(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 247 775 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.07.2020 Patentblatt 2020/28

(21) Anmeldenummer: **15707270.3**

(22) Anmeldetag: **19.01.2015**

(51) Int Cl.:
C10G 9/00 *(2006.01)* ***C10G 7/00*** *(2006.01)*
C10G 9/40 *(2006.01)* ***C10G 1/10*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/000081

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/116114 (28.07.2016 Gazette 2016/30)

(54) VERFAHREN UND ANLAGE ZUM ÜBERFÜHREN VON KUNSTSTOFFABFÄLLEN IN EINEN BRENNSTOFF MIT EIGENSCHAFTEN VON DIESEL/HEIZÖL

METHOD AND SYSTEM FOR TRANSFERRING PLASTIC WASTE INTO A FUEL HAVING PROPERTIES OF DIESEL/HEATING OIL

PROCÉDÉ ET INSTALLATION POUR LA TRANSFORMATION DES DÉCHETS DE MATIÈRES PLASTIQUES EN UN COMBUSTIBLE AYANT LES PROPRIÉTÉS DU DIESEL/DU FIOUL

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.11.2017 Patentblatt 2017/48

(73) Patentinhaber: **BLUEALP Innovations B.V.**
2964 AJ Groot-Ammers (NL)

(72) Erfinder:
- **WESER, Gerold**
  CH-5406 Baden-Rütihof (CH)
- **VAN DER REE , Teunis Christiaan**
  2964BV Groot- Ammers (NL)

(74) Vertreter: **Hoyng Rokh Monegier LLP**
Rembrandt Tower, 31st Floor
Amstelplein 1
1096 HA Amsterdam (NL)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 659 867
WO-A1-01/18152
WO-A1-2012/149590
WO-A2-2008/022790
DE-A1-102013 205 996

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 247 775 B1

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zum Aufbereiten von Kunststoffabfällen, insbesondere Kunststoffabfällen auf (i) Basis von Polyolefinen und/oder (ii) organischen Flüssigkeiten auf der Basis von Erdöl, unter Überführung solcher Kunststoffabfälle in Kohlenwasserstoffe mit 1 C-Atom (Methan) bis zu Kohlenwasserstoffen mit mehr als 22 C-Atomen.

Hintergrund

[0002] In Anbetracht der endlichen Erdölreserven, des steigenden Verbrauchs an Kunststoffen und der immer restriktiveren Auflagen der Regierungen im Hinblick auf die Aufbereitung von Abfallstoffen und das Recyceln von Wertstoffen, gewinnt die Aufbereitung von Kunststoffabfällen, die beispielsweise aus dem Restmüll aussortiert werden, immer mehr an Bedeutung.

[0003] Es sind bereits einige Verfahren zur Kunststoffabfall-Aufbereitung bekannt doch haben diese noch diverse Nachteile.

[0004] Aus der WO 2005/071043 A1 ist ein Aufbereitungsverfahren bekannt, bei dem Kunststoffabfälle zu Öl verarbeitet werden.

[0005] Dabei werden aus Kunststoffabfälle und/oder aus ölhaltigen Reststoffen fraktionierte Kohlenwasserstoffe gewonnen, wobei die Kunststoffabfälle und/oder Reststoffe zuerst sortiert und unter Verwendung eines Eintrag-Systems unter Luftabschluss verdichtet werden. Die verdichtete Masse wird einem Aufschmelzbehälter zugeführt und darin aufgeheizt, so dass eine Auftrennung in eine erste Flüssigphase, eine erste Gasphase und einen Rückstandanteil stattfindet, wonach die erste Flüssigphase und die erste Gasphase in einen Verdampfungsbehälter transportiert werden, in welchem unter weiterem Wärmeeintrag eine zweite Flüssigphase und eine zweite Gasphase entstehen, wobei die zweite Flüssigphase in einen Nacherhitzer überführt und dort unter weiterem Wärmeeintrag weiter erhitzt wird, so dass eine dritte Gasphase entsteht, wonach die zweite Gasphase aus dem Verdampfungsbehälter und die dritte Gasphase aus dem Nacherhitzer einem Crackreaktor zugeführt werden, wo ein weiteres Aufbrechen (Cracken) der langkettigen Kohlenwasserstoffe in kurzkettige Kohlenwasserstoffe stattfindet und das entstandene Ölgas danach einem Kondensator zugeführt wird, in welchem das Ölgas zu flüssigem Öl kondensiert wird, wobei das Öl das Zielprodukt darstellt.

[0006] Dieses Verfahren wird den heutigen Umweltanforderungen in Bezug auf die Schwefel- und Chlorgehalte nicht gerecht, führt zu einem hohen Anteil an kohlenstoffreichen Rückständen und weist Mängel auf hinsichtlich Flexibilität und Qualität des Endproduktes.

[0007] WO 2008/022790 beschreibt ein Verfahren zum Aufbereiten von kunststoffhaltigen Abfällen und organischen Flüssigkeiten auf der Basis von Erdöl, Speiseöl, Fetten oder dergleichen, mit den Schritten:

- Eintragen des Stoffgemischs in einen Reaktor, der in eine Schmelz- und eine Crackzone unterteilt ist, oder in zwei hintereinander geschaltete Reaktoren,
- Aufschmelzen des Stoffgemischs in einer Schmelzzone des Reaktors bei 250°C bis 350°C,
- Austragen von Störstoffen aus der Schmelze,
- Cracken von in der Schmelze enthaltenen langkettigen Polymeren in einer Crackzone des Reaktors bei 420°C bis 450°C bis diese in den gasförmigen Zustand übergehen,
- Austragen der Gasphase aus dem Reaktor,
- Kondensieren der Gasphase in einem Kühler,
- Entfernen von Verunreinigungen aus der nach dem Kühlen (Quenchen) vorliegenden Leichtflüssigkeit und
- Speichern der Leichtflüssigkeit.

[0008] Die nach der Crackzone des Reaktors vorliegende Gasphase wird beispielsweise einer Destillationseinrichtung zugeführt, die derart betrieben wird, dass langkettige Polymere kondensieren und wieder der Crackzone des Reaktors zugeführt werden. Relativ kurzkettige, nach der Destillationseinrichtung und einem sich daran anschliessenden Kühler gasförmig vorliegende Kohlenwasserstoffe (C1-C4) können als Brennstoff energetisch genutzt werden.

[0009] Bei den Verfahren des Stands der Technik fallen relativ grosse Mengen Schlacke an und die Endprodukte sind nur mässig an die Bedürfnisse anpassbar und von massiger Reinheit.

[0010] WO 2012/149590 A1 beschreibt ein Verfahren zur Depolymerisation von Kunststoffmaterial, insbesondere Alt- bzw. Abfallkunststoffen, mittels Wärmeeintrag, wobei das Kunststoffmaterial zu einer Kunststoffschmelze geschmolzen und entgast wird, bevor es einem Depolymerisationsreaktor zugeführt wird, wobei der Kunststoffschmelze eine aus Rohöl gewonnene Fraktion als Lösungsmittel zugesetzt wird, so dass die Viskosität der dern Depolymerisationsreaktor (3) zugeführten Kunststoffschmelze-Lösung gegenüber der Viskosität der Kunststoffschmelze verringert wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Während die Erfindung in den unabhängigen Ansprüchen definiert ist, ergeben sich weitere Aspekte der Erfindung aus den abhängigen Ansprüchen, den Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung.

[0012] Ziel der vorliegenden Erfindung war es, ein verbessertes Verfahren zur Aufbereitung von Kunststoffabfällen (in der Folge auch als Kunststoffwertstoffe bezeichnet) und eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens bereitzustellen. Die Verbesserungen umfassen Reduktion der Schlackebildung und/oder flexiblere Produktsteuerung und/oder optimierte Reinheit der Produkte. In

einem Ausführungsbeispiel betrifft die Erfindung das Bereitstellen eines Verfahrens zum Gewinnen von Kohlenwasserstoffen aus vorzugsweise Polyolefinabfällen mittels rein thermolytischen Crackens in einem Crackreaktor, dem eine erste Heizvorrichtung und eine zweite Heizvorrichtung vorgeschaltet sind, ohne Verwendung von Katalysatoren, wobei

(b1) die gegebenenfalls und vorzugsweise bereits teilweise geschmolzenen Kunststoffwertstoffe einer ersten Heizvorrichtung zugeführt werden, in der sie bei einer Temperatur von 300°C bis 380°C (weiter) aufgeschmolzen werden,
(b2) die geschmolzenen Kunststoffwertstoffe zusammen mit Rückführstrom, welcher aus dem Crackreaktor abgepumpt wurde, einer zweiten Heizvorrichtung zugeleitet werden, in der sie weiter erhitzt werden auf Temperaturen von 380°C bis 400°C,
(b3) die geschmolzenen Kunststoffwertstoffe zusammen mit bereits gebildeten kohlenwasserstoffhaltigen Dämpfen aus der zweiten Heizvorrichtung dem Crackreaktor zugeführt werden, in dem die geschmolzenen Kunststoffwertstoffe bei ca. 400°C weiter aufgespalten (gecrackt) werden, wobei die gasförmigen Kohlenwasserstoffe einem Partialkondensator zugeführt werden, in dem langkettige Kohlenwasserstoffe kondensieren und in den Crackreaktor zurückgeführt werden, vorzugsweise einem Kondensator, dem eine Füllkörperkolonne vorgeschaltet ist,
(b4) kurzkettige Kohlenwasserstoffe aus dem Crackreaktor austreten und einer Destillationseinrichtung zugeführt werden, in der sie in eine gasförmige und eine flüssige Fraktion zerlegt werden und aus der die flüssige Fraktion als Produkt-Diesel abgezogen wird, und die gasförmige Fraktion über einen Kühler geleitet wird, in dem sie aufgespalten wird in Leichtsieder (C5-C7), die gelagert werden, und in die nicht kondensierten Gase (C1-C4), die vorzugsweise als Brennstoff zum Heizen des Thermoöls verwendet werden,
(b5) hochenergetische aber nicht in den gasförmigen Zustand übergehende pech- und teerartige Substanzen, sowie beim thermolytischen Cracken von Polymeren entstehender Kohlenstoffüberschuss zusammen mit dem Rückführstrom aus dem Crackreaktor abgepumpt und mittels einer Separiervorrichtung in Rückführstrom und Rückstand aufgetrennt werden, wobei der Rückführstrom zwischen der ersten Heizvorrichtung und der zweiten Heizvorrichtung den geschmolzenen Kunststoffwertstoffen beigemischt und der Rückstand in einen Auffangbehälter geleitet wird.

[0013] Die abgezogenen Flüssigkeiten (Produkt-Diesel und Leichtsieder) können vor dem Überführen in Lagertanks in speziellen Adsorptions- und/oder Filtersystemen gereinigt und eventuell entstandene störende Bestandteile (z.B. organische Säuren) entfernt werden.

