

(19)



(11)

EP 2 369 279 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.09.2011 Patentblatt 2011/39

(51) Int Cl.:
F25J 1/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10002650.9**

(22) Anmeldetag: **12.03.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA ME RS

(72) Erfinder:
• **Berger, Eginhard**
82065 Baierbrunn (DE)
• **Walther-Longrée, Stephan**
22085 Hamburg (DE)

(71) Anmelder: **Ph-th Consulting AG**
6300 Zug (CH)

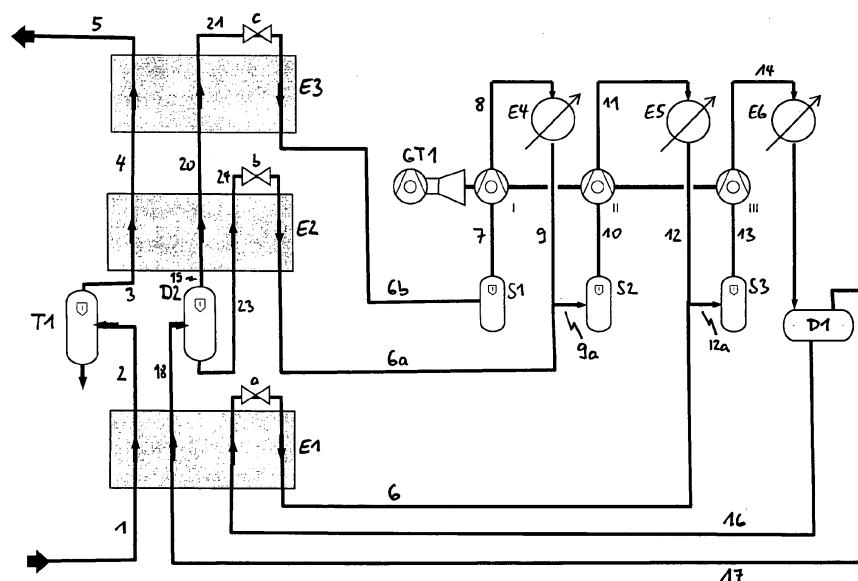
(74) Vertreter: **UEXKÜLL & STOLBERG**
Patentanwälte
Beselerstrasse 4
22607 Hamburg (DE)

(54) **Verfahren zur Kühlung oder Verflüssigung eines an Kohlenwasserstoffen reichen Stromes und Anlage zur Durchführung desselben**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kühlung oder Verflüssigung eines an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms durch indirekten Wärmetausch mit dem Kältemittelgemisch eines Kältemittelgemischkreislaufs, wobei

- der an Kohlenwasserstoffen reiche Strom (1,2) durch mindestens einen Wärmetauscher mit mindestens zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Wärmetauschersektionen (E1,E2,E3) geleitet wird,
- jeder Wärmetauschersektion mindestens eine aus einer Mehrzahl von Kältemittelgemischfraktionen (16,17,19,20) zugeleitet wird,

c. die mehreren Fraktionen des Kältemittelgemischs in einem mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichter (I,II,III) verdichtet werden und in den Wärmetauscher rückgeführt werden, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die aus den Wärmetauschersektionen austretenden Kältemittelgemischfraktionen (6,6a,6b) den einzelnen Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters (I,II,III) auf deren Saugseite zumindest teilweise getrennt zugeleitet werden, eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens und ein Verfahren zum Betrieb eines mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichters nach obigem Prinzip.

Figur 3**EP 2 369 279 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verflüssigung von an Kohlenwasserstoffen reichen Strömen, insbesondere Erdgas, und eine Anlage zur Durchführung desselben.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind eine große Anzahl verschiedener Verfahren zum Verflüssigen von Kohlenwasserstoff-reichen Strömen wie Erdgas bekannt.

[0003] Anlagen zur Durchführung dieser Verfahren, nachstehend auch kurz Erdgasverflüssigungsanlagen, werden entweder als sogenannte LNG-Baseload-Anlagen, d. h. Anlagen zur Verflüssigung von Erdgas zur Versorgung mit Erdgas als Primärenergie, oder als sogenannte Peak-Shaving-Anlagen ausgelegt, d. h. Anlagen zur Verflüssigung von Erdgas zur Deckung von Spitzenbedarf.

[0004] LNG-Baseload-Anlagen werden im Regelfall mit Kältekreisläufen betrieben, wobei die in den Kältekreisläufen zirkulierenden Kältemittelgemische aus Kohlenwasserstoffgemischen bestehen. Derartige Gemischkreisläufe sind energetisch effizienter als sogenannte Expander-Kreisläufe und ermöglichen bei den großen Verflüssigungsleistungen der LNG-Baseload-Anlagen entsprechend relativ niedrige Energieverbräuche.

[0005] Aus dem Stand der Technik sind ferner sogenannte "Single-Flow-Prozesse" bekannt, bei denen die für die Verflüssigung benötigte Kälteenergie mittels eines einzigen Kältemittelgemischkreislaufes bereitgestellt wird (im Gegensatz zu sogenannten Kältemittelkreislaufkaskaden mit mehreren Kreisläufen mit Kältemittelgemischen unterschiedlicher Zusammensetzung). Diese Verfahren benötigen im Allgemeinen eine geringere Anzahl von Apparaten und Maschinen - verglichen mit den Kältemittelkreislaufkaskadenanlagen - weshalb die Investitionskosten bei Verflüssigungsanlagen mit einer Kapazität bis zu etwa 2,5 Mega Tonnen LNG (= Liquefied Natural Gas = verflüssigtes Erdgas) im Jahr (abhängig von den jeweils verfügbaren maximalen Kompressorleistungen) im Vergleich mit Prozessen mit mehreren Kältemittel(gemisch)kreisläufen geringer sind. Desweiteren ist der Betrieb derartiger Prozesse vergleichsweise einfach. Nachteilig ist jedoch, dass der spezifische Energiebedarf für die Verflüssigung im Vergleich mit Prozessen mit mehreren Kältemittel(gemisch)kreisläufen höher ist.

[0006] Ein solches Single-Flow-Verfahren ist beispielsweise aus US 5,535,594 bekannt. Dort wird so vorgegangen, dass die höher siedende Kältemittelgemischfraktion, also das Sumpfprodukt einer Destillationskolonne, zur Vorkühlung des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes und der tiefer siedenden Kältemittelgemischfraktion sowie zur Kühlung gegen sich selbst verwendet wird. Die tiefer siedende Kältemittelgemischfraktion, also das Kopfprodukt des Rücklaufabscheiders, wird, nachdem sie durch die höher siedende Kältemittelgemischfraktion vorgekühlt worden ist, zur Verflüssigung und Unterkühlung des zu verflüssigenden

Kohlenwasserstoff-reichen Stromes und zur Kühlung gegen sich selbst verwendet.

