



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 839 011 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.06.2021 Patentblatt 2021/25

(51) Int Cl.:
C10G 9/16 (2006.01) **C10G 9/20 (2006.01)**
C10G 9/36 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19218125.3**

(22) Anmeldetag: **19.12.2019**

(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**

(71) Anmelder: **Linde GmbH
82049 Pullach (DE)**

(72) Erfinder:

- **KAISSER, Christian**
81379 München (DE)
- **SANKTJOHANSER, Mario**
81476 München (DE)
- **ZIEGLER, Christian**
80636 München (DE)

(74) Vertreter: **DehnsGermany Partnerschaft von
Patentanwälten
Postfach 33 04 29
80064 München (DE)**

(54) VERFAHREN UND ANLAGE ZUR HERSTELLUNG VON KOHLENWASSERSTOFFEN

(57) Die Erfindung betrifft eine Dampfspaltungsanlage (100, 200) zur Herstellung eines niedermolekularen Kohlenwasserstoffverbindungen enthaltenden Produktstroms (5), die einen Spaltöfen (10), einen, insbesondere sekundären, Quenchwärmetauscher (30), eine Koksfalle (20) und eine Kokssammelvorrichtung (40) umfasst. In dem Spaltöfen (10) wird aus einem Kohlenwasserstoffen und/oder Wasserdampf enthaltenden Einsatzfluid (1) ein Entnahmestrom (2) erzeugt. Die Koksfalle (20) ist stromabwärts des Spaltofens (10) und stromaufwärts des Quenchwärmetauschers (30) angeordnet und unter Umgehung des Quenchwärmatauschers (30) mit der Kokssammelvorrichtung (40) verbunden. Ferner ist die Koksfalle (20) dazu eingerichtet, Kokspartikel aus dem Entnahmestrom (2), in Richtung des Quenchwärmatauschers (30) unter Bildung eines an Koks abgereicherten

Entnahmestroms (3) zurückzuhalten und in Richtung der Kokssammelvorrichtung (40) unter Verwendung des Entnahmestroms (2) und unter Erhalt eines Koksstroms (4) auszuwerfen. Dadurch wird in dem Spaltöfen (10) gebildeter Koks von einem Eindringen in den Quenchwärmatauscher (30) und in stromabwärts des Quenchwärmatauschers angeordnete Anlagenteile abgehalten. Dies ist vorteilhaft, da der Koks eine Alterung von mit ihm in Berührung kommenden Anlagenteilen in Form von Korrosion und/oder Erosion bzw. Abrasion begünstigt. Der Quenchwärmatauscher (30) ist dazu eingerichtet, den Entnahmestrom (3) abzukühlen.

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Dampfspaltung, insbesondere unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Anlage (100, 200).

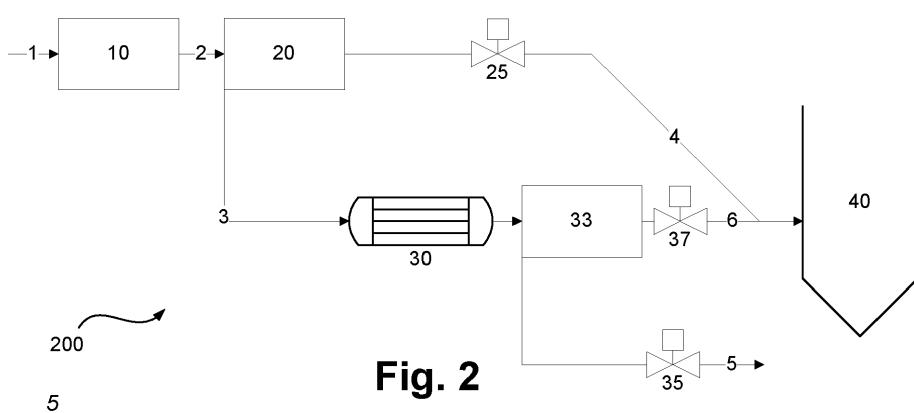


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen unter Einsatz einer Dampfspaltung sowie eine Anlage zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

Stand der Technik

[0002] Verfahren und Anlagen zum Dampfspalten (engl. Steam Cracking) sind seit langem bekannt und umfangreich in der Fachliteratur beschrieben. Insbesondere sei in diesem Zusammenhang auf den Artikel "Ethylene" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Onlineausgabe, 2007, DOI 10.2002/14356007.a10_045.pub2, verwiesen.

[0003] Für die Dampfspaltung werden Dampfspaltungsanlagen (häufig auch als Ethylenanlagen bezeichnet) mit sogenannten Spaltöfen (engl. Cracking Furnaces) eingesetzt. Diese Spaltöfen können auch in mehreren Gruppen bereitgestellt und unter unterschiedlichen Bedingungen betrieben bzw. mit unterschiedlichen Einsätzen (engl. Feeds) beschickt werden.

[0004] Das aus einem Spaltöfen ausgeführte sogenannte Spaltgas (engl. Cracked Gas), das zunächst auf einer Temperatur von typischerweise 750 bis 875 °C vorliegt, muss, um die ablaufenden Reaktionen möglichst rasch zum Stillstand zu bringen und damit eine übermäßige Bildung von unerwünschten Nebenprodukten zu verhindern, möglichst rasch abgekühlt werden. Zur Abkühlung des Spaltgases dienen dabei sogenannte Quenchwärmetauscher, die insbesondere in sogenannte primäre und sekundäre Quenchwärmetauscher (engl. Primary Quench Exchanger, Secondary Quench Exchanger) unterteilt sein können. Unterschiedliche Bauformen sind ebenfalls in der Fachliteratur beschrieben.

[0005] Das entsprechend abgekühlte Spaltgas wird je nach seiner Zusammensetzung, die sich insbesondere nach den verwendeten Reaktionseinsätzen und Spaltbedingungen richtet, einer Wasser- und/oder Ölwasche, anschließend einer Verdichtung und Sauergasentfernung, sowie einer zumindest teilweise bei kryogenen Temperaturen betriebenen Fraktionierung unterworfen, um die gewünschten Produkte, klassischerweise Ethylen, aus dem Produktstrom zu gewinnen.

