



(19)

Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 4 196 552 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**16.10.2024 Patentblatt 2024/42**

(21) Anmeldenummer: **21763034.2**

(22) Anmeldetag: **09.08.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**C10G 1/10 (2006.01)**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**C10G 1/10**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2021/072173**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2022/034028 (17.02.2022 Gazette 2022/07)**

**(54) ANLAGE UND VERFAHREN ZUR KATALYTISCHEN HERSTELLUNG VON DIESELÖLEN AUS ORGANISCHEN MATERIALIEN**

APPARATUS AND PROCESS FOR THE CATALYTIC PRODUCTION OF DIESEL FROM ORGANIC MATERIALS

APPAREIL ET PROCÉDÉ DE PRODUCTION CATALYTIQUE DE DIESEL À PARTIR DE MATIÈRES ORGANIQUES

(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**

(30) Priorität: **14.08.2020 DE 102020004964**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**21.06.2023 Patentblatt 2023/25**

(73) Patentinhaber: **Kasielke, Timon  
76187 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:

• **KASIELKE, Salome  
68782 Brühl (DE)**

• **KASIELKE, Timon  
76187 Karlsruhe (DE)**

(74) Vertreter: **DTS Patent- und Rechtsanwälte  
PartmbB  
Briener Straße 1  
80333 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2010/003180 DE-A1- 10 049 377  
US-A1- 2013 136 665 US-A1- 2015 047 962  
US-A1- 2015 053 592 US-A1- 2019 330 537**

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 eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Anlage zur katalytischen Herstellung von Dieselöl aus Reststoffen, wie Kunsstoffen (PE, PP, PET, PVC, etc.), cellulosehaltige Stoffen und Biomaterialien gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein entsprechendes Verfahren nach Oberbegriff des Anspruchs 12.

**[0002]** Aus der WO 2005/071043 A1 ist eine Anlage bekannt, bei der kohlenwasserstoffhaltige Reststoffe oder Rückstände in einem mehrstufigen Prozess aufgeheizt, gecrackt und fraktioniert werden, wodurch unter anderem Dieselöl gewonnen wird. Weiterhin ist aus der DE103 56 245 B4 ebenfalls eine solche Anlage bekannt, wobei der Hauptwärmeeintrag über die Strömungsenergie der Pumpen erfolgt, die durch ein gegenläufiges Rührwerk sowie deren Friktion und innere Reibung gebremst werden. Es hat sich allerdings herausgestellt, dass diese Anlagen noch sehr störanfällig sind.

**[0003]** Aus der DE 103 16 969 A1 ist eine Vorfahren zur katalytischen Verölung von kohlenwasserstoffhaltigen Rückständen im Flüssigkreislauf bekannt, wobei als Katalysator ionentauschfähige Katalysatoren, wie Kalziumaluminumsilikat oder Natriumaluminumsilikat, verwendet werden, die in einem geheizten und an den Wärmeübertragungsstellen gereinigten Ölbadkreislauf eingesetzt werden, wobei weiterhin die Beheizung des Ölbadkreislauf mit den suspendierten Katalysatoren durch elektrische Heizkörper erfolgt, die konzentrisch um die Reaktorohre angeordnet sind.

**[0004]** Aus der US 2019/0330537 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Energieprodukten bekannt. Die DE 100 49 377 A1 betrifft die katalytische Erzeugung von Dieselöl und Benzinen aus kohlenwasserstoffhaltigen Abfällen und Ölen. Aus der US 2013/0136665 A1 ist ein System zur Herstellung von Öl aus Abfällen bekannt. Aus der WO 2010/003180 A1 ist ein Verfahren zur Verarbeitung von Ölraffinerieabfällen bekannt. Aus der US 2015/0047962 A1 ist eine Vorrichtung zur katalytischen Depolymerisation von kohlenwasserstoffhaltigem Material bekannt. Aus der US 2015/0053592 A1 ist ein Verfahren zur Behandlung von Kohlenwasserstoff-Brennstoffen mit Mikrowellen-Energie bekannt.

**[0005]** Die Aufgabe der Erfindung ist somit, eine Anlage und ein Verfahren bereit zu stellen, dass leichter betrieben werden kann und eine geringere Störungsanfälligkeit zeigt.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch eine Anlage nach Anspruch 1 gelöst, die dadurch geprägt ist, dass der zentrale Reaktor, der den Ausgangsstoff in einem Trägeröl aufnimmt und in welchem die katalytische Reaktion erfolgt, mindestens eine Heizung vorgesehen ist, die als Hochfrequenzwellenheizung mit einem Solid-State-Generator ausgebildet ist (SSG-Hochfrequenzwellenheizung).. Ein entsprechendes Verfahren ist gemäß Anspruch 12 beschrieben.

**[0007]** Als Ausgangsstoff sollen vorliegend alle koh-

lenwasserstoffhaltigen Roh- und Reststoffe gelten, insbesondere Rest- und Abfallmaterialien aus der Gruppe der Kunsstoffen (PE, PP, PET, PVC, etc.), cellulosehaltigen Stoffen und Biomaterialien, wie Holz, Säge- oder

5 Holzspähne, Papier, Karton, Pflanzenteile und dergleichen. Weiterhin soll unter einer granularen Partikelgröße rieselfähige Partikel verstanden werden, die in ihrer größten räumlichen Erstreckung im Mittel kleiner oder gleich 20mm aufweisen, vorteilhafterweise kleiner oder gleich 10mm aufweisen. Idealerweise sind diese als Spähne, Flakes oder vergleichbare flache Partikel ausgebildet. Vorliegend soll unter Diesel oder Dieselöl eine Kerosinmischung verstanden werden, die so genannten Mitteldestillatfraktionen bei bekannten Fraktionierungen 10 von Erdöl. Das Trägeröl hingegen ist ein tiefersiedendes Schweröl oder Schwerölgemisch. Derartige Trägeröle sind in der Regel Thermoöle, welche bei sich hohen Betriebstemperaturen, wie vorliegend beispielsweise in dem Bereich von 280°C bis 320°C, nicht zersetzen. Weiterhin können sogenannte Zweitaffinate verwendet werden. Diese sind Öle, die nicht zu chemischen Reaktionen, einem Ausgasen oder Schaumbildung führen.

**[0008]** Diese Anlage zur katalytischen Herstellung von Dieselöl aus dem vorgenannten Ausgangsstoff, umfasst 15 ein Einleitsystem für den Ausgangsstoff, eine Reaktionseinheit, mindestens eine ein- oder mehrteilige Trenn- und Abscheideeinheit und mindestens eine Sedimentaufbereitungsstufe für Feststoffe und/oder Sedimente, u.a. wie Aschen, Teerstoffe, u.dgl.. Dabei umfasst die Reaktionseinheit in der Regel nur einen zentralen Reaktor zur Behandlung einer Mischphase aus einer flüssigen Trägerphase (Trägeröl) und dem festen Ausgangsstoff, wobei der Reaktor häufig auch Schmelzreaktor genannt wird, weil in diesem die Feststoffe katalytisch in ein Dieselöl 20 umgewandelt werden. Der Reaktor weist idealerweise nur einen Reaktorinnenraum auf, und hat aber im bestimmungsgemäßen Betrieb einen gas- oder dampfgefüllten Kopfraum und einen mit der Mischphase gefüllten Produktraum. Weiterhin umfasst er mind. einen Einlass 25 für den Ausgangsstoff, mindestens einen Kopfauslass für eine Gas- oder Dampfphase an den sich unmittelbar eine Abscheidekolonne anschließen kann oder hieran angebracht sein kann. Weiterhin ist ein Auslass vorhanden, der mit der Sedimentaufbereitungsstufe verbunden ist, sowie mindestens ein motorisch angetriebenes Rühraggregat zur Homogenisierung und Umwälzung des Reaktorinhaltens, welches mit mindestens einem Rührkörper 30 in den Produktraum ragt.

**[0009]** Kern der Erfindung ist es, dass eine Heizeinrichtung für die Mischphase vorgesehen, welche als außen an der Reaktorwand anliegende Einrichtung vorgesehen ist und durch die Behälterwand hindurch auf das Fluid wirkt, alternativ kann im Reaktor eine solche Heizeinrichtung umfasst sein. Diese Heizeinrichtungen sind 35 so ausgelegt und dimensioniert, dass eine Erwärmung einer eingefüllten Mischphase auf über 200 °C erfolgen kann, idalerweise auf eine Temperatur zwischen 280 °C und 320°C. Dabei kommt erfindungsgemäß als Heizein-

richtung eine SSG-Hochfrequenzwellenheizung zum Einsatz, die nachstehend noch näher beschrieben wird.

**[0010]** Die Heizung umfasst einen Solid-State-Generator für elektromagnetische Wellen im Bereich der Hochfrequenzwellen. Die Frequenzen liegen im Bereich von 0,9 bis 300 GHz und einer Wellenlänge von ca. 30 cm bis 1 mm. Industriell eingesetzte Hochfrequenzwellen sind üblicherweise 915 MHz, 2450 MHz und 5,8 GHz. Der so genannte Solid-State-Generator weist sich dabei dadurch aus, dass die Hochfrequenz nicht durch einen Hohlkammerresonator (Magnetron), sondern durch Halbleiterbausteine erzeugt wird. Das Magnetron ist eine Elektronenröhre mit Elektroden in einem gasgefüllten Glaskolben. Der sogenannte Solid-State-Halbleiter ersetzt die Elektronenröhren.

**[0011]** Als besondere Vorteile haben sich gezeigt, dass der alterungsbedingte Leistungsverlust eines Magnetrons bei Solid-State-Generatoren nicht vorhanden. Ein Magnetron verliert innerhalb von drei bis vier Jahren bis zu 30% seiner Ausgangsleistung und muss somit regelmäßig ersetzt oder gewartet werden, wenn die Leistung auf einem guten Niveau gehalten werden soll. Halbleiterkomponenten hingegen sind für eine Lebensdauer von über 10 Jahren bis zu 20 Jahren im kontinuierlichen Betrieb ausgelegt. Weiterhin besteht ein Vorteil darin, dass die Hochspannung von bis zu 4 kV, die ein Magnetron zur Frequenzerzeugung benötigt, bei Solid-State-Generatoren nicht notwendig ist. Solid-State-Generatoren arbeiten mit Gleichspannungen ab 28 V. Damit sind die Komponenten wie Schwingungsquelle (Oszillator), Trafos, und Lüfter für die jeweilige Leistungsklasse deutlich keiner. Der Solid-State-Generator selbst ist damit ebenfalls bezogen auf die äußeren Abmessungen kleiner und somit ist die gesamte Hochfrequenzwellenheizung raumsparend ausbildbar. Die Hochfrequenzwelle weist somit eine höhere Effizienz und längere Lebensdauer auf und führen zu geringeren Betriebskosten.

**[0012]** Die emittierte Hochfrequenz wird von dem Solid-State-Generator über Hohlleiter in den Reaktorinnenraum geleitet, wo das Thermoöl mit dem Ausgangsstoff und den Zusatzstoffen durch die beschriebene Wechselwirkung erhitzt werden.

**[0013]** Die Hohlleiter sind Aluminium-Hohl-Profile, in der Regel rechteckige Hohl-Profile, die aus geraden Stücken und Bögen vielseitige Anordnungen von Reaktoren und Solid-State-Generator ermöglichen. Die elektromagnetischen Wellen (Hochfrequenzwelle) wirken auf die Moleküle und bringen diese in Schwingung und/oder Rotation. Damit erhöht sich die kinetische Energie und somit die Temperatur des Fluids.

