



(10) **DE 10 2007 032 683 B4** 2014.09.11

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2007 032 683.3**
(22) Anmeldetag: **13.07.2007**
(43) Offenlegungstag: **15.01.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.09.2014**

(51) Int Cl.: **C10G 1/02 (2006.01)**
C10G 9/00 (2006.01)

Innerhalb von neun 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:
Outotec Oyj, Espoo, FI

(74) Vertreter:
**Keil & Schaaflhausen Patent- und Rechtsanwälte,
60323 Frankfurt, DE**

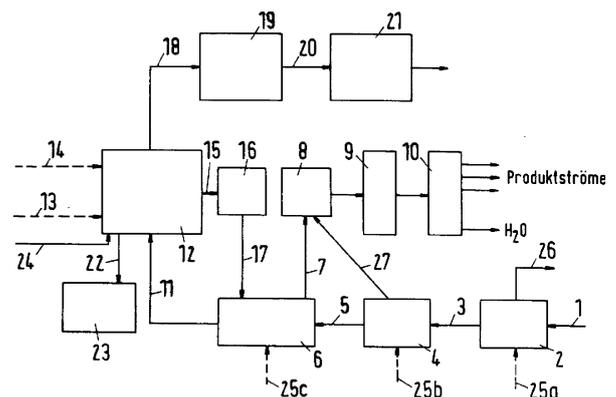
(72) Erfinder:
**Anastasijevic, Nikola, Dr., 63674 Altenstadt,
DE; Schneider, Günter, 69221 Dossenheim, DE;
Missalla, Michael, 61440 Oberursel, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 3 093 571 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anlage zur Raffination ölhaltiger Feststoffe**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Raffination ölhaltiger Feststoffe, wie Ölsand oder Ölschiefer, mit folgenden Schritten:

- Zuführen der ölhaltigen Feststoffe in einen Reaktor und Austreiben eines ölhaltigen Dampfes bei einer Temperatur von 300 bis 1.000°C,
- Zuführen des in dem Reaktor ausgetriebenen ölhaltigen Dampfes in einen Cracker, in welchem die schweren Ölkomponten aufgespalten werden,
- Auftrennen der im Cracker erhaltenen Produkte und Abziehen der Produktströme,
- Einbringen der im Reaktor verbleibenden Feststoffe einschließlich der unverdampften Fraktion schwerer Kohlenwasserstoffe in einen Ofen,
- Verbrennen der in den Feststoffen verbliebenden schweren Kohlenwasserstoffe in dem Ofen bei einer Temperatur von 600 bis 1.500°C,
- Rückführen von heißen Feststoffen aus dem Ofen in den Reaktor, wobei die oxidierende Atmosphäre des Ofens über eine Sperrvorrichtung von der Atmosphäre des Reaktors getrennt wird, wobei die Sperrvorrichtung zwischen dem Ofen und dem Reaktor ein Fallrohr aufweist, über welches ein Feststoffstrom aus dem Ofen abgezogen wird, sowie ein Steigrohr, das nahe dem Boden des Fallrohrs nach oben von diesem abzweigt, und
- Zuführen eines Fördergases in das Steigrohr, wobei der aus dem Ofen abgezogene Feststoffstrom durch das Fördergas fluidisiert und über das Steigrohr zu dem Reaktor transportiert wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Raffination von öl- und/oder bitumenhaltigen Feststoffen, insbesondere Ölsand oder Ölschiefer.

[0002] Öl- oder Teersande sind schwarze, vorwiegend aus dem Erdmittelalter stammende, weltweit verbreitete Sandformationen, die einen Mineralölgehalt von ca. 5 bis 18% aufweisen. Im Gegensatz zum flüssigen Erdöl sind die Ölsande zähflüssig-viskos und müssen erst vom Sand getrennt und zu Rohöl aufgearbeitet werden. In den oberflächennahen Bereichen wird der Ölsand mittels riesiger Schaufelrad- und Schürfkübelbagger im Tagebau gewonnen auf eine Korngröße $< 30 \mu\text{m}$ zermahlen. Das Schweröl wird mittels Heißwasser und Dampf extrahiert, wobei sich oben eine Suspension mit organischer Phase anreichert. Der untere Teil wird separiert und nachgereinigt. Für die Ölgewinnung ist daher sehr viel Wasser erforderlich, das zudem nicht ganz ölfrei abgeführt wird.

[0003] Bei Ölschiefer handelt es sich um gebirgsbildende Formationen aus Mergel oder anderen tonig bituminösen Sediment-Gesteinen aus verschiedenen Erdzeitaltern, die reich an organischer Materie (Kerogen) aus fossilisierten Mikroorganismen oder aus Blütenstaub sind. Die Gewinnung des Öls aus Ölschiefer erfolgt traditionell durch bergmännischen Abbau und anschließende Pyrolyse (Verschmelzung bei 500°C). Alternativ wird die unterirdische Gewinnung (in situ) durch Einpressen eines Dampf-Luft-Gemisches in das zuvor durch Sprengung gelockerte Gestein und Entzünden einer Flammenfront, die das Öl austreibt, eingesetzt.

[0004] Die Gewinnung von Rohöl aus Ölsanden oder Ölschiefer ist somit relativ kostenintensiv. Mit steigenden Erdölpreisen wird die Rohölgewinnung aus Ölsanden und Ölschiefer jedoch zunehmend wirtschaftlich interessant. Ein wesentliches Problem bei der derzeitigen Ölgewinnung aus Ölsanden und Teersanden ist der notwendige hohe Wassereinsatz und die Emission von restölhaltigen Abwässern.

