren (100-400) zur Bereitstellung eines Erdgasprodukts, bei dem ein unter Verwendung von Erdgas gebildetes Komponentengemisch, das Methan und Kohlenwasserstoffe mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen enthält, einem Demethanisierungsschritt unterworfen wird, worin eine methanreiche Fraktion und eine an Kohlenwasserstoffen mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion gebildet wird, wobei das Erdgasprodukt unter Verwendung zumindest eines Teils der methanreichen Fraktion gebildet wird, der in einem oder mehreren Erwärmungsschritten von einem ersten Temperaturniveau auf ein zweites Temperaturniveau erwärmt wird, der anschließend in einem oder in mehreren Verdichtungsschritten von einem ersten Druckniveau auf ein zweites Druckniveau verdichtet wird, und der anschließend in einem oder mehreren Nachkühlsschritten nachgekühlt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Nachkühlsschritt oder in zumindest einem der mehreren Nachkühlsschritte ein Kühlmittelstrom verwendet wird, der aus einem Teil der methanreichen Fraktion gebildet wird, der auf dem zweiten Temperaturniveau oder auf einem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus belassen oder auf ein solches Temperaturniveau gebracht wird.
2. Verfahren (100-300) nach Anspruch 1, bei dem der Nachkühlsschritt oder zumindest einer der mehreren Nachkühlsschritte einen indirekten Wärmeaustausch des Kühlmittelstroms und der gesamten oder eines Teils der methanreichen Fraktion, die zur Bereitstellung des Erdgasprodukts verwendet wird, umfasst.
3. Verfahren (100-300) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Kühlmittelstrom als der Teil der methanrei-

- chen Fraktion gebildet wird, der auf dem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus belassen wird, indem dieser Teil von einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion stromauf des Erwärmungsschritts oder zumindest eines der mehreren Erwärmungsschritte abgetrennt wird.
4. Verfahren (100-300) nach Anspruch 2 oder 3, bei dem der Kühlmittelstrom nach dem indirekten Wärmeaustausch mit einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion stromauf der einen oder zumindest einer der mehreren Verdichtungsschritte vereinigt wird. 10
 5. Verfahren (400) nach Anspruch 1, bei dem der Kühlmittelstrom als der Teil der methanreichen Fraktion gebildet wird, der auf das Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus gebracht wird, indem dieser Teil von einem weiteren Teil der methanreichen Fraktion stromab des Verdichtungsschritts oder zumindest eines der mehreren Verdichtungsschritte abgetrennt wird. 15 20
 6. Verfahren (400) nach Anspruch 5, bei dem der abgetrennte Kühlmittelstrom in dem Erwärmungsschritt oder zumindest einem der mehreren Erwärmungsschritte abgekühlt wird, dem die methanreiche Fraktion oder ihr Teil, der bei der Bereitstellung des Erdgasprodukts verwendet wird, unterworfen wird. 25 30
 7. Verfahren (400) nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Nachkühlschritt oder zumindest einer der mehreren Nachkühlschritte das Mischen des Kühlmittelstroms oder eines Teils hiervon mit der gesamten oder einem Teil der methanreichen Fraktion, die zur Bereitstellung des Erdgasprodukts verwendet wird, umfasst. 35
 8. Verfahren (100-400) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das unter Verwendung von Erdgas gebildete Komponentengemisch, das Methan und Kohlenwasserstoffe mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen umfasst, in dem Erwärmungsschritt oder zumindest einem der mehreren Erwärmungsschritte abgekühlt wird, dem die methanreiche Fraktion oder der Teil hiervon, der zur Bereitstellung des Erdgasprodukts verwendet wird, unterworfen wird. 40 45
 9. Verfahren (100-400) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem in dem Erwärmungsschritt oder in zumindest einem der mehreren Erwärmungsschritte, dem oder denen die methanreiche Fraktion oder der Teil hiervon, der zur Bereitstellung des Erdgasprodukts verwendet wird, unterworfen wird, ein oder mehrere weitere Kühlmittelströme gekühlt wird oder werden. 50 55
 10. Verfahren (100-400) nach Anspruch 9, wobei der weitere Kühlmittelstrom oder zumindest einer der weiteren Kühlmittelströme zum Bereitstellen von Kälte für den Demethanisierungsschritt verwendet wird oder werden.
 11. Anlage, die dafür eingerichtet ist, ein Verfahren (100-400) zur Bereitstellung eines Erdgasprodukts durchzuführen, wobei die Anlage dafür eingerichtet ist, ein unter Verwendung von Erdgas gebildetes Komponentengemisch, das Methan und Kohlenwasserstoffe mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen umfasst, einem Demethanisierungsschritt zu unterwerfen, wobei der Demethanisierungsschritt dafür eingerichtet ist, eine methanreiche Fraktion und eine an Kohlenwasserstoffen mit zumindest zwei Kohlenstoffatomen reiche Fraktion zu bilden, und wobei die Anlage Mittel aufweist, die dafür eingerichtet sind, das Erdgasprodukt unter Verwendung zumindest eines Teils der methanreichen Fraktion zu bilden, umfassend das Erwärmen von einem ersten Temperaturniveau auf ein zweites Temperaturniveau in einem oder mehreren Erwärmungsschritten, anschließend das Verdichten von einem ersten Druckniveau auf ein zweites Druckniveau in einem oder mehreren Verdichtungsschritten, und wiederum anschließend das Nachkühlen in einem oder mehreren Nachkühlschritten, **gekennzeichnet durch** Mittel, die dafür eingerichtet sind, in dem Nachkühlschritt oder in zumindest einem der mehreren Nachkühlschritte einen Kühlmittelstrom zu verwenden und den Kühlmittelstrom unter Verwendung eines Teils der methanreichen Fraktion zu bilden, der auf dem zweiten Temperaturniveau oder einem Temperaturniveau unterhalb des zweiten Temperaturniveaus belassen oder auf ein solches gebracht wird.
 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, die Mittel aufweist, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 eingerichtet sind.

