



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 470 532 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **91113073.0**

51 Int. Cl.⁵: **F17C 9/04, F01K 23/10**

22 Anmeldetag: **03.08.91**

30 Priorität: **07.08.90 DE 4025023**

72 Erfinder: **Schmidt, Hans, Dr.-Ing.**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.02.92 Patentblatt 92/07

**Gebhardtstrasse 2d
W-8190 Wolfratshausen(DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:
BE DE ES FR

74 Vertreter: **Schaefer, Gerhard, Dr.**

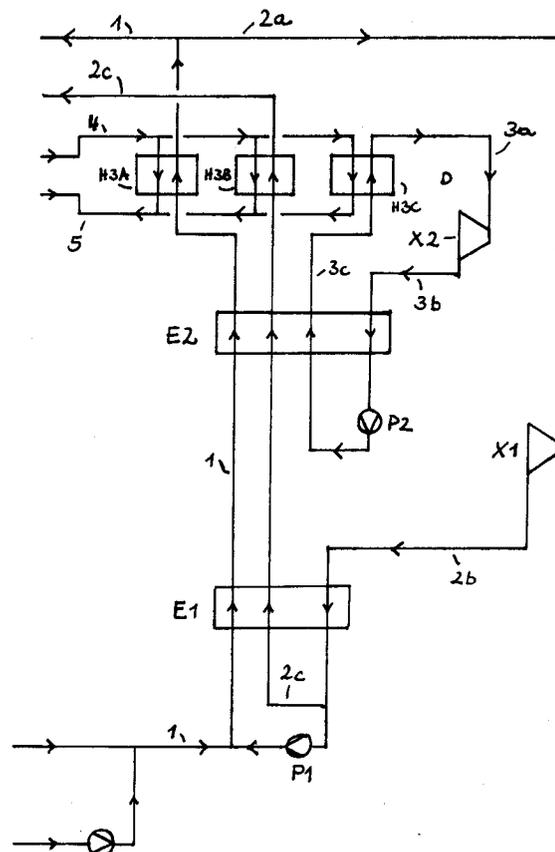
71 Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft
Abraham-Lincoln-Strasse 21
W-6200 Wiesbaden(DE)**

**Linde Aktiengesellschaft Zentrale
Patentabteilung
W-8023 Höllriegelskreuth(DE)**

54 Verfahren zum Verdampfen von flüssigem Erdgas.

57 Bei einem Verfahren zur Verdampfung von flüssigem Erdgas unter Energierückgewinnung mit getrennten Fluidkreisläufen wird für einen ersten Fluidkreislauf (2a) auf Umgebungstemperatur angewärmtes Erdgas selbst verwendet, welches arbeitsleistend entspannt (X1), gegen anzuwärmendes Erdgas kondensiert und teilweise dem flüssigen Erdgasstrom wieder zugemischt wird. Der übrige Teil (2c) wird abgezweigt und parallel zum zu verdampfenden Erdgas, aber getrennt von diesem, verdampft, angewärmt und als Erdgas-Niederdruckprodukt abgegeben. Da die arbeitsleistende Entspannung des ersten Kreislauffluides auch mehrstufig (X1B, X1A), unter Bildung von Strömen (3B, 3A) unterschiedlicher Druckniveaus, stattfinden kann, ist es möglich, auf diese Weise in einer Erdgasverdampfungsanlage verschiedene Erdgas-Produktströme unterschiedlichen Abgedruckes zu erzeugen.

FIG. 1



EP 0 470 532 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verdampfen von flüssigem, unter Druck stehendem Erdgas mit Energiegewinnung, indem das flüssige Erdgas in mehrstufigem Wärmetausch mit, in voneinander getrennten Kreisläufen geführten Fluiden angewärmt und verdampft wird, wobei als Fluid für einen ersten Kreislauf ein Teil des auf Umgebungstemperatur angewärmten Erdgases abgezweigt, arbeitsleistend entspannt, im Wärmetausch mit flüssigem Erdgas kondensiert, auf das Druckniveau des flüssigen Erdgases gepumpt und dem anzuwärmenden Erdgas wieder zugemischt wird.