**[0014]** Diese hat einen sehr hohen Wirkungsgrad und an den Austauschflächen bzw. den aussendenden Oberflächen der SSG-Hochfrequenzwellenheizung erfolgt nicht, wie bei konventionellen Heizeroberflächen, eine thermisch bedingte Anhaftung aufgrund lokaler Überhitzeung. Mindestens eine solche SSG-Hochfrequenzwellenheizung ist idealerweise im flüssigkeitsüberdecken Raum des Reaktorinnenraumes angeordnet. Die Leis-

tung des Solid-State Schwingungsgenerators sollte im Bereich von über 70kW liegen, idealerweise im Bereich von 80kW bis 250kW. Bedarfsweise kann die Leistung auch darüber liegen oder mehr als ein Solid-State-Schwingungsgenerator vorgesehen werden.

**[0015]** Die SSG-Hochfrequenzwellenheizung umfasst dabei als Hauptkomponenten in vorgenannter Weise kein Magnetron, sondern einen Generator, der wiederum im Wesentlichen aus Halbleiterbausteinen (Solid-State) und einen Hohlleiter besteht. Eingangsseitig umfasst die SSG-Hochfrequenzwellenheizung einen bestromten Signalgenerator (Oszillator), der eine Ausgangsstärke im mW-Bereich hat. Die Schwingungsquelle des Signalgenerators kann beispielsweise ein geeignet angeregter Schwingquarz, Kristall oder eine vergleichbarer Schwingungsquelle sein. Vor dem eigentlichen Solid-State-Verstärker kann ein Zwischenverstärker für das Schwingungssignal vorgesehen sein, der wiederum eigenständig bestromt sein kann, bspw. im Bereich von 30 bis 70

V. Hieran schließt sich der eigentliche Solid-State-Verstärker-/Generator an, mit den zur Leiterbahn ein- oder beidseitig angeordneten Transistoren, insbesondere LD-MOS (laterally-diffused metal-oxide semiconductor). Vor dem ableitenden Hohlleiter ist ein Zirkulator für richtungsfalsche Leistung angeordnet. Der genannte Hohlleiter umfasst in der Regel unter anderem mindestens eine zum Produktraum angrenzende und abtrennende Glas- oder Quarzglasscheibe, einen Tuner zur Minimierung der reflektierten Wellen, einen Zirkulator und eine Was-

serlast (Absorptionskomponente) sowie geeignete Detektoren und Richtkoppler. Bei einer verbesserten Ausführungsform grenzt an den Produktraum nicht nur ein Glas- oder Quarzglasscheibe, sondern eine Sicherheitsschleuse mit beidseitigem Abschluss durch eine Glas- oder Quarzglasscheibe, wobei deren Innenraum mit einem Inertgas gefüllt werden oder durch den ein Inertgas strömen kann. Dabei ist unter beidseitig die Richtung der Hauptstreckung des Hohlleiters zu verstehen, in welchem die Hochfrequenzwellen geführt werden. Der Vorteil besteht darin, dass der Innenraum evakuierbar ist und im Falle von Beschädigung der an den Produktraum angrenzenden Scheibe, kein Sauerstoff in den Reaktor gelangt und weiterhin die sonstigen Komponenten der SSG-Hochfrequenzwellenheizung geschützt bleiben.

**[0016]** Eine Alternative Bauform besteht darin, dass nicht der Reaktorinhalt unmittelbar durch vorstehend genannte Scheibe in der Reaktorwand oder einem Befestigungsstutzen mittels SSG-Hochfrequenzwellenheizung erwärmt wird, sondern die mindestens eine SSG-Hochfrequenzwellenheizung durch ein Glas- oder Quarzglasrohr auf einen Seitenstrom der Mischphase einwirkt. Dieser Seitenstrom in einer Umlaufleitung wird vorteilhafterweise von einem geeigneten Fördermittel angetrieben, wie beispielsweise einer Doppelschneckenpumpe.

**[0017]** Zur Dichtung der Sicherheitsscheiben der Sicherheitsschleuse im Hohlkanal werden vorteilhafterweise Papierdichtungen oder Dichtungen aus einer Kupfer-

material (Weichkupfer) vorgesehen, so dass eine gasdichte Trennung hergestellt ist. Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass diese gasdichte Strecke vom zentralen Reaktor als sehr vorteilhafte Abkühlungsstrecke fungiert.

**[0018]** Bei einer alternativen Variante wird die SSG-Hochfrequenzwellenheizung im Deckel und/oder Kopfraum des Reaktors angeordnet. Der Vorteil besteht darin, dass durch die Lage der SSG-Hochfrequenzwellenheizung im Kopfraum des Reaktors die thermischen und mechanischen Einflüsse verringert werden. Weiterhin ist so eine gute Zugänglichkeit im Wartungsfalle gegeben.

**[0019]** Besonders bevorzugt ist weiterhin, mindestens ein motorisch rotativ angetriebenes Schneidwerk zur schlagenden und/oder schneidendem Zerkleinerung des Ausgangsstoffes vorgesehen, welches mindestens eine Schneide oder einen Schneidabschnitt aufweist und in den Produktraum des Reaktors hinein ragt.

**[0020]** Bei einer Ausführungsform des Schneidwerkes ist dieses an derselben Antriebswelle angebracht und von dieser angetrieben, wie der mindestens eine Rührkörper, wobei alternativ oder zusätzlich auch der mindestens eine Rührkörper als Schneide oder mit einem Schneidabschnitt ausgebildet sein kann. Eine weitere Alternative besteht darin, dass das Schneidwerk in den Produktraum hineinragt und eine eigene Antriebswelle und einen eigenen vom Antrieb des Rühraggregats unabhängigen Antrieb aufweist.

**[0021]** Eine Verbesserung besteht darin, dass mindestens ein Rührkörper in vertikaler Höhenlage zwischen zwei Schneidwerken angeordnet ist, so dass diese unmittelbar ober- und unterhalb des Rührwerkes in der gerichteten Strömung schneidend und/oder zerteilend arbeiten können.

**[0022]** Der Antrieb muss dabei derart ausgelegt sein, dass er eine permanente vollständige Durchmischung und vielfache Umwälzung pro Minute ermöglicht, wozu er eine Geschwindigkeit des Rühraggregates von mindestens 400 bis 500 U/min ermöglichen muss. Vorteilhafterweise wird eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 440 bis 470 U/min vorgenommen. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Umfangsgeschwindigkeit des Rühraggregates im Bereich von 10 bis 20 m/s liegt, und idealerweise eine Umfangsgeschwindigkeit von 13 bis 18 m/s mittels des Antriebes erreichbar und im Betrieb der Anlage eingesetzt werden kann. Für den Antrieb des Schneidwerkes gilt analog, dass eine Geschwindigkeit von mindestens 400 bis 500 U/min vorliegen sollte, wobei vorteilhafterweise eine Geschwindigkeit von über 440 bis 470 U/min beim Betrieb aufrecht gehalten werden sollte.

**[0023]** Eine weitere Verbesserung besteht darin, dass das Rührwerk, insb. dessen Antriebswelle im Reaktor exzentrisch angeordnet ist, wodurch sich eine besonders vorteilhafte dreidimensionale Strömung im Produktraum des Reaktors einstellt. Dabei hat sich eine Achsexzentrität E des der Rührorganachse zur Mittelachse des Reaktors als vorteilhaft herausgestellt, die im Bereich von 0,15 bis 0,25 liegt.

**[0024]** Die stromabwärts dem Reaktor nachgeschaltete ein- oder mehrteilige Trenn- und Abscheideeinheit umfasst mindestens einen Kondensator und/oder eine Trennkolonne zur Abtrennung des Dieselöls. Es hat sich überraschenderweise herausgesellt, dass es hinreichend ist, nach dem Reaktor - ggf. unmittelbar auf diesem, eine einfache Abscheidekolonne vorzusehen, um nachfolgend hierzu ein oder zwei Kondensatoren vorzusehen zur Abscheidung des Produktöls.

**[0025]** Wie angedeutet, bildet dann die Abscheidekolonne mit dem Reaktor eine Baueinheit und ist direkt am Kopfraum angebracht oder über einen Flasch unmittelbar mit diesem verbunden. Dabei erstreckt sich der Kopfraum des Reaktors unmittelbar in den untersten Boden- oder Einlaufbereich der Kolonne und bildet einen einzigen Raum.

**[0026]** Weiterhin besteht eine verbesserte Variante darin, dass ein Rückführungseinlass am Reaktor vorgesehen ist, der mit der Sedimentaufbereitungsstufe verbunden ist und über welchen Teilströme oder Teilmengen, die über einen Auslass entnommen wurden, in den Reaktor zurückgeführt werden können. Die rückgeführten Teilströme oder Teilmengen sind in der Regel flüssig und abgereichert an Feststoffen, wie Kalk, Katalysator, Asche oder Teeranteile.

**[0027]** Der Reaktoreinlass und/oder der Rückführungseinlass sind derart ausgeformt, dass ein Gehäuse einer einleitenden Förderschnecke hieran gehalten und abgedichtet ist. Hierzu können bekannte Flansch- oder Kupplungselemente vorgesehen werden. Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn zwischen dem Reaktoreinlass und dem Auslassende der einleitenden Förderschnecke kein separates Rohrstück mehr vorhanden ist.

**[0028]** Dabei besteht eine Verbesserung darin, dass das Gehäuse der einleitenden Förderschnecke unmittelbar am Reaktor mit dem Auslassende endet bzw. den Reaktorflansch bildet.

**[0029]** Prozess- und Hilfsstoffe, wie ein zu ergänzendes Trägeröl, Kalk, Katalysator können in eine der sonstigen Zuführungs- oder Rückführungsströme eingeleitet werden. Vorteilhafterweise ist aber eine separate Zuführungseinheit für Prozess- und Hilfsstoffe vorgesehen, die leistungsmäßig mit dem Reaktor verbunden ist, wobei hierfür ein eigener Zugangsstützen im Reaktor vorgesehen ist.

**[0030]** Nicht im Einzelnen beschrieben, weil für den Fachmann fachüblich, sind nötige Leitungsverbindungen, Verbindungsflansche, Tragwerkselemente und dergleichen, sowie die bekannten und üblichen Steuerungs- und Regelungseinheiten.

**[0031]** Unter Nutzung dieser Anlage und insbesondere des Reaktors, ist somit ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Dieselöl aus dem vorgenannten Ausgangsstoff möglich, welcher als granulare Feststoffphase in eine flüssige Phase aus dem vorgenannten Trägeröl eingebracht und katalytisch umgeformt wird.

**[0032]** Hierbei ist die Temperatur in der Mischphase zwischen 200 und 400°C, und liegt idalerweise zwischen

280°C und 350°C. Die Mischphase umfasst weiterhin einen Anteil an Kalk von 1,5 Gew.% bis 10 Gew.%, wobei Kalk hier als Sammelbegriff für Calcium- oder calcium-carbonathaltige Stoffe oder Stoffmischungen zu verstehen ist. Weiterhin umfasst die Mischphase einen Katalysator in einem Anteil von 1 Gew.% bis 15 Gew.%.