[0014] Ein für die erfindungsgemässe Anlage bevorzugtes Einbringsystem umfasst die Zuführung der Kunststoffabfälle zur ersten Heizvorrichtung via ein Einbringsystem, in dem

(a2) in einer ersten Stufe in einem mechanischen Verdichtersystem bei 120 bis 150°C Wasserdampf abgeführt wird und eine Verdichtung und Trocknung erfolgt,
(a3) in einer zweiten Stufe, in einem Extruder, bei 250 bis 300°C zumindest partielles Aufschmelzen und Entfernung saurer Gase, insbesondere von HCl und H_2S, mittels Vakuum erfolgt.

[0015] Diese sauren Abgase werden vorzugsweise einer Gaswäsche mit Lauge, wie Natronlauge, unterzogen, worauf die Waschlauge, die praktisch keine Kohlenwasserstoffe enthält, unkritisch entsorgt werden kann.

[0016] Die Verdichtung in der ersten Stufe (a2) erfolgt geeigneterweise mittels eines Schneckenverdichters und die zweite Stufe (a3) mittels eines Extruder, wobei der Verdichter, wie auch der Extruder heizbar sein sollten. Ein bevorzugtes Heizmedium ist Thermoöl.

[0017] Die Zuführung der Kunststoffwertstoffe in einer der Stufe (a2) vorgeschalteten Stufe (a1) erfolgt geeigneterweise über ein System von mindestens zwei und bevorzugt zwei Pufferbehältern, die vorzugsweise mit Stickstoff beaufschlagt und/oder gespült werden, und von denen der eine gefüllt wird, währendem der andere entleert wird, und die beide mit einem Wägesystem verbunden sind, welches ein dosiertes Befüllen des Einbringsystems mit Kunststoffabfall gestattet.

[0018] Der oben in (b5) genannte Rückführstrom wird erhalten, indem unten aus dem Crackreaktor mittels Hochtemperaturpumpe geschmolzene Kunststoffwertstoffe, hochenergetische aber nicht in den gasförmigen Zustand übergehende pech- und teerartige Substanzen, sowie beim Cracken von Polymeren entstehender Kohlenstoffüberschuss abgepumpt und einem Separator-System zugeleitet wird. Bei diesem Separator-System handelt es sich vorzugsweise um einen Zyklon-Separator, gegebenenfalls und vorzugsweise verbunden mit einem Sedimentierbehälter (Absetzbehälter).

[0019] Die gasförmigen Kohlenwasserstoffe aus dem Crackreaktor werden dem Partialkondensator vorzugsweise über eine Füllkörperkolonne zugeführt, damit der Weg für die Trennung der noch nicht ausreichend gecrackten Kohlenwasserstoffe (üblicherweise mehr als 22 C-Atome) länger wird. Dies hat die positive Wirkung, dass der Partialkondensator bei höherer Temperatur betrieben werden kann, ohne dass ein wesentlicher Anteil an überlangen Kohlenwasserstoffe den Crackreaktor verlassen kann, oder aber dass die Temperatur im Partialkondensator nicht so tief eingestellt werden muss, dass ein wesentlicher Anteil an Kohlenwasserstoffen mit 22 oder weniger C-Atomen in den Crackreaktor zurückgeführt und dort weiter gecrackt wird, was den Anteil an

längerkettigen Kohlenwasserstoffen im Produkt-Diesel vermindern würde.

[0020] Die aus dem Crackreaktor nach der Füllkörperkolonne und dem Kondensator austretenden Gase/Dämpfe werden einer Destillationseinrichtung mit Reboiler und Destillationskolonne, die zumindest partiell als Füllkörperkolonne und mit einem Zwischenboden gestaltet ist, zugeführt. In dieser Deatillationseinrichtung werden die Gase/Dämpfe in eine gasförmige und eine flüssige Fraktion zerlegt. Die flüssige Fraktion wird am Zwischenboden als Produkt-Diesel und die gasförmige Fraktion oben an der Destillationskolonne abgezogen. Die gasförmige Fraktion wird gekühlt, so dass Leichtsieder (C5-C7/C8) kondensieren und als flüssige Fraktion abgezogen werden können. Die nicht kondensierten Gase (C1-C4) werden vorzugsweise als Brennstoff zum Heizen des Thermoöls verwendet.

[0021] Die Längen der Kohlenwasserstoffe in den einzelnen Fraktionen können gut gesteuert werden, einerseits durch die Temperatur des Partialkondensators, dann durch die Länge der Destillationskolonne und die Temperatur in dieser und im Kühler.

[0022] Dank der Eintragung der Kunsstoffwertstoffe via zwei Puffersysteme lässt sich die Anlage kontinuierlich betreiben.

[0023] Im Rahmen dieser Erfindung bevorzugte erste und zweite Heizvorrichtungen sind mit Thermoöl umspülte Röhrenwärmetauscher.

[0024] Damit die Kettenlänge den jeweiligen Wünschen angepasst werden kann, ist es bevorzugt, wenn die Temperatur des Partialkondensators einstellbar ist, beispielsweise in einem Bereich von 150°C bis 350°C, für Kettenlängen von maximal 22 C-Atomen vorzugsweise auf 300°C.

[0025] Die thermische Feintrennung des aus dem Crackreaktor austretenden Gases erfolgt vorzugsweise mittels Gegenstromdestillation, bei der ein Teil des Produkt-Diesels oberhalb der Entnahmestelle in die Destillationskolonne zurückgeführt, insbesondere eingesprüht wird. Durch dieses Zurückführen von Produkt-Diesel in die Destillationskolonne kann die Temperatur in dieser Kolonne variiert bzw. eingestellt werden, z.B. derart, dass - je nach Einstellung - Kohlenwasserstoffe mit 8-9 bis 20-22 C-Atomen am Zwischenboden als Produkt-Diesel abgezogen werden. Auch die Art des Kohlenwasserstoffgemisches der Leichtsieder bzw. der nichtkondensierten Gase kann über die Temperatureinstellung beim Kühlen variiert bzw. bestimmt werden.

[0026] Üblicherweise werden der Produkt-Diesel und/oder die Leichtsieder abgezogen und für spätere Verwendungen gelagert, währenddem die nicht kondensierten Gase (C1-C4) direkt als Brennstoff zum Heizen des Thermoöls energetisch genutzt werden.

[0027] Im Produkt-Diesel und/oder den Leichtsiedern allenfalls vorhandene Verunreinigungen, insbesondere schwefelhaltige Verbindungen, Halogen-Säuren und organische Säuren können durch Absorption und/oder Filtrierung entfernt werden.

[0028] Eine Vorrichtung zum Aufbereiten von kunststoffhaltigen Abfällen und organischen Flüssigkeiten auf der Basis von Erdöl, die insbesondere zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens geeignet ist, umfasst eine erste Heizvorrichtung, eine zweite Heizvorrichtung, einen Crackreaktor, und eine Rückführstrom-Leitung, die von einem unteren Bereich des Crackreaktors via ein Separator-System in die Zuleitung des geschmolzenen Kunststoffabfalls aus der ersten Heizvorrichtung in die zweite Heizvorrichtung führt.

[0029] In einer bevorzugten Ausführungsform sind die erste und die zweite Heizvorrichtung je ein mit Thermoöl umspülter Röhrenwärmetauscher. Die erste und/oder die zweite Heizvorrichtung können auch aus mehreren in Serie oder parallel geschalteten Heizvorrichtungen bestehen, die aber als Gesamtheit die Eigenschaften der ersten und zweiten Heizvorrichtungen aufweisen.

[0030] Für optimale Flexibilität haben die erste und die zweite Heizvorrichtung und der Crackreaktor unabhängig voneinander regelbare Heizungen.

[0031] Bevorzugte Heizvorrichtungen sind Wärmetauscher, die als Rohrwärmetauscher ausgeführt sind, wobei die Rohre mit der Schmelze gefüllt sind und von Thermoöl umspült werden. Dadurch wird eine möglichst grosse Wärmeübertragungsfläche gewährleistet, was den Vorteil bietet, dass mit geringem Temperaturunterschied (üblicherweise max. 20°C) zwischen Wunschtemperatur in der Schmelze und der Temperatur des Wärmeübertragungsmediums, des Thermoöls, gearbeitet werden kann.

[0032] Der Rückführstrom umfasst neben Plastikschmelze kohlenstoffreiche Partikel sowie nicht schmelzbare Verunreinigungen, die sich im Sumpf des Crackreaktors ansammeln. Dieser Rückführstrom wird aus dem Crackreaktor kontinuierlich abgepumpt und über ein Separator-System geleitet, in welchem Partikel abgeschieden werden, worauf der Reststrom vor der zweiten Heizvorrichtung wieder der Plastikschmelze zugeführt wird. Das Separator-System umfasst einen Zyklon-Separator. Dieser Zyklon-Separator umfasst einen zylindrischen Teil mit zentral angeordnetem Rohr. Infolge der Zentrifugalkraft werden grössere Teilchen nach aussen bewegen, so dass über das zentral angeordnete Rohr primär Plastik-Schmelze und gegebenenfalls kleine Partikel über die zweite Heizvorrichtung in den Crackreaktor zurückgeführt werden.

[0033] Durch diesen Kreislauf, insbesondere das kontinuierliche Abpumpen, wird im Crackreaktor eine kontinuierliche Durchmischung bewirkt, die ein zusätzliches Rühren in vielen Fällen unnötig macht.

[0034] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Separator-System neben dem Zyklon-Separator einen ausserhalb der Rückführstrom-Leitung angeordneten aber mit dem Zyklon-Separator verbundenen Sedimentationstank auf, der aber gegebenenfalls via Bypass heizvorrichtungsseitig mit der Rückführstrom-Leitung verbunden sein kann und vorzugsweise verbunden ist.

[0035] Der Crackreaktor ist mit einem Partialkondensator bestückt, der eine Kühl-/Heizvorrichtung aufweist, die derart ausgelegt ist, dass im Partialkondensator eine definierte Temperatur eingestellt werden kann. Eine bevorzugte Kühl-/Heizvorrichtung enthält als Wärmeübertragungsmittel einen Wärmeträger, der mittels einer Temperiereinheit auf eine Temperatur gebracht werden kann, die benötigt wird, um die innerhalb des Partialkondensators benötigte Temperatur einzustellen. Ein bevorzugter Wärmeträger ist ein Thermoöl.

[0036] Diesem Partialkondensator vorgeschaltet, d.h. zwischen dem Crackreaktor und dem Partialkondensator angeordnet, kann eine Füllkörperkolonne sein, die üblicherweise nicht beheizt ist. Diese Füllkörperkolonne dient der besseren Auftrennung im Partialkondensator.