[0007] Ein weiterer Single-Flow-Prozess wird unter der Bezeichnung LI-MUM[®] von der Firma Linde angeboten. Die wesentlichen Komponenten dieses Verfahrens, das zur Erzeugung von 0,2 - 1,0 mt (Megatonnen) pro Jahr verflüssigtem Erdgas geeignet ist, sind

- ein spiralgewickelter Wärmetauscher, in dem im Wärmetausch mit verschiedenen Fraktionen eines Kältemittelgemischkreislaufs Erdgas vorgekühlt, verflüssigt und unterkühlt wird,
- ein im mittleren Druckbereich betriebener Kältemittelabscheider, wobei die daraus gewonnene Flüssigkeit nach Joule-Thomson-Entspannung im unteren Abschnitt des Wärmetauschers die Vorkühlung liefert,
- ein Hochdruckkältemittelabscheider, wobei die daraus gewonnene Flüssigkeit im unteren Abschnitt des Wärmetauschers das Erdgas kühlt und teilweise kondensiert,
- ein Tieftemperaturkältemittelabscheider, wobei die daraus gewonnene Flüssigkeit nach Joule-Thomson-Entspannung zur Erdgasverflüssigung verwendet wird, während der gasförmige Kältemittelstrom aus dem Tieftemperaturkältemittelabscheider verwendet wird, um nach Kondensation und Joule-Thomson-Entspannung im oberen Bereich des Wärmetauschers das verflüssigte Gas zu unterkühlen.
- Ferner wird beim LIMUM[®]-Prozess der kombinierte Kältemittelstrom aus dem Boden des Wärmetauschers in einem zweistufigen Verdichter komprimiert, wobei Zwischen- und Nachkühlung gegen Luft oder Wasser eingesetzt werden.

[0008] Eine weitere Ausführungsform des herkömmlichen Verfahrens mit einem dreistufigen Verdichter ist in Figur 1 gezeigt. Dies wird nachfolgend detailliert beschrieben.

[0009] Der zu verflüssigende Strom wird über Leitung 1 einem Wärmetauscher E1 zur Vorkühlung zugeführt und in diesem gegen den anzuwärmenden Kältemittelkreislaufstrom vorgekühlt.

[0010] Anschließend wird der so vorgekühlte Strom über Leitung 2 gegebenenfalls einem Abscheider zugeführt. In diesem werden gegebenenfalls vorhandene tiefer siedende Kohlenwasserstoffe entfernt. Falls erforderlich, geschieht das Abtrennen von höher siedenden Kohlenwasserstoffen dadurch, dass eine sogenannte HHC (Heavy Hydrocarbon)-Kolonne, die der Trennung der schweren Kohlenwasserstoffe sowie von Benzol aus dem zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Strom dient, vorgesehen wird. Derartige Verfahrenskomponenten sind beispielsweise in der DE 197 16 415 be-

schrieben; siehe beispielsweise deren Figur 2 sowie die zugehörige Beschreibung. Oftmals werden zudem diejenigen Kohlenwasserstoffe, die den Heizwert des verflüssigten Stroms, insbesondere Erdgas, unerwünscht erhöhen würden, vor der Verflüssigung abgetrennt.

[0011] Das Kopfprodukt des Abscheiders wird über Leitung 3 einem weiteren Wärmetauscher E2 zugeführt und darin gegen einen weiteren Teilstrom des Kältemittelkreislaufs verflüssigt. Sodann wird der verflüssigte Strom über Leitung 4 einem weiteren Wärmetauscher E3 zugeführt und darin gegen einen weiteren Teilstrom des Kältemittelkreislaufs unterkühlt. Schließlich wird der verflüssigte und unterkühlte Strom über Leitung 5 abgezogen und der Lagerung bzw. weiteren Verarbeitung, z. B. einer Stickstoffabtrennung, zugeführt.

[0012] Bezogen auf Kältemittelkreislauf gilt Folgendes. Der aus dem Wärmetauscher E1 über Leitung 6 abgezogene warme Kältemittel(gemisch)strom wird zunächst einem Saugbehälter S1 zugeführt. Dieser dient dem Schutz der ersten Verdichterstufe des dreistufigen Kreislaufverdichters, der aus den Turboverdichterstufen I, II und III besteht, die mittels einer Gasturbine GT1 oder eines elektrischen Motors angetrieben werden können.

[0013] Über Leitung 7 wird das zu verdichtende Kältemittel dann dem ersten Turboverdichter zugeführt und auf der Austrittseite über Leitung 8 sodann einem Kühler E4 zugeleitet. Dieser Kühler kann mit Meer- oder Kühlwasser, Luft oder jedem anderen geeigneten Kühlmedium betrieben werden. Entsprechendes gilt für die weiteren Kühler E5 und E6 des mehrstufigen Kreislaufverdichters.

[0014] Das gekühlte Kältemittel wird dann über Leitung 9 dem Saugbehälter S2 zugeführt. Dieser dient dazu, zu vermeiden, dass eine an dieser Stelle des Kreislaufs möglicherweise entstandene flüssige Phase des Kältemittels in die Verdichterstufe II eintritt. Derartige Behälter und ihre Verwendung sind an sich bekannt. Sodann wird das Kältemittel über Leitung 10 der weiteren Verdichterstufe II zugeführt, von wo es über Leitung 11 weiter komprimiert in den Kühler E5 tritt, dort teilweise kondensiert und anschließend über Leitung 12 in den dritten Saugbehälter S3 eintritt, der gleichzeitig als Abscheider dient und der die gleiche Funktion ausübt wie Saugbehälter S2. Von dort wird der Kältemittelstrom über Leitung 13 der dritten Verdichterstufe III zugeführt und gelangt weiter über Leitung 14 in den Kühler E6, wobei er teilweise kondensiert, und von da in den Rückführabscheider D1.

[0015] Das Sumpfprodukt des Abscheiders D1 wird über Leitung 26 nach Druckreduzierung in Ventil d dem Strom in Leitung 12 zugeführt.

[0016] Das Sumpfprodukt des Abscheiders S3 wird über Leitung 16 in den Wärmetauscher E1 geleitet, dort gegen den gesamten Kältemittelstrom abgekühlt und anschließend im Ventil a entspannt. Sodann wird diese entspannte Kältemittelfraktion der über Leitung 25 aus Wärmetauscher E2 austretenden Kältemittelfraktion zugemischt, bevor diese dann gemeinsam in den Wärmetau-

scher E1 eintreten.

[0017] Das Kopfprodukt des Abscheiders D1 wird über Leitung 17 ebenfalls in den Wärmetauscher E1 geleitet und dort gegen sich selbst abgekühlt und tritt sodann über Leitung 18 in den Abscheider D2 ein.