[0006] Bei der Dampfspaltung von Kohlenwasserstoffen entsteht als Nebenprodukt häufig Koks, ein schwer bzw. nicht flüchtiger, kohlenstoffhaltiger Feststoff, der sich leicht an Wandungen der Dampfspaltungsanlage anlagert.

[0007] Zur Entfernung derartiger Koks enthaltender Anlagerungen kann, beispielsweise zyklisch, der Regelbetrieb der Dampfspaltungsanlage unterbrochen werden, wie in der US 2005/261532 A1 beschrieben. Während der Unterbrechung des Regelbetriebs kann anstatt eines Einsatzstroms, der die zu spaltenden Kohlenwasserstoffe enthält, ein Sauerstoff und/oder Dampf enthaltender Reinigungsstrom in die Anlage eingeleitet wer-

den, um den Koks zu oxidieren und zumindest teilweise in gasförmige Reststoffe umzuwandeln, die aus der Anlage ausgetragen werden können.

[0008] Es ist auch möglich, wie beispielsweise in der CA 926622 A beschrieben, bestimmte Anlagenteile so auszustalten, dass sich dort Feststoffe, beispielsweise aus strömungsmechanischen Gründen, nicht oder nur schwer anlagern. Es ist dann möglich, stromabwärts dieser Anlagenteile Koks aus dem Produktstrom abzuscheiden und aufzufangen, beispielsweise durch Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit oder Filtrierung und/oder Bereitstellen eines Sammelbehälters. Der so abgeschiedene Koks kann dann, beispielsweise im Rahmen einer Anlagenrevision, aus der Anlage, insbesondere aus dem Sammelbehälter, entfernt werden.

[0009] Die benannten Möglichkeiten zur Entfernung von Koks aus einer Dampfspaltungsanlage erfordern das Abschalten der Anlage bzw. das zeitweise Einstellen eines Regelbetriebs der Anlage. Vor diesem Hintergrund stellt sich die vorliegende Erfindung der Aufgabe, die Entfernung von Koks zu verbessern sowie einfacher und effektiver zu gestalten.

Vorteile der Erfindung

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen unter Einsatz einer Dampfspaltung sowie eine Anlage zu dessen Durchführung mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der folgenden Beschreibung.

[0011] Eine erfindungsgemäße Dampfspaltungsanlage zur Herstellung eines niedermolekularen Kohlenwasserstoffverbindungen enthaltenden Produktstroms umfasst einen Spaltöfen, einen Quenchwärmetauscher, eine Koksfallle und eine Kokssammelvorrichtung. Bei dem hier und nachfolgend erwähnten Quenchwärmetauscher handelt es sich, falls nicht anders angegeben, insbesondere um einen sekundären Quenchwärmetauscher, dem ein primärer Quenchwärmetauscher vorausgehen kann. Zur Funktion und dem Betrieb von primären und sekundären Quenchwärmetauschern sei auf die eingangs zitierte Fachliteratur verwiesen.

[0012] In dem Spaltöfen wird aus einem Kohlenwasserstoffen und/oder Wasserdampf enthaltenden Einsatzfluid ein Entnahmestrom erzeugt. Insbesondere kann, in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Einsatzfluids, ein Spaltgas (auch als Rohgas bezeichnet) erzeugt werden. Es ist jedoch auch möglich, einen kohlenwasserstoffarmen oder im Wesentlichen kohlenwasserstofffreien Entnahmestrom zu erzeugen, und zwar insbesondere in einem Regenerier- bzw. Entkokungsbetrieb. Wie erwähnt, ist ein entsprechend regelmäßig durchzuführender Entkokungsbetrieb, der den erzeugten Koks in den Spaltrohen entfernt, in herkömmlichen Anlagen üblich und erforderlich. Vor oder nach diesem Betriebszustand wird ein zu dem Umstellvorgang (Spal-

ten-Entkoken-Spalten) automatisierter oder manueller Schritt hinzugefügt, der den Austrag des während des Spaltens angesammelten Koks (der nicht im Spaltrohr haftet), gewährleistet. Als Medium wird dabei Dampf oder ein Dampf/Luftgemisch verwendet, das in diesem Fall einen Entnahmestrom im Sinne der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0013] Die Koksfalle weist einen Eingang auf, der stromabwärts des Spaltfens und stromaufwärts des Quenchwärmetauschers in Fluidverbindung mit einer den Entnahmestrom, bzw. insbesondere das Spaltgas, führenden Leitung steht, und einen Ausgang, der unter Umgehung des Quenchwärmatauschers in Fluidverbindung mit der Kokssammelvorrichtung steht. Ferner ist die Koksfalle dazu eingerichtet, Kokspartikel über den Eingang aus dem Entnahmestrom zurückzuhalten und die Kokspartikel über den Ausgang in Richtung der Kokssammelvorrichtung unter Verwendung des Entnahmestroms und unter Erhalt eines Koksstroms auszuwerfen. Das Zurückhalten und Auswerfen der Kokspartikel wird dabei insbesondere in einem periodischen Wechsel durchgeführt. Dazu wird in einem ersten Betriebsmodus die Koksfalle so betrieben, dass Kokspartikel darin zurückgehalten werden, die übrigen Bestandteile jedoch in den Quenchwärmatauscher geleitet werden. In einem zweiten Betriebsmodus, der beispielsweise dem erwähnten Entkokungsbetrieb entsprechen kann, wird der Entnahmestrom, bevorzugt mit einer hohen Strömungsgeschwindigkeit, durch die Koksfalle in den Ausgang geleitet, um den während des ersten Betriebsmodus' zurückgehaltenen Koks zu der Kokssammelvorrichtung zu befördern. In dem zweiten Betriebsmodus wird somit eine kleinere Menge des Entnahmestroms, insbesondere keine, in den Quenchwärmatauscher geleitet. Dadurch wird in dem Spaltfenz gebildeter Koks von einem Eindringen in den Quenchwärmatauscher abgehalten. Dies ist vorteilhaft, da der Koks eine Alterung von mit ihm in Berührung kommenden Anlagenteilen in Form von Korrosion und/oder Erosion bzw. Abrasion begünstigt. Der Quenchwärmatauscher ist dazu eingerichtet, den Entnahmestrom, insbesondere das Spaltgas, (ggf. weiter) abzukühlen.