[0005] Aus dem US-Patent 4,507,195 ist ein Verfahren zur Verkokung kontaminierten Ölschiefers oder Teersandöles an in Retorten destillierten Feststoffen bekannt. Hierbei werden die kohlenwasserstoffhaltigen Feststoffe mit einem heißen Wärmetransfermaterial gemischt, um die Temperatur der Feststoffe auf eine für die Pyrolyse der Kohlenwasserstoffe geeignete Temperatur anzuheben. Die Mischung wird so lange in einer Pyrolysezone gehalten, bis eine ausreichende Menge an Kohlenwasserstoffdämpfen freigesetzt wird. Ein Stripping-Gas wird in der Pyrolysezone durch die Mischung geleitet, um den Taupunkt der entstehenden Kohlenwasserstoffdämpfe abzu-

senken und die feinen Partikel mitzureißen. Demnach wird aus der Pyrolysezone eine Mischung aus verunreinigten Kohlenwasserstoffdämpfen, Stripping-Gas und mitgerissenen feinen Partikeln erhalten. Aus den verunreinigten Kohlenwasserstoffdämpfen wird eine schwere Fraktion abgetrennt und in einem aus den feinen Partikeln bestehenden Wirbelbett thermisch gecrackt, wodurch sich die Verunreinigungen zusammen mit Koks an den feinen Partikeln in dem Wirbelbett ablagern. Die Produktöldämpfe werden aus dem Verkokungsbehälter abgezogen. Als Wärmetransfermaterial wird rückgeführter pyrolysierter Ölschiefer oder Teersand verwendet, der durch eine Verbrennungszone geführt wurde, um Kohlenstoffrückstände zu verbrennen und die Wärme zur Pyrolyse des Rohmaterials bereitzustellen. Da zwischen der Verbrennungszone und dem Pyrolyseofen keine Druckabspernung vorgesehen ist, kann die oxidierende Atmosphäre der Verbrennungszone in den Pyrolyseofen übertreten und die Qualität des Öldampfes beeinträchtigen. Das thermische Cracken in dem Verkokungsbehälter ist zudem sehr energieaufwendig und daher teuer.

[0006] Auch aus der EP 1 015 527 B1 ist ein Verfahren zum thermischen Behandeln von flüchtige, brennbare Bestandteile enthaltendem Einsatz-Material bekannt, wobei man das Einsatz-Material mit heißen körnigen Feststoffen aus einem Sammelbunker in einem Pyrolysereaktor mischt, in dem relativ hohe Temperaturen herrschen. Dadurch sollen im Reaktor Crack-Reaktionen in den Gasen und Dämpfen hervorgerufen werden.

[0007] Neben dem bei den oben genannten Verfahren eingesetzten thermischen Cracken sind auch katalytische Crack-Verfahren bekannt. Beim Fluid-Catalytic-Cracken (FCC) wird das schwere Destillat einer Raffinerie zu Gasen, Flüssiggasen und Benzin, vorzugsweise zu langkettigen n-Alkanen und i-Alkanen aufgespalten. Die Spaltung erfolgt im Allgemeinen bei Temperaturen zwischen 450 und 550°C und einem Reaktordruck von 1,4 bar mit Hilfe eines Zeolith-Katalysators auf Aluminiumsilikatbasis. FCC-Cracker sind bspw. in der US 7,135,151 B1, der US 2005/0118076 A1 oder der US 2006/0231459 A1 beschrieben. Ein beispielhafter Katalysator geht aus der WO 2006/131506 A1 hervor.

[0008] Die US 3 093 571 A beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Behandlung von ölhaltigen Feststoffen in einem zweistufigen Prozess zur Umwandlung von Kohlenwasserstoffen, wobei die beiden Reaktionsschritte in zwei separaten Anlagenkomponenten durchgeführt werden. Nach einem Vorwärmen werden die Feststoffe in einem Reaktor gecrackt und ein dampfhaltiger Produktstrom erhalten. Nach dem Cracken der höheren Kohlenwasserstofffraktionen dieses Dampfstroms in einem Koker erfolgt eine Trennung in einem Wäscher und/oder einer

Fraktionierungseinheit. Die verbleibenden Feststoffpartikel werden verbrannt, um die für den Umwandlungsprozess erforderliche Wärme zu generieren. Ein Teil der erwärmten Feststoffe wird von dem Brenner über eine Leitung zu dem Koker zurückgeführt. Ein anderer Teil wird zu einer Retortenzone geleitet, wobei die heißen Partikel die Wärmeenergie zum Austreiben der kerogenen Stoffe aus dem Ölschiefer liefern. Zur Abdichtung des Retortenofens von den Vorwärm- oder Ölschieferrückgewinnungszonen wird ein Lockhopper vorgeschlagen.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein effizienteres Verfahren zur Gewinnung von Rohöl aus ölhaltigen Feststoffen zur Verfügung zu stellen.

[0010] Diese Aufgabe wird mit der Erfindung im Wesentlichen durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, das u. a. folgende Schritte aufweist:

- Zuführen der ölhaltigen Feststoffe in einen Reaktor und Austreiben eines ölhaltigen Dampfes bei einer Temperatur von 300 bis 1000°C, vorzugsweise 350 bis 900°C
- Zuführen des in dem Reaktor ausgetriebenen ölhaltigen Dampfes in einen katalytischen Cracker, in welchem die schweren Ölkomponenten aufgespalten werden,
- Auftrennen der im Cracker erhaltenen Produkte und Abziehen der Produktströme,
- Einbringen der im Reaktor verbleibenden Feststoffe einschließlich der unverdampften Fraktion schwerer Kohlenwasserstoffe in einen Ofen,
- Verbrennen der in den Feststoffen verbliebenen schweren Kohlenwasserstoffe in dem Ofen bei einer Temperatur von 600 bis 1500°C, vorzugsweise 1050 bis 1200°C,
- Rückführen von heißen Feststoffen aus dem Ofen in den Reaktor, wobei die oxidierende Atmosphäre des Ofens über eine Sperrvorrichtung von der Atmosphäre des Reaktors getrennt wird.

