



(11) **EP 3 587 971 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.01.2020 Patentblatt 2020/01

(51) Int Cl.:
F25J 3/04 ^(2006.01) **F25J 1/00** ^(2006.01)
F25J 1/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18020280.6**

(22) Anmeldetag: **25.06.2018**

(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 Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Lochner, Stefan**
85567 Grafing (DE)
• **Hecht, Thomas**
82178 Puchheim (DE)
• **Spöri, Ralph**
82538 Geretsried (DE)
• **Schwenk, Dirk**
85609 Aschheim (DE)

- **Hölzl, Reinhold**
82538 Geretsried (DE)
- **Lehmacher, Axel**
82544 Egling-Moosham (DE)
- **Kirchner, Lars**
01279 Dresden (DE)
- **Freko, Pascal**
82547 Eurasburg (DE)
- **Golubev, Dimitri**
82538 Geretsried (DE)
- **Woitalka, Alexander**
81369 München (DE)
- **Hermann, Christian**
82538 Geretsried (DE)

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Technology & Innovation
Corporate Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES WÄRMETAUSCHERS, ANORDNUNG MIT EINEM WÄRMETAUSCHER UND LUFTBEARBEITUNGSANLAGE MIT EINER ENTSPRECHENDEN ANORDNUNG**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschers (1), wobei in einem ersten Betriebsmodus einem Wärmeaustauschbereich (10) ein oder mehrere abzukühlende erste Fluide an einem ersten Ende (11) auf einem ersten Temperaturniveau zugeführt und zum zweiten Ende (12) durch den Wärmeaustauschbereich (10) geführt wird oder werden und ein oder mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende (12) auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zugeführt und zum ersten Ende geführt wird oder werden. Es ist vorgesehen, dass der erste Betriebsmodus in einem durch einen zweiten Betriebszeitraum unterbrochenen ersten Betriebszeitraum durchgeführt wird, im zweiten Betriebszeitraum die Zufuhr des oder der ersten und des oder der zweiten Fluide unterbunden wird, und in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums in einem zweiten Betriebsmodus das erste Ende (11) des Wärmeaustauschbereichs (10) durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren dritten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich (10) am ersten Ende (11) zugeführt

und in Richtung des zweiten Endes (12) geführt wird oder werden, auf das erste Temperaturniveau oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von diesem unterscheidet, temperiert wird. Eine entsprechende Anordnung (100) und eine Anlage mit einer derartigen Anordnung (100) sind ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

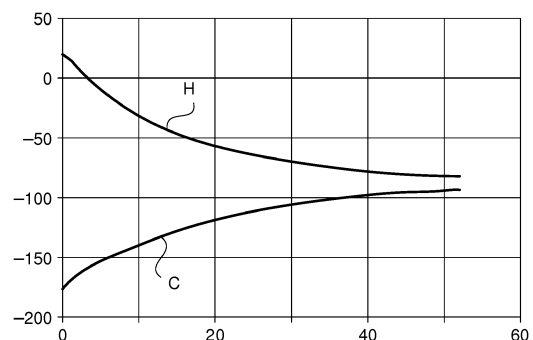


Fig. 1

EP 3 587 971 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschers, eine Anordnung mit einem entsprechend betreibbaren Wärmetauscher und eine Anlage mit einer entsprechenden Anordnung gemäß den Oberbegriffen der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche.

Stand der Technik

[0002] In einer Vielzahl von Anwendungsgebieten werden Wärmetauscher (technisch korrekter: Wärmeübertrager) mit tiefkalten Fluiden, d.h. Fluiden mit Temperaturen von deutlich unter 0° C, insbesondere deutlich unter -100° C, betrieben. Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung überwiegend unter Bezugnahme auf die Hauptwärmetauscher von Luftzerlegungsanlagen beschrieben, sie eignet sich jedoch grundsätzlich auch zum Einsatz in anderen Anwendungsgebieten, beispielsweise für Anlagen zum Speichern und Rückgewinnen von Energie unter Verwendung von Flüssigluft oder die Erdgasverflüssigung bzw. in der Petrochemie.

[0003] Die vorliegende Erfindung eignet sich aus den nachfolgend erläuterten Gründen auch in besonderer Weise in Anlagen zur Verflüssigung gasförmiger Luftprodukte, beispielsweise von gasförmigem Stickstoff. Entsprechende Anlagen können insbesondere von Luftzerlegungsanlagen mit gasförmigem Stickstoff versorgt werden und diesen verflüssigen. Der Verflüssigung ist dabei nicht, wie in einer Luftzerlegungsanlage, eine Rektifikation nachgeschaltet. Daher können diese Anlagen bei Überwindung der nachfolgend erläuterten Probleme beispielsweise dann, wenn kein Bedarf an entsprechenden Verflüssigungsprodukten besteht, vollständig abgeschaltet und bis zur nächsten Verwendung im Standby gehalten werden.

[0004] Zum Aufbau und Betrieb von Hauptwärmetauschern von Luftzerlegungsanlagen und anderer Wärmetauscher sei auf einschlägige Fachliteratur, beispielsweise H.-W. Häring (Hrsg.), Industrial Gases Processing, Wiley-VCH, 2006, insbesondere Abschnitt 2.2.5.6, "Apparatus" verwiesen. Details zu Wärmetauschern allgemein sind beispielsweise der Veröffentlichung "The Standards of the Brazed Aluminium Plate-Fin Heat Exchanger Manufacturers' Association", 2. Auflage, 2000, insbesondere Abschnitt 1.2.1, "Components of an Exchanger" zu entnehmen.

[0005] Ohne zusätzliche Maßnahmen vollziehen Wärmetauscher von Luftzerlegungsanlagen und andere mit warmen und tiefkalten Medien durchströmte Wärmetauscher einen Temperatenausgleich und erwärmen sich beim Stillstand der zugehörigen Anlage und damit der Außerbetriebnahme des Wärmetauschers, bzw. das sich in einem entsprechenden Wärmetauscher im stationären Betrieb ausbildende Temperaturprofil kann in einem solchen Fall nicht gehalten werden. Wird anschließend beispielsweise bei der Wiederinbetriebnahme in einen er-

wärmten Wärmetauscher tiefkaltes Gas eingespeist oder umgekehrt, kommt es zu hohen thermischen Spannungen infolge unterschiedlicher Wärmedehnung wegen differentiellen Temperaturunterschieden, die zur Schädigung des Wärmetauschers führen können oder einen überproportional hohen Material- bzw. Fertigungsaufwand erfordern.

[0006] Insbesondere kommt es bei einer Außerbetriebnahme eines Wärmetauschers bevor dieser sich insgesamt erwärmt aufgrund der guten Wärmeleitung (Wärmeleitfähigkeit) in dessen metallischem Material zu einem Angleich der Temperaturen am zuvor warmen Ende und am zuvor kalten Ende. Mit anderen Worten wird das zuvor warme Ende des Wärmetauschers über die Zeit kälter und das zuvor kalte Ende des Wärmetauschers wärmer, bis die genannten Temperaturen bei oder nahe bei einer Durchschnittstemperatur liegen. Dies ist auch in der beigefügten Figur 1 nochmals veranschaulicht. Die Temperaturen, die hier zum Zeitpunkt der Außerbetriebnahme bei ca. -175 °C bzw. +20 °C lagen, gleichen sich dabei über mehrere Stunden aneinander an und erreichen nahezu eine mittlere Temperatur.

[0007] Dieses Verhalten wird insbesondere dann beobachtet, wenn beim Abschalten einer Luftzerlegungsanlage der Hauptwärmetauscher, der kälteisoliert untergebracht ist, zusammen mit der Rektifikationseinheit eingeblockt wird, d.h. wenn von außen kein Gas mehr zugeführt wird. In einem solchen Fall wird typischerweise lediglich Gas, das durch thermische Isolationsverluste entsteht, kalt abgeblasen. Entsprechendes gilt auch, wenn eine Anlage zur Verflüssigung eines gasförmigen Luftprodukts, beispielsweise von Flüssigstickstoff, abgeschaltet wird.

[0008] Bei einer ggf. anschließend erfolgenden Einspeisung von warmem Fluid am abgekühlten warmen Ende des Wärmetauschers bei seiner Wiederinbetriebnahme erhöht sich dort schlagartig die Temperatur. Entsprechend verringert sich die Temperatur am erwärmten kalten Ende bei der Wiederinbetriebnahme, falls dort entsprechendes kaltes Fluid eingespeist wird, schlagartig. Dies führt zu den bereits erwähnten Materialspannungen und damit ggf. zu Schäden.

[0009] Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, Maßnahmen anzugeben, die eine Wiederinbetriebnahme eines entsprechenden Wärmetauschers, insbesondere in einer der zuvor genannten Anlagen, nach längerer Außerbetriebnahme ermöglichen, ohne dass die erwähnten nachteiligen Effekte auftreten.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschers, eine Anordnung mit einem entsprechend betreibbaren Wärmetauscher und eine Anlage mit einer entsprechenden Anordnung mit den Merkmalen der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche vor.

[0011] Zunächst werden nachfolgend einige zur Be-

schreibung der vorliegenden Erfindung verwendete Begriffe erläutert und definiert.

[0012] Ein "Wärmetauscher" ist im hier verwendeten Sprachgebrauch ein Apparat, der zur indirekten Übertragung von Wärme zwischen zumindest zwei z.B. im Gegenstrom zueinander geführten Fluidströmen ausgebildet ist. Ein Wärmetauscher zum Einsatz im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, z.B. aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscherblöcken. Ein Wärmetauscher weist "Passagen" auf, die zur Fluidführung eingerichtet und von anderen Passagen fluidisch durch Trennbleche getrennt bzw. nur über die jeweiligen Header ein- und ausgangsseitig verbunden sind. Die Trennung der Passagen nach außen erfolgt über Seitenstäbe (engl. Side Bars). Die genannten Passagen werden nachfolgend als "Wärmetauscherpassagen" bezeichnet. Nachfolgend werden die Begriffe "Wärmetauscher" und "Wärmeübertrager" synonym verwendet. Entsprechendes gilt auch für die Begriffe "Wärmetausch" und "Wärmeaustausch".

[0013] Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere die gemäß der deutschen Fassung der ISO 15547-2:2005 als Rippen-Platten-Wärmeaustauscher (engl. Plate-Fin Heat Exchangers) bezeichneten Apparate. Ist nachfolgend von einem "Wärmetauscher" die Rede, sei daher hierunter insbesondere ein Rippen-Platten-Wärmeaustauscher verstanden. Ein Rippen-Platten-Wärmeaustauscher weist eine Vielzahl übereinanderliegender flacher Kammern bzw. langgestreckter Kanäle auf, die jeweils durch gewellte oder anderweitig strukturierte und miteinander verbundene, beispielsweise verlötete Platten, i.d.R. aus Aluminium, voneinander getrennt sind. Die Platten werden mittels Seitenstäben stabilisiert und über diese miteinander verbunden. Die Strukturierung der Wärmetauscherplatten dient insbesondere dazu, die Wärmeaustauschfläche zu vergrößern, aber auch dazu, die Stabilität des Wärmetauschers zu erhöhen. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf gelötete Rippen-Platten-Wärmeaustauscher aus Aluminium. Grundsätzlich können entsprechende Wärmetauscher aber auch aus anderen Materialien, beispielsweise aus Edelstahl, oder aus verschiedenen unterschiedlichen Materialien hergestellt sein.

[0014] Wie erwähnt, kann die vorliegende Erfindung in Luftzerlegungsanlagen bekannter Art, aber auch beispielsweise in Anlagen zum Speichern und Rückgewinnen von Energie unter Verwendung von Flüssiglufteinsatz kommen. Die Speicherung und Rückgewinnung von Energie unter Verwendung von Flüssiglufteinsatz wird im Englischen auch als Liquid Air Energy Storage (LAES) bezeichnet. Eine entsprechende Anlage ist beispielsweise in der EP 3 032 203 A1 offenbart. Anlagen zur Verflüssigung von Stickstoff oder anderen gasförmigen Luftprodukten sind ebenfalls aus der Fachliteratur bekannt und zudem unter Bezugnahme auf die Figuren 8A und 8B beschrieben. Grundsätzlich kann die vorliegende Er-

findung auch in beliebigen weiteren Anlagen zum Einsatz kommen, in denen ein Wärmeübertrager entsprechend betrieben werden kann. Es kann sich beispielsweise um Anlagen zur Erdgasverflüssigung und Trennung von Erdgas, die erwähnten LAES-Anlagen, Anlagen zur Luftzerlegung, Verflüssigungskreisläufe aller Art (insbesondere für Luft und Stickstoff) mit und ohne Luftzerlegung, Ethenanlagen (also insbesondere Trennanlagen, die zur Bearbeitung von Gasgemischen aus Steamcrackern eingerichtet sind), Anlagen, in denen Kühlkreisläufe, beispielsweise mit Ethan oder Ethen auf unterschiedlichen Druckniveaus zum Einsatz kommen, und Anlagen, in denen Kohlenmonoxid- und/oder Kohlendioxidkreisläufe vorgesehen sind, handeln.

[0015] Zu Zeiten hohen Stromangebots wird in LAES-Anlagen in einem ersten Betriebsmodus Luft unter entsprechendem Stromverbrauch verdichtet, abgekühlt, verflüssigt und in einem isolierten Tanksystem gespeichert. Zu Zeiten geringen Stromangebots wird in einem zweiten Betriebsmodus die in dem Tanksystem gespeicherte verflüssigte Luft, insbesondere nach einer Druckerhöhung mittels einer Pumpe, angewärmt und damit in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt. Ein hierdurch erhaltener Druckstrom wird in einer Entspannungsturbine entspannt, die mit einem Generator gekoppelt ist. Die in dem Generator gewonnene elektrische Energie wird beispielsweise in ein elektrisches Netz zurückgespeist.

[0016] Eine entsprechende Speicherung und Rückgewinnung von Energie ist grundsätzlich nicht nur unter Verwendung von Flüssiglufteinsatz möglich. Vielmehr können in dem ersten Betriebsmodus auch andere unter Verwendung von Luft gebildete tiefkalte Flüssigkeiten gespeichert und in dem zweiten Betriebsmodus zur Gewinnung von elektrischer Energie verwendet werden. Beispiele für entsprechende tiefkalte Flüssigkeiten sind flüssiger Stickstoff oder flüssiger Sauerstoff bzw. Komponentengemische, die überwiegend aus flüssigem Stickstoff oder flüssigem Sauerstoff bestehen. In entsprechenden Anlagen können auch externe Wärme und Brennstoff eingekoppelt werden, um die Effizienz und die Ausgangsleistung zu steigern, insbesondere unter Verwendung einer Gasturbine, deren Abgas zusammen mit dem im zweiten Betriebsmodus aus dem Luftprodukt gebildeten Druckstrom entspannt wird. Auch für derartige Anlagen eignet sich die Erfindung.

[0017] Zur Bereitstellung entsprechender tiefkalter Flüssigkeiten können klassische Luftzerlegungsanlagen dienen. Wenn Flüssiglufteinsatz verwendet wird, ist es auch möglich, reine Luftverflüssigungsanlagen einzusetzen. Als Oberbegriff für Luftzerlegungsanlagen und Luftverflüssigungsanlagen wird daher nachfolgend auch der Begriff "Luftbearbeitungsanlagen" verwendet.

55 Vorteile der Erfindung

[0018] Grundsätzlich kann ein Wärmetauscher während eines Stillstands der zugehörigen Anlage mit kaltem

Gas aus einem Tank oder Abgas aus der stehenden Anlage durchströmt werden, um eine Erwärmung zu vermeiden bzw. das im stationären Betrieb (d.h. insbesondere dem üblichen Produktionsbetrieb einer entsprechenden Anlage) ausgebildete Temperaturprofil zu halten. Ein derartiger Betrieb ist jedoch in herkömmlichen Verfahren ggf. nur aufwendig zu realisieren.

[0019] Insbesondere bei geringen Mengen entsprechender kalter Gase bzw. geringen Strömungsgeschwindigkeiten im Wärmetauscher kann eine Fehlverteilung innerhalb eines Wärmetauscherblocks und insbesondere über mehrere Wärmetauscherblöcke hinweg nicht ausgeschlossen werden. Grundsätzlich ist es jedoch wünschenswert, die eingesetzten Gasmengen gering zu halten, um beispielsweise Produktverluste bzw. grundsätzlich den Verbrauch von entsprechenden tiefkalten Medien zu vermeiden.

[0020] Die vorliegende Erfindung beruht auf der auf den auf den ersten Blick paradox erscheinenden Erkenntnis, dass es bei einer Außerbetriebnahme eines zur Bereitstellung tiefkalter Fluide verwendeten Wärmetauschers von besonderem Vorteil ist, diesem während eines entsprechenden Zeitraums ein warmes Fluid zuzuführen. Dies erscheint insbesondere vor dem Hintergrund der üblicherweise vorgenommenen Bestrebungen, einen entsprechenden Wärmetauscher zur Vermeidung eines zusätzlichen Wärmeeintrags thermisch zu isolieren, beispielsweise unter Verwendung von Coldboxen und dergleichen, wenig zielführend. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde aber erkannt, dass die durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Temperierung bzw. das im Rahmen der vorliegenden Erfindung in gewissem Umfang erfolgende "Warmhalten" des warmen Endes des Wärmetauschers durch Einbringen warmer Fluide Vorteile erzielt werden können, die einen etwaigen Temperaturverlust und damit einen ggf. erhöhten Energiebedarf überwiegen.

[0021] Weil bei einer bei der Wiederinbetriebnahme am warmen Ende des Wärmetauschers eingespeistes warmes Fluid aufgrund der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Temperierung des warmen Endes der Temperaturunterschied zwischen dem warmen Fluid und dem warmen Ende des Wärmetauschers geringer ist als im eingangs erläuterten herkömmlichen Fall, werden extreme Temperatursprünge bzw. Temperaturgradienten über kurze Zeit hier zumindest deutlich verringert. Durch den Einsatz der vorliegenden Erfindung können daher die bei entsprechenden Lastwechseln auftretenden Materialspannungen ebenfalls stark verringert und damit die Lebensdauer eines entsprechenden Wärmetauschers, die sich maßgeblich über die Anzahl solcher Lastwechsel definiert, deutlich erhöht werden.

[0022] Wie in der unten erläuterten Figur 2 veranschaulicht, auf die an dieser Stelle vorab kurz Bezug genommen wird, kann dann, wenn das warme Ende des Wärmeaustauschers durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren Fluiden auf ein Temperaturniveau temperiert wird, auf dem das warme Ende zu Beginn der

Außerbetriebnahme bzw. in dem regulären Betriebsmodus vorliegt, oder auf ein nahe bei diesem Temperaturniveau liegendes Temperaturniveau, das warme Ende in der Nähe des Temperaturniveaus gehalten werden, auf dem das warme Ende zu Beginn der Außerbetriebnahme bzw. in dem regulären Betriebsmodus vorliegt. Dies ermöglicht es, bei einer anschließenden Wiederinbetriebnahme das warme Ende wieder mit warmem Fluid zu beaufschlagen, ohne dass es am warmen Ende zu übermäßigen thermischen Spannungen kommen kann. Da am kalten Ende zu einem entsprechenden Zeitpunkt aufgrund der zwischenzeitlichen Außerbetriebnahme der zugehörigen Anlage typischerweise noch kein kaltes Fluid zur Verfügung steht bzw. hier ein entsprechender Temperaturgradient geglättet werden kann, wie ebenfalls in Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, kann eine Temperierung des zweiten (kalten) Endes auf ein entsprechend tiefes Temperaturniveau unterbleiben. Dieses erwärmt sich daher entsprechend. Alternativ dazu kann aber auch eine entsprechende Temperierung des kalten Endes des Wärmetauschers erfolgen.

[0023] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung lässt sich in weiteren Ausgestaltungen, die weiter unten im Detail ebenfalls erläutert werden, das Temperaturprofil in einem Wärmetauscher während der Stillstandszeit einer entsprechenden Anlage sehr gut steuern, berechnen und damit die Anzahl an möglichen Lastwechseln (An- und Abschaltvorgänge) bestimmen. Alternativ kann, wenn eine erforderliche Anzahl an Starts und Stopps und die jeweilige Stillstandszeit bekannt sind, berechnet werden, welche Menge an Einsatzgas (Temperierfluid) benötigt wird und wie beispielsweise eine optimale zeitliche oder sensorbasierte Steuerung erfolgen kann. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn eine entsprechende Anlage bzw. deren Wärmetauscher häufig in und außer Betrieb genommen wird, beispielsweise im Falle einer Anlage zur Speicherung und Rückgewinnung von Energie, einer Anlage zur Verflüssigung eines gasförmigen Luftprodukts wie Stickstoff oder einer anderen der zuvor erläuterten weiteren Anlagen.

[0024] Die vorliegende Erfindung schlägt insgesamt ein Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschers mit einem Wärmeaustauschbereich vor, der sich zwischen einem ersten Ende und einem zweiten Ende erstreckt.

[0025] Ein "Wärmeaustauschbereich" ist dabei im hier verwendeten Sprachgebrauch ein Bereich, in dem ein Wärmetausch zwischen zwei oder mehr Fluiden in einem entsprechenden Wärmetauscher stattfindet. Ein entsprechender Wärmeaustauschbereich kann sich über die gesamte Länge eines entsprechenden Wärmetauschers bzw. Wärmetauscherblocks erstrecken. Es ist jedoch auch möglich, dass einem entsprechenden Wärmetauscher auf einem Zwischentemperaturniveau Fluide zugeführt und/oder entnommen werden. In diesem Fall erstreckt sich ein Wärmeaustauschbereich für entsprechende Fluide nur über den Bereich, in dem ein oder mehrere derartige Fluide einem Wärmetausch unter-

worfen werden, also nicht über die gesamte Länge des Wärmetauschers bzw. Wärmetauscherblocks. Ist zuvor und nachfolgend von einem ersten oder warmen Ende eines Wärmetauschers (und nicht spezifisch eines Wärmeaustauschbereichs) bzw. von einem zweiten oder kalten Ende eines Wärmetauschers (und nicht spezifisch des Wärmeaustauschbereichs) die Rede, sei hierunter auch das erste bzw. zweite Ende eines entsprechenden Wärmeaustauschbereichs verstanden.

[0026] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird oder werden in einem ersten Betriebsmodus dem Wärmeaustauschbereich ein oder mehrere abzukühlende erste Fluide am ersten Ende auf einem ersten Temperaturniveau zugeführt und vom ersten Ende zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführt. Das "erste Ende" des Wärmeaustauschbereichs (das, wie erwähnt, auch ein Ende des Wärmetauschers insgesamt sein kann) ist dabei das zuvor erwähnte sogenannte warme Ende. Entsprechend ist das "zweite Ende" das zuvor erwähnte kalte Ende. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird oder werden dabei in dem ersten Betriebsmodus dem Wärmeaustauschbereich außerdem ein oder mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zugeführt und vom zweiten Ende zum ersten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführt.

