



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.07.2021 Patentblatt 2021/28

(51) Int Cl.:
F23G 7/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20020019.4**

(22) Anmeldetag: **13.01.2020**

(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 KH MA MD TN

(72) Erfinder: **Coscia, Antonio**
D-65589 Hadamar (DE)

(74) Vertreter: **Dropsch, Holger**
Air Liquide Forschung und Entwicklung GmbH
Gwinnerstraße 27-33
60388 Frankfurt am Main (DE)

(71) Anmelder: **L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS GEORGES CLAUDE**
75007 Paris (FR)

(54) **HOCHFACKELSYSTEM ZUM VERBRENNEN ZWEIER GASARTEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Hochfackelsystem in einer Synthesegaserzeugungsanlage zur thermischen Entsorgung von bei der Synthesegaserzeugung und/oder Synthesegasaufbereitung anfallenden Abgasen mit mindestens zwei unterschiedlichen Gehalten an Kohlenmonoxid (CO-Gehalt), insbesondere zum gleichzeitigen Abfackeln oder Verbrennen von warmem Synthesegas und auch kryogenem, tiefkaltem Kohlenmonoxid. Erfindungsgemäß umfasst das Hochfackelsystem:
(a) ein erstes, gegenüber der Horizontalen senkrecht angeordnetes Abgasrohr aus einem ersten Werkstoff und eine Zuleitung eines Abgases mit einem ersten CO-Gehalt zu dem ersten Abgasrohr,
(b) ein zweites, gegenüber der Horizontalen senkrecht angeordnetes Abgasrohr aus einem zweiten Werkstoff und eine Zuleitung eines Abgases mit einem zweiten CO-Gehalt zu dem zweiten Abgasrohr,
(c) wobei das erste und das zweite Abgasrohr koaxial angeordnet sind und an ihrem oberen Ende in einen gemeinsamen Brenner münden.

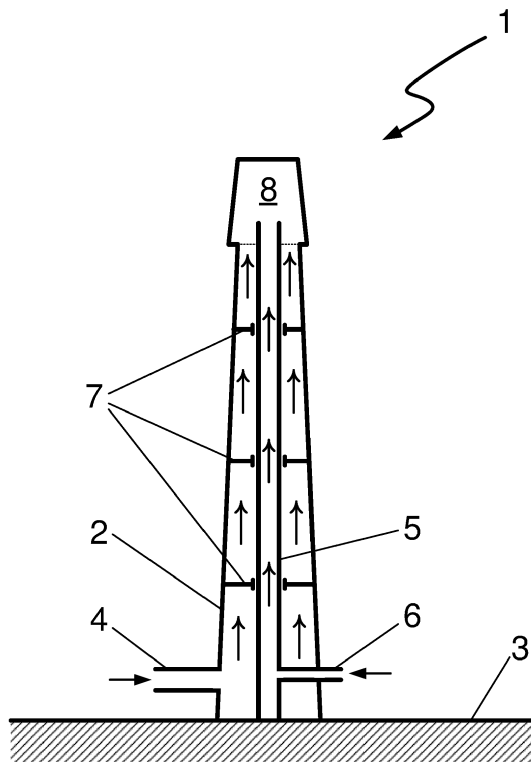


Fig. 1

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Hochfackelsystem in einer Synthesegaserzeugungsanlage zur thermischen Entsorgung von bei der Synthesegaserzeugung und/oder Synthesegasaufbereitung anfallenden Abgasen mit mindestens zwei unterschiedlichen Gehalten an Kohlenmonoxid (CO-Gehalt), insbesondere zum gleichzeitigen Abfackeln oder Verbrennen von warmem Synthesegas und kryogenem, tiefkaltem Kohlenmonoxid.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Verbrennen zweier in einer Synthesegaserzeugungsanlage erhaltenen Gasarten.

Stand der Technik

[0003] Eine Gasfackel oder einfach Fackel ist eine Einrichtung zur gezielten Abfackelung, also zum gezielten Verbrennen brennbarer Gasen, die nicht energetisch oder stofflich genutzt werden sollen oder können. Gasfackeln werden häufig dann verwendet, wenn diskontinuierlich große Mengen solcher Gase zu erwarten sind, wie es zum Beispiel bei An- und Abfahrvorgängen und Betriebsstörungen der Fall sein kann. Mit Gasfackeln werden Abgasbestandteile durch Verbrennung in das weniger umwelt- und klimaschädliche Kohlendioxid umgewandelt.

[0004] Wesentliche Komponenten einer Gasfackel sind der eigentliche Brenner, ein oder mehrere Pilotbrenner zu dessen Zündung, Rohrleitungen zur Zuführung der abzufackelnden Gase, ggf. eine Tragekonstruktion sowie Steuer- und Sicherheitseinrichtungen für den sicheren Fackelbetrieb.

[0005] Neben den weniger häufig anzutreffenden Bodenfackeln ist die häufigste Art der derzeit verwendeten Fackelsysteme die Hochfackel. Bei diesen Systemen ist die Fackelspitze, die den Brenner enthält, am oberen Ende des Fackelsystems in einer gewissen Höhe über dem Erdboden oder der Aufstellfläche montiert, wodurch die Wärmestrahlung zum Erdboden oder zum Aufstellungsuntergrund reduziert und das Dispersionsprofil für abzufackelnde Schadstoffe bzw. ihre Verbrennungsprodukte verbessert wird. Die Zuführrohre sind als Steigrohre ausgebildet. Die Gesamtheit von Steigrohren, Brenner und ggf. Tragekonstruktion wird üblicherweise als Fackelkamin oder auch nur als Fackel bezeichnet, wobei die begriffliche Unterscheidung nicht scharf getrennt ist.

[0006] Der Stand der Technik für Fackelsysteme ist in den API-Normen 521 und 537 beschrieben.