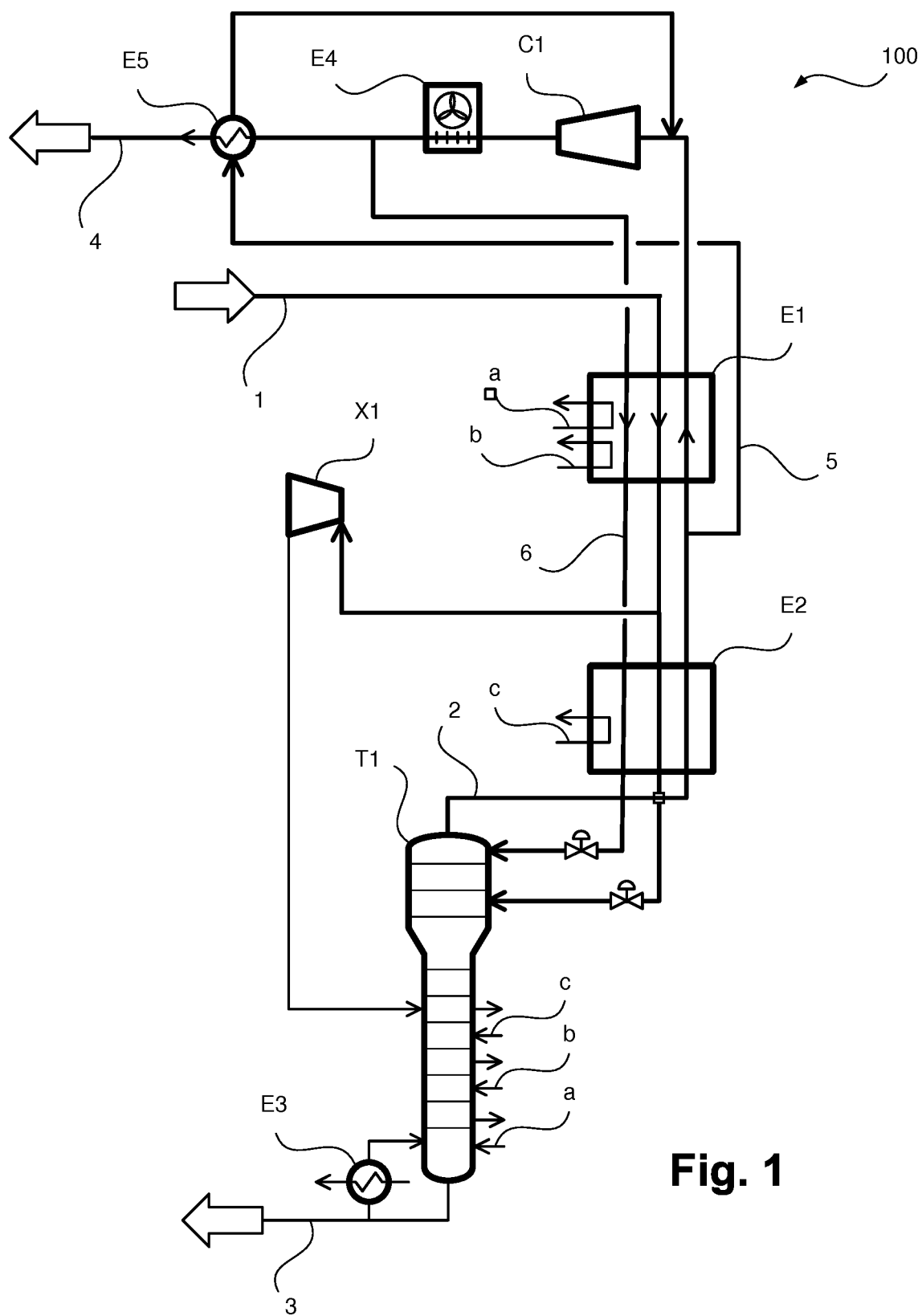


Fig. 1

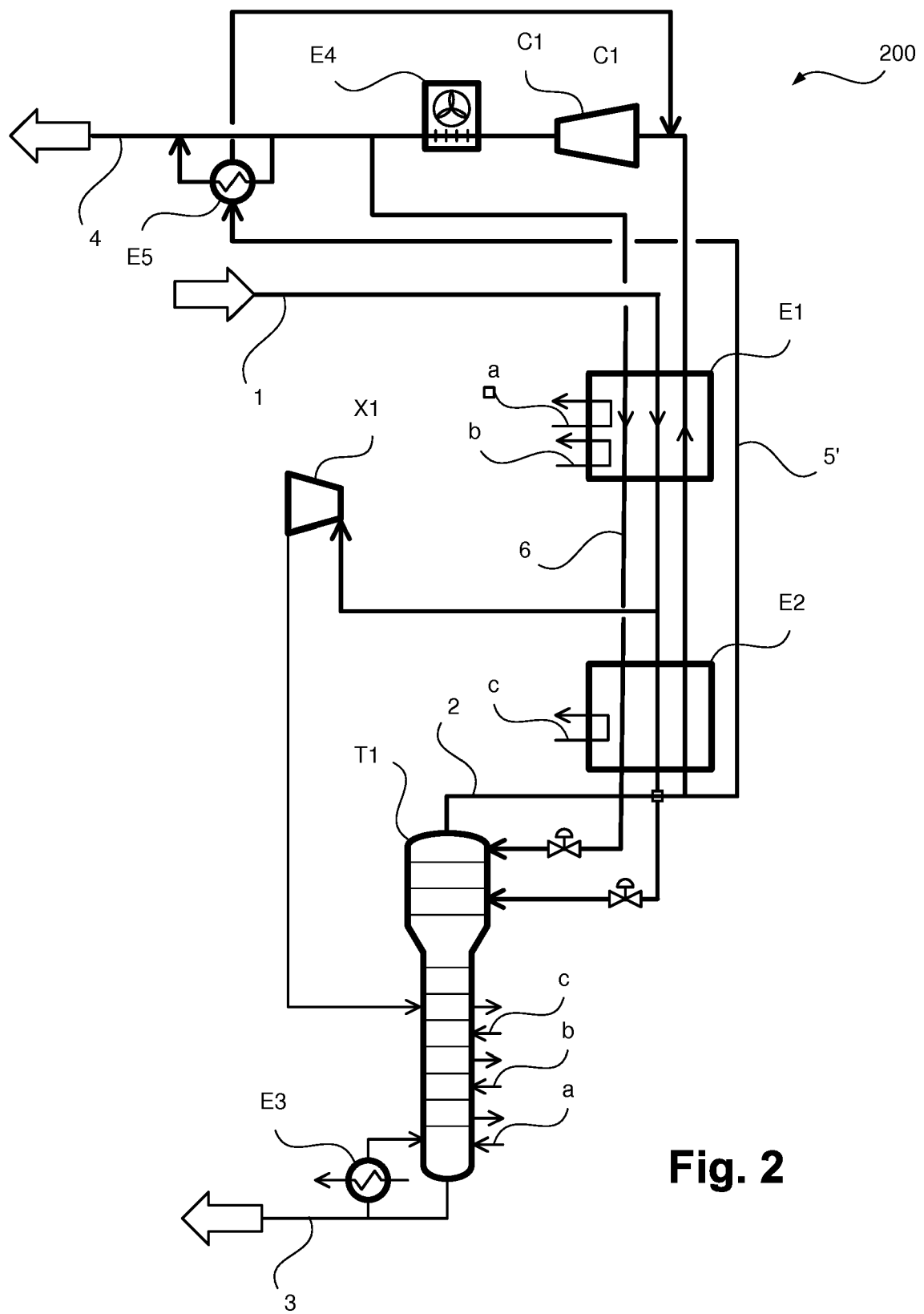


Fig. 2

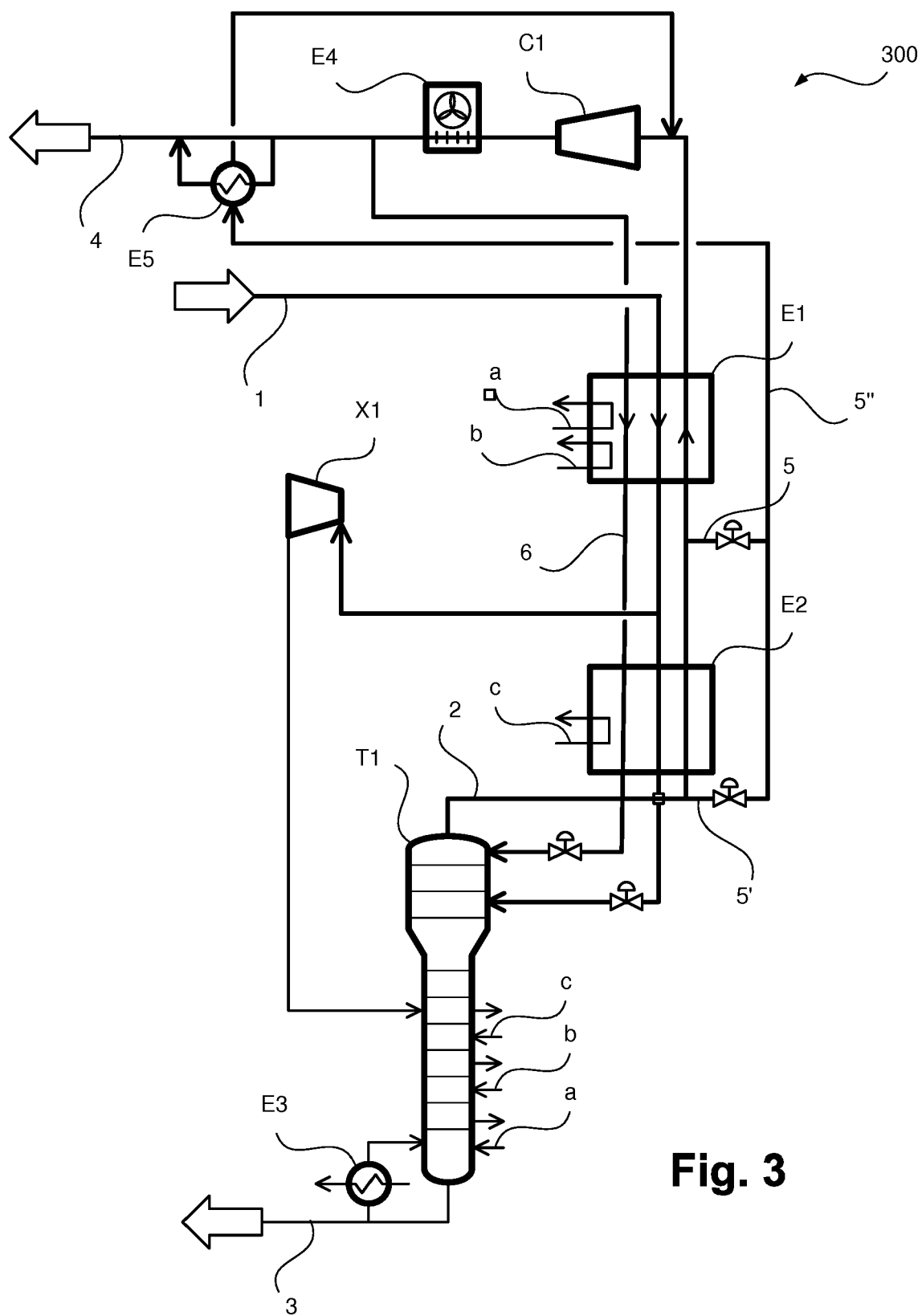


Fig. 3

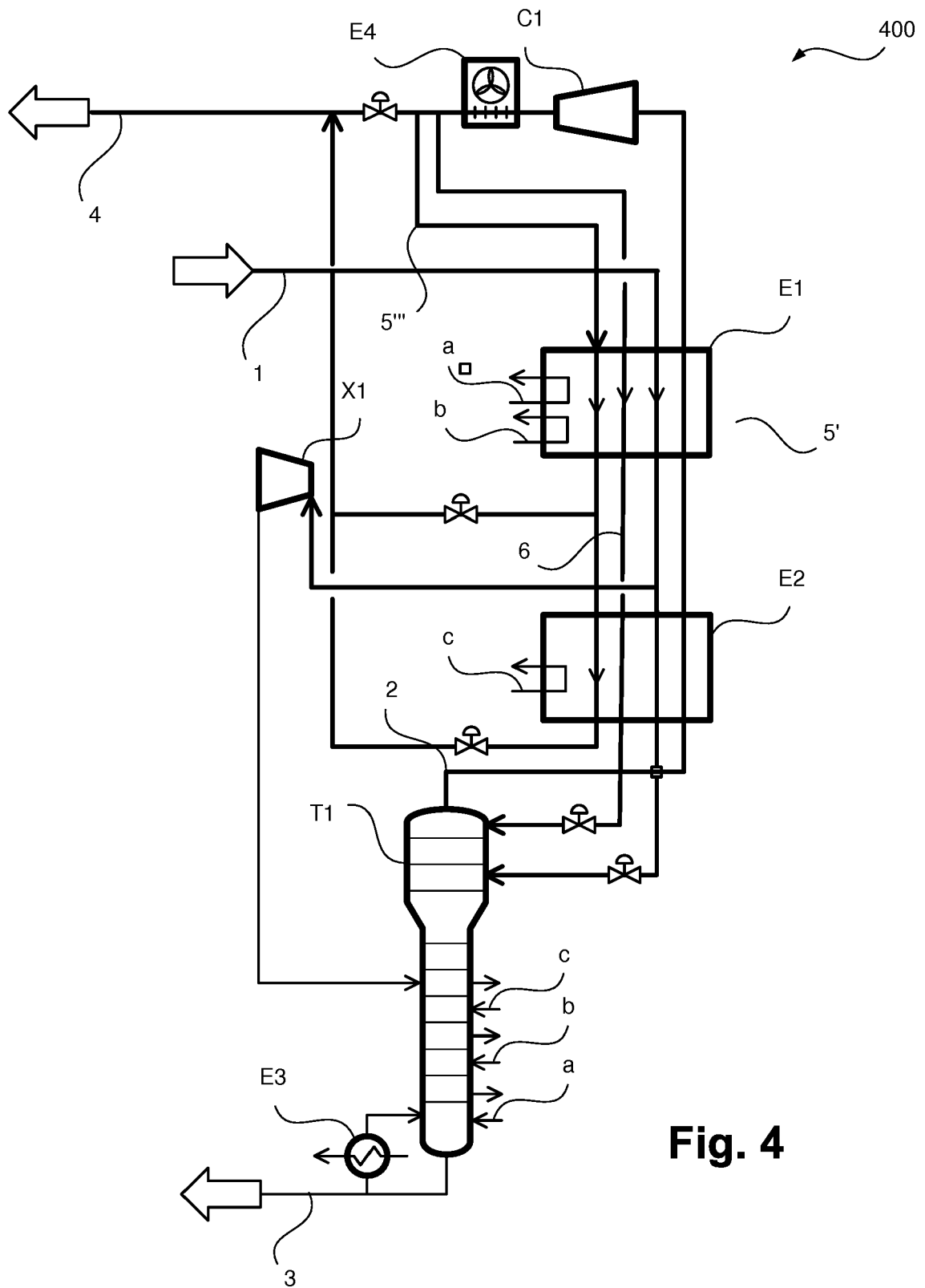


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 02 0456

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2017/157817 A1 (LINDE AG [DE]) 21. September 2017 (2017-09-21)	1,2,5-12	INV. F25J3/02
A	* Abbildung 1 * * Seite 2, Zeile 28 - Seite 5, Zeile 3 * * Seite 6, Zeile 26 - Seite 9, Zeile 10 *	3,4	