Aus der deutschen Anmeldung DE-OS 38 36 061 ist ein Verfahren zum Verdampfen von flüssigem Erdgas bekannt. Dort wird als Fluid des ersten Kreislaufes verdampftes und auf Umgebungstemperatur angewärmtes Erdgas verwendet. Dazu wird ein Teilstrom des Erdgases arbeitsleistend entspannt, im Wärmetausch mit flüssigem Erdgas kondensiert und nach Verdichtung auf den Druck des Erdgasstromes dem flüssigen Erdgas zur erneuten Verdampfung wieder zugespeist. In zumindest einem weiteren, getrennten Kreislauf wird ein Fluid geführt, welches im Wärmetausch mit einem Heizmedium verdampft, arbeitsleistend entspannt, gegen anzuwärmendes Erdgas kondensiert und vor seiner erneuten Verdampfung auf erhöhten Druck komprimiert wird.

Sollen beim bekannten Verfahren jedoch Erdgasströme unterschiedlichen Druckes bearbeitet und abgegeben werden, so ist notwendig für jedes gewünschte Druckniveau eine getrennte Anlage zur Verfügung zu stellen. Dadurch erhöht sich die Gesamtzahl der einzusetzenden Anlagenbauteile, was eine Erhöhung des Investitionskostenaufwandes mit sich bringt.

Der vorliegenden Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, das Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß ein geringerer Investitionskostenaufwand, verbunden mit einer gleich guten oder sogar besseren Energierückgewinnung gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Fluid des ersten Kreislaufes nach der arbeitsleistenden Entspannung und Kondensation in Teilströme aufgeteilt wird, wovon der eine auf den Druck des zu verdampfenden Erdgases komprimiert und der zweite parallel zum zu verdampfenden Erdgas, aber getrennt von diesem, durch sämtliche Wärmetauschstufen geführt, dabei verdampft, angewärmt und danach abgegeben wird.

Das Fluid des ersten Kreislaufes, also auf Umgebungstemperatur angewärmtes Erdgas, wird beim erfindungsgemäßen Verfahren auf den gewünschten Abgabedruck entspannt und danach gegen anzuwärmendes flüssiges Erdgas kondensiert. Ein Teilstrom des Fluids wird, wie im bekannten

Verfahren, auf den Druck des flüssigen Erdgasstromes komprimiert und diesem wieder zugemischt. Der weitere Teilstrom dagegen wird parallel zum Weg des Erdgasstromes erneut verdampft und angewärmt und als getrennter Produktgasstrom abgezogen. Der Abzug des Teilstromes erfolgt zweckmäßigerweise nach der Kondensation des Fluids, da nur so bei stark schwankenden Betriebsbedingungen die Zusammensetzung des Produktstromes gleich der Zusammensetzung des in die Anlage gespeisten flüssigen Erdgases ist.

Die aus dem verdampften Erdgasstrom abgezweigte Fluidmenge richtet sich hierbei nach der gewünschten Produktgasmenge, die auf einem niedrigeren Druckniveau als der flüssige Erdgaseinsatzstrom abgegeben werden soll.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich auch flüssige Erdgasströme unterschiedlichen Eingangsdruckes verarbeiten, indem sie auf einen gemeinsamen hohen Druck gebracht werden und der Gesamtstrom im Wärmetausch mit Fluiden mehrerer Kreisläufe verdampft wird.

Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens können vorteilhaft in einer Anlage Produktströme unterschiedlichen Druckes erzeugt werden, ohne die Anzahl der am Verfahren beteiligten Anlagenbauteile gegenüber dem Stand der Technik zu erhöhen.

In Ausgestaltung der Erfindung können auch mehrere Produktströme auf unterschiedlichem Druckniveau erzeugt werden, wofür das Fluid des ersten Kreislaufes mehrstufig arbeitsleistend entspannt wird. Die mehrstufige arbeitsleistende Entspannung kann dabei sowohl durch in Reihe geschaltete Expansionsmaschinen erfolgen, wie auch mit parallel betriebenen Aggregaten durchgeführt werden. Sind die Expansionsmaschinen in Reihe geschaltet, wird zumindest ein Teil des bereits druckreduzierten Fluides weiter entspannt. Werden die Expansionsmaschinen parallel geschaltet, so wird das Fluid auf Zweigströme verteilt, die jeder für sich auf verschiedene Druckniveaus entspannt werden. Beim erfindungsgemäßen Verfahren können auch parallele und serielle Betriebsweisen der Expansionsmaschinen miteinander kombiniert werden.

In einer besonders bevorzugten Verfahrensvariante wird die mehrstufige arbeitsleistende Entspannung durchgeführt, indem das Fluid des ersten Kreislaufes vor seiner arbeitsleistenden Entspannung auf Zweigströme verteilt wird, von denen jeder für sich arbeitsleistend entspannt und in unterschiedlichen Kondensationsstufen kondensiert wird, woraufhin jeweils ein Teilstrom abgezweigt und parallel zum Weg des anzuwärmenden Erdgases erwärmt und abgezogen wird.