[0027] Das erste und zweite Temperaturniveau richtet sich insbesondere nach der Verwendung eines entsprechenden Wärmetauschers. Wie mehrfach erläutert, kommt die vorliegende Erfindung insbesondere im Zusammenhang mit der Herstellung bzw. Behandlung tiefkalter Fluide zum Einsatz, beispielsweise im Zusammenhang mit der kryogenen Luftzerlegung oder der Verflüssigung von gasförmigen Luftprodukte. Hierbei liegt das erste Temperaturniveau insbesondere bei 0 bis 100 °C, beispielsweise bei 0 bis 50 °C und das zweite Temperaturniveau insbesondere bei -100 bis -200 °C, beispielsweise bei -125 bis -175 °C. Ein entsprechender Wärmetauscher ist typischerweise für einen Betrieb bei einem überatmosphärischen Druckniveau, das beispielsweise bei 1 bis 50 bar abs., insbesondere bei 5 bis 20 bar abs. liegen kann, eingerichtet. Wie erläutert, handelt es sich bei einem entsprechenden Wärmetauscher insbesondere um einen vorzugsweise gelöteten und zumindest teilweise aus Aluminium hergestellten Rippen-Platten-Wärmetauscher bekannter Art. Wie erwähnt, ist auch die Verwendung alternativer Materialien möglich.

[0028] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der erste Betriebsmodus in einem ersten Betriebszeitraum durchgeführt wird, der durch einen zweiten Betriebszeitraum unterbrochen wird. Der erste Betriebsmodus entspricht dabei dem regulären stationären Betrieb, beispielsweise einem Produktionsbetrieb einer entsprechenden Anlage, in der diese beispielsweise ein gewünschtes Produkt herstellt. Dieser wird bei einem Stillstand einer entsprechenden Anlage, nämlich in dem zweiten Betriebszeitraum, unterbrochen. Es versteht

sich, dass über die gesamte Lebensdauer einer entsprechenden Anlage bzw. wenn ein entsprechendes Verfahren über längere Zeiträume durchgeführt wird, die ersten und zweiten Zeiträume mehrfach miteinander abwechseln können. Durch den Einsatz der vorliegenden Erfindung lassen sich insbesondere bei häufigen Wechseln die resultierenden Belastungen eines Wärmetauschers reduzieren, da das warme Ende temperiert wird.

[0029] Dies wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung dadurch erreicht, dass im zweiten Betriebszeitraum, in dem die Zufuhr des oder der ersten Fluide und des oder der zweiten Fluide zu dem Wärmeaustauschbereich unterbunden und der erste Betriebsmodus nicht durchgeführt wird, in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums in einem zweiten Betriebsmodus das erste Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren dritten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am ersten Ende zugeführt und in Richtung des zweiten Endes durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs geführt wird oder werden, auf das erste Temperaturniveau oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem ersten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert wird. Eine entsprechende Temperierung kann insbesondere auch derart erfolgen, dass sich das dritte Temperaturniveau um nicht mehr als 60, 40 oder 20 K von dem ersten Temperaturniveau unterscheidet.

[0030] Ein entsprechender Temperiervorgang kann dabei auch insbesondere über einen bestimmten Zeitraum erfolgen, innerhalb dessen das Temperaturniveau des ersten Endes des Wärmeaustauschbereichs zeitweise auch um mehr als 80 K von dem ersten Temperaturniveau abweichen kann. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn der erste Betriebsmodus bereits seit längerer Zeit beendet wurde und der zweite Betriebsmodus erst nach längerer Zeit innerhalb des zweiten Betriebszeitraums durchgeführt wird. In diesem Fall kann jedoch die vorliegende Erfindung eine langsame Temperierung bzw. Anwärmung des ersten Endes des Wärmetauschers ermöglichen, so dass dieses anschließend wieder im ersten Betriebsmodus wieder mit einem entsprechenden warmen ersten Fluid beaufschlagt werden kann. In diesem Fall dient der zweite Betriebsmodus also im Wesentlichen einem Vorbereitungsbetrieb auf den sich anschließenden ersten Betriebsmodus. Es kann allerdings auch vorgesehen sein, dass das erste Ende des Wärmeaustauschbereichs über den gesamten zweiten Betriebszeitraum hinweg auf dem ersten oder dem dritten Temperaturniveau gehalten wird. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn der zweite Betriebszeitraum gegenüber dem ersten Betriebszeitraum nur vergleichsweise kurz ist.

[0031] Mit anderen Worten kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein, dass der zweite Betriebszeitraum einen ersten Teilzeitraum und einen nach dem ersten Teilzeitraum liegenden zweiten Teilzeitraum umfasst, wobei der zweite Betriebsmodus wäh-

rend des zweiten Teilzeitraums durchgeführt wird. Hierbei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der zweite Betriebsmodus in dem ersten Teilzeitraum nicht durchgeführt wird und stattdessen ein anderer Betriebsmodus als der erste und der zweite Betriebsmodus durchgeführt wird oder eine entsprechende Anlage vollständig stillgelegt wird. Insbesondere kann sich zweite Betriebsmodus in dem zweiten Teilzeitraum an den nachfolgend wieder aufgenommenen ersten Betriebsmodus anschließen, wobei sich versteht, dass zwischen dem zweiten Betriebsmodus in dem zweiten Teilzeitraum und dem "sich anschließenden" ersten Betriebsmodus in dem ersten Betriebszeitraum ein Umschaltbetrieb vorgenommen bzw. ein Umschaltzeitraum vorliegen kann. In jedem Fall sind der erste und der zweite Betriebszeitraum jedoch einander zeitlich nicht überlappende Betriebszeiträume. Mit anderen Worten werden der erste und der zweite Betriebsmodus nicht zeitgleich durchgeführt.

[0032] Ist hier davon die Rede, dass der zweite Betriebsmodus "in einem oder mehreren Teilzeiträumen" des zweiten Betriebszeitraums durchgeführt wird, kann hiervon insbesondere auch ein intermittierender zweiter Betriebsmodus verstanden werden. Dieser kann insbesondere insbesondere umfassen, in bestimmten Zeitintervallen, beispielsweise auf Grundlage einer Zeitvorgabe oder auf Grundlage einer oder mehrerer Temperaturmessungen, den zweiten Betriebsmodus einzuleiten. Beispielsweise kann der zweite Betriebsmodus in Vorbereitung auf den ersten Betriebsmodus in einem vorgegebenen zeitlichen Abstand, bevor der erste Betriebsmodus wieder eingeleitet werden soll, eingeleitet werden.

[0033] Es kann auch vorgesehen sein, beispielsweise in einer bestimmten Taktung den zweiten Betriebsmodus in dem zweiten Betriebszeitraum durchzuführen. Auf diese Weise kann beispielsweise ein zu starkes Absinken der Temperatur am ersten Ende des Wärmeaustauschbereichs vermieden werden, so dass der erste Betriebsmodus anschließend schneller wiederaufgenommen werden kann. Es ist auch möglich, beispielsweise immer dann, wenn eine festgestellte Temperatur am ersten Ende des Wärmeaustauschbereichs unter einen vorbestimmten Wert absinkt, den zweiten Betriebsmodus aufzunehmen und diesen wieder zu beenden, wenn die festgestellte Temperatur am ersten Ende des Wärmeaustauschbereichs anschließend wieder über einen bestimmten vorbestimmten Wert ansteigt.

[0034] Durch einen entsprechenden intermittierenden Betrieb oder, allgemeiner, einen Betrieb nur während eines oder mehrerer Teilzeiträume während des zweiten Betriebszeitraums lässt sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere eine Menge des oder der dritten Fluide, die zur Temperierung des ersten Endes des Wärmeaustauschbereichs verwendet werden, reduzieren. Auf diese Weise ergibt sich durch den Einsatz der Erfindung ein besonders ressourceneffizientes Verfahren.

[0035] Ist hier davon die Rede, dass das oder die dem

Wärmeaustauschbereich am ersten Ende zugeführten dritten Fluide "in Richtung" des zweiten Endes "durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs" geführt werden, kann hierunter insbesondere auch verstanden werden, dass der Wärmeaustauschbereich einen oder mehrere erste, sich an das erste Ende des Wärmeaustauschbereichs anschließende Abschnitte und einen oder mehrere zweite, sich an das zweite Ende anschließende Abschnitte aufweist, wobei das oder die dritten Fluide durch den oder die ersten Abschnitte aber nicht durch den oder die zweiten Abschnitte geführt wird oder werden.

[0036] Beispielsweise kann ein entsprechendes Fluid also nach dem Durchlaufen einer Teilstrecke aus dem Wärmeaustauschbereich, insbesondere über einen geeigneten Seitenheader, abgezogen werden. Auf diese Weise wird in einer entsprechenden Variante der vorliegenden Erfindung das erste Ende des Wärmeaustauschbereichs temperiert, das oder die dritten Fluide beaufschlagt in diesem Fall jedoch nicht den gesamten Wärmeaustauschbereich. Auf diese Weise kann insbesondere eine ggf. unerwünschte Anwärmung des zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs verhindert werden. Auf diese Weise kann ein zusätzlicher Energieaufwand zur anschließenden Abkühlung der Temperatur am kalten Ende verringert werden.

[0037] Vorzugsweise wird oder werden das oder die dritten Fluide in dem zweiten Betriebsmodus dem ersten Ende des Wärmeaustauschbereichs auf dem ersten oder dem dritten Temperaturniveau zugeführt. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, abweichende Temperaturen zu verwenden, sofern mittels dieser erreicht wird, dass das erste Ende des Wärmeaustauschbereichs durch das Beaufschlagen mit dem oder den dritten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am ersten Ende zugeführt und in Richtung des zweiten Endes durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs geführt wird oder werden, auf das erste Temperaturniveau oder das dritte Temperaturniveau temperiert wird.

[0038] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst ein entsprechendes Verfahren, dass im ersten Betriebsmodus nur das oder die ersten Fluide vom ersten Ende zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführt wird oder werden, und dass im zweiten Betriebsmodus nur das oder die zweiten Fluide vom ersten Ende zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführt wird oder werden. Mit anderen Worten werden in dem ersten Betriebsmodus also keine weiteren als das oder die ersten Fluide vom ersten Ende zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführt, und im zweiten Betriebsmodus werden keine weiteren als das oder die dritte Fluide vom ersten Ende zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführt. Eine erste Gesamtmenge des oder der im ersten Betriebsmodus (insbesondere bezogen auf eine Zeiteinheit) vom ersten Ende zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführten ersten Fluide ist dabei

größer als eine zweite Gesamtmenge des oder der im zweiten Betriebsmodus (insbesondere bezogen auf dieselbe Zeiteinheit) vom ersten Ende zu dem zweiten Ende durch den Wärmetauscher geführten zweiten Fluide.

[0039] Durch eine entsprechende Mengenverringere- 5
 rung lässt sich das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren ebenfalls besonders ressourcensparend durchführen. Dabei ist eine Gefahr einer Fehlverteilung bzw. Maldistribution des oder der naturgemäß warmen dritten Fluide in einem oder mehreren Wärmetauschern oder Wärmetauscherblöcken deutlich geringer als im Fall eines kalten Fluids. Daher kann die zweite Gesamtmenge ausgesprochen gering gewählt werden. In Ausgestaltungen der Erfindung kann die zweite Gesamtmenge (insbesondere bezogen auf eine Zeiteinheit) beispielsweise 0,01 bis 0,1, 0,1 bis 1, 1 bis 5, 5 bis 10 oder 10 bis 50 Prozent der ersten Gesamtmenge (insbesondere bezogen auf dieselbe Zeiteinheit) betragen.

[0040] In einem entsprechenden Verfahren kann insbesondere vorgesehen sein, dass im zweiten Betriebsmodus auch das zweite Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit dem oder den dritten Fluiden, das oder die dem Wärmetauscher am ersten Ende zugeführt wird oder werden, temperiert wird. Dies kann insbesondere dadurch erfolgen, dass dem zweiten Ende in dem zweiten Betriebsmodus kein Fluid eingespeist wird und daher die Temperierung auf beide Enden wirkt.

[0041] Die vorliegende Erfindung kann in unterschiedlichen Ausgestaltungen insbesondere im Zusammenhang mit der Tieftemperaturluftzerlegung eingesetzt werden. Die Herstellung von Luftprodukten in flüssigem oder gasförmigem Zustand durch Tieftemperaturluftzerlegung in Luftzerlegungsanlagen ist bekannt und beispielsweise bei H.-W. Häring (Hrsg.), Industrial Gases Processing, Wiley-VCH, 2006, insbesondere Abschnitt 2.2.5, "Cryogenic Rectification", beschrieben.

[0042] Luftzerlegungsanlagen weisen Destillationssäulensysteme auf, die beispielsweise als Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein können. Neben den Destillationssäulen zur Gewinnung von Stickstoff und/oder Sauerstoff in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand, also den Destillationssäulen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, können Destillationssäulen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein.

[0043] Die Destillationssäulen der genannten Destillationssäulensysteme werden auf unterschiedlichen Druckniveaus betrieben. Bekannte Doppelsäulensysteme weisen eine sogenannte Hochdrucksäule (auch als Drucksäule, Mitteldrucksäule oder untere Säule bezeichnet, im hier verwendeten Sprachgebrauch die "erste Rektifikationskolonne") und eine sogenannte Niederdrucksäule (auch als obere Säule bezeichnet, im hier verwendeten Sprachgebrauch die "zweite Rektifikationskolonne") auf. Das Druckniveau der Hochdrucksäule beträgt beispielsweise 4 bis 6 bar, insbesondere ca. 5 bar.

Die Niederdrucksäule wird auf einem Druckniveau von beispielsweise 1,3 bis 1,7 bar, insbesondere etwa 1,5 bar, betrieben. In bestimmten Fällen, beispielsweise für Kombiprozesse mit integrierter Vergasung (engl. Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) können auch Drücke von 3 bis 4 bar in der Niederdrucksäule eingesetzt werden.

[0044] In einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kann oder können das erste Fluid oder zumindest eines der ersten Fluide und das dritte Fluid oder zumindest eines der dritten Fluide jeweils verdichtete Luft umfassen, die nach dem Führen durch den Wärmeaustauschbereich im ersten Betriebsmodus einer Tieftemperaturrektifikation in einer Rektifikationseinheit unterworfen und nach dem Führen durch den Wärmeaustauschbereich im zweiten Betriebsmodus zum Erwärmen der Rektifikationseinheit verwendet wird.

[0045] Durch eine entsprechende Variante können insbesondere die dem Wärmetauscher nachgeschalteten Apparate langsam erwärmt werden. Dies ermöglicht es, bei einem Wiederanfahren einer entsprechenden Anlage, d.h. zu Beginn des ersten Betriebsmodus bzw. beim Umschalten zwischen dem zweiten und ersten Betriebsmodus auftretende Temperaturgradienten am zweiten Ende des Wärmeaustauschbereichs zu glätten bzw. abzuflachen. Hierdurch kann auch das kalte Ende eines entsprechenden Wärmetauschers bei Lastwechseln geschont werden, ohne dass dieses in einem zweiten Betriebsmodus gezielt mit kaltem Fluid temperiert werden muss, welches sich ggf. fehlverteilen könnte. Die Temperierung und die Verhinderung von thermischen Spannungen wird dabei ausschließlich durch die Verwendung des oder der dritten Fluide bewirkt.

[0046] In dem soeben erläuterten Verfahren wird in einer besonders bevorzugten Ausgestaltung eine Rektifikationseinheit mit einer auf einem ersten Druckniveau betriebenen ersten Rektifikationskolonne ("Hochdrucksäule"), einer auf einem zweiten Druckniveau unterhalb des ersten Druckniveaus betriebenen zweiten Rektifikationskolonne ("Niederdrucksäule") und einem Unterkühler verwendet, wobei in dem zweiten Betriebsmodus die Luft nach dem Führen durch den Wärmeaustauschbereich bzw. dem Wärmetauscher in die erste Rektifikationskolonne eingespeist wird und wobei Fluid über einen Sumpfabzug aus der ersten Rektifikationskolonne entnommen, durch den Unterkühler geführt, in die zweite Rektifikationskolonne eingespeist und über einen Kopf-abzug aus der zweiten Rektifikationskolonne ausgeleitet wird.

[0047] Eine entsprechende Variante ist insbesondere unter Bezugnahme auf die beigelegte Figur 3 erläutert. Hierbei kann allerdings in Abweichung zu der dort veranschaulichten konkreten Ausgestaltung auch eine andere Fluidführung zur Temperierung vorgesehen sein. Ein Unterkühler oder Unterkühlungsgegenströmer (die Begriffe werden hier synonym verwendet) ist ein Wärmetauscher, in dem zumindest Fluide aus der Hoch- und Niederdrucksäule bzw. der ersten Rektifikationskolonne

und der zweiten Rektifikationskolonne einem Wärmeaustausch miteinander unterworfen werden.

[0048] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann, wie zuvor erläutert, vorgesehen sein, in dem zweiten Betriebsmodus nur das erste Ende des Wärmetauschbereichs zu temperieren. In diesem Fall werden dem Wärmetauschbereich in dem zweiten Betriebsmodus keine Fluide am zweiten Ende zugeführt und durch den Wärmeaustauschbereich geführt. Es wird also keine gezielte Temperierung am kalten Ende des Wärmetauschers vorgenommen. Jedoch kann durch das am ersten Ende des Wärmetauschers eingespeiste Fluid ein gewisser Temperatureinfluss bewirkt werden, falls dieses das zweite Ende des Wärmetauschers erreicht.

[0049] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann alternativ dazu aber auch vorgesehen sein, dass im zweiten Betriebsmodus das zweite Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren vierten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am zweiten Ende zugeführt und in Richtung des ersten Endes durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs geführt wird oder werden, auf das zweite Temperaturniveau oder auf ein viertes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem zweiten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert wird. Das vierte Temperaturniveau kann sich insbesondere auch um weniger als 60, 40 oder 20 Kelvin von dem zweiten Temperaturniveau unterscheiden. In diesem Zusammenhang gelten die obigen Erläuterungen bezüglich der Temperierung des ersten Endes mit dem oder den dritten Fluiden sinngemäß.

[0050] Insbesondere sei hierbei auf die obigen Erläuterungen zur Bedeutung der Angabe "in einem oder mehreren Teilzeiträumen" verwiesen. Auch die Temperierung des zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs kann intermittierend, periodisch, nach Maßgabe einer Zeitvorgabe und/oder auf Grundlage einer Temperaturmessung durchgeführt werden. Die Temperierung des zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs kann insbesondere in Vorbereitung auf den ersten Betriebsmodus in einem vorgegebenen zeitlichen Abstand, bevor der erste Betriebsmodus wieder eingeleitet werden soll, eingeleitet werden, so dass der erste Betriebsmodus anschließend geplant wiederaufgenommen werden kann. Es ist auch möglich, beispielsweise immer dann, wenn eine festgestellte Temperatur am zweiten Ende des Wärmetauschbereichs über einen vorbestimmten Wert ansteigt, die Temperierung des zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs aufzunehmen und diese wieder zu beenden, wenn die festgestellte Temperatur am zweiten Ende des Wärmetauschbereichs anschließend wieder unter einen vorbestimmten Wert absinkt.

[0051] Durch eine intermittierende Temperierung des zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs oder, allgemeiner, eine Temperierung nur während eines oder mehrerer Teilzeiträume während des zweiten Betriebszeitraums lässt sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Menge des oder der vierten Fluide, die zur

Temperierung des zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs verwendet werden, einsparen. Auf diese Weise ergibt sich durch den Einsatz der Erfindung ein nochmals ressourceneffizienteres Verfahren.

5 **[0052]** Ist hier davon die Rede, dass das oder die dem Wärmeaustauschbereich am zweiten Ende zugeführten
vierten Fluide "in Richtung" des ersten Endes "durch zu-
mindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs" ge-
führt werden, kann hierunter, wie im Falle des oder der
10 dritten Fluide, insbesondere auch verstanden werden,
dass der Wärmeaustauschbereich einen oder mehrere
erste, sich an das erste Ende des Wärmeaustauschbe-
reichs anschließende Abschnitte und einen oder mehre-
re zweite, sich an das zweite Ende anschließende Ab-
15 schnitte aufweist, wobei das oder die vierten Fluide durch
den oder die zweiten Abschnitte, aber nicht durch den
oder die ersten Abschnitte geführt wird oder werden. Zu
weiteren Erläuterungen wird auf die obigen Erläuterun-
gen ausdrücklich verwiesen.

20 **[0053]** Vorzugsweise wird oder werden das oder die
vierten Fluide in dem zweiten Betriebsmodus dem zwei-
ten Ende des Wärmeaustauschbereichs auf dem zwei-
ten oder dem vierten Temperaturniveau zugeführt. Es
kann jedoch auch hier vorgesehen sein, abweichende
25 Temperaturen zu verwenden, sofern mittels dieser er-
reicht wird, dass das das zweite Ende des Wärmeaus-
tauschbereichs durch das Beaufschlagen mit dem oder
den vierten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustausch-
bereich am zweiten Ende zugeführt und in Richtung des
30 ersten Endes durch zumindest einen Teil des Wärme-
austauschbereichs geführt wird oder werden, auf das
zweite Temperaturniveau oder das vierte Temperaturni-
veau temperiert wird.

35 **[0054]** Bei einer Temperierung am warmen (ersten)
und kalten (zweiten) Ende des Wärmeaustauschbe-
reichs kann insbesondere auch vorgesehen sein, ein
Temperaturprofil in dem Wärmetauscher bzw. dem Wär-
meaustauschbereich zu halten. oder im Wesentlichen zu
halten. Eine derartige Ausgestaltung der vorliegenden
40 Erfindung kann insbesondere umfassen, dass im ersten
Betriebsmodus über den Wärmeaustauschbereich ein
erster Temperaturverlauf vom ersten Temperaturniveau
am ersten Ende auf das zweite Temperaturniveau am
zweiten Ende ausgebildet wird, dass im zweiten Be-
triebsmodus über den Wärmeaustauschbereich ein
45 zweiter Temperaturverlauf vom ersten Temperaturni-
veau am ersten Ende auf das zweite Temperaturniveau
am zweiten Ende ausgebildet wird, der an keiner Stelle
um mehr als 80 Kelvin vom ersten Temperaturverlauf
abweicht. Eine Abweichung kann im Rahmen der vorlie-
50 genden Erfindung auch unterhalb von 60, 40 oder 20
Kelvin gehalten werden. Ein entsprechender Tempera-
turverlauf, also ein Temperaturprofil, kann beispielswei-
se durch Simulationen die auf einen oder mehrere Mes-
spunkte bzw. Temperaturmessungen an unterschiedli-
chen Positionen des Wärmetauschers gestützt werden,
ermittelt werden.