[0011] Das in den ölhaltigen Feststoffen enthaltene Öl wird in dem Reaktor zu 50% bis 90%, bevorzugt 70 bis 80% verflüchtigt und dem Cracker, insbesondere einem FCC-Cracker, zugeführt. Hier werden die schweren Ölkomponenten in leichte Ölkomponenten aufgespalten. Der restliche, in den Feststoffen verbleibende Öl- bzw. Ölprodukteanteil wird in dem Ofen verbrannt, um die im Reaktor erforderliche Wärme zu erzeugen, die über die aus dem Ofen abgezogenen Feststoffe in den Reaktor überführt wird. Hierbei ist zwischen dem Ofen und dem Reaktor eine Absperrung vorgesehen, um die oxidierende Atmosphäre des Ofens von dem Destillationsabschnitt zu trennen und eine Oxidation, Verbrennung oder gar Explosion der im Reaktor erzeugten Öldämpfe zu vermeiden. Durch die Verwendung eines katalytischen Crackers kann bei geringerem Energieverbrauch als

beim normalen Cracken der Anteil leichter Öle in den Produktströmen erhöht werden.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung werden die ölhaltigen Feststoffe vor Einbringen in den Reaktor in einem ein- oder mehrstufigen Trockner bei einer Temperatur von 80 bis 120°C getrocknet. Bei möglichst geringem Ölverlust soll hierbei der Wasseranteil aus den ölhaltigen Feststoffen weitgehend entfernt werden. Der aus dem Trockner abgezogene Gasstrom kann als zusätzlicher Brennstoff dem Ofen zugeführt werden. Alternativ können die in ihm enthaltenen ultraleichten Kohlenwasserstoffe bspw. destillativ abgetrennt und als Produkt genutzt werden. Das Wasser kann dann alternativ auch einer Abwasserbehandlungsanlage zugeführt werden.

[0013] Um den Massenstrom des aus dem Ofen in den Reaktor zurückgeführten Wärmeträgers zu minimieren, ist in Weiterbildung der Erfindung zudem vorgesehen, die ggf. vorgetrockneten ölhaltigen Feststoffe in einem ein- oder mehrstufigen Vorwärmer auf eine Temperatur von 110 bis 300°C vorzuwärmen. Hierdurch wird die dem Reaktor zusätzlich zuzuführende Wärmemenge entsprechend reduziert. Als Vorwärmer kann eine Wirbelschicht mit Dampf als Wärmeträger oder ein Salzschnmelzenreaktor eingesetzt werden. Die Wärme kann auch indirekt übertragen werden.

[0014] Der Reaktor dient der insbesondere destillativen Austreibung des in den ggf. vorgetrockneten und vorgewärmten Feststoffen enthaltenen Öls. Zur Optimierung des Wärmeübergangs von dem aus dem Ofen rückgeführten kalzinierten Material auf die vorgeheizten ölhaltigen Feststoffe kann bspw. eine zirkulierende Wirbelschicht, eine stationäre Wirbelschicht, eine Ringwirbelschicht oder ein Transport- oder Flashreaktor eingesetzt werden.

[0015] Die Fluidisierung des Reaktors erfolgt erfindungsgemäß mit Gasströmen, die aus einer Vorwärmstufe und/oder dem Cracker gewonnen werden und leichte Kohlenwasserstoffe enthalten. Es ist jedoch auch möglich, dem Reaktor als Fluidisierungsgas Stickstoff, Wasserstoff, Kohlendioxid, Gasgemische, die Luft oder Sauerstoff enthalten, oder einen Teil des Abgases aus dem Ofen zuzuführen. Die Luft oder der Sauerstoff können hierbei der Einstellung oder dem Auslösen einer teilweisen Verbrennung zur Anpassung der Temperatur bzw. der Ausbeute dienen. Wird bei der Fluidisierung auch Wasserstoff eingesetzt, so kann hierdurch das Cracken der schweren Kohlenwasserstoffe unterstützt werden. Es ist auch möglich, die Fluidisierung mit Hilfe eines Inertgases, wie Stickstoff durchzuführen.

[0016] Die Fluidisierungsgase können dem Reaktor kalt oder vorgewärmt zugeführt werden.

[0017] Um den Wirkungsgrad anzuheben, kann der Reaktor unter erniedrigtem Druck im Bereich von 0,001 bis 1 bar betrieben werden. Die Drucksenkung fördert das Austreiben des Öls aus den Feststoffen.

[0018] Da in den aus dem Reaktor und dem Vorwärmer abgezogenen Gasströmen noch feine Feststoffpartikel enthalten sind, werden diese Gasströme vor Einleiten in den Cracker erfindungsgemäß durch eine Entstaubungseinrichtung geführt.

[0019] Das Cracken erfolgt vorzugsweise in einem FCC-Cracker bei einer Temperatur von 400 bis 600°C, insbesondere 450 bis 550°C, und einem Reaktordruck von 1 bis 2 bar, vorzugsweise 1,3 bis 1,5 bar, mit Hilfe eines Zeolith-Katalysators auf Aluminiumsilikatbasis.

