



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
14.02.2024 Patentblatt 2024/07
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
B01F 25/313^(2022.01) B01F 25/314^(2022.01)
- (21)

Anmeldenummer: 22020382.2
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B01F 25/31331; B01F 25/31425
- (22)

Anmeldetag: 10.08.2022

- | | |
|---|--|
| <div><div>(84)</div><div>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</div></div> <div><div>(71)</div><div>Anmelder: Linde GmbH
82049 Pullach (DE)</div></div> | <div><div>(72)</div><div>Erfinder:<ul style="list-style-type: none">Wellenhofer, Anton
82049 Pullach (DE)Tota, Desislava
82049 Pullach (DE)Habla, Florian
82049 Pullach (DE)</div></div> <div><div>(74)</div><div>Vertreter: Reuß, Stephanie
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)</div></div> |
|---|--|

(54)

SYSTEM ZUR MISCHUNG ZWEIER FLUIDE

- (57)

Die Erfindung betrifft ein System (100) zur Mischung zweier Fluide aufweisend ein Hauptrohr (110) für den Transport eines ersten Fluids in eine stromabwärtige Richtung des Hauptrohrs und eine Verteilereinrichtung (120) zur Zufuhr und Verteilung eines zweiten Fluids in dem Inneren des Hauptrohres, wobei die Verteilereinrichtung aufweist eine Vielzahl von sich in radialer Richtung des Hauptrohrs erstreckender Radialrohre (130), deren eine Enden (132) entlang eines Umfangs des Hauptrohres angeordnet sind und die sich in das Innere des Hauptrohres erstrecken, wobei jedes Radialrohr in seinem Rohrmantel Öffnungen (134,136,138) aufweist, die für die Zufuhr des zweiten Fluids in das Innere des Hauptrohres ausgebildet sind.

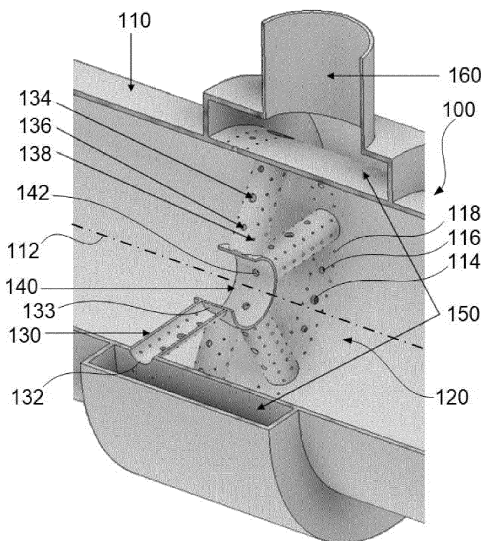


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zur Mischung zweier Fluide, insbesondere zur Mischung zweier unterschiedlicher Gase, beispielsweise die Einmischung von Sauerstoff in einen Kohlenwasserstoffstrom, sowie eine Verwendung dieses Systems insbesondere für Verfahren der oxidativen Dehydrierung.

Hintergrund

[0002] Die Mischung zweier Gase innerhalb von Rohrleitungen wird üblicherweise durch einen Gasverteiler und optional anschließend mittels statischer Mischelemente realisiert. Der Gasverteiler ist dabei typischerweise als T-Stück, als eingestecktes, perforiertes Rohr oder als Lanze ausgeführt. Eine hohe Mischgüte wird dabei in der Regel allerdings erst weiter stromabwärts durch die zusätzliche Verwendung von statischen Mischelementen erreicht. Bei dem von der Anmelderin als OXY-MIX vertriebenen Gasinjektor wird dieser in das Innere eines von einem ersten Gas durchflossenen Hauptrohres eingebracht und durch diesen ein zweites Gas in das Innere des Hauptrohres eingedüst, wobei das zweite Gas insbesondere entgegen der Strömungsrichtung des ersten Gases über einen Injektorkopf eingedüst wird, der kreisförmig angeordnete Öffnungen für den Austritt des Gases aufweist. Statische Mischelemente sind beispielsweise spiralförmig geformte Elemente zur Ablenkung eines Gasstroms, wobei die statischen Mischelemente auch andere Formen wie Quadrate, Gitter etc. umfassen können.

[0003] Die oxidative Dehydrierung (ODH) von Paraffinen mit zwei bis vier Kohlenstoffatomen ist an sich bekannt. Bei der ODH werden diese Paraffine mit Sauerstoff umgesetzt, wobei unter anderem die entsprechenden Olefine und Wasser entstehen. Die ODH bezieht sich vorliegend insbesondere auf die oxidative Dehydrierung von Ethan zu Ethylen, im Folgenden auch ODHE genannt. ODH kann gegenüber etablierten Verfahren zur Herstellung von Olefinen wie Steamcracking oder katalytischer Dehydrierung vorteilhaft sein. So gibt es beispielsweise keine thermodynamische Gleichgewichtsbeschränkung aufgrund des exothermen Charakters der beteiligten Reaktionen und aufgrund der praktisch irreversiblen Bildung von Wasser. Die ODH kann bei vergleichsweise niedrigen Reaktionstemperaturen durchgeführt werden. Eine Regeneration der eingesetzten Katalysatoren ist im Prinzip nicht erforderlich, da die Anwesenheit von Sauerstoff die Regeneration in situ ermöglicht oder bewirkt. Schließlich fallen im Gegensatz zum Steamcracken geringere Mengen an wertlosen Nebenprodukten wie Koks an.

[0004] Für weitere Einzelheiten zur ODH wird auf die einschlägige Literatur verwiesen, zum Beispiel Ivars, F. und López Nieto, J. M., Light Alkanes Oxidation: Targets Reached and Current Challenges, in Duprez, D. and Cavani, F. (eds.), Handbook of Advanced Methods and

Processes in Oxidation Catalysis: From Laboratory to Industry, London 2014: Imperial College Press, Seiten 767-834, Gärtner, C.A. et al., Oxidative Dehydrogenation of Ethane: Common Principles and Mechanistic Aspects, ChemCatChem, vol. 5, no. 11, 2013, Seiten 3196 to 3217, und X. Li, E. Iglesia, Kinetics and Mechanism of Ethane Oxidation to Acetic Acid on Catalysts Based on Mo-V-Nb Oxides, J. Phys. Chem. C, 2008, 112, 15001-15008.

[0005] Bei der ODH können Katalysatoren auf MoVNbOx- und MoVNbTeOx-Basis verwendet werden. Unter industriell relevanten Reaktionsbedingungen entstehen dabei erhebliche Mengen der jeweiligen Carbonsäuren der eingesetzten Paraffine als Nebenprodukte, insbesondere Essigsäure im Falle von ODHE. Verfahren, die eine gezielte Bildung von Ethylen und Essigsäure beinhalten, werden auch als "EDHOX" bezeichnet. Solche Verfahren gelten als überlegene Option für Ethylenhersteller und als vorteilhafte Wahl für Prozesse, die sowohl Ethylen als auch Essigsäure erfordern, wie z. B. VAM (Vinylacetat-Monomer), EVA (Ethylen-Vinylacetat)-Copolymer, PVOH (Polyvinylalkohol)-Produkte, PET (Polyethylenterephthalat), Ethylacetat und ähnliche Derivate.

[0006] Die typische EDHOX-Anlage besteht aus einem Reaktionsteil, einer Trenn-/Reinigungsstufe und einem geschlossenen Kreislauf für das Ethan-Recycling. EDHOX versorgt nachgeschaltete Prozesse direkt mit Ethylen und Essigsäure. Die kombinierte Ethylen- und Essigsäureausbeute ist bemerkenswert hoch, mit einer Gesamtselektivität von über 93 %. Bei diesem ODH-Verfahren wird auch ein erheblicher Teil des erzeugten Kohlendioxids als reines Nebenprodukt zurückgewonnen (für die Kohlenstoffabscheidung, -nutzung und -speicherung, CCUS).

[0007] Nach dem Stand der Technik wird die Reaktion bei ODH vorzugsweise in Festbettreaktoren, insbesondere in gekühlten Rohrbündelreaktoren, z. B. mit Salzschnmelzenkühlung, durchgeführt.