[0055] Die soeben erläuterte Variante der vorliegen-

den Erfindung kann ebenfalls im Rahmen eines Verfahrens zur Tieftemperaturluftzerlegung eingesetzt werden, wie nachfolgend erläutert. Hierbei ist insbesondere vorgesehen, dass das erste Fluid oder zumindest eines der ersten Fluide verdichtete Luft umfasst oder umfassen, die nach der Abkühlung im Wärmetauscher einer Tieftemperaturrektifikation unter Verwendung einer auf einem ersten Druckniveau betriebenen ersten Rektifikationskolonne und einer auf einem zweiten Druckniveau unterhalb des ersten Druckniveaus betriebenen zweiten Rektifikationskolonne unterworfen wird.

[0056] In dieser Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann oder können das dritte Fluid oder zumindest eines der dritten Fluide unter Verwendung einer in der ersten Rektifikationskolonne und/oder unter Verwendung einer in der zweiten Rektifikationskolonne gebildeten sauerstoffangereicherten Fraktion gebildet werden und/oder das vierte Fluid oder zumindest eines der vierten Fluide kann oder können unter Verwendung einer in der ersten Rektifikationskolonne gebildeten Fraktion gebildet werden. Mit anderen Worten kann eine Temperierung des ersten Endes des Wärmeaustauschbereichs mit Flüssigkeit, die sich in der ersten und/oder zweiten Rektifikationskolonne sammelt, erfolgen. Eine Temperierung des zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs kann insbesondere mit Gas aus der ersten Rektifikationskolonne erfolgen. Beide Varianten sind weiter unten unter Bezugnahme auf die Figur 7 ausführlicher erläutert.

[0057] Das dritte Fluid oder zumindest eines der dritten Fluide kann oder können hierbei insbesondere dadurch gebildet werden, dass ein Teil der in der ersten Rektifikationskolonne und/oder der zweiten Rektifikationskolonne gebildeten sauerstoffangereicherten Fraktion aus der ersten und/oder der zweiten Rektifikationskolonne intermittierend entnommen, druckerhöht, auf das erste Temperaturniveau oder das dritte Temperaturniveau erwärmt und dem Wärmeaustauschbereich am ersten Ende zugeführt wird. Alternativ oder zusätzlich kann das vierte Fluid oder zumindest eines der vierten Fluide dadurch gebildet werden, dass ein Teil der in der zweiten Rektifikationskolonne gebildeten stickstoffreichen Fraktion der zweiten Rektifikationskolonne entnommen und auf dem zweiten Temperaturniveau oder dem vierten Temperaturniveau dem Wärmeaustauschbereich am zweiten Ende zugeführt wird.

[0058] Hierbei kann insbesondere in dem zweiten Betriebszeitraum, beispielsweise nachdem ein vorgegebenes Zeitintervall verstrichen ist oder bei einer festgestellten Temperatur am ersten Ende und/oder am zweiten Ende der Wärmeaustauschstrecke des Wärmetauschers in einem ersten Schritt sich in einem Sumpf der ersten und/oder zweiten Rektifikationskolonne ansammelnde Sumpfflüssigkeit zumindest teilweise zur Befüllung eines Behälters verwendet werden. In einem zweiten Schritt kann der Behälter, beispielsweise durch Druckaufbauverdampfung, druckbeaufschlagt werden. In einem dritten Schritt kann Fluid aus dem Behälter ent-

nommen und in einem Wärmetauscher auf das erste oder dritte Temperaturniveau erwärmt und als das oder zumindest eines der ersten Fluide zur Temperierung des ersten Endes des Wärmeaustauschbereichs des Wärmetauschers verwendet werden. Parallel kann gasförmiges Fluid aus der ersten Rektifikationskolonne entnommen und, wie erwähnt, auf dem zweiten oder dem vierten Temperaturniveau als das oder zumindest eines der vierten Fluide zur Temperierung des zweiten Endes verwendet werden.

[0059] Die vorliegende Erfindung ermöglicht es insbesondere in einer weiteren Ausgestaltung, mit einer ausgesprochen geringen Gasmenge eine vergleichsweise hohe Strömungsgeschwindigkeit im Wärmetauscher zu erzielen, wodurch entsprechende Fehlverteilungen auch bei einer Temperierung des zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs ausgeschlossen werden können.

[0060] Hierzu sieht diese Ausgestaltung der Erfindung in dem zweiten Betriebsmodus vor, ein hierfür geeignetes Fluid, beispielsweise kaltes Gas, das beispielsweise aus einem Tank durch Druckaufbauverdampfung oder aus einem Rektifikationskolonnensystem durch Verdampfung bereitgestellt wird, am kalten Ende des Wärmetauschers aufzugeben und durch hierfür spezifisch gewidmete Passagen des Wärmetauschers zu dessen warmem Ende zu führen. Dort kann das entsprechend angewärmte Fluid, beispielsweise mit einem zusätzlichen luftbeheizten Wärmetauscher, weiter erwärmt werden und wird danach durch andere hierfür spezifisch gewidmete Passagen vom warmen Ende zum kalten Ende durch den Wärmetauscher geführt. Entsprechendes Fluid kann anschließend beispielsweise an die Atmosphäre abgeblasen werden. Das vom kalten zum warmen Ende des Wärmetauschers geführte Fluid ist damit ein "viertes" Fluid im oben erläuterten Sinn und das erwärmte und anschließend vom warmen zum kalten Ende des Wärmetauschers geführte Fluid ein "drittes" Fluid in diesem Sinn. Nachfolgend ist jeweils von "einem" Fluid die Rede. Es versteht sich aber, dass jeweils auch mehrere entsprechender Fluide eingesetzt werden können.

[0061] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Anzahl der Passagen für kaltes (viertes) und warmes (drittes) Fluid, also für das vom kalten zum warmen Ende geführte Fluid einerseits und für das anschließend vom warmen zum kalten Ende geführte Fluid andererseits, in ihren strömungstechnischen Eigenschaften ähnlich ausgebildet sind, so das vergleichbare Geschwindigkeiten und Druckverluste erzielt werden können. Die Anzahl von Passagen ist vorzugsweise in etwa gleich oder weicht nur geringfügig voneinander ab.

[0062] Hierbei sind im Rahmen dieser Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung grundsätzlich drei unterschiedliche Herangehensweisen möglich. Bei bestimmten Wärmetauschern, beispielsweise vergleichsweise großen Wärmetauschern, bei denen im Normalbetrieb durch eine Anzahl von ersten Passagen, beispielsweise 100 Passagen, ein oder mehrere abzukühlende Fluide abgekühlt und durch eine entsprechend große Anzahl

von zweiten Passagen, beispielsweise 100 Passagen, ein oder mehrere zu erwärmende Fluide erwärmt werden, kann im Rahmen der Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein, einen definierten kleineren Anteil der ersten Passagen und/oder der zweiten Passagen für die Durchströmung mit dem vierten bzw. dritten und dessen Anwärmung und Abkühlung zu widmen.

[0063] Beispielsweise können von den exemplarisch erwähnten 100 ersten Passagen, die in dem ersten Betriebsmodus zur Abkühlung des ersten Fluids oder der ersten Fluide eingesetzt werden, fünf Passagen zur Erwärmung und fünf Passagen, insbesondere jeweils in der Stapelfolge gleichverteilt, zur Abkühlung des vierten bzw. dritten Fluids in dem zweiten Betriebsmodus eingesetzt werden. Alternativ dazu ist es ebenso möglich, von den exemplarisch erwähnten 100 zweiten Passagen, die in dem ersten Betriebsmodus zur Erwärmung des zweiten Fluids oder der zu erwärmenden zweiten Fluide eingesetzt werden, fünf Passagen zur Erwärmung und fünf Passagen zur Abkühlung des vierten bzw. dritten in dem zweiten Betriebsmodus einzusetzen. In einer weiteren Alternative können auch beispielsweise von den exemplarisch erwähnten 100 ersten Passagen, die in dem ersten Betriebsmodus zur Abkühlung des oder der zu erwärmenden ersten bzw. zweiten Fluide eingesetzt werden, fünf Passagen zur Erwärmung des vierten Fluids und von den exemplarisch erwähnten 100 zweiten Passagen, die in dem ersten Betriebsmodus zur Erwärmung des oder der zu erwärmenden Fluide eingesetzt werden, fünf Passagen zur Abkühlung des dritten Fluids in dem zweiten Betriebsmodus eingesetzt werden oder umgekehrt. Es versteht sich, dass die hier genannten Zahlen lediglich Beispielwerte darstellen.

[0064] Sind die ersten und die zweiten Passagen jeweils in Gruppen aufgeteilt, in denen jeweils ein Fluid geführt wird, können auch entsprechende Gruppen, einzeln oder zusammengefasst, in dem zweiten Betriebsmodus für das Erwärmen und das Abkühlen des vierten bzw. dritten Fluids genutzt werden, falls deren strömungstechnische Ausgestaltung jeweils der abzukühlenden bzw. zu erwärmenden Menge des vierten bzw. dritten Fluids entspricht. Weitere Gruppen werden dann in dem zweiten Betriebsmodus nicht durchströmt.

[0065] In alternativen Ausgestaltungen ist es auch möglich, einen Wärmetauscher mit zusätzlichen Passagengruppen auszustatten, die dezidiert für das Erwärmen und das Abkühlen in dem zweiten Betriebsmodus unter Verwendung des vierten bzw. dritten Fluids bereitgestellt werden, und die in dem ersten Betriebsmodus nicht genutzt werden. Auf diese Weise ist eine besonders gute Anpassung an die Mengen des vierten bzw. dritten Fluids möglich, insbesondere wenn eine Widmung eines Teils der "regulären" Wärmetauscherpassagen nicht möglich ist.

[0066] Ein wesentlicher Aspekt der soeben erläuterten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst einen intermittierenden Betrieb, worunter hier verstanden wird,

dass der Wärmetauscher bzw. die entsprechenden Passagen in dem zweiten Betriebsmodus nur zu bestimmten Zeiträumen von dem vierten bzw. dritten Fluid durchströmt werden, in anderen jedoch nicht. Auf diese Weise lässt sich weiteres Fluid einsparen, da dieses nur dann zum Einsatz kommt, wenn eine entsprechende Temperierung erforderlich ist. Wie auch unten noch erläutert, kann ein entsprechender intermittierender Betrieb eine feste Zeitvorgabe umfassen, oder es kann, beispielsweise unter Verwendung von Temperatursensoren, detektiert werden, wann eine Temperierung erforderlich ist, beispielsweise wenn sich der Wärmetauscher über einen vorgegebenen Schwellwert hinaus erwärmt hat.

[0067] Insgesamt schlägt die soeben erläuterte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ein Verfahren vor, bei dem der Wärmeaustauschbereich des Wärmetauschers mit einer Anzahl von Wärmetauscherpassagen ausgebildet ist, und bei dem im ersten Betriebsmodus das oder die ersten Fluide durch eine erste Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen geführt wird oder werden und das oder die zweiten Fluide durch eine zweite Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen geführt werden, wobei die erste und die zweite Teilmenge insbesondere disjunkte Teilmengen der Anzahl der Wärmetauscherpassagen sind. Wie erwähnt, erstreckt sich die vorliegende Erfindung beispielsweise auf Luftzerlegungsanlagen bzw. auf Anlagen zur Bereitstellung stickstoffreicher Fluide, die insbesondere in flüssiger Form bereitgestellt werden können. Somit können das oder die abzukühlenden Fluide insbesondere gasförmigen Stickstoff umfassen, der in dem ersten Betriebsmodus, beispielsweise unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage, bereitgestellt und durch das Abkühlen in den Wärmetauscherpassagen verflüssigt wird. Entsprechendes gilt auch für andere Luftbearbeitungsanlagen, beispielsweise die erwähnten Anlagen zum Speichern und Rückgewinnen von Energie unter Verwendung von Flüssigluft, in denen beispielweise verdichtete Luft zu Flüssigluft verflüssigt wird.

[0068] Gemäß dieser Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist nun vorgesehen, dass im zweiten Betriebsmodus insbesondere zeitweise, d.h. intermittierend im oben erläuterten Sinn, ein oder mehrere Stoffströme als das oder zumindest eines der vierten Fluide durch eine dritte Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen geführt und erwärmt und danach als das oder zumindest eines der dritten Fluide durch eine vierte Teilmenge der Wärmetauscherpassagen geführt und abgekühlt wird, wobei die dritte und die vierte Teilmenge einzeln jeweils kleiner als die erste und kleiner als die zweite Teilmenge sind. Es wird also eine Anzahl von Wärmetauscherpassagen genutzt, die kleiner ist als die in dem ersten Betriebsmodus für den regulären Betrieb genutzte. Auf diese Weise lassen sich die bereits zuvor erläuterten Vorteile erzielen, die insbesondere auch unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren 10 bis 12 nochmals erläutert werden. Wie auch nachfolgend im Detail erläutert, können dabei die dritte und die vierte Teilmen-

ge Teilmengen der ersten und/oder der zweiten Teilmenge sein. In diesem Fall wird eine Teilmenge der ersten und/oder der zweiten Teilmenge, die im regulären Betrieb, also dem ersten Betriebsmodus für das oder die abzukühlenden oder zu erwärmenden Fluide genutzt werden, also im zweiten Betriebsmodus zum Temperieren des ersten und zweiten Endes des Wärmeaustauschbereichs des Wärmetauschers für das oder die vierten Fluide und das oder die dritten dritten Fluide gewidmet. Die erste, die zweite, die dritte und die vierte Teilmenge können aber auch paarweise disjunkte Mengen sein, d.h. die für das Temperierfluid in dem zweiten Betriebsmodus eingesetzten Wärmetauscherpassagen können separat bereitgestellt werden.

[0069] Insbesondere lassen sich die eingangs erläuterten Nachteile, die durch sehr geringe Fluidströme bzw. Strömungsgeschwindigkeiten und einer sich hieraus ergebenden Fehlverteilung zustande kommen, vermeiden. Durch eine geeignete Auswahl bzw. Bereitstellung entsprechender Wärmetauscherpassagen für den zweiten Betriebsmodus kann sichergestellt werden, dass die Anzahl und die strömungstechnischen Eigenschaften der jeweils genutzten Passagen zumindest weitgehend ähnlich sind.

[0070] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung lässt sich das Temperaturprofil in einem Wärmetauscher während der Stillstandszeit einer entsprechenden Anlage sehr gut steuern, berechnen und damit die Anzahl an möglichen Lastwechseln (An- und Abschaltvorgänge) bestimmen. Alternativ kann, wenn eine erforderliche Anzahl an Starts und Stopps und die jeweilige Stillstandszeit bekannt sind, berechnet werden, welche Menge an Einsatzgas (Temperierfluid) benötigt wird und wie beispielsweise eine optimale zeitliche oder sensorbasierte Steuerung (siehe unten) erfolgen kann.

[0071] Die vorliegende Erfindung ermöglicht eine zuverlässige Bauweise. Sämtliche beteiligten Armaturen können automatisiert und, falls erforderlich, zentral und unter sicherheitstechnischer Überwachung gesteuert werden. Das in der soeben erläuterten Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagene System ist einfach, auch für Bedienpersonal leicht nachvollziehbar und damit besonders betriebssicher.

[0072] Weil in dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren der Temperaturverlauf im Betrieb und Stillstand einander sehr ähnlich sind, ergeben sich, vollkommen unabhängig von der Stillstandszeit und weitestgehend unabhängig vom Anfahrscenario reduzierte thermische Spannungen am Wärmetauscher. (Anfahrscenario und Stillstandszeiten sind bei bisher bekannten Lösungen teilweise problematisch bzw. unbekannt, da das Anfahren einer entsprechenden Anlage vom Bedienpersonal abhängt.) Wird gemäß dem Stand der Technik Wärme in ein entsprechendes System eingebracht, beispielsweise durch eine Heizung oder ein warmes Gas, ist ein derartiges System hingegen anfällig beim Wiederaufahren, weil gegebenenfalls kaltes Gas auf einen warmen Wärmetauscher trifft oder umgekehrt. Dieser Nach-

teil kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung vermieden werden.

[0073] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens können die dritte und die vierte Teilmenge disjunkte Teilmengen der ersten Teilmenge sein, oder die dritte und die vierte Teilmenge können disjunkte Teilmengen der zweiten Teilmenge sein. Der zweite Fall ist insbesondere auch unter Bezugnahme auf die beigefügte Figur 9 erläutert. Hierbei handelt es sich bei den mit Y bezeichneten Passagen um eine zweite Teilmenge der gesamten Wärmetauscherpassagen, durch die im Normalbetrieb, also dem ersten Betriebsmodus Niederdruckstickstoff geführt wird. Weitere Wärmetauscherpassagen werden im ersten Betriebsmodus für andere Fluide genutzt. In dem zweiten Betriebsmodus wird eine Teilmenge der zweiten Teilmenge, die dritte Teilmenge, für das oder die vierten Fluide und die vierte Teilmenge für das oder die dritten Fluide genutzt. In dieser Ausgestaltung kann ein Wärmetauscher entsprechend temperiert werden, ohne dass zusätzliche Passagen bereitgestellt werden müssen.

[0074] Dies ist auch der Fall, wenn in einer grundsätzlich ebenfalls möglichen Ausgestaltung die dritte Teilmenge eine Teilmenge der ersten Teilmenge und die vierte Teilmenge eine Teilmenge der zweiten Teilmenge ist, oder wenn die dritte Teilmenge eine Teilmenge der zweiten Teilmenge und die vierte Teilmenge eine Teilmenge der ersten Teilmenge ist. In diesem Fall wird ein Teil der im Normalbetrieb für die Erwärmung des dort zu erwärmenden ersten Fluids im zweiten Betriebsmodus für ein viertes Fluid und ein Teil der im Normalbetrieb für die Abkühlung des dort zu abzukühlenden zweiten Fluids für ein drittes Fluid genutzt.

[0075] Insbesondere wenn eine entsprechende Nutzung nicht möglich oder sinnvoll ist, beispielsweise wenn eine Ausstattung mit entsprechenden Headern nicht erfolgen kann, kann ein entsprechendes Verfahren in einer nochmals alternativen Ausgestaltung auch derart durchgeführt werden, dass die erste Teilmenge, die zweite Teilmenge, die dritte Teilmenge und die vierte Teilmenge paarweise disjunkte Teilmengen der Anzahl der Wärmetauscherpassagen sind. Die für die Verwendung mit drittem und viertem Fluid bestimmten Passagen werden also zusätzlich bereitgestellt. Auf diese Weise kann auch eine besonders gute Anpassung an die erforderlichen strömungstechnischen Eigenschaften erzielt werden.

[0076] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung, die bereits zuvor angesprochen wurde, können das oder die vierten Fluide in dem zweiten Betriebsmodus nach der Erwärmung in der dritten Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen und vor der Verwendung als das oder zumindest eines der vierten Fluide, also vor einer Abkühlung in der vierten Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen einer weiteren Erwärmung unterworfen werden. Hierdurch kann eine weitere gezielte Anpassung der Temperaturen an die jeweiligen spezifischen Erfordernisse erfolgen. Insbesondere kann die weitere Erwär-

mung unter Verwendung eines luftbeheizten Wärmetauschers durchgeführt werden, der sich in dem vorliegenden Einsatzszenario besonders einfach und kostengünstig erstellen und betreiben lässt.

[0077] Wenngleich die vorliegende Erfindung überwiegend unter Bezugnahme auf Luftzerlegungsanlagen beschrieben wird, kann es sich bei dem oder einem der in dem ersten Betriebsmodus abzukühlenden (ersten) Fluide allgemein um ein mittels einer Produktionsanlage wie zuvor erläutert hergestelltes Fluid handeln, wobei die Produktionsanlage in dem ersten Betriebsmodus in Betrieb und in den zweiten Betriebsmodus außer Betrieb ist. Insbesondere ist, wie erwähnt, auch der Einsatz in einer Anlage zum Speichern und Rückgewinnen von Energie in unterschiedlichen Betriebsmodi möglich. Die vorliegende Erfindung erlaubt eine Temperierung oder ggf. eine Aufrechterhaltung eines entsprechenden Temperaturprofils in einem Wärmetauscher bei beliebigen Produktionsanlagen, insbesondere aber bei den erläuterten Luftbearbeitungsanlagen. Wie ebenfalls erwähnt, eignet sich die vorliegende Erfindung in besonderer Weise zur Verwendung mit einer Anlage zur Verflüssigung eines gasförmigen Luftprodukts wie Stickstoff.

[0078] Wie ebenfalls bereits angesprochen, können das oder die vierten Fluide, das oder die in dem zweiten Betriebsmodus verwendet wird oder werden, in der soeben erläuterten Ausgestaltung insbesondere einem Tank entnommen werden. Dieser Tank kann insbesondere mit einer Druckaufbauverdampfungseinrichtung ausgestattet sein, so dass ein viertes Fluid bei geeigneten Druckbedingungen bereitgestellt werden kann. Ein entsprechender Tank kann insbesondere auch in dem ersten Betriebsmodus von einer entsprechenden Produktionsanlage befüllt werden, so dass sich das oder zumindest eines der ersten oder zweiten Fluide und das oder zumindest eines der vierten Fluide in ihrer Zusammensetzung gleichen können.

[0079] Insbesondere kann es sich bei dem ersten oder zweiten Fluid oder zumindest einem der ersten oder zweiten Fluide und dem vierten Fluid um Luftgase, insbesondere um stickstoffreiche Fluide handeln. Das oder die ersten oder zweiten Fluide können dabei in dem ersten Betriebsmodus durch das Abkühlen in den Wärmetauscherpassagen verflüssigt und in verflüssigtem Zustand als Produkt bereitgestellt werden. Diese können auch insbesondere im Rahmen eines Verfahrens zum Speichern und Rückgewinnen von Energie verflüssigt werden, das besonders von dem erfindungsgemäßen Verfahren profitiert.

[0080] Wie erwähnt ermöglicht die vorliegende Erfindung in der soeben erläuterten Ausgestaltung eine Aufrechterhaltung eines Temperaturprofils in einem Wärmetauscher mit geringen Gasmengen. Insbesondere können die erste Teilmenge und die zweite Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen von einer größeren Fluidmenge durchströmt werden als die dritte und die vierte Teilmenge der Anzahl von Wärmetauscherpassagen. Die Menge des oder der in dem ersten Betriebs-

modus durch die erste und die zweite Teilmenge der Wärmetauscherpassagen geführten abzukühlenden Fluide kann beispielsweise doppelt so hoch oder mehr als doppelt so hoch wie die Menge des in dem zweiten Betriebsmodus durch die dritte und die vierte Teilmenge der Wärmetauscherpassagen geführten Fluide sein. Spezifische Beispiele sind unter Bezugnahme auf die Figuren erläutert.