[0020] Die anschließende Auftrennung der im Cracker enthaltenen Produkte erfolgt erfindungsgemäß in einer Destillationskolonne, aus welcher die Produktströme, wie Benzin, Diesel, leichte Kohlenwasserstoffe etc. abgezogen werden.

[0021] Der Crack-Vorgang wird dadurch unterstützt, dass das aus dem Reaktor abgezogene Gas bereits heiß ist. Der Cracker kann eine zirkulierende Wirbelschicht, welcher der aus dem Reaktor zugeführte Gasstrom als Sekundärluft zugeführt wird, eine Ringwirbelschicht, wobei der aus dem Reaktor abgezogene Gasstrom über die Zentraldüse zugeführt wird, oder eine stationäre Wirbelschicht aufweisen oder ein Flash-Reaktor sein.

[0022] Der Ofen dient der Wärmeerzeugung für den Reaktor, wobei die im Reaktor erforderliche hohe Temperatur von bspw. 300 bis 800°C über den im Ofen erhitzten Feststoff in den Reaktor eingetragen wird. Um eine vollständige Verbrennung der in den Feststoffen verbliebenen schweren Ölkomponenten bzw. Ölprodukte zu gewährleisten, wird die Verbrennung in dem Ofen erfindungsgemäß in sauerstoffreicher Atmosphäre durchgeführt, die durch die Zufuhr von Luft, sauerstoffangereicherter Luft oder reinem Sauerstoff hergestellt werden kann. Das Verbrennungsgas kann hierbei kalt oder vorgewärmt zugeführt werden.

[0023] Als Ofen dient erfindungsgemäß eine zirkulierende Wirbelschicht, eine Ringwirbelschicht, eine stationäre Wirbelschicht, ein Transport- oder Flash-Reaktor, ein Drehrohrofen oder eine Rostverbrennung. Um die Energieeffizienz zu erhöhen, wird eine gestufte Verbrennung bevorzugt. Dem Ofen kann zusätzlicher Brennstoff in Form von unbehandelten ölhaltigen Feststoffen, Kohle, Abfallmaterialien oder dgl. zugeführt werden.

[0024] Die Temperatur im Ofen sollte so hoch wie möglich sein, da dadurch eine höhere Temperatur im

Reaktor erreicht werden kann, die zu höheren Ausbeuten führt. Allerdings gelangt bei höheren Temperaturen weniger ölhaltige Restfraktion aus dem Reaktor in den Ofen, so dass zusätzlicher Brennstoff benötigt wird. Das Optimum ist anhand der Eigenschaften des ölhaltigen Materials zu bestimmen.

[0025] Die in dem Ofen erzeugte Wärme wird in Weiterbildung der Erfindung aus dem Abgas und/oder dem Abbrand zurückgewonnen. Dies kann mit Hilfe eines Wärmerückgewinnungssystems, bspw. in Form eines/r Wirbelschicht- und/oder Wirbelbettkühlers/-heizung, Wärmerückgewinnungszyklons, eines Abhitzekessels oder einer Venturi-/Zyklonkombination in grundsätzlich bekannter Weise erfolgen. Es ist auch möglich, die im Ofen erzeugte Wärme zum Vorheizen der Fluidisierungsgasströme des Trockners, Vorwärmers, Reaktors und/oder Crackers oder zur indirekten Heizung des Vorwärmers und/oder des Trockners einzusetzen. Die Wärme kann auch zur Dampfgewinnung genutzt werden.

[0026] Die Erfindung erstreckt sich auch auf eine Anlage zur Raffination ölhaltiger Feststoffe, wie Ölsand und Ölschiefer, aber auch ölhaltiger, körniger (und somit fluidisierbarer) Abfälle, mit einem Reaktor, dem ölhaltige Feststoffe zugeführt werden, einem Ofen, dem aus dem Reaktor kommende Feststoffe und Brennstoff zugeführt werden, einer Rückführleitung, über welche in dem Ofen erzeugte heiße Feststoffe in den Reaktor zurückgeführt werden, einer Sperrvorrichtung zur Trennung der Gasatmosphären des Ofens und des Reaktors, einem Cracker, dem in dem Reaktor aus den ölhaltigen Feststoffen ausgetriebener ölhaltiger Dampf zugeführt wird und in dem die schweren Ölkomponenten aufgespalten werden, und einer Trenneinrichtung zur Auftrennung der im Cracker erhaltenen Produkte.

[0027] In Weiterbildung der Erfindung kann die Anlage außerdem einen Trockner und Vorwärmer zur Trocknung und Vorwärmung der eingebrachten Feststoffe sowie eine Entstaubungseinrichtung und/oder ein Wärmerückgewinnungssystem aufweisen.

[0028] Die Sperrvorrichtung zwischen dem Ofen und dem Reaktor enthält ein Fallrohr, über welches ein Feststoffstrom aus dem Ofen abgezogen wird, ein Steigrohr, das nahe dem Boden des Fallrohres nach oben von diesem abzweigt, und eine Fördergaszufuhr unterhalb des Steigrohres, wobei der aus dem Ofen abgezogene Feststoffstrom durch das Fördergas fluidisiert und über das Steigrohr zu dem Reaktor transportiert wird. Hierdurch wird nicht nur eine über die Zufuhr des Fördergases steuerbare Regelung des dem Reaktor zugeführten Wärmeträgermassenstroms ermöglicht, sondern auch eine zuverlässige Druckabspernung zwischen der oxidierenden Atmosphäre des Ofens und dem Reaktor. Eine Oxidation, Verbrennung oder gar Explosion der in dem Reak-

tor ausgetriebenen Öldämpfe kann zuverlässig vermieden werden. Abgesehen von der oben genannten sog. Sealpot-Konstruktion kann auch ein Lock-Hopper, ein Rücksperrentil oder Kombinationen dieser Elemente eingesetzt werden.

