



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 003 209 B3** 2009.06.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 003 209.3**

(22) Anmeldetag: **05.01.2008**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **C10G 1/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**RELUX Umwelt GmbH, 32549 Bad Oeynhausen,
DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Gesthuysen, von Rohr & Eggert,
45128 Essen**

(72) Erfinder:

Tschirner, Erhard, Dr., 06366 Köthen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

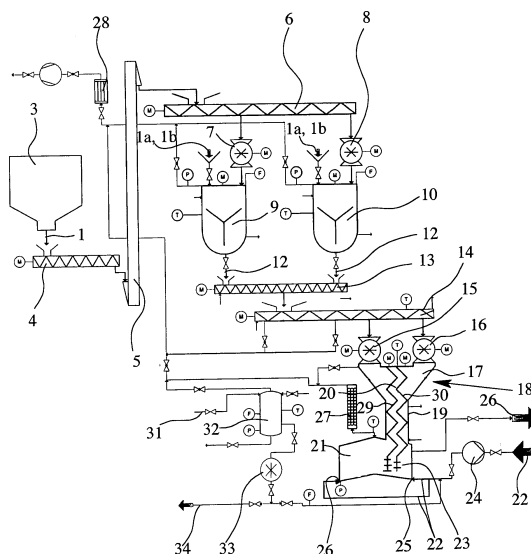
DE 100 49 377 C2

EP 15 38 191 A1

DE 10 2005 056735 B3

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von Mitteldestillat aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Mitteldestillat (2) aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern (1), wobei wenigstens ein kohlenwasserstoffhaltiger Energieträger (1), gegebenenfalls wenigstens ein Katalysator (1a) und gegebenenfalls wenigstens ein Zuschlagstoff (1b) als Inputmaterial (12) einem ein Prozessölgemisch (54) enthaltenden Reaktor (11) zugeführt werden, wobei ein Prozessölgemischstrom (56) aus dem Reaktor (11) abgeführt und auf eine Prozesstemperatur zwischen 150°C bis 400°C, vorzugsweise zwischen 350°C bis 380°C, erwärmt wird, wobei der erwärmte Prozessölgemischstrom (67, 68) einem Degaser (37) zugeführt wird, wobei in dem Degaser (37) dampfförmiges Mitteldestillat (2) von dem erwärmten Prozessölgemischstrom (67, 68) abgeschieden wird und wobei ein von dem dampfförmigen Mitteldestillat (2) entlasteter Prozessölgemischstrom (55) aus dem Degaser (37) zu dem im Reaktor (11) vorhandenen Prozessölgemisch (54) zurückgeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung von Mitteldestillat aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, die in Reststoffen enthaltenen Brennstoffe in Form von Kohlenwasserstoffen nicht durch Reaktion mit Sauerstoff durch die Verbrennung oder Vergasung freizusetzen, sondern diese durch katalytische Behandlung unter Luftausschluß im Ölbad in stofflicher Form freizusetzen und als Wertstoff zu gewinnen. Dies dient der Vermeidung der Bildung von CO_2 in der Reststoffentsorgung und der Herstellung von Brennstoffen oder Treibstoffen aus den Reststoffen.

[0003] Der Reststoff in Form von nachwachsenden Rohstoffen, wie Holz- und Pflanzenteilen, von Abfallprodukten, wie Kunststoffen, von Tier- und Pflanzenabfällen, von Altölen und anderen organischen Rohstoffen, die einen vorzugsweise hohen Anteil von Kohlenwasserstoffen beinhalten und wegen ihrer energetischen Verwertbarkeit als Wertstoffe oder Energieträger bezeichnet werden können, verweilen dabei solange im Ölbad, bis durch Moleküldehydratisierung, Molekülpolymerisation und Molekülverkürzung (Depolymerisation/Verölung) diese Kohlenwasserstoffe als Kohlenwasserstoffdampf abgetrennt werden können.

[0004] Aus der DE 100 49 377 C2 ist ein Verfahren zur Verölung von Kunststoffen, Fetten, Ölen und anderen kohlenwasserstoffhaltigen Abfällen bekannt, wobei ein Katalysator aus Natrium-Aluminiumsilikaten in einem Umlaufverdampfer im Kreislauf in einem hochsiedenden Kohlenwasserstoff, wie Thermoöl, Grundöl oder Bunker-C-Öl, verrührt wird und in dem Reaktorteil unter der Destillationsanlage Kunststoffe, Fette, Öle und andere kohlenwasserstoffhaltige Abfälle zugegeben werden. Der Reaktionsort für die Verölungsreaktion ist ein Umlaufverdampfersystem, das aus einem Röhrenbündelverdampfer, der mit Rauchgas beheizt wird, und einem mit zwei Rohren verbundenen Reaktor besteht, der die Ein- und Ausstragsfunktionen erfüllt. Auf dem Reaktor ist eine Destillationskolonne angeordnet, die das katalytisch gespaltene Produkt in Dampfform aufnimmt und in das eigentliche Produkt Diesel, Fraktion für die Benzinsproduktion und Rücklauf in den Reaktor für eine weitere katalytische Spaltungsreaktion separiert. Durch Verbrennung unterhalb des Umlaufverdampfers wird warmes Rauchgas erzeugt und durch die Rauchgasrohre des Umlaufverdampfers geleitet. In dem Umlaufverdampfer kühlen sich die heißen Rauchgase ab, wobei in dem unteren Teil des Umlaufverdampfers an der Innenseite der Rohre, wo die katalysatorhaltigen Öle mit den geschmolzenen Reststoffen an die Rohre gelangen, Temperaturen von ca. 430 bis 470° entstehen, was zu einem selektiven katalyti-

schen Cracken von den Reststoffen zu einem Kohlenwasserstoffdampf führt.

[0005] Die hohe Temperatur der heißen Rauchgase führt zur Bildung von Reaktionskoks, der mit dem natriumdotierten Aluminiumsilikat zu einem nicht reaktiven Rückstand reagiert, der die Anlage verschmutzt und die Reaktion zum Erliegen bringt. Dieses Reaktionsgemisch von dem Katalysator und dem Reaktionskoks verbindet sich mit den Wandungen des Umlaufverdampfers und des Reaktors zu einem harten Rückstand und erfordert einen hohen Reinigungsaufwand in kurzen Wartungsintervallen. Ein wirtschaftlicher Betrieb des bekannten Verfahrens ist daher nur eingeschränkt möglich. Im übrigen werden nur geringe Ausbeutegrade des Heizwertes der Inputstoffe erreicht.

[0006] Aus der EP 1 538 191 A1 ist ein Verfahren zur Erzeugung von Dieselöl aus kohlenwasserstoffhaltigen Reststoffen in einem Ölkreislauf mit Feststoffabscheidung und Produktdestillation für das Dieselprodukt bekannt, wobei der Hauptenergieantrag und dadurch die Haupterwärmung durch ein oder mehrere Pumpen erfolgt und wobei die Strömungsenergie der Pumpe durch ein gegenläufiges Rührwerk gebremst und in Wärme umgewandelt werden soll. Ein aktiver Wärmeeintrag durch Beheizung durch die Wand ist bei diesem Verfahren nicht vorgesehen. Statt dessen wird die Wärme nicht durch die Wand transportiert, sondern direkt im Reaktionssystem freigesetzt. Das Rührwerk dient dabei auch der vollständigen Reinigung der im Kreislauf angeordneten Oberflächen. Die technische Umsetzung des aus der EP 1 538 191 A1 bekannten Verfahrens ist problematisch. Im übrigen läßt sich nur schlecht eine Prozeßstabilität einstellen. Im übrigen zeichnet sich das vorbeschriebene Verfahren durch einen geringen Ausbeutegrad des Heizwertes der Inputstoffe aus.

[0007] Aus der DE 10 2005 056 735 B3 ist ein Hochleistungskammermischer für katalytische Öldispersionen als Reaktor für die Depolymerisation und Polymerisation von kohlenwasserstoffhaltigen Reststoffen zu Mitteldestillat bekannt. Der Energieeintrag und Umsatz findet überwiegend in dem Hochleistungskammermischer statt, wobei der Pumpwirkungsgrad des Hochleistungskammermischers niedrig ist, also die eingebrachte Energie zum größten Teil in Vermischungs- und Reibungsenergie umgewandelt wird. Auch dieses Verfahren weist eine geringe Prozeßstabilität auf.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Erzeugung von Mitteldestillat aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern bereitzustellen, das kostengünstig ist, einen geringen verfahrenstechnischen Aufwand erfordert und eine hohe Prozeßstabilität einerseits und einen hohen Ausbeutegrad des Heizwertes der eingesetzten Energieträ-

ger andererseits gewährleistet.