[0081] Wie erwähnt, wird oder werden das oder die vierten und damit auch das oder die dritten Fluide in dem zweiten Betriebsmodus im Rahmen der vorliegenden Erfindung intermittierend durch die dritte und die vierte Teilmenge der Wärmetauscherpassagen geführt werden. Dies ist besonders vorteilhaft, weil sich auf diese Weise die verwendete Fluidmenge weiter einsparen lässt. Da Temperaturausgleichsvorgänge in den hier betrachteten Szenarien vergleichsweise langsam erfolgen, kann es beispielsweise vorteilhaft sein, nach einem bestimmten Zeitmuster die Bereitstellung des zweiten Fluids anzubuschalten. Beispielsweise kann in dem zweiten Betriebsmodus jeweils während 30 Minuten eine Durchströmung des ersten und zweiten Anteils der Wärmetauscherpassagen erfolgen, gefolgt von jeweils einer Pause von beispielsweise 2 Stunden. Die Anzahl von möglichen Perioden bzw. deren zeitliche Länge ist eine Funktion der eingesetzten Gasmenge. Je nach Anforderung lässt sich auf Kosten der eingesetzten Gasmenge eine beliebige Flexibilisierung erzielen.

[0082] Alternativ oder zusätzlich zur Verwendung eines festen Zeitschemas kann ein intermittierender Betrieb auch unter Verwendung von Sensoren durchgeführt werden, die an einer oder mehreren Stellen eines entsprechenden Wärmetauschers angebracht sind. Überschreitet beispielsweise eine Temperatur an einer oder mehreren Stellen einen Sollwert um mehr als einen vordefinierten Schwellwert, kann eine Durchströmung mit dem vierten bzw. dritten Fluid eingeleitet werden.

[0083] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der soeben erläuterten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, in dem ersten und dem zweiten Betriebsmodus ein kaltes Gas, insbesondere ein in einem Speichertank für eine tiefkalte Flüssigkeit aus der tiefkalten Flüssigkeit unvermeidlich verdampfendes Gas, durch den Wärmetauscher zu führen. Auf diese Weise kann die in einem entsprechenden Gas "enthaltene Kälte" zurückgewonnen werden, so dass sich das Verfahren, auch in dem ersten Betriebsmodus, nochmals energetisch vorteilhafter betreiben lässt bzw. sich die Betriebskosten im Mittel über beide Betriebsmodi verringern. Bei einem entsprechenden Speichertank kann es sich insbesondere um einen Speichertank für flüssigen Stickstoff handeln. Die erläuterte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst dabei insbesondere, in dem ersten und dem zweiten Betriebsmodus ein entsprechendes kaltes Gas durch dieselben Wärmetauscherpassagen zu führen, die in dem zweiten Betriebsmodus für drittes bzw. viertes Fluid eingesetzt werden, also die dritte und die vierte Teilmenge der Wärme-

tauscherpassagen.

[0084] Die vorliegende Erfindung erstreckt sich auch auf eine Anordnung mit einem Wärmetauscher, der einen Wärmeaustauschbereich, der sich zwischen einem ersten Ende und einem zweiten Ende erstreckt, aufweist, wobei die Anordnung Mittel aufweist, die dafür eingerichtet sind, in einem ersten Betriebsmodus dem Wärmeaustauschbereich ein oder mehrere abzukühlende erste Fluide am ersten Ende auf einem ersten Temperaturniveau zuzuführen und vom ersten Ende zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich zu führen und dem Wärmeaustauschbereich ein oder mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zuzuführen und vom zweiten Ende zum ersten Ende durch den Wärmeaustauschbereich zu führen. Erfindungsgemäß sind dabei Mittel vorgesehen, die dafür eingerichtet sind, den ersten Betriebsmodus in einem ersten Betriebszeitraum durchzuführen, der durch einen zweiten Betriebsmodus unterbrochen wird, und in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums einen zweiten Betriebsmodus durchzuführen, wobei diese Mittel in dem zweiten Betriebsmodus das erste Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren dritten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am ersten Ende zugeführt und in Richtung des zweiten Endes durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs geführt wird oder werden, auf das erste Temperaturniveau oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem ersten Temperaturniveau unterscheidet, temperieren.

[0085] Zu Merkmalen und Vorteilen einer entsprechenden Anordnung, die insbesondere dazu eingerichtet ist, ein Verfahren durchzuführen, wie es zuvor erläutert wurde, sei auf die obigen Ausführungen ausdrücklich verwiesen. Insbesondere weist eine derartige Anlage eine Steuereinrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, bei Bedarf, beispielsweise nach einem festen Schaltmuster, auf Grundlage eines Sensorsignals oder auf Anforderung, zwischen dem ersten und dem zweiten Betriebsmodus umzuschalten.

[0086] Wie erwähnt, erstreckt sich die vorliegende Erfindung auch auf eine Anlage der zuvor erläuterten Art. Diese zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, dass sie eine Anordnung umfasst, wie sie soeben erläutert wurde. Insbesondere ist die Anlage dabei zur Bereitstellung des oder zumindest eines der zu abzukühlenden Fluide in dem ersten Betriebsmodus eingerichtet, das oder die, wie erwähnt, auch zur Nutzung als das zweite Fluid in dem zweiten Betriebsmodus teilweise in einem Tank zwischengespeichert werden kann bzw. können. Eine entsprechende Anlage kann insbesondere auch als Anlage zum Speichern und Rückgewinnen von Energie unter Verwendung von Flüssiglufte, als Luftzerlegungsanlage oder als Anlage zur Verflüssigung eines gasförmigen Luftprodukts ausgebildet sein. Zu Merkmalen und Vorteilen sei auf die obigen Erläuterungen bezüglich des

erfindungsgemäßen Verfahrens verwiesen.

[0087] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert, die eine Ausführungsform der Erfindung und entsprechende Wärmeaustauschdiagramme zeigen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0088]

Figur 1 veranschaulicht Temperaturverläufe in einem Wärmetauscher nach Außerbetriebnahme ohne Einsatz von Maßnahmen gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

Figur 2 veranschaulicht Temperaturverläufe in einem Wärmetauscher nach Außerbetriebnahme bei einer Temperierung gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

Figur 3 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage mit einem Wärmetauscher, der unter Verwendung eines Verfahrens gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung betrieben werden kann.

Figur 4 veranschaulicht Temperaturverläufe in einer Luftzerlegungsanlage gemäß Figur 3, die unter Verwendung eines Verfahrens gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung betrieben wird.

Figur 5 veranschaulicht eine Anordnung aus Wärmetauschern, die in einer Luftzerlegungsanlage gemäß Figur 3 gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden kann.

Die Figuren 6A bis 6C veranschaulichen unterschiedliche Ansichten eines Wärmetauschers, der in einer Luftzerlegungsanlage gemäß Figur 3 oder einer Anordnung gemäß Figur 5 eingesetzt werden kann.

Figur 7 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage mit einem Wärmetauscher, der unter Verwendung eines Verfahrens gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung betrieben werden kann.

Die Figuren 8A und 8B zeigen eine Anordnung mit einem Wärmetauscher gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einem ersten Betriebsmodus und in einem zweiten Betriebsmodus in schematischer Darstellung.

Figur 9 zeigt eine Layeranordnung eines gemäß einer Ausführungsform der Erfindung betreibbaren Wärmetauschers in schematischer Darstellung.

Figur 10 zeigt ein Wärmeaustauschdiagramm, das sich bei einem Betrieb eines Wärmetauschers ge-

mäß einer Ausführungsform der Erfindung ergibt.

Figur 11 zeigt ein Wärmeaustauschdiagramm, das sich bei einem Betrieb eines Wärmetauschers gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ergibt.

Figur 12 zeigt ein Wärmeaustauschdiagramm, das sich bei einem Betrieb eines Wärmetauschers gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ergibt.

[0089] In den Figuren sind identische oder einander funktional oder bedeutungsmäßig entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen angegeben und werden der Übersichtlichkeit halber nicht wiederholt erläutert.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0090] Figur 1 veranschaulicht Temperaturverläufe in einem Wärmetauscher nach Außerbetriebnahme ohne Einsatz von Maßnahmen gemäß vorteilhaften Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung in Form eines Temperaturdiagramms.

[0091] In dem in Figur 1 dargestellten Diagramm sind eine mit H bezeichnete Temperatur am warmen Ende eines entsprechenden Wärmetauschers bzw. seines entsprechenden Wärmeaustauschbereichs (zuvor und nachfolgend auch als "erstes Ende" bezeichnet) und eine mit C bezeichnete Temperatur am kalten Ende (zuvor und nachfolgend auch als "zweites Ende" bezeichnet) jeweils in °C auf der Ordinate gegenüber einer Zeit in Stunden auf der Abszisse dargestellt.

[0092] Wie aus Figur 1 ersichtlich, beträgt die Temperatur H am ersten (warmen) Ende des Wärmeaustauschbereichs zu Beginn der Außerbetriebnahme, und damit die Temperatur in einem regulären Betrieb des Wärmetauschers, ca. 20 °C und die Temperatur C am zweiten (kalten) Ende ca. -175 °C. Diese Temperaturen gleichen sich über die Zeit zunehmend einander an. Hierfür ist die hohe Wärmeleitfähigkeit der in dem Wärmetauscher verbauten Materialien verantwortlich. Mit anderen Worten fließt hier Wärme vom ersten (warmen) Ende in Richtung des zweiten (kalten) Endes. Zusammen mit dem Wärmeeintrag aus der Umgebung ergibt sich dabei eine mittlere Temperatur von ca. -90 °C. Die deutliche Temperaturerhöhung am zweiten (kalten) Ende des Wärmeaustauschbereichs kommt zum größten Teil durch den internen Temperatenausgleich in dem Wärmetauscher zustande und nur in einem geringeren Anteil durch externen Wärmeeintrag.

[0093] Wie mehrfach erwähnt, kann es im dargestellten Fall zu starken thermischen Spannungen kommen, wenn das erste (warme) Ende des Wärmetauschers nach einiger Zeit der Regeneration ohne weitere Maßnahmen wieder mit einem warmen Fluid von im dargestellten Beispiel ca. 20 °C beaufschlagt wird.

[0094] Figur 2 veranschaulicht Temperaturverläufe in einem Wärmetauscher nach Außerbetriebnahme bei ei-

ner Temperierung gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung (bei der Anmelderin intern mit IC2074 bezeichnet) in Form eines Temperaturdiagramms.

[0095] Das in Figur 2 veranschaulichte Temperaturdiagramm umfasst einen längeren Zeitbereich und wurde unter Annahme abweichender Wärmetauschereigenschaften erstellt. Die zugrunde liegenden Prinzipien der Erwärmung sind jedoch dieselben wie zuvor erläutert. Zum Vergleich sind auch die mit H bezeichnete Temperatur am ersten (warmen) Ende des Wärmeaustauschbereichs und die mit C bezeichnete Temperatur am zweiten (kalten) dargestellt, die sich ohne den Einsatz einer Temperierung gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ergeben.

[0096] Zusätzlich sind eine mit H' bezeichnete Temperatur am ersten (warmen) Ende des Wärmeaustauschbereichs und eine mit C' bezeichnete Temperatur am zweiten (kalten) Ende dargestellt, die sich dann ergeben, wenn das erste (warme) Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am dem ersten (warmen) Ende zugeführt und in Richtung des zweiten (kalten) Endes durch den Wärmeaustauschbereich oder einen hier betrachteten Abschnitt geführt wird oder werden, auf ein Temperaturniveau, auf dem das erste (warme) Ende zu Beginn der Außerbetriebnahme bzw. in dem regulären Betriebsmodus vorliegt, oder auf ein nahe bei diesem Temperaturniveau liegendes Temperaturniveau temperiert wird. Ein entsprechendes Fluid wurde zuvor und wird nachfolgend auch als "drittes Fluid" bzw. "warmes Fluid" bezeichnet.

[0097] Wie ersichtlich, kann durch diese Maßnahme das erste (warme) Ende in der Nähe des Temperaturniveaus gehalten werden, auf dem das erste (warme) Ende zu Beginn der Außerbetriebnahme bzw. in dem regulären Betriebsmodus vorliegt. Dies ermöglicht es, bei einer anschließenden Wiederinbetriebnahme das erste (warme) Ende wieder mit warmem Fluid zu beaufschlagen, ohne dass es am ersten (warmen) Ende zu übermäßigen thermischen Spannungen kommen kann. Da am zweiten (kalten) Ende zu einem entsprechenden Zeitpunkt aufgrund der zwischenzeitlichen Außerbetriebnahme typischerweise noch kein kaltes Fluid zur Verfügung steht bzw. hier ein entsprechender Temperaturgradient geglättet werden kann, wie unter Bezugnahme auf Figur 3 in Kombination mit Figur 4 erläutert, kann eine Temperierung des zweiten (kalten) Endes auf ein entsprechend tiefes Temperaturniveau unterbleiben. Dieses erwärmt sich daher entsprechend.

[0098] Alternativ zu den anhand des Diagramms gemäß Figur 2 veranschaulichten Maßnahmen kann jedoch im Rahmen der vorliegenden Erfindung, wie mehrfach erläutert, auch vorgesehen sein, bei einer Außerbetriebnahme des Wärmetauschers das zweite Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am zweiten Ende zugeführt und in

Richtung des ersten Endes durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs geführt wird oder werden, auf ein entsprechendes geringes Temperaturniveau temperiert werden. Ein entsprechendes Fluid wurde zuvor und wird nachfolgend auch als "zweites Fluid" oder "warmes Fluid" bezeichnet.

[0099] Figur 3 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage mit einem Wärmetauscher, die bzw. der unter Verwendung eines Verfahrens gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung (nämlich der bei der Anmelderin intern mit IC2074 bezeichneten Ausgestaltung) betrieben werden kann.

[0100] Luftzerlegungsanlagen der gezeigten Art sind, wie erwähnt, vielfach an anderer Stelle beschrieben, beispielsweise bei H.-W. Häring (Hrsg.), Industrial Gases Processing, Wiley-VCH, 2006, insbesondere Abschnitt 2.2.5, "Cryogenic Rectification". Für detaillierte Erläuterungen zu Aufbau und Funktionsweise sei daher auf entsprechende Fachliteratur verwiesen. Eine Luftzerlegungsanlage zum Einsatz der vorliegenden Erfindung kann auf unterschiedlichste Weise ausgebildet sein. Der Einsatz der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die Ausgestaltung gemäß Figur 3 beschränkt.

[0101] Die in Figur 3 veranschaulichte Luftzerlegungsanlage umfasst eine Hauptwärmetauschereinheit 310, eine Entspannungs-/Verdichtungseinheit 320, eine Rektifikationseinheit 330 und eine optionale Flüssigkeitsspeichereinheit 340, die lediglich der Anschaulichkeit halber getrennt dargestellt sind. Es wird zunächst ein regulärer Betrieb einer entsprechenden Anlage beschrieben, also der zuvor mehrfach erwähnte "erste Betriebsmodus".

[0102] Ist nachfolgend von einer "Hochdrucksäule" die Rede, ist damit die im Rahmen dieser Anmeldung ansonsten als "erste Rektifikationskolonne" bezeichnete Rektifikationskolonne (oder ein Teil einer entsprechenden Doppelkolonne) gemeint. Ist nachfolgend von einer "Hochdrucksäule" die Rede, ist damit die im Rahmen dieser Anmeldung ansonsten als "erste Rektifikationskolonne" bezeichnete Rektifikationskolonne (oder ein Teil einer entsprechenden Doppelkolonne) gemeint. Der "Hauptwärmetauscher" ist der gemäß der Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung betriebene Wärmetauscher.

[0103] Der (Haupt-)Wärmetauscher 1 ist hier mit einem Wärmeaustauschbereich 10 veranschaulicht, der sich zwischen einem ersten Ende 11 und einem zweiten Ende 12 erstreckt. Wie nachfolgend im Detail erläutert, werden in dem ersten Betriebsmodus dem Wärmeaustauschbereich 10 mehrere abzukühlende erste Fluide am ersten Ende 11 auf einem ersten Temperaturniveau zugeführt und vom ersten Ende 11 zum zweiten Ende 12 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt und dem Wärmeaustauschbereich 10 werden in dem ersten Betriebsmodus mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende 12 auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zugeführt und vom zweiten Ende 12 zum ersten Ende 11 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt.

[0104] Der erste Betriebsmodus wird dabei in einem ersten Betriebszeitraum durchgeführt, der durch einen zweiten Betriebszeitraum unterbrochen wird, wobei im zweiten Betriebszeitraum die Zufuhr der ersten Fluide und der zweiten Fluide zu dem Wärmeaustauschbereich 10 unterbunden wird, und wobei in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums in einem zweiten Betriebsmodus das erste Ende 11 des Wärmeaustauschbereichs 10 durch Beaufschlagen mit einem dritten Fluid, das dem Wärmeaustauschbereich 10 am ersten Ende 11 zugeführt und in Richtung des zweiten Endes 12 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt wird, auf das erste oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem ersten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert. Hierbei wird in dem zweiten Betriebsmodus in der in Figur 3 gezeigten Ausgestaltung kein weiteres Fluid zum Temperieren verwendet.

[0105] Die Hauptwärmetauschereinheit 310 umfasst als zentrale Komponente den (Haupt-) Wärmetauscher 1, der in Form einer oder mehrerer baulicher Einheiten ausgebildet sein kann. Die Entspannungs-/Verdichtungseinheit 320 umfasst im hier dargestellten Beispiel eine erste Boosterturbine 321 und eine zweite Boosterturbine 322. Es können jedoch eine oder mehrere Boosterturbinen durch eine oder mehrere Generatorturbinen ersetzt sein oder Kombinationen entsprechender Einheiten eingesetzt werden. Die Boosterstufe(n) einer oder mehrerer Boosterturbinen oder dergleichen kann bzw. können als konventionelle Boosterstufe(n) oder auch als sogenannte "kalte" Boosterstufe(n), deren Eingangstemperatur niedriger als die Umgebungstemperatur liegt, ausgebildet sein. Die Entspannungs-/Verdichtungseinheit 320 ist jedoch stets mit der Hauptwärmetauschereinheit 310 mit dem (Haupt-)Wärmetauscher 1 thermisch gekoppelt, weil aus letzterem Fluid mit der Entspannungs-/Verdichtungseinheit 320 bzw. deren Apparaten ausgetauscht wird.

[0106] Die Rektifikationseinheit 330 weist im dargestellten Beispiel eine aus einer Hochdrucksäule 21 und einer Niederdrucksäule 22 gebildete Doppelsäule sowie einen Unterkühlungsgegenströmer (Unterkühler) 23 auf. Die Hochdrucksäule 21 und die Niederdrucksäule 22 stehen über einen Hauptkondensator 24 in wärmetauschender Verbindung. Ferner sind beispielsweise eine Generatorturbine 25 sowie mehrere, nicht gesondert bezeichnete Ventile und Pumpen vorgesehen.

[0107] Die optionale Flüssigkeitsspeichereinheit 340 umfasst beispielsweise einen Flüssigstickstoffspeicher 41, einen Flüssigluftspeicher 42 und einen Flüssigsauerstoffspeicher 43, die jeweils als ein oder mehrere, insbesondere isolierte, Tanks ausgebildet sein können. Ein weiterer, funktionell der Flüssigkeitsspeichereinheit 40 zugeordneter Flüssigluftspeicher kann vorgesehen sein. Wie erwähnt, ist die Flüssigkeitsspeichereinheit 340 rein optional.

[0108] Einsatzluft (AIR) wird in der in Figur 3 gezeigten Luftzerlegungsanlage in Form eines Einsatzluftstroms

301 über einen vereinfacht dargestellten Hauptluftverdichter 302 angesaugt, in einer Vorkühleinheit 303 gekühlt und in einer Reinigungseinheit 304 gereinigt. Die Luftzerlegungsanlage ist im dargestellten Beispiel zur Durchführung eines Hochluftdruckverfahrens eingerichtet. Daher verdichtet der Hauptluftverdichter 302 die Luft des Einsatzluftstroms 301 hier auf ein entsprechend hohes Druckniveau, das deutlich oberhalb des höchsten in der Rektifikationseinheit 330 verwendeten Trenndrucks liegt. Eine entsprechende Verdichtung kann aber auch unter Verwendung eines Hauptluftverdichters 301 und eines oder mehrerer Nachverdichter erfolgen. Die Erfindung kann auch in Verfahren eingesetzt werden, in denen nur ein Teil eines entsprechenden Einsatzluftstroms 301 auf einen oberhalb des höchsten in der Rektifikationseinheit 330 verwendeten Trenndrucks verdichtet wird.

[0109] Die verdichtete, gekühlte und gereinigte Luft des Einsatzluftstroms 301 (MPAIR) wird der Hauptwärmetauschereinheit 310 und der Entspannungs-/Verdichtungseinheit 320 zugeführt. In der Hauptwärmetauschereinheit 310 und in der Entspannungs- und Verdichtungseinheit 320 werden aus der Luft des Einsatzluftstroms 301 mehrere Druckluftströme auf unterschiedlichen Druck- und/oder Temperaturniveaus erzeugt. In der Figur 3 sind dabei ein Druckluftstrom 305 (FEED) zur direkten Einspeisung in die Rektifikationseinheit 330 bzw. deren Hochdrucksäule 21 sowie weitere Druckluftströme 306 und 307 (JT1-AIR, JT2-AIR) veranschaulicht. Die jeweilige Bereitstellung der Druckluftströme 305, 306 und 307 ist stark schematisiert gezeigt und kann auf unterschiedliche Weise erfolgen.

[0110] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung müssen dabei nicht notwendigerweise sämtliche dieser Druckluftströme gebildet werden. Es können aber auch weitere Druckluftströme gebildet werden. Beispielsweise kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch ein weiterer Druckluftstrom auf einem Druckniveau von beispielsweise ca. 1,4 bar bereitgestellt werden, welcher anschließend als sogenannte Einblaseluft in die Niederdrucksäule 22 geleitet werden kann.

[0111] Der Druckluftstrom 305 (FEED) wird dabei auf einem Druckniveau von beispielsweise ca. 5,6 bar bereitgestellt und in die Hochdrucksäule 21 der Rektifikationseinheit 330 eingespeist. Der Druckluftstrom 306 (JT1-AIR) wird auf einem Druckniveau bereitgestellt, das oberhalb jenes des Druckluftstroms 305 (FEED) liegt. Der Druckluftstrom 307 (JT2-AIR) wird optional bereitgestellt; sein Druckniveau liegt ebenfalls oberhalb jenes des Druckluftstroms 305 (FEED).