[0014] In entsprechenden Anlagen ist insbesondere zu verhindern, dass das Spaltgas zur Atmosphäre gelangt oder mit der Entkokungsluft vermischt wird. Vor oder nach dem Entkokungsbetrieb (mit dem erwähnten Dampf/Luftgemisch als dem Entnahmestrom aus dem Spaltfenz) wird dabei die Koksfalle mit Hilfe eines (Teil-)stroms in das nachfolgende System entleert.

[0015] Vorteilhafterweise umfasst die Dampfspaltungsanlage stromabwärts des Quenchwärmatauschers eine weitere Koksfalle, die einen Eingang, der mit einer den in dem Quenchwärmatauscher abgekühlten Entnahmestrom führenden Leitung in Fluidverbindung steht, und einen Ausgang, der in Fluidverbindung zu der Kokssammelvorrichtung steht, aufweist. Dadurch kann in der stromaufwärts des Quenchwärmatauschers angeordneten Koksfalle nicht abgeschiedener Koks aus dem abge-

kühlten Entnahmestrom entfernt werden, was die Reinheit des aus dem Entnahmestrom, insbesondere dem Spaltgas, gebildeten Produktstroms weiter erhöht.

[0016] Die Verbindung des Ausgangs der stromaufwärts des Quenchwärmatauschers angeordneten Koksfalle mit der Kokssammelvorrichtung mündet vorteilhafterweise stromaufwärts der Kokssammelvorrichtung in einem flachen Winkel, insbesondere von etwa 45° bzw. von 40° bis 50°, in eine ihrerseits in die Kokssammelvorrichtung mündende Leitung, insbesondere die Verbindung des Ausgangs der weiteren Koksfalle mit der Kokssammelvorrichtung, um Schäden durch Abrasion bzw. Erosion an den Leitungen, die die Verbindung zwischen der jeweiligen Falle mit der Kokssammelvorrichtung bilden, zu vermeiden und Verwirbelungen an dieser Stelle zu reduzieren.

[0017] Die den Entnahmestrom führende Leitung weist stromabwärts des Spaltfenz und stromaufwärts des Quenchwärmatauschers vorteilhafterweise einen Knick bzw. eine Biegung auf, bis zu dem bzw. der die Leitung in einer ersten Richtung verläuft und ab dem bzw. der die Leitung in einer zweiten Richtung verläuft. Die erste und die zweite Richtung schließen vorteilhafterweise einen Winkel von beispielsweise 30° bis 120°, insbesondere 90°, ein. Die Koksfalle, deren Eingang stromabwärts des Spaltfenz und stromaufwärts des Quenchwärmatauschers angeordnet ist und in Fluidverbindung mit der den Entnahmestrom, insbesondere das Spaltgas, führenden Leitung steht, ist dabei derart angeordnet, dass die erste Richtung zu dem Eingang weist. Auf diese Weise können Kokspartikel, die in dem schnell strömenden Entnahmestrom mitgerissen werden, aufgrund der Trägheit ihre Flugbahn fortsetzen und in die Koksfalle gelangen, während ein partikelfreier oder -ärmerer Entnahmestrom in der zweiten Richtung abströmt.

[0018] Ist in diesem Zusammenhang von einer "Leitung" die Rede, muss dies nicht notwendigerweise ein durchgängiges Rohr bezeichnen. Bei einer Leitung im hier verstandenen Sinn kann es sich auch um mehrere Rohre oder Rohrabschnitte handeln, die, ggf. auch verbunden durch nicht rohrförmige Zwischenbereiche, einen durchgängigen Fluidkanal bilden.

[0019] Die Kokssammelvorrichtung umfasst vorteilhafterweise einen Zyklon, eine Feuerbox und/oder eine Strömungsbremse. Damit kann der Koks bei Bedarf als zusätzliches Wertprodukt gewonnen werden oder alternativ, vorzugsweise unter Rückgewinnung von Prozesswärme, verfeuert werden, wenn keine stoffliche Weiterverwertung gewünscht ist.

[0020] Neben dem Spaltfenz und den erwähnten Elementen sind bevorzugt ein Dampferzeuger, ein Einsatzmischer und ein Spaltgaskühler Teil der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Auch der erwähnte primäre Quenchwärmatauscher kann zusätzlich vorhanden sein bzw. als der Spaltgaskühler verwendet werden. In einigen Ausgestaltungen der Erfindung kann der Spaltfenz mit zumindest einem Teil dieser Komponenten auch zu einem Ofenmodul zusammengefasst sein, was den Auf-

bau und die Wartung einer solchen Dampfspaltungsanlage vereinfacht und daher wirtschaftlich günstiger ermöglicht.

[0021] Ferner ist ein Verfahren zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen unter Einsatz einer Dampfspaltung mit Entfernung von Koks aus dem Entnahmestrom vorgesehen. Ein Kohlenwasserstoffe und/oder Wasserdampf enthaltendes Einsatzfluid wird dabei unter Erhalt eines Spaltgases der Dampfspaltung unterworfen. Die Entfernung von Koks aus dem Entnahmestrom, der das Spaltgas umfasst, erfolgt stromabwärts der Dampfspaltung unter Verwendung einer Koksfalle und unter Erhalt eines an Koks abgereicherten bzw. freien Entnahmestroms. Der Entnahmestrom bzw. das Spaltgas wird stromabwärts der Koksfalle unter Abkühlung einem Quenchwärmetauscher unterworfen. Die Koksfalle wird, wie oben erläutert, insbesondere in einem ersten Betriebsmodus, zum Zurückhalten von Kokspartikeln betrieben und, insbesondere in einem zweiten Betriebsmodus, der vorteilhafterweise mit dem ersten Betriebsmodus im periodischen Wechsel verwendet wird, unter Verwendung des Entnahmestroms und unter Umgehung des Quenchwärmetauschers unter Erhalt eines Kokstroms geleert. Der Kokstrom wird einer Kokssammlung zugeführt. Der Produktstrom wird unter Verwendung des durch Quenchwärmetausch gekühlten Spaltgases gebildet. Zu den Vorteilen eines derartigen erfindungsgemäßen Verfahrens sei auf die obigen Ausführungen bezüglich der Anlage verwiesen. Diese gelten hier selbstverständlich sinngemäß ebenso.