[0007] Grundsätzlich gibt es die folgenden Arten von Hochfackeln:

a) Selbsttragende Fackelkamine werden oft für niedrigere Bauhöhen mit begrenztem Aufstellplatz bzw. Bodenfläche verwendet. Sie sind normalerweise auf einen Fackelkamin bzw. ein Steigrohr beschränkt.

Ihre Bauhöhe kann bis 100 m betragen. Es ist zumeist kein eigener Flüssigabscheider zur Kondensatabscheidung erforderlich.

b) Spannseil- oder spanndrahtfixierte Fackelkamine benötigen in der Regel mehr Bodenfläche als selbsttragende oder Derrick gestützte Fackelkamine. Ihre Bauhöhe kann bis 250 m betragen. Die Fackel ist zumeist auf ein Steigrohr begrenzt und es ist häufig ein spezieller Flüssigabscheider erforderlich.

c) Fackelkamine mit Stativ bzw. Dreibein als Stützvorrichtung eignen sich nur für kleinere, einfache Fackeln.

d) Derrick-Fackeln mit bohrturmartigen Tragegerüsten oder Tragegestellen werden aufgrund des höheren Aufwands nur bei größeren Fackelkaminen verwendet, bei denen eine selbsttragende Ausführung nicht sinnvoll oder möglich ist und ein spannseilfixierter Fackelkamin aufgrund des zur Verfügung stehenden Aufstellplatzes nicht möglich ist. Sehr hohe Bauhöhen sind möglich. Einige Derrick-Designs ermöglichen es, den Fackelkamin und die Fackelspitze für Inspektion und Wartung abzusenken. Dies ist besonders nützlich, wenn mehrere Fackelkamine aus Platzgründen auf demselben Derrick installiert werden (sog. Multiflare-Derrick). Ein eigener Flüssigabscheider zur Kondensatabscheidung ist meist erforderlich.

[0008] Fackelsysteme der beschriebenen Art werden nicht nur in petrochemischen Anlagen, sondern auch in Synthesegaserzeugungsanlagen eingesetzt, um Gasproduktströme oder Abgasströme durch Verbrennen zu entsorgen, die temporär nicht innerhalb der Verfahrenskette weiterverarbeitet werden können oder für die momentan keine andere Entsorgungsmöglichkeit besteht. Als Synthesegase bezeichnet man Wasserstoff und Kohlenoxide enthaltende Gasgemische, die in verschiedenen Synthesereaktionen Verwendung finden. Technische Einzelheiten der Verfahren zur Synthesegaserzeugung werden beispielsweise in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, 1998 Electronic Release, Stichwort "Gas Production", im Detail erläutert.

[0009] An die Erzeugung des Rohsynthesegases, beispielsweise durch Dampfpreformieren, autothermes Reformieren oder Partialoxidation von kohlenwasserstoffhaltigen Einsatzstoffen, schließen sich zumeist mehrere Verfahrensschritte zum Entfernen unerwünschter Gasbestandteile, beispielsweise des Methans, durch kryogene Gaszerlegung in einer sog. CO-Coldbox an. In dieser kann durch Teilschritte wie Methanwäsche, Teilkondensation und CO-Wäsche Kohlenmonoxid als Reinprodukt gewonnen oder ein Synthesegasstrom mit eingestelltem Wasserstoff/Kohlenmonoxid-(H₂/CO)-Verhältnis erhalten werden. Das CO-Reinprodukt wird dabei wegen der durch kryogene Gaszerlegung als tiefkalter Gasstrom aus der CO-Coldbox ausgeleitet.

[0010] In Synthesegaserzeugungsanlagen ist typi-

scherweise ein Abfackeln von Synthesegas (20 bis 300 °C) und kryogenem CO (- 180 °C) erforderlich, um die Synthesegaserzeugungsanlage im Falle von Störungen oder geplanten Stilllegungen der gesamten Synthesegaserzeugungsanlage oder von Teilbereichen derselben zu vermeiden und um Gasproduktströme oder Abgasströme durch Verbrennen zu entsorgen, die temporär nicht innerhalb der Verfahrenskette weiterverarbeitet werden können oder für die momentan keine andere Entsorgungsmöglichkeit besteht.

[0011] Bei den in der Praxis angewendeten Hochfackelsystemen zum Verbrennen von Synthesegas und kryogenem CO (CO-Gas) existieren bislang verschiedene technische Lösungen, deren Ausgestaltungen unter anderem von dem H₂/CO-Verhältnis des zu verbrennenden Synthesegases abhängen

[0012] In Synthesegaserzeugungsanlagen kann ein Fackelsystem eines ersten Typs (Typ 1) verwendet werden, wenn das Hauptprodukt der Anlage Synthesegas mit hohem H₂/CO-Verhältnis bzw. ausschließlich Wasserstoff ist. Die geringe Menge an CO-Gas, die in diesem Fall in dem Fackelsystem verarbeitet werden muss, kann über ein kleines, externes, außen am Hauptfackelkamin nach oben geführtes Steigrohr aus einem korrosionsbeständigen Werkstoff, beispielsweise einem hochlegierten Stahl wie Edelstahl, an das obere Ende des Hauptfackelkamins aus Kohlenstoffstahl (C-Stahl) geführt werden. Besonders bevorzugt ist das Rohr, welches das kryogene CO-Gas aus der kryogenen Gaszerlegung führt, aus einem voll-austenitischen Edelstahl herzustellen, da unlegierte und niedriglegierte Stähle bei den typischen, tiefen Temperaturen, die das CO-Gas aufweist, extrem spröde reagieren, was die Versagenswahrscheinlichkeit, insbesondere beim Auftreten zyklischer mechanischer Belastungen (z.B. Schwingen des Kamins durch Wind, Druckstöße usw., extrem erhöht. Voll-austenitische Edelstähle besitzen im Vergleich zu den unlegierten und niedriglegierten Stählen eine sehr hohe Tieftemperaturzähigkeit. Sie verhalten sich also bei sehr niedrigen Temperaturen in Hinblick auf ihre Zähigkeit ähnlich wie bei Raumtemperatur. Maßgebend für die Verwendung solcher tieftemperaturzäher Werkstoffe ist nicht der CO Gehalt, sondern die Temperatur des Gases, wobei - als Orientierungswert - in der Regel bei Temperaturen von -50°C oder tiefer ein tieftemperaturzäher, hochlegierter Werkstoff zu wählen ist.