[0037] Der Partialkondensator, insbesondere in Kombination mit einer Füllkörperkolonne, bewirkt, dass nur - oder zumindest überwiegend - Moleküle definierter Kettenlänge aus dem Crackreaktor austreten.

[0038] Dem Crackreaktor bzw. dem Partialkondensator nachgeschaltet ist eine Destillationseinrichtung, die derart betrieben werden kann, dass langkettige Moleküle kondensieren (Produkt-Diesel) und aus der kurzkettige Moleküle als Gasphase austreten. Diese Gasphase kann in einem der Destillationskolonne nachgeschalteten Kühler partiell kondensiert werden (Leichtsieder und nicht-kondensierte Gase).

[0039] Die Destillationseinrichtung umfasst einen Reboiler und eine Destillationskolonne, die vorzugsweise einen als Füllkörperkolonne gestalteten Bereich und ebenfalls vorzugsweise einen Zwischenboden aufweist, an dem die flüssige Fraktion, z.B. kondensierter Produkt-Diesel, abgezogen wird. Ein Teil dieser flüssigen Fraktion, dieses Produkt-Diesels, kann zur Optimierung der Temperatur oberhalb der Entnahmestelle in die Destillationskolonne zurückgeführt werden, was der besseren Trennung der Kohlenwasserstoff-Fraktionen dient.

[0040] Der zur weiteren Auftrennung der Gasphase in Leichtsieder und nicht-kondensierte Gase bestimmte Kühler weist eine Heiz-/Kühlvorrichtung auf, mit der im Kühler eine definierte Temperatur - und damit die Zusammensetzung der Kohlenwasserstoff-Fraktionen - einstellbar ist.

[0041] Der Destillationskolonne bzw. dem Kühler nachgeschaltet können Adsorptions- und/oder Filtereinheiten zum Adsorbieren von Verunreinigungen aus der Leichtflüssigkeit und/oder dem Produkt-Diesel vorgesehen sein. Diese Adsorptions- beziehungsweise Filtereinheiten können mehrere Adsorber bzw. Filter umfassen, die abwechselnd zum Adsorbieren oder Regenerieren zu- oder abgeschaltet werden können.

[0042] In der Folge wird nun ein Gesamtverfahren vom angelieferten Abfall bis zu den Endprodukten im Detail beschrieben.

[0043] Gereinigte und vorsortierte polyolefinreiche Abfälle, in der Folge auch als Kunststoffwertstoffe bezeichnet, werden in einem Bunker gelagert. Die Vorsortierung kann mittels gängiger Verfahren durchgeführt werden. Dabei werden die Kunststoffe, z.B. PVC, PET anhand ihrer IR-Spektren oder anderer Merkmale erkannt und Fremdstoffe z.B. mittels eines punktuell platzierbaren Luftstroms entfernt. Trotz dieser Vorsortierung enthalten die Kunststoffwertstoffe möglicherweise immer noch geringe Anteile an Störstoffen, wie z.B. chlor- und/oder schwefelhaltige Verbindungen, Gummi, Metalle, Sand etc., die zu einem späteren Zeitpunkt innerhalb des Verfahrens entfernt werden.

[0044] Da das Aufbereitungsverfahren zur Verhinderung unerwünschter Oxidation unter weitgehendem Sauerstoffausschluss durchgeführt werden muss, werden die Kunststoffwertstoffe der Anlage vorzugsweise mit Hilfe des im Folgenden geschilderten Einbringsystems zugeführt. Dieses System besitzt den Vorteil, dass bei der Befüllung der Schmelzzonen und des Crackreaktors auf eine permanente Spülung mit Inertgas (Stickstoff) verzichtet werden kann, da das mit zumindest teilweise geschmolzenen Kunststoffwertstoffen befüllte Einbringsystem einen luftdichten Abschluss darstellt. Grundsätzlich ist die Anlage aber auch mit einem anderen Einbringsystem befüllbar.

[0045] Die exakte und reproduzierbare Dosierung im erfindungsgemässen Einbringsystem geschieht mit Hilfe von zwei Pufferbehältern, welche gewogen werden. Diese Pufferbehälter können gegebenenfalls mit Stickstoff beaufschlagt oder gespült werden. Vom jeweiligen Pufferbehälter aus geschieht die Befüllung des Systems mit Hilfe eines mechanischen Einbringsystems.

[0046] Dieses Einbringsystem selbst ist in mindestens zwei Zonen aufgeteilt, die unterschiedliche Aufgaben übernehmen. Das zu verarbeitende Kunststoffgemisch wird dem Einbringsystem aus den Pufferbehältern, die abwechselnd gefüllt bzw. entleert werden, kontinuierlich zugeführt und zwar zuerst in einen Verdichter, in dem es homogenisiert und im Wesentlichen durch Friktion erhitzt wird. Falls erforderlich kann die Erhitzung durch zusätzliches Heizen unterstützt werden, insbesondere über die Aussenwand des Verdichters, die, z.B. mit Thermoöl, beheizt werden kann. Im Verdichter sollte das Material auf eine Temperatur von 120 bis 150°C erhitzt werden, damit in dieser Stufe Wasserdampf ausgedampft und, insbesondere durch Anlegen eines leichten Vakuums, abgesaugt werden kann.

[0047] Danach wird das Material in einen vorzugsweise mit Thermoöl beheizten Extruder befördert und dort auf ca. 250 - 300°C erhitzt. Bei diesen Temperaturen werden schwefelhaltige und chlorhaltige Kunststoffanteile zerstört. HCl und H_2S werden aus dem Extruder mit einer Vakuumpumpe abgezogen. Die sauren Schadstoffe werden vorzugsweise mit Natronlauge im Rahmen einer Gaswäsche neutralisiert und entsorgt. Bei max. 300°C enthält das Abgas nur geringe Mengen an Kohlenwasserstoffen, Neben der Entfernung von Wasser, HCl und H_2S bei relativ geringen Temperaturen besitzt diese Technik zudem den Vorteil, dass bei der Befüllung der Heizvorrichtungen (Schmelzzonen) und des Crackreaktors auf eine permanente Spülung mit Inertgas

(Stickstoff) verzichtet werden kann, da das mit bereits teilweise geschmolzenem Kunststoff befüllte Einbringsystem bzw. der Extruder einen luftdichten Abschluss darstellt.

[0048] Der Extruder verdichtet und transportiert die Kunststoffwertstoffe in eine erste Heizvorrichtung, einen ersten Röhrenwärmetauscher, in welchem die Kunststoffwertstoffe durch die Röhren fliessen, die mit Thermoöl als Heizmedium umspült werden. Die gesamte Heizfläche der Röhren ist so gross gewählt, dass mit einer möglichst kleinen Temperaturdifferenz zwischen Heizmedium und Kunststoffwertstoffen gearbeitet werden kann. Damit wird eine Ablagerung von Koks durch Crackprozesse an den Röhrenwänden minimiert. Ein zusätzlicher Vorteil von Röhrenwärmetauschern ist, dass sie leicht zu reinigen sind. Um die Kunststoffwertstoffe vollständig zu schmelzen werden sie auf ca. 380°C erhitzt.

[0049] Der Ausgang der ersten Heizvorrichtung, des ersten Wärmetauschers, ist verbunden mit einer Rückführstrom-Leitung. Durch diese Rückführstrom-Leitung wird Rückführstrom, welcher aus dem Crackreaktor via einen als Schlackenaustrags-System fungierenden Zyklon-Separator geleitet wurde, der Kunststoffschmelze aus der ersten Heizvorrichtung zugemischt. Der gemischte Strom fliesst in eine zweite Heizvorrichtung, einen zweiten Röhrenwärmetauscher, in welchem die Kunststoffschmelze auf 400°C erhitzt wird. Aus diesem zweiten Wärmetauscher gelangen die geschmolzenen Kunststoffwertstoffe zusammen mit den bei dieser Temperatur bereits entstandenen Crackgasen in den Crackreaktor. In diesem Reaktor werden bei ca. 400°C die Kunststoff-Moleküle rein thermolytisch, d.h. ohne Verwendung von Katalysatoren, in ein im Wesentlichen gasförmiges Kohlenwasserstoff-Gemisch zerlegt (gecrackt).

[0050] Als gut geeignet hat sich beispielsweise ein Verfahren erwiesen, das mit grossen Wärmeaustauschflächen arbeitet, so dass trotz gutem Durchsatz mit Wärmeträgermittel einer Temperatur gearbeitet werden kann, die maximal ca. 20°C über der angestrebten Temperatur liegt. Durch diese Temperaturbeschränkung kann Koksbildung weitgehend vermieden oder zumindest stark reduziert werden.

[0051] Die Wärmeübertragung im Crackreaktor erfolgt zur Vermeidung von pyrolytischen Zersetzungsreaktionen vorzugsweise nicht oder nicht nur durch die Reaktorwand (Heizkesselprinzip). Vorzugsweise erfolgt der Wärmeeintrag über eine grosse Fläche mit einer möglichst kleinen Temperaturdifferenz, wodurch Anbacken und Koksbildung vermieden oder zumindest stark vermindert werden kann. Ein geeignetes Heizmittel sind mehrere innerhalb des Crackreaktors angeordnete Röhrenwärmetauscher oder Bündel von Heizrohren, die mit Wärmeträgermittel, insbesondere Wärmeträgeröl, gefüllt sind bzw. von Wärmeträgermittel durchströmt werden.

[0052] Die Röhrenwärmetauscher bzw. Heizrohre können innerhalb des Crackreaktors problemlos so angeordnet werden, dass auch bei deren Anwesenheit auf ein übliches, zentral angeordnetes Rührwerk verzichtet werden kann, d.h. dass alleine aufgrund des kontinuierlich abgepumpten und zurückgeführten Rückführstroms ausreichende Durchmischung der Schmelze erreicht wird.

[0053] Aufgrund der grossen Wärmeübertragungsflächen kann das Wärmeträgermedium, das zur Erhitzung der Kunststoffschmelze im Crackreaktor verwendet wird, auf einer vergleichsweise tiefen Temperatur von vorzugsweise 405°C bis maximal 420°C gehalten werden.

[0054] Am unteren Ende des Crackreaktors befindet sich ein Auslass, der zu einer Hochtemperaturflüssigkeitspumpe führt. Diese Pumpe ist in der Lage, Fluide mit einer Temperatur von 400°C zu pumpen, und wird nicht durch mögliche abrasive Bestandteile in der Kunststoffschmelze beeinträchtigt. Hochenergetische aber nicht in den gasförmigen Zustand übergehende pech- und teerartige Substanzen sowie der beim Cracken von Polymeren entstehende Kohlenstoffüberschuss werden durch ein Separatorsystem, insbesondere einen zylindrischen Zyklon-Separator mit damit verbundenem Sedimentationsbehälter, gepumpt. Beim Eintritt in den Zyklon-Separator wird die tangentiale Geschwindigkeit des Fluids aufgrund der Dimensionen des Zyklon-Separators erhöht.