[0008] Es besteht allgemein das Bestreben, das Volumen des Mixers bzw. die Mischstrecke (Verteiler inklusive optionaler statischer Mischelemente) zu reduzieren, insbesondere beispielsweise bei der Einmischung von Sauerstoff für Oxidationsprozesse in Raffinerien oder der chemischen Produktion. Ein weiteres Bestreben ist es, den Druckverlust über Verteiler und optionalen Mischelementen möglichst gering zu halten. Hierbei sind Bereiche hoher Sauerstoffkonzentration wegen sich daraus ergebender möglicher Hochtemperaturspots und der resultierenden unkontrollierten Reaktionen bzw. Explosionsgefahr möglichst zu vermeiden. Gleiches gilt für die Einmischung von Sauerstoff in einen Kohlenwasserstoffstrom. Zudem sollten durch den Verteiler keine Rezirkulationsgebiete oder Tot-Zonen erzeugt werden, welche mit erhöhten lokalen Verweilzeiten einhergehen, was wiederum sicherheitstechnisch bedenklich sein kann. Insbesondere soll der Verteiler auch für die oxidative Dehydrierung (ODH), insbesondere von Ethan zu Ethylen, auch ODHE genannt, geeignet sein.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Die vorliegende Erfindung schlägt ein System zur Mischung zweier Fluide sowie eine Verwendung eines solchen Systems gemäß den unabhängigen Ansprüchen vor. Unter "Fluid" soll im Rahmen dieser Anmeldung eine Flüssigkeit oder ein Gas, aber auch ein Flüssigkeits-Gas-Gemisch verstanden werden. Jedes der genannten Fluide kann mit einem anderen der genannten Fluide gemischt werden, beispielsweise ein Gas in einer Flüssigkeit, ein Gas in einem Gas oder ein Gas in einem Flüssigkeits-Gas-Gemisch etc. Die beiden Fluide können unterschiedlich oder aber auch gleich sein. Ohne Einschränkung der Allgemeinheit soll im Folgenden das Beispiel einer Mischung eines Gases in einen Hauptgasstrom eines anderen Gases betrachtet werden.

[0010] Das erfindungsgemäße System zur Mischung zweier Fluide weist ein Hauptrohr für den Transport eines ersten Fluids in eine stromabwärtige Richtung des Hauptrohres auf. Unter "stromabwärtige Richtung" ist eine Strömung im Wesentlichen parallel zur Longitudinalachse des Hauptrohres, insbesondere vor dem Verteiler und optionalen statischen Mischelementen zu verstehen, nach dem Verteiler können turbulente Strömungsgebiete entstehen, wobei das entstehende Gemisch insgesamt weiter stromabwärts fließt. Das erfindungsgemäße System weist weiterhin eine Verteilereinrichtung zur Zufuhr und Verteilung eines zweiten Fluids im Inneren des Hauptrohres auf, wobei diese Verteilereinrichtung eine Vielzahl von sich in radialer Richtung des Hauptrohres erstreckender Radialrohre aufweist, deren eine Enden entlang eines Umfangs des Hauptrohres angeordnet sind und die sich in das Innere des Hauptrohres erstrecken. Hierbei weist jedes Radialrohr Öffnungen in seinem Rohrmantel auf, die für die Zufuhr des zweiten Fluids in das Innere des Hauptrohres ausgebildet sind. "Entlang eines Umfangs des Hauptrohres angeordnet" bedeutet hierbei, dass die Radialrohre an bestimmten Stellen des Hauptrohres in Umfangsrichtung des Hauptrohres angeordnet sind. Dabei ragen diese in das Innere des Hauptrohres. Ein Radialrohr kann sich dabei über den gesamten Querschnitt des Hauptrohres erstrecken. Es ist auch möglich, dass sich ein Radialrohr bis zur Längsachse des Hauptrohres erstreckt, sodass sich zwei oder mehr Radialrohre auf der Längsachse des Hauptrohres treffen. Schließlich ist es auch möglich, dass ein Radialrohr sich nur bis zu einem vorbestimmten Abstand zur Längsachse des Hauptrohres erstreckt. Auf diese Möglichkeiten wird weiter unten eingegangen werden.

[0011] Durch die Erfindung kann eine optimale Einmischung des zweiten Fluids in den Hauptstrom des ersten Fluids erzielt werden. Eine sehr hohe Mischgüte wird hierdurch bereits nach der Verteilereinrichtung bzw. dem Verteiler erreicht. Dadurch kann die Gesamtlänge des Mischers (inklusive optionaler statischer Mischelemente) und damit das Volumen des Mischers deutlich reduziert werden. Bei der oben angesprochenen Einmischung von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigem Gas als

zweites Fluid in einen Hauptstrom von einem Kohlenwasserstoff als erstes Fluid ist eine Volumenverminderung des Mischers sicherheitstechnisch vorteilhaft, insbesondere wenn eine Mischung im Explosionsbereich durchzuführen ist. Der erfindungsgemäße Mischer bzw. das erfindungsgemäße Mischsystem erzeugt zudem keine Rezirkulationsgebiete oder Tot-Zonen, welche mit erhöhten lokalen Verweilzeiten einhergehen, die insbesondere bei der angesprochenen Mischung von Sauerstoff und Kohlenwasserstoff ebenfalls zu vermeiden sind.

[0012] In einer oben bereits skizzierten Ausführungsform erstrecken sich die Radialrohre mit ihren anderen Enden, also mit ihren in das Innere des Hauptrohres hineinragenden Enden, bis zu einem vordefinierten Abstand zur Längsachse des Hauptrohres. Besagtes Ende eines jeden Radialrohres kann vollständig verschlossen sein, sodass das zweite Fluid über die genannten Öffnungen im Rohrmantel eines Radialrohres zugeführt wird, oder das Ende des Radialrohres kann bis auf mindestens eine Öffnung verschlossen sein, sodass zusätzlich das zweite Fluid durch diese mindestens eine Öffnung am Ende eines Radialrohres zugeführt wird.

[0013] In einer weiteren Ausgestaltung sind die jeweiligen anderen Enden, also die in das Innere des Hauptrohres ragenden Enden der Radialrohre mit einem axial im Inneren des Hauptrohres angeordneten Zentralrohrabschnitt verbunden. Dies kann die Stabilität der Radialrohre verbessern und sich zudem günstig auf die Strömungseigenschaften auswirken. Hierbei kann insbesondere die Verbindung zwischen besagtem anderem Ende des Radialrohres und dem Zentralrohrabschnitt mindestens eine Öffnung aufweisen, die für die Zufuhr des zweiten Fluids in das Innere des Hauptrohres ausgebildet ist.

[0014] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems zur Mischung zweier Fluide weisen die Öffnungen im Rohrmantel eines Radialrohres entweder den gleichen Öffnungsdurchmesser oder zwei, drei oder mehr verschiedene Öffnungsdurchmesser auf. Auf diese Weise ist es möglich, verschiedene Bereiche im Inneren des Hauptrohres durch die verschiedenen Öffnungsdurchmesser mit zweitem Fluid zu versorgen. Auf diese Weise kann der gesamte Querschnittsbereich des Hauptrohres möglichst gleichmäßig mit dem zweiten Fluid beaufschlagt werden.

[0015] Bei dieser Ausführungsform ist es zweckmäßig, wenn entlang einer ersten Anordnungsrichtung eine Öffnung mit einem ersten Öffnungsdurchmesser von zwei Öffnungen mit einem zweiten Öffnungsdurchmesser umgeben ist, allgemeiner gesprochen können sich entlang einer ersten Anordnungsrichtung Öffnungen mit einem ersten Öffnungsdurchmesser und Öffnungen mit einem zweiten Öffnungsdurchmesser abwechseln. Insbesondere kann genau eine möglichst mittig im Radialrohr entlang der ersten Anordnungsrichtung gelegene Öffnung mit einem ersten, insbesondere größeren Öffnungsdurchmesser von zwei Öffnungen mit einem zweiten, insbesondere geringeren Öffnungsdurchmesser in gleichen

Abständen umgeben sein, sodass ein Zentralbereich innerhalb des Querschnittsbereichs möglichst gleichmäßig mit zweitem Fluid beaufschlagt werden kann. Hierbei ist es weiterhin vorteilhaft, wenn entlang einer zweiten Anordnungsrichtung am Radialrohrumfang, die insbesondere parallel zur ersten Anordnungsrichtung verläuft, Öffnungen mit einem dritten Öffnungsdurchmesser angeordnet sind. Dadurch lassen sich insbesondere Randbereiche des oben genannten Zentralbereichs mit zweitem Fluid versorgen. Insbesondere sind dazu die Öffnungen mit dem dritten Öffnungsdurchmesser in größerer Dichte entlang der zweiten Anordnungsrichtung angebracht im Vergleich zu den Öffnungen mit dem ersten bzw. zweiten Öffnungsdurchmesser. Bei den oben angestellten Betrachtungen ist es zweckmäßig, wenn der erste Öffnungsdurchmesser größer als der zweite Öffnungsdurchmesser ist und der zweite Öffnungsdurchmesser größer als der dritte Öffnungsdurchmesser ist. Je nach Anordnung der Radialrohre und Anordnung der ersten und zweiten Anordnungsrichtung der Öffnungen können andere Anordnungen gewählt werden, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung über den Querschnitt mit diesem zweiten Fluid zu erreichen.