[0013] Am oberen Ende des Hauptfackelkamins werden Synthesegas und CO-Gas in jeweils eigenen, speziell dafür bestimmten Brennern verbrannt. Um die unterschiedliche thermische Ausdehnung durch die Verwendung unterschiedlicher Konstruktionsmaterialien für Hauptfackelkamin und CO-Steigrohr und den hohen Druckverlust auszugleichen, muss bei der Anordnung des Steigrohrs auf eine ausreichende Zahl und Größe von Dehnungsbögen geachtet werden. Diese Konstruktion bewirkt zusätzliche Traglasten für den Hauptfackelkamin, was die maximal mögliche Gesamthöhe für ein selbsttragendes System begrenzt, bevor ein Wechsel zu

einer Derrick-Fackel erforderlich wird.

[0014] Der Vorteil einer Fackel des Typs 1 ist, dass jeder Brenner unter Berücksichtigung des zu abzufackelnden bzw. zu verbrennenden Gases hinsichtlich maximaler Sicherheit und Zerstörungsleistung der im Abgas vorhandenen Schadstoffe optimiert werden kann. Um beispielsweise einen hohen Abbaugrad bzw. Ausbrandgrad der Schadstoffe zu gewährleisten und gleichzeitig ein Ablösen der Flamme von der Brennerspitze zu verhindern, sollte die Austrittsgeschwindigkeit für viele Fackelsysteme 25 bis 30 m/s nicht überschreiten. Für Synthesegas kann dieser Wert größer als 150 m/s betragen.

[0015] Das Hochfackelsystem eines zweiten Typs (Typ 2) ähnelt dem Typ 1, umfasst aber eine kombinierte Brennerausführung, bei der das kalte, CO-reiche Gas aus der kryogenen Gaszerlegung auf demselben Niveau in den gemeinsamen Hauptbrenner injiziert wird wie das Synthesegas. Wenn das H₂/CO-Verhältnis des in der Synthesegaserzeugungsanlage erzeugten Synthesegases sinkt, so dass das Synthesegas mehr CO als Wasserstoff enthält, wird ein eigener CO-Brenner zu groß, um ihn am oberen Ende des Fackelkamins neben dem Hauptbrenner montieren zu können. Daher bietet eine kombinierte Brennerausführung des Typs 2 dann Vorteile.

[0016] Diese Konstruktion stößt jedoch an Grenzen, sobald der CO-Gasstrom zum Hauptstrom wird, wodurch der CO-Steigrohr zu groß und schwer wird. Darüber hinaus kann die zusätzliche Injektion des CO-Gases in den gemeinsamen Brenner in Einzelfällen bei gleichzeitigem Verbrennen des Synthesegases lokale Gasgeschwindigkeiten verursachen, die das Risiko eines Ablöses der Flamme von der Brennerspitze bergen.

[0017] Das Hochfackelsystem eines dritten Typs (Typ 3) wird in Fällen mit einem im Vergleich zum Synthesegas-Mengenstrom sehr hohen Mengenstrom des CO-Gases eingesetzt. Wie bei dem Typ 1 werden hier für jeden der Fackelgasströme eigens dafür bestimmte, eigene Brenner vorgesehen. Ein Nachteil dieser Ausgestaltung ist der Bedarf an einem stabilen Traggerüst, beispielsweise in Derrickausführung, um die erhöhten Traglasten durch die beiden vollständig getrennten Zuleitungs- und Brennersysteme aufnehmen zu können. Dies erfordert auch einen zusätzlichen Flächenbedarf.

[0018] Insgesamt ist daher festzustellen, dass weiterhin Bedarf an einem einfach konstruierten Hochfackelsystem besteht, das es erlaubt, mehrere Gasarten aus einer Synthesegaserzeugungsanlage, beispielsweise CO-Gas und Synthesegas mit breitem H₂/CO-Verhältnis, nebeneinander und vorzugsweise gleichzeitig abzufackeln und somit sicher thermisch zu entsorgen.

Beschreibung der Erfindung

[0019] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, ein neues Hochfackelsystem vorzuschlagen, das die bisherigen Nachteile des Stands der Technik überwindet. Insbesondere ist es das Ziel, ein

Hochfackelsystem mit selbsttragendem Fackelkamin anzugeben, das über den gesamten in der Praxis auftretenden Bereich der in den Produktgasen bzw. Abgasen einer Synthesegaserzeugungsanlage auftretenden H_2/CO -Verhältnisse angewendet werden kann.

[0020] Diese Aufgabe wird in einem ersten Aspekt durch ein Hochfackelsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen.

[0021] Unter einer Synthesegaserzeugungsanlage bzw. einem Synthesegaserzeugungsverfahren werden alle Verfahren verstanden, bei denen Synthesegas, also Wasserstoff und Kohlenoxide enthaltende Gasgemische, zunächst als Rohproduktgas gewonnen wird. Zur Herstellung von Synthesegas kommen prinzipiell alle bekannten und in der industriellen Erzeugung angewandten Syntheseverfahren in Betracht, also insbesondere die Dampfreformierung von Kohlenwasserstoffen, insbesondere von Erdgas (Steam Methane Reforming, SMR) oder beispielsweise auch von Naphtha oder Raffineriereststoffen, die nichtkatalytische Partialoxidation von Kohlenwasserstoffen (POX) oder die autotherme Reformierung als Mischform beider vorgenannter Verfahren zum Einsatz. Technische Einzelheiten dieser Verfahren sind der Fachwelt bekannt und werden beispielsweise in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, 1998 Electronic Release, Stichwort "Gas Production", im Detail erläutert.