[0112] Wie erwähnt, wird der Druckluftstrom 305 (FEED) in die Hochdrucksäule 21 der Rektifikationseinheit 330 eingespeist. Der Druckluftstrom 306 (JT1-AIR) wird in die Hochdrucksäule 21 der Rektifikationseinheit 330 entspannt. Hierbei können beispielsweise die gezeigte Generator turbine 25 und optional ein oder mehrere nicht gesondert bezeichnete Ventile verwendet werden. Der optional bereitgestellte Druckluftstrom 307

(JT2-AIR) wird über ein nicht gesondert bezeichnetes Ventil ebenfalls in die Hochdrucksäule 21 der Rektifikationseinheit 330 entspannt.

[0113] In der Hochdrucksäule 21 der Rektifikationseinheit 330 wird ein sauerstoffangereichertes flüssiges Sumpfprodukt erzeugt, das in Form eines Fluidstroms 331 abgezogen, durch den Unterkühlungsgegenströmer 23 geführt und über ein nicht gesondert bezeichnetes Ventil in die Niederdrucksäule 22 entspannt wird. In der Hochdrucksäule 21 wird ferner ein stickstoffangereichertes gasförmiges Kopfprodukt erzeugt, das in Form eines Fluidstroms 332 abgezogen wird. Ein Teil des Fluidstroms 332 kann als gasförmiges, stickstoffreiches Luftprodukt (PGAN) aus der Luftzerlegungsanlage ausgeführt werden. Der Rest wird im dargestellten Beispiel in dem Hauptkondensator 24 verflüssigt.

[0114] Ein Teil der dabei gebildeten Flüssigkeit kann dabei als flüssiges stickstoffreiches Luftprodukt (PLIN) aus der Luftzerlegungsanlage ausgeführt werden. Ein Teil wird als Rücklauf auf die Hochdrucksäule 21 zurückgeführt. Ein weiterer Teil des kann in Form eines Fluidstroms 333 durch den Unterkühlungsgegenströmer 23 geführt und über ein nicht gesondert bezeichnetes Ventil in die Niederdrucksäule 22 entspannt werden. Ein weiterer Teil kann in Form eines Fluidstroms 334 mittels nicht gesondert bezeichneter Pumpen druckerhöht, ggf. zusammen mit einer druckerhöhten stickstoffreichen Flüssigkeit aus dem Flüssigstickstoffspeicher 41 der Flüssigkeitsspeichereinheit 340 und/oder vom Kopf der Niederdrucksäule 22 vereinigt, und als innenverdichteter, flüssiger stickstoffreicher Fluidstrom (ICLIN), insbesondere in Form zweier Teilströme, im (Haupt-)Wärmetauscher 1 verdampft oder pseudoverdampft sowie anschließend als innenverdichtetes stickstoffreiches Druckprodukt insbesondere auf unterschiedlichen Druckniveaus (ICGAN1, ICGAN2) bereitgestellt werden.

[0115] Sich bei der Entspannung des Druckluftstroms 306 (JT1-AIR) und optional des Druckluftstroms 307 (JT2-AIR) in die Hochdrucksäule 21 verflüssigende Luft kann in Form eines Fluidstroms 335 unmittelbar unterhalb der Einspeisestelle der genannten Ströme abgezogen, durch den Unterkühlungsgegenströmer 23 geführt und über ein nicht gesondert bezeichnetes Ventil in die Niederdrucksäule 22 entspannt werden. Ein Teil kann in dem Flüssigluftspeicher 42 oder 45 der Flüssigkeitsspeichereinheit 40, falls vorhanden, gespeichert werden. Ein Fluidstrom 336 wird aus der Hochdrucksäule 21 abgezogen, durch den Unterkühlungsgegenströmer 23 geführt und über ein nicht gesondert bezeichnetes Ventil in die Niederdrucksäule 22 entspannt.

[0116] In der Niederdrucksäule 22 wird ein flüssiges, sauerstoffreiches Sumpfprodukt gebildet, das in Form eines Fluidstroms 337 abgezogen und, falls vorhanden, ggf. in den Flüssigsauerstoffspeicher 43 eingespeist und/oder mittels einer der nicht gesondert bezeichneten Pumpen druckerhöht und als innenverdichteter, flüssiger stickstoffreicher Fluidstrom (ICLOX) in dem (Haupt-)Wärmetauscher 1 verdampft oder pseudover-

dampft sowie als innenverdichtetes sauerstoffreiches Druckprodukt auf zwei Druckniveaus (MP-GOX, HP-GOX) bereitgestellt. Der flüssige stickstoffreiche Fluidstrom (ICLOX) kann je nach Betriebsmodus und falls vorhanden auch unter Verwendung einer dem Flüssigsauerstoffspeicher 43 der Flüssigspeichereinheit 40 entnommenen sauerstoffreichen Flüssigkeit gebildet werden. Dem Flüssigsauerstoffspeicher 43 der Flüssigspeichereinheit 40 kann ferner eine entsprechende sauerstoffreiche Flüssigkeit entnommen und über eine Pumpe in die Niederdrucksäule 22 eingespeist werden.

[0117] Aus einem oberen Bereich der Niederdrucksäule 22 wird eine stickstoffreiche Flüssigkeit in Form eines Fluidstroms 338 entnommen und kann zum Teil in den Flüssigstickstoffspeicher 41, falls vorhanden, überführt werden. Auch hier kann eine Ein- oder Ausspeisung erfolgen. Ein Teil des des Fluidstroms 338 oder der gesamte Fluidstroms 338 kann, wie erwähnt, wie der Fluidstroms 334 behandelt werden. Stickstoffreiche Flüssigkeit kann aus dem Flüssigstickstoffspeicher 41, falls vorhanden, auch in einen oberen Bereich der Niederdrucksäule 32 zurückgespeist werden.

[0118] Ein vom Kopf der Niederdrucksäule 32 abgezogener, stickstoffreicher Fluidstrom 339 kann durch den Unterkühlungsgegenströmer 23 geführt, in dem (Haupt-) Wärmetauscher 1 erwärmt und als Stickstoffprodukt (GAN) bereitgestellt werden. Ein weiterer, nicht gesondert bezeichneter Stoffstrom, sogenannter Unreinstickstoff (UN2) wird vergleichbar behandelt und als sogenanntes Restgas (Rest) verwendet.

[0119] Wird die Anlage gemäß Figur 3 außer Betrieb gesetzt, wärmt sich der (Haupt-) Wärmetauscher 1 an, wie in dem Diagramm gemäß Figur 1 veranschaulicht, sofern keine weiteren Maßnahmen ergriffen werden. Daher sieht eine Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung vor, eine Temperierung des (Haupt-)Wärmetauschers 1 vorzunehmen, wie sie anhand des Diagramms in Figur 2 veranschaulicht ist.

Hierzu wird, wie in Figur 3 mit verstärkt dargestellten Flusspfaden veranschaulicht, in einem Zeitraum, in dem die Anlage ansonsten außer Betrieb ist, also in dem mehrfach erläuterten "zweiten Betriebsmodus" eine gegenüber dem Einsatzluftstrom 301 deutlich geringere Luftmenge verwendet und durch den (Haupt-) Wärmetauscher 1 in der Wärmetauscheinheit 310 und die Entspannungs-/Verdichtungseinheit 320 geführt. Eine geringe Fluidmenge ist dabei ausreichend.

[0120] So ist in Figur 2 ein Diagramm veranschaulicht, das mit einem Wärmetauscher erhalten wurde, der Teil einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage ist, und durch den im Regelbetrieb 300.000 Normkubikmeter pro Stunde geführt werden. Zur Temperierung bei der Außerbetriebnahme der Anlage kann, um die Ergebnisse der Figur 2 zu liefern, hingegen mit nur 300 Normkubikmetern pro Stunde gearbeitet werden, die den Wärmetauscher durchströmen. Die Gefahr einer Fehlverteilung im (Haupt-)Wärmetauscher 1 ist dabei bei einem warmen Strom signifikant geringer als bei kalten Strömen, bei de-

nen sich Fehlverteilungen selbst verstärken können. Wie in Figur 2 veranschaulicht, kann die Einspeisung eines entsprechenden warmen Stroms dabei nach ca. 50 Stunden beendet werden, das dann bereits eine ausreichende mittlere Temperatur erreicht sein kann.

[0121] Wie veranschaulicht, umfasst der zweite Betriebsmodus, der durch die verstärkten Flusspfade veranschaulicht ist, dass Fluid, wie in dem ersten Betriebsmodus der Stoffstrom 331, über einen Sumpfabzug aus der Hochdrucksäule entnommen, durch den Unterkühlungsgegenströmer 23 geführt und in die Niederdrucksäule 22 eingespeist wird. Auf diese Weise kann eine langsame Erwärmung der genannten Apparate in dem zweiten Betriebsmodus erreicht werden, die sicherstellt, dass bei einem anschließenden Wiederanfahren der Anlage, d.h. vom Übergang von dem zweiten in den ersten Betriebsmodus, auch entsprechende große Temperaturdifferenzen am kalten Ende des (Haupt-)Wärmetauschers vermieden werden. Auch andere Leitungen, die die Hochdrucksäule 21 und die Niederdrucksäule 22 über den Unterkühlungsgegenströmer ggf. verbinden, können entsprechend eingesetzt werden. In sämtlichen Fällen kann über eine Druckhaltung entsprechendes Fluid aus der Niederdrucksäule abgeblasen werden.

[0122] Durch die Wärmekapazitäten der Apparate in der Rektifikationseinheit 330 kann auf diese Weise eine Glättung des Temperaturgradienten am warmen Ende des (Haupt-) Wärmetauschers erzielt werden, wie in Figur 4 veranschaulicht, die ebenfalls eine entsprechende Ausgestaltung der Erfindung (nämlich die bei der Anmelderin intern mit IC2074 bezeichnete Ausgestaltung) betrifft.

[0123] Figur 4 zeigt ein Diagramm, in dem eine Temperatur eines Einsatzstroms wie des Einsatzluftstroms 301 in den (Haupt-)Wärmetauscher 1 einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage mit FEED (vgl. Figur 3), und Temperaturen eines Niederdruck-Stickstoffstroms und eines Unreinstickstoffstroms mit GAN bzw. UN2 bezeichnet. Die Temperaturen sind jeweils in °C auf der Ordinate gegenüber einer Zeit in Stunden auf der Abszisse angegeben. Zur Herkunft entsprechender Stoffströme wird auf die Erläuterungen zu Figur 3 verwiesen. Wie aus Figur 4 ersichtlich, kann durch die erläuterten Maßnahmen ein Temperatursprung abgemildert werden.

[0124] Eine andere Möglichkeit, um den Temperatursprung beim Wiederanfahren zu verringern, ist am Hauptwärmetauscher 1 einen der Darstellung in Figur 3 vergleichbaren Kreislauf auszubilden, bei dem jedoch die Einsatzluft nicht turbinenentspannt wird. Stattdessen kann ein entsprechender Kreislauf auch über die Joule-Thomson-entspannten Ströme 306 und 307, ansonsten aber vergleichbar wie in Figur 3, ausgebildet werden. Auf diese Weise können vor allem am kalten (zweiten) Ende Temperaturgradienten verringert werden, sofern der Rest der Anlage nicht wie in Fig.4 ersichtlich warmgefahren wurde.

[0125] Durch den Verzicht auf einen kalten Gegenstrom (also auf ein im Rahmen dieser Anmeldung als

"vierters Fluid" bezeichnetes Fluid) kann die Maldistributionsgefahr in einem entsprechenden Wärmetauscher in den soeben erläuterten Ausgestaltungen verringert werden. Desweiteren kann bei Anordnungen aus parallelen Wärmetauschern, insbesondere Rippen-Platten-Wärmetauschern, bzw. sogenannten Mehrmodulern, also Anordnungen, in denen mehrere Wärmetauschermodule mit entsprechenden Wärmetauschern zum Einsatz kommen, die Fehlverteilung mittels Temperaturgebern bzw. Temperatursensoren gemessen und damit die Gasmenge angepasst werden.

[0126] Figur 5 veranschaulicht eine entsprechende Anordnung aus acht Wärmetauschern, die in einer Luftzerlegungsanlage gemäß Figur 3 gemäß einer entsprechenden Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung (nämlich der bei der Anmelderin intern mit IC2074 bezeichnete Ausgestaltung) eingesetzt werden kann.

[0127] In der in Figur 5 veranschaulichten Anordnung sind die acht Wärmetauscher mit 1 bzw. 1' bezeichnet, wobei die mit 1' bezeichneten Wärmetauscher jeweils mit einem oder mit mehreren Temperaturgebern TI ausgestattet sind. Die Wärmetauscher mit 1 bzw. 1' sind über ein stark vereinfacht veranschaulichtes Leitungssystem 501 angebunden. jeweils ein Paar entsprechender Wärmetauscher 1 bzw. 1' liegt einander damit gegenüber. Im Rahmen der in Figur 5 veranschaulichten Ausgestaltung der Erfindung ist dabei jeweils ein Wärmetauscher 1' der an den äußersten Enden der Anordnung bereitgestellten Wärmetauscherpaare mit dem oder den Temperaturgebern TI ausgestattet, um auf diese Weise Extremwerte in einer entsprechenden Anordnung erfassen zu können. Bezüglich der einander jeweils paarweise gegenüberliegenden Wärmetauschern 1, 1' entsprechender Wärmetauscherpaare ist eine vergleichbare Temperaturverteilung zu erwarten, so dass auf eine Ausstattung beider Wärmetauscher 1, 1' entsprechender Wärmetauscherpaare mit Temperaturgebern TI im Rahmen der vorliegenden Erfindung verzichtet werden kann.

[0128] Die Figuren 6A bis 6C veranschaulichen unterschiedliche Ansichten eines Wärmetauschers, der in einer Luftzerlegungsanlage gemäß Figur 3 oder einer Anordnung gemäß Figur 5 (also in der bei der Anmelderin intern mit IC2074 bezeichneten Ausgestaltung) eingesetzt werden kann.

[0129] In Figur 6A ist ein entsprechender, als Rippen-Platten-Wärmetauscher ausgebildeter Wärmetauscher, der mit mehreren Temperaturgebern TI ausgestattet ist, wie in Figur 5 mit 1' bezeichnet und in einer Ansicht dargestellt, in der die Wärmetauscherplatten in der Papierebene bzw. parallel dazu liegen. Header des Wärmetauschers 1' sind in Figur 6A jeweils halbkreisförmig veranschaulicht und mit 601 bis 618 veranschaulicht. Sie dienen zur Ein- bzw. Ausspeisung von Fluidströmen, die hier jeweils mit entsprechenden Pfeilen veranschaulicht sind. In den Figuren 6B und 6C ist derselbe Wärmetauscher 1' in einer Ansicht auf die in Figur 1A mit L bzw. R bezeichnete linke bzw. rechte Seite dargestellt.

[0130] Wie ersichtlich, weist ein entsprechender Wär-

metauscher 1' beispielsweise vier nicht gesondert bezeichnete, hintereinander angeordnete Blöcke auf. Ein Wärmetauscher 1 gemäß Figur 5 unterscheidet sich von dem in Figur 6A bis 6C veranschaulichten Wärmetauscher 1' im Wesentlichen durch das Fehlen der Temperaturgeber TI. Eine beispielsweise Anordnung der Temperaturgeber TI ergibt sich aus der Zusammenschau der Figuren 1A bis 1C.

[0131] Im Rahmen der unter Bezugnahme auf die Figuren 2 bis 5 sowie 6A bis 6C veranschaulichten Ausgestaltung der Erfindung (also in der bei der Anmelderin intern mit IC2074 bezeichneten Ausgestaltung) kann durch ein langsames Warmfahren mit einer geringen Gasmenge und ggf. die erläuterte Ausbildung eines Kreislaufs über Joule-Thomson-entspannte Einsatzluft der Lebensdauerverbrauch beim Wiederanfahren nach Temperaturausgleich signifikant reduziert werden. Die Prozedur ist einfach umzusetzen und erfordert nur geringe konstruktive Anpassungen, z.B. die Zuführung von Spülgas, und eventuell die Bereitstellung von Temperaturgebern zur Überwachung. Sie ermöglicht ein schonendes Wiederanfahren nach längeren Stillstandszeiten, nachdem der Temperaturausgleich ohne oben beschriebener Prozedur im Block erfolgen würde, also nach beispielsweise ca. 20 bis 40 Stunden. (Der Temperaturausgleich wird beeinflusst durch den warmen Strom. Die Ausgleichstemperatur wird erhöht durch die Zufuhr von Wärme.) Auch das Wiederanfahren nach relativ kurzer Stillstandszeit kann jedoch abgemildert werden. So ergibt sich beispielsweise bei einer Blöcklänge von 7 Metern nach ca. 6 Stunden Stillstandszeit ohne Anwärstrom am warmen Ende ohne Einsatz der vorliegenden Erfindung bereits ein Temperaturunterschied beim Wiederanfahren von ca. 40 Kelvin.

[0132] Figur 7 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage mit einem Wärmetauscher, die bzw. der unter Verwendung eines Verfahrens gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung (nämlich der bei der Anmelderin intern mit IC2115 bezeichneten Ausgestaltung) betrieben werden kann. Die Luftzerlegungsanlage ist stark vereinfacht veranschaulicht. Insbesondere wurde in der Darstellung auf eine Vielzahl weiterer Fluidströme und Apparate, wie Verdichter, Pumpen, Ventile sowie Säuleneinbauten und der gleichen verzichtet.

[0133] Luftzerlegungsanlagen der gezeigten Art sind, wie erwähnt, vielfach an anderer Stelle beschrieben, beispielsweise bei H.-W. Häring (Hrsg.), Industrial Gases Processing, Wiley-VCH, 2006, insbesondere Abschnitt 2.2.5, "Cryogenic Rectification". Für detaillierte Erläuterungen zu Aufbau und Funktionsweise sei daher auf entsprechende Fachliteratur verwiesen. Eine Luftzerlegungsanlage zum Einsatz der vorliegenden Erfindung kann auf unterschiedlichste Weise ausgebildet sein. Der Einsatz der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die Ausgestaltung gemäß Figur 7 beschränkt.

[0134] Der (Haupt-)Wärmetauscher 1 ist mit einem Wärmeaustauschbereich 10 veranschaulicht, der sich

zwischen einem ersten Ende 11 und einem zweiten Ende 12 erstreckt. Wie nachfolgend im Detail erläutert, werden in einem ersten Betriebsmodus dem Wärmeaustauschbereich 10 mehrere abzukühlende erste Fluide (wobei hier nur ein Fluid veranschaulicht ist) am ersten Ende 11 auf einem ersten Temperaturniveau zugeführt und vom ersten Ende 11 zum zweiten Ende 12 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt und dem Wärmeaustauschbereich 10 werden in dem ersten Betriebsmodus mehrere zu erwärmende zweite Fluide (auch hier ist nur ein Fluid veranschaulicht) am zweiten Ende 12 auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zugeführt und vom zweiten Ende 12 zum ersten Ende 12 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt.

[0135] Der erste Betriebsmodus wird dabei in einem ersten Betriebszeitraum durchgeführt, der durch einen zweiten Betriebszeitraum unterbrochen wird, wobei in dem zweiten Betriebszeitraum die Zufuhr der ersten Fluide und der zweiten Fluide zu dem Wärmeaustauschbereich 10 unterbunden wird, und wobei in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums in einem zweiten Betriebsmodus das erste Ende 11 des Wärmeaustauschbereichs 10 durch Beaufschlagen mit einem dritten Fluid, das oder die dem Wärmeaustauschbereich 10 am ersten Ende 11 zugeführt und in Richtung des zweiten Endes 12 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt wird, auf das erste oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem ersten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert.

[0136] Ferner wird hier im zweiten Betriebsmodus das zweite Ende 11 des Wärmeaustauschbereichs 10, wie nachfolgend im Detail erläutert, durch Beaufschlagen mit einem vierten Fluid, das oder die dem Wärmeaustauschbereich 10 am zweiten Ende 12 zugeführt und in Richtung des ersten Endes 11 durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs 10 geführt wird, auf das zweite Temperaturniveau oder auf ein viertes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem zweiten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert.

[0137] In der in Figur 7 veranschaulichten Luftzerlegungsanlage wird in dem ersten Betriebsmodus dem (Haupt-) Wärmetauscher 1 ein verdichteter und aufgereinigter Einsatzluftstrom 601 über ein Ventil V4 zugeführt. Wie allgemein bekannt, können in einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage auch mehrere Einsatzluftströme auf unterschiedlichen Druck- und ggf. Temperaturniveaus sowie ggf. in unterschiedlicher Menge zugeführt werden.

[0138] Das zuvor erwähnte erste Fluid oder zumindest eines der ersten Fluide umfasst oder umfassen also verdichtete Luft. Diese wird nach einer Abkühlung im Wärmetauscher 1 einer Tieftemperaturrektifikation unter Verwendung einer auf einem ersten Druckniveau betriebenen ersten Rektifikationskolonne 21 ("Hochdrucksäule") und einer auf einem zweiten Druckniveau unterhalb des ersten Druckniveaus betriebenen zweiten Rektifikations-

kolonne 22 ("Niederdrucksäule") unterworfen.

[0139] Hierbei werden beliebige Luftprodukte gebildet, ggf. im (Haupt-) Wärmetauscher 1 erwärmt, und aus der Anlage ausgeführt. Dies ist hier am Beispiel eines stickstoffreichen Stoffstroms 602 aus der ersten Rektifikationskolonne 21 veranschaulicht, der über ein Ventil V5 zu einem Verbraucher geführt wird. Das Fluid kann auch insbesondere aus der ersten Rektifikationskolonne 21, ggf. über einen in Figur 7 nicht veranschaulichten Unterkühlungsgegenströmer, in die zweite Rektifikationskolonne 22 überführt werden. Die erste Rektifikationskolonne 21 und die zweite Rektifikationskolonne 22 können dabei insbesondere über einen Hauptkondensator 24 in wärmetauschender Verbindung stehen.

[0140] Wird der reguläre Betrieb der in Figur 7 veranschaulichten Luftzerlegungsanlage, also der erste Betriebsmodus, unterbrochen und wird damit die Zufuhr des oder der ersten und des oder der zweiten Fluide zu dem Wärmetauscher und auch ein entsprechender Fluidaustausch mit der ersten Rektifikationskolonne 21 und der zweiten Rektifikationskolonne 22 unterbunden, regnet die jeweils vorhandene Flüssigkeit in der ersten Rektifikationskolonne 21 und der zweiten Rektifikationskolonne 22 sowie in ggf. vorhandenen weiteren Rektifikationskolonnen ab und sammelt sich im Sumpf dieser jeweiligen Rektifikationskolonnen.