[0029] Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

[0030] Es zeigen:

[0031] Fig. 1 schematisch eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0032] Fig. 2 schematisch eine zwischen dem Ofen und dem Reaktor angeordnete Sperrvorrichtung.

[0033] Eine in Fig. 1 schematisch dargestellte Anlage zur Raffination ölhaltiger Feststoffe weist einen ein- oder mehrstufigen Trockner 2 auf, dem über eine Zufuhrleitung 1 ölhaltige Feststoffe, wie Ölsand oder Ölschiefer zugeführt werden. Der getrocknete Ölsand oder Ölschiefer wird über eine Leitung 3 einem ein- oder mehrstufigen Vorwärmer 4 zugeführt, in welchem die Feststoffe auf eine Temperatur von 150 bis 300°C vorgewärmt werden. Die so vorgewärmten Feststoffe werden dann über eine Leitung 5 einem Destillationsreaktor 6 zugeführt, in dem die Feststoffe auf 600 bis 800°C erhitzt werden und dadurch ein Großteil des in den Feststoffen enthaltenen Öls ausgetrieben wird. Der entstehende Öldampf wird über eine Leitung 7 nach Durchlaufen einer Entstaubungseinrichtung 8 (die als Zyklon, Multiklon, Filter oder Kombination davon ausgeführt werden kann) einem FCC-Cracker 9 mit einem Zeolith-Katalysator auf Aluminiumsilikatbasis zugeführt. In dem Cracker 9 werden die schweren Ölkohlenwasserstoffe aufgespalten, die in einer anschließenden Trenneinrichtung 10, bspw. einer Destillationskolonne, aufgetrennt werden.

[0034] Die in dem Reaktor 6 nach Austreiben der Öldämpfe verbleibenden Feststoffe, die noch eine unverdampfte Fraktion schwerer Kohlenwasserstoffe enthalten, werden über eine Leitung 11 einem Wirbelschichtofen 12 zugeführt, dem über Leitungen 13, 14 zusätzlicher Brennstoff bzw. Wärmeträger zum Anfahren des Ofens 12 zugeführt werden können.

[0035] Von dem Ofen 12 führt eine Rückführleitung 15 zu einer in Fig. 2 näher dargestellten Sperrvorrichtung 16, die zur Trennung der Ofen- und Reaktorat-

mosphären dient und über eine Leitung 17 mit dem Reaktor 6 verbunden ist.

[0036] Das Abgas aus dem Ofen 12 wird über eine Leitung 18 einem Wärmerückgewinnungssystem 19 und anschließend über eine Leitung 20 einer Gasreinigung 21 zugeführt. Auch der Abbrand des Ofens 12 wird über eine Leitung 22 einem Wärmerückgewinnungssystem 23 zugeführt.

[0037] In den Wärmerückgewinnungssystemen 19, 23 gewonnene heiße Luft kann über eine Leitung 24 als Verbrennungsluft in den Ofen eingeführt werden.

[0038] In Fig. 2 ist als Beispiel für eine geeignete Sperrvorrichtung 16 ein sogenannter "Sealpot" näher dargestellt. Von dem Ofen 12 zweigt die abfallende Rückführleitung 15, die auch als Fallrohr 50 oder Downer bezeichnet wird, ab, über welche heiße Feststoffe als Wärmeträger für den Reaktor 6 abgeführt werden. Der Eintrittsbereich des Fallrohrs 50 wird auch als Kopf 51 des Fallrohres bezeichnet. Kurz vor dem Boden 52 des Fallrohres 50 zweigt eine aufwärts gerichtete Leitung, die auch als Steigrohr 52 oder Riser bezeichnet wird, von dem Fallrohr 50 ab und erstreckt sich im Wesentlichen vertikal nach oben. Der Durchmesser des Fallrohres 50 ist etwa doppelt so groß wie der des Steigrohres 53. Der Eintrittsbereich oder Fuß 54 des Steigrohres 53 kann etwas in das Fallrohr 50 vorstehen oder bündig mit der Wandung des Fallrohres abschließen. Am oberen Ende oder Kopf 55 des Steigrohres 53 mündet das Steigrohr in einen Austragstopf 56, aus welchem der Feststoff über die Leitung 17 in den Reaktor 6 abfließen kann. Am Boden 52 des Fallrohres 50 wird unterhalb des Steigrohrfußes 54 über eine Düse 57, die an eine Zufuhrleitung 58 angeschlossen ist, Fördergas zugeführt, um den Feststoffstrom in dem Steigrohr 53 zu fluidisieren. Als Fluidisierungsgas kann grundsätzlich jedes geeignete Fördergas verwendet werden. Vorzugsweise wird ein drittes, insbesondere inertes Gas, wie Stickstoff, eingesetzt, um die Trennung der Gasatmosphären zwischen der Wirbelschicht im Ofen 12 und dem Kopf des Steigrohres 53 zu gewährleisten.

[0039] Die Anlage zur Raffination ölhaltiger Feststoffe gemäß der vorliegenden Erfindung ist im Wesentlichen wie oben beschrieben aufgebaut. Nachfolgend werden ihre Betriebs-, Funktions- und Wirkungsweise erläutert.

[0040] Die über die Zufuhrleitung 1 zugeführten gemahlene oder ungemahlene ölhaltigen Feststoffe werden in dem Trockner 2 bspw. mit Hilfe von über eine Fluidisierungsleitung 25a zugeführter Fluidisierungsluft auf eine Temperatur von 80 bis 120°C erwärmt und getrocknet. Über eine Abfuhrleitung 26 wird der Wasser, Dampf und superleichte Ölkohlenwasserstoffe enthaltende Gasstrom abgeführt und kann dem Ofen 12 zugeführt werden.