[0016] In einer Ausführungsform sind die Öffnungen im Rohrmantel eines Radialrohres derart angeordnet, dass das zweite Fluid in die stromabwärtige Richtung des Hauptrohres und/oder in einem Winkel von höchstens 45° zur stromabwärtigen Richtung, wobei die stromabwärtige Richtung parallel zur Longitudinalachse des Hauptrohres verläuft, in das Innere des Hauptrohres einströmt. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Öffnungen im Rohrmantel eines Radialrohres derart anzuordnen, dass das zweite Fluid in eine stromaufwärtige Richtung des Hauptrohres und/oder in einem Winkel von höchstens 45° zur stromaufwärtigen Richtung, wobei die stromaufwärtige Richtung parallel zur Longitudinalachse des Hauptrohres verläuft, in das Innere des Hauptrohres einströmt. Bei letztgenannter Alternative strömt das zweite Fluid gleichsam dem ersten Fluid beim Austritt aus dem Radialrohr entgegen. Dies kann sich positiv auf eine gute Durchmischung auswirken. In einer weiteren Option, die wiederum alternativ oder zusätzlich Anwendung finden kann, sind die Öffnungen im Rohrmantel eines Radialrohres derart angeordnet, dass das zweite Fluid in eine Richtung senkrecht zur stromabwärtigen Richtung des Hauptrohres und/oder in einem Winkel von höchstens 45° zur Richtung senkrecht zur stromabwärtigen Richtung, wobei die stromabwärtige Richtung parallel zur Longitudinalachse des Hauptrohres verläuft, in das Innere des Hauptrohres einströmt. Bei dieser Option tritt das zweite Fluid in einem im Wesentlichen rechten Winkel zur Strömungsrichtung des ersten Fluids aus. Auch hierdurch kann eine gute Durchmischung erzielt werden. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere eine Kombination aller drei, insbesondere aber auch der erst- und letztgenannten Optionen, ein gutes Mischungsergebnis liefern kann.

[0017] In einer weiteren Ausgestaltung des Mischsys-

tems umfasst die Verteilereinrichtung einen Ringraum, der den Umfang des Hauptrohres zumindest zum Teil umgibt, entlang dessen die Radialrohre angebracht sind, wobei deren einen Enden mit dem Ringraum verbunden sind, um in den Ringraum eingeführtes zweites Fluid in die Radialrohre zu transportieren. Hierbei weist der Ringraum insbesondere einen Einspeisestutzen zur Zufuhr des zweiten Fluids auf. Auf diese Weise in den Ringraum eingebrachtes zweites Fluid verteilt sich folglich innerhalb des Ringraums, der in Umfangsrichtung und zumindest einem Teil des Umfangs des Hauptrohres angeordnet ist. Von diesem Ringraum aus kann das zweite Fluid in die Radialrohre einströmen. Hierbei sind die einen Enden der Radialrohre offen und an ihrem Umfang mit dem Mantel des Hauptrohres verbunden. Das in ein Radialrohr eingeströmte zweite Fluid gelangt dann durch die Öffnungen im Rohrmantel des Radialrohres in das Innere des Hauptrohres. Dies erlaubt eine konstruktiv einfache Versorgung des erfindungsgemäßen Mischsystems mit zweitem Fluid.

[0018] Zur weiteren Erhöhung einer effektiven Durchmischung kann das Hauptrohr im Bereich des ihn umgebenden Ringraums Öffnungen in seinem Rohrmantel aufweisen, die die Zufuhr des zweiten Fluids aus dem Ringraum in das Innere des Hauptrohres erlauben. Auf diese Weise kann zweites Fluid unmittelbar an der Innenseite des Hauptrohres in das Innere des Hauptrohres einströmen.

[0019] Analog zur oben behandelten Ausgestaltung der Öffnungsdurchmesser der Öffnungen im Rohrmantel eines Radialrohres können die Öffnungen in dem Rohrmantel des Hauptrohres in einer Weise angeordnet sein, dass entlang einer dritten Anordnungsrichtung eine Öffnung mit einem vierten Öffnungsdurchmesser mit zwei Öffnungen mit einem fünften Öffnungsdurchmesser umgeben ist, wobei insbesondere entlang einer vierten Anordnungsrichtung, die insbesondere parallel zur dritten Anordnungsrichtung verläuft, Öffnungen mit einem sechsten Öffnungsdurchmesser angeordnet sind. Die hieraus resultierenden Effekte wurden bereits oben in dem genannten anderen Zusammenhang erläutert und sind hier ebenfalls gültig. Hierbei ist es insbesondere sinnvoll, wenn der vierte Öffnungsdurchmesser größer ist als der fünfte Öffnungsdurchmesser und der fünfte Öffnungsdurchmesser größer ist als der sechste Öffnungsdurchmesser, wobei wiederum insbesondere die Öffnungen mit dem sechsten Öffnungsdurchmesser in einer dichteren Reihenfolge angeordnet sind als die Öffnungen entlang der dritten Anordnungsrichtung, also die Öffnungen mit dem vierten bzw. fünften Öffnungsdurchmesser. Weiter insbesondere ist der vierte Öffnungsdurchmesser gleich dem ersten Öffnungsdurchmesser, der fünfte Öffnungsdurchmesser gleich dem zweiten Öffnungsdurchmesser und der sechste Öffnungsdurchmesser gleich dem dritten Öffnungsdurchmesser. Auf diese Weise können die Öffnungen in dem Rohrmantel des Hauptrohres und die Öffnungen in den Rohrmänteln der Radialrohre symmetrisch zueinander angeordnet wer-

den, wie in den Ausführungsbeispielen weiter unten näher erläutert werden wird.

[0020] Wie bereits mehrfach erwähnt, eignet sich das vorliegende Mischsystem gemäß Erfindung insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, zur Mischung von Sauerstoff oder einem sauerstoffhaltigen Gas als zweites Fluid in einem Kohlenwasserstoff oder einem Kohlenwasserstoff umfassenden Gas als erstes Fluid. Beispiel hierfür ist die oxidative Dehydrierung von Ethan zu Ethylen (ODHE). Der zweite Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung des oben erläuterten Systems zur Einspeisung von Sauerstoff oder einem Sauerstoff enthaltenden Gas als zweites Fluid in Kohlenwasserstoff oder ein Kohlenwasserstoff wie Ethan enthaltendes Gas als erstes Fluid, insbesondere in einem ODHE-Prozess, bei einem Betriebsdruck von 2 bis 20 bar oder insbesondere 2 bis 10 bar oder weiter insbesondere 3 bis 6 bar, wobei das zweite Fluid bei 10 bis 40 Grad Celsius oder insbesondere bei 20 bis 30 Grad Celsius oder weiter insbesondere bei etwa 25 Grad Celsius den Radialrohren zugeführt wird. Dabei beträgt in einer Ausführungsform im Hauptrohr das Flussverhältnis vom zweiten Fluid (bspw. Sauerstoff oder sauerstoffhaltiges Gas) zu dem im Hauptrohr fließenden ersten Fluid (bspw. Ethan oder Ethan enthaltendes Fluid) 0,1 bis 0,8 kg/kg oder insbesondere 0.15 bis 0,5 kg/kg oder weiter insbesondere 0.3 bis 0.4 kg/kg, wobei die Temperatur des Gemisches insbesondere 150 bis 350 Grad Celsius oder insbesondere 200 bis 300 Grad Celsius oder weiter insbesondere 240 bis 260 Grad Celsius beträgt. Mit diesen Prozessparametern lässt sich das System besonders zweckmäßig für die eingangs genannten ODHE-, insbesondere EDHOX-Verfahren, verwenden.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0021] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Figur 1 schematisch eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines Systems zur Mischung zweier Fluide;

Figur 2 schematisch einen Ausschnitt eines Querschnitts durch das Hauptrohr und Einmischbereiche des zweiten Fluids;

Figur 3 schematisch die Ausführungsform der Figur 1 in anderer perspektivischer Ansicht;

Figur 4 schematisch in perspektivischer Ansicht eine weitere Ausführungsform eines Systems zur Mischung zweier Fluide und

Figur 5 in perspektivischer Ansicht schematisch eine weitere Ausführungsform eines Systems zur Mi-

schung zweier Fluide.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0022] Figur 1 zeigt in perspektivischer Ansicht schematisch eine Ausführungsform eines Systems 100 zur Mischung zweier Fluide. Das dargestellte System 100 ist in einer horizontalen und einer vertikalen Richtung aufgeschnitten, um das Verständnis zu erleichtern. Das System 100 weist ein Hauptrohr 110 für den Transport eines ersten Fluids in eine stromabwärtige Richtung des Hauptrohres 110 und eine Verteilereinrichtung 120 zur Zufuhr und Verteilung eines zweiten Fluids in dem Inneren des Hauptrohres 110 auf. Die Verteilereinrichtung 120 weist eine Vielzahl von sich in radialer Richtung des Hauptrohres 110 erstreckender Radialrohre 130 (in diesem Beispiel sechs Radialrohre 130) auf, deren eine Enden 132 entlang eines Umfangs des Hauptrohres 110 angeordnet sind, wobei sich die Radialrohre 130 in das Innere des Hauptrohres 110 erstrecken. Jedes Radialrohr 130 weist in seinem Rohrmantel Öffnungen 134, 136, 138 auf, die für die Zufuhr des zweiten Fluids in das Innere des Hauptrohres 110 ausgebildet sind.

[0023] In diesem Ausführungsbeispiel wird als erstes Fluid ein Sauerstoffstrom eingesetzt, der in ein zweites Fluid, hier ein Kohlenwasserstoffstrom, eingemischt wird. Wie eingangs bereits mehrfach ausgeführt, können andere Gase und/oder Flüssigkeiten und/oder Flüssigkeit-Gas-Gemische als erste und zweite Fluide eingesetzt werden. Die Verwendung einer Vielzahl von sich in radialer Richtung des Hauptrohres 110 erstreckender Radialrohre 130 ermöglicht ein gutes Mischergebnis, insbesondere eine gleichmäßige Einmischung über den jeweilig offenen Querschnitt unter Vermeidung von Rezirkulationsgebieten oder Tot-Zonen, welche mit lokal erhöhten Verweilzeiten einhergehen, die sicherheitstechnisch bedenklich sein können.