**[0033]** Die gas- oder dampfförmige Phase wird kontinuierlich abgeführt, idealerweise mittels mind. einer Vakuumpumpe kontinuierlich aus dem Kopfraum des Reaktors abgezogen. Stromabwärts des Reaktors wird in mind. einem Kondensator das Dieselöl von der leichterflüchtigen gas- oder dampfförmigen Phase abgetrennt. Dabei wird parallel in der Mischphase der enthaltende granulare Ausgangsstoff mittels der mindestens einen Schneide oder dem Schneidabschnitt mechanisch zerschnitten und/oder zerkleinert wird. Zur optimalen Durchmischung im Reaktorinnenraum und zur Vermeidung von jeglicher Sedimentation, beträgt die Umfangsgeschwindigkeit des Rühraggregates zwischen 8 bis 20 m/s, wobei es sich heraus gestellt hat, dass diese idealerweise zwischen 13 bis 17 m/s liegen sollte.

**[0034]** Der Katalysator ist vorteilhafterweise ein Bentonith oder Zeolith, insb. ein Aluminium Silicat, der einen pulverförmigen Zustand aufweist. Der im Kopfraum des Reaktors einzustellende Druck ist kleiner oder gleich 1 bar ist, idealerweise liegt er im Bereich von 25 bis 60 mbar.

**[0035]** Nicht im Einzelnen beschrieben, weil für den Fachmann fachüblich, sind nötige Leitungsverbindungen, Verbindungsflansche, Tragwerkselemente und der gleichen, sowie die bekannten und üblichen Steuerungs- und Regelungseinheiten.

**[0036]** Nachstehend wird die Erfindung beispielhaft näher erläutert, dabei zeigt

Figur 1 als Blockdiagramm einen Verfahrensablauf und die wichtigsten Verfahrensschritte,  
 Figur 2 die Anlage nach Figur 1 mit Einzelschritten zur Produktaufbereitungsstufe,  
 Figur 3 ein erstes Ausführungsbeispiel des zentralen Reaktors,  
 Figur 4 ein zweites Ausführungsbeispiel des zentralen Reaktors,  
 Figur 5 den Aufbau der SSG-Hochfrequenzwellenheizung des zentralen Reaktors und  
 Figur 6 eine alternative Ausführungsform zur Figur 5.

**[0037]** In der Figur 1 ist schematisch die gesamte Anlage 1 zur katalytischen Herstellung von Dieselöl 9 aus dem Ausgangsstoff 7 als Blockdiagramm dargestellt. Der Ausgangsstoff 7 wird über das Einleitsystem 100 der Reaktionseinheit 10 zugeführt, die mindestens einen Reaktor aufweist, aber auch zwei oder mehr parallel geschaltete Reaktoren umfassen kann (nicht dargestellt). Der Ausgangsstoff 7 wird wie gezeigt, in den Reaktor 11 über den Reaktoreinlass 12 zugeführt.

**[0038]** Über das Einleitsystem 100 werden auch die Prozess- und Hilfsstoffe 8, wie bspw. zu ergänzendes

Trägeröl, Kalk und Katalysator eingeleitet. Alternativ, aber nicht dargestellt, kann dies über eine separate Zuführungseinheit erfolgen, die leitungsmäßig mit dem Reaktor verbunden ist, wobei hierfür ein eigener Zugangsstutzen im Reaktor vorgesehen ist. Weiterhin ist eine Produktaufbereitungsstufe 300 für das Dieselöl 9 leitungsmäßig mit oder an dem Kopfraum 11.1 des Reaktors 11 über den Kopfauslass 13 verbunden. In der Produktaufbereitungsstufe 300 wird aus der Gas - und Dampfphase

5 der Dieselölanteil von der leichter siedenden wässrigen Phase getrennt. Das Dieselöl 9 wird im Speichertank 24 gelagert.  
**[0039]** Bodennah mit Verbindung zum Produktraum 11.2 ist der Reaktor 11 über den Bodenauslass 14 und 15 die Auslassleitung 14.1 mit einer Sedimentaufbereitungsstufe 200 verbunden, von der aus in den Rückführinlass 23 die Rückführleitung 23.1 führt, so dass eine flüssige Phase in den Reaktor 11 zurück geleitet werden kann. Weiterhin umfasst die Anlage 1 eine Koppellungs- und Aufreinigungseinheit 400, welche optional ist und mittels welcher das Dieselöl 9 beispielsweise entschwefelt werden kann und/oder die Fest- und Sedimentationsstoffe weiter aufbereitet und konfektioniert werden können. Zu diesem Zweck sind die Produktaufbereitungsstufe 300 und/oder die Sedimentaufbereitungsstufe in geeigneter Weise über geeignete Fördermittel und/oder Leitungen miteinander verbunden.

**[0040]** In Figur 1 und den nachstehenden Figuren sind übliche Aggregate zur Steuerung, Regelung, Förderung, 30 Anzeigen usw. aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.  
**[0041]** Wie weiterhin in Figur 1 zu erkennen, weist der Reaktor 11 ein Rühraggregat 15, mit einem Antrieb 19, einer Antriebswelle 17, einem Rührkörper 16 und einem 35 Schneidwerk 18 auf. Der Rührkörper 16 ist in diesem und den nachfolgenden Ausführungsbeispielen als 2- bis 4-flügeliger Propeller ausgebildet.

**[0042]** Die Figur 2 zeigt die Anlage 1 gem. Figur 1 in einer Ausführungsform, bei der die Produktaufbereitungsstufe 300 für die den Kopfraum des Reaktors 11 über den Kopfauslass 13 verlassende Gas- und/oder Dampfphase, eine Trenn- und Abscheideeinheit 3 umfasst, zu welcher eine Abscheidekolonne 4 und zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren 5.1, 5.2 gehören, die 40 über die Dampfleitungen 26.1 und 26.2 verbunden sind. Diese Kondensatoren 5.1, 5.2 werden bei einer Temperatur knapp über dem Siedepunkt des Wassers bei > 100°C betrieben, idealerweise in einem Temperaturbereich von 101°C bis 105°C. Durch diese Prozessführung kann die leichtflüchtige Dampfphase, die im Wesentlichen verbleibenden Wasserdampf enthält über die Dampfleitung 26.3 die Produktaufbereitungsstufe 300 zum Kamin 25 hin verlassen. Das auskondensierte Dieselöl 9 verlässt über die Produktleitungen 27.1 und 27.2 45 den jeweiligen Kondensator 5.1, 5.2 und wird über die sammelnde Produktleitung 27 dem Speichertank 24 zugeleitet. Ausgehend von einer der Produktleitungen 27, 27.1, 27.2 wird über die Rückleitung 28 Dieselöl 9 oben 50 55

in die Abscheidekolonne 4 geleitet, um einen sicheren Abscheideprozess zu gewährleisten.

**[0043]** Die Abscheidekolonne 4 ist mit einer Schüttung 4.1 aus inerten Formstücken gefüllt, in der Regel metallische Formkörper, die auf einem oder mehreren Siebböden angeordnet sind. Vorliegend wird ein Anteil an Dieselöl von weniger als 15% des Gesamtstromes zur Abscheidekolonne 4 zurückgeleitet. Die Abscheidekolonne 4 dient dabei im Wesentlichen nicht als Destillationskolonne, sondern erfüllt den Zweck, dass mitgerissene Fremd- oder Ausgangsstoffe, aufsteigender Schaum und Schweröltröpfchen sicher im Reaktor 11 zurückgehalten werden.

**[0044]** Weiterhin ist schematisch die Heizeinrichtung 22, eine SSG-Hochfrequenzwellenheizung, am Reaktor 11 im Bereich des Produktraumes 11.2 gezeigt, wobei, wie oben ausgeführt, übliche Strom- und/oder Datenleitungen, Armaturen, Ventile, Fördermittel usw. nicht dargestellt sind.

**[0045]** In der Figur 3 ist der Reaktor 11 mit mehr Details gezeigt. Die Antriebswelle 17 des Rührwerkes 15 ist mit dem Abstand E1 parallel und exzentrisch zu der Mittelachse MA des Reaktors 11 angeordnet und wird durch den Befestigungsflansch 19.1 an dem oberen Klöpperboden 30.1 gehalten. Das Schneidwerk 18 weist einen Durchmesser d1 auf, der etwas größer ist, als die Durchmesser d2 der beiden Rührkörper 16.1 und 16.2, die ober- und unterhalb vom Schneidwerk 18 an derselben Antriebswelle 17 angebracht und von dieser angetrieben werden. Der Abstand zwischen der Oberkante oder dem Flansch des unteren Klöpperbodens 30.2 bis zur Unterkante oder dem Flansch des oberen Klöpperbodens 30.1 beträgt die Höhe H1. Die Höhe H2 bemisst sich ebenfalls bis zur Unterkante oder dem Flansch des oberen Klöpperbodens 30.1, hat aber als unteren Bezugspunkt die tiefste Erstreckung des unteren Klöpperbodens 30.2. Der Flansch des Reaktoreinlasses 12 ist um den Winkel  $\alpha$  von  $30^\circ$  gegenüber der Horizontalen 29.2 nach oben geneigt, wobei die Horizontale 29.2 die Öffnung am Reaktoreinlass 12 im Zentrum der Durchströmungsfläche durchstößt. Die Horizontale 29.2 bildet somit eine theoretische Mittellinie, die parallel und mittig zwischen einer oberen Ebene e1 verläuft, die bei der Höhe h1 den höchsten Punkt der Oberkante des Reaktoreinlasses 12 umfasst und einer unteren Ebene e2, die bei der Höhe h2 den tiefsten Punkt der Unterkante des Reaktoreinlasses 12 umfasst.

**[0046]** Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind der Reaktoreinlass 12 und der Rückführungseinlass 23 derart ausgeformt, dass eine Leitung oder ein Förderaggregat unmittelbar angeflanscht werden kann, insb. dass das Gehäuse einer einleitenden Förderschnecke hieran gehalten und abgedichtet ist (nicht dargestellt). Hierzu können bekannte Flansch- oder Kupplungselemente vorgesehen werden. Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn zwischen dem Reaktoreinlass und dem Auslassende der einleitenden Förderschnecke kein separates Rohrstück mehr vorhanden ist und diese unmittelbar ineinander

übergehen. Wie in der Figur 3 zu erkennen, ist auch der Rückführungseinlass 23 um einen Winkel  $\beta$  gegenüber der Horizontalen geneigt, der im Bereich von  $5^\circ$  bis  $35^\circ$  liegen sollte.

**[0047]** Es hat sich ganz allgemein herausgestellt, dass es sehr vorteilhaft ist, wenn der vom Schneidwerk 18 bei der Rotation aufgespannte Raum unterhalb der Horizontalen 29.1 liegt oder diese umfasst und idealerweise unterhalb der Ebene e2 liegt. Anders ausgedrückt, idealerweise liegt eine theoretische Schneideebene 31, als eine theoretische mittlere Ebene des Raumes, die sich bei der Rotationsbewegung des Schneidwerkes 18 ergibt, bei einer Höhe h3, die kleiner ist als die Höhe h1 und insbesondere auch kleiner oder gleich der Höhe h2 ist.