[0009] Zur Lösung der vorgenannten Aufgabe ist bei einem Verfahren der eingangs genannten Art vorgesehen, daß wenigstens ein kohlenwasserstoffhaltiger Energieträger, ggf. wenigstens ein Katalysator und ggf. wenigstens ein Zuschlagstoff, wobei es sich bei dem Zuschlagstoff um einen Neutralisator handeln kann, als Inputmaterial einem ein Prozeßölgemisch enthaltenden Reaktor zugeführt werden, wobei ein Prozeßölgemischstrom aus dem Reaktor abgeführt und auf eine Prozeßtemperatur zwischen 150°C bis 400°C, vorzugsweise zwischen 350°C bis 380°C, erwärmt wird, wobei der so erwärmte Prozeßölgemischstrom einem Degaser zugeführt wird, wobei in dem Degaser dampfförmiges Mitteldestillat, nämlich dampfförmige Kohlenwasserstoffverbindungen im Siedebereich der Mitteldestillatfraktion des Erdöls, von dem erwärmten Prozeßölgemischstrom abgeschieden bzw. abgetrennt werden und wobei ein von dem dampfförmigen Mitteldestillat entlasteter Prozeßölgemischstrom aus dem Degaser zu dem im Reaktor vorhandenen Prozeßölgemisch zurückgeführt wird.

[0010] Bei der Erfindung ist zunächst vorgesehen, den aus dem Reaktor abgeführten Prozeßölgemischstrom außerhalb von dem Reaktor auf Temperaturen von maximal 400°C, vorzugsweise von maximal 350°C bis 380°C, zu erwärmen, so daß die Bildung von Reaktionskoks verringert wird. Die Erwärmung erfolgt dabei Gradientenminimiert. In diesem Zusammenhang sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, daß bei der Erwärmung des Prozeßölgemisches Temperaturspitzen, wie sie bei der Erwärmung des Prozeßölgemisches bei dem aus der DE 100 49 377 C2 bekannten Verfahren an den Rohrbündeln des Verdampfers auftreten, durch eine geeignete Verfahrensführung bei der Wärmeübertragung ausgeschlossen werden können. Bei der Erwärmung des Prozeßölgemisches soll die maximale Temperatur über den gesamten Strömungsquerschnitt stets weniger als 400°C, vorzugsweise weniger als 380°C, betragen. Durch die so bewirkte geringere Koksbildung können der Reinigungsaufwand verringert und die Wartungsintervalle verlängert werden, was zu einer hohen Wirtschaftlichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens beiträgt. Im übrigen ist bei der Erfindung kein Prozeßölgemisch-Kreislauf im eigentlichen Sinne vorgesehen: Bei der Erfindung wird der aus dem erwärmten Prozeßölgemisch freigesetzte Mitteldestillatdampf im Degaser abgetrennt und lediglich das von dem dampfförmigen Mitteldestillat entlastete Prozeßölgemisch zurück in den Reaktor geführt. Durch eine geeignete konstruktive Auslegung des Degasers läßt sich damit die Ausbeute bei dem erfindungsgemäßen Verfahren deutlich gegenüber den bekannten Verfahren erhöhen.

[0011] Vorzugsweise ist zumindest ein Teil des er-

wärmten Prozeßölgemischstroms von oben in den Degaser aufgebbar und an Einbauten des Degasers in eine Mehrzahl von Teilströmen aufteilbar, wobei die Teilströme dann in einer Rieselfilmströmung zum Reaktor abfließen. Vorzugsweise wird im Degaser eine im wesentlichen glatte Rieselfilmströmung bei vernachlässigbarer Blasenbildung ausgebildet, wobei die Teilströme des Prozeßölgemisches bindfadenartig nach unten abfließen. Im Zusammenhang mit der Erfindung ist überraschenderweise erkannt worden, daß eine ruhige Oberfläche der Rieselfilmströmung zu einem hohen Ausbeutegrad des Heizwertes des eingesetzten Energieträgers beiträgt, wobei ein tropfenförmiges Abfließen des Prozeßölgemisches durch den Degaser unerwünscht ist und vorzugsweise durch entsprechende konstruktive Auslegung der Einbauten weitgehend auszuschließen ist. Ein Teil des erwärmten Prozeßölgemischstroms kann auch tangential in den Degaser eingeleitet werden, vorzugsweise unterhalb der Einbauten, und fließt in Form einer Rotationsströmung an einer Behälterinnenwand des Degasers nach unten in Richtung zum Reaktor ab. Durch die Aufteilung des erwärmten Prozeßölgemischstroms in einen von oben in den Degaser auf die Einbauten aufgegebenen ersten Teilstrom und in einen tangential in den Degaser unterhalb der Einbauten eingeleiteten zweiten Teilstrom wird eine große Oberfläche des Prozeßölgemisches im Degaser erzeugt, die zu einer hohen Freisetzung von dampfförmigen Mitteldestillat im Degaser führt.

[0012] Vorrichtungsgemäß weist der Degaser dementsprechend einen oberen Zerteilungsraum und einen unteren Degasungsraum auf, wobei im Zerteilungsraum strömungsleitende und oberflächenvergrößernde Einbauten zur Zerteilung eines Prozeßölgemischstroms und zur Oberflächenvergrößerung des Prozeßölgemischstroms vorgesehen sind, und wobei, vorzugsweise, der Prozeßölgemischstrom mittig in den Zerteilungsraum von oben auf die Einbauten aufgebbar ist. Der Degasungsraum kann darüber hinaus wenigstens einen Einlaß für einen Prozeßölgemischstrom derart aufweisen, daß der Prozeßölgemischstrom tangential in den Degaser einleitbar ist und als Rotationsströmung an einer Behälterinnenwand des Degasungsraums nach unten in Richtung zum Reaktor abfließt. Der Einlaß in den Degasungsraum ist dabei vorzugsweise unterhalb der strömungsleitenden und oberflächenvergrößernden Einbauten des Zerteilungsraums angeordnet. Der konstruktive Aufbau des erfindungsgemäßen Degasers zeichnet sich durch eine hohe Selbstreinigungskraft aus und ist wartungsarm, wobei eine Maximierung der Oberfläche des den Degaser durchströmenden Prozeßölgemisches mit einer entsprechend hohen Ausbeute an dampfförmigem Mitteldestillat sichergestellt wird.

[0013] Der Hauptenergieeintrag bei der Erwärmung des aus dem Reaktor abgeführten Prozeßölgemisch-

stroms auf eine Prozeßtemperatur von vorzugsweise zwischen 350°C bis 380°C erfolgt erfindungsgemäß durch indirekte Wärmeübertragung von einem vorzugsweise flüssigen Wärmeträger in wenigstens einem statischen Mischer mit integrierter Wärmeübertragereinrichtung. Vorrichtungsgemäß kann der statische Mischer als Mischwärmetauscher ausgebildet sein mit einer Mehrzahl von Rohrbündeln für einen Wärmeträger, insbesondere für ein Thermoöl, und Mischelementen zwischen den Rohrbündeln zur turbulenten Vermischung des Prozeßölgemisches. Es kommt also gleichzeitig zu einer Erwärmung und zu einer intensiven Vermischung des zu erwärmenden Prozeßölgemischstroms, wobei sich in dem statischen Mischer eine turbulente Mischung des Prozeßölgemisches ausbilden kann.

[0014] Darüber hinaus kann eine indirekte Wärmeübertragung des in dem Reaktor enthaltenden Prozeßölgemisches vorgesehen sein, wobei eine Wärmeübertragung von einem vorzugsweise flüssigen Wärmeträger, wie beispielsweise einem heißen Thermoöl, auf das Prozeßölgemisch durch eine Außenwand des Reaktors erfolgen kann. Das Thermoöl, das zur Erwärmung des Prozeßölgemischstroms in dem statischen Mischer und zur Erwärmung des in dem Reaktor enthaltenden Prozeßölgemisches eingesetzt werden kann, sollte vorzugsweise eine maximale Temperatur von weniger als 400°C, insbesondere weniger als 380°C, aufweisen, um die Bildung von Reaktionskoks zu vermeiden bzw. zu verringern, was letztlich die Wartung vereinfacht.

[0015] Vorrichtungsgemäß kann der Reaktor einen oberen zylinderförmigen Wandabschnitt aufweisen, wobei, vorzugsweise, der obere Wandabschnitt als Doppelmantelzylinder mit einer Reaktorinnenwand und einer Reaktorauswand ausgebildet ist und wobei, weiter vorzugsweise, in dem Doppelmantel eine spiralförmig an wenigstens einer Reaktorwand montierte Leiteinrichtung für einen Wärmeträger vorgesehen ist. Der obere Wandabschnitt weist einen oberen Einlaßstutzen und einen unteren Einlaßstutzen für einen Wärmeträger auf, wobei der Wärmeträger spiralförmig an der Reaktorinnenwand entlang nach unten strömt. Dadurch ist ein zusätzlicher Energieeintrag oder auch eine Kühlung des Prozeßölgemisches im Reaktor möglich.

[0016] Der von dem Mitteldestillat dampfentlastete Prozeßölgemischstrom kann bei dem Eintritt aus dem Degaser in den Reaktor umgelenkt werden, wobei, vorzugsweise, eine tangentielle Rotationsströmung an der Reaktorwand erzeugt wird. Das Prozeßölgemisch im Reaktor wird dabei statisch gemischt.