[0024] In diesem Ausführungsbeispiel erstrecken sich die Radialrohre 130 mit ihren anderen Enden 133, also mit ihren in das Innere des Hauptrohres 110 reichenden Enden 133 bis zu einem vordefinierten Abstand zur Längsachse 112 des Hauptrohres 110. Die Enden 133 können prinzipiell verschlossen sein. Optional befindet sich mindestens eine Öffnung 142 in einem verschlossenen Ende 133 eines Radialrohres 130.

[0025] Aus Stabilitätsgründen, aber auch aus strömungsdynamischen Gesichtspunkten kann es vorteilhaft sein, die Enden 133 der Radialrohre 130 über einen Zentralrohrabschnitt 140 zu verbinden, der axial im Inneren des Hauptrohres 110 angeordnet ist. Die genannten Öffnungen 142 befinden sich dann in diesem Zentralrohr 140 an den entsprechenden Stellen.

[0026] Das zweite Fluid (beispielsweise der Sauerstoffstrom) kann durch geeignete Einspeiseeinrichtungen jeweils den Radialrohren 130 zugeführt werden. In dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Verteilereinrichtung 120 hierfür einen Ringraum

150, der einen Umfang des Hauptrohres 110 zumindest zum Teil umgibt, entlang dessen die Radialrohre 130 angebracht sind, wobei deren eine Enden 132 mit dem Ringraum 150 verbunden sind, um in den Ringraum 150 eingeführtes zweites Fluid in die Radialrohre 130 zu transportieren. Der Ringraum 150 seinerseits hat in diesem Ausführungsbeispiel einen Einspeisestutzen 160 zur Zufuhr des zweiten Fluids in den Ringraum 150.

[0027] Es hat sich gezeigt, dass ein besonders gutes Mischergebnis erzielt werden kann, wenn die Öffnungen im Rohrmantel eines Radialrohres 130 mit unterschiedlichen, strömungsoptimierten Lochdurchmessern ausgestattet sind, um über einen jeweilig offenen Querschnitt im Inneren des Hauptrohres 110 eine möglichst gleichmäßige Einmischung zu erzielen. In diesem Ausführungsbeispiel weisen die Öffnungen 134, 136, 138 im Rohrmantel eines Radialrohres 130 drei verschiedene Öffnungsdurchmesser auf. Sichtbar in Figur 1 ist eine Öffnung 134 mit einem ersten Öffnungsdurchmesser und eine Öffnung 136 mit einem zweiten Öffnungsdurchmesser und eine Öffnung 138 mit einem dritten Öffnungsdurchmesser, wobei der erste Öffnungsdurchmesser größer als der zweite ist und der zweite Öffnungsdurchmesser größer als der dritte ist. Weiterhin kann durch eine spezielle Anordnung dieser Öffnungen 134, 136, 138 eine besonders gleichmäßige Einmischung von zweitem Fluid in den jeweilig offenen Querschnitt im Inneren des Hauptrohres 110 erzielt werden, wie weiter unten im Zusammenhang mit Figur 2 erläutert wird.

[0028] Die Öffnungen 134, 136, 138 im Rohrmantel eines Radialrohres 130 sind in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 derart angeordnet, dass das zweite Fluid durch Öffnungen 138 mit kleinerem Öffnungsdurchmesser in die stromabwärtige Richtung des Hauptrohres als auch (zu einem geringeren Anteil, wie aus Figur 3 ersichtlich) in die entgegengesetzte stromaufwärtige Richtung des Hauptrohres und durch Öffnungen 134, 136 mit größerem Öffnungsdurchmesser in eine Richtung im Wesentlichen senkrecht zur stromabwärtigen Richtung des Hauptrohres in das Innere des Hauptrohres 110 einströmt. Auch hierdurch lässt sich die Einmischung strömungsoptimiert gestalten.

[0029] In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist entlang einer ersten Anordnungsrichtung 311 (siehe Fig. 3) eine Öffnung 134 mit einem ersten Öffnungsdurchmesser von zwei Öffnungen 136 mit einem zweiten Öffnungsdurchmesser umgeben. Entlang einer zweiten Anordnungsrichtung 312 (siehe Fig. 3) sind Öffnungen 138 mit einem dritten Öffnungsdurchmesser angeordnet. Es ist vorteilhaft, wenn die zweite Anordnungsrichtung parallel zur ersten Anordnungsrichtung verläuft und wenn die Öffnungen 138 entlang der zweiten Anordnungsrichtung dichter angeordnet sind als die Öffnungen entlang der ersten Anordnungsrichtung.

[0030] Die Öffnung 134 besitzt hierbei einen größeren Öffnungsdurchmesser als die Öffnungen 136. Die Öffnung 134 ist von zwei Öffnungen 136 umgeben. Seitlich daneben befinden sich jeweils zwei Reihen mit weiteren

Öffnungen 138 wiederum mit einem anderen Öffnungsdurchmesser, der hier kleiner als der der Öffnungen 134 und 136 ist. Die kleineren Öffnungen sind entlang einer zweiten Anordnungsrichtung angeordnet, die im Wesentlichen parallel zur ersten Anordnungsrichtung verläuft. In diesem Ausführungsbeispiel befindet sich wiederum benachbart hierzu eine weitere Reihe Öffnungen mit dem dritten kleinsten Öffnungsdurchmesser. Die Öffnungen 138 mit dem dritten Öffnungsdurchmesser sind dichter angeordnet als die Öffnungen 134, 136 entlang der ersten Anordnungsrichtung. Die Öffnungen 134, 136 transportieren zweites Fluid in einer Richtung, die im Wesentlichen senkrecht zur stromabwärtigen Richtung des Hauptrohres 110 steht. Die Öffnungen 138 transportieren zweites Fluid in einem kleinen Winkel hierzu aufgrund der Krümmung der Manteloberfläche des Radialrohres 130, wobei dieser Winkel höchstens 45° beträgt. Die darauffolgende Reihe Öffnungen mit kleinstem Durchmesser transportieren das Fluid in eine Richtung stromabwärts des Hauptrohres 110.

[0031] In Figur 1 ebenfalls dargestellt sind weitere Öffnungen 114, 116, 118 im Rohrmantel des Hauptrohres 110 im Bereich des Ringraums 150. Genauer gesagt sind diese Öffnungen 114, 116, 118 zwischen den einen Enden 132 der Radialrohre 130 angebracht. Diese Öffnungen 114, 116, 118 sind in analoger Weise wie die Öffnungen 134, 136, 138 angeordnet. Entlang einer dritten Anordnungsrichtung 313 (siehe Fig. 3) ist eine Öffnung 114 mit einem vierten Öffnungsdurchmesser von zwei Öffnungen 116 mit einem fünften Öffnungsdurchmesser umgeben. Entlang einer vierten Anordnungsrichtung 314 (siehe Fig. 3), die parallel zur dritten Anordnungsrichtung verläuft, sind in dichter Anordnung Öffnungen 118 mit einem sechsten Öffnungsdurchmesser angeordnet. Hierbei ist der vierte Öffnungsdurchmesser gleich dem ersten, der fünfte Öffnungsdurchmesser gleich dem zweiten und der sechste Öffnungsdurchmesser gleich dem dritten.

[0032] Die strömungstechnische Wirkung dieser Anordnung der Öffnungen 114, 116, 118 sowie 134, 136, 138 ist in Figur 2 zu sehen. In Figur 2 ist ein Ausschnitt eines Querschnitts des Hauptrohres 110 zu sehen, wobei dieser Ausschnitt im Wesentlichen begrenzt wird von zwei in Umfangsrichtung aufeinander folgenden Radialrohren 130 und dem entsprechenden Abschnitt des Rohrmantels des Hauptrohres 110. Der Querschnittsabschnitt ist hier weniger als Ebene aufzufassen, sondern als ein Bereich endlicher Dicke, um die entsprechenden Einmischbereiche des zweiten Fluids sowohl der Öffnungen 134, 136 und 116, 114 als auch die Einmischbereiche von zweitem Fluid über die benachbarten Reihen von Öffnungen 138 bzw. 118 abzubilden.

[0033] In Figur 2 abgebildet sind die Einmischbereiche 210 für das zweite Fluid über die großen Öffnungen 134, 114. Diese Einmischbereiche 210 überlappen sich und sind im Zentrum des Querschnittsabschnitts ("Zentralbereich") zu lokalisieren. Weiterhin dargestellt sind Einmischbereiche 220 für zweites Fluid über die mittleren

Öffnungen 136, 116. Diese Einmischbereiche überlappen jeweils ebenfalls und sind in den Eckbereichen lokalisiert. Um auch die Randbereiche des abgebildeten Querschnittsabschnitts mit zweitem Fluid zu versorgen, sind die Öffnungen 138, 118 vorhanden, also die kleinen Öffnungen, die zu Einmischbereichen 230 führen. Die Einmischbereiche sind wiederum überlagert, sodass der Randbereich im Wesentlichen kontinuierlich mit zweitem Fluid versorgt wird. Insgesamt ergibt sich aus der dargestellten Anordnung der Öffnungen eine optimale Abdeckung des Querschnittsabschnitts mit zweitem Fluid.