[0041] Die getrockneten Feststoffe werden anschließend in dem Vorwärmer **4**, der über eine Fluidisierungsleitung **25b** mit Fluidisierungsgas versorgt wird, auf eine Temperatur von 110 bis 300°C vorgewärmt. Die hierbei ausgetriebenen leichten Ölkomponenten werden bspw. über eine Fluidisierungsleitung **25c** als Fluidisierungsgas in den Reaktor **6** eingeführt oder über eine Abfuhrleitung **27** abgezogen und nach Entstaubung dem Cracker **9** zugeführt. Die vorgewärmten Feststoffe werden in dem Reaktor **6** mit Hilfe der von dem Ofen **12** zurückgeführten heißen Feststoffe auf eine Temperatur von 300 bis 800°C erhitzt, wodurch 70 bis 80% des in den Feststoffen enthaltenen Öls ausgetrieben wird. Der entstehende Öldampf wird über die Leitung **7** zu der Entstaubungseinrichtung **8** zugeführt und nach der Entstaubung in den FCC-Cracker **9** eingeführt, um die schweren Ölkomponenten in leichte Kohlenwasserstoffe aufzuspalten. Diese Kohlenwasserstoffe werden anschließend in der Trenneinrichtung **10** getrennt und als separate kohlenwasserstoffhaltige Produktströme abgezogen. Die leichten Ölkomponenten können dem Wärmerückgewinnungssystem **19**, **23** zugeführt werden.

[0042] Die in dem Reaktor **6** verbleibenden Feststoffe einschließlich der unverdampften schweren Ölkomponenten werden über die Leitung **11** in den Ofen **12** eingeführt und bei einer Temperatur von 1050 bis 1200°C verbrannt. Hierbei werden lediglich die in den Feststoffen enthaltenen Ölkomponenten verbrannt und die Feststoffe auf eine hohe Temperatur gebracht, so dass sie als Wärmeträger für den Reaktor **6** dienen können. Diese heißen Feststoffe werden dann über die Rückfuhrleitung **15**, die Sperrvorrichtung **16** und die Leitung **17** zu dem Reaktor **6** zurückgeführt.

Beispiel:

[0043] Etwa 1000 t/h Ölsand mit einem Ölanteil von 142 t/h wurden über Leitung **1** dem Trockner **2** zugeführt und bei einer Temperatur von 110°C getrocknet. 988 t/h verbleibende Feststoffe wurden anschließend über Leitung **3** dem Vorwärmer **4** zugeführt und dort auf 200°C vorgewärmt. Die dann verbleibenden 986 t/h Feststoffe wurden über die Leitung **5** in den Reaktor eingebracht und dort auf 800°C aufgeheizt. Die hierdurch ausgetriebenen Öldämpfe mit einem Massenstrom von 97 t/h werden der Entstaubungseinrichtung **8** und dann dem FCC-Cracker **9** und der Trenneinrichtung **10** zugeführt. Es ergab sich ein Gesamtproduktstrom von 100 t/h. Das erhaltene Abwasser wurde dem Ofen **12** zugeführt.

[0044] Die aus dem Reaktor **6** abgezogenen Feststoffe wurden über die Leitung **11** in den Ofen **12** eingebracht und dort unter Verbrennung der in den Feststoffen enthaltenen schweren Ölkomponenten auf 1050°C aufgeheizt. Ein Feststoffstrom von 2300 t/h wurde über die Rückfuhrleitung **15**, die Sperrvor-

richtung **16** und die Leitung **17** wieder zu dem Reaktor **6** zurückgeführt. Die restlichen Feststoffe wurden aus dem Ofen **12** über die Leitung **22** abgezogen und dem Wärmerückgewinnungssystem **23** zugeführt, aus welchem 850 t/h Feststoffe einer Temperatur von 80°C abgezogen wurden. Das Abgas aus dem Ofen **12**, das einen Sauerstoffanteil von 3% aufwies, wurde dem Wärmerückgewinnungssystem **19** zugeführt und konnte zur Erzeugung von 125 MW Energie genutzt werden. Das Abgas des Wärmerückgewinnungssystems **19** wurde mit einem Massenstrom von 744 t/h und einer Temperatur von 200°C der Gasreinigung **21** zugeführt, um Schadstoffe, wie SO₂, NO_x oder dgl., abzuscheiden.

Bezugszeichenliste

1	Zufuhrleitung
2	Trockner
3	Leitung
4	Vorwärmer
5	Leitung
6	Reaktor
7	Leitung
8	Entstaubungseinrichtung
9	Cracker
10	Trenneinrichtung
11	Leitung
12	Ofen
13	Leitung
14	Leitung
15	Rückfuhrleitung
16	Sperrvorrichtung
17	Leitung
18	Leitung
19	Wärmerückgewinnungssystem
20	Leitung
21	Gasreinigung
22	Leitung
23	Wärmerückgewinnungssystem
24	Leitung
25a–c	Fluidisierungsleitungen
26	Abfuhrleitung
27	Abfuhrleitung
50	Fallrohr
51	Kopf des Fallrohrs
52	Boden des Fallrohrs
53	Steigrohr
54	Fuß des Steigrohres
55	Kopf des Steigrohres
56	Austragstopf
57	Düse
58	Zufuhrleitung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Raffination ölhaltiger Feststoffe, wie Ölsand oder Ölschiefer, mit folgenden Schritten:

- Zuführen der ölhaltigen Feststoffe in einen Reaktor und Austreiben eines ölhaltigen Dampfes bei einer Temperatur von 300 bis 1.000°C,
- Zuführen des in dem Reaktor ausgetriebenen ölhaltigen Dampfes in einen Cracker, in welchem die schweren Ölkomponenten aufgespalten werden,
- Auftrennen der im Cracker erhaltenen Produkte und Abziehen der Produktströme,
- Einbringen der im Reaktor verbleibenden Feststoffe einschließlich der unverdampften Fraktion schwerer Kohlenwasserstoffe in einen Ofen,
- Verbrennen der in den Feststoffen verbleibenden schweren Kohlenwasserstoffe in dem Ofen bei einer Temperatur von 600 bis 1.500°C,
- Rückführen von heißen Feststoffen aus dem Ofen in den Reaktor, wobei die oxidierende Atmosphäre des Ofens über eine Sperrvorrichtung von der Atmosphäre des Reaktors getrennt wird, wobei die Sperrvorrichtung zwischen dem Ofen und dem Reaktor ein Fallrohr aufweist, über welches ein Feststoffstrom aus dem Ofen abgezogen wird, sowie ein Steigrohr, das nahe dem Boden des Fallrohrs nach oben von diesem abzweigt, und
- Zuführen eines Fördergases in das Steigrohr, wobei der aus dem Ofen abgezogene Feststoffstrom durch das Fördergas fluidisiert und über das Steigrohr zu dem Reaktor transportiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ölhaltigen Feststoffe vor Einbringen in den Reaktor in wenigstens einer Trocknungsstufe bei 80 bis 120°C getrocknet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ölhaltigen Feststoffe vor Einbringen in den Reaktor in wenigstens einer Vorwärmstufe auf eine Temperatur von 110 bis 300°C vorgewärmt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor ein Wirbelschichtreaktor ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor als Fluidisierungsgas aus einer Vorwärmstufe und/oder dem Cracker gewonnene Gasströme zugeführt werden, die leichte Kohlenwasserstoffe enthalten.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor als Fluidisierungsgas Stickstoff, Luft, Sauerstoff, Wasserstoff und/oder ein Teil des Abgases aus dem Ofen zugeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dem Reaktor zugeführten Gasströme kalt oder vorgewärmt sind.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Re-

aktor der ölhaltige Dampf durch Destillation aus den Feststoffen ausgetrieben wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor unter erniedrigtem Druck im Bereich von 0,001 bis 1 bar (100–100.000 Pa) betrieben wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dem Cracker zugeführten Gasströme vor Einleiten in den Cracker entstaubt werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das katalytische Cracken bei einer Temperatur von 400 bis 600°C und einem Druck von 1 bis 2 bar (100.000 Pa–200.000 Pa) mit Hilfe eines Zeolith-Katalysators durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auftrennung der im Cracker erhaltenen Produkte in einer Destillationskolonne erfolgt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbrennung in dem Ofen in sauerstoffreicher Atmosphäre durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Ofen eine gestufte Verbrennung erfolgt.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Ofen zusätzlicher Brennstoff in Form von unbehandelten ölhaltigen Feststoffen oder Kohle zugeführt wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in dem Ofen erzeugte Wärme aus dem Abgas und/oder dem Abbrand zurückgewonnen wird.

17. Anlage zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Reaktor (6), dem ölhaltige Feststoffe zugeführt werden, einem Ofen (12), dem aus dem Reaktor (6) kommende Feststoffe und Brennstoff zugeführt werden, einer Rückführleitung (15), über welche in dem Ofen (12) erzeugte heiße Feststoffe in den Reaktor (6) zurückgeführt werden, einer Sperrvorrichtung (16) zur Trennung der Gasatmosphären des Ofens (12) und des Reaktors (6), einem Cracker (9), dem in dem Reaktor (6) aus den ölhaltigen Feststoffen ausgetriebener ölhaltiger Dampf zugeführt wird und in dem die schweren Ölkomponenten aufgespalten werden, und einer Trenneinrichtung (10) zur Auftrennung der im Cracker (9) erhaltenen Produkte, wobei die Sperrvorrichtung (16) zwischen dem Ofen (12) und dem Re-

aktor (6) ein Fallrohr (50), über welches ein Feststoffstrom aus dem Ofen (6) abgezogen wird, ein Steigrohr (53), das nahe dem Boden (52) des Fallrohrs (50) nach oben von diesem abzweigt, und eine Fördergaszufuhr unterhalb des Steigrohrs (53) aufweist, wobei der aus dem Ofen (12) abgezogene Feststoffstrom durch das Fördergas fluidisiert und über das Steigrohr (5) zu dem Reaktor (6) transportiert wird.

18. Anlage nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor (6) ein Wirbelschichtreaktor ist.

19. Anlage nach Anspruch 17 oder 18, gekennzeichnet durch wenigstens eine Trocknungsstufe (2) vor dem Reaktor (6).

20. Anlage nach einem der Ansprüche 17 bis 19, gekennzeichnet durch wenigstens eine Vorwärmstufe (4) vor dem Reaktor (6).

21. Anlage nach einem der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Cracker (9) einen Zeolith-Katalysator aufweist.

22. Anlage nach einem der Ansprüche 17 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Cracker (9) eine Entstaubungseinrichtung (8) vorgesehen ist.

23. Anlage nach einem der Ansprüche 17 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ofen (12) ein Wirbelschichtofen, ein Drehrohrföfen oder ein Flash-Reaktor ist.