Bei der Abwandlung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es keineswegs notwendig, daß von

allen arbeitsleistend entspannten Zweigströmen Teilströme abgetrennt werden, vielmehr besteht die Möglichkeit, daß nicht nach jeder Kondensationsstufe ein Teilstrom abgezweigt und parallel zum zu verdampfenden Erdgas verdampft, angewärmt und abgegeben wird. Ist beispielsweise vorgesehen, das Fluid des ersten Kreislaufes zweistufig arbeitsleistend zu entspannen, so ist, je nach den Verfahrensvorgaben, die Erzeugung eines oder zweier Teilströme auf niedrigerem Druckniveau möglich. Die Erzeugung nur eines Teilstromes impliziert, daß der zweite Zweigstrom nach seiner Kondensation dem zu verdampfenden Erdgas vollständig wieder zugemischt wird.

Diese vorgenannten erfindungsgemäßen Maßnahmen bieten den Vorteil mehrere Erdgasströme unterschiedlichen Druckes in einer Anlage zu erzeugen. Es werden zwar mehr Expansionsturbinen eingesetzt als im einfachsten erfindungsgemäßen Fall, doch es wird die Effizienz des Verfahrens durch feiner abstufbare Wärmeübergänge und vermehrte Energierückgewinnung gesteigert. Gegenüber dem Grundprinzip der Erfindung sieht diese Weiterbildung vor, zunächst Zweigströme des ersten Fluides zu bilden und diese getrennt arbeitsleistend zu entspannen. Die Entspannung erfolgt dabei auf unterschiedliche Druckniveaus, wodurch für die Kondensation der jeweiligen Ströme unterschiedliche Kondensationsstufen, d.h. Wärmetauschstufen, benötigt werden. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, daß der flüssige, zu verdampfende Erdgasstrom durch verfahrensgünstig fein abgestuften indirekten Wärmeaustausch angewärmt und verdampft wird.

In Weiterbildung der Erfindung wird das Fluid des ersten Kreislaufes einstufig arbeitsleistend entspannt.

Als Sonderfall der mehrstufigen Entspannung beinhaltet dieses Vorgehen einen vorteilhaften Aspekt. Die weitere Behandlung des arbeitsleistend entspannten Fluids des ersten Kreislaufes kann dahingehend gewählt werden, daß auf Teilströme verzweigte Zweigströme entfallen, während nurmehr der nach seiner Kondensation vollständig dem zu verdampfenden Erdgas wieder zuzumischende Zweigstrom erhalten bleibt.

Das geschilderte Vorgehen stellt nur einen besonders bevorzugten Spezialfall der Möglichkeiten der mehrstufigen Entspannung dar. In gleicher Weise wie mit den in paralleler arbeitsleistender Entspannung gewonnenen Zweigströmen kann mit den in serieller Betriebsweise erzeugten Zweigströmen verfahren werden, da die Erfindung auf alle mehrstufig arbeitsleistend entspannten Fluidströme anwendbar ist.

Parallel zum ersten Fluidkreislauf wird, in einem zweiten Kreislauf, ein Fluid geführt, welches nach Anwärmung auf Umgebungstemperatur zur

Gewinnung von Energie einstufig arbeitsleistend entspannt wird. Auch diese erfindungsgemäße Ausführung des Verfahrens kann dadurch abgewandelt werden, daß in einem zweiten Kreislauf ein Fluid geführt wird, welches nach Anwärmung auf Umgebungstemperatur in Teilströme zerlegt wird, welche zur Gewinnung von Energie arbeitsleistend entspannt werden.

Besonders günstig ist die Verwendung von Gemischkreisläufen. So wird vorgeschlagen, als Fluid des zweiten Kreislaufes eine C₁/C₂/C₃-Kohlenwasserstoff-Mischung oder eine C₁/C₂-Kohlenwasserstoff-Mischung bzw. eine C₂/C₃-Kohlenwasserstoff-Mischung zu verwenden.

Besonders günstig ist weiterhin als Fluid des zweiten Kreislaufes eine Mischung aus C₁- bis C₆-Kohlenwasserstoffen zu verwenden, wobei der C₂-Anteil weniger als 90 Mol% beträgt. Die Bezeichnungen C₁ bis C₆ kennzeichnen Kohlenwasserstoffe mit einem bis sechs Kohlenstoffatomen.