[0034] In einem möglichen Ausführungsbeispiel kann die Ausführungsform gemäß Figur 1 für ein EDHOX-Verfahren beispielsweise bei einem Betriebsdruck von 2 bis 10 bar, bevorzugt bei 3 bis 6 bar, beispielsweise bei etwa 5 bar betrieben werden. Sauerstoff kann über den Einspeisestutzen 160 bei beispielsweise 20 bis 30 Grad Celsius, insbesondere 22 bis 28 Grad Celsius, beispielsweise bei ca. 25 Grad Celsius zugegeben werden. Das Verhältnis der Flussraten des Sauerstoffs (bzw. des sauerstoffhaltigen Gases) und des im Hauptrohr 110 fließenden Kohlenwasserstoffs, beispielsweise Ethan bzw. Ethan enthaltendes Fluid, beträgt vorzugsweise 0,1 bis 0,8 kg/kg, insbesondere 0.15 bis 0,5 kg/kg und besonders bevorzugt zwischen 0.3 und 0.4 kg/kg bei einer Mischtemperatur von beispielsweise 220 bis 280 Grad Celsius, insbesondere 240 bis 260 Grad Celsius, beispielsweise etwa 250 Grad Celsius.

[0035] Der Öffnungsdurchmesser der Öffnungen 134 mit großem Öffnungsdurchmesser kann beispielsweise 20 bis 24 mm, insbesondere ca. 22 mm, betragen, der Öffnungsdurchmesser der mittelgroßen Öffnungen 136 kann beispielsweise 14 bis 18 mm, insbesondere 16 mm, betragen, der Öffnungsdurchmesser der kleinen Öffnungen 138 kann beispielsweise 4 bis 8 mm, insbesondere 6 mm betragen. Der Öffnungsdurchmesser der Öffnung 142 im Zentralrohrabschnitt 140 kann beispielsweise zwischen 6 und 10 mm, insbesondere 8 mm, betragen. Bei den genannten Betriebsdaten kann eine Mischgüte nach 1D (0,8 m) von 90,0% (CoV= 0,1) erreicht werden. Somit ist eine hohe Mischgüte innerhalb kürzester Distanz aufgrund der beschriebenen Verteilereinrichtung 120 erzielbar. Es kann über den gesamten Querschnitt eine gute Einmischung von Sauerstoff bei akzeptablen Mach-Zahlen in den Öffnungen ($< 1/3$) erreicht werden. Schließlich werden Rezirkulationsgebiete und Tot-Zonen vermieden.

[0036] Figur 3 zeigt schematisch in anderer perspektivischer Ansicht das System 100 zur Mischung zweier Fluide aus Figur 1. Lediglich die Art der perspektivischen Ansicht ist hier verändert, wobei Figur 1 das System 100 von stromabwärtiger Seite und Figur 3 das System 100 von stromaufwärtiger Seite zeigt. Zu erkennen ist, dass in den Radialrohren 130 keine Öffnungen mit kleinstem Öffnungsdurchmesser 138 angeordnet sind, die zweites Fluid in eine stromaufwärtige Richtung des Hauptrohres 110 abgeben. Lediglich die in Figur 3 gezeigten Öffnungen 138 entlang der Anordnungsrichtung 312 (und die

entsprechenden weiteren Öffnungen 138) geben zweites Fluid in einem kleinen Winkel (höchstens 45°) zur stromaufwärtigen Richtung in diese Richtung ab. Aufgrund der größeren Ansicht besser zu erkennen sind die Anordnungsrichtungen 311 und 312.

[0037] Wie im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 sind im Rohrmantel des Hauptrohres 110 entlang einer dritten Anordnungsrichtung 313 die Öffnungen 114 und 116 und in einer vierten Anordnungsrichtung 314 die Öffnungen 118 angeordnet. Bezüglich weiterer Details der Verteilereinrichtung 120 und des Systems 100 zur Mischung zweier Fluide wird vollumfänglich auf die Ausführungen zum Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 verwiesen.

[0038] Figur 4 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform eines Systems 100 zur Mischung zweier Fluide in perspektivischer Ansicht. In dieser perspektivischen Ansicht lässt sich gut der Ringraum 150 erkennen, der an dem dargestellten Teil des Umfangs das Hauptrohr 110 umgibt, sowie die verschiedenen Öffnungen 134, 136 und 138 im Rohrmantel eines jeden Radialrohres 130 sowie die Öffnungen 114, 116 und 118 im Rohrmantel des Hauptrohres 110 in den Bereichen zwischen den Radialrohren 130. Die Anordnung dieser Öffnungen entspricht derjenigen des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 1. Im Unterschied zu der Ausführungsform gemäß Figur 1 sind in der Ausführungsform gemäß Figur 4 die Radialrohre 130 mit ihren in das Innere des Hauptrohres 110 ragenden Enden 133 derart angeordnet, dass die Enden 133 miteinander verbunden sind. Hierbei können die jeweiligen Enden 133 verschlossen oder aber geöffnet sein, sodass sich zweites Fluid zwischen zwei gegenüberliegenden Radialrohren 130 ausbreiten kann.

[0039] Bezüglich aller übrigen Details und ihrer Funktionen sei auf die vorangegangenen Ausführungsbeispiele gemäß Figuren 1 und 3 verwiesen.

[0040] Figur 5 zeigt schematisch wieder in perspektivischer Ansicht eine weitere Ausführungsform eines Systems 100 zur Mischung zweier Fluide. Die Ausführungsform ähnelt derjenigen von Figur 3, sodass vollumfänglich auf die obigen Erläuterungen im Zusammenhang mit Figur 3 verwiesen wird. Im Unterschied zu der Ausführungsform gemäß Figur 3 ist im Zentralrohrabschnitt 140 ein Strömungskörper 540 angeordnet. Der Strömungskörper 540 umfasst im vorderen stromaufwärts angeordneten Teil eine halbkugelartige Geometrie und im hinteren stromabwärtigen Teil eine kegelförmige Geometrie. Allgemein können Strömungskörper 540 auch Tropfenform besitzen. Es ist auch möglich, einen Strömungskörper 540 durch Rotation des oberen Teils eines Querschnitts eines Tragflügelprofils um die entsprechende Sehne zu erzeugen. Der Einsatz eines solchen Strömungskörpers 540 axial im Inneren des Hauptrohres angeordnet, verbessert die Durchmischung und homogenisiert den Fluss der Mischung durch das Hauptrohr 110.

Patentansprüche

1. System (100) zur Mischung zweier Fluide aufweisend

ein Hauptrohr (110) für den Transport eines ersten Fluids in eine stromabwärtige Richtung des Hauptrohrs und eine Verteilereinrichtung (120) zur Zufuhr und Verteilung eines zweiten Fluids in dem Inneren des Hauptrohres, wobei die Verteilereinrichtung aufweist

eine Vielzahl von sich in radialer Richtung des Hauptrohrs erstreckender Radialrohre (130), deren eine Enden (132) entlang eines Umfangs des Hauptrohres angeordnet sind und die sich in das Innere des Hauptrohres erstrecken, wobei jedes Radialrohr in seinem Rohrmantel Öffnungen (134, 136, 138) aufweist, die für die Zufuhr des zweiten Fluids in das Innere des Hauptrohres ausgebildet sind.

2. System nach Anspruch 1, wobei sich die Radialrohre mit ihren anderen Enden (133) bis zu einem vordefinierten Abstand zur Längsachse (112) des Hauptrohrs erstrecken.

3. System nach Anspruch 2, wobei die jeweiligen anderen Enden der Radialrohre mit einem axial im Inneren des Hauptrohres angeordneten Zentralrohrabschnitt (140) verbunden sind.

4. System nach Anspruch 3, wobei die Verbindung zwischen dem anderen Ende des Radialrohres und dem Zentralrohrabschnitt mindestens eine Öffnung (142) aufweist, die für die Zufuhr des zweiten Fluids in das Innere des Hauptrohrs ausgebildet ist.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Öffnungen (134, 136, 138) im Rohrmantel eines Radialrohres den gleichen oder zwei oder drei oder mehr verschiedene Öffnungsdurchmesser aufweisen.

6. System nach Anspruch 5, wobei entlang einer ersten Anordnungsrichtung (311) Öffnungen (134) mit einem ersten Öffnungsdurchmesser und Öffnungen (136) mit einem zweiten Öffnungsdurchmesser abwechselnd angeordnet sind oder eine Öffnung (134) mit einem ersten Öffnungsdurchmesser von zwei Öffnungen (136) mit einem zweiten Öffnungsdurchmesser umgeben ist und wobei insbesondere entlang einer zweiten Anordnungsrichtung (312), die insbesondere parallel zur ersten Anordnungsrichtung verläuft, Öffnungen (138) mit einem dritten Öffnungsdurchmesser angeordnet sind.