[0018] Das Sumpfprodukt des Abscheiders D2 wird über Leitung 23 durch Wärmetauscher E2 geleitet, dort weiter gegen den Kältemittelstrom 25 gekühlt und über Leitung 21 in einem Joule-Thomson Ventil b entspannt. Der entspannte Strom wird mit dem Kältemittelstrom 22 aus E3 gemischt. Gemeinsam bilden sie den Kältemittelstrom 25 in E2.

[0019] Das Kopfprodukt aus Abscheider D2 wird durch die Wärmetauscher E2 und E3 geleitet und dabei gegen Strom 25 bzw. 22 weiter abgekühlt, verflüssigt und unterkühlt und schließlich zur Darstellung der für den Prozess notwendigen, niedrigsten Temperatur im Ventil c entspannt. Sodann wird diese entspannte Kältemittelfraktion im Gegenstrom durch den Wärmetauscher E3 geleitet, um so zum Einen die Verflüssigung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms sowie die Eigenkühlung des Kältemittels zu bewirken. Dabei geht sie selbst durch Verdampfung und Anwärmung vom überwiegend Flüssigkeits- in den Gaszustand über.

[0020] In Leitung 22 wird diese Kältemittelfraktion sodann mit dem Sumpfprodukt aus dem Abscheider D2 vereint. Dieses wurde zuvor über Leitung 23 im Wärmetauscher E2 gekühlt und im Ventil b entspannt. Nach Durchfluss dieser vereinten Kühlmittelfraktion durch Wärmetauscher E2 wird sie, wie vorstehend bereits erwähnt, mit der in Ventil a entspannten Kältemittelfraktion vereinigt und nach gemeinsamen Passieren von Wärmetauscher E1 der Verdichtereinheit zugeführt.

[0021] In Figur 2 ist eine weitere Ausführungsform dieses herkömmlichen Verfahrens gezeigt, bei der die Wärmetauscher E3, E2 und E3 in Form gewickelter Wärmeaustauscher ausgestaltet sind. Dadurch entfallen die Leitungen 22 und 25 aus Figur 1.

[0022] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Nachteile zu vermeiden, die mit den vorstehend beschriebenen Verfahren des Standes der Technik verbunden sind und insbesondere ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das mit weniger Energieverbrauch und kostengünstiger als im Stand der Technik betrieben werden kann.

Zusammenfassung der Erfindung

[0023] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kühlung oder Verflüssigung eines an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms durch Wärmetausch mit dem Kältemittelgemisch eines Kältemittelgemischkreislaufs, wobei

- a) der an Kohlenwasserstoffen reiche Strom durch mindestens einen Wärmetauscher mit mindestens zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Wärmeaustauschersektionen geleitet wird,

b) jeder Wärmetauschersektion mindestens eine aus einer Mehrzahl von Kältemittelgemischfraktionen zugeleitet wird (wobei die Temperatur des Kältemittelgemischs durch Kühlung gegen sich selbst und Entspannung erniedrigt wird),

c) die mehreren Fraktionen des Kältemittelgemischs in einem mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichter verdichtet werden und in den Wärmetauscher rückgeführt werden,

wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass die aus den Wärmetauschersektionen austretenden Kältemittelgemischfraktionen den einzelnen Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters auf deren Saugseite zumindest teilweise getrennt zugeleitet werden

[0024] Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Anlage zur Durchführung des obigen Verfahrens, die

a) mindestens einen Wärmetauscher mit mindestens zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Wärmetauschersektionen (E1, E2, E3), durch die der an Kohlenwasserstoffen reiche Strom geleitet wird,

b) Vorrichtungen zur Durchleitung des Kältemittelgemischs in mindestens einer aus einer Mehrzahl von Fraktionen (16, 17, 20, 23) durch die Wärmetauschersektionen (wobei die Temperatur des Kältemittelgemischs dabei durch Kühlung gegen sich selbst und Entspannung (a, b, c) erniedrigt wird), und

c) einen mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichter (I, II, III), in dem die mehreren Fraktionen des Kältemittelgemischs verdichtet werden, sowie Vorrichtungen zur Rückführung des Kältemittelgemischs (16, 17) in den Wärmetauscher aufweist,

wobei die Anlage dadurch gekennzeichnet ist, dass sie ferner Mittel aufweist, durch die die aus den Wärmetauschersektionen austretenden Kältemittelgemischfraktionen den einzelnen Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters zumindest teilweise getrennt zugeleitet werden (6, 6a, 6b).

[0025] Schließlich betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines mehrstufigen Verdichters eines Kältemittelkreislaufs, bei dem ein Kältemittelgemisch, dass in mindestens einer aus einer Mehrzahl von Fraktionen (16, 17, 20, 23) durch die aufeinanderfolgenden Wärmetauschersektionen mindestens eines Wärmetauschers geleitet worden ist, den einzelnen Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters (I, II, III) auf deren Saugseite zumindest teilweise getrennt zugeleitet wird (6, 6a, 6b).

[0026] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen offenbart.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren ist mit den folgenden Vorteilen verbunden. Zum Einen ist der Ener-

giebedarf geringer als bei den Verflüssigungs- und Kühlverfahren des Standes der Technik. Dadurch ist die Umweltbelastung geringer. Sämtliche Wärmetauscherstufen können kleiner ausgelegt werden als im Stand der Technik. Dies gilt auch für den verwendeten Kompressor und die Gasturbine. Dadurch ist das erfindungsgemäße Verfahren insgesamt mit geringeren Kosten verbunden als herkömmliche Verfahren des Standes der Technik.

10 Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0028] In der vorliegenden Beschreibung werden der Einfachheit halber auch die Begriffe "Kältemittel" und "Kältemittelkreislauf" verwendet, um Kältemittelgemische und den erfindungsgemäßen Kältemittelgemischkreislauf zu beschreiben. Darunter fallen insbesondere mehrphasige Kältemittelgemische und Kältemittel, die aus einer oder mehreren verschiedenen chemischen Komponenten bestehen.

20 **[0029]** Dies sind im Allgemeinen Mischungen aus mehreren der Komponenten Stickstoff, Methan, Ethan, Ethen, Propan, Propen, Butan, z.B. n-Butan oder iso-Butan und Pentan, z.B. n-Pentan oder iso-Pentan in einer für den Verflüssigungsprozess optimierten Zusammensetzung. Z.B. kann ein Kältemittelgemisch verwendet werden, das eine Kombination von Stickstoff, Methan, Ethan, Propan, Butan und gegebenenfalls auch Pentan enthält. Die Temperaturen im Kältemittelkreislauf liegen im Bereich der örtlichen Umgebungstemperatur bis 50°C oder höher nach den Verdichterstufen, bis hinunter zu etwa -160° C oder darunter. Der Druckbereich liegt etwa zwischen einem und 50 bar.