[0017] In einem oberen Eintrittsbereich des Reaktors sind vorzugsweise Einbauten zur Strömungsumlenkung des aus dem Degaser in den Reaktor zu-

rückgeführten entlasteten Prozeßölgemischs vorgesehen, wobei die Einbauten zur Erzeugung einer tangentialen Wandströmung entlang der Reaktorwand ausgebildet sind. Der Reaktor ist damit als statischer Mischer ausgebildet, wobei keine aktiven Rühreinrichtungen erforderlich sind. Dies trägt zu einem kostengünstigen Aufbau des Reaktors bei. Der Reaktor kann einen nach innen gewölbten Behälterboden aufweisen, so daß sich ein Sedimentationskegel im unteren Bereich des Reaktors ausbildet, was den Austrag von verbrauchtem Katalysatormaterial, Zuschlagstoffen und nicht umgesetztem Energieträger aus dem Reaktor vereinfacht.

[0018] Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, daß ein weiterer Prozeßölgemischstrom aus dem Reaktor in einen Vorreaktor mit Mischeinrichtungen geleitet wird, wobei das Inputmaterial dem Vorreaktor zugeführt und mit dem weiteren Prozeßölgemischstrom in dem Vorreaktor vermischt wird und wobei der so erhaltene kohlenwasserstoffreiche Prozeßölgemischstrom aus dem Vorreaktor in den Reaktor zurückgeführt wird. In dem Vorreaktor kommt es zu einer Vorentwässerung und Vorentgasung und nur zum geringen Teil zu einer katalytischen Reaktion. In dem Vorreaktor wird das Inputmaterial mit ca. 350°C heißen Prozeßölgemisch, das aus dem (Haupt-)Reaktor stammt, vermischt, wobei der Verflüssigungsprozeß des Energieträgers einsetzt. Das Cracken von Kohlenwasserstoffverbindungen wird jedoch vorzugsweise aufgrund von kurzen Verweilzeiten in Vorreaktor weitgehend unterbunden und findet dann erst im (Haupt-)Reaktor statt. Der vorzugsweise als Schneckenförderer ausgebildete Vorreaktor weist wenigstens eine Eintragsschnecke, vorzugsweise eine Doppelschnecke, als Eintragseinheit für das Inputmaterial auf und einen mit der Eintragsschnecke verbundenen Mischbehälter, wobei, weiter vorzugsweise, die Eintragsschnecke bis in den unteren Bereich des Mischbehälters eingreift und Mischflügel am unteren Ende aufweist. Dadurch wird zum einen eine intensive Vermischung des Inputmaterials mit dem aus dem (Haupt-)Reaktor stammenden Prozeßölgemisch sichergestellt und zum anderen eine gute Selbstreinigung der Eintragsschnecke gewährleistet.

[0019] Grundsätzlich wird die Eintragsschnecke durch nachkommendes Inputmaterials gekühlt, wobei jedoch insbesondere beim Herunterfahren des Prozesses aus Gründen der Materialbeständigkeit eine Kühlung der Eintragsschnecke erforderlich sein kann. Grundsätzlich ist es auch möglich, daß eine Beheizung der Eintragsschnecke vorgesehen ist, um eine ausreichend hohe Temperatur im Vorreaktor sicherzustellen.

[0020] Für eine intensive Vermischung kann der Mischbehälter des Vorreaktors wenigstens einen un-

teren Einlaß für den weiteren Prozeßölgemischstrom vom (Haupt-)Reaktor und wenigstens einen oberen Auslaß für den kohlenwasserstoffreichen Prozeßölgemischstrom aufweisen. Der Mischbehälter ist somit als statischer Mischer ausgebildet, in dem jedoch im wesentlichen keine Crackprozesse des Energieträgers stattfinden. Entsprechende Einbauten können ergänzend vorgesehen sein, um die Vermischung zu intensivieren. Zu dem gleichen Zweck kann eine tangentiale Zufuhr des weiteren Prozeßölgemischstroms in den Mischbehälter vorgesehen sein.

[0021] Schließlich kann über den Vorreaktor, insbesondere über den Mischbehälter, auch ein Trägeröl dem (Haupt-)Reaktor zuführbar sein, das einen Bestandteil des Prozeßölgemisches im Reaktor bildet.

[0022] Um eine hohe Prozeßstabilität und einen hohen Ausbeutegrad des Heizwertes des Inputmaterials sicherzustellen, sollte das Volumen-Verhältnis von dem Prozeßölgemisch im (Haupt-)Reaktor zu dem weiteren Prozeßölgemisch im Vorreaktor auf 5:1 bis 8:1 eingestellt werden. Dies setzt eine entsprechende konstruktive Auslegung des Reaktorbehälters und der Mischkammer des Vorreaktors voraus.

[0023] Der aus dem Vorreaktor zurückgeführte kohlenwasserstoffreiche Prozeßölgemischstrom wird mit dem im Reaktor enthaltenen Prozeßölgemisch und dem von dem dampfförmigen Mitteldestillat entlasteten Prozeßölgemischstrom aus dem Degaser vermischt. Die Zufuhr des kohlenwasserstoffreichen Prozeßölgemischstroms in den Reaktor erfolgt unterhalb der im oberen Bereich des Reaktors vorgesehenen Einbauten zur Strömungsumlenkung des aus dem Degaser in den Reaktor zurückgeführten entlasteten Prozeßölgemischs. Der aus dem Vorreaktor zurückgeführte kohlenwasserstoffreiche Prozeßölgemischstrom wird dabei vorzugsweise tangential in eine Mischzone des Reaktors eingeleitet, so daß sich eine Rotationsströmung des gesamten Prozeßölgemisches im Reaktor ausbildet. Durch den zielgerichteten Eintrag des aus dem Vorreaktor zurückgeführten kohlenwasserstoffreichen Prozeßölgemischstroms wird das Prozeßölgemisch im Reaktor in Rotation versetzt. Die Rotationsrichtung des aus dem Degaser zurückgeführten entlasteten Prozeßölgemischstroms nach dem Eintritt in den Reaktor kann dabei der Rotationsrichtung des tangential eingeleiteten kohlenwasserstoffreichen Prozeßölgemischstroms aus dem Vorreaktor entsprechen.

[0024] Vorrichtungsgemäß kann der Reaktor ein Unterteil mit einem konisch zulaufenden oberen Wandabschnitt und einem konisch zulaufenden unteren Wandabschnitt aufweisen, wobei der obere und der untere Wandabschnitt durch einen zylinderförmigen Wandabschnitt miteinander verbunden sind. Der Prozeßölgemischstrom, der zur Erwärmung und Vermi-

schung dem statischen Mischer zugeführt wird, kann im oberen Bereich des konisch zulaufenden oberen Wandabschnitts entnommen werden, wobei dort wenigstens ein Auslaß vorgesehen ist. Durch diesen Aufbau des Reaktors ist es möglich, aus einer oberen ersten Sedimentationszone des Reaktors den zu erwärmenden Prozeßölgemischstrom abzuführen und zu dem statischen Mischer mit integrierter Wärmeübertragungseinrichtung zu leiten.

[0025] Im oberen Bereich des konisch zulaufenden unteren Wandabschnitts des Unterteils kann wenigstens ein weiterer Auslaß vorgesehen sein. Dieser Auslaß ist zum Ableiten eines mit wenigstens einem Katalysator und ggf. mit wenigstens einem Zuschlagstoff angereicherten Prozeßölgemischstroms aus einer unteren zweiten Sedimentationszone des Reaktors vorgesehen.

[0026] Zur Mehrfachnutzung des Katalysators ist es möglich, den zu erwärmenden Prozeßölgemischstrom aus der oberen ersten Sedimentationszone mit einem mit Katalysator und ggf. Zuschlagstoff angereicherten Prozeßölgemischstrom aus einer unteren zweiten Sedimentationszone des Reaktors zu vermischen und damit eine bestimmte Katalysatorkonzentration im Prozeßölgemisch einzustellen. Das Vermischen der beiden Ströme erfolgt vor dem Eintritt in den statischen Mischer, so daß beide Ströme im Mischer intensiv vermischt und erwärmt werden. Im übrigen kann eine Steuer- oder Regeleinrichtung zur Steuerung oder Regelung des Volumenstrom-Verhältnisses von dem zu erwärmenden Prozeßölgemischstrom zu dem angereicherten Prozeßölgemischstrom vorgesehen sein.

[0027] Ein Teilstrom des zu erwärmenden Prozeßölgemischstroms und ggf. ein weiterer Teilstrom des mit Katalysator und ggf. Neutralisator angereicherten Prozeßölgemischstroms bilden den zum Vorreaktor geführten weiteren Prozeßölgemischstrom.

[0028] Kurz vor dem Fördern des zu erwärmenden Prozeßölgemischstroms und ggf. des mit Katalysator angereicherten Prozeßölgemischstroms in den statischen Mischer kann eine Beimischung von wenigstens einem unverbrauchten Katalysator und/oder ggf. wenigstens einem Zuschlagstoff aus entsprechenden Vorlagebehältern vorgesehen sein. Dabei wird der Katalysator und/oder Zuschlagstoff vor der Beimischung vorzugsweise mit einem Trägeröl vermischt bzw. in einem Trägeröl emulgiert, was die Vermischung vereinfacht.