7. System nach Anspruch 6, wobei der erste Öffnungsdurchmesser größer als der zweite Öffnungsdurch-

messer ist und der zweite Öffnungsdurchmesser größer als der dritte Öffnungsdurchmesser ist, wobei insbesondere die Öffnungen (138) mit dem dritten Öffnungsdurchmesser dichter angeordnet sind als die Öffnungen (134, 136) entlang der zweiten Anordnungsrichtung.

8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Öffnungen im Rohrmantel eines Radialrohres derart angeordnet sind, dass das zweite Fluid in die stromabwärtige Richtung des Hauptrohrs und/oder in einem Winkel von höchstens 45° zur stromabwärtigen Richtung und/oder in eine stromaufwärtige Richtung des Hauptrohrs und/oder in einem Winkel von höchstens 45° zur stromaufwärtigen Richtung und/oder in eine Richtung senkrecht zur stromabwärtigen Richtung des Hauptrohrs und/oder in einem Winkel von höchstens 45° zur Richtung senkrecht zur stromabwärtigen Richtung in das Innere des Hauptrohrs einströmt.

9. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Verteilereinrichtung einen Ringraum (150) umfasst, der den Umfang des Hauptrohrs zumindest zum Teil umgibt, entlang dessen die Radialrohre angebracht sind, wobei deren eine Enden (132) mit dem Ringraum verbunden sind, um in den Ringraum eingeführtes zweites Fluid in die Radialrohre zu transportieren.

10. System nach Anspruch 9, wobei der Ringraum einen oder mehrere Einspeisestutzen (160) zur Zufuhr des zweiten Fluids aufweist.

11. System nach Anspruch 9 oder 10, wobei das Hauptrohr (110) im Bereich des ihn umgebenden Ringraums (150) Öffnungen (114, 116, 118) in seinem Rohrmantel aufweist, die für die Zufuhr des zweiten Fluids aus dem Ringraum in das Innere des Hauptrohrs ausgebildet sind.

12. System nach Anspruch 11, wobei die Öffnungen (114, 116, 118) in dem Rohrmantel des Hauptrohrs in einer Weise angeordnet sind, dass entlang einer dritten Anordnungsrichtung (313) eine Öffnung (114) mit einem vierten Öffnungsdurchmesser von zwei Öffnungen (116) mit einem fünften Öffnungsdurchmesser umgeben ist, und wobei insbesondere entlang einer vierten Anordnungsrichtung (314), die insbesondere parallel zur dritten Anordnungsrichtung verläuft, Öffnungen (118) mit einem sechsten Öffnungsdurchmesser angeordnet sind.

13. System nach Anspruch 12, wobei der vierte Öffnungsdurchmesser größer ist als der fünfte Öffnungsdurchmesser und der fünfte Öffnungsdurchmesser größer ist als der sechste Öffnungsdurchmesser, wobei insbesondere der vierte Öffnungs-

durchmesser gleich dem ersten Öffnungsdurchmesser, der fünfte Öffnungsdurchmesser gleich dem zweiten Öffnungsdurchmesser und der sechste Öffnungsdurchmesser gleich dem dritten Öffnungsdurchmesser ist, und/oder wobei insbesondere die Öffnungen mit dem sechsten Öffnungsdurchmesser dichter angeordnet sind als die Öffnungen entlang der dritten Anordnungsrichtung. 5

14. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verteilereinrichtung (120) einen Strömungskörper (540) umfasst, der insbesondere axial im Inneren des Hauptrohrs angeordnet ist, wobei der Strömungskörper insbesondere im Zentralrohrabschnitt (140) eines Systems nach Anspruch 3 angeordnet ist. 10 15

15. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das erste Fluid ein Kohlenwasserstoff ist oder Kohlenwasserstoff umfasst und das zweite Fluid Sauerstoff ist oder Sauerstoff umfasst. 20

16. Verwendung eines Systems nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Einspeisung von Sauerstoff oder einem Sauerstoff enthaltenden Gas als zweites Fluid in Kohlenwasserstoff oder ein Kohlenwasserstoff enthaltendes Gas als erstes Fluid, insbesondere zur oxidativen Dehydrierung von Paraffinen mit zwei bis vier Kohlenstoffatomen, bei einem Betriebsdruck von 2 bis 20 bar oder 2 bis 10 bar oder 3 bis 6 bar, wobei das zweite Fluid bei 10 bis 40 Grad Celsius oder bei 20 bis 30 Grad Celsius oder bei etwa 25 Grad Celsius den Radialrohren (130) zugeführt wird. 25 30

17. Verwendung nach Anspruch 16, wobei im Hauptrohr (110) das Flussverhältnis vom zweiten Fluid zu dem im Hauptrohr (110) fließenden ersten Fluid 0,1 bis 0,8 kg/kg oder 0,15 bis 0,5 kg/kg oder 0,3 bis 0,4 kg/kg beträgt, wobei die Temperatur des Gemisches insbesondere 150 bis 350 Grad Celsius oder 200 bis 300 Grad Celsius oder 240 bis 260 Grad Celsius beträgt. 35 40