[0022] Zumeist werden mit dem auf diese Weise erzeugten Rohsynthesegas eine oft mehrstufige Aufbereitung durchgeführt. Die Aufbereitungsschritte umfassen insbesondere die Durchführung eines oder mehrere Abkühlungsschritte mit oder ohne Dampferzeugung, den Wärmetausch des abzukühlenden Rohsynthesegases und des von den Brennern erzeugten Rauchgases zur Vorwärmung von Verfahrensmedien, die CO-Konvertierung (CO-Shift) zur Maximierung des Wasserstoffgehalts, Schritte zum Entfernen des Kohlendioxids, z. B. mittels Gaswäsche mit aminhaltigen Waschmitteln, und Maßnahmen zum Abtrennen sonstiger abzutrennender Gastbestandteile, beispielsweise des Methans, Spuren höherer Kohlenwasserstoffe oder von Kohlenmonoxid als Reinprodukt durch kryogene Gaszerlegung in einer sog. Coldbox. Bei dieser wird hauptsächlich flüssiges Methan oder flüssiger Stickstoff verwendet, um höher siedende Gase wie Kohlenmonoxid zu absorbieren und somit vom Wasserstoff abzutrennen.

[0023] Unter einer koaxialen Anordnung zweier Rohre wird eine Anordnung verstanden, bei der die Rotationsachsen der beiden Rohre in Längsrichtung übereinstimmen.

[0024] Als niedriglegiert bezeichnet man Stähle, bei denen die Summe der Legierungselemente einen Gehalt von 5 Massenprozent nicht überschreitet. Wird dieser Gehalt überschritten, wird von hochlegierten Stählen gesprochen. Beispiele sind Kohlenstoffstahl (C-Stahl) als

niedriglegierter Stahl und Edelstahl, insbesondere rostfreier Edelstahl als hochlegierter Stahl.

[0025] Qualitative Angaben, beispielsweise niedriger oder niedrigerer bzw. hoher oder höherer CO-Gehalt, sind immer qualitativ in Bezug auf das Verhältnis zweier oder mehrerer betrachteter Stoffströme zu verstehen.

[0026] Das erfindungsgemäße Hochfackelsystem umfasst in einer Ausgestaltung einen Fackelkamin mit einem konzentrisch angeordneten Edelstahlsteigrohr als Innenrohr, dessen Außenwand mit der Innenwand des Außenrohres einen radial gleichförmig beabstandeten Ringraum aufweist. Im Inneren des Edelstahl-Steigrohres wird das kalte, aus der kryogenen Gaszerlegung stammende CO-Gas zum oberen Ende des Fackelkamins geleitet, an dem der Brenner angeordnet ist.

[0027] Das Synthesegas durchströmt den Ringraum zwischen dem Innenrohr und dem Außenrohr, das aus einem unlegierten oder niedriger legierten Stahl, z. B. C-Stahl hergestellt werden kann und wird auf diese Weise ebenfalls zum oberen Ende des Fackelkamins geleitet.

[0028] Diese Ausgestaltung ermöglicht es, den erfindungsgemäßen Fackelkamin für einen weiten Bereich von H_2/CO -Verhältnissen, insbesondere alle bei Produktgasen bzw. Abgasen einer Synthesegaserzeugungsanlage auftretenden H_2/CO -Verhältnisse anzuwenden. Der Durchmesser des Innenrohrs wird dabei für den maximalen Mengenstrom des CO-Gases ausgelegt. Der Innendurchmesser des Außenrohres ergibt sich dann aus dem Außendurchmesser des Innenrohrs und dem Verhältnis der Fläche des Ringraums und der Druckdifferenz, die akzeptabel ist, um den Transport des Synthesegasstroms innerhalb des Fackelkamins zu erlauben.

[0029] Das Außenrohr ist dabei ferner statisch so ausgelegt, dass die Traglast der gesamten Anordnung des Fackelkamins, also Außenrohr, Innenrohr und Brenner, getragen werden kann. Ein externes Traggerüst ist nicht erforderlich.

[0030] Das Innenrohr wird am unteren Ende des Fackelkamins befestigt, innerhalb des Außenrohres nach oben geführt und kann bevorzugt entlang seines Verlaufs auf einem oder mehreren Niveaus durch Abstandshalter zentriert werden. Weiter bevorzugt sind die Abstandshalter an dem der Befestigung gegenüberliegenden Ende als Gleitlager ausgebildet. Hierdurch und durch die koaxiale Anordnung wird eine freie Längenänderung des Innenrohrs gegenüber dem Außenrohres ermöglicht, die bei Fertigung des Innenrohrs und des Außenrohres aus Materialien mit unterschiedlichem thermischen Ausdehnungskoeffizient erforderlich ist, ohne dass es zusätzlicher Kompensationsmaßnahmen bedarf.

[0031] Aufgrund der erfindungsgemäßen Konstruktion des Fackelkamins erhält der Brenner das CO-Gas über eine zentrale Düse, in die das Innenrohr an seinem oberen Ende einmündet. Das Synthesegas gelangt aus dem oberen Ende des Ringraums, angeordnet um die CO-Düse herum, in den Brenner. Diese symmetrische Ausgestaltung führt zu einer besonders gleichmäßigen Ver-

brennung.

[0032] Durch diese Anordnung wird ferner vermieden, dass es bei einem abzufackelnden Gasstrom, der verteilt an mehreren diskreten Punkten über einen Umfang in den Brenner eingeleitet wird, aufgrund von Ungleichmäßigkeiten an den einzelnen Zugabepunkten zu Strahlenbildung und somit zu lokal zu hohen Gasgeschwindigkeiten am Brenner kommt, die zu hoch sein können, um die abzufackelnden Gase sicher zu verbrennen. Auch die Berechnung der resultierenden Mischgasgeschwindigkeiten der Gase im Brenner wird aufgrund ihrer flächenhaften Verteilung im Brenner einfacher.