**[0048]** Es zeigte sich überraschenderweise, dass eine weitere Verbesserung darin besteht, wenn die theoretische Schneideebene 31 im Raum zwischen der Horizontalen 29.1 und der Ebene e2 liegt. Damit wird zugeführtes Ausgangsmaterial beim Eintritt in den Reaktor 11 unmittelbar schneidend und schlagend bearbeitet, wodurch eine optimale Verteilung und Zerkleinerung erfolgen.

**[0049]** Bei einem sehr ausgeprägten, stark gewölbten unteren Klöpperboden 30.2, findet die analoge Betrachtung ausgehend vom tiefsten Punkte des Klöpperbodens statt.

**[0050]** Die Motorleistung des Antriebes 19 ist vorliegend im Bereich von 9 bis 15 kW Motor mit einer Drehzahl von 1.300 bis 2.000 U/min. Je nach Getriebe wird bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Antriebsdrehzahl am Rührkörper 16 von 400 bis 500 U/min erreicht.

**[0051]** Wie in der Figur 3 weiterhin zu erkennen, ist am Kopfauslass 13 die Abscheidekolonne 4 über einen Anschlussflansch unmittelbar an dem oberen Klöpperboden 30.1 am Reaktor 11 befestigt. Die Heizeinrichtung ist bei der Ausführung nach Figur 3 eine SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1, mit einer Leistung von 100 kW, deren Hochfrequenzwellen 22.2, angedeutet als kubische Wellen, direkt in die Mischphase hineinwirken.

Hierzu ist die SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1 im Innenraum des Reaktors 11 angeordnet.

**[0052]** Eine alternative, nicht dargestellte Lage der SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1 ist hierbei im Kopfraum 11.1 des Reaktors 11, weil hierdurch zum einen die thermischmechanischen Einflüsse verringert werden und eine bessere Zugänglichkeit im Wartungsfalle gegeben ist.

**[0053]** Im vorliegenden Beispiel umfasst der eigentliche Solid-State-Verstärker der Hochfrequenzwellenheizung ein- oder beidseitig der Leiterbahn je 2, 3 oder 4 LDMOS mit einer jeweiligen Leistung von 200 bis 500 W, ist also maximal mit 8 LDMOS ausgestattet.

**[0054]** Die Ausgangsleitung beträgt somit je nach Anzahl der LDMOS im zentralen Solid-State-Verstärker 50 bis 400 kW. Übliche Bauteile und Komponenten, sowie nötige Spannungsversorgung sind hier der Übersichtlichkeit nicht aufgeführt.

**[0055]** In der Ausführungsvariante gem. der Figur 4

entspricht das links dargestellte Rühraggregat 15 im Wesentlichen dem aus Figur 3, wobei ein Rührkörper 16.1 an der einen Antriebswelle 17 und oberhalb des Schneidwerkes 18 vorgesehen ist. Weiterhin ist ein zweites Rührwerk 15.1 mit einem eigenen Antriebe 21 und zugehöriger Antriebswelle 20 vorgesehen, an welchem zwei weitere Rührkörper 16.3, 16.4 angeordnet sind. Der Vorteil besteht darin, dass der aufwärtsgerichtete Strom unterstützt wird und der Antrieb 19 des Rührwerkes 15 kleiner ausgelegt werden kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass auch beim Ausfall eines Rührwerkes 15, 15.1 die Umlözung im Reaktor 11 aufrecht gehalten werden kann, ggf. bei verminderter oder abgeschalteter Zuführung an Ausgangsmaterial. Dabei ist das zweite Rührwerk 15.1 ebenfalls um den Abstand E2 exzentrisch, parallel zur Mittelache MA angeordnet. Idealerweise liegen die beiden Antriebswellen und die Mittelachsen MA in einer vertikalen Ebene. Die Hauptströmungsrichtung ist mit Pfeilen angedeutet.

**[0056]** Die Ausführungsformen und Anordnungen nach den Figuren 3 und 4 sind je nach Reaktordimensionen kombinierbar, insbesondere die Anzahl der Rührkörper und/oder der Schneiden oder Schneidabschnitte. So kann bspw. auch am zweiten oder einem weiteren Rührwerk ebenfalls eine Schneide- oder Schneidabschnitt vorgesehen werden (nicht dargestellt).

**[0057]** In den Figuren 5 und 6 sind die Einbausituationen und Aufbau der SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1 im Detail gezeigt und sind ansonsten analog der Ausführung nach Figur 3 ausgebildet. Dabei zeigt die Figur 6 einen von gegebenenfalls mehreren SSG-Hochfrequenzwellenheizungen 22.1, die unmittelbar an der Außenwand des zentralen Reaktors 11 angeordnet sind.

**[0058]** Die SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1 umfasst einen Signalgenerator 37, einen Solid-State-Generator 35 einen Hohlleiter 38 und eine Sicherheitsschleuse 36 auf, die mit einem ersten Ende und er dort angeordneten Sicherheitsscheibe 36.2 an den Reaktor 11 angrenzt.

**[0059]** Übliche Flansch- und Verbindungelemente sind vorgesehen, aber nicht weiter ausgeführt. In den Innenraum 36.1 der Sicherheitsschleuse 36 kann über den Einlass 36.3 ein Inertgas, bspw. Stickstoff in den Innenraum 36.1 geleitet werden. An dem zweiten Ende der Sicherheitsschleuse 36 ist eine weitere Sicherheitsscheibe 36.4 angeordnet, beide Sicherheitsscheiben 36.2, 36.4 sind aus einem Glas- oder Quarzglas. Signalgenerator 37 erzeugt die Hochfrequenzwellen, die als kräftiger Pfeil, der in Richtung des Reaktors 11 weist, angedeutet sind. Nur erwähnt, ohne detaillierte Darstellung, sind die bekannten sonstigen Elemente der SSG-Hochfrequenzwellenheizung, wie ein Tuner zur Minimierung der reflektierten Hochfrequenzwellen, die als schmaler Pfeil angedeutet sind, ein Zirkulator, eine Wasserlast oder eine geeignete Absorptionskomponente, sowie geeignete Detektoren und ein Richtkoppler.

**[0060]** Bei dieser vorteilhaften Ausführungsform grenzt an den Produktraum 11.2 nicht nur ein einzelne

Glas- oder Quarzglasscheibe 36.2, sondern eine Sicherheitsschleuse 36, wobei bei einer vereinfachten Bauart auch nur eine einzige Sicherheitsscheibe 36.2 zwischen Produktraum 11.2 des Reaktors 11 und der SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1 vorgesehen werden kann.

**[0061]** Alternativ zur Figur 5 zeigt Figur 6 eine alternative Bauform, bei welcher die im Produktraum 11.2 eingefüllte Mischphase nicht unmittelbar erhitzt wird. Es ist vielmehr eine Leitung 58 vorgesehen, die im Kreislauf aus dem Reaktor heraus und wieder hinein führt und in welcher ein Fördermittel 59, wie beispielsweise eine Doppelspindelpumpe arbeitet. Weiterhin ist als ein Abschnitt der Leitung 58 ein Glas- oder Quarzglasrohr 39 vorgesehen, über welches die Hochfrequenzwellen von zwei SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1a, 22.1b auf die strömende Mischphase einwirken. Zur Vermeidung von zu starken Rückstrahlungen der Hochfrequenzwellen in die SSG-Hochfrequenzwellenheizungen kann es vorteilhaft sein, mehrere Glas- oder Quarzglasrohrs 39 an unterschiedlichen Leitungsabschnitten der Leitung 58 mit jeweils einer einzelnen SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1a, 22.1b vorzusehen.

**[0062]** Bei der gezeigten Variante weist die Rohrleitung 58 SSG-Hochfrequenzwellenheizungen 22.1a, 22.1b in zwei Bauarten auf. Die näher am Reaktor 11 angeordnete SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1a ist aufgebaut, wie in Figur 6 beschrieben, wobei die hierzu stromabwärts angeordnete SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1b keine Sicherheitsschleuse umfasst und nur ein oder mehrere Fenster aus Glas- oder Quarzglas vorgesehen sind, durch welche hindurch die Hochfrequenzwellen in den Rohrinnenraum geleitet werden.

**[0063]** Als vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn beispielsweise als Dichtungsmaterial für die erste Sicherheitsscheibe 36.2, die an den die Mischphase führenden Rohrinnenraum und/oder Produktraum 11.2 grenzt, mindestens einseitig eine Dichtung aus einem Kupfermaterial vorgesehen wird, idealerweise beidseitig. Auf der zweiten, der hiervon abgewandten Seite des Sicherheitskanals 36 ist zur Dichtung der Innenseite der Sicherheitsscheibe ein Fluorkautschuk und auf der zum Halbleiter-Hochfrequenz-Generator weisenden Außenseite ein Kühlflansch aus einem Aluminiumwerkstoff vorgesehen.

**[0064]** Die teilweise nicht dargestellten Aggregate können wie vorstehend ausgeführt einzeln oder gemeinschaftlich vorgesehen werden, insb. Bauart, Bauform und/oder die Anordnung der SSG-Hochfrequenzwellenheizung 22.1 betreffend.

## 50 Bezugssachenliste

### [0065]

1 Anlage

2 Zuführung von Hilfsstoffen

3 Trenn- und Abscheideeinheit

4	Abscheidekolonne	25	Kamin
	4.1 Schüttung	26	Dampfleitung 26.1, 26.2, 26.3
5	Kondensatoren	5	27 Produktleitung 27.1, 27.2
	5.1 Kondensator	28	Rückleitung
	5.2 Kondensator	29	Horizontale
6	Inertgas	10	29.1 Mitte von H1
			29.2 Mitte von H2 ...
7	Ausgangsstoff	30	Klöpperboden
			30.1 oberer Klöpperboden
8	Hilfs- und Prozessmedien	15	30.2 unterer Klöpperboden
	8.1 Tank	31	Schneidebene
	8.2 Fördermittel	32	Steuer- und Versorgungseinheit
9	Dieselöl/-leitung	20	34 Daten- und/oder Energieleitung
10	Reaktoreinheit	35	Solid-State-Generator
11	Reaktor	25	36 Sicherheitsschleuse
	11.1 Kopfraum		36.1 Innenraum
	11.2 Produktraum		36.2 Sicherheitsglas
		36.3 Einlass	
		36.4 Sicherheitsglas	
12	Reaktoreinlass	30	37 Signalgenerator
	12.1 Einlassleitung	38	Hohlleiter
13	Kopfauslass	35	39 Glas- oder Quarzglasrohr
14	Bodenauslass	58	50 Leitung
	14.1 Auslassleitung	59	Fördermittel
15	Rühraggregat	40	100 Einleitsystem
		200	Sedimentaufbereitungsstufe (Sediment) (neu)
16	Rührkörper	300	Produktaufbereitungsstufe (Produkt) (neu)
	16.1 Rührkörper erster	400	Kopplungs- und Aufreinigungseinheit
	16.2 Rührkörper zweiter		
17	Antriebswelle	45	e1 Ebene, horizontal
	17.1 Antrieb	e2	Ebene, horizontal
18	Schneidwerk	E1	Exzentrizität
	18.1 Schneide oder Schneidabschnitt	E2	Exzentrizität
19	Antrieb	50	H1 Höhe Reaktorinnenraum ohne Klöpperboden
	19.1 Befestigungsflansch	H2	Höhe Reaktorinnenraum mit unterer Klöpperboden
20	Antriebswelle	55	h1 Höhe der Oberkante des Einlasses
21	Antrieb	h2	Höhe der Unterkante des Einlasses
22	Heizeinrichtung	h3	Höhe des Schneidwerkes
	22.1 SSG-Hochfrequenzwellenheizung		
	22.2 Hochfrequenzwelle		
23	Rückführungseinlass	$\alpha, \beta$	Winkel
	23.1 Rückführungsleitung		
24	Speichertank		