[0141] Nach Abschalten der in Figur 7 dargestellten Luftzerlegungsanlage, d.h. kurz nachdem der erste Betriebsmodus unterbrochen wurde, sind alle in Figur 7 veranschaulichten Ventile V1 bis V8 geschlossen. Durch Isolationsverluste wird Wärme eingetragen und der Druck in der ersten Rektifikationskolonne 21 erhöht sich. Das Ventil V8 wird dazu verwendet, um den Druck zu halten bzw. Überdruck durch Abblasen von Fluid aus der ersten Rektifikationskolonne 21 an die Atmosphäre (ATM) abzublasen.

[0142] Nach einer gewissen Zeit (beispielsweise einer festen Zeit oder einem auf Grundlage einer Temperaturmessung am ersten Ende 11 und am zweiten Ende 12 der Wärmeaustauschstrecke 10 des Wärmetauschers 1) wird die Sumpfflüssigkeit benutzt, um periodisch einen Behälter B1 mit sich im Sumpf der ersten Rektifikationskolonne 21 und/oder der zweiten Rektifikationskolonne 22 sammelnder Flüssigkeit über das Ventil V1 und/oder das Ventil zu befüllen. In einem zweiten Schritt wird sodann der Druck in Behälter B1 durch Schließen des Ventils V1 und Öffnen des Ventils V2 mittels Verdampfung der Flüssigkeit in einem Wärmetauscher W1 erhöht. Ferner wird in diesem Zusammenhang das Ventil V8 geschlossen.

[0143] In einem nächsten Schritt wird das Ventil V3 geöffnet, um einem Wärmetauscher W2 einen bestimmten Mengenstrom zuzuführen, der durch diesen Wärmetauscher W2 vollständig verdampft und bei nahezu Umgebungstemperatur dem (Haupt-) Wärmetauscher 1 zugeführt wird. Das Ventil V6 dient nun zur Druckhaltung in der ersten Rektifikationskolonne 21. Auf diese Weise wird erreicht, dass gleich große warme und kalte Gas-

mengen in den (Haupt-)Wärmetauscher 1 einströmen und der (Haupt-) Wärmetauscher 1 am ersten Ende 11 der Wärmeaustauschstrecke auf nahezu Umgebungstemperatur erwärmt und am zweiten Ende 12 auf eine Temperatur nahe der Siedetemperatur in der ersten Rektifikationskolonne 21 abgekühlt wird.

[0144] Der (Haupt-)Wärmetauscher 1 wird so lange durchströmt, bis der Flüssigkeitsstand im Behälter B1 einen bestimmten Stand unterschritten hat. Die Auslegung des Behälters B1 hat so zu erfolgen, dass die gespeicherte Flüssigkeitsmenge zum Wiederherstellen des Temperaturprofils im (Haupt-)Wärmetauscher 1 ausreicht.

[0145] Mit anderen Worten wird oder werden in der hier veranschaulichten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung das dritte Fluid oder zumindest eines der dritten Fluide also unter Verwendung einer in der ersten Rektifikationskolonne 21 und/oder unter Verwendung einer in der zweiten Rektifikationskolonne 22 gebildeten sauerstoffangereicherten Fraktion gebildet und/oder das vierte Fluid oder zumindest eines der vierten Fluide wird oder werden unter Verwendung einer in der ersten Rektifikationskolonne 21 gebildeten Fraktion gebildet.

[0146] In den Figuren 8A und 8B ist eine Anordnung 100 mit einem Wärmetauscher 1 gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung (intern mit IC2021 bezeichnet) schematisch dargestellt. Die Figuren 8A und 8B zeigen dabei zwei Betriebsmodi, wobei ein hier durchgängig als "erster" Betriebsmodus bezeichneter Betriebsmodus in Figur 8A und ein hier durchgängig als "zweiter" Betriebsmodus bezeichneter Betriebsmodus in Figur 8B dargestellt ist. Die Anordnung 100 ist beispielsweise Teil einer Anlage zur Bereitstellung von Flüssigstickstoff bzw. Verflüssigung von gasförmigem Stickstoff, die beispielsweise eine Luftzerlegungsanlage und weitere, wie die Luftzerlegungsanlage nicht dargestellte Komponenten umfasst. Wie mehrfach zuvor erläutert, eignet sich die vorliegende Erfindung insbesondere für die Verwendung im Zusammenhang mit Anlagen zur Verflüssigung gasförmiger Luftprodukte, da an diese selbst kein weiteres Rektifikationssystem mehr angebunden ist und diese daher bei Bedarf vereinfacht und häufiger außer Betrieb gesetzt werden können.

[0147] Der Wärmetauscher 1 ist mit einem Wärmeaustauschbereich 10 veranschaulicht, der sich zwischen einem ersten Ende 11 und einem zweiten Ende 12 erstreckt. Wie nachfolgend im Detail erläutert, werden in einem ersten Betriebsmodus dem Wärmeaustauschbereich 10 mehrere abzukühlende erste Fluide am ersten Ende 11 auf einem ersten Temperaturniveau zugeführt und vom ersten Ende 11 zum zweiten Ende 12 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt und dem Wärmeaustauschbereich 10 werden in dem ersten Betriebsmodus mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende 12 auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zugeführt und vom zweiten Ende 12 zum ersten Ende 12 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt.

[0148] Der erste Betriebsmodus wird dabei in einem ersten Betriebszeitraum durchgeführt, der durch einen zweiten Betriebszeitraum unterbrochen wird, wobei im zweiten Betriebszeitraum die Zufuhr der ersten Fluide und der zweiten Fluide zu dem Wärmeaustauschbereich 10 unterbunden wird, und wobei in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums in einem zweiten Betriebsmodus das erste Ende 11 des Wärmeaustauschbereichs 10 durch Beaufschlagen mit einem dritten Fluid, das oder die dem Wärmeaustauschbereich 10 am ersten Ende 11 zugeführt und in Richtung des zweiten Endes 12 durch den Wärmeaustauschbereich 10 geführt wird, auf das erste oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem ersten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert. Ferner wird hier im zweiten Betriebsmodus das zweite Ende 11 des Wärmeaustauschbereichs 10 durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren vierten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich 10 am zweiten Ende 12 zugeführt und in Richtung des ersten Endes 11 durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs 10 geführt wird oder werden, auf das zweite Temperaturniveau oder auf ein viertes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem zweiten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert wird.

[0149] Der Wärmeaustauschbereich 10 weist hier eine Anzahl von Wärmetauscherpassagen W-Z auf, wobei im ersten Betriebsmodus (der in Figur 8A dargestellt ist) das oder zumindest eines der ersten Fluide durch eine erste Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen W-Z und das oder zumindest eines der zweiten Fluide durch eine zweite, zu der ersten Teilmenge disjunkte Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen W-Z geführt wird oder werden und wobei im zweiten Betriebsmodus (Figur 8B) ein oder mehrere Stoffströme als das oder zumindest eines der vierten Fluide durch eine dritte Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen W-Z geführt und erwärmt und danach als das oder zumindest eines der dritten Fluide durch eine vierte Teilmenge der Wärmetauscherpassagen W-Z geführt und abgekühlt wird oder werden, wobei die dritte und die vierte Teilmenge einzeln jeweils kleiner als die erste und kleiner als die zweite Teilmenge sind.

[0150] In dem ersten Betriebsmodus, der in Figur 8A veranschaulicht ist, und der einem Normalbetrieb der Anordnung 100 entspricht, d.h. einem Betrieb der Anordnung 100, in der eine zugehörige Anlage, beispielsweise eine Luftzerlegungsanlage, sich im Produktionsbetrieb befindet, wird ein gasförmiger Stickstoffstrom a zusammen mit einem Stickstoffstrom b in einer mehrstufigen Verdichteranordnung 2, der auf einer Zwischenstufe ein weiterer Stickstoffstrom c zugeführt wird, auf ein Verflüssigungsdruckniveau verdichtet. Der entsprechend verdichtete Stickstoff wird auf zwei Teilströme d und e aufgeteilt, von denen der Teilstrom d dem Wärmetauscher 1 bzw. dessen Wärmeaustauschbereich 10 am warmen (ersten) Ende 11 zugeführt wird. Der Teilstrom e wird in zwei Turbinenboostern 3 und 4 weiter verdichtet

und anschließend ebenfalls dem Wärmetauscher 1 bzw. dem Wärmeaustauschbereich 10 an dessen warmem (ersten) Ende 11 zugeführt.

[0151] Dem Wärmetauscher 1 bzw. dessen Wärmeaustauschbereich 10 am kalten (zweiten) Ende entnommener, verflüssigter Stickstoff, bei dem es sich um einen Teil des Teilstroms e handelt, wird über ein Ventil 5 in einen Behälter 6 geflasht. Vom Boden des Behälters 6 abgezogener flüssiger Stickstoff kann in Form eines flüssigen Stickstoffstroms f dem warmen Ende eines Unterkühlers 7 zugeführt werden, welcher unter Verwendung eines Teilstroms g des flüssigen Stickstoffstroms f, dessen Menge über ein Ventil 8 eingestellt wird, gekühlt wird. Der Teilstrom g wird nach Verdampfung in dem Unterkühler 7 in dem Wärmetauscher 1 weiter erwärmt und in Form des bereits erwähnten Stickstoffstroms b zur Verdichtung zurückgeführt. Der verbleibende Rest des flüssigen Stickstoffstroms h, hier in Form eines flüssigen Stickstoffstroms h veranschaulicht, kann beispielsweise als Produkt abgegeben bzw. in einen nicht dargestellten Tank eingespeichert werden.

[0152] Die Turbinenbooster 3 und 4 werden unter Verwendung des Teilstroms d und eines weiteren Teilstroms des Teilstroms e, der hier mit i bezeichnet ist, angetrieben. Die Teilströme d und i werden dabei jeweils auf geeigneten Zwischentemperaturen dem Wärmetauscher 1 entnommen. Der entsprechend entspannte Teilstrom d wird dem Wärmetauscher 1 auf einer Zwischentemperatur zugeführt, in dem Wärmetauscher 1 mit Stickstoff, der gasförmig vom Kopf des Behälters 6 abgezogen und dem Wärmetauscher 1 am kalten Ende zugeführt wird, vereinigt, erwärmt und in Form des bereits erwähnten Stickstoffstroms c zur Verdichtung zurückgeführt. Der Teilstrom i wird nach einer entsprechenden Entspannung in den Behälter 6 eingespeist.

[0153] Die Wärmetauscherpassagen des Wärmetauschers 1 sind zur nachfolgenden Referenzierung mit W bis Z bezeichnet.

[0154] In einem zweiten Betriebsmodus, der in Figur 8B veranschaulicht ist, und der einem Betrieb der Anordnung 100 entspricht, der dann erfolgt, wenn eine zugehörige Anlage, beispielsweise eine Luftzerlegungsanlage, sich nicht im Produktionsbetrieb befindet, sind die zuvor erläuterten Komponenten, bis auf den Wärmetauscher 1, typischerweise nicht im Betrieb, wie mehrfach erläutert. Diese werden daher, ebenso wie die entsprechenden Stickstoffströme a bis i, hier nicht dargestellt. Dies gilt auch umgekehrt, d.h. in Figur 8A sind die in dem zweiten Betriebsmodus verwendeten Komponenten und gebildeten Stoffströme nicht dargestellt.

[0155] In dem zweiten Betriebsmodus wird einem beispielsweise mit einer Druckaufbauverdampfungseinrichtung 9 versehenen Tank 10 ein gasförmiger, kalter Stickstoffstrom k entnommen und dem kalten (zweiten) Ende des Wärmetauschers 1 bzw. dessen Wärmeaustauschbereichs 10 zugeführt. Hierbei handelt es sich also um ein im Rahmen der vorliegenden Anmeldung durchgängig als "viertes Fluid" bezeichnetes Fluid.

[0156] Der am warmen Ende dem Wärmetauscher 1 entnommene Stickstoffstrom k kann insbesondere durch einen luftbeheizten Wärmetauscher 11 geführt und anschließend am warmen Ende erneut in den Wärmetauscher 1 eingespeist werden. Hierbei handelt es sich also um ein im Rahmen der vorliegenden Anmeldung durchgängig als "drittes Fluid" bezeichnetes Fluid. Der Stickstoffstrom d wird anschließend aus der Anordnung 10 ausgeführt, beispielsweise an die Atmosphäre abgeblasen.

[0157] Der Stickstoffstrom k wird im zweiten Betriebsmodus in dem hier dargestellten Beispiel durch die Wärmetauscherpassagen Y geführt, von denen ein Teil zur Erwärmung und ein Teil zur anschließenden Abkühlung verwendet wird, wie nachfolgend erläutert.

[0158] Figur 9 zeigt eine Layeranordnung 200 eines gemäß einer Ausführungsform der Erfindung betreibbaren Wärmetauschers, beispielsweise des in Figur 8A und 8B gezeigten Wärmetauschers 1 bzw. dessen Wärmeaustauschbereichs 10, in schematischer Darstellung.

[0159] Mit W, X, Y und Z sind dabei Passagen für unterschiedliche Fluide durch den Wärmetauscher veranschaulicht, wobei es sich bei den insgesamt fünf im Fettdruck hervorgehobenen Passagen Y um solche für Niederdruckstickstoff handelt, in welchen beispielsweise die Stoffströme g und k gemäß Figur 8A bzw. 8B in der oben beschriebenen Weise geführt werden können.

[0160] Die fünf mit Y bezeichneten Passagen werden beispielsweise auf zwei Header mit jeweils 2 bzw. 3 Passagen aufgeteilt. Im Normalbetrieb, d.h. dem in Figur 8A veranschaulichten ersten Betriebsmodus, werden alle fünf Passagen parallel mit Stickstoff, beispielsweise des Stickstoffstroms g, durchströmt. Steht die zugehörige Anlage still, d.h. liegt der in Figur 8B veranschaulichte zweite Betriebsmodus vor, werden zwei Passagen mit kaltem und drei Passagen mit warmem Gas beaufschlagt, d.h. beispielsweise der Stoffstrom k gemäß Figur 8B wird in zwei Passagen vom kalten zum warmen Ende und in drei Passagen vom warmen zum kalten Ende des Wärmetauschers 1 geführt.

[0161] In dem in Figur 8A veranschaulichten ersten Betriebsmodus wird der Stickstoffstrom g beispielsweise in einer Menge von 3.030 Normkubikmetern pro Stunde, auf einem Druckniveau von 1,2 bar und auf einem Temperaturniveau von 94 K dem Wärmetauscher 1 zugeführt. Der Druckverlust im Wärmetauscher 1 beträgt beispielsweise 130 mbar. Es kann beispielsweise auch eine Verteilung des Stickstoffstroms g auf mehrere Header erfolgen. In dem in Figur 8B veranschaulichten zweiten Betriebsmodus wird der Stickstoffstrom beispielsweise in einer Menge von 1.200 Normkubikmetern pro Stunde, auf einem Druckniveau von 1,2 bar und auf einem Temperaturniveau von 80 bis 95 K bereitgestellt. Der Druckverlust betrage unter diesen Bedingungen beispielsweise 80 mbar. Damit kann eine Aufteilung der in den in dem ersten Betriebsmodus genutzten Wärmetauscherpassagen für den zweiten Betriebsmodus in der erläuterten Weise erfolgen, bei der etwa die Hälfte zur Erwärmung

und etwa die Hälfte zur Abkühlung des Stickstoffstroms genutzt wird, weil hierbei vergleichbare Strömungsbedingungen erzielt werden können.

[0162] Einen Einfluss auf den Temperaturverlauf im Stillstand, d.h. dem zu Figur 8B erläuterten zweiten Betriebsmodus, hat insbesondere der Isolationsverlust. Dieser sollte nach Möglichkeit verringert werden. Hierzu wird auf die in den Figuren 10 bis 12 gezeigten Wärmeaustauschdiagramme verwiesen, in denen jeweils eine Blocklänge eines entsprechenden Wärmetauschers in Zentimetern auf der Abszisse und eine Metalltemperatur in °C auf der Ordinate aufgetragen ist.

[0163] Die in den Wärmeaustauschdiagrammen der Figuren 10 bis 12 dargestellten Graphen 901 und 902 stellen jeweils Temperaturen in einem Wärmetauscher über die Länge des Wärmetauschers dar. Hierbei handelt es sich um den Wärmetauscher, der zu Figur 8A bzw. 8B erläutert wurde. Die Graphen 901 stellen dabei die Temperatur im zweiten Betriebsmodus dar, in dem jeweils drei Passagen von warmem und zwei Passagen von kaltem Gas durchströmt werden. Die Graphen 902 stellen entsprechend die Temperatur im ersten Betriebsmodus dar.

[0164] Figur 10 bezieht sich dabei auf einen Fall, in dem ein Isolationsverlust von 22,14 kW angenommen wurde. In diesem Fall entsprechen die Eintritts- und Austrittstemperaturen der warmen und kalten Ströme in den bzw. aus dem Wärmetauscher einander weitgehend, so dass das eingangs erläuterte Problem, dass aufgrund unterschiedlicher Massenströme im Stand der Technik auftritt, im Rahmen der dargestellten Ausführungsform der Erfindung gelöst ist. Ein maximaler Temperaturunterschied zwischen den warmen und kalten Strömen beträgt gemäß dem in Figur 10 gezeigten Wärmeaustauschdiagramm ca. 60 K.

[0165] In dem in Figur 11 veranschaulichten Fall wurde ein Isolationsverlust von nur noch 12 kW angenommen. Bei weitgehend identischen Eintritts- und Austrittstemperaturen wie in dem in dem Wärmeaustauschdiagramm der Figur 10 veranschaulichten Fall ergibt sich lediglich noch ein Temperaturunterschied von 35 K.

[0166] Das in Figur 12 veranschaulichte Wärmeaustauschdiagramm bezieht sich auf einen Fall, in dem der Stickstoffstrom auf 3500 Normkubikmeter pro Stunde erhöht wurde. Die Isolationsverluste betragen 22,14 kW. Auch hierbei reduzieren sich gegenüber dem in Figur 3 veranschaulichten Fall die Temperaturunterschiede deutlich.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschers (1) mit einem Wärmeaustauschbereich (10), der sich zwischen einem ersten Ende (11) und einem zweiten Ende (12) erstreckt, wobei in einem ersten Betriebsmodus dem Wärmeaustauschbereich (10) ein oder mehrere abzukühlende erste Fluide am ersten Ende

(11) auf einem ersten Temperaturniveau zugeführt und vom ersten Ende (11) zum zweiten Ende (12) durch den Wärmeaustauschbereich (10) geführt wird oder werden und dem Wärmeaustauschbereich (10) ein oder mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende (12) auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zugeführt und vom zweiten Ende (12) zum ersten Ende (12) durch den Wärmeaustauschbereich (10) geführt wird oder werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Betriebsmodus in einem ersten Betriebszeitraum durchgeführt wird, der durch einen zweiten Betriebszeitraum unterbrochen wird, dass im zweiten Betriebszeitraum die Zufuhr des oder der ersten Fluide und des oder der zweiten Fluide zu dem Wärmeaustauschbereich (10) unterbunden wird, und dass in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums in einem zweiten Betriebsmodus das erste Ende (11) des Wärmeaustauschbereichs (10) durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren dritten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich (10) am ersten Ende (11) zugeführt und in Richtung des zweiten Endes (12) durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs (10) geführt wird oder werden, auf das erste Temperaturniveau oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem ersten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im ersten Betriebsmodus nur das oder die ersten Fluide vom ersten Ende (11) zum zweiten Ende (12) durch den Wärmeaustauschbereich (10) geführt wird oder werden, bei dem im zweiten Betriebsmodus nur das oder die zweiten Fluide vom ersten Ende (11) zum zweiten Ende (12) durch den Wärmeaustauschbereich (10) geführt wird oder werden, und bei dem eine Gesamtmenge des oder der im ersten Betriebsmodus vom ersten Ende (11) zum zweiten Ende (12) durch den Wärmeaustauschbereich (10) geführten ersten Fluide größer als eine Gesamtmenge des oder der im zweiten Betriebsmodus vom ersten Ende (11) zum zweiten Ende (12) durch den Wärmetauscher (1) geführten zweiten Fluide ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem im zweiten Betriebsmodus das zweite Ende (11) des Wärmeaustauschbereichs (10) durch Beaufschlagen mit dem oder den dritten Fluiden temperiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem das erste Fluid oder zumindest eines der ersten Fluide und das dritte Fluid oder zumindest eines der dritten Fluide jeweils verdichtete Luft umfasst oder umfassen, die nach dem Führen durch den Wärmeaustauschbereich (10) im ersten Betriebsmodus einer Tieftemperaturrektifikation in einer Rektifikationseinheit (20) unter-

worfen und nach dem Führen durch den Wärmeaustauschbereich (10) im zweiten Betriebsmodus zum Erwärmen der Rektifikationseinheit (20) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem eine Rektifikationseinheit (20) mit einer ersten Rektifikationskolonne (21), einer zweiten Rektifikationskolonne (22) und einem Unterkühler (23) verwendet wird, wobei in dem zweiten Betriebsmodus die Luft nach dem Führen durch den Wärmeaustauschbereich (10) in die erste Rektifikationskolonne (21) eingespeist, Fluid über einen Sumpfabzug aus der ersten Rektifikationskolonne (21) entnommen, durch den Unterkühler (23) geführt, in die zweite Rektifikationskolonne (22) eingespeist und über einen Kopfabzug aus der zweiten Rektifikationskolonne (22) ausgeleitet wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem im zweiten Betriebsmodus das zweite Ende (11) des Wärmeaustauschbereichs (10) durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren vierten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich (10) am zweiten Ende (12) zugeführt und in Richtung des ersten Endes (11) durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs (10) geführt wird oder werden, auf das zweite Temperaturniveau oder auf ein viertes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem zweiten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem im ersten Betriebsmodus über den Wärmeaustauschbereich (10) ein erster Temperaturverlauf vom ersten Temperaturniveau am ersten Ende (11) auf das zweite Temperaturniveau am zweiten Ende (12) ausgebildet wird, und bei dem im zweiten Betriebsmodus über den Wärmeaustauschbereich (10) ein zweiter Temperaturverlauf vom ersten Temperaturniveau am ersten Ende (11) auf das zweite Temperaturniveau am zweiten Ende (12) ausgebildet wird, der an keiner Stelle um mehr als 80 Kelvin vom ersten Temperaturverlauf abweicht.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das erste Fluid oder zumindest eines der ersten Fluide verdichtete Luft umfasst oder umfassen, die nach der Abkühlung im Wärmetauscher (1) einer Tieftemperaturrektifikation unter Verwendung einer auf einem ersten Druckniveau betriebenen ersten Rektifikationskolonne (21) und einer auf einem zweiten Druckniveau unterhalb des ersten Druckniveaus betriebenen zweiten Rektifikationskolonne (22) unterworfen wird, wobei das dritte Fluid oder zumindest eines der dritten Fluide unter Verwendung einer in der ersten Rektifikationskolonne (21) und/oder unter Verwendung einer in der zweiten Rektifikationskolonne (22) gebildeten sauerstoffangereicherten Fraktion gebildet

wird oder werden und/oder wobei das vierte Fluid oder zumindest eines der vierten Fluide unter Verwendung einer in der ersten Rektifikationskolonne (21) gebildeten Fraktion gebildet wird oder werden.