[0055] Der Anstieg der Geschwindigkeit der Kunststoffschmelze in Kombination mit der zylindrischen Form des Zyklon-Separators führt zu einer Zentrifugalwirkung. Teilchen höherer Dichte werden zur Aussenseite des Zyklons geschwenkt, während leichtere Teilchen ihren Weg in die Mitte des Zyklon-Separators finden. Diese leichteren Teilchen werden zusammen mit einem Grossteil des geschmolzenen Kunststoffs durch ein Rohr aus dem Zyklon geleitet. Diese Rohr ist vorteilhafterweise parallel zur Zylinderachse und konzentrisch um diese herum angeordnet. Dieser aus dem Zyklon-Separator geleitete Strom wird wieder mit geschmolzenem Kunststoff, der aus der ersten Heizvorrichtung kommt, gemischt und über die zweite Heizvorrichtung in den Crackreaktor zurückgeleitet.

[0056] Die schwereren Teile fliessen im Zyklon-Separator nach unten, vorzugsweise in ein Absetzbecken, da diese immer noch grössere Mengen an geschmolzenem Plastik umfassen. Die Strömungsgeschwindigkeit im Absetzbecken ist sehr gering, so dass eine zusätzliche Trennung zwischen Teilen hoher und niedriger Dichte, bzw. Feststoffteilchen und geschmolzenem Kunststoff erreicht werden kann.

[0057] Eine im Absetzbecken erhaltene Phase, die reich ist an geschmolzenem Kunststoff, kann via Bypass zurückgeführt werden in die Rückführstromleitung, die abgeschiedene Phase höherer Dichte, welche die Feststoffe umfasst, wird entfernt und kann als hochenergetischer Brennstoff verwendet werden.

[0058] Das im Crackreaktor gebildete gasförmige Kohlenwasserstoff-Gemisch strömt aus dem Crackreaktor in einen Partialkondensator, und vorzugsweise zuerst

durch eine Füllkörperkolonne und dann erst in einen Partialkondensator. Dieser Partialkondensator ist vorzugsweise aktiv heiz- und/oder kühlbar, insbesondere kühlbar und ebenfalls vorzugsweise so eingestellt, dass Kohlenwasserstoffe, welche nicht dem gewünschten Produktcharakter, z.B. Diesel/Heizölcharakter entsprechen, kondensieren und zurück in den Crackreaktor fliessen, wo sie weiter gecrackt werden bis sie kürzer sind als Kohlenwasserstoffe mit z.B. maximal 22 C-Atomen und den Kondensator passieren können.

[0059] Mit dieser Technologie ist es möglich, die Bildung von langkettigen Kohlenwasserstoffen (Wachs / Paraffinen) weitgehend oder gar vollständig zu vermeiden.

[0060] Der bei niedrigeren Temperaturen siedende Teil (beispielsweise kleiner als C20 oder C22) wird durch den Kondensator nicht zurückgehalten und aus diesem in eine Quench/Destillationseinrichtung geschickt, in der eine Abtrennung der Leichtsieder und Gase (C1-C7/C8) vom Mitteldestillat (C8/C9 - C20/C22) durchgeführt wird. Diese Quench/Destillationseinrichtung umfasst einen Reboiler (Verdampfer) und eine Destillationskolonne.

[0061] Die Sumpftemperatur in dieser Quench/Destillationseinrichtung wird vorzugsweise durch einen Verdampfer, einen sogenannten Reboiler geregelt, welcher bis zu 400°C erhitzt werden kann. Kohlenwasserstoffe mit mehr als 22 C-atomen werden im Reboiler akkumuliert und aus dem Reboiler in den Crackreaktor zurückgepumpt.

[0062] Die Destillationskolonne ist zumindest teilweise als Füllkörperkolonne gestaltet. In einem mittleren Bereich, beispielsweise in der Mitte der Destillationskolonne ist zudem vorzugsweise ein Boden vorgesehen, bei dem zumindest ein Anteil der flüssigen Kohlenwasserstoffe aufgefangen wird. Diese flüssigen Kohlenwasserstoffe werden abgezogen und - vorzugsweise in einem Wärmetauscher - abgekühlt. Ein Teil der abgekühlten Flüssigkeit wird als Rezyklierstrom (Reflux) zur Temperatursteuerung oben in die Destillationskolonne zurückgeführt, vorzugsweise nach versetzen mit einem Radikalinhibitor, der als Stabilisator wirkt und die Neubildung von Paraffinen im Produkt-Diesel verhindert.

[0063] Der aus dem Destillationsschritt entnommene und vorzugsweise (infolge des mit einem solchen Inhibitor versetzten Refluxes) einen Radikalinhibitor enthaltende Produkt-Diesel wird - wie bereits oben erwähnt - vorzugsweise in einem weiteren Wärmetauscher abschliessend abgekühlt und gegebenenfalls mittels Adsorptions- und/oder Filtriereinrichtung gefiltert und aufbereitet. Nach dem Filtrationsschritt bzw. vor dem Einbringen in einen Lagerbehälter wird vorzugsweise ein Antioxidans zugesetzt, um den Abbau des Produkt-Diesels zu verhindern.

[0064] Der Dampf, der aus dem oberen Teil der Destillationseinrichtung austritt, umfasst die niedriger siedenden Komponenten (benzinartige Kohlenwasserstoffe, z.B. C1 bis C8). Dieser Dampf wird in einem aktiv kühlbaren Kondensator abgekühlt. Das Kondensat, ein Leichtsieder (z.B. C5-C8), wird in einen Vorratsbehälter abgelassen. Der bei Raumtemperatur nicht kondensierte Teil, C1 bis C4 bzw. Methan bis Butan wird - gegebenenfalls nach Reinigung, z.B. mittels Adsorptions-/Desorptionsverfahren - entweder mittels eines Kompressors in einen Vorratsbehälter verbracht, aus dem er zu einem späteren Zeitpunkt in einem Brenner zum Erhitzen des Wärmeträgermittels verwendet werden kann, oder er wird direkt einem solchen Brenner zugeführt.

[0065] Obschon hier ein Gesamtverfahren beschrieben wird, sind darin einzelne erfinderische Aspekte enthalten, die auch zur Verbesserung bestehender Anlagen verwendet werden können. Solche Aspekte sind:

(i) Eintrag der Kunststoffwertstoffe über das spezielle Eintragssystem. Dieses Eintragssystem ermöglicht Prozessführung ohne bzw. mit geringen Mengen Inertgas (Stickstoff), was die Brennbarkeit der aus dem System abgeführten kohlenwasserstoffhaltigen Gase (C1-C4) verbessert.

(ii) Durch die Verwendung des speziellen Eintragssystems, das in der ersten Zone, dem Verdichter, bei Temperaturen von 120°C - 150°C arbeitet, wird der Anteil an Wasserdampf stark reduziert, was zu einer Optimierung des Gasvolumens führt.

(iii) Durch die Anordnung des Extruders vor den Heizvorrichtungen und vor dem Crackreaktor und durch dessen Betrieb bei 250-300°C werden Schadstoffgase, wie HCl und H_2S, ausgetrieben, ohne dass bereits merkbare Mengen an Kohlenwasserstoffen verloren gingen. Diese frühe Abtrennung von sauren Gasen führt zu einer stark verminderten Korrosion der nachfolgenden, bei höheren Temperaturen betriebenen Vorrichtungen.

(iv) Durch den Partialkondensator, insbesondere mit vorgeschalteter Füllstoffkolonne, wird verhindert, dass Kohlenwasserstoffe, die eine gewünschte Länge überschreiten, ins Destillationssystem gelangen.

(v) Die Destillationseinrichtung ermöglicht eine sehr genaue Auftrennung der Kohlenwasserstoff-Fraktionen in eine flüssige Fraktion, z.B. Produkt-Diesel, und eine gasförmige Fraktion, z.B. Leichtsieder/nicht-kondensierte Gase. Durch die Einstellung der Sumpftemperatur im Reboiler einerseits, und durch die Einstellung der Temperatur bzw. des Temperaturprofils in der Destillationskolonne durch Anpassung des Refluxes an Produkt-Diesel lässt sich die Auftrennung des aus dem Crackreaktor direkt stammenden Gasstroms in kurzkettige und langkettige Fraktionen gezielt steuern.

(vi) Ein Teil der geschmolzenen Kunststoffmischung wird aus dem Crackreaktor und durch einen Zyklon-Separator gepumpt, wo die Teilchen mit hoher Dichte abgetrennt werden. Um eine bessere Trennung zu erzielen, wird die Fraktion mit hoher Dichte aus dem Zyklon in einen Sedimentations-/Absetztank geführt, in dem die Flüssigkeit genügend Zeit hat, um ein stabiles Gleichgewicht zwischen leichteren

und schwereren Teilchen zu erreichen, so dass ein weiterer Anteil an Kunststoffschmelze zurückgeführt werden kann. Durch dieses Abpumpen von Bodenmaterial aus dem Crackreaktor und Abscheiden von Feststoffen bzw. Produkten hoher Dichte im Separatorsystem wird einerseits die Bildung von Ablagerungen im Crackreaktor vermindert oder gar verhindert, andererseits wird durch die im Kreislauf geführte Kunststoffschmelze eine Durchmischung im Crackreaktor erzielt, die ein zusätzliches Mischen oft überflüssig macht.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0066] Weitere Ausgestaltungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figur.

[0067] Die Figur zeigt schematisch den Aufbau einer erfindungsgemäss bevorzugten Anlage. Darin haben die Bezugszeichen die folgenden Bedeutungen:

1 Verdichter
2 Extruder
3 erste Heizvorrichtung (erster Wärmetauscher)
4 zweite Heizvorrichtung (zweiter Wärmetauscher)
5 Crackreaktor
6 Heizung für Crackreaktor (Wärmetauscher)
7 Hochtemperaturpumpe
8 Zyklon-Separator
9 Sedimentationsbehälter/Absetzbehälter
10 Rückführstrom-Leitung
11 Partialkondensator
12 Füllkörperkolonne
13 Reboiler (Verdampfer)
14 Destillationskolonne
15 Füllkörperkolonne
16 Zwischenboden
17 Rezyklierstrom-Leitung

Weg(e) zur Ausführung der Erfindung

[0068] Das Verfahren zur Gewinnung von Kohlenwasserstoffen, insbesondere einzelner Fraktionen von Kohlenwasserstoffen, aus Kunststoffabfällen, insbesondere Polyolefinabfällen, mittels pyrolytischen Crackens, wird nun anhand des in der Figur dargestellten Anlageschemas genauer beschrieben.