[0029] Erfindungsgemäß ist weiter vorgesehen, daß der Energieträger, der Katalysator und ggf. der Zuschlagstoff, die zusammen das Inputmaterial für den Prozeß bilden können, vor der Zufuhr in den Vorreaktor miteinander vermischt und auf eine Temperatur von weniger als 120°C, vorzugsweise auf ca. 80 bis

100°C, erwärmt werden. Dabei kommt es zu einer Trocknung und zum anderen zur Aggregatbildung vor der Zugabe des Inputmaterials in den Vorreaktor. Der Energieträger wird dabei trocken mit vorzugsweise pulverförmigem Katalysator und/oder Neutralisator vermischt und erwärmt, wobei das entstehende Aggregat eine hohe Reaktionsfläche aufweist und eine Entmischung nicht stattfindet. Im übrigen weist das Aggregat eine längere Verweilzeit im Prozeßölgemisch auf. Dadurch wird der Ausbeutegrad weiter erhöht.

[0030] Die Erfindung läßt es zu, einzelne Erfindungsgedanken miteinander zu kombinieren, auch wenn dies nicht im einzelnen beschrieben ist. Im übrigen kommt der statischen Mischung und Oberflächenvergrößerung des Prozeßölgemisches im Degaser und im Reaktor sowie der Vormischung des Inputmaterials mit dem Prozeßölgemisch im Vorreaktor eine eigenerfinderische Bedeutung zu, wobei die hiermit im Zusammenhang stehenden Erfindungsgedanken auch unabhängig voneinander eine erfinderische Leistung begründen können.

[0031] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung exemplarisch beschrieben. In der Zeichnung zeigt

[0032] [Fig. 1](#) ein schematisches Verfahrensfleißbild des Eintrags von einem kohlenwasserstoffreichen Energieträger zusammen mit einem Katalysator und einem Neutralisator in einen Ölkreislauf zur Erzeugung von dampfförmigen Mitteldestillat und

[0033] [Fig. 2](#) ein schematisches Verfahrensfleißbild des Reaktionskreislaufes bei der Erzeugung von Mitteldestillat aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern.

[0034] In [Fig. 1](#) ist ein Verfahrensfleißbild dargestellt, das den Eintrag eines kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgers **1** in einen Ölkreislauf zur Erzeugung von Mitteldestillat **2** darstellt. Bei dem Energieträger **1** handelt es sich im vorliegenden Fall um getrocknete und zerkleinerte Biomasse, die in einem Vorlagebehälter **3** gelagert wird. Aufgrund der Schwerkraft fällt der Energieträger **1** aus dem Vorlagebehälter **3** in eine erste Förderschnecke **4**. Durch Rotation der Spindel wird das Stoffgemisch in den unteren Trichter eines Rohrkettentransporters **5** geschoben. Der Rohrkettentransporteur **5** transportiert den Energieträger **1** auf eine Höhe von ca. 12 m in einen oberen Trichter. Von dort aus fällt der Energieträger **1** schwerkraftbedingt in eine Zuführschnecke **6**. Die Zuführschnecke **6** fördert den Energieträger **1** mit einer Menge von 5 m³/h in eine erste Zellradschleuse **7** oder in eine zweite Zellradschleuse **8**. Die Zellradschleusen **7, 8** dienen der periodischen Dosierung von Konusmischern **9, 10** mit dem Ausgangsmaterial, wobei jede Zellradschleuse **7, 8** mit einer Förder-

kapazität von 5 m³/h ausgelegt ist. Die Zellradschleusen **7, 8** stellen dynamische Sperren dar, da Material hindurchtransportiert werden kann und gleichzeitig ein leichter Unterdruck, erzeugt durch eine Vakuumanlage, in den Konusmischern **9, 10** ermöglicht wird.

[0035] Die Konusmischer **9, 10** werden entgast, um den Anteil an Sauerstoff zu verringern und die Gefahr einer Entzündung des im weiteren Verfahren entstehenden Öldampfes gering zu halten. Die Konusmischer **9, 10** weisen ein Nettovolumen von ca. 2,4 m³ auf. Die Konusmischer **9, 10** werden periodisch abwechselnd betrieben. Während der erste Konusmischer **9** mit dem Energieträger **1** befüllt wird, kann der zweite Konusmischer **10** mit Hilfe der integrierten Schnecke durchmischt werden.

[0036] Zusätzlich zu dem Energieträger **1** können in die Konusmischer **9, 10** periodisch wenigstens ein Katalysator **1a** und/oder ein Zuschlagstoff **1b**, wie beispielsweise ein Neutralisator, zudosiert werden, wo der Katalysator **1a** und der Zuschlagstoff **1b** als pulverförmige Mischung vorliegen können. Die Zeit der Durchmischung, Aufheizung, Entfeuchtung und Entgasung in den Konusmischern **9, 10** beträgt ca. eine halbe Stunde, die Zeitspanne des Füllvorgangs beträgt ebenfalls eine halbe Stunde. Da beide Konusmischer **9, 10** einen Doppelmantel aufweisen, ist die Erwärmung des Stoffgemisches in den Konusmischern **9, 10** auf ca. 100°C möglich. Die Konusmischer **9, 10** werden mit einem Heizmedium, vorzugsweise einem Thermoöl, beheizt, so daß das Inputmaterial **12** in den Konusmischern **9, 10** vorzugsweise eine Temperatur von ca. 80°C erreicht. Dies führt zur Trocknung des Inputmaterials **12** bei Agglomeratbildung, was sich vorteilhaft auf die Ausbeute bei der Erzeugung von Mitteldestillat **2** aus dem Energieträger **1** auswirkt. Die Temperaturerhöhung ist notwendig, um den Anteil an Wasser in dem Gemisch zu verringern, da es bei dieser Temperatur verdampft und über Entgasungsleitungen der Konusmischer **9, 10** abgeführt werden kann. Bei zu hohem Wasseranteil könnte es zu einer Wasserdampfexplosion im weiteren Verfahren kommen. Zudem wäre bei einem hohen Wasseranteil die effektive Trennleistung bei der Erzeugung von Mitteldestillat aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern **1** verringert.

[0037] Die beiden Konusmischer **9, 10** ermöglichen eine kontinuierliche Beschickung eines in [Fig. 2](#) dargestellten Vier-Zonen-Reaktors **11**, wobei über gasdichte Schieber die Konusmischer **9, 10** periodisch entleert werden. Aus den Konusmischern **9, 10** wird das Inputmaterial **12** ausgetragen, das sich aus dem Energieträger **1**, ggf. dem Katalysator und ggf. wenigstens einem Zuschlagstoff zusammensetzt. Das Inputmaterial **12** gelangt in eine Verbindungsschnecke **13** und anschließend in eine Verdichtungsschnecke **14**, in der das Inputmaterial **12** auf die Hälfte der ursprünglichen Größe zusammengepreßt wird. Die

Verbindungsschnecke **13** und die Verdichtungsschnecke **14** weisen jeweils einen Doppelmantel auf, durch den ein Heizmedium, vorzugsweise Thermoöl, mit einer Temperatur von ca. 100 bis 120°C hindurchgeleitet wird. Dadurch ist gewährleistet, daß die Temperatur des Inputmaterials **12** bei ca. 100°C konstant gehalten wird.

[0038] Im übrigen weist die Verdichtungsschnecke **14** Absaugstellen auf, um weitere Wasseranteile, u. a. Haftwasser, des getrockneten Inputmaterials **12** zu entfernen. Zusätzlich wird der Anteil an Sauerstoff weiter verringert.

[0039] Von der Verdichtungsschnecke **14** gelangt das Inputmaterial **12** in zwei ATEX Räumradschleusen **15**, **16**. Die Räumradschleusen **15**, **16** fördern das Inputmaterial **12** in den Fülltrichter **17** eines Schneckeneintragsmischer **18**. Der Schneckeneintragsmischer **18** stellt einen Vorreaktor mit Mischeinrichtung dar und weist ein ovales Verbindungsrohr **19**, eine Doppelschnecke **20** und einen ca. 800 l fassenden Mischbehälter **21** auf.

[0040] Das Inputmaterial **12** wird aus dem Fülltrichter **17** durch das Verbindungsrohr **19** in den Mischbehälter **21** mittels der Doppelschnecke **20** geschoben und mit einem ca. 350°C heißen Prozeßölgemischstrom **22** vermischt, der aus dem Reaktor **11** entnommen wird und aus einem Trägeröl mit bereits gelöstem Energieträger **1** besteht, der zum Teil in gecrackter Form vorliegt. Die Schneckenenden der Doppelschnecke **20** weisen Mischflügel **23** auf, die zur Vermischung des Inputmaterials **12** mit dem Prozeßölgemischstrom **22** beitragen. Die Mischfunktion wird unterstützt durch dosiertes tangentiales Einpumpen des Prozeßölgemischstroms **22** aus dem Reaktor **11** in den Mischbehälter **21** mit Hilfe der Spiralgehäusepumpe **24**, und zwar an zwei Zulaufstellen **25**, **26** des Mischbehälters **21**. Dadurch wird eine doppelte Vermischung gewährleistet. Des weiteren wirkt die Doppelschnecke **20** als Stromstörer, da sie sich im Bereich zwischen der Mitte des Mischbehälters **21** und dessen Wand befindet. Durch die Doppelschnecke **20** werden zusätzliche Turbulenzen der Strömung verursacht. Die Verwendung einer Doppelschnecke **20** zeichnet sich im übrigen bei vergleichsweise hohen Temperaturen im Mischbehälter **21** durch eine hohe Betriebssicherheit aus.