[0033] Da die Wahl der Brennergröße nicht mechanisch eingeschränkt ist, sondern durch die Wahl einer kompatiblen Größe des Außenrohrs bzw. eines kompatiblen Verhältnisses von Außenrohr zu Innenrohr und eine entsprechende Dimensionierung von z. B. externen Rohrleitungen und Verteilern relativ frei gewählt werden kann, kann das Innenrohr in jedem Fall groß genug ausgelegt werden, um eine beliebig niedrige Strömungsgeschwindigkeit des CO-Gases zu gewährleisten. Falls dies für einen sicheren Ausbrand erforderlich ist, kann eine weitere Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit des CO-Gases durch die Wahl eines entsprechend großen Brennerdurchmessers erreicht werden.

[0034] Weitere vorteilhafte Wirkungen der Erfindung ergeben sich durch die koaxiale Führung des Innenrohrs im Inneren des Außenrohrs. Die beiden abzufackelnden Gasarten weisen neben ihrem unterschiedlichen CO-Gehalt auch unterschiedliche Temperaturen auf. Synthesegas als abzufackelndes End- oder Zwischenprodukt weist meistens Temperaturen im Bereich zwischen 20 und 300 °C auf. Dagegen fällt abzufackelndes CO-Gas aus der kryogenen Gaszerlegung oft im tiefkalten Zustand mit Temperaturen um - 180 °C auf. Die erfindungsgemäße Anordnung von Innenrohr und Außenrohr wirkt daher auch als Gleichstrom-Wärmetauscher, so dass sich die Temperaturunterschiede der beiden im Fackelkamin geführten Gasarten bis zum Austritt in den Brenner verringern, was zu einer gleichmäßigeren Verbrennung und einem homogeneren Flammenprofil über den Brennerquerschnitt führt.

Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung

[0035] Ein zweiter Aspekt des erfindungsgemäßen Hochfackelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass es freitragend konstruiert und aufgestellt ist. Tragegerüste und Tragekonstruktionen entfallen daher, was zu verringerten Investitionskosten führt. Ferner kann der Aufstellungsort des Fackelkamins schneller verändert werden, falls dies im Rahmen von Flächenneunutzungen innerhalb des Betriebs erforderlich werden sollte.

[0036] Ein dritter Aspekt des erfindungsgemäßen Hochfackelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass das erste und das zweite Abgasrohr einen kreisrunden Querschnitt aufweisen und das zweite Abgasrohr koaxial als Innenrohr im Inneren des ersten Abgasrohrs als Au-

ßenrohr verläuft, wobei zwischen der Außenseite des Innenrohrs und der Innenseite des Außenrohrs ein radial gleichförmig beabstandeter Ringraum gebildet wird. Dies bewirkt eine gleichmäßigere Verteilung des durch den Ringraum strömenden, abzufackelnden Gases und somit zu einer gleichmäßigeren Verbrennung im Brenner und zu geringeren Korrosionserscheinungen insbesondere an der Innenwand des Außenrohrs.

[0037] Ein vierter Aspekt des erfindungsgemäßen Hochfackelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Innenrohr und Außenrohr durch eine Vielzahl von Abstandshaltern ermöglicht wird, wobei jeweils mindestens zwei, bevorzugt mindestens drei Abstandshalter in einer bestimmten Höhe des Hochfackelsystems radial angeordnet sind und an der Innenseite des Außenrohres oder an der Außenseite des Innenrohres befestigt sind. Auf diese Weise kann das Innenrohr gegenüber dem Außenrohr sicher zentriert werden. Es empfiehlt sich, solche Gruppen von Abstandshaltern an mindestens unterschiedlichen Höhen vorzusehen. Besonders bevorzugt werden dabei jeweils drei Abstandshalter vorgesehen, die in Form eines Dreiecks oder ebenen Dreiecks senkrecht zur Längsachse der Rohre angeordnet sind.

[0038] Ein fünfter Aspekt des erfindungsgemäßen Hochfackelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandshalter an dem der Befestigung gegenüberliegenden Ende als Gleitlager ausgebildet sind. Da Innenrohr und Außenrohr erfindungsgemäß aus unterschiedlichen Werkstoffen mit in der Regel unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehen und die Temperaturunterschiede zwischen dem Ringraum und dem Innenraum des Innenrohrs (Zentralraum) beträchtlich sind und sich über die Länge des Fackelkamins deutlich ändern, ist es vorteilhaft, dafür zu sorgen, dass die relative Längenänderung der beiden Rohre zueinander ungestört in der Weise erfolgen kann, dass keine mechanischen Spannungen auftreten, die zu Deformationen führen können. Dies wird durch die Ausgestaltung der Abstandshalter als Gleitlager erreicht.

[0039] Ein sechster Aspekt des erfindungsgemäßen Hochfackelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass das Außenrohr aus einem niedrig legierten oder unlegierten Stahl, bevorzugt C-Stahl, und das Innenrohr aus einem hochlegierten Stahl, bevorzugt Edelstahl, insbesondere tieftemperaturzähem Edelstahl besteht. Das aus der kryogenen Gaszerlegung stammende CO-Gas weist eine niedrige Temperatur auf und stellt daher erhöhte Ansprüche an den Werkstoff des Innenrohrs in Hinblick auf dessen Versprödung bei den gegebenen Betriebsbedingungen gegenüber der anderen Gasart. Es ist daher vorteilhaft, das Innenrohr, durch dessen Innenraum das CO-Gas zum Brenner geführt wird, aus einem besonders tieftemperaturzähem Werkstoff herzustellen. Dies ist für das Außenrohr, dessen Innenseite durch die andere Gasart berührt wird, nicht unbedingt erforderlich, so dass hier ein niedrig legierter oder unlegierter Stahl als kostengünstigerer Werkstoff verwendet werden

kann.