30 **[0030]** Ferner werden die Begriffe "Kältemittelgemischfraktion" und "Kältemittelgemischstrom" oder auch nur kurz "Fraktion" bzw. "Strom" hierin synonym verwendet. Sie bezeichnen einen Teil des ein- oder mehrphasigen Kältemittelgemischs in einem Teilabschnitt des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. in einem Teil der erfindungsgemäßen Anlage, z.B. eine Fraktion in Wärmetauscher E1 oder Wärmetauscher E2.

40 **[0031]** Mit "Wärmetauschersektion" wie hierin verwendet sind einzelne Wärmetauscher oder einzelne Teilabschnitte (Sektionen) eines Wärmetauschers gemeint, die innerhalb einer insgesamt nach außen isolierten Anlage ("Kältebox") oder einzeln isoliert angeordnet sein können. Dies ist dem Fachmann bekannt. Nachfolgend werden die Begriffe "Wärmetauschersektion" und "Wärmetauscher" insoweit auch synonym verwendet.

50 **[0032]** Die Begriffe "Kompressor" und "Verdichter" werden synonym verwendet.

[0033] Ferner ist der Begriff "Kältebox" im Stand der Technik wohlbekannt. Der Begriff bezeichnet eine isolierte Tieftemperaturapparatur, die Fluide auf tiefe Temperaturniveaus abkühlt, z. B. bis zu -40°C bis -190°C oder darunter.

55 **[0034]** Unter einem Joule-Thomson-Ventil wird ein Ventil verstanden, durch das eine Flüssigkeit, Gas oder Flüssig-Gas-Mischung adiabatisch expandiert, was zu

einer Temperaturniedrigung führt.

[0035] Auf die Beschreibung etwaiger Vorbehandlungsschritte des an Kohlenwasserstoffen reichen Stromes vor der Kühlung bzw. Verflüssigung, wie z. B. Sauer-
 5 ergasentfernung und/oder Quecksilberentfernung, Entfernung von schweren Kohlenwasserstoffen etc., wird vorliegend nicht weiter eingegangen. Diese Aspekte sind Fachleuten bekannt.

[0036] Allgemein wird erfindungsgemäß so vorgegangen, dass der gegebenenfalls vorbehandelte, zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Strom, insbesondere Erdgas, einem ersten Wärmetauscher E1 zugeführt wird. In diesem Wärmetauscher erfolgt eine Vorkühlung des Stromes gegen das Kältemittel. Anschließend wird der derart vorgekühlte Strom einem zweiten Wärmetauscher E2 zugeführt und in diesem gegen das Kältemittel in diesem Wärmetauscher weiter abgekühlt und verflüssigt. Zuletzt wird der verflüssigte Strom einem dritten Wärmetauscher E3 zugeführt und in diesem gegen das darin vorhandene Kältemittel unterkühlt. Der so verflüssigte und unterkühlte Kohlenwasserstoff-reiche Strom, insbesondere Erdgas, wird anschließend über eine geeignete Leitung seiner weiteren Verwendung, beispielsweise einer Zwischenlagerung, zugeleitet. Dies ist in den Figuren nicht näher dargestellt. Bei der Kühlung und Verflüssigung wird der Joule-Thomson-Effekt genutzt.

[0037] Die Druckentspannung in den jeweiligen Wärmetauschern kann somit erfindungsgemäß mittels Joule-Thomson-Ventilen oder mittels hydraulischen Expandern in Kombination mit Joule-Thomson-Ventilen oder mittels zweiphasiger Expander erfolgen. Derartige Vorrichtungen sind an sich im Stand der Technik bekannt. Letztere sind beispielsweise in der DE 103 55 935 A1 beschrieben.

[0038] Erfindungsgemäß wird das Kältemittel, das aus den drei Wärmetauschereinheiten E1, E2 und E3 austritt, einem mehrstufigen Verdichter für den Kältemittelgemischkreislauf zugeführt, der insbesondere drei Verdichterstufen I, II und III oder noch mehr Stufen, z. B. vier, fünf oder sechs Stufen umfasst. Dabei wird erfindungsgemäß so vorgegangen, dass die aus dem jeweiligen Wärmetauscher austretenden Kältemittelströme den Kreislaufverdichterstufen jeweils getrennt zugeführt werden.

[0039] Dabei können die Kältemittelströme jedoch innerhalb des Kreislaufverdichters, d.h. dem Teil der Anlage, der die einzelnen Verdichter, Saugbehälter zu deren Schutz sowie erforderliche Kühler umfasst, insoweit miteinander kombiniert werden, als ein Kältemittelstrom, der bereits eine Verdichterstufe durchlaufen hat, mit einem anderen Kältemittelstrom, der noch keine Verdichterstufe durchlaufen hat, kombiniert werden kann. Danach durchläuft der so vereinigte Strom eine weitere, stromabwärts gelegene Verdichterstufe. Insoweit werden die Kältemittelströme den einzelnen Stufen des Kreislaufverdichters insgesamt gesehen "zumindest teilweise getrennt" zugeführt. Mit anderen Worten, die aus den Wärmetauschereinheiten austretenden Ströme des

Kältemittels werden jedenfalls so lange nicht vereinigt, wie nicht mindestens ein Strom verdichtet worden ist.

[0040] Die Wärmetauschersektionen E1, E2 und E3 können jeweils in weitere Sektionen unterteilt werden, wobei die Kältemittelströme in analoger Weise den ebenfalls weiter unterteilten Verdichterstufen zugeleitet werden.

[0041] Die Erfindung wird nachstehend beispielhaft in Bezug auf Figur 3 detailliert erörtert, wobei insbesondere auf die Unterschiede zu dem herkömmlichen Verfahren abgestellt wird, dass in Figur 1 gezeigt ist.

[0042] Bezüglich der Kühlung und Verflüssigung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stromes in den Leitungen 1 bis 5 nach Durchtritt durch die Wärmetauscher E1, E2 und E3 kann auf die vorstehende Beschreibung zu Figur 1 verwiesen werden.

[0043] Im Gegensatz zu dem herkömmlichen Verfahren gemäß Figur 1 wird erfindungsgemäß bei der Führung und Komprimierung des Kältemittelgemischs so vorgegangen, dass das über Leitung 16 in den Wärmetauscher E1 eintretende Bodenprodukt des (Hochdruck-) abscheiders D1 nach Kühlung gegen sich selbst und Entspannung im Ventil a nun nicht stromaufwärts, bezogen auf Wärmetauscher E1 und die Anordnung des Ventils a, mit einer weiteren Kältemittelfraktion kombiniert wird, sondern nach Durchtritt von Wärmetauscher E1 (zur Eigenkühlung und Vorkühlung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms (1)) über Leitung 6 mit aus dem Kühler E5 über Leitung 12 austretenden und bereits komprimierten Kältemittelfraktion kombiniert und über Leitung 12a in den Saugbehälter S3 geleitet wird. Von dort aus wird diese kombinierte Kältemittelfraktion über Leitung 13 der Saugseite der Verdichtereinheit III zugeführt und weiter komprimiert.