[0041] Im Mischbehälter **21** strömt das Prozeßölgemisch **22** mit einer Rotationsbewegung nach oben und vermischt sich mit dem eingeförderten Inputmaterial **12**. Nach kurzer Zeit wird ein so erhaltener kohlenwasserstoffreicher Prozeßölgemischstrom **26** im oberen Bereich des Mischbehälters **21** abgezogen und zu dem Reaktor **11** zurückgeführt.

[0042] Gelangt das Inputmaterial **12** in den Schneckeneintragsmischer **18**, beginnt der Verflüssigungs-

prozeß. Der Crackprozeß, nämlich die Spaltung der Kohlenstoffketten, beginnt aufgrund einer sehr kurzen Verweilzeit des Prozeßölgemisches im Schneckeneintragsmischer **18** nicht oder nur in geringem Umfang, sondern ausschließlich oder überwiegend erst in dem Hauptprozeß im Reaktor **11**. Sollte auf der Oberfläche des Reaktionsgemisches im Mischbehälter **21** der noch nicht vollständig gelöste Energieträger **1** schwimmen, wird dieser durch entsprechende Einbauten im Mischbehälter **21** zurückgehalten bzw. in das Gemisch zurückgeleitet. Lösen sich das Inputmaterial **12** im Schneckeneintragsmischer **18** auf, werden restliche Wasseranteile freigesetzt, die aus dem Schneckeneintragsmischer **18** abgeleitet werden. Der Wasserdampf gelangt in einen Demister **27**, der Füllkörper enthält, an denen vom Dampf mittransportierte Öltropfen haften bleiben und wieder zurück in den Schneckeneintragsmischer **18** abfließen. Der Wasserdampf wird über eine Vakuumanlage abgeleitet und das Restwasser in einem Kondensator **28** verflüssigt.

[0043] Beide Spindeln **29**, **30** der Doppelschnecke **20** arbeiten selbstreinigend. Die Spindeln **29**, **30** sind am unteren Ende an dem Kegelboden des Mischbehälters **21** und am oberen Ende durch Wellendurchführungen des Fülltrichters **17** drehbar gelagert. Das Verbindungsrohr **19** ist ebenfalls mit einem Doppelmantel ausgestattet, da im Mischbehälter **21** Temperaturen von bis zu 350°C herrschen können. Die Temperatur im Fülltrichter **17** darf 100°C nicht überschreiten, da die Räumradschleusen **15**, **16** mit ATEX-Schutz nur bis zu 100°C ausgelegt sind. Sollte über das Verbindungsrohr **19** zu viel Wärme nach oben strömen, kann diese über den Doppelmantel abgeleitet werden, wobei durch den Doppelmantel ein entsprechendes Kühlmedium geleitet wird.

[0044] Für den Eintrag von Trägeröl **31**, wie beispielsweise entwässertes Altöl, in den Ölkreislauf ist ein beheizbarer Behälter **32** als Vorlagebehälter vorgesehen. Auch können so flüssige Reststoffe als Energieträger in den Ölkreislauf eingebracht werden. Mit der Pumpe **33** wird das Trägeröl **31** in den Mischbehälter **21** eingetragen. Die Befüllung des Behälters **32** erfolgt über eine Pumpe von einem Öllager. Im Ergebnis kann über den Schneckeneintragsmischer **18** das Trägeröl **31** dem Reaktor **11** zugeleitet werden, beispielsweise, um Verdampfungsverluste auszugleichen. Darüber hinaus kann aus dem Behälter **32** ein Trägerölstrom **34** zur Herstellung einer Katalysator-/Zuschlagstoffemulsion in in [Fig. 2](#) dargestellte Behälter **35**, **36** geleitet werden. Die Behälter **35**, **36** besitzen Einfülltrichter, um das Befüllen mit dem Katalysator **1a** und dem Zuschlagstoff **1b** zu erleichtern.

[0045] Der Aufbau des in [Fig. 1](#) dargestellten Eintragsystems ermöglicht eine ausreichende Trocknung, Durchmischung und Entlüftung des Inputmaterials **12**. Die Gefahr einer Wasserdampfexplosion im

Reaktor **11** besteht daher nicht. Ebenso muß die Entzündung von freigesetztem Öldampf nicht befürchtet werden. Schließlich wird durch einen geringen Wasseranteil im Reaktor **11** eine hohe Trennleistung sichergestellt.

[0046] In [Fig. 2](#) ist das Hauptkreislaufsystem bei der Erzeugung von Mitteldestillat **2** aus dem kohlenwasserstoffhaltigen Energieträger **1** dargestellt. Die Bestandteile des Hauptkreislauf- oder Reaktionssystems sind der Vier-Zonen-Reaktor **11**, ein Degaser **37** sowie drei Mischwärmetauscherpaare **38**, **39**, **40** sowie eine Mehrzahl von Pumpen und die dazugehörigen Rohrleitungen.

[0047] Bei der Erzeugung von Mitteldestillat **2** aus kohlenwasserstoffhaltigem Energieträger **1** findet eine Moleküldehydratisierung, eine Molekülpolymerisation und eine Molekülverkürzung (Depolymerisation/Verölung) bei im Verhältnis zur Pyrolyse geringerer Temperatur ohne Druckbeaufschlagung statt. Die Prozeßführung wird im Hauptstrom bei Temperaturen zwischen 300 bis 400°C und einem leichten Unterdruck von -30 bis -100 mbar gegenüber dem Umgebungsdruck durchgeführt. Das beschriebene Verfahren ist durch einen hohen Ausbeutegrad des Heizwertes des Energieträgers **1** gekennzeichnet. Wird als Energieträger **1** Polymerabfall eingesetzt, lassen sich mehr als 70 bis 80% der enthaltenen Kohlenwasserstoffe gewinnen. Im übrigen kommt es zu einer Entgiftung von umweltrelevanten Halogenen durch Bindung im flüssigen Zustand als immobilisierbare Salze.

[0048] Der aus dem Schneckeneintragsmischer **18** als Vorreaktor stammende kohlenwasserstoffangereicherte Prozeßölgemischstrom **26** wird in den Reaktor **11** eingeleitet. Das im Reaktor **11** enthaltene Prozeßölgemisch **54**, aufweisend den gelösten Energieträger **1**, ggf. den Katalysator **1a**, ggf. den Zuschlagstoff **1b** und Trägeröl, wird im Kreislauf gefördert, wobei je Umlauf eine entstehende Menge dampfförmigen Mitteldestillates in ein oberhalb von dem Degaser **37** vorgesehenes Aufarbeitungssystem **41** überführt wird. Das Aufarbeitungssystem **41** ist lediglich schematisch in [Fig. 2](#) dargestellt. Die Hauptbestandteile des Aufarbeitungssystems **41** sind eine Dampfspannungs-Vordestillationseinheit bzw. Vorrektifikationseinheit, eine Rektifikationskolonne sowie Kondensatoren und Wasserabscheider. In dem Aufarbeitungssystem **41** wird das dampfförmige Mitteldestillat destillativ in vier Gruppen getrennt, nämlich Leichtsieder (Kohlenwasserstoff im Siedebereich von Kerosin und Benzin), Mittelprodukt (Gasöl, nämlich Kohlenwasserstoffgemisch im Siedebereich des Diesels), Schwersieder (Prozeßöl bzw. Trägeröl) und Sumpfprodukt (Destillationsrückstände).

[0049] Der Reaktor **11** ist konstruktiv mit einer dop-

pelten Konusform im unteren Bereich ausgestattet. Der Reaktor **11** weist einen oberen zylinderförmigen Wandabschnitt **43** mit einem Unterteil **44** auf, wobei das Unterteil **44** einen konisch zulaufenden oberen Wandabschnitt **45**, einen konisch zulaufenden unteren Wandabschnitt **46** und einen zylinderförmigen mittleren Wandabschnitt **47** aufweist. Im Bereich des Unterteils **44** sind Auslaßstutzen **50**, **51** eingeschweißt, sowie ein Auslaßstutzen **52** für Filterbettmaterial **42**, der Bestandteil des Sumpfkreislaufes ist.

[0050] Ein Doppelmantel im Bereich des oberen zylinderförmigen Wandabschnitts **43** dient zur zusätzlichen Wärmeübertragung/Kühlung mit einem flüssigen Wärmeträger, nämlich Thermoöl. Der Doppelmantel ist so gefertigt, daß das durch den oberen Einlaßstutzen **48** eingeführte Thermoöl über eine spiralförmig an der Reaktorauswand montierte Leiteinrichtung um den Reaktor **11** strömt und den Doppelmantel an einem Auslaßstutzen **49** verläßt. Im übrigen weist der Reaktor **11** im Bereich seines Deckels Einbauten zur Strömungsumlenkung auf.