Die Auswahl des wärmetauschenden Fluids des zweiten Kreislaufes richtet sich dabei nach der Zusammensetzung des zu verdampfenden Erdgasstromes, um den Wärmekontakt der Ströme untereinander besonders effizient zu gestalten und die größtmögliche Energie für die arbeitsleistende Entspannung zur Verfügung zu stellen.

Als Fluide des zweiten Kreislaufes können weiterhin auch Reinstoffe verwendet werden. So ist erfindungsgemäß günstig Ammoniak, Propan oder Fluorchlorkohlenwasserstoffe einzusetzen. Bei letzteren besteht darüberhinaus die Möglichkeit, für das Fluid verschiedene Fluorchlorkohlenwasserstoffe zu mischen.

Wie bereits erwähnt, gilt der Grundsatz, daß, je besser gestaffelt der Wärmeübergang betrieben werden kann, um so günstiger ist die Effizienz des Verfahrens. Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, zwischen dem ersten und dem zweiten Kreislauf einen weiteren Kreislauf einzusetzen, wobei als Fluid dieses Kreislaufes Ethan oder ein anderer Stoff mit ähnlicher Dampfdruckkurve verwendet wird.

Das Fluid des weiteren Kreislaufes wird mit Vorteil einstufig oder mit besonderem Vorzug ebenfalls mehrstufig arbeitsleistend entspannt.

Jedem Verfahren zur Verdampfung von flüssigem Erdgas unter gleichzeitiger Energiegewinnung liegt das Prinzip zugrunde, einem Heizmedium, welches auf höchstem Temperaturniveau am Wärmetausch teilnimmt, die benötigte Energie in Form von Wärme zu entziehen. Besonders günstig für die Erfindung ist, wenn die Erwärmung der Kreislauffluides auf Umgebungstemperatur in der letzten Wärmetauschstufe durch Wärmetausch mit einer Glykol-Wasser-Lösung erfolgt.

Im einfachsten Fall des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Zahl der voneinander getrennten

Kreisläufe auf den ersten Fluidkreislauf und den Kreislauf des Heizmediums beschränkt.

Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, die Fluide des zweiten und/oder dritten Kreislaufes nach ihrer Kondensation gegen anzuwärmendes Erdgas und Pumpen auf erhöhten Druck ganz oder teilweise um die, dem Druckniveau entsprechende Kondensationsstufe zu führen und erst bei der nächsthöheren Wärmetauschstufe am Wärmeübergang zu beteiligen.

Um den Energieinhalt des auf Umgebungstemperatur angewärmten Erdgases optimal zu nutzen, wird weiterhin vorgeschlagen, wenigstens einen Teil dieses angewärmten Erdgases vor seiner Abgabe arbeitsleistend zu entspannen und erneut auf Umgebungstemperatur anzuwärmen.

Die zur Durchführung des Verfahrens eingesetzte Vorrichtung besteht aus Wärmetausch-/Kondensationsstufen, auf unterschiedlichem Temperaturniveau für den Wärmetausch der Kreislauf-Fluide mit dem zu verdampfenden Erdgas, wenigstens einer Heizstufe, in welcher das Erdgas und die Kreislauf-Fluide gegen ein Heizmedium auf die höchste Prozeßtemperatur angewärmt werden, Expansionsmaschinen für die arbeitsleistende Entspannung sowie Pumpen für die erneute Kompression der im Wärmetausch kondensierten Fluide. Je nach den Einsatzmöglichkeiten und abgestimmt auf die Verfahrensbedingung ist es besonders günstig, die Wärmetausch-/Kondensationsstufen als Geradrohrwärmetauscher mit mehreren Rohrwegen bzw. Bündeln, oder als gewickelte Rohrwärmetauscher mit mehreren Rohrwegen auszubilden. Eine weitere Option besteht darin, Geradrohrwärmetauscher mit nur einem Rohrweg einzusetzen. In diesem Fall werden für jede Wärmetausch-/Kondensationsstufe mehrere dieser Wärmetauscher parallel geschaltet.

Das erfindungsgemäße Verfahren sei im weiteren anhand der Figuren 1 und 2 beispielhaft beschrieben.