9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem das dritte Fluid oder zumindest eines der dritten Fluide dadurch gebildet wird, dass ein Teil der in der ersten Rektifikationskolonne (21) und/oder der zweiten Rektifikationskolonne (22) gebildeten sauerstoffangereicherten Fraktion aus der ersten und/oder der zweiten Rektifikationskolonne (22) intermittierend entnommen, druckerhöht, auf das erste Temperaturniveau oder das dritte Temperaturniveau erwärmt und dem Wärmeaustauschbereich (10) am ersten Ende (11) zugeführt wird und/oder bei dem das vierte Fluid oder zumindest eines der vierten Fluide dadurch gebildet wird, dass ein Teil der in der zweiten Rektifikationskolonne (22) gebildeten stickstoffreichen Fraktion der zweiten Rektifikationskolonne (22) entnommen und auf dem zweiten Temperaturniveau oder dem vierten Temperaturniveau dem Wärmeaustauschbereich (10) am zweiten Ende (12) zugeführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem der Wärmeaustauschbereich (10) eine Anzahl von Wärmetauscherpassagen (W-Z) umfasst, wobei im ersten Betriebsmodus das oder zumindest eines der ersten Fluide durch eine erste Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen (W-Z) und das oder zumindest eines der zweiten Fluide durch eine zweite, zu der ersten Teilmenge disjunkte Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen (W-Z) geführt wird oder werden und wobei im zweiten Betriebsmodus ein oder mehrere Stoffströme als das oder zumindest eines der vierten Fluide durch eine dritte Teilmenge der Anzahl der Wärmetauscherpassagen (W-Z) geführt und erwärmt und danach als das oder zumindest eines der dritten Fluide durch eine vierte Teilmenge der Wärmetauscherpassagen (W-Z) geführt und abgekühlt wird oder werden, wobei die dritte und die vierte Teilmenge einzeln jeweils kleiner als die erste und kleiner als die zweite Teilmenge sind.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die dritte und die vierte Teilmenge disjunkte Teilmengen der ersten Teilmenge sind, oder bei der die dritte und die vierte Teilmenge disjunkte Teilmengen der zweiten Teilmenge sind, oder bei dem die dritte Teilmenge eine Teilmenge der ersten Teilmenge und die vierte Teilmenge eine Teilmenge der zweiten Teilmenge ist, oder bei dem die dritte Teilmenge eine Teilmenge der zweiten Teilmenge und die vierte Teilmenge eine Teilmenge der ersten Teilmenge ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11,

bei dem das oder die vierten Fluide in dem zweiten Betriebsmodus nach der Erwärmung und vor der Verwendung als das oder zumindest eines der vierten Fluide einer weiteren Erwärmung, insbesondere unter Verwendung eines luftbeheizten Wärmetauschers, unterworfen wird. 5

13. Anordnung (100) mit einem Wärmetauscher (1), der einem Wärmeaustauschbereich (10), der sich zwischen einem ersten Ende (11) und einem zweiten Ende (12) erstreckt, aufweist, wobei die Anordnung Mittel aufweist, die dafür eingerichtet sind, in einem ersten Betriebsmodus dem Wärmeaustauschbereich (10) ein oder mehrere abzukühlende erste Fluide am ersten Ende (11) auf einem ersten Temperaturniveau zuzuführen und vom ersten Ende (11) zum zweiten Ende (12) durch den Wärmeaustauschbereich (10) zu führen und dem Wärmeaustauschbereich (10) ein oder mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende (12) auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zuzuführen und vom zweiten Ende (12) zum ersten Ende (12) durch den Wärmeaustauschbereich (10) zu führen, **gekennzeichnet durch** Mittel, die dafür eingerichtet sind, den ersten Betriebsmodus in einem ersten Betriebszeitraum durchzuführen, der durch einen zweiten Betriebsmodus unterbrochen wird, und in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums einen zweiten Betriebsmodus durchzuführen, in dem sie das erste Ende (11) des Wärmeaustauschbereichs (10) durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren dritten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich (10) am ersten Ende zugeführt und in Richtung des zweiten Endes (12) durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs (10) geführt wird oder werden, auf das erste Temperaturniveau oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem ersten Temperaturniveau unterscheidet, temperieren. 10
15
20
25
30
35
40
14. Anlage, **gekennzeichnet durch** eine Anordnung (100) nach Anspruch 13, wobei die Anlage ferner zur Bereitstellung des oder zumindest eines der zu abzukühlenden Fluide in dem ersten Betriebsmodus eingerichtet ist. 45
15. Anlage nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie als Anlage zum Speichern und Rückgewinnen von Energie unter Verwendung von Flüssiglufte oder als Luftzerlegungsanlage ausgebildet ist oder eine Einrichtung zur Verflüssigung eines gasförmigen Luftprodukts umfasst. 50
55

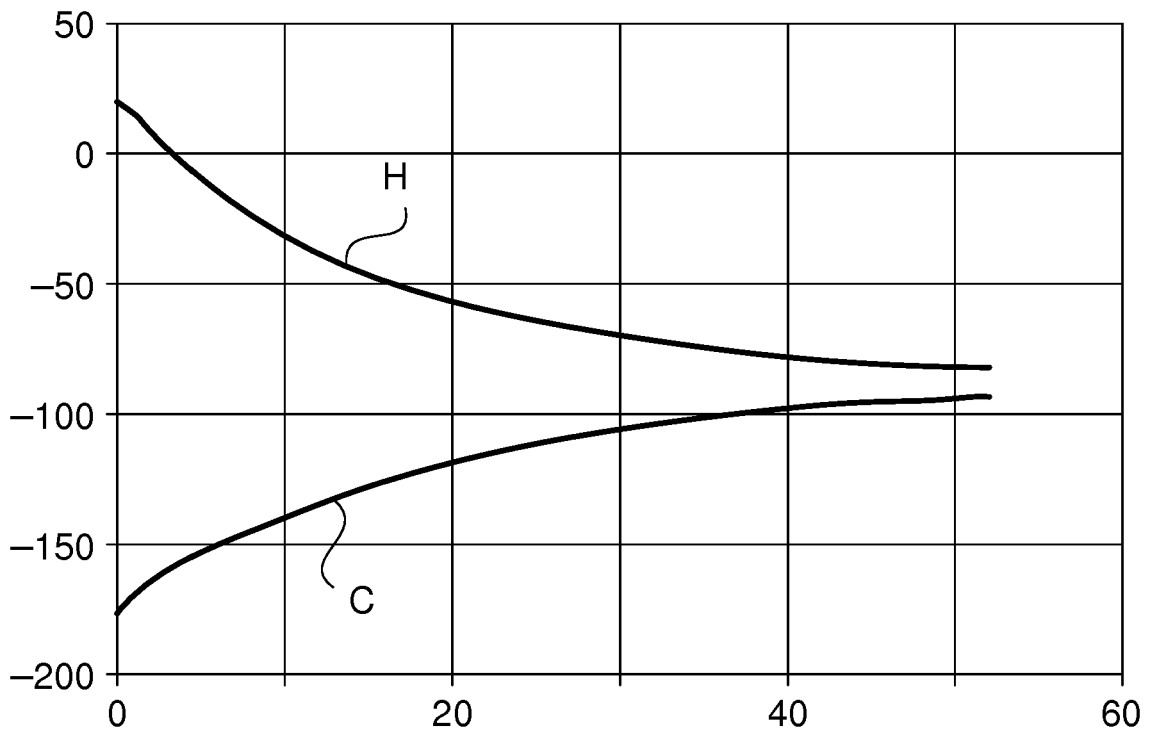


Fig. 1

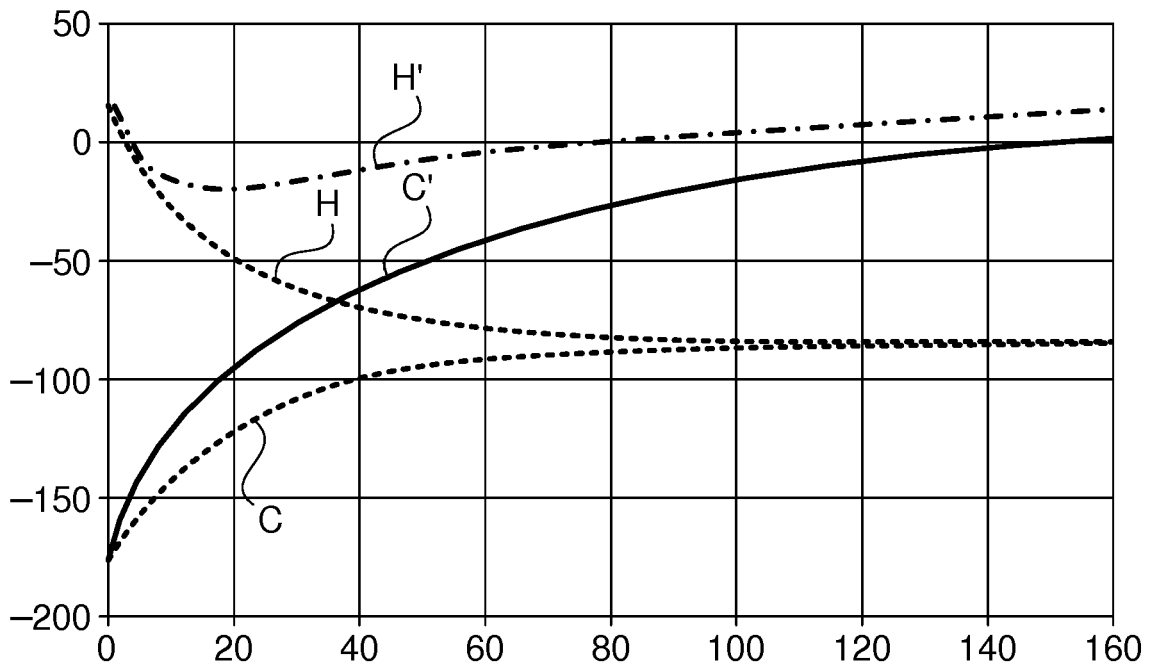
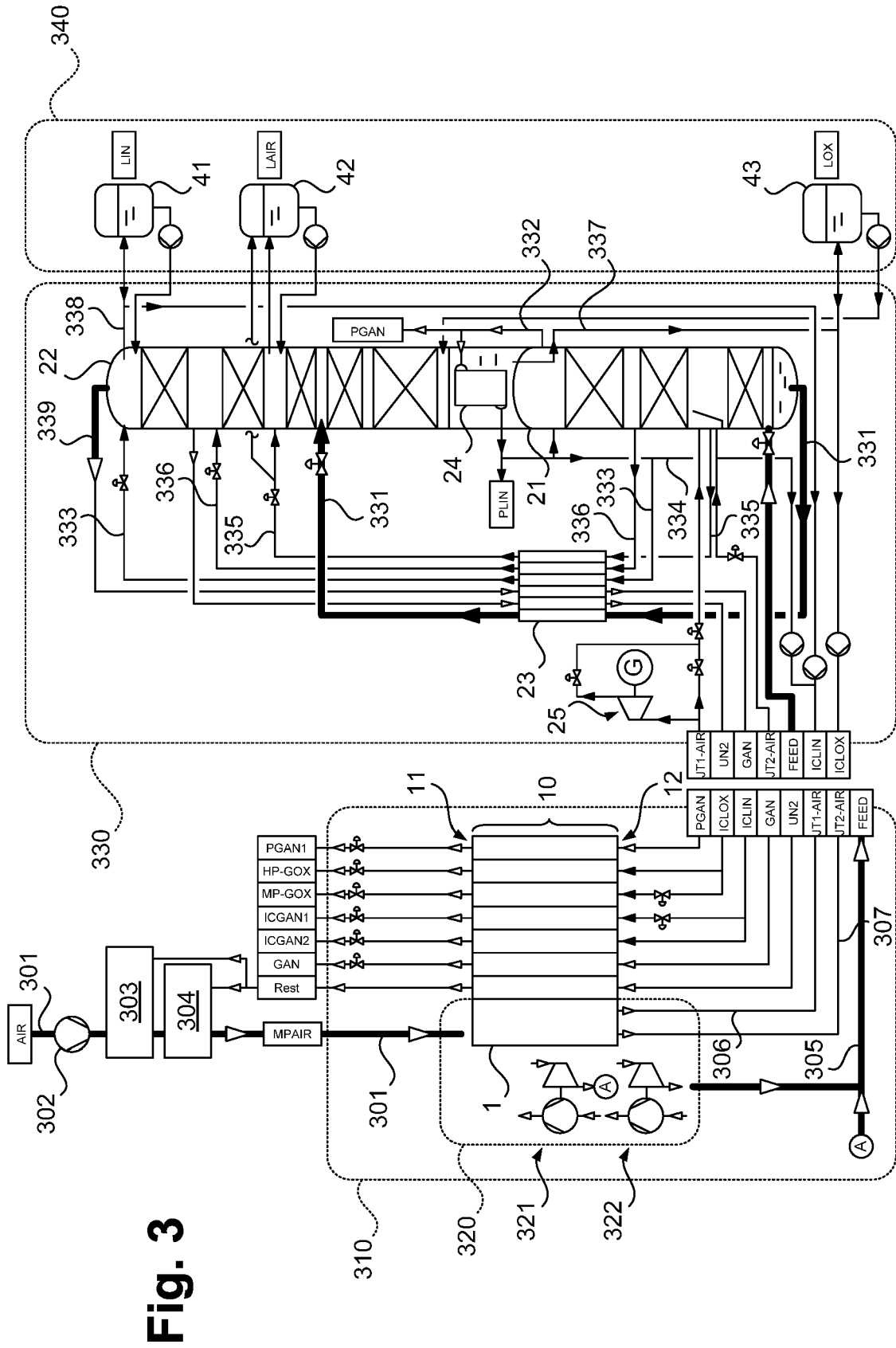