[0040] Ein siebter Aspekt des erfindungsgemäßen Hochfackelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass das erste Abgas einen geringeren CO-Gehalt aufweist als das zweite Abgas und durch den Ringraum zwischen der Innenseite des Außenrohres und der Außenseite des Innenrohres geführt wird. Dies weist die zuvor im Zusammenhang mit der Erörterung des sechsten Aspekt genannten Vorteile auf: Das Abgas mit der höheren Temperatur und/oder mit dem geringeren Korrosionspotential wird durch den Ringraum geführt.

[0041] Ein achter Aspekt des erfindungsgemäßen Hochfackelsystems ist dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Abgas einen höheren CO-Gehalt aufweist als das erste Abgas und durch das Innenrohr geführt wird. Dies weist die zuvor im Zusammenhang mit der Erörterung des sechsten Aspekt genannten Vorteile auf: Das Abgas mit der höheren Temperatur und/oder mit dem geringeren Korrosionspotential wird durch den Ringraum geführt.

[0042] In einem weiteren Aspekt ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass der erste Produktstrom oder Abgasstrom einen zu entsorgenden Synthesegasstrom umfasst oder aus diesem gebildet wird. Der CO-Gehalt von Synthesegasströme, die in einer Synthesegaserzeugungsanlage als Zwischen- oder Endprodukte auftreten, ist geringer als derjenige von CO-Gas aus der kryogenen Gaszerlegung, so dass das Korrosionspotential des ersten Produktstroms oder Abgasstroms kleiner ist als dasjenige des zweiten Produktstroms oder Abgasstroms. Es ist vorteilhaft, das Abgas mit dem geringeren Korrosionspotential durch den Ringraum zu führen, wie im Zusammenhang mit dem sechsten Aspekt der Erfindung erläutert.

[0043] In einem weiteren Aspekt ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Produktstrom oder Abgasstrom einen Abgasstrom mit hohem CO-Gehalt aus der Anlage zur kryogenen Gaszerlegung umfasst oder aus diesem gebildet wird. Der CO-Gehalt von CO-Gas aus der kryogenen Gaszerlegung ist höher als derjenige von Synthesegasströmen, die in einer Synthesegaserzeugungsanlage als Zwischen- oder Endprodukte auftreten, so dass das Korrosionspotential des zweiten Produktstroms oder Abgasstroms höher ist als dasjenige des ersten Produktstroms oder Abgasstroms. Es ist zudem vorteilhaft, das kältere Abgas mit dem höheren Korrosionspotential und/oder Versprödungspotential durch den Zentralraum zu führen, wie im Zusammenhang mit dem sechsten Aspekt der Erfindung erläutert.

Ausführungsbeispiel

[0044] Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnungen. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich

oder in beliebiger Kombination die Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

[0045] Es zeigt die einzige Figur:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Hochfackelsystems in schematischer Darstellung.

[0046] In der schematischen Darstellung in Fig. 1 umfasst das erfindungsgemäße Hochfackelsystem 1 einen Fackelkamin mit einem Außenrohr 2 aus C-Stahl. Das Außenrohr ist freitragend auf einem ebenen Untergrund 3 aufgestellt und gegenüber diesem abgedichtet. Es weist einen kreisrunden Querschnitt auf und ist zylindrisch oder bevorzugt kegelförmig mit leichter Verjüngung nach oben ausgestaltet. Die Wanddicke des Außenrohres wird so bemessen, dass die Traglasten des gesamten Hochfackelsystems mit den Hauptkomponenten Außenrohr, Innenrohr und Brenner aufgenommen werden können.

[0047] Über Zuleitung 4 wird Synthesegas, das in einer nicht gezeigten Synthesegaserzeugungsanlage temporär als Abgas anfällt, an der Unterseite des Fackelkamins in diesen eingeleitet. Die Temperatur des Synthesegas-Abgases kann dabei zwischen 20 und 300 °C betragen. Sie richtet sich im Wesentlichen nach der Stelle bzw. Baugruppe innerhalb der Synthesegaserzeugungsanlage, von der das Abgas abgeleitet werden soll. So beträgt sie an einer Stelle stromabwärts der Erzeugungsstufe für das Rohsynthesegas, beispielsweise ein Dampfreformer, etwa 300 °C. Im Verlauf der nachfolgenden Behandlungsstufen sinkt sie immer weiter und beträgt typischerweise vor Einleiten in die abschließende Druckwechselladsorptionsstufe zur Reinwasserstoffherzeugung zwischen 20 und 50 °C, beispielsweise 40 °C.

[0048] Im Innenraum des Außenrohres ist das Innenrohr 5 angeordnet, das ebenfalls auf dem ebenen Untergrund 3 aufgestellt und gegenüber diesem abgedichtet ist. Es besteht aus einem hochlegierten Stahl, beispielsweise tieftemperaturzähem Edelstahl, und weist einen kreisrunden Querschnitt auf. Über Zuleitung 6 wird CO-Gas, das in einer nicht gezeigten Anlage zur kryogenen Zerlegung des hergestellten Rohsynthesegases oder bereits behandelten Synthesegases temporär als Abgas anfällt, an der Unterseite des Fackelkamins in diesen eingeleitet und weiter zum Innenrohr 5 geführt und in dieses eingeleitet. Dabei wird die Zuleitung 6 durch das Außenrohr 2 geführt, wobei die Durchführungsstelle gegenüber der Umgebung abgedichtet ist. Das CO-Gas weist eine Temperatur von - 180 °C auf. Bevorzugt wird es vor Einleiten in das Innenrohr durch einen nicht gezeigten Flüssigabscheider geführt, um etwaige Kondensate abzuscheiden.