[0044] Ferner wird der aus dem (Hochdruck-)abscheider D1 austretene Kopfproduktstrom 17 nach Passieren des Wärmetauschers E1, in dem er gegen sich selbst gekühlt wird, zwar ebenso wie bei dem herkömmlichen Verfahren in den Abscheider D2 geleitet und dort in zwei Ströme aufgeteilt, die über die Leitungen 19 (Kopfprodukt) bzw. 23 (Sumpfprodukt) in den Wärmetauscher E2 geleitet werden.

[0045] Allerdings wird erfindungsgemäß die in Wärmetauscher E2 weiter gegen sich selbst gekühlte und über Leitung 24 durch Ventil b entspannte Bodenproduktfraktion des Abscheiders D2 nicht wie bei dem herkömmlichen Verfahren mit der nach Passieren des Wärmetauschers E3 und Entspannung in Ventil c ebenfalls weiter gekühlten Kopfproduktfraktion aus Abscheider D2 kombiniert. Stattdessen wird die über Ventil b entspannte Fraktion über Leitung 6a nach Durchlaufen des Wärmetauschers E2 (zur Eigenkühlung und Verflüssigung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms (3)) über die Leitungen 6a und 9a dem Saugbehälter S2 zugeführt. Erst an dieser Stelle, d. h. stromabwärts von Wärmetauscher E2, wird diese Fraktion mit der Kältemittelfraktion kombiniert, die über Leitung 6b aus dem Wärmetauscher E3 austritt und nach Passieren des Saugbehälters S1 und

Verdichtung in Verdichterstufe I in Kühler E4 bereits vorgekühlt worden ist.

[0046] Sodann durchläuft diese kombinierte Kältemittelfraktion die zweite Verdichterstufe II und wird, wie vorstehend bereits erwähnt, nach weiterer Kühlung in Kühler E5 mit der über Leitung 6 aus dem Wärmetauscher E1 austretenden Fraktion vereinigt.

[0047] Diese Verfahrensführung führt zu den oben bei der zusammenfassenden Darstellung der Erfindung erwähnten Vorteilen. Insbesondere vermeidet das erfindungsgemäße Verfahren, dass die Ansaugleitung für das Kältemittelgemisch zur ersten Stufe des Kältemittelkreislaufverdichters mit einem so großen Durchmesser ausgelegt werden muss wie beim Verfahren des Standes der Technik. Denn wie zuvor detailliert erörtert, werden bei dem Verfahren des Standes der Technik zunächst die Kältemittelfraktionen nach Durchlaufen der Wärmetauscher E3, E2 und E1 kombiniert und sodann der ersten Verdichterstufe zugeführt. Diese gemeinsame Zuführung sowie die Tatsache, dass diese Kältemittelfraktionen kombiniert bei niedrigem Druck gasförmig vorliegen, also ein entsprechend großes Volumen einnehmen, erfordert die Verwendung von Ansaugleitungen mit vergleichsweise großem Durchmesser. Dies führt aber auch zu einem vergleichsweise größeren Energiebedarf bei der anschließenden Verdichtung und Kühlung, der durch das Verfahren der vorliegenden Erfindung auf Grund der getrennten und Zuführung bei kälteren Temperaturen reduziert wird.

[0048] Ferner werden die einzelnen Kältemittelfraktionen erfindungsgemäß den Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters bei vergleichsweise niedrigerer Temperatur zugeführt als bei dem Verfahren des Standes der Technik. Dies führt dazu, dass die Verdichter- und die Kühlleistung (nach der Verdichtung) geringer sind als bei dem Verfahren des Standes der Technik. Dies ist ein wesentlicher Beitrag zur Energieeinsparung, da der Energieverbrauch des Kältemittelkreislaufverdichters regelmäßig die größte Verbrauchskomponente bei Gasverflüssigungsverfahren darstellt.

[0049] Schließlich ist die erfindungsgemäße Verfahrensführung auch deshalb vorteilhaft, weil die den Wärmetauscher E3 durchlaufende Kältemittelfraktion nach Austritt über Leitung 22 direkt wieder der Verdichtung zugeführt wird, und nicht, wie bei dem in Figur 1 gezeigten Verfahren des Standes der Technik, weiter durch die Wärmetauscher E2 und E1 geleitet wird. Denn bereits nach Durchlaufen von Wärmetauscher E3 ist diese Kältemittelfraktion weitestgehend gasförmig, so dass der Wärmeaustausch in den darauffolgenden Wärmetauschern E2 und E1 schlechter ist als bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem jeweils "frisch" entspannte Kältemittelfraktionen allein durch den jeweiligen Wärmetauscher geleitet werden. Dabei wird die Wärme in wesentlich günstigerer Weise durch Verdampfung der Flüssigphase des Kältemittels ausgetauscht, wodurch die Wärmetauscherfläche, das Volumen und damit die Kosten des Wärmetauschers reduziert werden. ebenso ver-

ringert sich der Druckverlust für den Kältekreislauf, was zur weiteren Reduktion des Leistungsbedarfs des Kreislaufverdichters beiträgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kühlung oder Verflüssigung eines an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms durch indirekten Wärmetausch mit dem Kältemittelgemisch eines Kältemittelgemischkreislaufs, wobei

- a. der an Kohlenwasserstoffen reiche Strom durch mindestens einen Wärmetauscher mit mindestens zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Wärmetauschersektionen geleitet wird,
- b. jeder Wärmetauschersektion mindestens eine aus einer Mehrzahl von Kältemittelgemischfraktionen zugeleitet wird,
- c. die mehreren Fraktionen des Kältemittelgemischs in einem mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichter verdichtet werden und in den Wärmetauscher rückgeführt werden,

dadurch gekennzeichnet, dass die aus den Wärmetauschersektionen austretenden Kältemittelgemischfraktionen den einzelnen Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters auf deren Saugseite zumindest teilweise getrennt zugeleitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der an Kohlenwasserstoffen reiche Strom Erdgas ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher mindestens drei Wärmetauschersektionen (E1, E2, E3) aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kältemittelkreislaufverdichter mindestens drei Verdichterstufen (I, II, III) oder mehr aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus der Wärmetauschersektion (E3), die insbesondere der Unterkühlung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms dient, austretende Kältemittelgemischfraktion (6b), der Saugseite der ersten Stufe (I) des Kältemittelkreislaufverdichters zugeleitet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus der Wärmetauschersektion (E2), die insbesondere der Verflüssigung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms dient, austretende Kältemittelgemischfraktion (6a), der Saugseite der zweiten Stufe (II) des Käl-