Figur 1 stellt die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dar, bei welcher neben dem Heizkreislauf und dem ersten Kreislauf ein zweiter Fluidkreislauf eingesetzt wird. Ein flüssiger, unter Druck stehender Erdgasstrom 1 wird in einem Wärmetauscher E1 gegen kondensierendes Erdgas aus der Leitung 2b angewärmt. Dieser flüssige Erdgasstrom kann, wie hier dargestellt, aus Einzelströmen zusammengesetzt werden, die auf einen gemeinsamen hohen Druck gebracht werden. In Wärmetauscher E2 erfolgt eine weitere Erwärmung des zu verdampfenden Erdgasstroms gegen das im Kreislauf der Leitungen 3a, 3b und 3c geführten Fluids eines zweiten Kreislaufes. Die endgültige Anwärmung des Erdgasstromes wird in Wärmetauscher H3A im Gegenstrom zu abzukühlendem Heizmedi-

um aus Leitung 4 vorgenommen. Aus dem gasförmigen, auf Umgebungstemperatur angewärmten Erdgasstrom 1 wird vor seiner Abgabe ein Teil über eine Stichleitung 2a abgezogen, in Expansionsmaschine X1 arbeitsleistend entspannt und im Wärmetauscher/Kondensationsstufe E1 kondensiert. Nach der Kondensation wird ein zur Abgabe bestimmter Teilstrom 2c abgetrennt und parallel zum Erdgasweg in den Wärmetauschern E1, E2 und H3B angewärmt und verdampft. Dieser Teilstrom bildet das Erdgas-Niederdruckprodukt. Das restliche kondensierte Erdgas der Leitung 2b wird, wie beim bekannten Verfahren, mittels Pumpe P1 komprimiert und dem zu verdampfenden flüssigen Erdgasstrom 1 zugemischt. Das Fluid des zweiten Kreislaufs bezieht seine Energie zur Arbeitsleistung und Erdgaserwärmung aus dem in Leitung 4 bereitgestellten Heizmedium. Nach Passieren von Wärmetauscher H3C ist das Fluid des zweiten Kreislaufes verdampft und wird durch die Leitung 3a der Expansionsmaschine X2 zugeführt und arbeitsleistend entspannt. Der resultierende druckverminderte Strom 3b wird daraufhin in Wärmetauscher E2 gegen kondensiertes druckerhöhtes Fluid des zweiten Kreislaufes, den zu erwärmenden Erdgasstrom in Leitung 1 und den parallel anzuwärmenden Erdgas-Niederdruckproduktstrom kondensiert und mittels Pumpe P2 wieder auf erhöhten Druck gebracht. Das zur Anwärmung der Fluide auf höchste Prozeßtemperatur herangezogene Medium wird über Leitung 4 herangeführt, und durch die parallel geschalteten Wärmetauscher H3A (im Wärmekontakt zum zu verdampfenden Erdgas unter hohem Druck), H3B (im Wärmekontakt zum anzuwärmenden Niederdruckprodukt) und Wärmetauscher H3C (im Wärmekontakt zum zu verdampfenden Fluid des zweiten Kreislaufes) geleitet und nach dem Wärmeentzug über Leitung 5 abgezogen.

Unter der Vorgabe, daß zwei Erdgasströme unterschiedlichen Druckes abgegeben werden sollen, erbringt das erfindungsgemäße Verfahren wesentliche Vorteile verglichen mit der einfachsten Verfahrensvariante der DE-OS 38 36 061. Während das erfindungsgemäße Verfahren mit nur einer Verdampfungsanlage auskommt, müssen bei einem Verfahren gemäß dem Stand der Technik zwei getrennte Anlagen eingesetzt werden. Der maschinelle Aufwand wird durch den Einsatz der Erfindung entsprechend halbiert.

Figur 2 zeigt eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem zwei Kreislauf-Fluide mehrstufig arbeitsleistend entspannt werden. In diesem Beispiel werden Erdgasströme, welche unterschiedlichen Vordruck haben, auf einen gemeinsamen erhöhten Druck gebracht und in der gemeinsamen Leitung 1 der Erdgas-Verdampfungsanlage zugeführt. Dieser gemeinsame Strom wird in stufenweisem Wärmekontakt mit den Wärme-