[0069] Die Befüllung des Verdichters 1 erfolgt vorzugsweise über zwei Puffersysteme (nicht gezeigt), die mit Stickstoff beaufschlagt oder gespült sind, und die gewogen werden können, um die eingebrachte Menge an Kunststoffwertstoffen genau bestimmen und regeln zu können. Dank der beiden Puffersysteme kann die Anlage kontinuierlich betrieben werden, da das eine Puffersystem gefüllt wird währenddem das andere Puffersystem entleert wird.

[0070] Im Verdichter 1 werden die Kunststoffwertstoffe homogenisiert, verdichtet und im Wesentlichen durch Friktion erhitzt, falls nötig unterstützt durch eine Thermoölheizung, vorzugsweise in der Aussenwand des Verdichters, insbesondere eines Schraubenverdichters. Die Erhitzung in diesem Verdichter auf 120-150°C, erlaubt die Entfernung des grössten Teils des enthaltenen Wassers. Die Wasserentfernung kann durch Anlegen eines Vakuums unterstützt werden und wird vorzugsweise durch Anlegen eines Vakuums unterstützt.

[0071] Aus dem Verdichter 1 werden die getrockneten, verdichteten Kunststoffwertstoffe in einen vorzugsweise mit Thermoöl beheizten Extruder 2 gefördert und weiter auf ca. 250 - 300°C erhitzt, so dass zumindest ein Teil der Kunststoffwertstoffe geschmolzen wird. Am Extruder 2 saugt eine Vakuumpumpe die Schadgase, insbesondere die sauren Gase HCl und H_2S, ab. Dieses Eintrag-System 1,2, gebildet aus Verdichter 1 und Extruder 2, bzw. diese Eintragstechnik besitzt zudem den Vorteil, dass bei der Befüllung der Schmelzzonen und des Crackreaktors auf eine permanente Spülung mit Inertgas (Stickstoff) verzichtet werden kann, da das mit geschmolzener Plastik befüllte System einen luftdichten Abschluss darstellt.

[0072] Aus diesem Eintrag-System 1,2 gelangt das zumindest teilweise geschmolzene Plastik in eine erste Heizvorrichtung, einen ersten Röhrenwärmetauscher, 3 in dem die Kunststoffwertstoffe auf eine Temperatur von 300°C bis 380°C aufgeheizt werden, so dass aller Kunststoff geschmolzen vorliegt.

[0073] Nach dem Wärmetauscher 3 werden die aus diesem austretenden Kunststoffwertstoffe gemischt mit einem Rückführstrom. Dieser Rückführstrom wird aus dem Crackreaktor 5 mittels der Hochtemperaturpumpe 7 entnommen und in der Rückführstrom-Leitung 10 über den Zyklon-Separator 8 in den aus dem Wärmetauscher 3 austretenden Strom an Kunststoffwertstoffen geleitet.

[0074] Die Flüssigphase, gebildet aus den aus Wärmetauscher 3 stammenden geschmolzenen Kunststoffwertstoffen und dem Rückführstrom, wird in einer zweiten Heizvorrichtung, einem zweiten Wärmetauscher, 4 bei einer Temperatur von 380°C bis 400°C - falls noch notwendig - weiter aufgeschmolzen, wobei bereits ein thermisches Cracken einsetzen kann. Die geschmolzenen Kunststoffwertstoffe, zusammen mit bereits gebildeten kohlenwasserstoffhaltigen Dämpfen, werden anschliessend dem Crackreaktor 5 zugeführt, der gegebenenfalls mittels Wärmetauscher 6 geheizt werden kann und in dem die geschmolzenen Kohlenwasserstoffe bei ca. 400°C aufgespalten (gecrackt) werden. Die gesamte Kunststoffschmelze, die sich im Crackreaktor 5 und im zweiten Wärmetauscher 4 befindet, wird mittels der Hochtemperaturpumpe 7 permanent umgewälzt. Dadurch wird einerseits eine gute Durchmischung erreicht, andererseits dient sie gleichzeitig dazu die Schlacke aus dem Crackreaktor in das Separator-System 8,9, gebildet aus Zyklon-Separator 8 und dem Sedimentationstank 9 zu pumpen, aus dem sie ausgetragen werden kann. Bei dieser Schlacke handelt es sich zum überwiegenden Teil

um hochenergetische aber nicht in den gasförmigen Zustand übergehende pech- und teerartige Substanzen, sowie um den beim Cracken von Polymeren entstehenden Kohlenstoffüberschuss.

[0075] Die den Crackreaktor verlassenden gasförmigen Kohlenwasserstoffe werden einer Füllstoffkolonne mit anschliessendem Partialkondensator 10 zugeführt, in denen langkettige Kohlenwasserstoffe (länger als z.B. C22) kondensieren, in den Crackreaktor 5 zurückgeführt und solange gecrackt werden, bis sie eine Kettenlänge von - je nach Einstellung - maximal C20 bis C22 haben.

[0076] Die Gase, welche nicht in der üblicherweise unbeheizten Füllkörperkolonne 12 beziehungsweise im Partialkondensator 11 kondensieren (C1-C20/C22) werden einer Destillationseinrichtung 13,14,15,16 zugeführt, in der sie in eine gasförmige und eine flüssige Fraktion zerlegt und aus der die flüssige Fraktion als Mitteldestillat, die gasförmige Fraktion als Leichtsieder und nicht kondensierte Gase aus der Destillationseinrichtung 13, 14, 15, 16 abgezogen werden.

[0077] Die Destillationseinrichtung 13,14,15,16 umfasst einen Reboiler 13 und eine Destillationskolonne 14. Die Destillationskolonne 14 weist vorzugsweise einen als Füllkörperkolonne 15 gestalteten Bereich auf und, gegebenenfalls innerhalb dieses Füllkörperenthaltenden Bereichs oder vorzugsweise oberhalb dieses Bereichs einen Zwischenboden 16, auf dem flüssige Fraktion (Produkt-Diesel) aufgefangen wird und abgeleitet werden kann. Der aus der Destillationseinrichtung 13,14,15,16 abgeleitete Produkt-Diesel wird vorzugsweise mittels eines Wärmetauschers abgekühlt und ein Teil dieses gekühlten Produkt-Diesels kann zur Einstellung optimaler Temperaturverhältnisse in die Destillationseinrichtung via Rezyklierstrom-Leitung 17 zurückgeführt werden. Üblicherweise erfolgt die Rückführung, der Reflux, oben in die Destillationsvorrichtung, auf jeden Fall aber oberhalb des Zwischenbodens 16, der Entnahmestelle des Produkt-Diesels.

[0078] Dem als Reflux dienenden Produkt-Diesel wird vorzugsweise ein Radikalinhibitor zugesetzt, der die Entstehung langkettiger Paraffine etc. verhindert. Diese Zugabe erfolgt geeigneterweise nach dem Wärmetauscher und nach dem Abzweigen des Refluxstroms.

[0079] Die abgezogenen Flüssigkeiten können in Adsorptions- und /oder Filtersystemen gereinigt und eventuell störende Bestandteile (z.B. organische Säuren) entfernt werden, bevor die Kohlenwasserstoffe in einen Lagertank überführt werden.

[0080] Vor dem Einlagern des Produkt-Diesels ist es bevorzugt, diesem mindestens einen Stabilisator zuzugeben.

[0081] Sowohl Radikalinhibitoren wie auch Stabilisatoren und Antioxidantien sind dem Fachmann geläufig. Ein geeigneter Radikalinhibitor ist z.B. BHT (Butylhydroxitoluol), geeignete Stabilisatoren sind z.B. stark basische Amine und ein geeignetes Antioxidans ist z.B. Phenyldiamin.

[0082] Während in der vorliegenden Anmeldung bevorzugte Ausführungen der Erfindung beschrieben sind, ist klar darauf hinzuweisen, dass die Erfindung nicht auf diese beschränkt ist und in auch anderer Weise innerhalb des Umfangs der folgenden Ansprüche ausgeführt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gewinnen von Kohlenwasserstoffen aus kunststoffhaltigen Abfällen und organischen Flüssigkeiten auf der Basis von Erdöl, gesamthaft bezeichnet als Kunststoffwertstoffe , vorzugsweise aus polyolefinreichen Kunststoffwertstoffen, mittels rein thermolytischen Crackens in einem Crackreaktor (5), dem eine erste Heizvorrichtung (3) und eine zweite Heizvorrichtung (4) vorgeschaltet sind, ohne Verwendung von Katalysatoren, wobei

   (b1) die gegebenenfalls und vorzugsweise bereits teilweise geschmolzenen Kunststoffwertstoffe einer ersten Heizvorrichtung (3) zugeführt werden, in der sie bei einer Temperatur von 300°C bis 380°C (weiter) aufgeschmolzen werden,
   (b2) die geschmolzenen Kunststoffwertstoffe zusammen mit Rückführstrom, welcher aus dem Crackreaktor (5) abgepumpt wurde, einer zweiten Heizvorrichtung (4) zugeleitet werden, in der sie weiter erhitzt werden auf Temperaturen von 380°C bis 400°C,
   (b3) die geschmolzenen Kunststoffwertstoffe zusammen mit bereits gebildeten kohlenwasserstoffhaltigen Dämpfen aus der zweiten Heizvorrichtung (4) dem Crackreaktor (5) zugeführt werden, in dem die geschmolzenen Kunststoffwertstoffe bei ca. 400°C weiter aufgespalten (gecrackt) werden, wobei die gasförmigen Kohlenwasserstoffe einem Partialkondensator (11) zugeführt werden, in dem langkettige Kohlenwasserstoffe kondensieren und in den Crackreaktor (5) zurückgeführt werden,
   (b4) kurzkettige Kohlenwasserstoffe aus dem Crackraktor (5) austreten und einer Destillationseinrichtung zugeführt werden, in der sie in eine gasförmige Fraktion und in eine flüssige Fraktion zerlegt werden,
   (b5) hochenergetische aber nicht in den gasförmigen Zustand übergehende pech- und teerartige Substanzen, sowie beim thermolytischen Cracken von Polymeren entstehender Kohlenstoffüberschuss zusammen mit dem Rückführstrom aus dem Crackreaktor (5) abgepumpt und mittels eines Separator-Systems (8, 9) aufgetrennt werden in Rückführstrom und Rückstand, wobei der Rückführstrom zwischen der ersten Heizvorrichtung (3) und der zweiten Heizvorrichtung (4) den in Heizvorrichtung (3) ge-

schmolzenen Kunststoffwertstoffen beigemischt und der Rückstand in einen Auffangbehälter geleitet wird.