[0022] Bevorzugt wird für das beschriebene Verfahren eine Dampfspaltungsanlage, wie sie oben bereits beschrieben wurde, verwendet.

[0023] Nur zur Klarstellung sei angemerkt, dass es sich bei dem oder den Quenchwärmetauschern um typische Transferleitungswärmetauscher für Dampfspaltungsanlagen handeln kann, in denen mehrere Rohrleitungen durch einen mit Wasser oder Dampf durchströmten Kühlraum geführt sind.

[0024] Zu der oben erläuterten Entleerung der Koksfalle(n) kann, wie bereits erwähnt, insbesondere ein Entnahmestrom bereitgestellt werden, der im Wesentlichen frei von Kohlenwasserstoffen ist, beispielsweise durch geeignete Steuerung der Zusammensetzung des Einsatzfluids. Dadurch können die gasförmigen Bestandteile des Kokstroms, die als Trägermedium für die Kokspartikel dienen, ohne wesentliche Beeinträchtigung der Umwelt in die natürliche Atmosphäre abgegeben werden, nachdem die Kokspartikel in der Kokssammelvorrichtung daraus entfernt wurden. Wird jedoch ein Spaltgas enthaltender Entnahmestrom zur erfindungsgemäßen Leerung der Koksfalle verwendet, ist sicherzustellen, dass das Spaltgas aus dem Kokstrom nicht in die Atmosphäre gelangt, da dies Umweltschäden verursachen könnte und zudem wirtschaftlich unsinnig ist, da es sich bei dem Spaltgas um das angestrebte Wertprodukt der Dampfspaltung handelt. Daher wird es in derartigen Betriebsweisen bevorzugt aus dem Kokstrom abge-

trennt und in das Verfahren zurückgeführt, beispielsweise in das Einsatzfluid, den Entnahmestrom oder den Produktstrom.

[0025] Dadurch, dass zum Wechsel zwischen den beiden beschriebenen Betriebsmodi im Wesentlichen nur einige Ventile gestellt werden müssen, ist die beschriebene Vorgehensweise in besonderem Maße zur Automatisierung des entsprechenden Herstellungs- und Wartungsprozesses geeignet. Im Vergleich zu herkömmlichen Systemen, wie sie eingangs beschrieben wurden, fallen Wartungen von erfindungsgemäßen Anlagen zeitlich signifikant kürzer aus, beispielsweise da die Koksfalle im Wesentlichen selbstentleerend arbeitet und keine manuelle Leerung nötig ist. Durch die verringerte Beanspruchung des Quenchwärmetauscher und der Rohrleitungen stromab der Koksfalle sind auch an diesen Komponenten Wartungen seltener nötig.

[0026] Die Vorteile der vorliegenden Erfindung umfassen insbesondere auch eine mögliche Automatisierung des Ausschleusevorgangs. Konventionelle Einbauten (Filter, Behälter, etc.) zwingen den Spaltoven zu einem Stillstand (üblicherweise 1 mal pro Jahr). Durch eine einfache Entleerung im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann diese auch häufiger erfolgen, so dass sich ein zuverlässiger Schutz des nachfolgenden Systems (auch Zerlegungssteil der Anlage, folgende Kolonnen, Pumpen, etc.) ergibt.

[0027] Weitere Aspekte, Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Figuren so wie der folgenden ausführlichen Beschreibung, die sich unter anderem auch auf die Figuren bezieht.

[0028] Kurzbeschreibung der Figuren

Figur 1 zeigt eine vorteilhafte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Anlage in Form eines schematischen Blockdiagramms.

Figur 2 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Anlage in schematischer Darstellung.

Ausgestaltungen der Erfindung

[0029] In den Figuren sind einander baulich oder funktional entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen angegeben und werden lediglich der Übersichtlichkeit halber nicht wiederholt erläutert.

[0030] Die Dampfspaltungsanlage 100 gemäß Figur 1 umfasst einen Spaltoven 10, eine Koksfalle 20, einen Quenchwärmetauscher 30 und eine Kokssammelvorrichtung 40.

[0031] In den Spaltoven 10 werden ein oder mehrere Einsatzfluide 1, von denen zumindest eines Kohlenwasserstoffe und zumindest eines Wassermoleküle enthält, eingespeist. In dem Spaltoven reagieren die Kohlenwasserstoffe zum mindest teilweise mit den Wassermolekülen unter Bildung eines Spaltgases 2, das typischerweise neben niedermolekularen Kohlenwasserstoffverbindun-

gen auch Kokspartikel enthält. Das Spaltgas 2 wird als Entnahmestrom 2 aus dem Spaltöfen 10 ausgeleitet und passiert die Koksfalle 20. Beispielsweise kann die Rohrleitung, die den Entnahmestrom 2 führt, unmittelbar stromaufwärts der Koksfalle 20 eine Biegung von 30° bis 120°, zum Beispiel im Wesentlichen 90°, aufweisen, so dass der Entnahmestrom 2 in der Rohrleitung vor der Biegung in Richtung auf die Koksfalle 20 zu, nach der Biegung jedoch direkt von der Koksfalle 20 weg geführt wird. Die Koksfalle 20 weist in Richtung des Spaltöfens 10 einen Eingang auf, der gegenüber der Rohrleitung für Fluide offen ist, also mit der Rohrleitung, die den Entnahmestrom 2 aus dem Spaltöfen 10 führt, in Fluidverbindung steht. Durch die höhere Trägheit der Kokspartikel im Vergleich zu den gasförmigen Molekülen, insbesondere der niedermolekularen Kohlenwasserstoffverbindungen, des Entnahmestroms 2, bewegen sich die Kokspartikel großteils linear in den Eingang der Koksfalle hinein, während die gasförmigen Bestandteile des Stroms, insbesondere die niedermolekularen Kohlenwasserstoffverbindungen, bevorzugt der Biegung folgen. Dadurch wird der Entnahmestrom in der Biegung der Rohrleitung an Koks abgereichert, bevor er weiter in Richtung des Quenchwärmetauschers 30 geleitet wird. Koks wird zunächst in der Koksfalle 20 zurückgehalten.