A	US 6 182 469 B1 (CAMPBELL ROY E [US] ET AL) 6. Februar 2001 (2001-02-06)	1-4,8-12	
	* Abbildungen 1-4 * * Spalte 4, Zeile 33 - Spalte 6, Zeile 65 *		

A	US 2017/056813 A1 (MCMAHON PATRICK D J [US] ET AL) 2. März 2017 (2017-03-02)	1-12	
	* Abbildung 3 * * Absatz [0056] - Absatz [0066] *		

A	EP 0 653 599 A1 (AIR LIQUIDE SA) 17. Mai 1995 (1995-05-17)	1-12	
	* Spalte 4, Zeile 9 - Zeile 32 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		30. Januar 2020	Karspeck, Sabine
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 : mündliche 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 19 02 0456

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

30-01-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2017157817 A1	21-09-2017	DE 102016003305 A1	21-09-2017
		WO 2017157817 A1	21-09-2017
US 6182469 B1	06-02-2001	AR 023066 A1	04-09-2002
		AT 295519 T	15-05-2005
		AU 751881 B2	29-08-2002
		BR 9915807 A	21-08-2001
		CA 2351423 A1	08-06-2000
		CN 1329709 A	02-01-2002
		CO 5100991 A1	27-11-2001
		DE 69925306 D1	16-06-2005
		EA 200100598 A1	24-12-2001
		EG 22416 A	29-01-2003
		EP 1137903 A1	04-10-2001
		ID 29883 A	18-10-2001
		MY 125613 A	30-08-2006
		NO 322415 B1	02-10-2006
		PE 20001473 A1	25-12-2000
		TW 512142 B	01-12-2002
		US 6182469 B1	06-02-2001
		WO 0033006 A1	08-06-2000
US 2017056813 A1	02-03-2017	US 2017056810 A1	02-03-2017
		US 2017056813 A1	02-03-2017
		US 2017056814 A1	02-03-2017
		US 2017056815 A1	02-03-2017
EP 0653599 A1	17-05-1995	AU 685164 B2	15-01-1998
		CA 2135568 A1	13-05-1995
		CN 1105752 A	26-07-1995
		DE 69406895 D1	02-01-1998
		DE 69406895 T2	30-04-1998
		EP 0653599 A1	17-05-1995
		ES 2109639 T3	16-01-1998
		FR 2712383 A1	19-05-1995
		JP H07239193 A	12-09-1995
		KR 950013628 A	15-06-1995
		US RE37014 E	16-01-2001
		US 5538534 A	23-07-1996
		ZA 9408834 B	13-07-1995

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Natural Gas. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 15. Juli 2006 [0004]