2. Verfahren gemäss Anspruch 1, wobei die Zuführung der Kunststoffabfälle zur ersten Heizvorrichtung via ein Eintrag-System (1, 2) erfolgt, in dem

(a2) in einer ersten Stufe in einem mechanischen Verdichter (1) bei 120 bis 150°C Wasserdampf abgeführt wird und eine Verdichtung und Trocknung erfolgt,
(a3) in einer zweiten Stufe, in einem Extruder (2), bei 250 bis 300°C zumindest partielles Aufschmelzen und Entfernung saurer Gase, insbesondere von
HCl und H_2S, mittels Vakuum und gegebenenfalls anschliessender Gaswäsche erfolgt.

3. Verfahren gemäss Anspruch 2, wobei die Verdichtung in der ersten Stufe (a2) mittels eines Schraubenverdichters erfolgt.

4. Verfahren gemäss Anspruch 2 oder 3, wobei (a1) die Kunststoffwertstoffe über ein System von mindestens zwei und bevorzugt zwei gegebenenfalls mit Inertgas, insbesondere Stickstoff, gespülte Pufferbehälter in das Eintrag-System (1, 2) eingebracht werden, wobei mindestens ein und bevorzugt ein Pufferbehälter gefüllt wird, währendem mindestens ein anderer und bevorzugt ein anderer Pufferbehälter in das Eintrag-System (1, 2) entleert wird, und wobei alle (beide) Pufferbehälter mit einem Wägesystem verbunden sind, welches ein dosiertes Befüllen des Einbringsystems mit Kunststoffabfall gestattet.

5. Verfahren gemäss irgendeinem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Rückführstrom erhalten wird, indem unten aus dem Crackreaktor (5) mittels Hochtemperaturpumpe (7) geschmolzene Kunststoffwertstoffe, hochenergetische aber nicht in den gasförmigen Zustand übergehende pech- und teerartige Substanzen, sowie beim Cracken von Polymeren entstehender Kohlenstoffüberschuss abgepumpt und einem Separator-System (8, 9) zugeleitet werden, wobei das Separator-System (8, 9) einen Zyklon-Separator (8) und einen Sedimentier-/Absetzbehälter (9) umfasst.

6. Verfahren gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die gasförmigen Kohlenwasserstoffe aus dem Crackreaktor (5) dem Partialkondensator (11) über eine Füllkörperkolonne (12) zugeführt werden.

7. Verfahren gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Gase aus dem Crackreaktor (5) nach dem Partialkondensator (11) einer Destillationseinrichtung (13, 14, 15, 16) umfassend einen Reboiler (13) und eine Destillationskolonne (14), zugeführt werden, wobei die Destillationskolonne (14) eine Füllkörperkolonne (15) und einen Zwischenboden (16) aufweist, wobei die Gase aus dem Crackreaktor (5) in der Destillationseinrichtung (13, 14, 15, 16) in eine gasförmige Fraktion und in eine flüssige Fraktion zerlegt werden, wobei die flüssige Fraktion am Zwischenboden (16) als Produkt-Diesel und die gasförmige Fraktion oben an der Kolonne abgezogen werden, wobei aus der abgezogenen gasförmigen Fraktion die Leicht-sieder (z.B. C5-C7) kondensiert und von den nicht kondensierten Gasen (z.B. C1-C4) abgetrennt werden.

8. Verfahren gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anlage kontinuierlich betrieben wird.

9. Verfahren gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, worin die erste Heizvorrichtung (3) und die zweite Heizvorrichtung (4) je ein mit Thermoöl umspülter Röhrenwärmetauscher sind.

10. Verfahren gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Partialkondensator (11) auf eine Temperatur von 150°C bis 350°C einstellbar ist, vorzugsweise auf 300°C, wodurch auch die Kettenlänge der Moleküle, die den Partialkondensator passieren können, festgelegt werden kann, wobei vorzugsweise über Temperatureinstellung im Partialkondensator, in welchem ein Teil der gasförmigen Fraktion kondensiert wird, die Art der Kohlenwasserstoffgemische definiert wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die thermische Feintrennung des aus dem Crackreaktor (5) austretenden Gases in der Destillationskolonne (14) mittels Gegenstromdestillation durchgeführt wird, derart, dass ein Teil des am Zwischenboden (16) abgezogenen Produkt-Diesels, vorzugsweise nach Kühlung und vorzugsweise versetzt mit Radikalinhibitor, über eine Rezyklierstrom-Leitung (17) oben in die Destillationskolonne zurückgeführt wird, wobei vorzugsweise wobei über Temperatureinstellung in der Destillationskolonne (14) die Art der Kohlenwasserstoffgemische definiert wird.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei im Produkt-Diesel und/oder im Leichtsieder allenfalls noch vorliegende Verunreinigungen, insbesondere schwefelhaltige Verbindungen, Halogen-Säuren und organische Säuren, durch Adsorption und/oder Filtrierung entfernt werden.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-

che, wobei kurzkettige, nach dem Kondensator gasförmig vorliegende Kohlenwasserstoffe (z.B. C1-C4), gegebenenfalls nach Komprimierung und Zwischenlagerung, als Brennstoff energetisch genutzt werden.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Wärmeaustauschflächen zur Temperatureinstellung so bemessen sind, dass mit Wärmeträgermittel einer Temperatur gearbeitet werden kann, die maximal 20°C über der angestrebten Temperatur liegt.

15. Vorrichtung zum Aufbereiten von kunststoffhaltigen Abfällen und organischen Flüssigkeiten auf der Basis von Erdöl, gesamthaft bezeichnet als Kunststoffwertstoffe, umfassend eine erste Heizvorrichtung (3), eine zweite Heizvorrichtung (4), einen Crackreaktor (5), und eine Rückführstrom-Leitung (10), die von einem unteren Bereich des Crackreaktors via ein Separator-System (8, 9) in die Zuleitung der geschmolzenen Kunststoffwertstoffe aus der ersten Heizvorrichtung (3) in die zweite Heizvorrichtung (4) führt, wobei der Crackreaktor (5) einen Partialkondensator (11) aufweist, der eine Kühl-/Heizvorrichtung aufweist, die dazu ausgelegt ist, dass in dem Partialkondensator (11) eine definierte Temperatur einstellbar ist, und wobei das Separator-System (8, 9) einen Zyklon-Separator (8) umfasst.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei die erste Heizvorrichtung (3) und die zweite Heizvorrichtung (4) je ein mit Thermoöl umspülter Röhrenwärmetauscher sind,
wobei die Heizvorrichtungen (3, 4) und der Crackreaktor (5) unabhängig voneinander regelbare Heizungen haben,
und/oder wobei die Heizvorrichtungen (3, 4) Wärmetauscher sind., die als Rohrwärmetauscher ausgeführt sind, wobei die Rohre mit den geschmolzenen Kunststoffwertstoffen gefüllt sind und von Thermoöl umspült werden.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, wobei das Separator-System (8, 9) neben dem Zyklon-Separator (8) einen ausserhalb der Rückführstrom-Leitung (10) aber mit dem Zyklon-Separator verbundenen Sedimentations-/Absetz-behälter (9) aufweist, der via Bypass heizvorrichtungs-seitig mit der Rückführstrom-Leitung (10) verbunden ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei die Kühl-/Heizvorrichtung einen Wärmeträger umfasst, der mittels einer Temperiereinheit auf eine zum Einstellen der definierten Temperatur nötige Temperatur bringbar ist, wobei ein bevorzugter Wärmeträger ein Thermoöl ist,
wobei vorzugsweise im Crackreaktor (5) dem Partialkondensator (11) vorgeschaltet eine Füllkörperkolonne (12) angeordnet ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, worin dem Crackreaktor (5) nachgeschaltet eine Destillationseinheit (13, 14, 15, 16) umfassend einen Reboiler und eine Destillationskolonne (14), angeordnet ist, wobei die Destillationskolonne (14) einen Zwischenboden (16) aufweist, derart, dass am Zwischenboden flüssige Fraktion und oben an der Kolonne gasförmige Fraktion abgezogen werden kann, wobei vorzugsweise der Destillationskolonne (14) nachgeschaltet, ein Kühler zum Kühlen der flüssigen Fraktion und/oder ein Kondensator zum teilweisen Kondensieren der gasförmigen Fraktion angeordnet ist, wobei der Kühler und/o-der der Kondensator eine Heiz-/Kühlvorrichtung aufweist mit der im Kühler und/oder im Kondensator eine definierte Temperatur einstellbar ist,
wobei vorzugsweise die Destillationskolonne (14) mindestens teilweise als Füllkörperkolonne (15) gestaltet ist
und wobei vorzugsweise die Destillationskolonne (14) mit einer Rezyklierstrom-Leitung (17) versehen ist, derart, dass ein Teil der aus der Destillationskolonne (14) abgezogenen flüssigen Fraktion oberhalb des Zwischenbodens (16), der Entnahmestelle, in die Destillationskolonne (14) zurückgeleitet werden kann.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, mit mindestens einer Adsorptionsbeziehungsweise Filtereinheit zum Adsorbieren von Verunreinigungen aus der flüssigen Fraktion oder dem kondensierten Teil der gasförmigen Fraktion, wobei die Adsorptions- beziehungsweise Filtereinheit vorzugsweise mehrere Adsorber bzw. Filter hat, die abwechselnd zum Adsorbieren oder Regenerieren zu- oder abgeschaltet werden können.

Claims

1. Method for recovering hydrocarbons from plastic-containing waste and organic liquids based on oil, collectively referred to as recyclable plastic materials, preferably from polyolefin-rich recyclable plastic materials, by means of purely thermolytic cracking in a cracking reactor (5), with a first heating device (3) and a second heating device (4) being arranged upstream thereof, without the use of catalysts, wherein

(b1) the optionally and preferably already partially melted recyclable plastic materials are fed to a first heating device (3) in which they are (further) melted at a temperature of from 300°C to 380°C,

(b2) the melted recyclable plastic materials together with the recycle stream which has been pumped out of the cracking reactor (5) are supplied to a second heating device (4) in which they are further heated to temperatures of from 380°C to 400°C, (b3) the melted recyclable plastic materials together with already formed hydrocarbon-containing vapors are fed from the second heating device (4) to the cracking reactor (5), in which the melted recyclable plastic materials are further split (cracked) at approx. 400°C, wherein the gaseous hydrocarbons are fed to a partial condenser (11) in which long-chain hydrocarbons condense and are returned to the cracking reactor (5),
(b4) short-chain hydrocarbons exit the cracking reactor (5) and are fed to a distillation apparatus in which they are broken down into a gaseous fraction and a liquid fraction,
(b5) high-energy pitch-like and tar-like substances which do not change into the gaseous state and excess carbon which results during the thermolytic cracking of polymers are pumped out of the cracking reactor (5) together with the recycle stream and are separated into recycle stream and residue by means of a separator system (8, 9), wherein the recycle stream, between the first heating device (3) and the second heating device (4), is admixed with the recyclable plastic materials melted in the heating device (3) and the residue is conducted into a collecting tank.