24. Anlage nach einem der Ansprüche 17 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Ofen (12) ein Wärmerückgewinnungssystem (19, 23) nachgeschaltet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

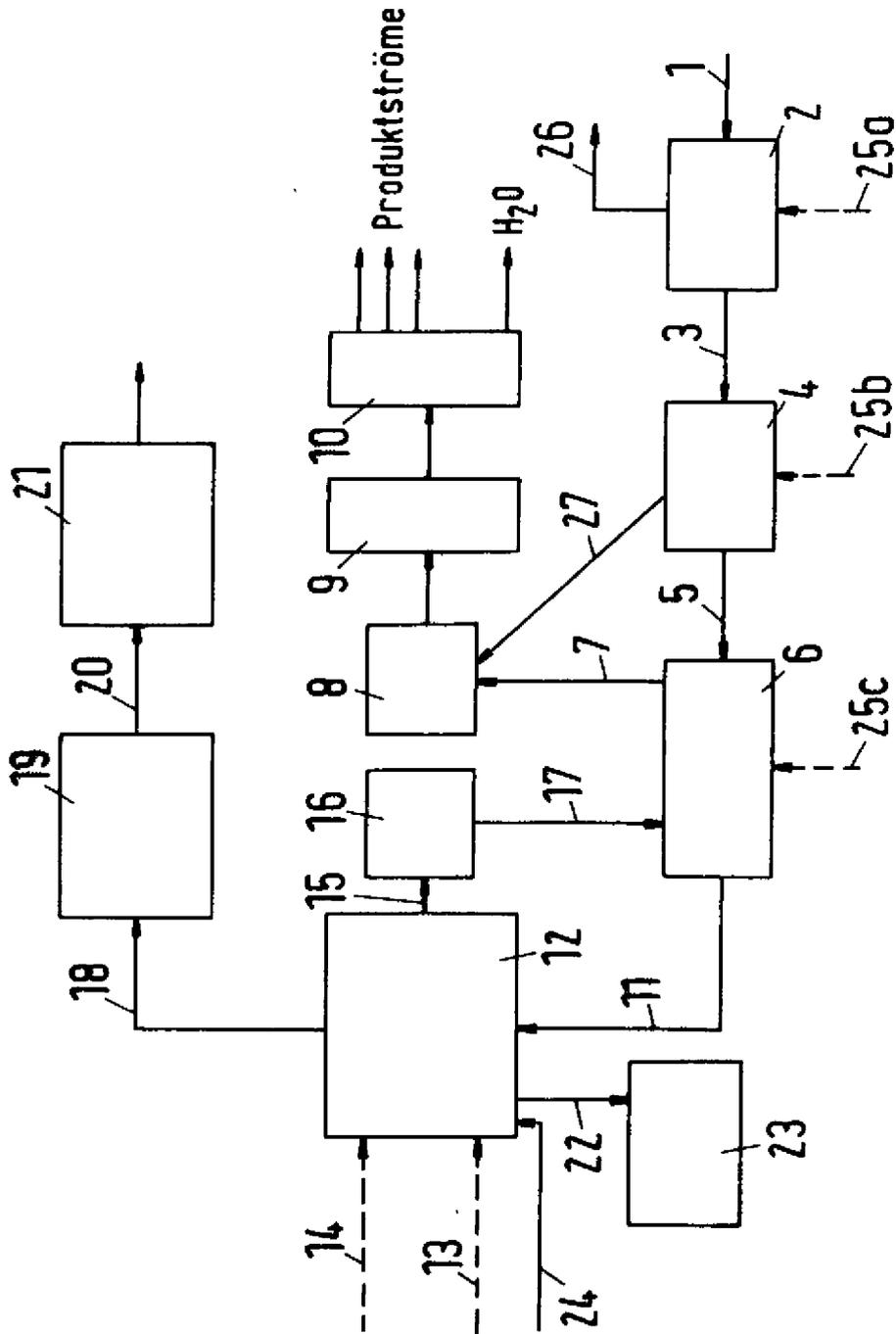


Fig.1

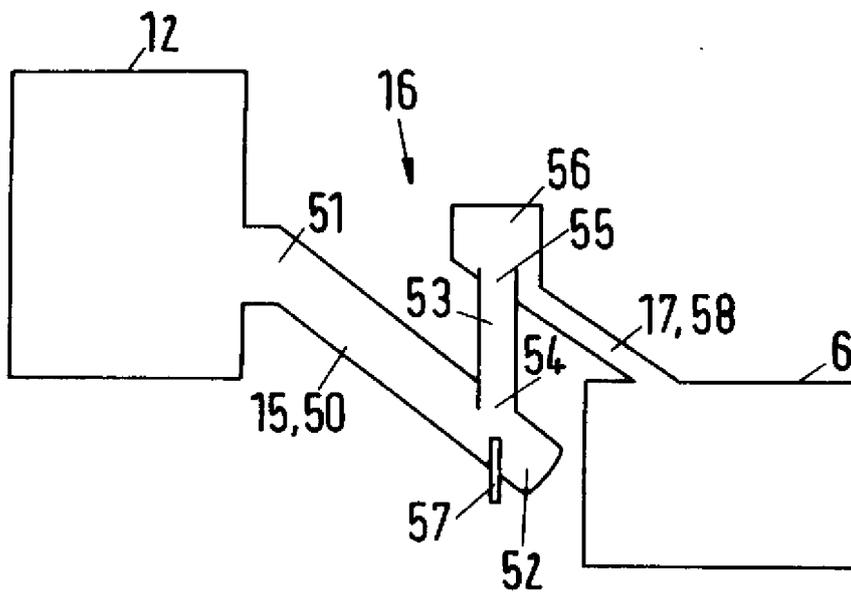


Fig.2