temittelkreislaufverdichters zugeleitet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus der Wärmetauschersektion (E1), die insbesondere der Vorkühlung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms dient, austretende Kältemittelgemischfraktion (6), der Saugseite der dritten Stufe (III) des Kältemittelkreislaufverdichters zugeleitet wird. 5
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus der Wärmetauschersektion (E3), die insbesondere der Unterkühlung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms dient, austretende Kältemittelgemischfraktion (6b) nach Verdichtung (I) und Kühlung (E4) mit der aus der Wärmetauschersektion (E2), die insbesondere der Verflüssigung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms dient, austretenden Kältemittelgemischfraktion (6a) auf der Saugseite der zweiten Verdichterstufe (II) kombiniert und dieser zugeleitet wird. 10
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus der Wärmetauschersektion (E2), die insbesondere der Verflüssigung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms dient, austretende Kältemittelgemischfraktion (6a) nach Verdichtung (II) und Kühlung (E5) mit der aus der Wärmetauschersektion (E1), die insbesondere der Vorkühlung des an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms dient, austretenden Kältemittelgemischfraktion (6) auf der Saugseite der dritten Verdichterstufe (III) kombiniert und dieser zugeleitet wird. 15
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kältemittelgemischfraktionen (6, 6a, 6b) nicht vor Eintritt mindestens einer Fraktion in die Saugseite einer Stufe des Kältemittelkreislaufverdichters miteinander kombiniert werden. 20
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entspannung des Kältemittelgemischs mittels Joule-Thomson-Ventilen oder mittels hydraulischen Expandern in Kombination mit Joule-Thomson-Ventilen oder mittels zweiphasiger Expander erfolgt. 25
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kältemittelgemisch eine Zusammensetzung aus mehreren der Komponenten Stickstoff, Methan, Ethan, Ethen, Propan, Propen, Butan, Buten und Pentan verwendet wird. 30

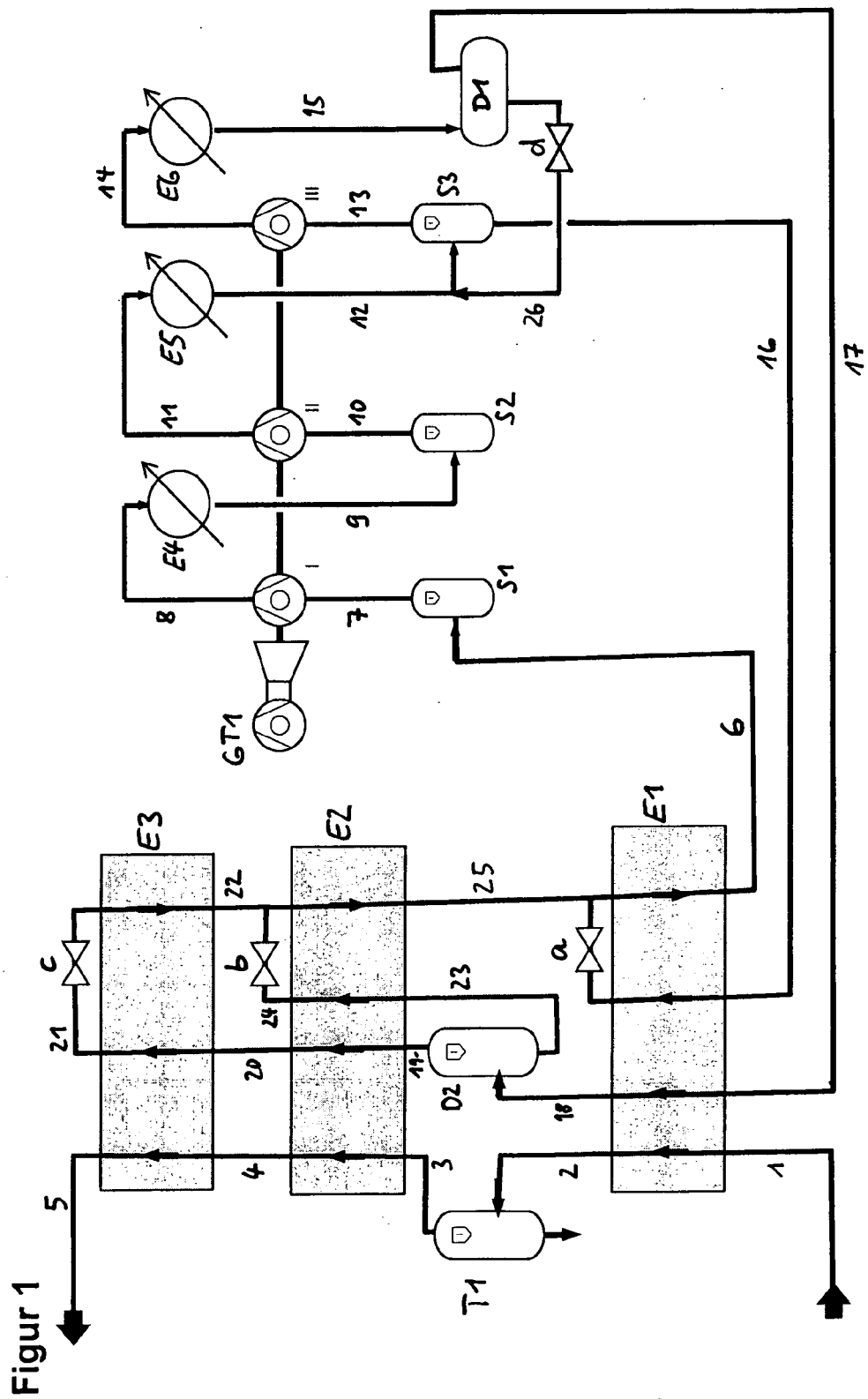
13. Anlage zur Kühlung oder Verflüssigung eines an 35