MA Mittelachse

**Patentansprüche**

1. Anlage (1) zur katalytischen Herstellung von Diesel-  
öl (9) aus einem Ausgangsstoff (7) aus der Gruppe  
der Reststoffe, wie Kunsstoffen (PE, PP, PET, PVC,  
etc.), cellulosehaltige Stoffen und Biomaterialien,  
umfassend mindestens ein Einleitsystem (100) für  
den Ausgangsstoff (7), einer Reaktionseinheit (10),  
mindestens eine ein- oder mehrteilige Trenn- und  
Abscheideeinheit (3) und mindestens eine Sedimenta-  
taufbereitungsstufe (200) für Feststoffe und/oder  
Sedimente, wobei die Reaktionseinheit (10) minde-  
stens einen Reaktor (11) zur Behandlung einer Misch-  
phase aus einer flüssigen Trägerphase (Trägeröl)  
und dem festen Ausgangsstoff (7) umfasst, wobei  
der Reaktor (11)
- im bestimmungsgemäßen Betrieb einen gas-  
oder dampfgefüllten Kopfraum (11.1) und einen  
mit der Mischphase gefüllten Produktraum  
(11.2) aufweist, weiterhin umfassend einen Ein-  
lass (12) für den Ausgangsstoff (7), einen Kopf-  
auslass (13) für eine Gas- oder Dampfphase,  
einen Auslass (14) der mit der Sedimentaufbe-  
reitungsstufe (200) verbunden ist und minde-  
stens ein motorisch angetriebenes Rühraggregat  
(15) zur Homogenisierung und Umwälzung des  
Reaktorinhaltes, welches mit mindestens einem  
Rührkörper (16) in den Produktraum (11.2) ragt,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Reaktor  
(11) mindestens eine Heizeinrichtung (22) um-  
fasst oder eine Heizeinrichtung (22) unmittelbar  
an diesen angrenzt, wobei die Heizeinrichtung  
(22) eine SSG-Hochfrequenzwellenheizung  
(22.1) ist, welche einen Solid-State-Generator  
(35) aufweist, und die mindestens eine SSG-  
Hochfrequenzwellenheizung (22.1) insbeson-  
dere eine Leistung von 80 bis 200 kW oder mehr  
aufweist, und welche vom Produktraum (11.2)  
des Reaktors (11) oder die Mischphase führen-  
de, umlaufende Leitung (58) durch mindestens  
eine Scheibe, Fenster und/oder Rohrleitung aus  
Glas- oder Quarzglas getrennt ist.
2. Anlage (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-  
zeichnet, dass** die mindestens eine SSG-Hochfre-  
quenzwellenheizung (22.1) eine Sicherheitsschleu-  
se (36) als Hohlleiterabschnitt umfasst, die einen  
evakuierbaren Innenraum (36.1) aufweist, insbe-  
sondere einen Innenraum (36.1), an welchem beid-  
seitig Glas- oder Quarzglasscheiben (36.2, 36.4) an-  
geordnet sind.
3. Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Reaktor (11)
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- weiterhin mindestens ein motorisch rotativ angetrie-  
benes Schneidwerk (18) aufweist, zur schlagenden  
und/oder schniedenden Zerkleinerung des Aus-  
gangsstoffes (7), wobei optional
- vorgesehen sein kann, dass das mindestens  
eine Schneidwerk (18) mindestens eine Schnei-  
de oder einen Schneidabschnitt (18.1) aufweist  
und an derselben Antriebswelle (17) angebracht  
und von dieser angetrieben wird, wie der minde-  
stens eine Rührkörper (16) und/oder dass der  
mindestens eine Rührkörper (16) als Schneide  
oder mit einem Schneidabschnitt (18.1) aufge-  
bildet ist;
- vorgesehen sein kann, dass das Schneidwerk  
(18) eine Antriebswelle (20) und einen eigenen  
und vom Antrieb (19) des Rühraggregats (15)  
unabhängigen Antrieb (21) aufweist; oder
- vorgesehen sein kann, dass mindestens ein  
Schneidwerk (18) in vertikaler Höhenlage zwi-  
schen zwei Rührköpfen (16.1, 16.2) angeord-  
net ist.
4. Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**
- der Antrieb (19) die Geschwindigkeit des Rühr-  
aggregates (15) von mindestens 400 bis 500  
U/min ermöglicht, vorteilhafterweise eine Um-  
drehungsgeschwindigkeit von 440 bis 470  
U/min ermöglicht und/oder eine Umfangsge-  
schwindigkeit des Rühraggregats (15) von 10  
bis 20 m/s erreichbar ist, idealerweise eine Um-  
fangsgeschwindigkeit von 13 bis 18 m/s erreich-  
bar ist;  
und/oder
- das Rührwerk (15) und/oder dessen Antriebs-  
welle (17) im Reaktor (9) exzentrisch angeord-  
net ist
5. Anlage (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekenn-  
zeichnet, dass** der Antrieb (21) des Schneidwerkes  
(18) eine Geschwindigkeit von mindestens 400 bis  
500 U/min ermöglicht, vorteilhafterweise eine Ge-  
schwindigkeit von über 440 bis 470 U/min ermög-  
licht.
6. Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die ein- oder mehr-  
teiligen Trenn- und Abscheideeinheit (3) mindestens  
einen Kondensator (5) und/oder eine Abscheideko-  
lonne (4) zur Abtrennung des Dieselöles (9) umfasst.
7. Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**
- stromabwärts nach dem Reaktor (11) die Ab-  
scheidekolonne (4) und nachfolgend der min-

- destens eine Kondensator (5), idealerweise zwei Kondensatoren (5.1, 5.2) angeordnet sind; und/oder
- die Abscheidekolonne (4) mit dem Reaktor (11) eine Baueinheit bildet und direkt am Kopfraum (11.1) angebracht oder mit diesem verbunden ist.
8. Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Rückführungeinlass (23) an dem Reaktor (11) vorgesehen ist, der mit der Sedimentaufbereitungsstufe (200) verbunden ist und über welchen Teilströme oder Teilmengen, die über den Auslass (14) entnommen wurden, in den Reaktor (11) zurückgeführt werden können.
9. Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rektoreinlass (12) und/oder der Rückführungseinlass (23) derart ausgeformt ist, dass ein Gehäuse (42.1, 62.1) einer einleitenden Förderschnecke (42, 62) hieran gehalten und abgedichtet ist.
10. Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (42.1, 62.1) der einleitenden Förderschnecke (42, 62) mit einem Einlass (12, 23) oder einem Flansch des Reaktor (11) unmittelbar verbunden ist und/oder in diesen hinein ragt.
11. Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zuführungeinheit (2) für Prozess- und Hilfsstoffe (8) vorgesehen ist, die leitungsmäßig mit dem Reaktor (11) verbunden ist.
12. Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Dieselöl aus einem Ausgangsstoff (7) aus der Gruppe der Reststoffe, wie Kunsstoffen (PE, PP, PET, PVC, etc.), cellulosehaltige Stoffen (Sägespäne, Schreddergut) und Biomaterialien, welcher als granulare Feststoffphase in eine flüssige Phase aus einem Trägeröl eingebracht und katalytisch umgeformt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 11 vorgesehen ist, und wobei
- die Temperatur in der Mischphase zwischen 200 und 400 °C liegt, idealerweise zwischen 280 °C und 350°C und
  - die Mischphase weiterhin einen Anteil an Kalk von 1,5 Gew.% bis 10 Gew.% (2-5) und einen Anteil an Katalysator von 1 Gew.% bis 15 Gew.% (2-10) aufweist, und wobei
  - die gas- oder dampfförmige Phase mittels mind. einer Vakuumpumpe kontinuierlich aus dem Kopfraum (11.1) abgezogen und stromabwärts des Reaktors (11) in mind. einem Konden-
- sator (5) das Dieselöl (9) von der leichtflüchtigen gas- oder dampfförmigen Phase abgetrennt wird.
- 5 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in der Mischphase enthaltende Ausgangsstoff (7) mittels der mindestens einen Schneide oder dem Schneidabschnitt (18.1) im Reaktor (11) mechanisch zerkleinert wird.
- 10 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Katalysator ein Bentonith oder Zeolith ist, insb. ein Aluminium Silicat.
- 15 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Umfangsgeschwindigkeit des Rühraggregates (15) zwischen 8 bis 20 m/s beträgt, idealerweise zwischen 13 bis 17 m/s beträgt; und/oder
  - der Druck im Kopfraum (11.1) des Reaktors (11) kleiner oder gleich 1 bar ist, idealerweise im Bereich von 25 bis 60 mbar liegt.
- Claims**
1. System (1) for the catalytic production of diesel oil (9) from a starting material (7) from the group of residues, such as plastics (PE, PP, pet, PVC, etc.), cellulose-containing substances and biomaterials, comprising at least one introduction system (100) for the starting material (7), a reaction unit (10), at least one single-part or multi-part separation and separator unit (3) and at least one sediment preparation stage (200) for solids and/or sediments, wherein the reaction unit (10) comprises at least one reactor (11) for treating a mixing phase of a liquid carrier phase (carrier oil) and the solid starting material (7), wherein in the reactor (11)
- 30
- in intended operation, has a gas- or steam-filled head chamber (11.1) and a product chamber (11.2) filled with the mixing phase, further comprising an inlet (12) for the starting material (7), a head outlet (13) for a gas or vapor phase, an outlet (14) connected to the sediment preparation stage (200) and at least one motor-driven agitation unit (15) for homogenizing and circulating the reactor content, which projects into the product chamber (11.2) with at least one agitator body (16), **characterized in that** the reactor (11) comprises at least one heating device (22) or a heating device (22) directly adjacent thereto, wherein the heating device (22) is an SSG high-frequency wave heater (22.1), which has a solid-state generator (35), and the at least
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

one SSG high-frequency wave heater (22.1) has in particular a power of 80 to 200 kW or more, and which is separated from the product chamber (11.2) of the reactor (11) or the circulating line (58) carrying the mixing phase by at least one pane, window and/or pipe made of glass or quartz glass.

2. System (1) according to Claim 1, **characterized in that** the at least one SSG high-frequency wave heater (22.1) comprises a safety lock (36) as a waveguide section, which has an evacuable inner chamber (36.1), in particular an inner chamber (36.1), on which glass or quartz glass panes (36.2, 36.4) are arranged on both sides.

3. System (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the reactor (11) furthermore has at least one motor-driven rotary cutting mechanism (18) for impact and/or cutting comminution of the starting material (7), wherein optionally

- it can be provided that the at least one cutting mechanism (18) has at least one cutting edge or a cutting section (18.1) and is attached to and driven by the same drive shaft (17) as the at least one agitator body (16) and/or that the at least one agitator body (16) is designed as a cutting edge or with a cutting section (18.1);
- it can be provided that the cutting mechanism (18) has a drive shaft (20) and its own drive (21) independent of the drive (19) of the agitation unit (15); or
- it can be provided that at least one cutting mechanism (18) is arranged at a vertical height between two agitator bodies (16.1, 16.2).