[0051] Der Reaktor **11** läßt sich in vier Zonen I-IV einteilen. Die oberste Zone I ist eine Gas-/Dampfzone. Hier strömt eine geringe Menge Mitteldestillatdampf von der daruntergelegenen Mischzone II in den Degaser **37**. In der obersten Zone I sind auch die Einbauten zur Strömungsumlenkung angeordnet.

[0052] Im oberen Abschnitt der Mischzone II wird im Bereich eines Einlaßstutzens **53** der kohlenwasserstoffreiche Prozeßölgemischstrom **26** tangential in die Mischzone II eingeleitet und vermischt sich mit dem dort vorhandenen Prozeßölgemisch **54**. Darüber hinaus erfolgt in der Mischzone II eine Vermischung mit einem von dampfförmigen Mitteldestillat **2** entlasteten Prozeßölgemischstrom **55** aus dem Degaser **37**. Aufgrund des tangentialen Einleitvorgangs rotiert die gesamte Flüssigkeit im Reaktor **11**. Die Rotationsbewegung wird durch das umgelenkte flüssige Medium aus dem Degaser **37** zusätzlich in Bewegung gehalten. Die Bewegungsrichtung des rotierenden Prozeßölgemisches **54** und des entlasteten Prozeßölgemischstroms **55** entsprechen einander.

[0053] Eine Sedimentationszone III stellt einen dritten Abschnitt des Reaktors **11** dar und befindet sich in dem oberen Konussegment. Hier wird ein Teil des Prozeßölgemisches **54** durch die Stutzen **50** als zu erwärmender Prozeßölgemischstrom **56** mit Hilfe der Pumpen **57**, **58**, **59** aus dem Reaktor **11** zu den drei Mischwärmetauschern **38**, **39**, **40** gefördert.

[0054] In einer untersten Zone IV des Reaktors **11**, d. h. im unteren Konussegment, erfolgt die Anreicherung des Prozeßölgemisches **54** mit Katalysator und Zuschlagstoff in hochsiedender Kohlenwasserstoffmatrix. Die unterste Zone IV stellt eine zweite Sedimentationszone dar. Aus der untersten Zone IV wird

ein mit Katalysator **1a** und dem Zuschlagstoff **1b** angereicherter Prozeßölgemischstrom **60** mittels der Pumpen **61**, **62**, **63** bedarfsweise mit dem zu erwärmenden Prozeßölgemischstrom **56** vermischt. Ein Teilstrom **56a** des zu erwärmenden Prozeßölgemischstroms **56** und ein Teilstrom **60a** des angereicherten Prozeßölgemischstroms **60** bilden den zum Schneckeneintragsmischer **18** geleiteten Prozeßölgemischstrom **22**, in dem der Energieträger **1** vor seinem Eintritt in den Reaktor **11** gelöst wird.

[0055] Die Mischwärmetauscher **38**, **39**, **40** bestehen jeweils aus zwei zusammengeflanschten Mischwärmetauschereinheiten, wobei Mischwärmetauschereinheiten mit der Handelsbezeichnung "CSE-XR" der Firma Fluitec verwendet werden können. Zwischen den Rohrbündeln der Mischwärmetauschereinheiten sind Mischelemente angeschweißt, die zu einer turbulenten Vermischung des Prozeßölgemisches führen.

[0056] Kurz bevor der Prozeßölgemischstrom **56** und ggf. der angereicherte Prozeßölgemischstrom **60** in die drei Mischwärmetauscher **38**, **39**, **40** gefördert werden, erfolgt ggf. eine Beimischung von Katalysator **1a** und ggf. von Zuschlagstoff **1b**. In den Mischwärmetauschern **38**, **39**, **40** werden die Komponenten dann turbulent vermischt und auf ca. 380°C aufgeheizt. Die Aufheizung erfolgt über einen flüssigen Wärmeträger, nämlich Thermoöl, das über Einlaßstutzen **64** zugeführt und über Auslaßstutzen **65** abgeführt wird. Im übrigen weisen die Mischwärmetauscher **38**, **39**, **40** Ein- und Auslaßstutzen für ein Reinigungsöl sowie Stutzen zum Einleiten von Stickstoff auf.

[0057] Der Prozeßölgemischstrom **56** und ggf. der angereicherte Prozeßölgemischstrom **60** sowie ggf. der beigefügte Katalysator **1a** und ggf. der beigefügte Zuschlagstoff **1b** gelangen als erwärmter Prozeßölgemischstrom **67** aus den Mischwärmetauschern **38**, **39**, **40** in den oberen Bereich **66** des Degasers **37**. Im oberen Bereich **66** weist der Degaser **37** einen Zerteilungsraum mit strömungsleitenden und oberflächenvergrößernden Einbauten zur Zerteilung und zur Oberflächenvergrößerung des erwärmten Prozeßölgemischstroms **67** auf. Der Prozeßölgemischstrom **67** wird zum Teil vorzugsweise mittig in den Zerteilungsraum von oben auf die Einbauten im oberen Bereich **66** des Degasers **37** aufgegeben.

[0058] Darüber hinaus weist der Degaser **37** wenigstens einen Einlaßstutzen für einen Teilstrom **68** des erwärmten Prozeßölgemischstroms **67** auf, wobei der Teilstrom **68** im oberen Bereich **66** des Degasers unterhalb von den Einbauten tangential in den Degaser **37** gefördert wird und an der Behälterinnenwand des Degasers **37** rotierend abwärts strömt.

[0059] Von den Einbauten des Degasers **37** fließt

das Prozeßölgemisch **67** als Rieselfilm herab, wobei durch die feine Zerteilung eine große Oberfläche geschaffen wird, was den Austritt von gecrackten Kohlenstoffketten aus dem Prozeßölgemisch **67** erleichtert. Diese gehen in die Dampfphase über und strömen als dampfförmiges Mitteldestillat **2** zum Aufarbeitungssystem **41** ab. Die dünnen Ströme fließen zusammen mit dem an der Behälterinnenwand rotierend abwärts strömenden Teilstrom **68** ab und gelangen in den Vier-Phasen-Reaktor **11**. Kurz nach dem Eintritt treffen sie auf die Einbauten in der Gas-Dampf-Zone I des Reaktors **11**, werden umgelenkt und der Kreislauf beginnt von neuem.

[0060] Das anhand der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) beschriebene Verfahren zur Erzeugung von dampfförmigem Mitteldestillat **2** zeichnet sich durch eine statisch erzwungene absolut turbulente Mischung des Prozeßölgemisches in den Mischwärmetauschern **38**, **39** und **40** aus. Dadurch werden die Wärmeübertragungsgradienten minimiert und das System selbstreinigend für die Prozeßölfeststoffmischung (Katalysatoren, mineralische Zuschlagstoffe) geführt.

[0061] Als Zuschlagstoffe **1b** können Kalkhydrat, Soda, Tonmehle und Bentonite zum Einsatz kommen. Als Katalysator **1a** werden vorzugsweise mineralische zeolithische Feststoffe eingesetzt. Die vorzugsweise kontinuierlich erfolgende Feststoffzugabe von Katalysator **1a** und/oder Zuschlagstoff **1b** liegt im Bereich von 0,5 bis 20 Gew.-% mit Bezug auf das Prozeßölgemisch **54** im Reaktor **11**. Katalysatoren **1a** und Zuschlagstoffe **1b** wie Soda und Kalkhydrat, werden in der Regel mit einem Anteil von 1 bis 10 Gew.-%, vorzugsweise von 1 bis 5 Gew.-%, zum Stoffeintrag des Energieträgers **1** in den Reaktor **1** gefördert.