[0032] Das Spaltgas bzw. der Entnahmestrom wird in dem Quenchwärmetauscher 30 gekühlt, beispielsweise gegen das eine oder die mehreren Einsatzfluide 1, und über ein Produktventil 35 als Produktstrom 5 aus der Anlage 100 entnommen.

[0033] Zu bestimmten Zeitpunkten wird die Koksfalle 20 geleert. Dazu wird ein Steuerventil 25, das einen Ausgang der Koksfalle 20 an einem dem Spaltöfen 10 abgewandten Ende verschließt, geöffnet. Gleichzeitig kann beispielsweise das Produktventil 35 ganz oder teilweise geschlossen werden und/oder ein Druck des Entnahmestroms erhöht werden, um einen Durchfluss durch die Koksfalle 20 zu erhöhen. Der Ausgang der Koksfalle 20 steht, wie eingangs beschrieben, mit der Kokssammelvorrichtung 40 in Fluidverbindung. Der Entnahmestrom 2 strömt dadurch durch die Koksfalle 20 und reichert sich, insbesondere durch Verwirbelungen, stark mit dem darin zurückgehaltenen Koks an. Aus dem Entnahmestrom 2 und dem in der Koksfalle 20 zurückgehaltenen Koks bildet sich auf diese Weise ein koksreicher Strom 4, der zu der Kokssammelvorrichtung 40 geleitet wird. Nach Ablauf einer Leerdauer wird das Steuerventil 25 wieder geschlossen und gegebenenfalls das Produktventil 35 wieder geöffnet und/oder der Druck des Entnahmestroms wieder gesenkt.

[0034] Dabei kann insbesondere vorgesehen sein dass der Spaltöfen 10 grundsätzlich im Wesentlichen auf einem Druckniveau betrieben wird, das dem natürlichen Atmosphärendruck entspricht, und bei einer Druckerhöhung der Entnahmestrom 2 auf ein Druckniveau im Bereich zwischen dem 1,2-fachen und dem 2,5-fachen des natürlichen Atmosphärendrucks verdichtet wird. Dazu kann beispielsweise der Druck in dem Spaltöfen 10

selbst erhöht werden oder der den Spaltöfen 10 verlassende Entnahmestrom 2 kann stromabwärts des Spaltöfens 10 einer Verdichtung unterworfen werden.

[0035] Die Zeitpunkte, zu denen die Koksfalle auf die beschriebene Weise geleert wird, können beispielsweise in regelmäßigen, insbesondere vorbestimmten, Abständen gewählt sein. Es kann in bestimmten Ausgestaltungen der Erfindung auch vorgesehen sein, dass die Zeitpunkte abhängig von einem Füllgrad der Koksfalle 20 oder einem Qualitätsparameter des an Koks abgereicherten Entnahmestroms 3, beispielsweise geregelt oder gesteuert, gewählt werden. Dazu können beispielsweise Sensoren in bzw. an der Koksfalle vorgesehen sein, die den Füllgrad überwachen. Beispielsweise können dies Lichtschranken sein, die einen Sichtpfad durch die Koksfalle 20 überwachen und einen oberen Schwellwert des Füllgrades als überschritten definieren, wenn der Sichtpfad versperrt ist. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung des Füllgrads der Koksfalle 20 kann eine Waage im Bereich des geodätischen Bodens der Koksfalle 20 sein, die bei einer vorbestimmten Masse den oberen Schwellwert des Füllgrads als überschritten definiert. Für eine Überwachung des Qualitätsparameters des koksarmen Entnahmestroms bzw. Spaltgases 3 sind beispielsweise Sensoren denkbar, die eine Trübung des Gases, aus dem sich der Entnahmestrom 3 zusammensetzt, messen. Wird eine vorbestimmte Schwelltrübung überschritten, lässt das darauf schließen, dass nicht mehr ausreichend Kokspartikel in der Koksfalle 20 zurückgehalten werden, so dass eine Leerung der Koksfalle 20 nötig ist, um deren Kapazität und Effektivität wieder zu erhöhen. Dies ist als eine rein beispielhafte Aufzählung möglicher Überwachungstechniken zu verstehen, wobei auch andere geeignete Parameter überwacht werden können, um einen sinnvollen Zeitpunkt für die Leerung der Koksfalle 20 zu bestimmen. Dadurch wird die Leerung der Koksfalle 20 nur dann durchgeführt, wenn dies auch tatsächlich erforderlich ist, was wirtschaftlich vorteilhaft ist.

[0036] Insbesondere im Falle einer direkten Überwachung des Füllgrades der Koksfalle 20 kann darüber hinaus auch die Leerdauer, insbesondere gesteuert bzw. geregelt, angepasst werden. Dazu kann, beispielsweise ein unterer Schwellwert als unterschritten definiert werden, wenn zum Beispiel eine vorbestimmte Masse unterschritten wird oder eine zweite Lichtschranke, die näher als die oben beschriebene an dem geodätischen Boden der Koksfalle 20 positioniert ist, einen Sichtpfad durch das Volumen der Koksfalle 20 als frei erkennt. Dadurch wird die Leerung der Koksfalle so kurz wie möglich und so lange wie nötig durchgeführt, was sich positiv auf die Gesamteffizienz und die Ausbeute der Anlage 100 auswirkt.

[0037] Durch die beschriebene periodische Leerung der Koksfalle 20 wird vorteilhafterweise die Gesamtmenge an Koks, die sich in der Anlage 100 befindet, im Vergleich zum Stand der Technik reduziert. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit eines Entzündens des zurückge-

haltenen Kokses bzw. im Falle des Entzündens die Brandlast gesenkt, was die Anlagensicherheit steigert.