4. System (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that**

- the drive (19) enables the speed of the agitation unit (15) of at least 400 to 500 rpm, advantageously a rotational speed of 440 to 470 rpm and/or a circumferential speed of the agitation unit (15) of 10 to 20 m/s can be achieved, ideally a circumferential speed of 13 to 18 m/s can be achieved;
- and/or
- the agitator (15) and/or its drive shaft (17) is arranged eccentrically in the reactor (9).

5. System (1) according to Claim 3, **characterized in that** the drive (21) of the cutting mechanism (18) allows a speed of at least 400 to 500 rpm, advantageously allows a speed of over 440 to 470 rpm.

6. System (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the single- or multi-part sep-

aration and separator unit (3) comprises at least one condenser (5) and/or a separating column (4) for separating the diesel oil (9).

- 5 7. System (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that**

- the separating column (4) and subsequently the at least one condenser (5), ideally two condensers (5.1, 5.2), are arranged downstream of the reactor (11);
- and/or
- the separating column (4) forms a structural unit with the reactor (11) and is attached directly to or connected to the head chamber (11.1).

8. System (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** a recirculation inlet (23) is provided on the reactor (11), which is connected to the sediment preparation stage (200) and via which partial streams or partial quantities removed via the outlet (14) can be recirculated to the reactor (11).

9. System (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the reactor inlet (12) and/or the return inlet (23) is shaped in such a way that a housing (42.1, 62.1) of an introducing screw conveyor (42, 62) is held and sealed against it.

10. System (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the housing (42.1, 62.1) of the introducing screw conveyor (42, 62) is directly connected to an inlet (12, 23) or a flange of the reactor (11) and/or projects into the latter.

11. System (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** a supply unit (2) for process and auxiliary materials (8) is provided, which is connected by lines to the reactor (11).

12. Method for the continuous production of diesel oil from a starting material (7) from the group of residual materials, such as plastics (PE, PP, PET, PVC, etc.), cellulose-containing substances (sawdust, shredded material) and biomaterials, which is introduced as a granular solid phase into a liquid phase from a carrier oil and catalytically shaped, **characterized in that** a system (1) according to any of the preceding Claims 1 to 11 is provided, and wherein

- the temperature in the mixing phase is between 200 and 400°C, ideally between 280°C and 350°C, and
- the mixing phase still contains a proportion of lime of 1.5% by weight to 10% by weight (2-5) and a proportion of catalyst of 1% by weight to 15% by weight (2-10), and wherein
- the gaseous or vaporous phase is continuously

withdrawn from the head chamber (11.1) by means of at least one vacuum pump and, downstream of the reactor (11) in at least one condenser (5), the diesel oil (9) is separated from the highly volatile gaseous or vaporous phase.

5

13. Method according to Claim 12, **characterized in that** the starting material (7) contained in the mixing phase is mechanically comminuted in the reactor (11) by means of the at least one cutting edge or the cutting section (18.1).

10

14. Method according to any of Claims 12 or 13, **characterized in that** the catalyst is a bentonite or zeolite, in particular an aluminium silicate.

15

15. Method according to any of Claims 12 to 14, **characterized in that**

- the circumferential speed of the agitation unit (15) is between 8 and 20 m/s, ideally between 13 and 17 m/s;

and/or

- the pressure in the head chamber (11.1) of the reactor (11) is less than or equal to 1 bar, ideally in the range of 25 to 60 mbar.

20

25

## Revendications

1. Installation (1) de fabrication catalytique d'essence diesel (9) à partir d'une matière de départ (7) provenant du groupe des résidus, tels que les matières plastiques (PE, PP, PET, PVC, etc.), les matières cellulosiques et les biomatériaux, comprenant au moins un système d'introduction (100) pour la matière de départ (7), une unité de réaction (10), au moins une unité de séparation et de tri en une ou plusieurs parties (3) et au moins un étage de traitement des sédiments (200) pour les corps solides et/ou les sédiments, dans laquelle l'unité de réaction (10) comprend au moins un réacteur (11) servant au traitement d'une phase de mélange à partir d'une phase de support fluide (huile porteuse) et la matière de départ solide (7), dans laquelle le réacteur (11) :

35

- comporte, en situation de fonctionnement conforme à sa destination, une chambre de tête remplie de gaz ou de vapeur (11.1) et une chambre de produit (11.2) remplie avec la phase de mélange, comprenant en outre une admission (12) pour la matière de départ (7), une sortie de tête (13) pour une phase gazeuse ou vapeur, une sortie (14) reliée à l'étage de traitement des sédiments (200) et au moins un groupe agitateur (15) entraîné de façon motorisée pour homogénéiser ou remuer le contenu du réacteur, qui pénètre dans la chambre de produit (11.2) avec au

40

50

55

moins un corps agitateur (16), **caractérisée en ce que** le réacteur (11) comprend au moins un dispositif de chauffage (22) ou qu'un dispositif de chauffage (22) est directement connexe à lui, dans lequel le dispositif de chauffage (22) est un chauffage à ondes hautes fréquences SSG (22.1) comportant un générateur d'état solide (35) et que l'au moins un chauffage à ondes hautes fréquences SSG (22.1) présente notamment une puissance de 80 à 200 kW ou davantage et qui est séparé de la chambre de produit (11.2) du réacteur (11) ou que la conduite (58) périphérique amenant la phase de mélange est séparée par au moins une vitre, une fenêtre et/ou une conduite tubulaire en verre ou en verre quartzé.

2. Installation (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'au moins un chauffage à ondes hautes fréquences SSG (22.1) comprend un sas de sécurité (36) prenant la forme d'une section de conducteur creux comportant un espace intérieur évacuable (36.1), notamment une chambre intérieure (36.1), au niveau de laquelle des vitres en verre ou en verre quartzé (36.2, 36.4) sont disposées des deux côtés.

3. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le réacteur (11) comporte en outre au moins un outil tranchant (18) entraîné en rotation de façon motorisée, pour concasser par entrechocage et/ou découpage la matière de départ (7), dans laquelle en option :

- il peut être prévu que l'au moins un outil tranchant (18) comporte au moins une lame ou une section de lame (18.1) et puisse être placé au niveau du même arbre d'entraînement (17) que l'au moins un corps agitateur (16) et puisse être entraîné par lui et/ou que l'au moins un corps agitateur (16) soit réalisé sous la forme d'une lame ou avec une section de lame (18.1) ;
- il peut être prévu que l'outil tranchant (18) comporte un arbre d'entraînement (20) et un entraînement (21) propre et indépendant de l'entraînement (19) du groupe agitateur (15) ; ou
- il peut être prévu qu'au moins un outil tranchant (18) soit disposé dans la position verticale en hauteur entre deux corps agitateurs (16.1, 16.2).

4. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** :

- l'entraînement (19) permet au groupe agitateur (15) d'aller à une vitesse d'au moins 400 à 500 tr/min, de façon avantageuse une vitesse de ro-

- tation de 440 à 470 tr/min et/ou puisse atteindre une vitesse circonférentielle du groupe agitateur (15) de 10 à 20 m/s, idéalement une vitesse circonférentielle de 13 à 18 m/s ; et/ou - l'agitateur (15) et/ou son arbre d'entraînement (17) est disposé de façon excentrée dans le réacteur (9).
- 5
5. Installation (1) selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** l'entraînement (21) de l'outil tranchant (18) permet d'aller à une vitesse d'au moins 400 à 500 tr/min, de façon avantageuse à une vitesse dépassant 440 à 470 tr/min.
- 10
6. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'unité de séparation et de tri en une ou plusieurs parties (3) comprend au moins un condensateur (5) et/ou une colonne de séparation (4) permettant de séparer l'essence diesel (9).
- 15
7. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** :
- 20
- sont disposés en aval, après le réacteur (11), la colonne de séparation (4) et par la suite l'au moins un condensateur (5), idéalement deux condensateurs (5.1, 5.2) ; et/ou - la colonne de séparation (4) forme avec le réacteur (11) une unité de construction et qu'elle est placée directement au niveau de la chambre de tête (11.1) ou qu'elle est reliée à celle-ci.
- 25
8. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'** une admission de reflux (23) est prévue au niveau du réacteur (11) relié à l'étage de traitement des sédiments (200) et via lequel les courants partiels ou les quantités partielles prélevés via la sortie (14) peuvent être ramenés dans le réacteur (11).
- 30
9. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'admission de réacteur (12) et/ou l'admission de reflux (23) est formée de telle sorte qu'un carter (42.1, 62.1) d'une vis sans fin de transport rentrant à l'intérieur (42, 62) est maintenue contre ou réalisée contre de façon étanche.
- 35
10. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le carter (42.1, 62.1) de la vis sans fin de transport rentrant à l'intérieur (42, 62) est directement relié à une admission (12, 23) ou à un flasque du réacteur (11) et/ou rentre dans ce dernier.
- 40
11. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'** une unité d'alimentation (2) est prévue pour les matières à traiter et les matières auxiliaires (8), ladite unité étant reliée au réacteur (11) au niveau des conduites.
- 45
12. Procédé de fabrication en continu d'essence diesel à partir d'une matière de départ (7) provenant du groupe des résidus, tels que les matières plastiques (PE, PP, PET, PVC, etc.), les matières cellulosiques (copeaux de scie, produits déchiquetés) et les biomatériaux amenés sous la forme d'une phase en matière solide granulaire et transformés de façon catalytique jusque dans une phase fluide à partir d'une huile porteuse, **caractérisé en ce qu'** une installation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 11 est prévue, et dans lequel :
- 50
- la température se situe en phase de mélange entre 200 et 400 °C, idéalement entre 280 °C et 350°C et
  - la phase de mélange comporte en outre avec une part de calcaire de 1,5 % en poids à 10 % en poids (2-5) et une part de catalyseur de 1 % en poids à 15 % en poids (2-10) et dans lequel
  - la phase sous forme gazeuse ou vapeur est extraite en continu à l'aide d'au moins une pompe à vide hors de la chambre de tête (11.1) et l'essence diesel (9) est séparée en aval du réacteur (11) dans au moins un condensateur (5) par rapport à une phase sous forme volatile sous forme gazeuse ou vapeur.
- 55
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** la matière de départ (7) contenue dans la phase de mélange est réduite en taille de façon mécanique à l'aide de l'au moins une lame ou de la section de lame (18.1) dans le réacteur (11).
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13, **caractérisé en ce que** le catalyseur est une bentonite ou une zéolithe, notamment un silicate d'aluminium.
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** :
- la vitesse circonférentielle du groupe agitateur (15) est comprise entre 8 à 20 m/s, idéalement entre 13 à 17 m/s ; et/ou
  - la pression régnant dans la chambre de tête (11.1) du réacteur (11) est inférieure ou égale à 1 bar, idéalement dans la plage de 25 à 60 mbar.