[0062] In der Sedimentationszone III des Reaktors **11** sedimentieren teilweise ungelöste Reststoffe, der Katalysator **1a** und Zuschlagstoffe **1b**. Das so in der untersten Zone IV entstehende Katalysatormischbett wird mittels mindestens einer volumetrisch arbeitenden Pumpe **69** durch das Rückfördern über den oberen Teil der untersten Zone IV zum gemischten Katalysatorfließbett. Damit können ggf. der Katalysator **1a** und der Zuschlagstoff **1b** mehrfach für den Stoffumsatz genutzt werden. Das gemischte Fließbett wird in seiner Höhe durch partielles Austragen von Filterbettmaterial **42** mittels der Pumpe **69** konstant gehalten. Zum Herunterfahren des Prozesses ist ein Abblaßtank **70** vorgesehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Mitteldestillat (**2**) aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern (**1**), wobei wenigstens ein kohlenwasserstoffhaltiger Energieträger (**1**), gegebenenfalls wenigstens ein Katalysator (**1a**) und gegebenenfalls wenigstens ein Zu-

schlagstoff (1b) als Inputmaterial (12) einem ein Prozeßölgemisch (54) enthaltenden Reaktor (11) zugeführt werden, wobei ein Prozeßölgemischstrom (56) aus dem Reaktor (11) abgeführt und auf eine Prozeßtemperatur zwischen 150°C bis 400°C, vorzugsweise zwischen 350°C bis 380°C, erwärmt wird, wobei der erwärmte Prozeßölgemischstrom (67, 68) einem Degaser (37) zugeführt wird, wobei in dem Degaser (37) dampfförmiges Mitteldestillat (2) von dem erwärmten Prozeßölgemischstrom (67, 68) abgeschieden wird und wobei ein von dem dampfförmigen Mitteldestillat (2) entlasteter Prozeßölgemischstrom (55) aus dem Degaser (37) zu dem im Reaktor (11) vorhandenen Prozeßölgemisch (54) zurückgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erwärmte Prozeßölgemischstrom (67) zumindest teilweise von oben in den Degaser (37) aufgegeben und an Einbauten des Degasers (37) in eine Mehrzahl von Teilströmen aufgeteilt wird, wobei die Teilströme in einer Rieselfilmströmung zum Reaktor (11) abfließen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teilstrom (68) des erwärmten Prozeßölgemischstroms (67) tangential in den Degaser (37) eingeleitet wird und als Rotationsströmung an einer Behälterinnenwand des Degasers (37) nach unten in Richtung zum Reaktor (11) abfließt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Hauptenergieeintrag bei der Erwärmung des Prozeßölgemischstroms (56) auf Prozeßtemperatur durch indirekte Wärmeübertragung von einem vorzugsweise flüssigen Wärmeträger auf den Prozeßölgemischstrom (56) in wenigstens einem statischen Mischer mit integrierter Wärmeübertragereinrichtung erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich in dem statischen Mischer eine turbulente Strömung des Prozeßölgemischstroms (56) ausbildet.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine indirekte Wärmeübertragung des in dem Reaktor (11) enthaltenen Prozeßölgemisches (54) vorgesehen ist, wobei eine Wärmeübertragung von einem Wärmeträger auf das Prozeßölgemisch (54) durch eine Außenwand des Reaktors (11) erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der entlastete Prozeßölgemischstrom (55) beim Eintritt in den Reaktor (11) umgelenkt wird, wobei eine tangentielle Rotationsströmung an der Reaktorwand erzeugt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiterer Prozeßölgemischstrom (22) aus dem Reaktor (11) in einen Vorreaktor mit Mischeinrichtung geleitet wird, daß das Inputmaterial (12) dem Vorreaktor zugeführt und mit dem weiteren Prozeßölgemischstrom (22) in dem Vorreaktor vermischt wird und daß der so erhaltene kohlenwasserstoffreiche Prozeßölgemischstrom (26) aus dem Vorreaktor in den Reaktor (11) zurückgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der aus dem Vorreaktor zurückgeführte kohlenwasserstoffreiche Prozeßölgemischstrom (26) mit dem im Reaktor (11) enthaltenen Prozeßölgemisch (54) und dem von dem dampfförmigen Mitteldestillat (2) entlasteten Prozeßölgemischstrom (55) aus dem Degaser (37) vermischt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der aus dem Vorreaktor zurückgeführte kohlenwasserstoffreiche Prozeßölgemischstrom (26) tangential in eine das Prozeßölgemisch (54) enthaltende Mischzone (II) des Reaktors (11) eingeleitet wird, so daß sich eine Rotationsströmung des gesamten Prozeßölgemisches (54) im Reaktor ausbildet.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotationsrichtung des entlasteten Prozeßölgemischstroms (55) nach dem Eintritt in den Reaktor (11) der Rotationsrichtung des kohlenwasserstoffreichen Prozeßölgemischstroms (55) entspricht.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumen-Verhältnis von Prozeßölgemisch (54) im Reaktor (11) und weiterem Prozeßölgemisch im Vorreaktor auf 1:5 bis 1:8 eingestellt wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zu erwärmende Prozeßölgemischstrom (56) aus einer oberen ersten Sedimentationszone (III) des Reaktors (11) abgeführt und zu dem statischen Mischer mit integrierter Wärmeübertragereinrichtung geleitet wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus einer unteren zweiten Sedimentationszone (IV) des Reaktors (11) ein mit wenigstens einem Katalysator (1a) und gegebenenfalls mit wenigstens einem Zuschlagstoff (1b) angereicherter Prozeßölgemischstrom (60) abgeführt und ggf. mit dem zu erwärmenden Prozeßölgemischstrom (56) vermischt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil-

strom (**56a**) des zu erwärmenden Prozeßölgemischstroms (**56**) und, gegebenenfalls, ein weiterer Teilstrom (**60a**) des mit Katalysator und gegebenenfalls Neutralisator angereicherten Prozeßölgemischstroms (**60**) den zum Vorreaktor geführten weiteren Prozeßölgemischstrom (**22**) bilden.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß kurz vor dem Fördern des zu erwärmenden Prozeßölgemischstroms (**56**) und ggf. des angereicherten Prozeßölgemischstroms (**60**) in den statischen Mischer mit integrierter Wärmeübertragereinrichtung eine Beimischung von wenigstens einem Katalysator (**1a**) und/oder gegebenenfalls wenigstens einem Zuschlagstoff (**1b**) vorgesehen ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Katalysator (**1a**) und/oder Zuschlagstoff (**1b**) vor der Beimischung in einem Trägeröl (**34**) emulgiert werden.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Energieträger (**1**), der Katalysator (**1a**) und der Zuschlagstoff (**1b**) vor der Zufuhr in den Vorreaktor vermischt und auf eine Temperatur von weniger als 120°C, vorzugsweise auf ca. 80 bis 100°C, erwärmt werden.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktor (**11**) kontinuierlich mit dem Energieträger (**1**), dem Katalysator (**1a**) und dem Zuschlagstoff (**1b**) beschickt wird

20. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zur Erzeugung von Mitteldestillat (**2**) aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit wenigstens einem Degaser (**37**), wobei der Degaser (**37**) einen oberen Zerteilungsraum und einen unteren Degasungsraum aufweist, wobei im Zerteilungsraum strömungsleitenden und oberflächenvergrößernden Einbauten zur Zerteilung eines Prozeßölgemischstroms (**67**) und zur Oberflächenvergrößerung des Prozeßölgemischstroms (**67**) vorgesehen sind, wobei, vorzugsweise, der Prozeßölgemischstrom (**67**) mittig in den Zerteilungsraum von oben auf die Einbauten aufgebar ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Degasungsraum wenigstens einen Einlaß für einen Teilstrom (**68**) des Prozeßölgemischstroms (**67**) derart aufweist, daß der Teilstrom (**68**) tangential in den Degaser (**37**) einleitbar ist und als Rotationsströmung an einer Behälterinnenwand des Degasungsraums nach unten in Richtung zum Reaktor (**11**) abfließt.

22. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfah-

rens zur Erzeugung von Mitteldestillat (**2**) aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 20 oder 21, mit wenigstens einem statischen Mischer mit integrierter Wärmeübertragereinrichtung, wobei der statische Mischer als Mischwärmetauscher (**38**, **39**, **40**) ausgebildet ist mit einer Mehrzahl von Rohrbündeln für einen Wärmeträger und Mischelementen zwischen den Rohrbündeln zur turbulenten Vermischung eines Prozeßölgemisches.

23. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zur Erzeugung von Mitteldestillat (**2**) aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 20 bis 22, mit wenigstens einem Reaktor (**11**) für ein Prozeßölgemisch (**54**), wobei der Reaktor (**11**) einen oberen zylinderförmigen Wandabschnitt (**43**) aufweist, wobei, vorzugsweise, der obere Wandabschnitt (**43**) als Doppelmantelzylinder mit einer Reaktorinnenwand und einer Reaktorauswand ausgebildet ist und wobei, weiter vorzugsweise, in dem Doppelmantel eine spiralförmig an wenigstens einer Reaktorwand montierte Leiteinrichtung für einen Wärmeträger vorgesehen ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß in einem oberen Eintrittsbereich in den Reaktor (**11**) Einbauten zur Strömungsumlenkung eines Prozeßölgemisches vorgesehen sind, wobei die Einbauten zur Erzeugung einer tangentialen Wandströmung entlang der Reaktorwand ausgebildet sind.

25. Vorrichtung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktor (**11**) ein Unterteil (**44**) mit einem konisch zulaufenden oberen Wandabschnitt (**45**) und einem konisch zulaufenden unteren Wandabschnitt (**46**) aufweist, wobei der obere und der untere Wandabschnitt (**45**, **46**) durch einen zylinderförmigen Wandabschnitt (**47**) miteinander verbunden sind

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß im oberen Bereich des konisch zulaufenden oberen Wandabschnitts (**45**) wenigstens ein Auslaß vorgesehen ist

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 26 dadurch gekennzeichnet, daß im oberen Bereich des konisch zulaufenden unteren Wandabschnitts (**46**) wenigstens ein weiterer Auslaß vorgesehen ist.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuer- oder Regeleinrichtung zur Steuerung oder Regelung des Volumenstrom-Verhältnisses von wenigstens zwei Prozeßölgemischströmen (**56**, **60**) vorgesehen ist.

29. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zur Erzeugung von Mitteldestillat (2) aus kohlenwasserstoffhaltigen Energieträgern (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 28, mit wenigstens einem Vorreaktor, wobei der Vorreaktor wenigstens eine Eintragsschnecke, vorzugsweise eine Doppelschnecke (20) als Eintragseinheit, für den Energieträger (1), den Katalysator (1a) und den Zuschlagstoff (1b) aufweist und einen mit der Eintragsschnecke verbundenen Mischbehälter (21), wobei, vorzugsweise, die Eintragsschnecke bis in den unteren Bereich des Mischbehälters (21) eingreift und Mischflügel (23) am unteren Ende aufweist.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintragsschnecke beheizbar und/oder kühlbar ist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischbehälter (21) wenigstens ein unteren Einlaß und wenigstens ein oberen Auslaß für einen Prozeßölgemischstrom (22, 26) aufweist.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Einlaß zur tangentialen Zufuhr des Prozeßölgemischstroms (22) in den Mischbehälter (21) ausgebildet ist.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 29 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß über den Mischbehälter (21) ein Trägeröl (31) in den Reaktor (11) zuführbar ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

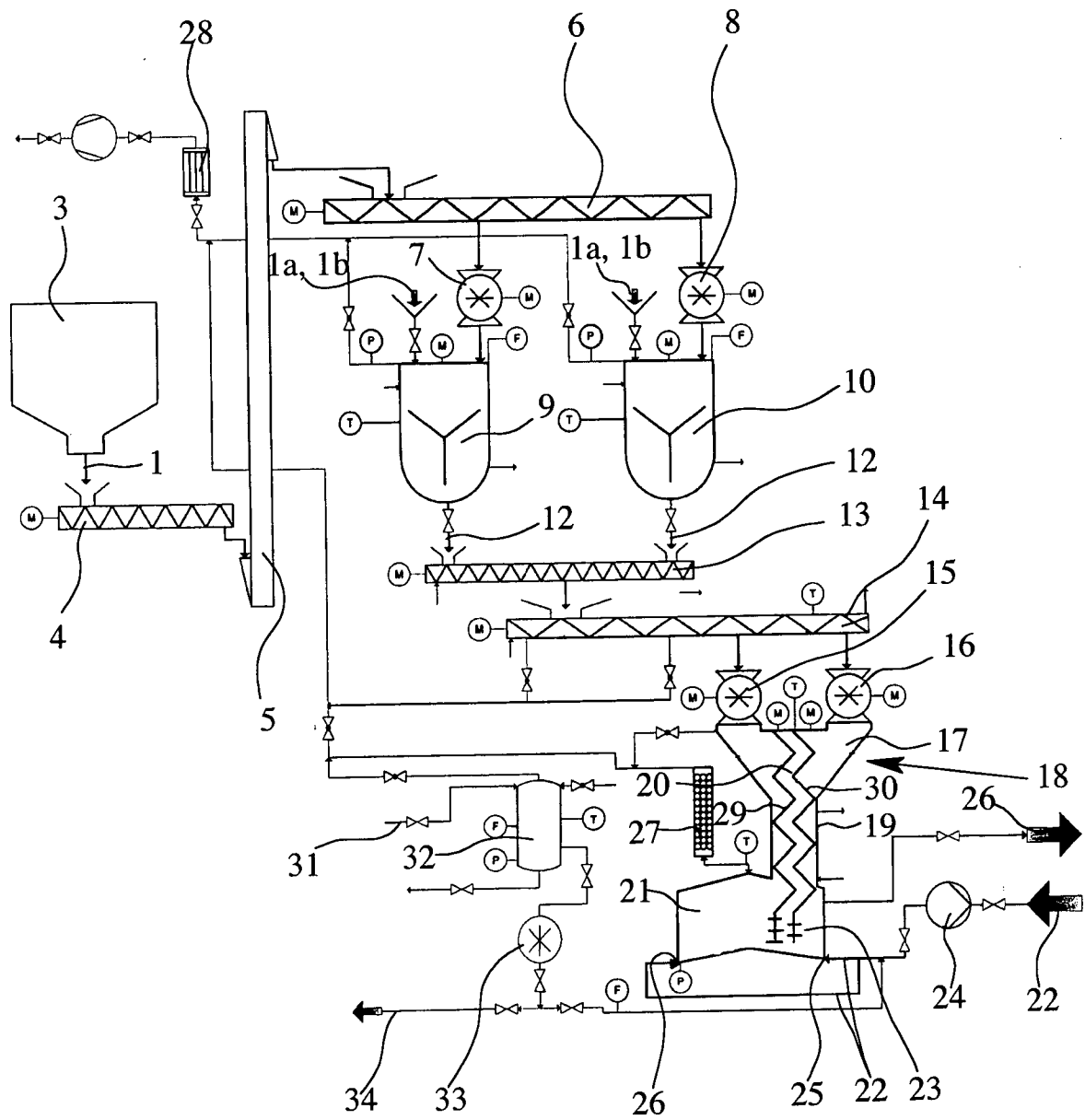


Fig. 1

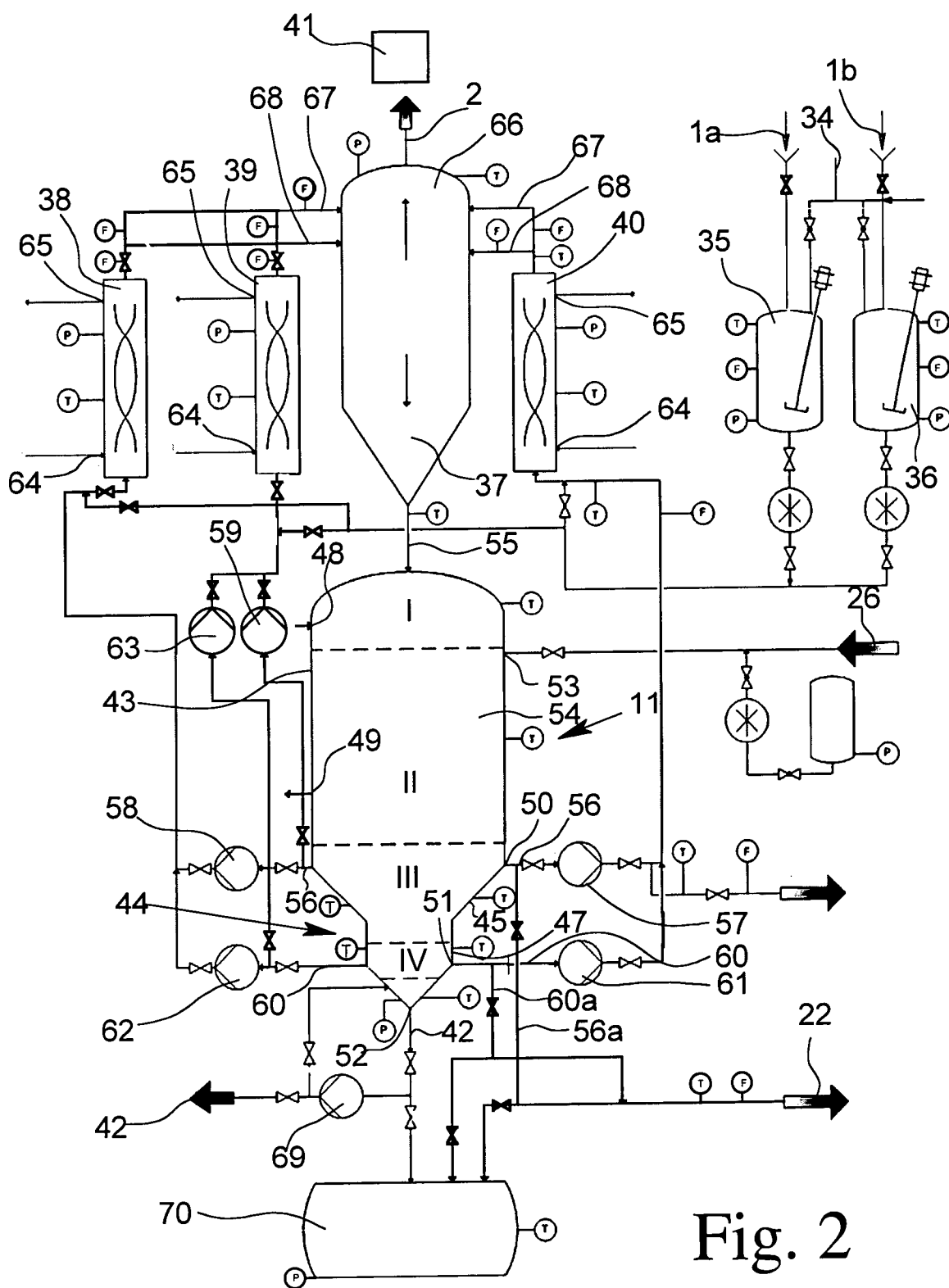


Fig. 2