[0038] Die in Figur 2 dargestellte Anlage 200 weist im Vergleich zu der Anlage 100 eine weitere Koksfalle 33, die stromab des Quenchwärmetauschers angeordnet ist, mit einem ihr zugeordneten weiteren Steuerventil bzw. Entkokungsgasventil 37 auf. Das Funktionsprinzip dieser weiteren Koksfalle 33 ist identisch mit dem der Koksfalle 20. Die Abtrennung von Kokspartikeln beruht auch hier auf der höheren Trägheit der Kokspartikel im Vergleich zu den gasförmigen Bestandteilen des Entnahmestroms 3. Die Leerung der weiteren Koksfalle 33 erfolgt in analoger Weise durch Öffnen des weiteren Steuerventils 37 und vorteilhafterweise Schließen der übrigen Ventile 25, 35 der Anlage 200 und bevorzugt bei gleichzeitiger Erhöhung des Drucks des Entnahmestroms bzw. Spaltgases 2, 3. Durch die Abtrennung weiterer Kokspartikel in der weiteren Koksfalle 33 kann die Reinheit des Produktstromes 5 erhöht werden.

[0039] Vorteilhafterweise werden die Koksströme 4 der Koksfalle 20 und 6 der weiteren Koksfalle 33 zusammengefasst in die Kokssammelvorrichtung 40 geleitet. Dadurch kann eine bestehende Anlage besonders einfach mit der Koksfalle 20 nachgerüstet werden, ohne wesentlich in die Verrohrung der übrigen Anlagenkomponenten 30, 33, 40 eingreifen zu müssen.

[0040] Wie in Figur 2 dargestellt, ist es besonders bevorzugt, die Einleitung des Koksstroms 4 in die Rohrleitung des Koksstroms 6 in einem flachen Winkel, insbesondere einem Winkel von ca. 45° auszugestalten. Dadurch wird Abrasion der Wandung der Rohrleitung, insbesondere gegenüber der Einleitungsstelle verhindert, so dass diese Wandung weniger materialaufwändig gestaltet werden kann. Dies ist wiederum insbesondere bei Nachrüstungen vorteilhaft, da bestehende Rohrleitungen unter Umständen nicht für eine derartige seitliche Einleitung ausgelegt wurden und sonst neu angefertigt werden müssen. Gemäß der hier beschriebenen Ausgestaltung ist dies vorteilhafterweise nicht notwendig, so dass bestehende Rohrleitungen weiterverwendet, bzw. bei der Neuerstellung einer solchen Anlage 200 auf herkömmlich dimensionierte Rohrleitungen zurückgegriffen werden kann. Zudem wird durch diese nicht senkrechte Einleitung die Bildung eines Staudrucks verhindert, so dass sich an der Einleitungsstelle keine bzw. signifikant weniger Partikel ablagern.

[0041] In alternativen Ausgestaltungen der erfundungsgemäßen Anlage kann auch vorgesehen sein, dass jede Koksfalle 20, 33 über eine eigene Rohrleitung von ihrem jeweiligen Ausgang zu der Kokssammelvorrichtung 40 verfügt. Dadurch muss bei der Verlegung der jeweiligen Rohrleitungen nicht auf den Verlauf der jeweils anderen Rohrleitungen Rücksicht genommen werden, was die Auslegung der Anlage insgesamt erleichtert. Es kann dabei auch vorgesehen sein, dass für bestimmte Koksfallen 20, 33 eine gemeinsame Kokssammelvorrichtung vorgesehen ist, während anderen Koksfallen 20, 33 eine jeweils dedizierte Kokssammelvorrichtung 40 zu-

geordnet ist. Beispielsweise ist es denkbar, dass mehrere Anlagen 200 parallel betrieben werden und alle Koksfallen 20 in eine erste Kokssammelvorrichtung 40 entleert werden, während alle weiteren Koksfallen 33 in eine zweite Kokssammelvorrichtung 40 entleert werden. Dadurch kann beispielsweise eine Trennung der Kokspartikel in unterschiedliche Größenfraktionen realisiert werden, da sich die Strömungsgeschwindigkeiten vor der Koksfalle 20 und vor der weiteren Koksfalle 33 unterscheiden können und somit Partikel unterschiedlicher Größen in den jeweiligen Koksfallen 20, 33 zurückgehalten werden können.

[0042] Unabhängig von der Zuordnung zu bestimmten Koksfallen 20, 33 kann die Kokssammelvorrichtung 40 unter Verwendung eines Zyklons, einer Feuerbox und/oder einer Strömungsbremse ausgestaltet sein. Die Funktionsprinzipien dieser Komponenten werden lediglich zum besseren Verständnis nachfolgend kurz umrissen: in einen Zyklon kann der jeweilige Koksstrom 4, 6, insbesondere tangential, eingeleitet werden. Dadurch setzt sich der trügere Koks von den weniger trügen Bestandteilen des Koksstroms in einem radial äußeren Bereich, insbesondere an einer Zylindermantelwand, des Zyklons ab bzw. wird dort durch Reibung verlangsamt und sinkt auf einen geodätisch unten befindlichen Boden des Zyklons ab. Von diesem Boden kann der Koks aus dem Zyklon entnommen werden. In einer Feuerbox werden Kokspartikel des Koksstroms 4, 6 zumindest teilweise verbrannt und/oder gesintert. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der Koks nicht als Nebenprodukt verwendet werden soll. Die Verbrennungswärme kann der Feuerbox entnommen und zum Betreiben der Anlage 100, 200 verwendet werden, beispielsweise um das Einsatzfluid 1 vorzuwärmen. Eine Strömungsbremse verringert die Strömungsgeschwindigkeit des Koksstroms 4, 6 und ermöglicht dadurch ein Absetzen der in der Regel dichteren Kokspartikel von den übrigen Bestandteilen des Koksstroms 4, 6.

[0043] Insbesondere in Fällen, in denen die Bestandteile des Koksstroms 4, 6, insbesondere gasförmige Komponenten des Spaltgases in dem Entnahmestrom 2, der zur Bildung des Koksstroms 4, 6 verwendet wurde, in der Kokssammelvorrichtung 40 chemisch nicht verändert werden, kann es vorteilhaft sein, die gasförmigen Bestandteile in das eine oder die mehreren Einsatzfluide 1, den Entnahmestrom 2, den koksarmen Entnahmestrom 3 oder den Produktstrom 5 zurückzuführen. Dadurch wird die Gesamtausbeute erhöht und die Effizienz der Anlage 100, 200 gesteigert.

[0044] Wie eingangs erläutert kann es jedoch auch vorteilhaft sein, insbesondere während der Leerzeit, einen an Spaltgas armen bzw. davon freien Entnahmestrom bereitzustellen. Dadurch können Maßnahmen zur Abtrennung und Rückführung der gasförmigen Bestandteile des Koksstroms unterbleiben, was sich positiv auf die nötigen Investitionskosten auswirkt.