45

50

55

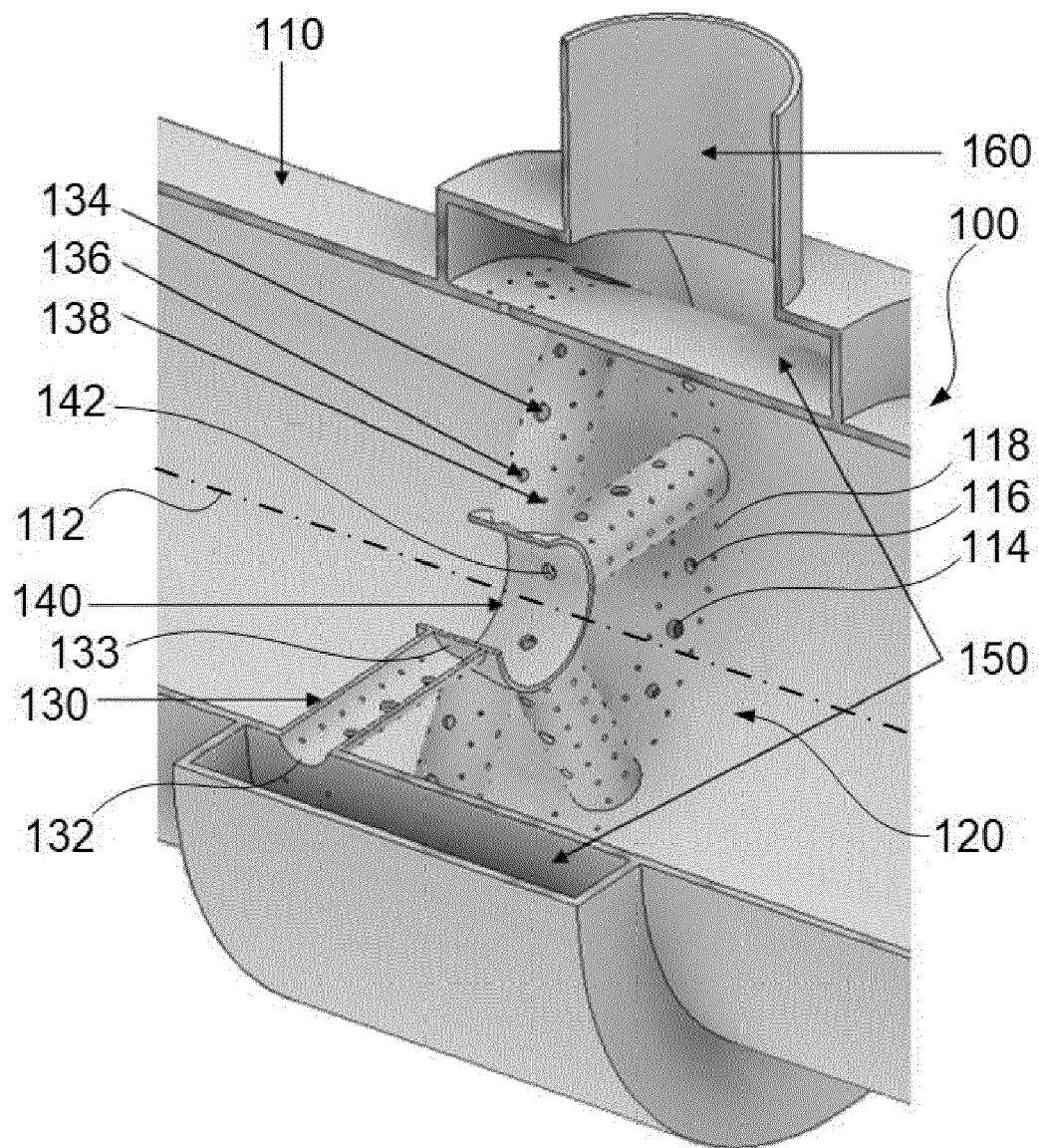


Fig. 1

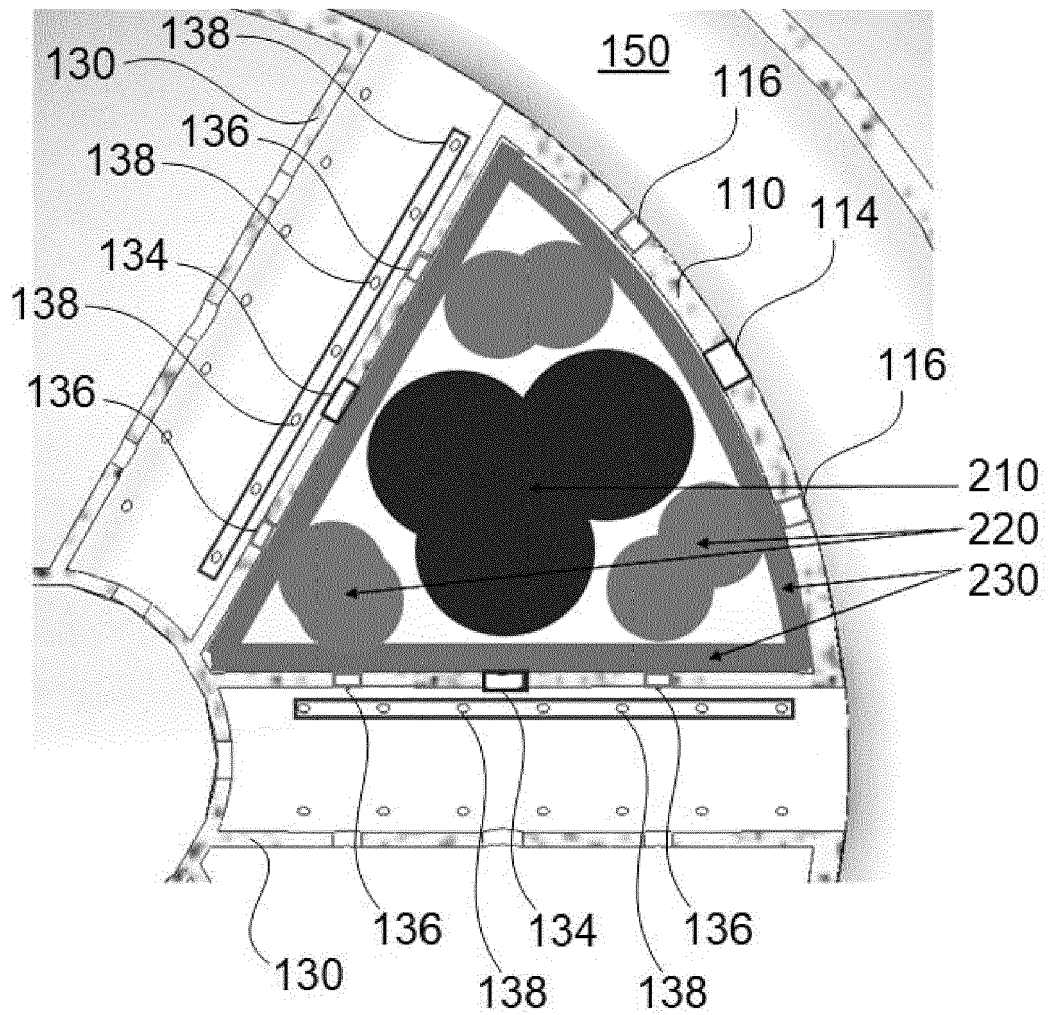


Fig. 2

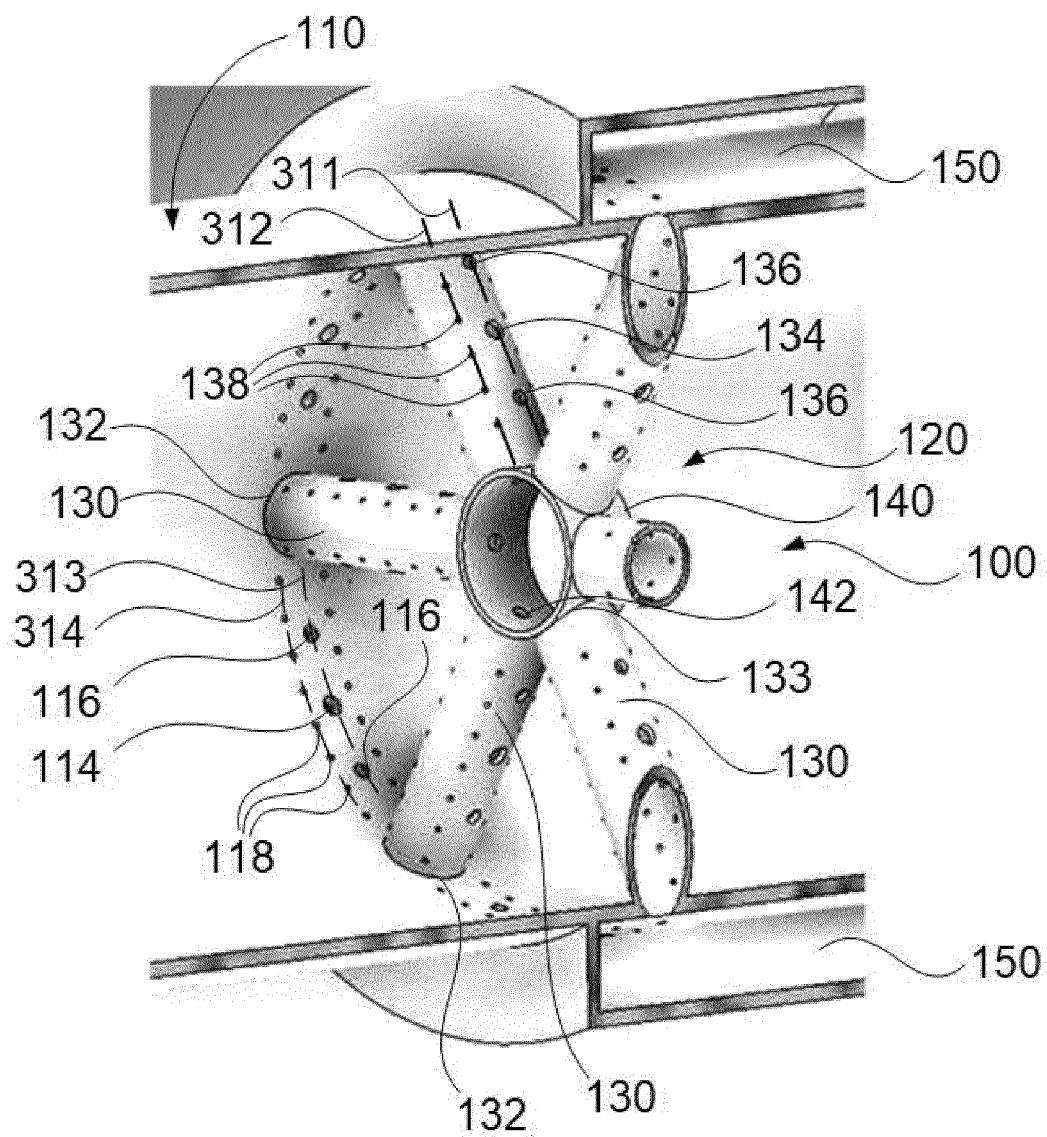


Fig. 3

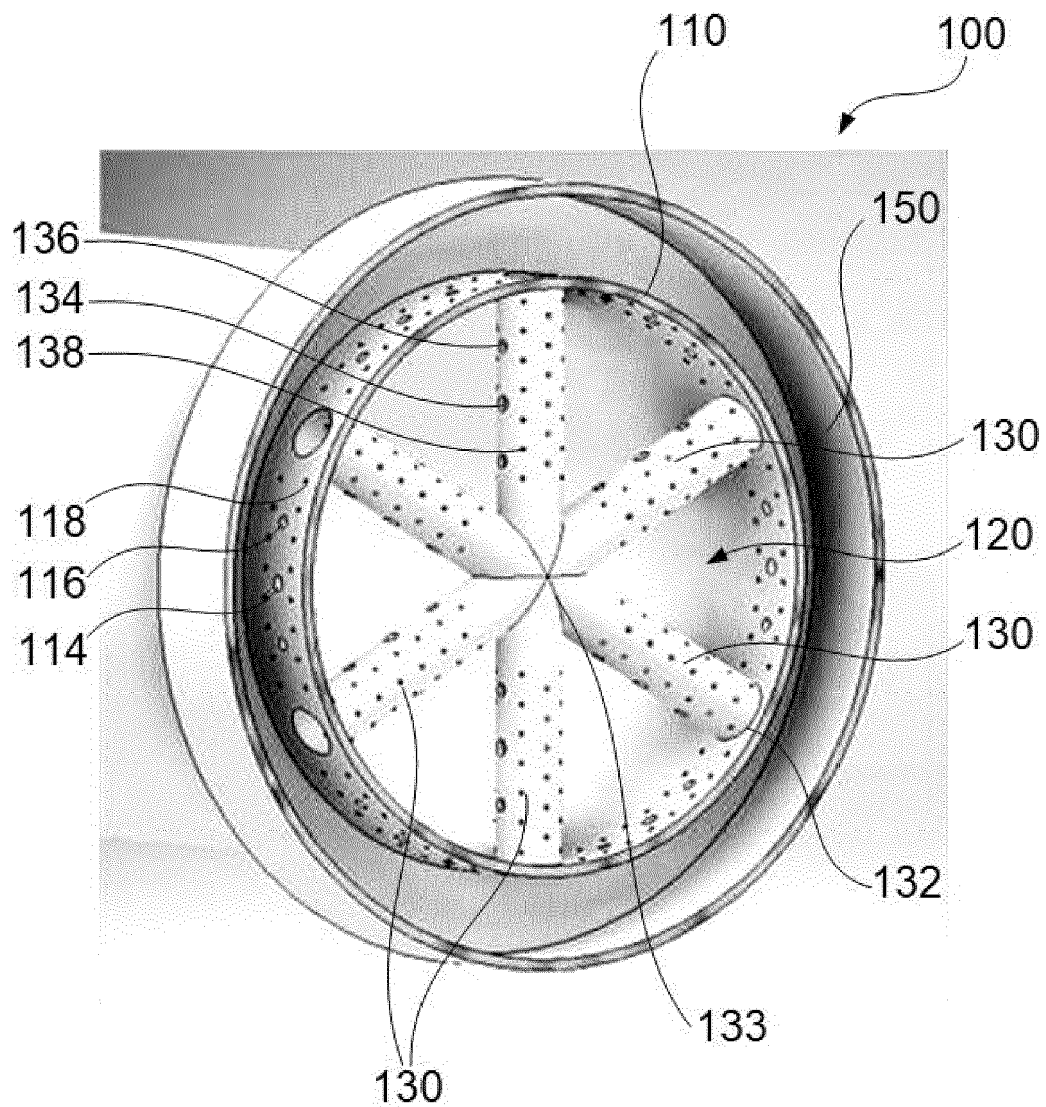


Fig. 4

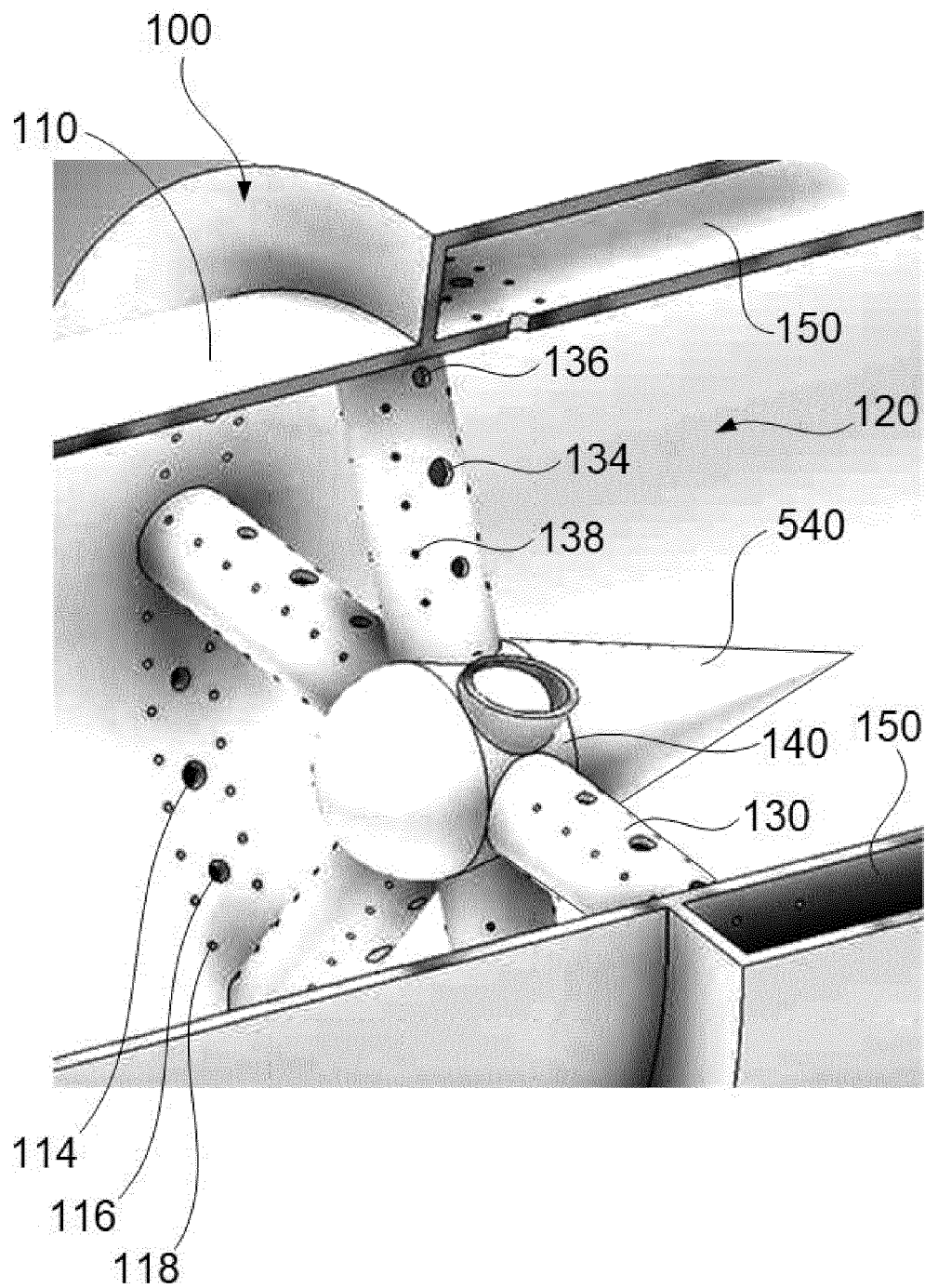


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 02 0382

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CN 105 214 528 A (CHINA PETROLEUM & CHEMICAL; CHINA PETROLEUM & CHEMICAL) 6. Januar 2016 (2016-01-06)	1-5, 8, 15, 16	INV. B01F25/313 B01F25/314
Y	* Zusammenfassung * * Abbildungen 1, 2 * * Absätze [0001] - [0020] * -----	6, 7	
X	EP 2 680 957 A1 (BASF SE [DE]) 8. Januar 2014 (2014-01-08)	1, 2, 5, 8	
A	* Abbildungen 3-7 * * Absätze [0014] - [0050] * -----	3, 4, 6, 7, 15, 16	
X	DE 10 2011 078181 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3. Januar 2013 (2013-01-03)	1, 2, 5, 8	
A	* Zusammenfassung * * Abbildung 3 * * Absätze [0037] - [0039] * -----	3, 4, 6, 7, 15, 16	
Y	US 2005/056313 A1 (HAGEN DAVID L [US] ET AL) 17. März 2005 (2005-03-17) * Zusammenfassung * * Abbildungen 9, 10 * * Absätze [0592] - [0609] * -----	6, 7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B01F B01D B01J F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 19. Januar 2023	Prüfer Krasenbrink, B
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			



5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

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

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

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

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

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

Siehe Ergänzungsblatt B

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

- ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

- ☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

- ☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

1-7, 15 (vollständig); 8, 16 (teilweise)

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