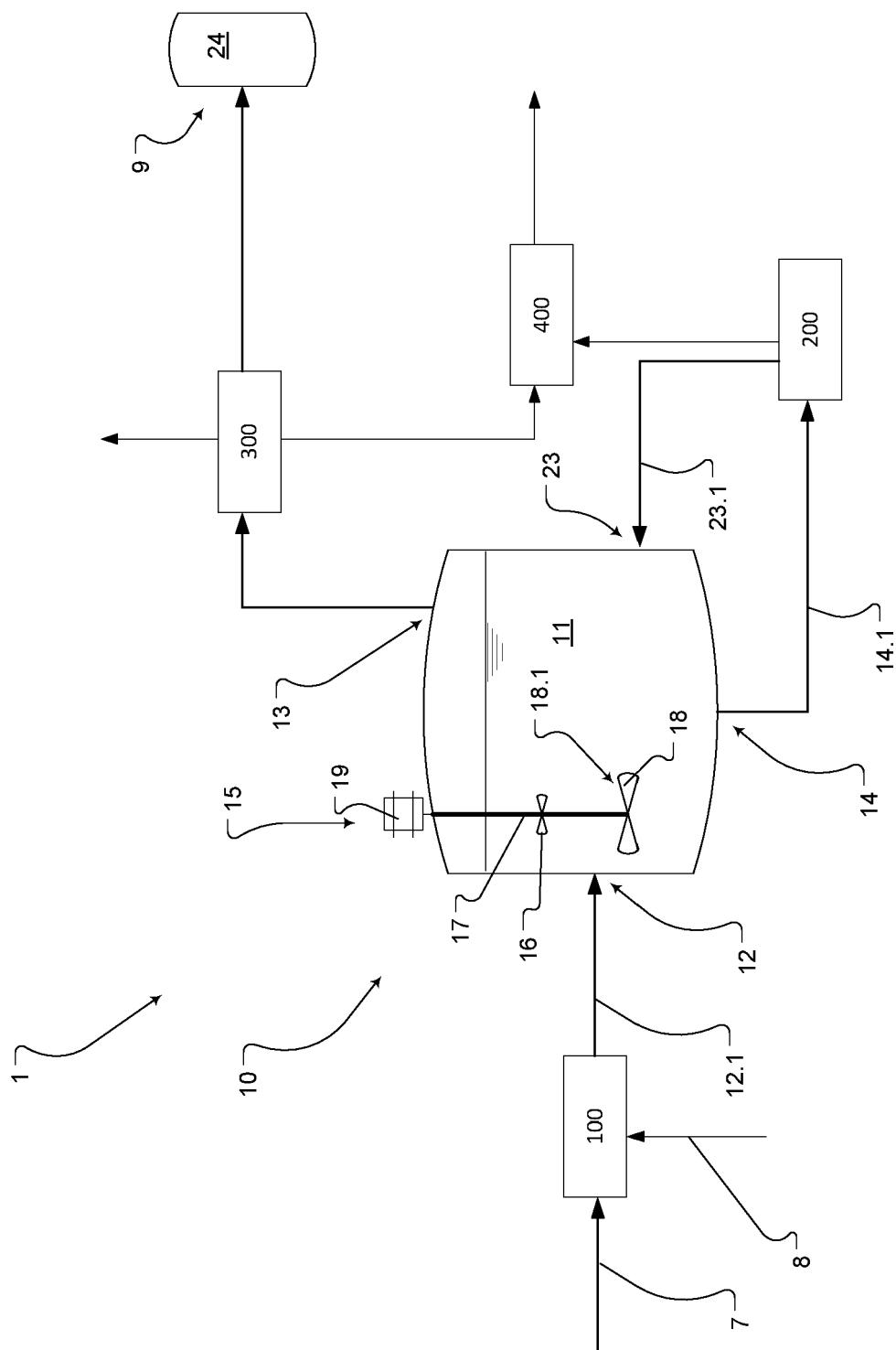
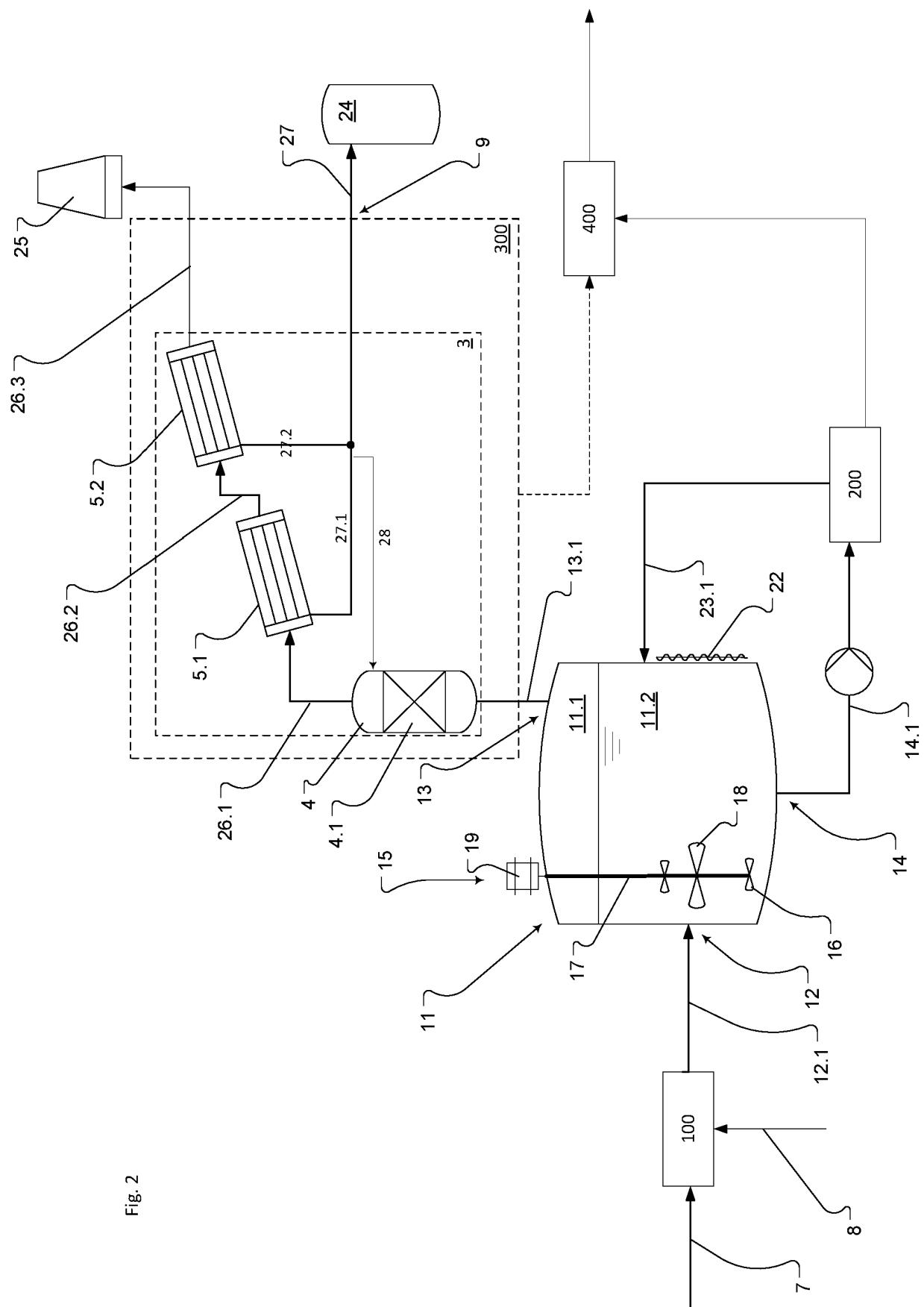