tauschfluiden der Einzelkreisläufe erwärmt und verdampft. Ein Teil des gebildeten Hochdruckproduktes wird in Leitung 2c abgezogen, während der übrige Teil in Expansionsmaschine X4 arbeitsleistend entspannt wird. Das gebildete druckreduzierte Produkt der Leitung 2b wird daraufhin in Wärmetauscher H3E gegen Heizfluid auf Umgebungstemperatur angewärmt. Ein Teil dieses Produktes wird mittels Leitung 2b' abgezogen, während der Anteil, welcher über Leitung 2a abgeführt wird, das Fluid des ersten Kreislaufes bildet. Der Fluidstrom 2a wird zur Energiegewinnung in die Zweigströme 3a und 3b aufgeteilt und diese Ströme werden in den Expansionsmaschinen X1B und X1A auf unterschiedliche Druckniveaus arbeitsleistend entspannt. Der entspannte Zweigstrom 3a wird in Wärmetauscher E1A gegen anzuwärmendes flüssiges Erdgas der Leitung 1 kondensiert. Nach der Kondensation wird ein auf vermindertem Druck befindlicher Teilstrom abgezogen und parallel zum übrigen Erdgasweg angewärmt und verdampft und als Produkt in der Leitung 4 abgezogen. Der übrige kondensierte Anteil wird mittels Pumpe P1A auf den Erdgasdruck komprimiert und dem flüssigen Erdgas vor Durchtritt durch den ersten Wärmetauscher wieder zugemischt. Mit dem entspannten Zweigstrom 3b wird in analoger Weise verfahren, wobei der Wärmetausch bzw. die Kondensation in Wärmetauscher E1B der Ströme auf einem höheren Temperatur/Wärmetausch-Niveau stattfindet. Dies ist begründet in der Tatsache, daß jedem Druckniveau eine ihm zugeordnete Wärmetausch/Kondensationsstufe des Fluides entspricht. So muß zur Kondensation des Fluides mit niedrigstem Druck die Wärmetauschstufe auf niedrigstem Temperaturniveau herangezogen werden, während mit steigendem Druck die Kondensations-/Wärmetauschstufen auf höherem Temperaturniveau beschickt werden können.

Das Fluid des zweiten Kreislaufes wird ebenfalls zweistufig arbeitsleistend entspannt, indem der die Heizstufe H3D verlassende verdampfte Fluidstrom 6 auf Zweigströme 6a und 6b verteilt wird. Diese werden mittels Expansionsmaschinen X2A und X2B auf unterschiedliche Drücke gebracht, entsprechend ihrem Druckniveau in den Kondensationsstufen E2A und E2B gegen anzuwärmendes Erdgas und Fluid kondensiert und nach Verdichtung auf einen gemeinsamen Druck in den Pumpen P2A und P2B wieder vermischt. Das Fluid des dritten Kreislaufes 7 wird nach Verdampfung in Heizstufe H3F mittels Expansionsmaschine X3 einstufig arbeitsleistend entspannt und in Kondensationsstufe E3 gegen Erdgas unterschiedlichen Druckes kondensiert. Nach Verdichtung in P3 auf den Ausgangsdruck und Durchlaufen der Wärmetauschstufen E3 und H3F schließt sich der Kreislauf. Analog zu den beiden ersten Kreislauffluiden

kann auch das Fluid des dritten Kreislaufes mehrstufig entspannt werden.

Die zur Energiegewinnung und Verdampfung von Erdgas benötigte Wärme entstammt einem Heizkreislauf, welcher durch die Leitungen 8 und 9 angedeutet ist. Das warme Heizmedium 8 wird auf die Heizstufen H3A bis H3F verteilt und gibt dort seine Wärme an die verdampften Erdgasproduktströme unterschiedlichen Druckes und die Fluide des ersten bis dritten Kreislaufes ab. Das abgekühlte Heizmedium wird mittels Leitung 9 abgezogen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verdampfen von flüssigem, unter Druck stehendem Erdgas mit Energiegewinnung, indem das flüssige Erdgas in mehrstufigem Wärmetausch mit in voneinander getrennten Kreisläufen geführten Fluiden angewärmt und verdampft wird, wobei als Fluid für einen ersten Kreislauf ein Teil des auf Umgebungstemperatur angewärmten Erdgases abgezweigt, arbeitsleistend entspannt, im Wärmetausch mit flüssigem Erdgas kondensiert, auf das Druckniveau des flüssigen Erdgases gepumpt und dem anzuwärmenden Erdgas wieder zugemischt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Fluid des ersten Kreislaufes nach der arbeitsleistenden Entspannung und Kondensation in zwei Teilströme aufgeteilt wird, wovon der eine auf den Druck des zu verdampfenden Erdgases komprimiert und mit diesem vermischt wird und der zweite parallel zum zu verdampfenden Erdgas, aber getrennt von diesem durch sämtliche Wärmetauschstufen geführt, dabei verdampft, angewärmt und danach abgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Fluid des ersten Kreislaufes vor seiner arbeitsleistenden Entspannung auf Zweigströme verteilt wird und nach deren Kondensation in unterschiedlichen Kondensationsstufen aus wenigstens einem arbeitsleistend entspannten Zweigstrom ein Teilstrom abgezweigt und parallel zum Weg des anzuwärmenden Erdgases erwärmt und abgezogen wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nicht nach jeder Kondensationsstufe ein Teilstrom abgezweigt und parallel zum zu verdampfenden Erdgas verdampft und angewärmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Fluid das