[0045] In der Ausgestaltung der Anlage 100 gemäß Figur 1 kann ebenfalls, wenngleich nicht explizit veran-

schaulicht, das Steuerventil 37 bzw. ein entsprechender Koksstrom 6 erforderlich oder vorteilhaft sein, um einen regulären Entkokungsweg beizubehalten, so dass nur das Ausschleusesystem 40 separat/doppelt eingebaut werden kann. Dies ermöglicht es, Koks als Produkt zu erzeugen (z.B. über eine trockene Koksentnahme).

Patentansprüche

1. Dampfspaltanlage (100, 200) zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen (5) mit einem Spaltfelsen (10), einem Quenchwärmetauscher (30), einer Koksfalle (20) und einer Kokssammelvorrichtung (40), wobei die Koksfalle (20), einen Eingang und einen Ausgang aufweist, wobei der Eingang stromabwärts des Spaltfens (10) und stromaufwärts des Quenchwärmetauschers (30) angeordnet und mit einer Leitung, die einen Entnahmestrom (2), der in dem Spaltfesen (10) aus einem Kohlenwasserstoffe und/oder Wasserdampf enthaltenden Einsatzfluid (1) erzeugt wird, führt, fluidverbunden ist, der Ausgang unter Umgehung des Quenchwärmatauschers (30) mit der Kokssammelvorrichtung (40) fluidverbunden ist, und die Koksfalle (20) dazu eingerichtet ist, Kokspartikel in einem ersten Betriebsmodus aus dem Entnahmestrom (2) zurückzuhalten und in einem zweiten Betriebsmodus in Richtung der Kokssammelvorrichtung (40) unter Verwendung des Entnahmestroms (2) und unter Erhalt eines Koksstroms (4) auszuwerfen, und wobei der Quenchwärmatauscher (30) dazu eingerichtet ist, den Entnahmestrom (3) abzukühlen.
2. Dampfspaltungsanlage (200) nach Anspruch 1, wobei stromabwärts des Quenchwärmatauschers (30) eine weitere Koksfalle (33) angeordnet ist, deren Ausgang eine Fluidverbindung zu der Kokssammelvorrichtung (40) aufweist.
3. Dampfspaltungsanlage (200) nach Anspruch 2, wobei die Verbindung der Koksfalle (20) mit der Kokssammelvorrichtung (40) stromaufwärts der Kokssammelvorrichtung (40) in einem flachen Winkel, insbesondere im Bereich von 40° bis 50°, bevorzugt von 45°, in die Verbindung der weiteren Koksfalle (33) mit der Kokssammelvorrichtung (40) mündet.
4. Dampfspaltungsanlage (100, 200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kokssammelvorrichtung (40) eines oder mehrere aus der Gruppe aus einem Zyklon, einer Feuerbox und einer Strömungsbremse umfasst.
5. Dampfspaltungsanlage (100, 200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, ferner eines oder mehrere aus der Gruppe aus einem Dampferzeuger, einem Einsatzmischer, einem Reaktionsbehälter, einem Spaltgaskühler und einem primären Quenchwärmetauscher umfassend, insbesondere wobei der primäre Quenchwärmatauscher stromabwärts des Spaltfens (10) und stromaufwärts der Koksfalle (20) angeordnet ist.
6. Dampfspaltungsanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Leitung, die den Entnahmestrom führt, von dem Spaltfesen ausgehend in eine erste Richtung verläuft, eine Biegung aufweist und stromabwärts der Biegung in eine zweite Richtung verläuft.
7. Dampfspaltungsanlage nach Anspruch 6, wobei der Eingang der Koksfalle (20) stromabwärts der Biegung in der ersten Richtung angeordnet ist und die Fluidverbindung des Eingangs mit der Leitung von der Biegung ausgeht.
8. Dampfspaltungsanlage nach Anspruch 6 oder 7, wobei die erste und die zweite Richtung miteinander einen Winkel im Bereich von 30° bis 120°, insbesondere im Bereich von 80° bis 100°, bevorzugt 90°, einschließen.
9. Verfahren zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen (5) unter Verwendung einer Dampfspaltung mit Entfernung von Koks aus einem die Kohlenwasserstoffe enthaltenden Produktstrom (5), wobei ein Kohlenwasserstoffe und/oder Wasserdampf enthaltendes Einsatzfluid (1) unter Erhalt eines Spaltgases (2) der Dampfspaltung unterworfen wird, die Entfernung von Koks stromabwärts der Dampfspaltung unter Verwendung einer Koksfalle (20) und unter Erhalt eines an Koks abgereicherten Spaltgases (3) erfolgt, das abgereicherte Spaltgas (3) stromabwärts der Koksfalle (20) unter Abkühlung einem Quenchwärmatausch unterworfen wird, und wobei die Koksfalle (20) unter Verwendung eines Entnahmestroms (2), der aus dem Einsatzfluid (1) in einem zu der Dampfspaltung verwendeten Spaltfesen (10) gebildet wird, und unter Umgehung des Quenchwärmatauschs unter Erhalt eines Koksstroms (4) geleert wird, wobei der Koksstrom (4) einer Kokssammlung zugeführt wird, und der Produktstrom (5) unter Verwendung des durch Quenchwärmatauschi gekühlten Spaltgases (3) gebildet wird.