Fig. 1



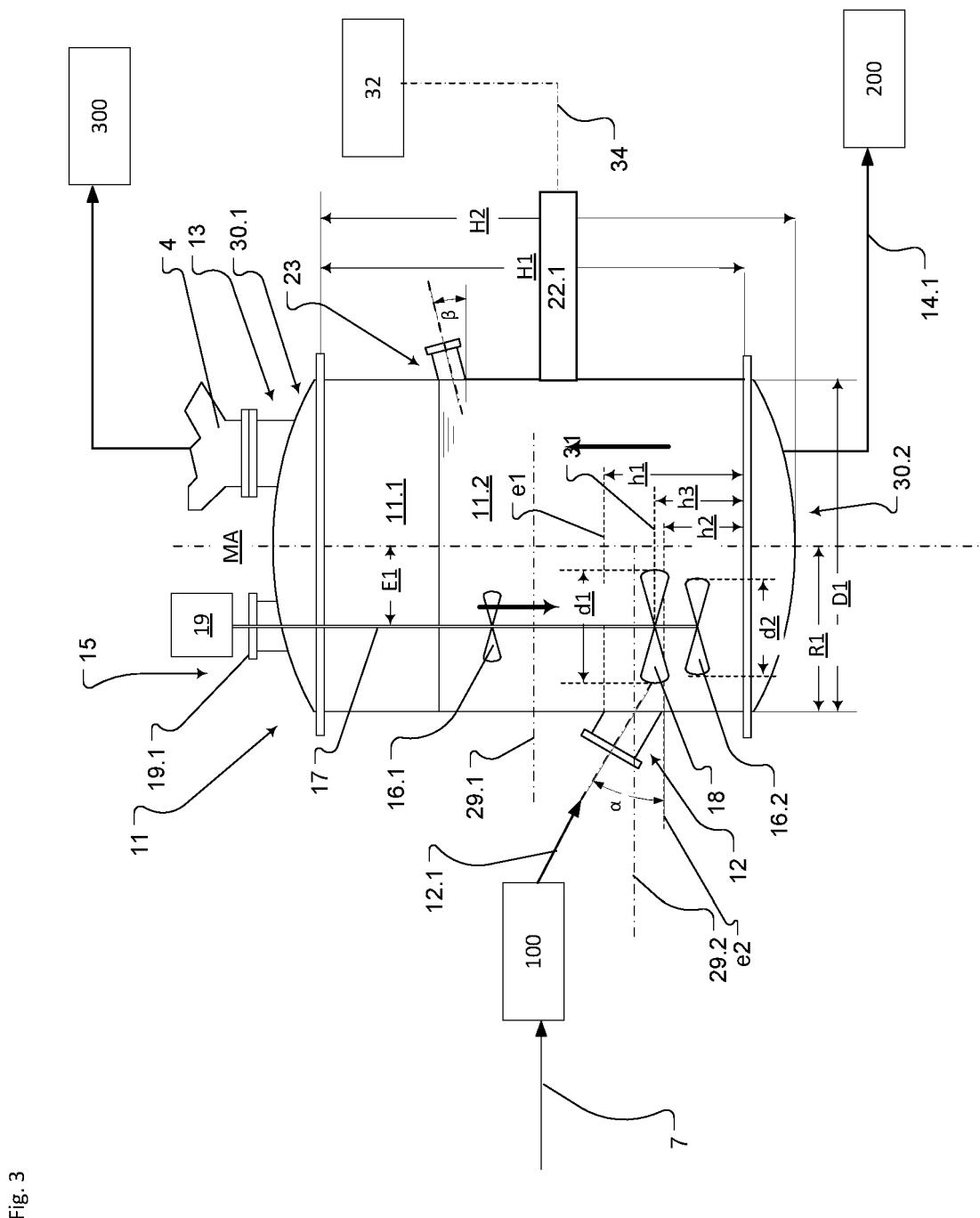


Fig. 3

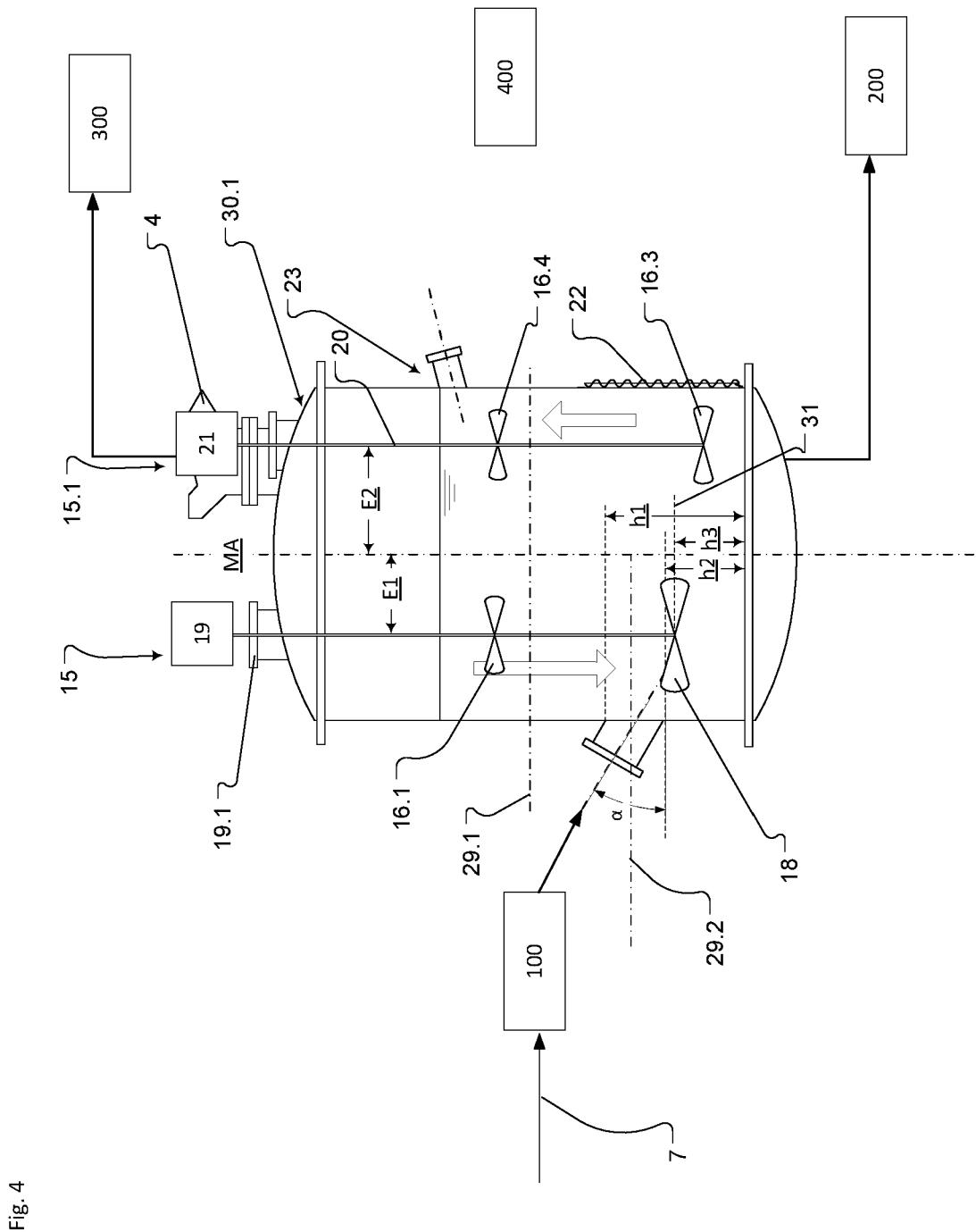


Fig. 4

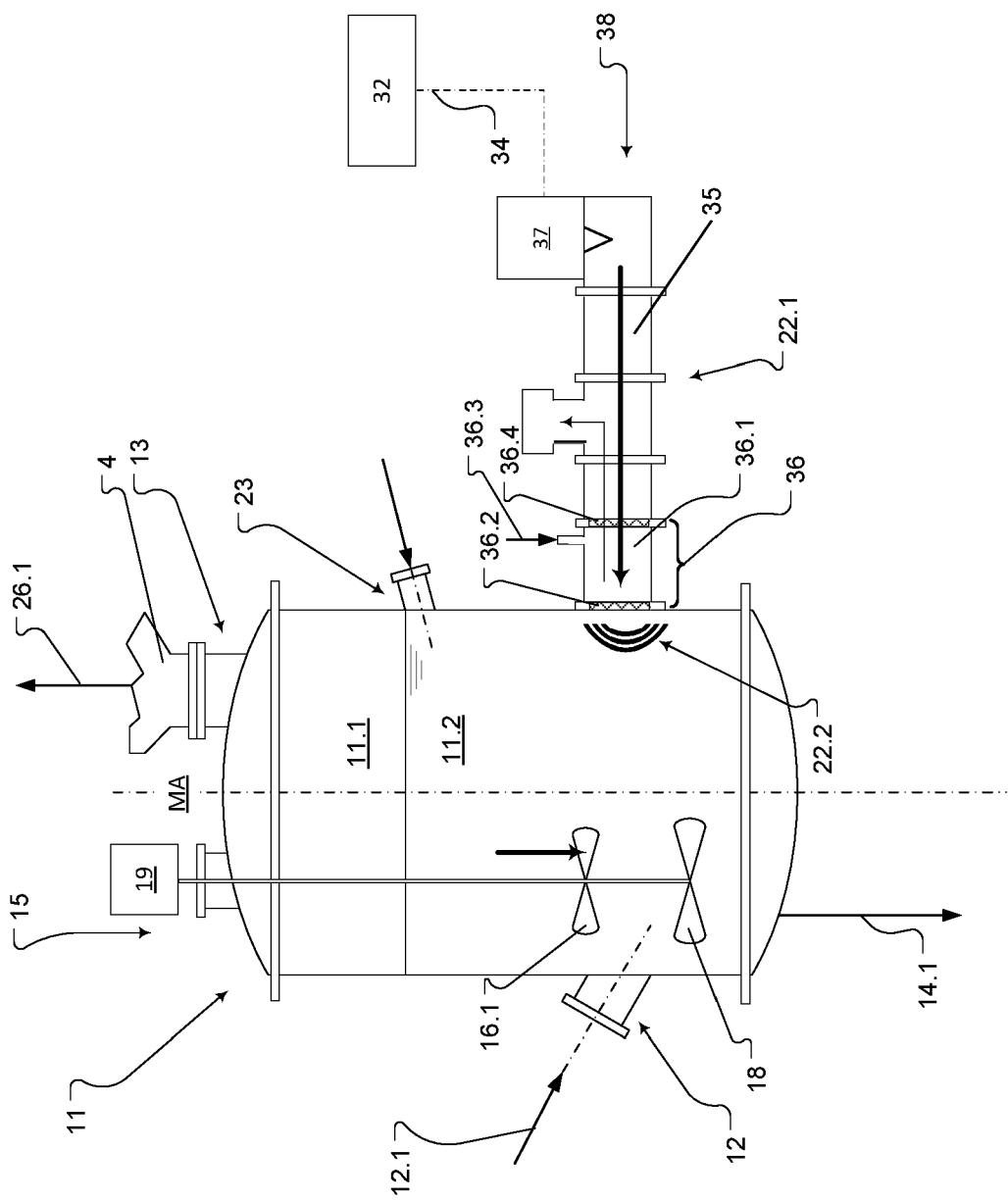


Fig. 5

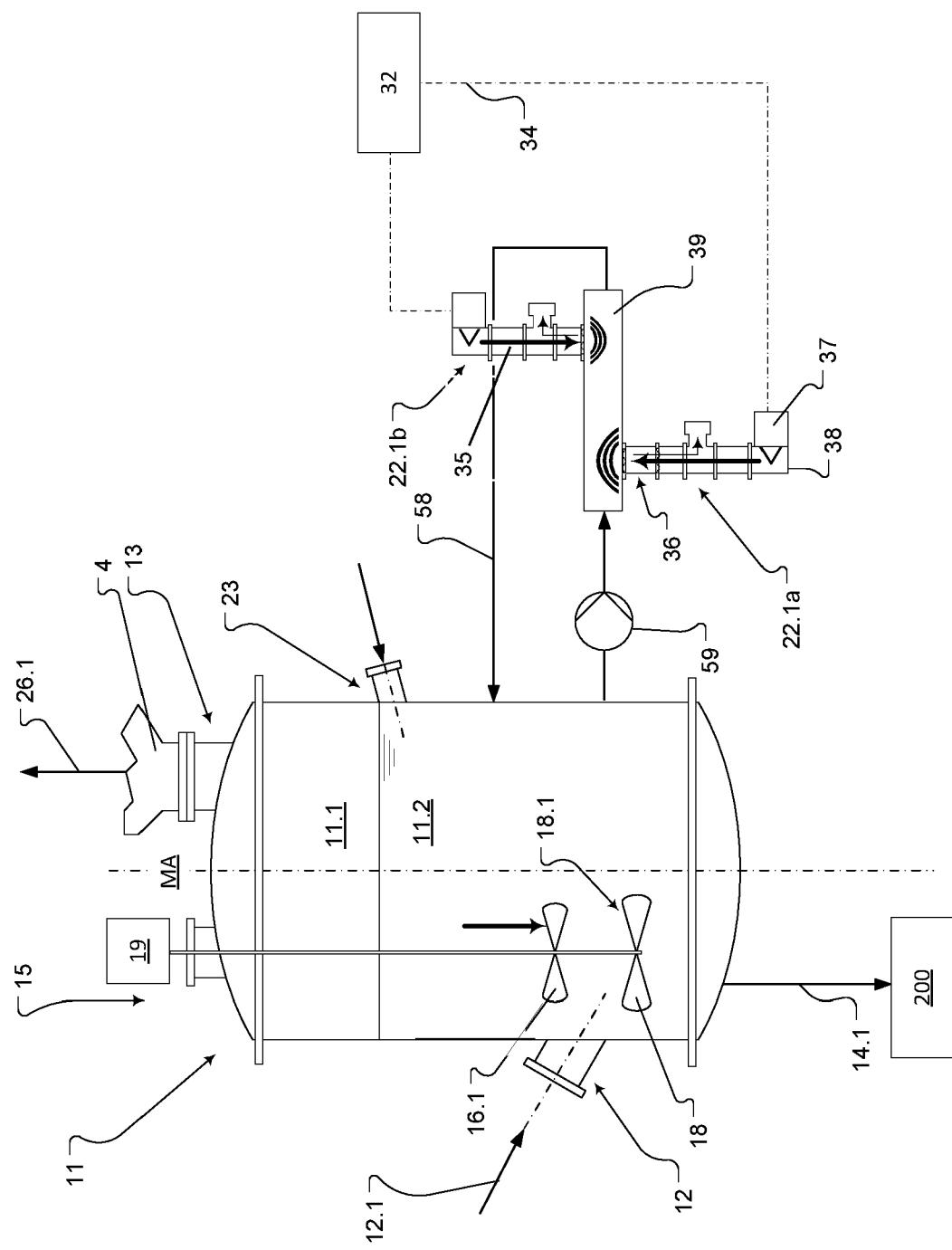


Fig. 6

**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 [0002]
- DE 10356245 B4 [0002]
- DE 10316969 A1 [0003]
- US 20190330537 A1 [0004]
- DE 10049377 A1 [0004]
- US 20130136665 A1 [0004]
- WO 2010003180 A1 [0004]
- US 20150047962 A1 [0004]
- US 20150053592 A1 [0004]