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 22 02 0382

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

1. Ansprüche: 1-7, 15 (vollständig); 8, 16 (teilweise)

System zur Mischung umfassend Öffnungen im Radialrohrmantel
mit verschiedenen Öffnungsdurchmessern

2. Anspruch: 8 (teilweise)

System zur Mischung umfassend Öffnungen im Radialrohrmantel,
die senkrecht bzw. entgegengesetzt zur stromabwärtigen
Hauptrohrrichtung ausgerichtet sind

3. Ansprüche: 9-13

System zur Mischung umfassend einen Ringraum

4. Anspruch: 14

System zur Mischung umfassend einen Strömungskörper

5. Ansprüche: 17 (vollständig); 16 (teilweise)

Verwendung eines System zur oxidativen Dehydrierung von
Paraffinen bei einem bestimmten Betriebsdruck und einer
bestimmten Temperatur

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

EP 22 02 0382

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-01-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	CN 105214528 A	06-01-2016	KEINE	
15	EP 2680957 A1	08-01-2014	BR 112013020881 A2	27-09-2016
			CN 103402618 A	20-11-2013
			EP 2680957 A1	08-01-2014
			JP 6000987 B2	05-10-2016
			JP 2014506832 A	20-03-2014
20			WO 2012117003 A1	07-09-2012
	DE 102011078181 A1	03-01-2013	DE 102011078181 A1	03-01-2013
			EP 2726718 A1	07-05-2014
			WO 2013000640 A1	03-01-2013
25	US 2005056313 A1	17-03-2005	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

- Light Alkanes Oxidation: Targets Reached and Current Challenges. **IVARS, F. ; LÓPEZ NIETO, J. M.** Handbook of Advanced Methods and Processes in Oxidation Catalysis: From Laboratory to Industry. Imperial College Press, 2014, 767-834 [0004]
- **GÄRTNER, C.A. et al.** Oxidative Dehydrogenation of Ethane: Common Principles and Mechanistic Aspects. *ChemCatChem*, 2013, vol. 5 (11), 3196-3217 [0004]
- **X. LI ; E. IGLESIA.** Kinetics and Mechanism of Ethane Oxidation to Acetic Acid on Catalysts Based on Mo-V-Nb Oxides. *J. Phys. Chem. C*, 2008, vol. 112, 15001-15008 [0004]