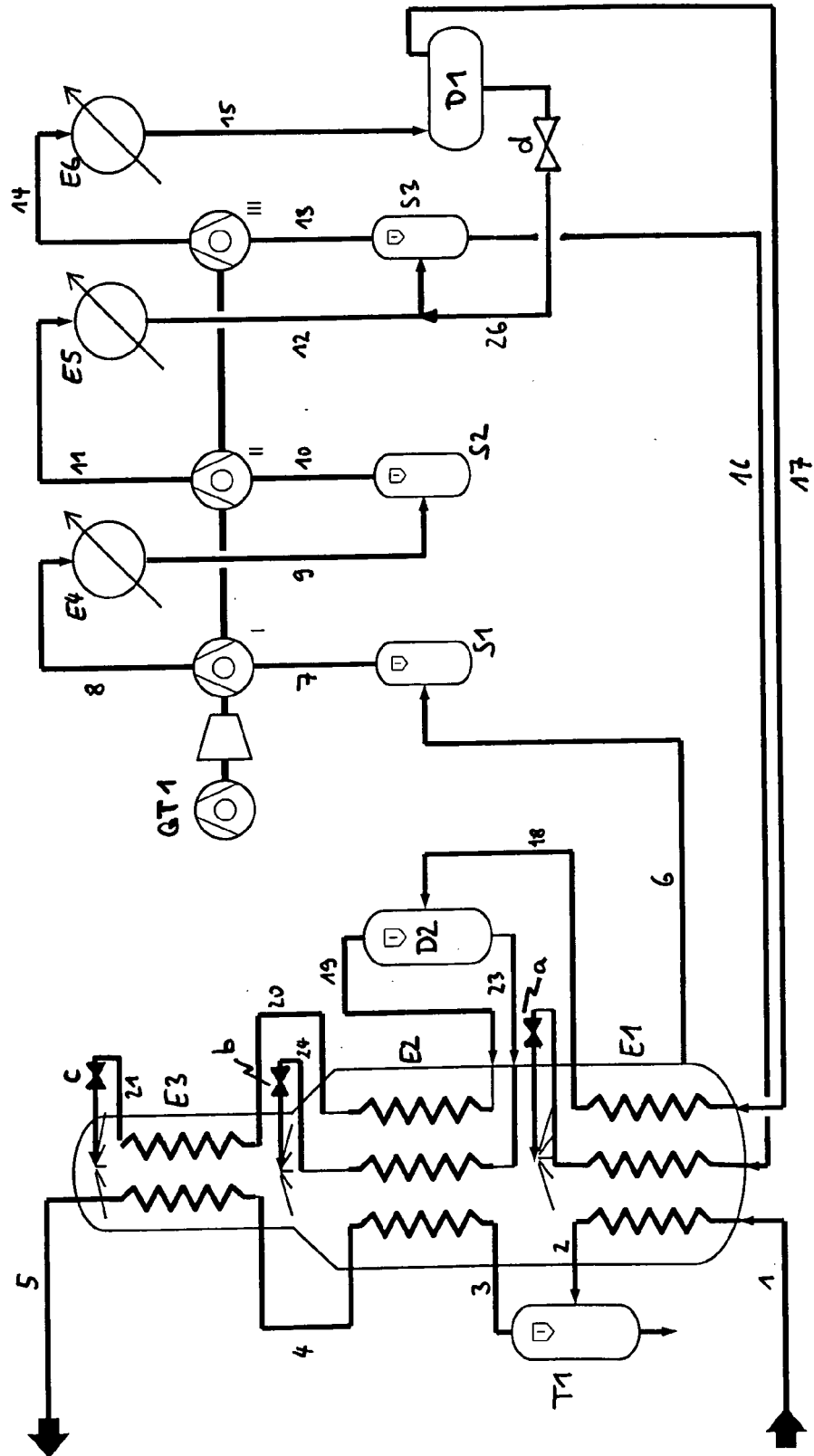
Kohlenwasserstoffen reichen Stroms durch indirekten Wärmetausch mit dem Kältemittelgemisch eines Kältemittelgemischkreislaufs, die

- a. mindestens einen Wärmetauscher mit mindestens zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Wärmetauschersektionen (E1, E2, E3), durch die der an Kohlenwasserstoffen reiche Strom geleitet wird,
- b. Vorrichtungen zur Durchleitung des Kältemittelgemischs in mindestens einer aus einer Mehrzahl von Fraktionen (16, 17, 20, 23) durch die Wärmetauschersektionen (E1, E2, E3), und
- c. einen mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichter (I, II, III oder mehr), in dem die mehreren Fraktionen des Kältemittelgemischs verdichtet werden, sowie Vorrichtungen zur Rückführung des Kältemittelgemischs (16, 17) in den Wärmetauscher aufweist,

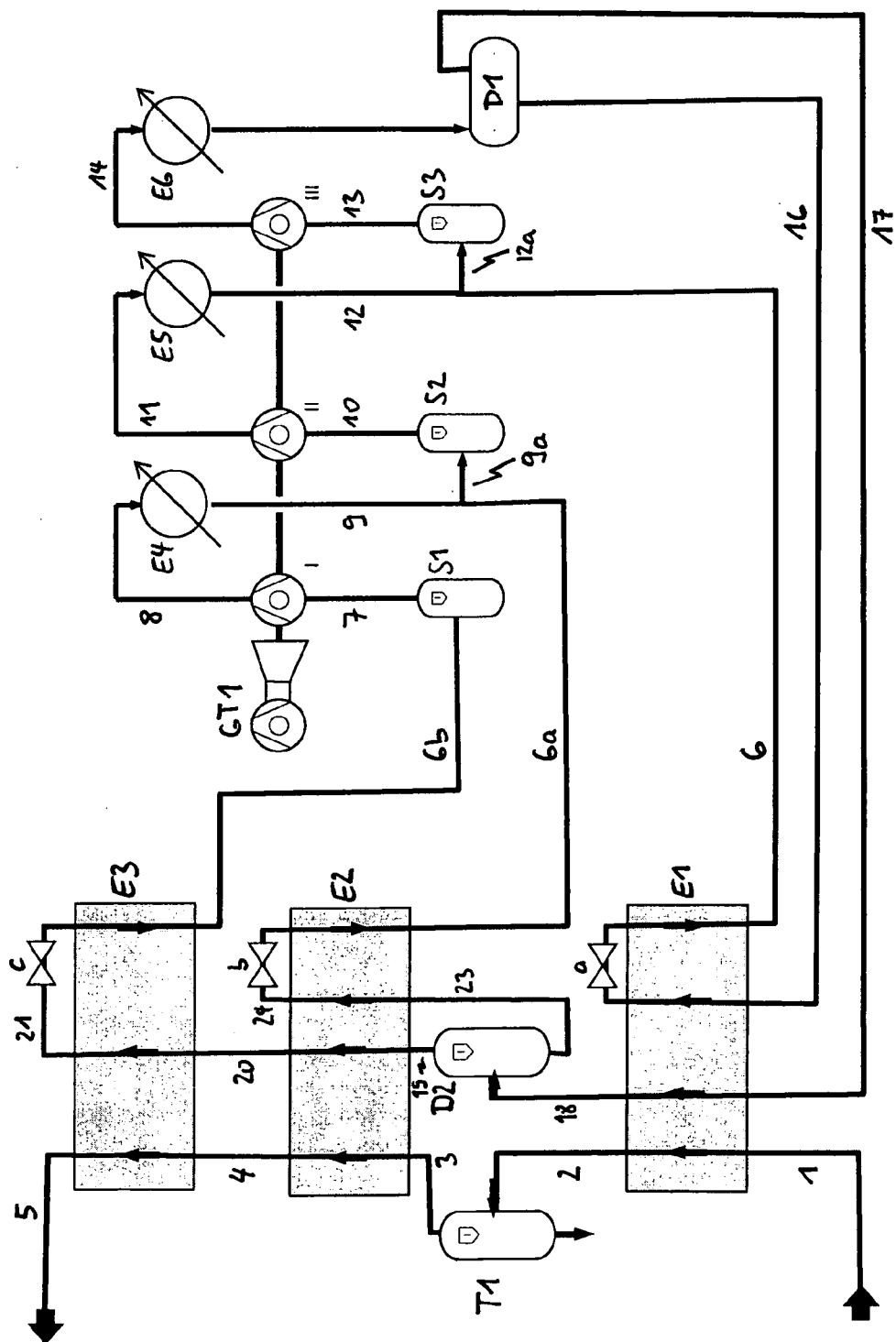
dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage ferner Mittel aufweist, durch die die aus den Wärmetauschersektionen austretenden Kältemittelgemischfraktionen den einzelnen Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters zumindest teilweise getrennt zugeleitet werden (6, 6a, 6b).