2. Method according to claim 1, wherein the plastic waste is fed to the first heating device via an entry system (1, 2) in which

(a2) in a first stage, water vapor is removed in a mechanical compressor (1) at 120 to 150°C and is compressed and dried,
(a3) in a second stage, in an extruder (2), acidic gases, in particular HCl and H_2S, are at least partially melted and removed at 250 to 300°C by means of a vacuum, optionally followed by gas scrubbing.

3. Method according to claim 2, wherein the compression in the first stage (a2) is carried out by means of a screw compressor.

4. Method according to either claim 2 or claim 3, wherein (a1) the recyclable plastic materials are introduced into the entry system (1, 2) via a system of at least two, and preferably two, buffer tanks which are optionally flushed with inert gas, in particular nitrogen, wherein at least one, and preferably one, buffer tank is filled while the at least one other, and preferably one other, buffer tank is emptied into the entry system (1, 2), and wherein all (both) buffer tanks are connected to a weighing system which allows the introduction system to be filled with plastic waste in a metered manner.

5. Method according to any of the preceding claims, wherein the recycle stream is obtained by melted recyclable plastic materials, high-energy pitch-like and tar-like substances which do not change into the gaseous state and excess carbon which results during the cracking of polymers being pumped out from the bottom of the cracking reactor (5) by means of a high-temperature pump (7) and being supplied to a separator system (8, 9), wherein the separator system (8, 9) comprises a cyclone separator (8) and a sedimentation/settling tank (9).

6. Method according to any of the preceding claims, wherein the gaseous hydrocarbons are fed from the cracking reactor (5) to the partial condenser (11) via a packed column (12).

7. Method according to any of the preceding claims, wherein the gases are fed from the cracking reactor (5), after the partial condenser (11), to a distillation apparatus (13, 14, 15, 16) comprising a re-boiler (13) and a distillation column (14), wherein the distillation column (14) has a packed column (15) and an intermediate bottom (16), wherein the gases from the cracking reactor (5) are broken down in the distillation apparatus (13, 14, 15, 16) into a gaseous fraction and into a liquid fraction, wherein the liquid fraction is removed at the intermediate bottom (16) as a diesel product and the gaseous fraction is removed at the top of the column, wherein the low-boiling component (e.g. C5-C7) is condensed from the removed gaseous fraction and separated from the non-condensed gases (e.g. C1-C4).

8. Method according to any of the preceding claims, wherein the system is operated continuously.

9. Method according to any of the preceding claims, wherein the first heating device (3) and the second heating device (4) are each tube heat exchangers flushed with thermal oil.

10. Method according to any of the preceding claims, wherein the partial condenser (11) can be set at a temperature of from 150°C to 350°C, preferably at 300°C, as a result of which the chain length of the molecules which can pass through the partial condenser can be determined, wherein the type of the hydrocarbon mixtures is preferably defined via temperature setting in the partial condenser in which some of the gaseous fraction is condensed.

11. Method according to any of the preceding claims,

wherein the thermal fine separation of the gas exiting the cracking reactor (5) is carried out in the distillation column (14) by means of counter-current distillation such that some of the diesel product removed at the intermediate bottom (16) is returned to the top of the distillation column via a recycling stream line (17), preferably after cooling and preferably mixed with a radical inhibitor, wherein the type of the hydrocarbon mixtures is preferably defined via temperature setting in the distillation column (14).

12. Method according to any of the preceding claims, wherein any impurities, in particular sulfur-containing compounds, halogen acids and organic acids, still present in the diesel product and/or in the low-boiling component are removed by adsorption and/or filtration.

13. Method according to any of the preceding claims, wherein short-chain hydrocarbons (e.g. C1-C4) present as a gas downstream of the condenser, optionally after compression and intermediate storage, are used as fuel for energy.

14. Method according to any of the preceding claims, wherein heat exchange surfaces for setting the temperature are dimensioned such that it is possible to work with a heat transfer medium which is at a temperature which is at most 20°C above the desired temperature.

15. Device for processing plastic-containing waste and organic liquids based on oil, collectively referred to as recyclable plastic materials, comprising a first heating device (3), a second heating device (4), a cracking reactor (5), and a recycle stream line (10) which leads from a lower region of the cracking reactor via a separator system (8, 9) into the supply of the melted recyclable plastic materials from the first heating device (3) into the second heating device (4), wherein the cracking reactor (5) has a partial condenser (11) which has a cooling/heating device which is designed such that a defined temperature can be set in the partial condenser (11), and wherein the separator system (8, 9) comprises a cyclone separator (8).

16. Device according to claim 15, wherein the first heating device (3) and the second heating device (4) are each tube heat exchangers flushed with thermal oil, wherein the heating devices (3, 4) and the cracking reactor (5) have independently controllable heaters, and/or wherein the heating devices (3, 4) are heat exchangers which are designed as tube heat exchangers, wherein the tubes are filled with the melted recyclable plastic materials and are flushed with thermal oil.

17. Device according to either claim 15 or claim 16, wherein, in addition to the cyclone separator (8), the separator system (8, 9) has a sedimentation/settling tank (9) which is outside the recycle stream line (10) but connected to the cyclone separator, and which is connected to the recycle stream line (10) via the bypass on the heating-device side.

18. Device according to any of claims 15 to 17, wherein the cooling/heating device comprises a heat transfer medium which can be brought to a temperature necessary for setting the defined temperature by means of a temperature control unit, wherein a preferred heat transfer medium is a thermal oil, wherein a packed column (12) is preferably arranged upstream of the partial condenser (11) in the cracking reactor (5).

19. Device according to any of claims 15 to 18, wherein a distillation unit (13, 14, 15, 16) comprising a reboiler and a distillation column (14) is arranged downstream of the cracking reactor (5), wherein the distillation column (14) has an intermediate bottom (16) such that liquid fraction can be removed at the intermediate bottom and gaseous fraction can be removed at the top of the column, wherein a cooler for cooling the liquid fraction and/or a condenser for partially condensing the gaseous fraction is arranged preferably downstream of the distillation column (14), wherein the cooler and/or the condenser has a heating/cooling device by means of which a defined temperature can be set in the cooler and/or in the condenser, wherein the distillation column (14) is preferably at least partially designed as a packed column (15), and wherein the distillation column (14) is preferably provided with a recycling stream line (17) such that some of the liquid fraction removed from the distillation column (14) can be returned to the distillation column (14) above the intermediate bottom (16), which is the removal point.

20. Device according to any of claims 15 to 20, comprising at least one adsorption or filter unit for adsorbing impurities from the liquid fraction or the condensed part of the gaseous fraction, wherein the adsorption or filter unit preferably has a plurality of adsorbers or filters which can be switched on or off alternately for adsorbing or regenerating.

Revendications

1. Procédé d'obtention d'hydrocarbures à partir de déchets contenant du plastique et de liquides organiques à base de pétrole, appelés collectivement matières plastiques recyclables, de préférence à partir de matières plastiques recyclables riches en polyoléfine, par craquage purement thermolytique dans

un réacteur de craquage (5), auquel un premier dispositif de chauffage (3) et un second dispositif de chauffage (4) sont connectés en amont, sans utilisation de catalyseurs, dans lequel

(b1) les matières plastiques recyclables éventuellement et de préférence déjà partiellement fondues sont amenées dans un premier dispositif de chauffage (3) dans lequel elles sont fondues (encore davantage) à une température de 300 °C à 380 °C, (b2) les matières plastiques recyclables fondues ainsi que le flux de recyclage, qui a été pompé hors du réacteur de craquage (5), sont conduits à un second dispositif de chauffage (4), dans lequel ils sont en outre chauffés à des températures de 380 °C à 400 °C, (b3) les matières plastiques recyclables fondues ainsi que les vapeurs contenant des hydrocarbures déjà formées sont amenées du second dispositif de chauffage (4) au réacteur de craquage (5), dans lequel les matières plastiques recyclables fondues sont ensuite divisées (craquées) à environ 400 °C, les hydrocarbures gazeux étant amenés dans un condenseur partiel (11) dans lequel les hydrocarbures à longue chaîne se condensent et sont renvoyés vers le réacteur de craquage (5),
(b4) les hydrocarbures à chaîne courte sortent du réacteur de craquage (5) et sont conduits dans une unité de distillation dans laquelle ils sont décomposés en une fraction gazeuse et une fraction liquide,
(b5) les substances de type brai et goudron à haute énergie qui ne passent pas à l'état gazeux, ainsi que l'excès de carbone généré lors du craquage thermolytique des polymères sont pompés hors du réacteur de craquage (5) avec le flux de recyclage et séparés en flux de recyclage et résidus au moyen d'un système de séparateur (8, 9), le flux de recyclage étant mélangé, entre le premier dispositif de chauffage (3) et le second dispositif de chauffage (4), avec les matières plastiques recyclables fondues dans le dispositif de chauffage (3) et le résidu étant conduit à un récipient collecteur.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les déchets plastiques sont amenés dans le premier dispositif de chauffage par l'intermédiaire d'un système d'entrée (1, 2) dans lequel

(a2) dans une première étape, la vapeur d'eau est évacuée dans un compresseur mécanique (1) à 120 à 150 °C et une compression et un séchage sont effectués,
(a3) dans une seconde étape, dans une extrudeuse (2), à 250 à 300 °C, les gaz acides, en particulier de HCl et H_2S, sont au moins partiellement fondus et éliminés, au moyen du vide et, le cas échéant, lavés ultérieurement.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la compression à la première étape (a2) a lieu au moyen d'un compresseur à vis.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel (a1) les matières plastiques recyclables sont introduites dans le système d'entrée (1, 2) par l'intermédiaire d'un système d'au moins deux et de préférence deux conteneurs tampons éventuellement rincés avec du gaz inerte, en particulier de l'azote, au moins un et de préférence un conteneur tampon étant rempli tandis qu'au moins un autre et de préférence un autre conteneur tampon étant vidé dans le système d'entrée (1, 2), et tous (les deux) conteneurs tampons étant connectés à un système de pesage qui permet un remplissage dosé du système d'alimentation en déchets plastiques.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le flux de recyclage est obtenu en pompant du fond du réacteur de craquage (5) au moyen d'une pompe à haute température (7) des matières plastiques recyclables fondues, des substances de type brai et goudron à haute énergie mais qui ne passent pas à l'état gazeux et un excès de carbone généré lors du craquage des polymères et en les conduisant à un système de séparateur (8, 9), le système de séparateur (8, 9) comprenant un séparateur à cyclone (8) et un réservoir de sédimentation/décantation (9).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les hydrocarbures gazeux du réacteur de craquage (5) sont amenés au condenseur partiel (11) par l'intermédiaire d'une colonne garnie (12).