[0049] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Innenrohr mittels Abstandhaltern 7 gegenüber dem Außenrohr fixiert, die in drei unterschiedlichen Höhen des Fackelkamins vorgesehen werden. Die Abstandhalter

sind an der Innenwand des Außenrohres befestigt und an der dem Innenrohr zugewandten Seite als Gleitlager ausgebildet. Pro Höhe werden jeweils drei Abstandshalter im Winkelabstand von jeweils 120 ° vorgesehen.

[0050] Der Durchmesser des Innenrohrs wird für den maximalen Mengenstrom des CO-Gases ausgelegt. Der Innendurchmesser des Außenrohres ergibt sich dann aus dem Außendurchmesser des Innenrohrs und dem Verhältnis der Fläche des Ringraums und der Druckdifferenz, die akzeptabel ist, um den Transport des Synthesegasstroms innerhalb des Fackelkamins zu erlauben. Bei der Wahl der Durchmesser ist zu beachten, dass auch bei maximalem Durchfluss beider Abgasarten gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit an der Brennermündung klein genug ist, um ein Ablösen der Brennerflamme zu verhindern. Die maximale Strömungsgeschwindigkeit unter diesen Bedingungen ist ggf. durch Vorversuche zu ermitteln.

[0051] Im Fackelkamin wird das Synthesegas-Abgas durch den sich zwischen der Innenseite des Außenrohrs und der Außenseite des Innenrohrs ergebenden Ringraum von unten nach oben geleitet und schließlich in den gemeinsamen Brenner 8 eingeleitet. Das CO-Gas-Abgas strömt im Innenraum des Innenrohrs (Zentralraum) nach oben und gelangt ebenfalls in den gemeinsamen Brenner. Dort werden die Abgase mittels nicht gezeigter Zünd- oder Pilotbrenner gezündet und verbrannt. Der hierzu benötigte Sauerstoff wird aus der Umgebungsluft bezogen. Um die Verbrennung zu unterstützen, kann zusätzlich Dampf in den Brenner injiziert werden. Die entstehenden Verbrennungsprodukte werden an die Umgebung abgegeben.

Bezugszeichen

[0052]

- [1] Hochfackelsystem
- [2] Außenrohr
- [3] Untergrund
- [4] Zuleitung
- [5] Innenrohr
- [6] Zuleitung
- [7] Abstandhalter
- [8] gemeinsamer Brenner

Patentansprüche

1. Hochfackelsystem in einer Synthesegaserzeugungsanlage zur thermischen Entsorgung von bei der Synthesegaserzeugung und/oder Synthesegasaufbereitung anfallenden Abgasen mit mindestens zwei unterschiedlichen Gehalten an Kohlenmonoxid (CO-Gehalt), umfassend:

(a) ein erstes, gegenüber der Horizontalen senkrecht angeordnetes Abgasrohr aus einem

ersten Werkstoff und eine Zuleitung eines Abgases mit einem ersten CO-Gehalt zu dem ersten Abgasrohr,

(b) ein zweites, gegenüber der Horizontalen senkrecht angeordnetes Abgasrohr aus einem zweiten Werkstoff und eine Zuleitung eines Abgases mit einem zweiten CO-Gehalt zu dem zweiten Abgasrohr,

(c) wobei das erste und das zweite Abgasrohr koaxial angeordnet sind und an ihrem oberen Ende in einen gemeinsamen Brenner münden.

2. Hochfackelsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es freitragend konstruiert und aufgestellt ist.

3. Hochfackelsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und das zweite Abgasrohr einen kreisrunden Querschnitt aufweisen und das zweite Abgasrohr koaxial als Innenrohr im Inneren des ersten Abgasrohrs als Außenrohr verläuft, wobei zwischen der Außenseite des Innenrohrs und der Innenseite des Außenrohrs ein radial gleichförmig beabstandeter Ringraum gebildet wird.

4. Hochfackelsystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung von Innenrohr und Außenrohr durch eine Vielzahl von Abstandhaltern ermöglicht wird, wobei jeweils mindestens zwei, bevorzugt mindestens drei Abstandhalter in einer bestimmten Höhe des Hochfackelsystems radial angeordnet sind und an der Innenseite des Außenrohres oder an der Außenseite des Innenrohres befestigt sind.

5. Hochfackelsystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abstandhalter an dem der Befestigung gegenüberliegenden Ende als Gleitlager ausgebildet sind.

6. Hochfackelsystem nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Außenrohr aus einem niedriglegierten oder unlegierten Stahl, bevorzugt C-Stahl, und das Innenrohr aus einem hochlegierten Stahl, bevorzugt Edelstahl besteht.

7. Hochfackelsystem nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Abgas einen geringeren CO-Gehalt aufweist als das zweite Abgas und durch den Ringraum zwischen der Innenseite des Außenrohres und der Außenseite des Innenrohres geführt wird.

8. Hochfackelsystem nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Abgas einen höheren CO-Gehalt aufweist als das erste Abgas und durch das Innenrohr geführt wird.

9. Verfahren zur thermischen Entsorgung von bei der Synthesegaserzeugung und/oder Synthesegasaufbereitung anfallenden Abgasen mit mindestens zwei unterschiedlichen Gehalten an Kohlenmonoxid (CO-Gehalt), umfassend folgende Schritte: 5
- (a) Herstellen eines Rohsynthesegases, enthaltend Wasserstoff und Kohlenoxide, aus einem Kohlenwasserstoffe enthaltenden Einsatz, mittels eines Synthesegaserzeugungsverfahrens, 10
- (b) mehrstufiges Aufbereiten des Rohsynthesegases zu einem Reinsynthesegas, umfassend eine Anlage zur kryogenen Gaszerlegung als eine der Aufbereitungsstufen, 15
- (c) Ausleiten eines ersten Produktstroms oder Abgasstroms mit niedrigem CO-Gehalt und Einleiten in den Ringraum zwischen der Innenseite des Außenrohres und der Außenseite des Innenrohres eines Hochfackelsystems nach Anspruch 7, 20
- (d) Ausleiten eines zweiten Produktstroms oder Abgasstroms mit hohem CO-Gehalt und Einleiten in das Innenrohr eines Hochfackelsystems nach Anspruch 8, 25
- (e) Verbrennen des ersten Produktstroms oder Abgasstroms und des zweiten Produktstroms oder Abgasstroms in dem gemeinsamen Brenner. 30
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Produktstrom oder Abgasstrom einen zu entsorgenden Synthesegasstrom umfasst oder aus diesem gebildet wird. 35
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Produktstrom oder Abgasstrom einen Abgasstrom mit hohem CO-Gehalt aus der Anlage zur kryogenen Gaszerlegung umfasst oder aus diesem gebildet wird. 40