- ersten Kreislaufes einstufig arbeitsleistend entspannt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in einem zweiten Kreislauf ein Fluid geführt wird, welches nach Anwärmung auf Umgebungstemperatur zur Gewinnung von Energie einstufig arbeitsleistend entspannt wird. 5
6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in einem zweiten Kreislauf ein Fluid geführt wird, welches nach Anwärmung auf Umgebungstemperatur in Teilströme zerlegt wird, welche zur Gewinnung von Energie arbeitsleistend entspannt werden. 10
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluid des zweiten Kreislaufes eine Mischung aus C₁- bis C₆-Kohlenwasserstoffen verwendet wird, wobei der C₂-Kohlenwasserstoff-Anteil weniger als 90 Mol% beträgt. 20
8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluid des zweiten Kreislaufes eine C₁/C₂/C₃-Kohlenwasserstoff-Mischung verwendet wird. 25
9. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluid des zweiten Kreislaufes eine C₁/C₂-Kohlenwasserstoff-Mischung oder eine C₂/C₃-Kohlenwasserstoff-Mischung verwendet wird. 30
10. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluid des zweiten Kreislaufes Propan verwendet wird. 35
11. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluid des zweiten Kreislaufes Ammoniak verwendet wird. 40
12. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluid des zweiten Kreislaufes ein Fluorchlorkohlenwasserstoff verwendet wird. 45
13. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluid des zweiten Kreislaufes eine Mischung aus Fluorchlorkohlenwasserstoffen verwendet wird. 50
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem ersten und dem zweiten Kreislauf ein weiterer Kreislauf eingesetzt wird, wobei als Fluid dieses Kreislaufes Ethan oder ein anderer Stoff mit ähnlicher Dampfdruckkurve verwendet wird. 55
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Fluid des weiteren Kreislaufes einstufig arbeitsleistend entspannt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Fluid des weiteren Kreislaufes mehrstufig arbeitsleistend entspannt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung der Kreislaufstoffe auf Umgebungstemperatur in der letzten Wärmetauschstufe durch Wärmetausch mit einer Glykol-Wasser-Lösung erfolgt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluide des zweiten und/oder dritten Kreislaufes nach ihrer Kondensation gegen anzuwärmendes Erdgas und Pumpen auf erhöhten Druck ganz oder teilweise um die Kondensationsstufe geführt werden und erst bei der nächsthöheren Wärmetauschstufe am Wärmeübergang beteiligt sind.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teil des auf Umgebungstemperatur angewärmten Erdgases vor seiner Abgabe arbeitsleistend entspannt und wieder angewärmt wird.
20. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 - 19, bestehend aus Wärmetausch-/Kondensationsstufen für den Wärmetausch der Fluide der Kreisläufe, wenigstens einer Heizstufe für den Wärmetausch der Kreislaufstoffe mit dem Heizmedium, Expansionsmaschinen und Pumpen, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetausch-/Kondensationsstufen der Fluide als Geradrohrwärmetauscher mit mehreren Rohrwegen bzw. Bündeln ausgebildet sind.
21. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 - 19, bestehend aus Wärmetausch-/Kondensationsstufen für den Wärmetausch der Fluide der Kreisläufe, wenigstens einer Heizstufe für den Wärmetausch der Kreislaufstoffe mit dem Heizmedium, Expansionsmaschinen und Pumpen, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetausch-/Kondensationsstufen als gewickelte Rohrwärmetauscher mit mehreren Rohrwegen ausgebildet sind.

22. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 - 19, bestehend aus Wärmetausch-/Kondensationsstufen für den Wärmetausch der Fluideder Kreisläufe, wenigstens einer Heizstufe für den Wärmetausch der Kreislauffluidе mit dem Heizmedium, Expansionsmaschinen und Pumpen, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetausch-/Kondensationsstufen als Geradrohrwärmetauscher mit einem Rohrweg ausgebildet sind und für jede Kondensationsstufe mehrere Wärmetauscher parallel geschaltet sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

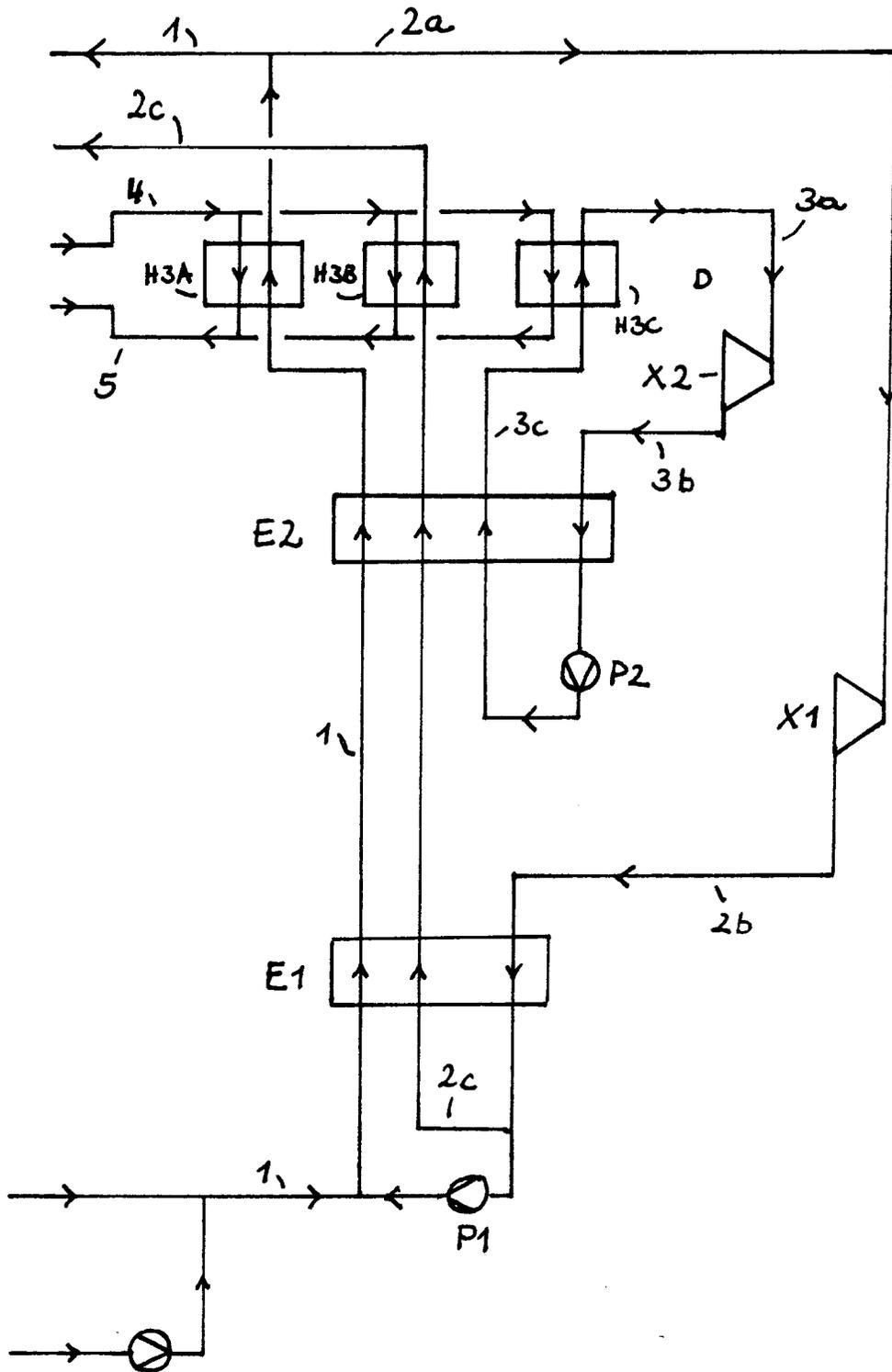
45

50

55

7

FIG. 1





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A,D	DE-A-3 836 061 (LINDE) * Auszug *** Spalte 2, Zeile 7 - Zeile 28 *** Spalte 3, Zeile 1 - Spalte 4, Zeile 23 *** Abbildungen 1-3 ** - - -	1,4,5,7, 9-11,19	F 17 C 9/04 F 01 K 23/10
A	EP-A-0 059 955 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS) * Auszug *** Seite 3, Zeile 23 - Seite 9, Zeile 2 *** Abbildung 1 ** - - - - -	1,5,8,10, 13,21	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 17 C F 01 K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	18 November 91	SIEM T.D.	
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	