- 10.** Verfahren nach Anspruch 9, wobei eine Dampfspaltungsanlage (100, 200) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 verwendet wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

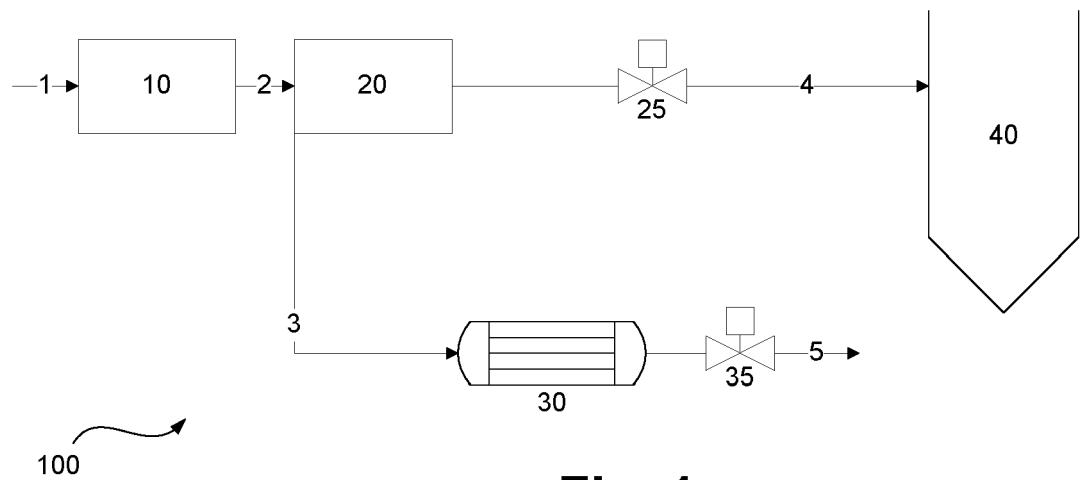


Fig. 1

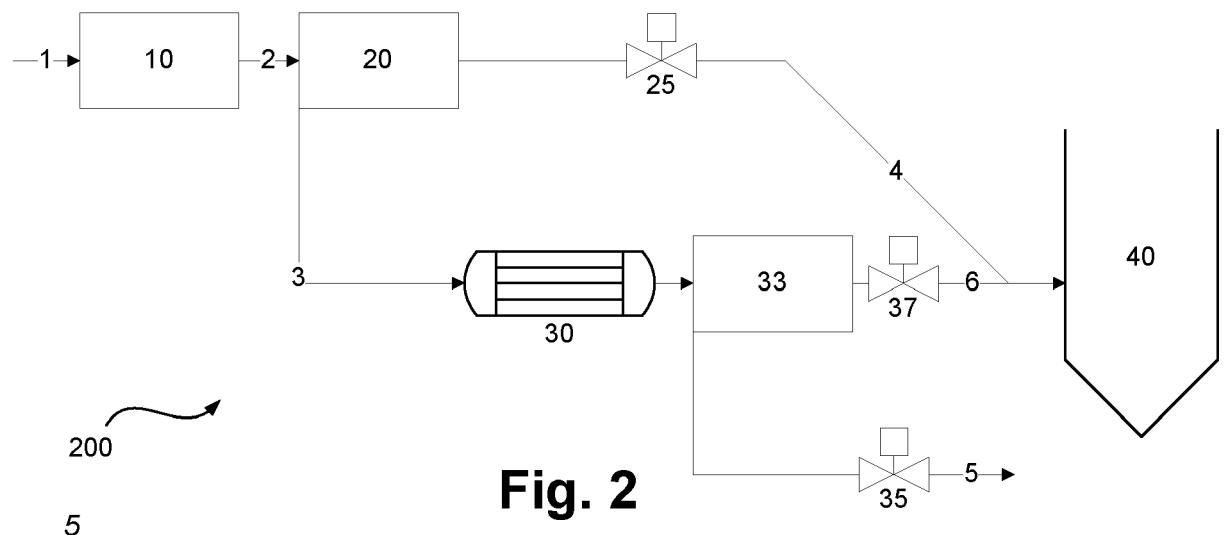


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 21 8125

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE					
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)		
10 X	US 2014/024873 A1 (DE HAAN STEPHEN [US] ET AL) 23. Januar 2014 (2014-01-23) * Absatz [0027] - Absatz [0042]; Abbildungen 3-5 *	1-10	INV. C10G9/16 C10G9/20 C10G9/36		
15 A	EP 2 772 524 A1 (LINDE AG [DE]) 3. September 2014 (2014-09-03) * Absatz [0027]; Anspruch 1; Abbildung 2 *	1-10			
20 A	EP 2 096 157 A2 (LINDE AG [DE]) 2. September 2009 (2009-09-02) * Absätze [0008], [0009], [0019], [0021] *	1-10			
25 A	US 6 237 341 B1 (KOIKE MASAMI [JP] ET AL) 29. Mai 2001 (2001-05-29) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1-10			
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)		
35			C10G		
40					
45					
50 2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt				
55	<table border="1"> <tr> <td>Recherchenort Den Haag</td> <td>Abschlußdatum der Recherche 19. Mai 2020</td> <td>Prüfer Galleiske, Anke</td> </tr> </table> <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 19. Mai 2020	Prüfer Galleiske, Anke	
Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 19. Mai 2020	Prüfer Galleiske, Anke			

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

EP 19 21 8125

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

19-05-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
15	US 2014024873 A1	23-01-2014	AR 092030 A1 BR 112015001222 A2 CA 2879613 A1 CL 2015000127 A1 CN 104583370 A EP 2875101 A1 ES 2759876 T3 JP 6180525 B2 JP 2015522695 A JP 2017095704 A KR 20150040936 A PH 12015500117 A1 SG 11201500400W A TW 201412970 A US 2014024873 A1 WO 2014014731 A1 ZA 201500545 B		18-03-2015 04-07-2017 23-01-2014 22-05-2015 29-04-2015 27-05-2015 12-05-2020 16-08-2017 06-08-2015 01-06-2017 15-04-2015 30-03-2015 27-02-2015 01-04-2014 23-01-2014 23-01-2014 27-01-2016
20	EP 2772524 A1	03-09-2014	DE 102013003416 A1 EP 2772524 A1	28-08-2014 03-09-2014	
25	EP 2096157 A2	02-09-2009	CN 101550351 A DE 102008010654 A1 EP 2096157 A2 JP 2009222380 A KR 20090091062 A US 2009211948 A1	07-10-2009 27-08-2009 02-09-2009 01-10-2009 26-08-2009 27-08-2009	
30	US 6237341 B1	29-05-2001	CN 1266144 A HK 1029614 A1 JP 3095734 B2 JP 2000257403 A US 6237341 B1	13-09-2000 18-08-2006 10-10-2000 19-09-2000 29-05-2001	
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2005261532 A1 [0007]
- CA 926622 A [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Ethylene. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2007 [0002]