40

45

50

55

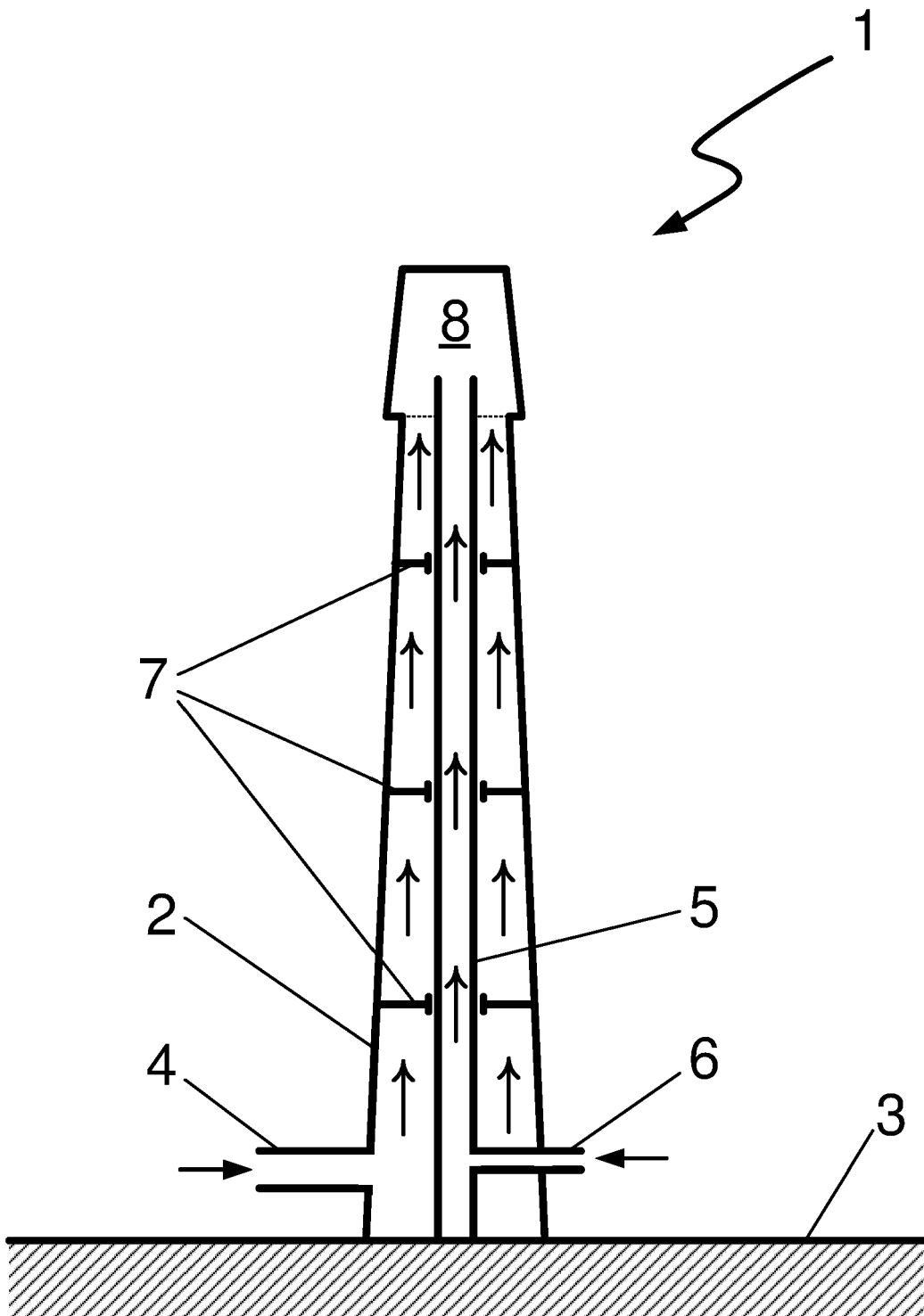


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 02 0019

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	US 3 822 984 A (STRAITZ J) 9. Juli 1974 (1974-07-09)	1-3,6-8	INV. F23G7/08
Y	* Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 9; Abbildungen	4,5	
A	1-3 * * Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 11 * * Spalte 3, Zeile 23 - Zeile 36 * * Spalte 3, Zeile 64 - Spalte 4, Zeile 12 * -----	9	
Y	GB 1 011 196 A (F E BEAUMONT LTD) 24. November 1965 (1965-11-24)	4,5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23G
	* Seite 1, Zeile 8 - Zeile 10; Abbildungen 1-3 * * Seite 1, Zeile 36 - Zeile 48 * * Seite 1, Zeile 76 - Seite 2, Zeile 59 *		
A	DE 10 2007 027819 A1 (LINDE AG [DE]) 18. Dezember 2008 (2008-12-18) * Absatz [0001] - Absatz [0004] * -----	1,9-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. Juni 2020	Prüfer Hauck, Gunther
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 Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 20 02 0019

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.

03-06-2020

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3822984 A	09-07-1974	KEINE	
GB 1011196 A	24-11-1965	KEINE	
DE 102007027819 A1	18-12-2008	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 Nicht-Patentliteratur

- Electronic Release. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 1998 [0008] [0021]