14. Anlage nach Anspruch 13, die Vorrichtungen und Mittel gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 12 aufweist bzw. solche Mittel aufweist, die zur Durchführung der in diesen Ansprüchen genannten Verfahrensschritte geeignet sind. 40
15. Verfahren zum Betrieb eines mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichters, bei dem ein Kältemittelgemisch, das in mindestens einer aus einer Mehrzahl von Fraktionen (16, 17, 20, 23) durch die aufeinanderfolgenden Wärmetauschersektionen mindestens eines Wärmetauschers geleitet worden ist, den einzelnen Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters (I, II, III oder mehr) auf deren Saugseite zumindest teilweise getrennt zugeleitet wird (6, 6a, 6b). 45
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Kältemittelkreislaufverdichter wie in einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 10 definiert betrieben wird. 50





Figur 2



Figur 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 00 2650

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	DE 197 16 415 C1 (LINDE AG [DE]; NORSKE STATS OLJESELSKAP [NO]) 22. Oktober 1998 (1998-10-22) * Spalte 6, Zeile 59 - Spalte 7, Zeile 35; Abbildung 3 * * Spalte 7, Zeile 48 - Spalte 8, Zeile 24; Abbildung 4 *	1,2,5,6, 10-14	INV. F25J1/02
X	US 5 826 444 A (CAPRON PIERRE [FR] ET AL) 27. Oktober 1998 (1998-10-27) * Abbildungen 5,6 *	1-14	
X	US 3 929 438 A (HARPER ERNEST A ET AL) 30. Dezember 1975 (1975-12-30) * Abbildung 1 *	1-14	
X	WO 2006/007278 A2 (EXXONMOBIL UPSTREAM RES CO [US]; STONE JOHN B [US]; HAWRYSZ DANIEL J []) 19. Januar 2006 (2006-01-19) * Satz 4, Absatz 26; Abbildung 2 * * Absätze [0029], [0035], [0037], [0038] *	1-14	
X	US 2002/170312 A1 (REIJNEN DUNCAN PETER MICHAEL [NL] ET AL) 21. November 2002 (2002-11-21) * Abbildung 1 *	1-7,9-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. Oktober 2010	Prüfer Göritz, Dirk
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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE**

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

- ☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:
- ☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

- ☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.
- ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
- ☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:
- ☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

Siehe Folgeseite(n)

- ☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 10 00 2650

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-14

Verfahren und Anlage zur Kühlung oder Verflüssigung eines an Kohlenwasserstoffen reichen Stroms durch indirekten Wärmetausch mit dem Kältemittelgemisch eines Kältemittelgemischkreislaufs, wobei der zu kühlende Strom durch mindestens einen Wärmetauscher mit mindestens zwei aufeinanderfolgenden Wärmetauschersektionen geleitet wird, jeder Wärmetauschersektion mindestens eine aus einer Mehrzahl von Kältemittelgemischfraktionen zugeleitet wird und die aus den Wärmetauschersektionen austretenden Kältemittelgemischfraktionen den einzelnen Stufen eines mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichters auf deren Saugseite zumindest teilweise getrennt zugeleitet werden und in den Wärmetauscher rückgeführt werden.

2. Ansprüche: 15, 16

Verfahren zum Betrieb eines mehrstufigen Kältemittelkreislaufverdichters, bei dem ein Kältemittelgemisch, das in mindestens einer aus einer Mehrzahl von Fraktionen durch die aufeinanderfolgenden Wärmetauschersektionen mindestens eines Wärmetauschers geleitet worden ist, den einzelnen Stufen des Kältemittelkreislaufverdichters auf deren Saugseite zumindest teilweise getrennt zugeleitet wird.

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

EP 10 00 2650

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

04-10-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19716415 C1	22-10-1998	AU 735800 B2	12-07-2001
		AU 7643698 A	13-11-1998
		WO 9848227 A1	29-10-1998
		EP 0975923 A1	02-02-2000
		NO 995046 A	22-11-1999
		RU 2212601 C2	20-09-2003
		US 6253574 B1	03-07-2001
US 5826444 A	27-10-1998	AU 708064 B2	29-07-1999
		AU 7649296 A	03-07-1997
		CA 2194089 A1	29-06-1997
		FR 2743140 A1	04-07-1997
		GB 2308645 A	02-07-1997
		JP 3922751 B2	30-05-2007
		JP 9194862 A	29-07-1997
US 3929438 A	30-12-1975	KEINE	
WO 2006007278 A2	19-01-2006	AU 2005262611 A1	19-01-2006
		BR PI0511785 A	15-01-2008
		CA 2567052 A1	19-01-2006
		CN 1965204 A	16-05-2007
		EP 1774233 A2	18-04-2007
		JP 2008504509 T	14-02-2008
US 2002170312 A1	21-11-2002	AP 1430 A	30-06-2005
		AR 026634 A1	19-02-2003
		AU 763051 B2	10-07-2003
		AU 1525201 A	12-06-2001
		BR 0016037 A	23-07-2002
		CA 2393198 A1	07-06-2001
		CN 1402827 A	12-03-2003
		EG 22788 A	31-08-2003
		WO 0140725 A1	07-06-2001
		EP 1236014 A1	04-09-2002
		GC 0000352 A	31-03-2007
		JP 2003515720 T	07-05-2003
		NO 20022588 A	31-05-2002
		NZ 519049 A	28-11-2003
		OA 12113 A	04-05-2006
		RU 2289770 C2	20-12-2006
		TW 480325 B	21-03-2002

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 Patentdokumente

- US 5535594 A [0006]
- DE 19716415 [0010]
- DE 10355935 A1 [0037]