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les gaz issus du réacteur de craquage (5) sont amenés, après le condenseur partiel (11), à un dispositif de distillation (13, 14, 15, 16) comprenant un rebouilleur (13) et une colonne de distillation (14), dans lequel la colonne de distillation (14) comporte une colonne garnie (15) et un fond intermédiaire (16), les gaz du réacteur de craquage (5) étant décomposés dans le dispositif de distillation (13, 14, 15, 16) en une fraction gazeuse et une fraction liquide, la fraction liquide étant retirée au niveau du fond intermédiaire (16) comme produit diesel et la fraction gazeuse étant retirée en haut de la colonne, les produits à bas point d'ébullition (par exemple en C5-C7) se condensant à partir de la fraction gazeuse retirée et étant séparés des gaz non condensés (par exemple en C1-C4).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'installation fonctionne en continu.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le premier dispositif de chauffage (3) et le second dispositif de chauffage (4) sont chacun un échangeur de chaleur tubulaire baignant dans de l'huile thermique.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le condensateur partiel (11) est réglable à une température de 150 °C à 350 °C, de préférence à 300 °C, ce qui permet également de déterminer la longueur de chaîne des molécules pouvant traverser le condensateur partiel, la nature des mélanges d'hydrocarbures étant de préférence définie par l'intermédiaire du réglage de température dans le condenseur partiel dans lequel une partie de la fraction gazeuse est condensée.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la séparation thermique fine du gaz sortant du réacteur de craquage (5) traverse la colonne de distillation (14) au moyen d'une distillation à contre-courant de telle manière qu'une partie du produit diesel retiré au niveau du fond intermédiaire (16), de préférence après refroidissement et de préférence décalé avec un inhibiteur de radicaux, est renvoyé en haut de la colonne de distillation par l'intermédiaire d'une conduite de flux de recyclage (17), le type de mélanges d'hydrocarbures étant de préférence défini par le réglage de la température dans la colonne de distillation (14).

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel toutes les impuretés encore présentes dans le produit diesel et/ou dans le produit à bas point d'ébullition, notamment les composés soufrés, les acides halogènes et les acides organiques, sont éliminées par adsorption et/ou filtration.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel des hydrocarbures à chaîne courte (par exemple en C1-C4) présents sous forme gazeuse après le condenseur sont utilisés à des fins énergétiques comme combustible éventuellement après compression et stockage intermédiaire.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les surfaces d'échange de chaleur pour le réglage de la température sont dimensionnées de sorte qu'il est possible de travailler avec un agent caloporteur à une température qui est au maximum de 20 °C au-dessus de la température souhaitée.

15. Dispositif de traitement de déchets contenant du plastique et de liquides organiques à base de pétrole, appelés collectivement matières plastiques recyclables, comprenant un premier dispositif de chauffage (3), un second dispositif de chauffage (4), un réacteur de craquage (5) et une conduite de flux de recyclage (10), qui mène d'une zone inférieure du réacteur de craquage par l'intermédiaire d'un système de séparateur (8, 9) à l'alimentation des matières plastiques recyclables fondues du premier dispositif de chauffage (3) au second dispositif de chauffage (4), le réacteur de craquage (5) comportant un condenseur partiel (11) qui est doté d'un dispositif de refroidissement/chauffage conçu de sorte qu'une température définie peut être réglée dans le condenseur partiel (11), et le système de séparateur (8, 9) comprenant un séparateur à cyclone (8).

16. Dispositif selon la revendication 15, dans lequel le premier dispositif de chauffage (3) et le second dispositif de chauffage (4) sont chacun un échangeur de chaleur tubulaire baignant dans de l'huile thermique, les dispositifs de chauffage (3, 4) et le réacteur de craquage (5) ayant des chauffages pouvant être réglés indépendamment les uns des autres, et/ou dans lequel les dispositifs de chauffage (3, 4) sont des échangeurs de chaleur qui sont conçus comme des échangeurs de chaleur tubulaires, les tubes étant remplis de matières plastiques recyclables fondues et baignés dans l'huile thermique.

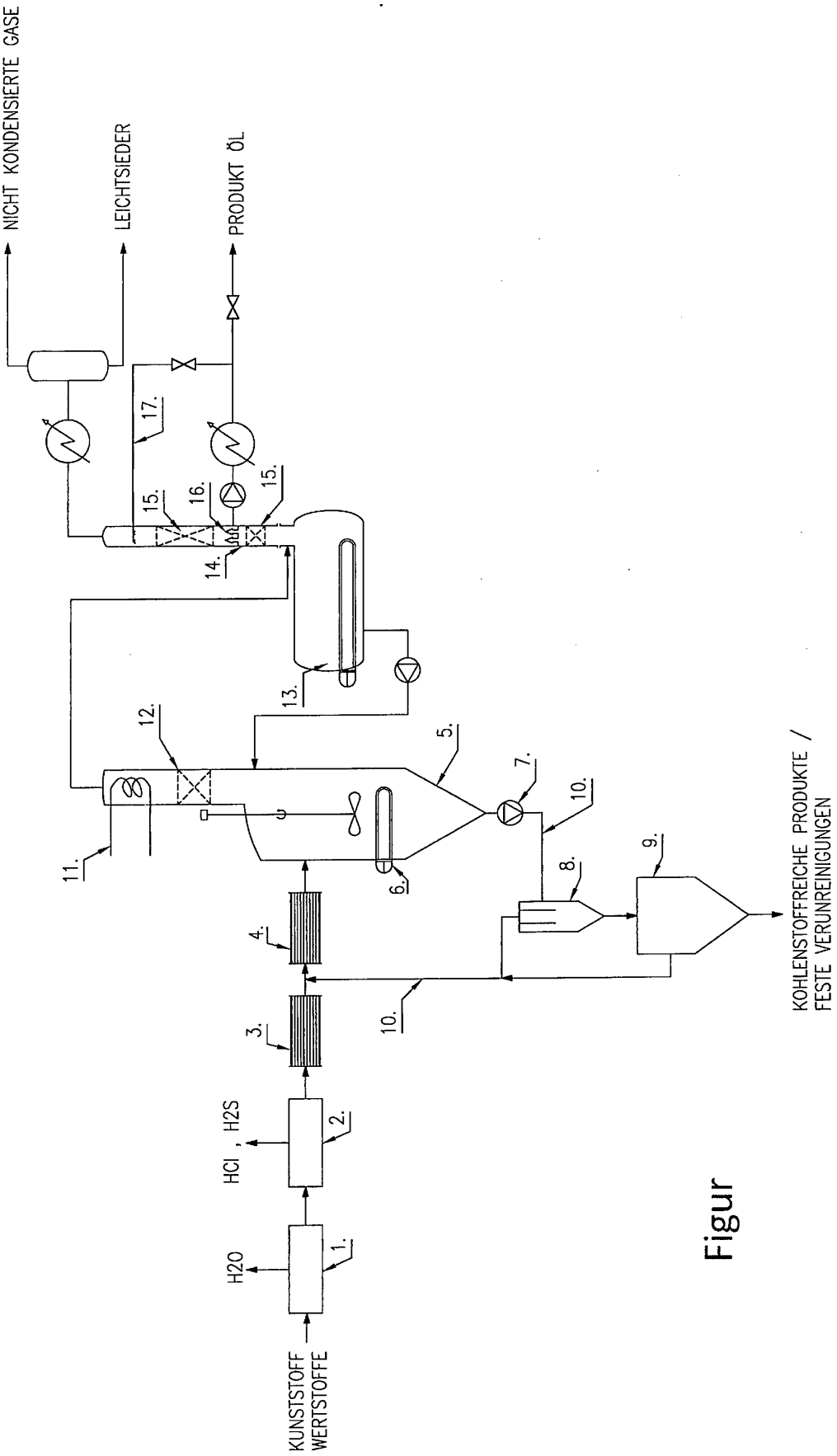
17. Dispositif selon l'une des revendications 15 ou 16, dans lequel le système de séparateur (8, 9), en plus du séparateur à cyclone (8), a un récipient de sédimentation/décantation (10) à l'extérieur de la conduite de flux de recyclage (10), mais qui est connecté au séparateur à cyclone (9), et qui est connecté à la conduite de flux de recyclage (10) par une dérivation côté dispositif de chauffage.

18. Dispositif selon l'une des revendications 15 à 17, dans lequel le dispositif de refroidissement/chauffage comprend un fluide caloporteur qui peut être amené à une température nécessaire pour régler la température définie au moyen d'une unité de contrôle de la température, un fluide caloporteur préféré étant une huile thermique, de préférence une colonne garnie (12) étant disposée en amont du condenseur partiel (11) dans le réacteur de craquage (5).

19. Dispositif selon l'une des revendications 15 à 18, dans lequel une unité de distillation (13, 14, 15, 16) comprenant un rebouilleur et une colonne de distillation (14) est disposée en aval du réacteur de craquage (5), la colonne de distillation (14) comportant un fond intermédiaire (16) de manière à ce que la fraction liquide puisse être retirée au niveau du fond intermédiaire et la fraction gazeuse en haut de la colonne, un refroidisseur destiné à refroidir la fraction liquide et/ou un condenseur destiné à condenser

partiellement la fraction gazeuse étant de préférence disposés en aval de la colonne de distillation (14), le refroidisseur et/ou le condenseur comportant un dispositif de chauffage/refroidissement permettant de régler une température définie dans le refroidisseur et/ou dans le condenseur, la colonne de distillation (14) étant de préférence au moins partiellement conçue comme une colonne garnie (15) et la colonne de distillation (14) étant de préférence pourvue d'une conduite de flux de recyclage (17) de sorte qu'une partie de la fraction liquide retirée de la colonne de distillation (14) peut être renvoyée dans la colonne de distillation (14) au-dessus du fond intermédiaire (16), du point d'élimination.

20. Dispositif selon l'une des revendications 15 à 20, comportant au moins une unité d'adsorption ou de filtrage pour adsorber les impuretés de la fraction liquide ou de la partie condensée de la fraction gazeuse, l'unité d'adsorption ou de filtrage comportant de préférence une pluralité d'adsorbeurs ou de filtres, qui peuvent être activés ou désactivés alternativement pour l'adsorption ou la régénération.


NICHT KONDENSIERTE GASE
LEICHTSIEDER
PRODUKT ÖL
KUNSTSTOFF WERTSTOFFE
H20
HCl , H2S
KOHLENSTOFFREICHE PRODUKTE / FESTE VERUNREINIGUNGEN
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.

Figur

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

- WO 2005071043 A1 **[0004]**
- WO 2008022790 A **[0007]**
- WO 2012149590 A1 **[0010]**