Fig. 2



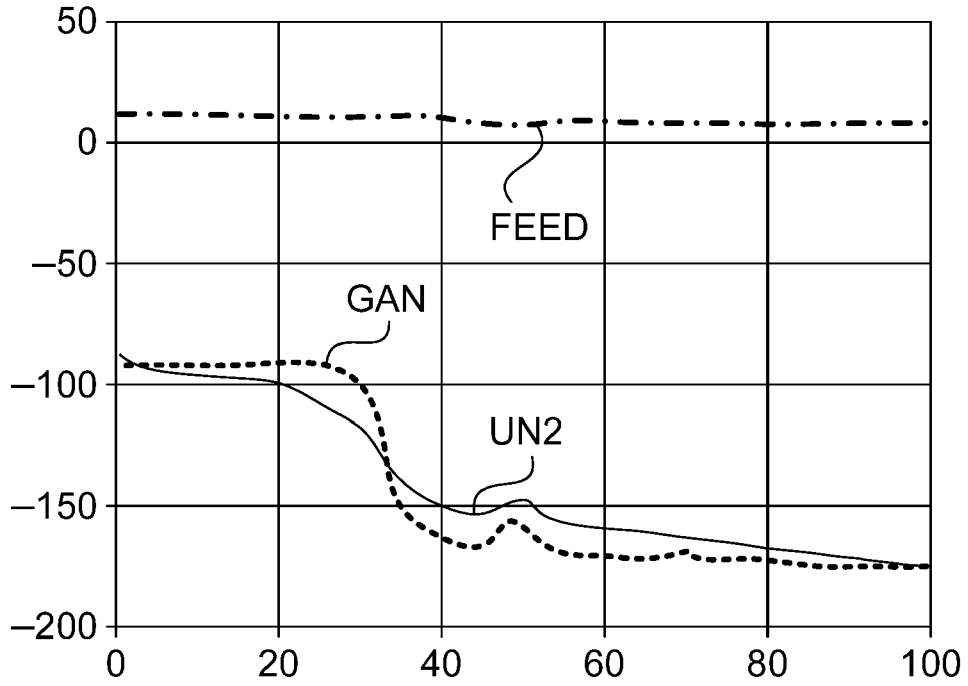


Fig. 4

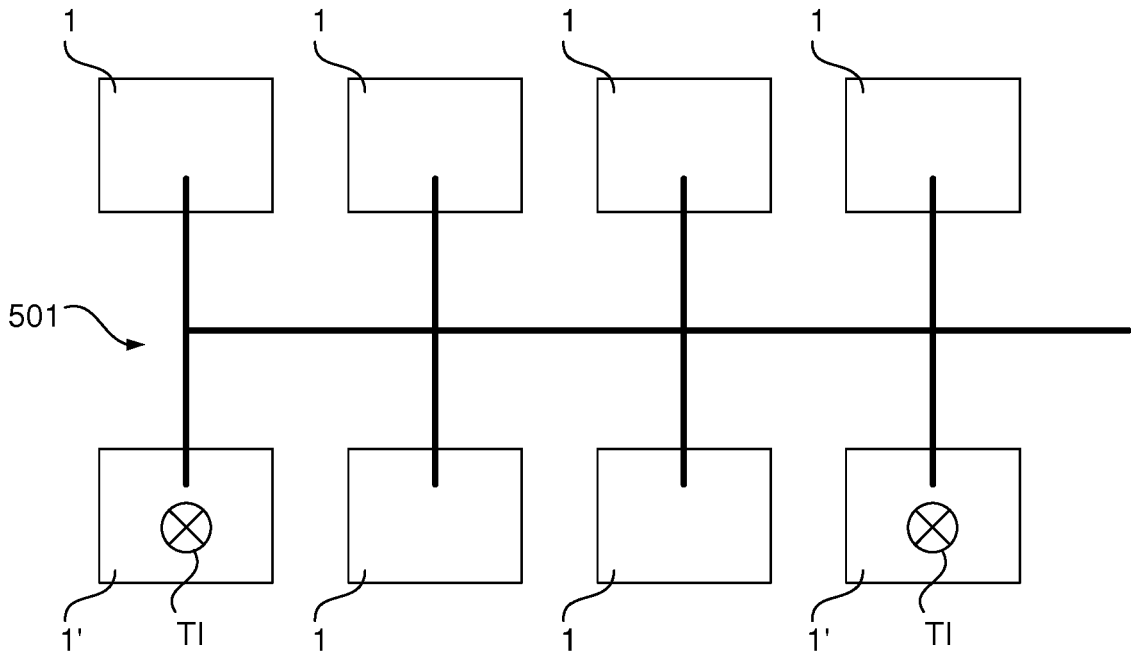


Fig. 5

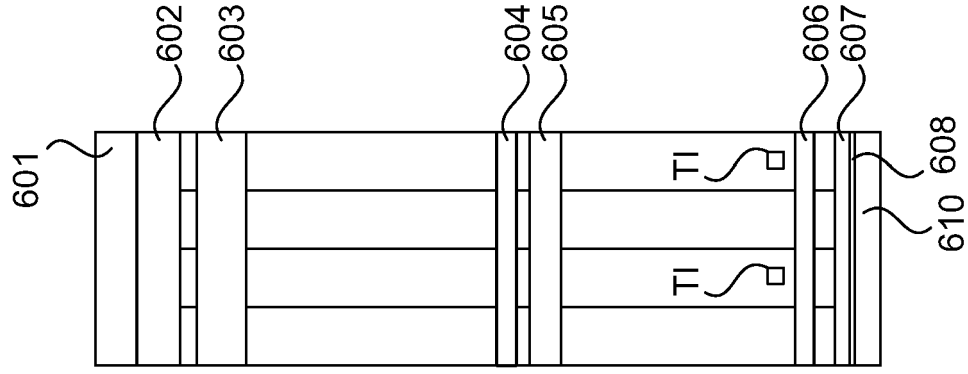


Fig. 6C

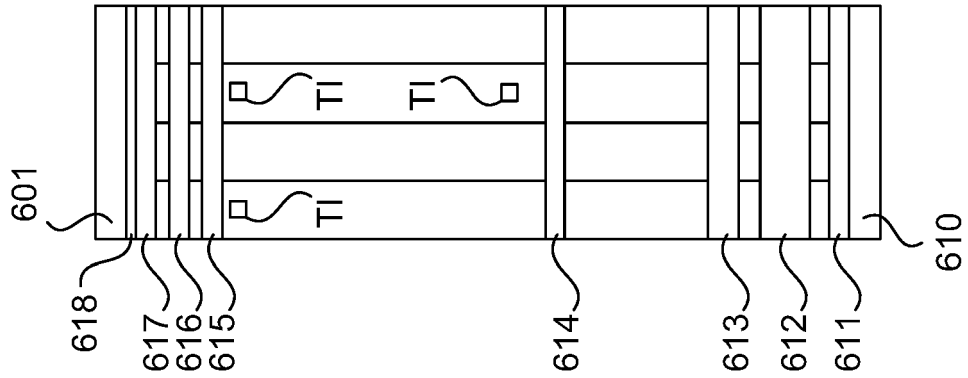


Fig. 6B

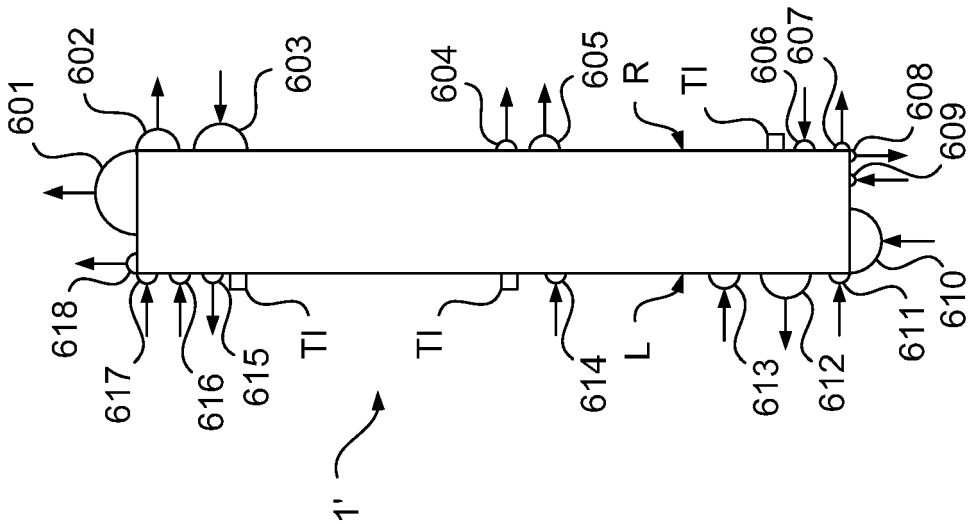


Fig. 6A

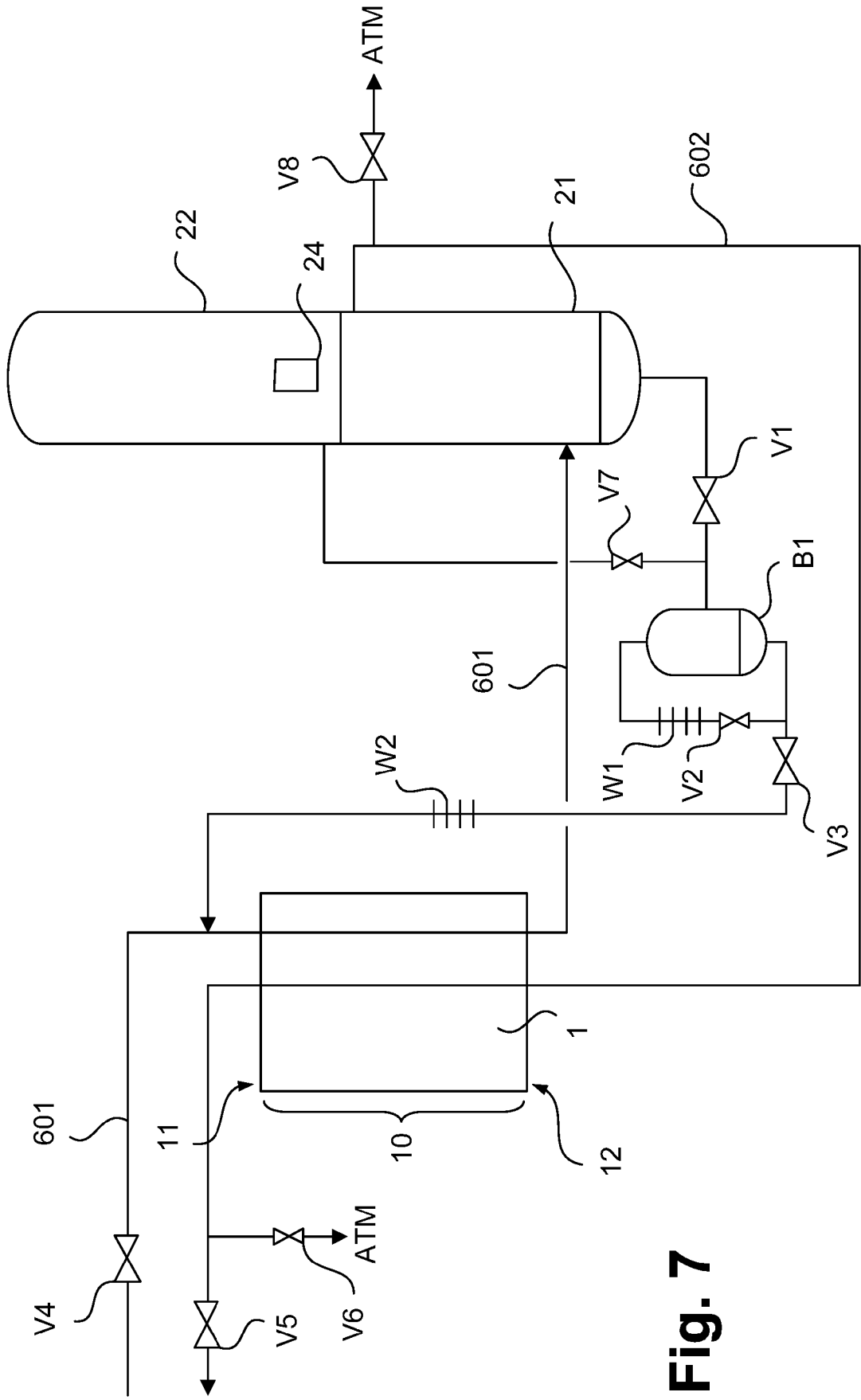


Fig. 7

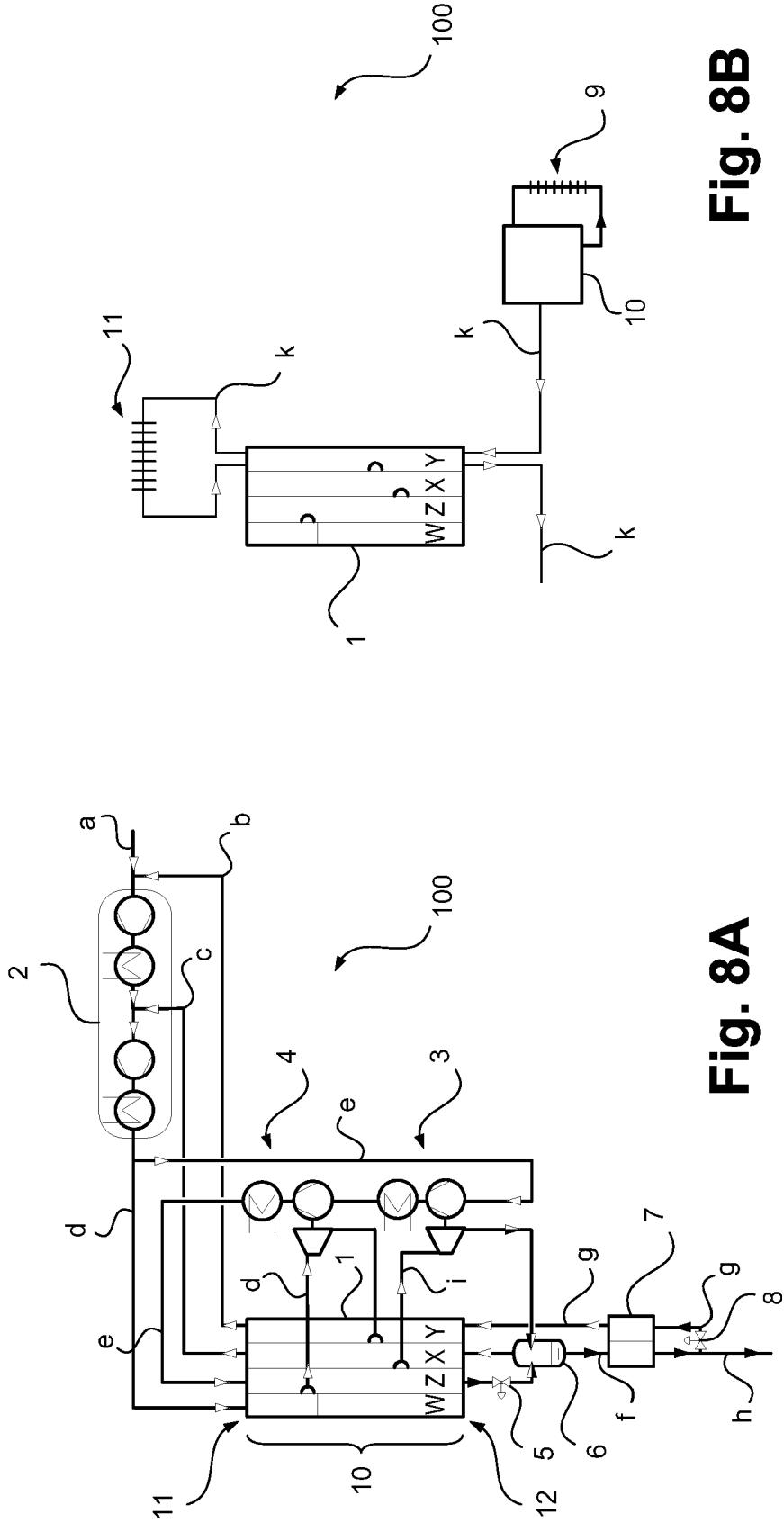


Fig. 8B

Fig. 8A

200
↙

XZXZXWXZXWXZ YZ XWXZXWXZXZXWXZXZ YW XZXWXZXWXZXWXZ Y
ZXWXZXWXZXWXZX WY ZXZXWXZXZXWXZXWX ZY ZXWXZXWXZXZX

Fig. 9

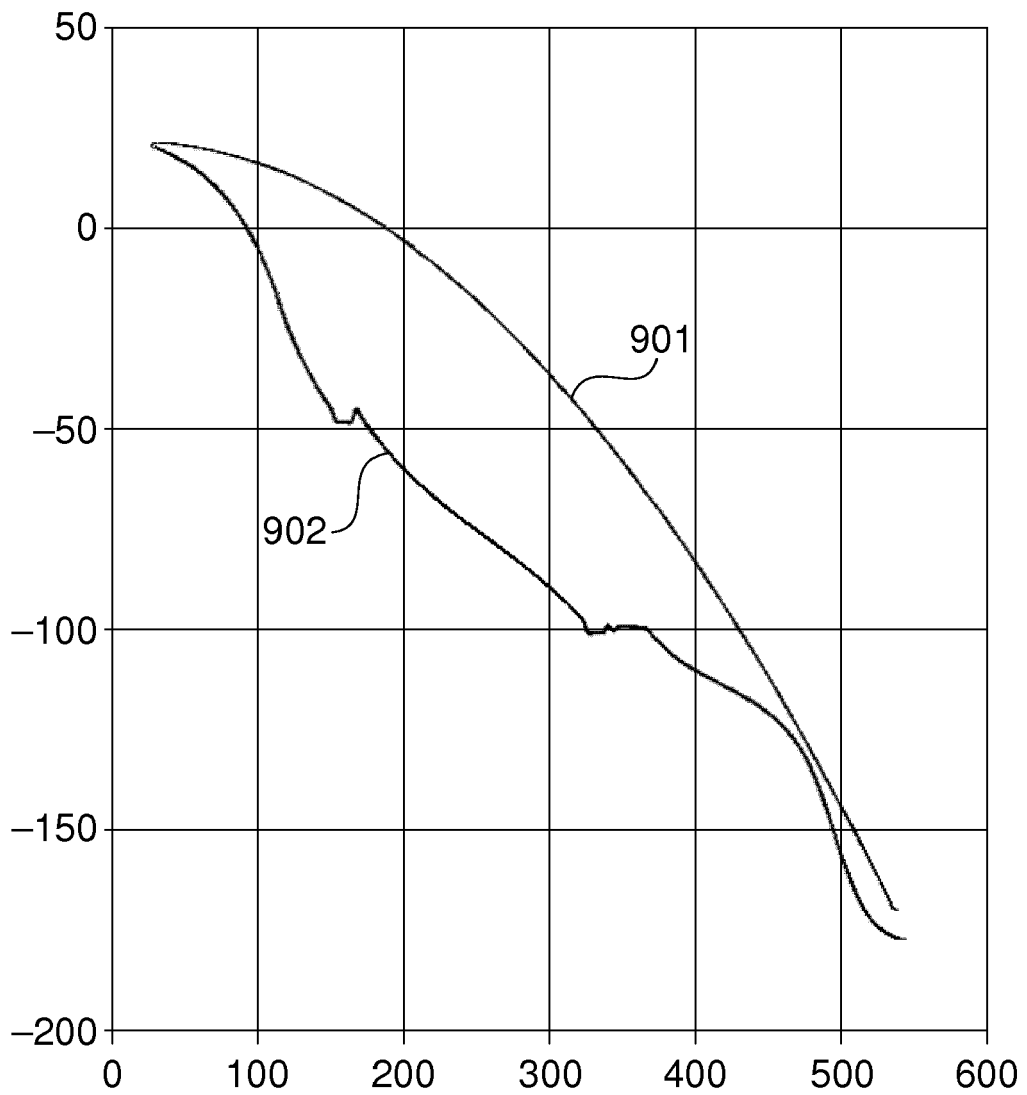


Fig. 10

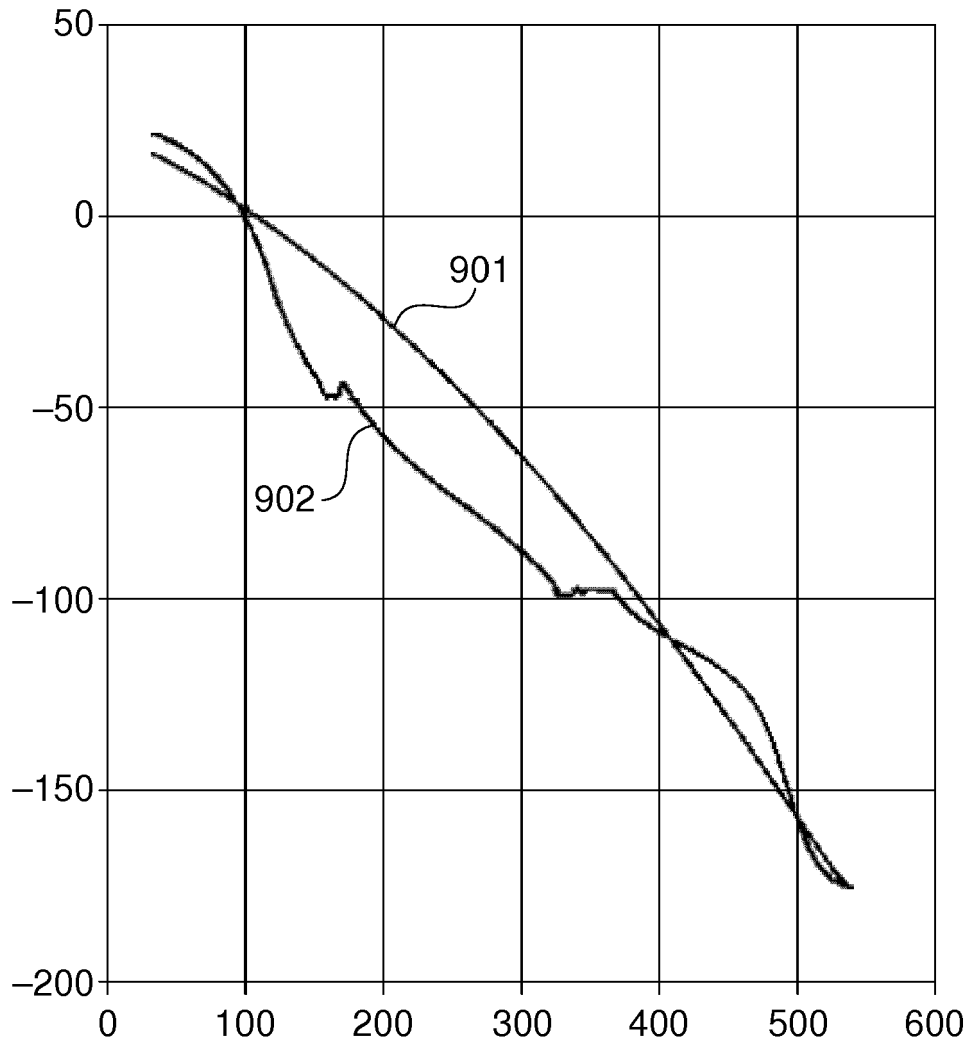


Fig. 11

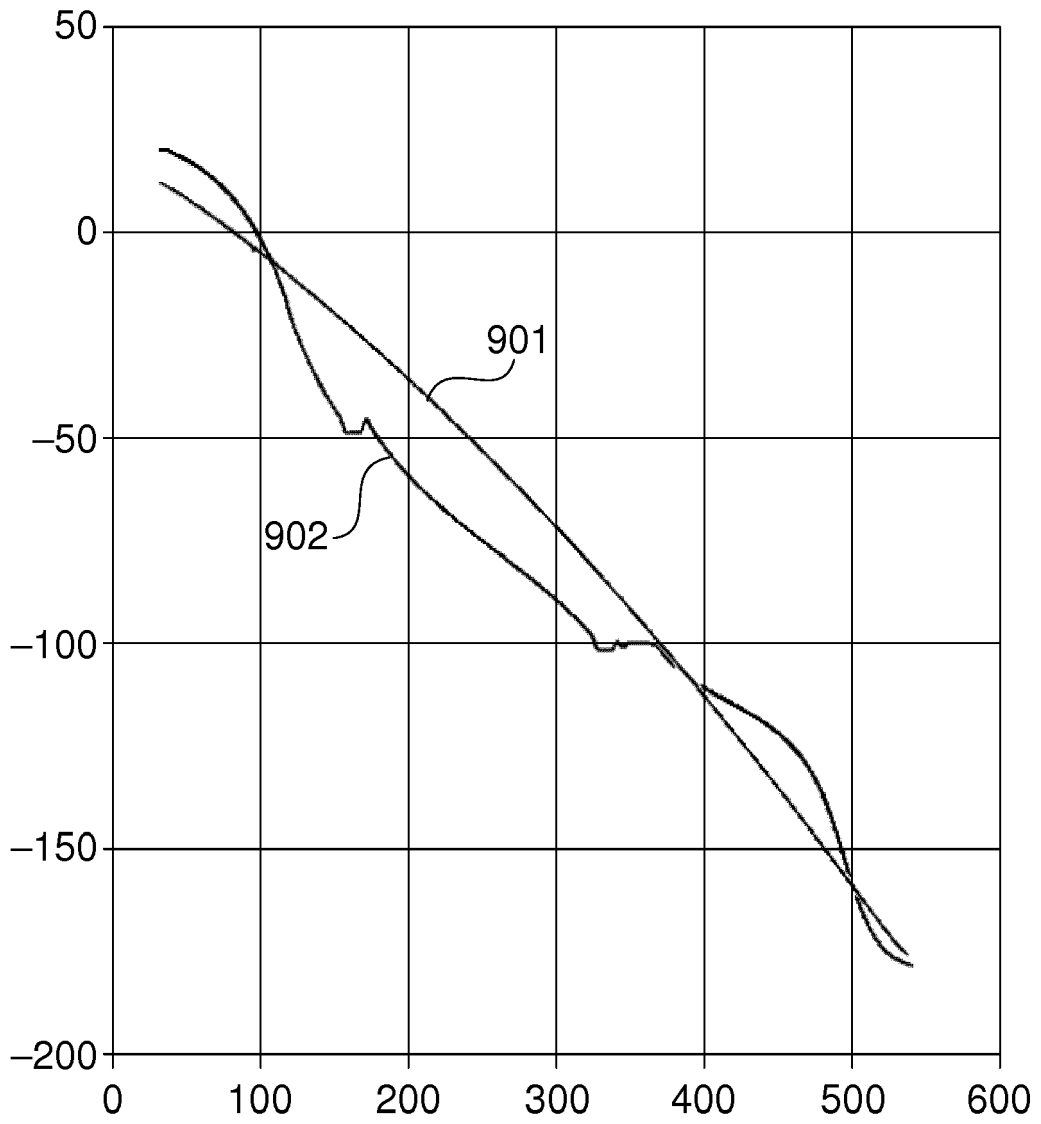


Fig. 12



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 02 0280

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	JP 2016 183793 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP) 20. Oktober 2016 (2016-10-20)	1-5, 13-15	INV. F25J3/04 F25J1/00 F25J1/02
Y	* Absätze [0034] - [0036]; Abbildungen * -----	4,5,15	
X	DE 10 2015 015686 A1 (LINDE AG [DE]) 22. Juni 2017 (2017-06-22)	1-3,13, 14	
Y	* das ganze Dokument * -----	4,5,15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Januar 2019	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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



5

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

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

10

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:

15

Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

20

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

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

25

Siehe Ergänzungsblatt B

30

Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

35

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.

40

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:

45

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:

50

3-5, 13-15(vollständig); 1, 2(teilweise)

55

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) EPU).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 18 02 0280

5

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:

10

1. Ansprüche: 3-5, 13-15(vollständig); 1, 2(teilweise)

15

20

25

30

Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschers, wobei in einem ersten Betriebsmodus einem Wärmeaustauschbereich ein oder mehrere abzukühlende erste Fluide an einem ersten Ende auf einem ersten Temperaturniveau zugeführt und zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführt wird oder werden und ein oder mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zugeführt und zum ersten Ende geführt wird oder werden. Der erste Betriebsmodus wird in einem durch einen zweiten Betriebszeitraum unterbrochenen ersten Betriebszeitraum durchgeführt, im zweiten Betriebszeitraum wird die Zufuhr des oder der ersten und des oder der zweiten Fluide unterbunden, und in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums wird in einem zweiten Betriebsmodus das erste Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren dritten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am ersten Ende zugeführt und in Richtung des zweiten Endes geführt wird oder werden, auf das erste Temperaturniveau oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von diesem unterscheidet, temperiert. Im zweiten Betriebsmodus wird das zweite Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit dem oder den dritten Fluiden temperiert.

35

2. Ansprüche: 6-12(vollständig); 1, 2(teilweise)

40

45

50

55

Verfahren zum Betreiben eines Wärmetauschers, wobei in einem ersten Betriebsmodus einem Wärmeaustauschbereich ein oder mehrere abzukühlende erste Fluide an einem ersten Ende auf einem ersten Temperaturniveau zugeführt und zum zweiten Ende durch den Wärmeaustauschbereich geführt wird oder werden und ein oder mehrere zu erwärmende zweite Fluide am zweiten Ende auf einem zweiten Temperaturniveau unterhalb des ersten Temperaturniveaus zugeführt und zum ersten Ende geführt wird oder werden. Der erste Betriebsmodus wird in einem durch einen zweiten Betriebszeitraum unterbrochenen ersten Betriebszeitraum durchgeführt, im zweiten Betriebszeitraum wird die Zufuhr des oder der ersten und des oder der zweiten Fluide unterbunden, und in einem oder mehreren Teilzeiträumen des zweiten Betriebszeitraums wird in einem zweiten Betriebsmodus das erste Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren dritten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am ersten Ende zugeführt und in Richtung des zweiten Endes geführt wird oder werden, auf das erste Temperaturniveau oder ein drittes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von diesem



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 18 02 0280

5

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:

10

unterscheidet, temperiert. Im zweiten Betriebsmodus wird das zweite Ende des Wärmeaustauschbereichs durch Beaufschlagen mit einem oder mehreren vierten Fluiden, das oder die dem Wärmeaustauschbereich am zweiten Ende zugeführt und in Richtung des ersten Endes durch zumindest einen Teil des Wärmeaustauschbereichs geführt wird oder werden, auf das zweite Temperaturniveau oder auf ein viertes Temperaturniveau, das sich um nicht mehr als 80 Kelvin von dem zweiten Temperaturniveau unterscheidet, temperiert.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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

EP 18 02 0280

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.

09-01-2019

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2016183793 A	20-10-2016	JP 6428429 B2 JP 2016183793 A	28-11-2018 20-10-2016
DE 102015015686 A1	22-06-2017	KEINE	

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

- EP 3032203 A1 [0014]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **H.-W. HÄRING (HRSG)**. Industrial Gases Processing. Wiley-VCH, 2006 [0004] [0041]
- Components of an Exchanger. The Standards of the Brazed Aluminium Plate-Fin Heat Exchanger Manufacturers' Association, 2000 [0004]
- Cryogenic Rectification. **H.-W. HÄRING (HRSG)**. Industrial Gases Processing. Wiley-VCH, 2006 [0100] [0133]