



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 33 590 T2** 2009.06.04

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 482 023 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 33 590.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 020 687.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **08.11.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.12.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **09.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **C10G 65/10** (2006.01)

C10G 65/12 (2006.01)

C10G 49/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

200001691 11.11.2000 DK

(73) Patentinhaber:

Haldor Topsoe A/S, Lyngby, DK

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:

**Wrisberg, Johannes, 2840 Holte, DK; Sorensen,
Arno Sten, 2960 Rungsted Kyst, DK**

(54) Bezeichnung: **Methode zum Nachrüsten von Hydrobehandlungsreaktoren**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Umrüsten bzw. Modernisieren eines existierenden Hydroprocessing- bzw. Hydrobehandlungsreaktors zur Verwendung bei einem Verfahren zur Hydrobehandlung eines Kohlenwasserstoff-Einsatzstoffes. Das Verfahren umfasst die dazwischengeschaltete Trennung von Gas-/Flüssigphasen eines Verfahrensstromes zur Entfernung von hydrierten Verunreinigungen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Kohlenwasserstoff-Einsatzmaterialien und insbesondere schwere Kohlenwasserstoffe enthalten normalerweise organische Schwefel- und Stickstoffverbindungen, die in einem nachfolgenden Verfahren unerwünschte Verunreinigungen sind, da sie die Aktivität des Katalysators beeinflussen. Diese Verunreinigungen müssen daher zu Wasserstoffsulfid und Ammoniak hydriert werden, bevor sie in einem nachfolgenden Verfahren zur weiteren Hydrobearbeitung des Einsatzmaterials behandelt werden.

[0003] Eine Anzahl bekannter Verfahren zur Behandlung von schweren Kohlenwasserstoff-Ausgangsmaterialien erfüllen unterschiedliche Anforderungen betreffend des Einsatzmaterials, des Produktes und der Investitionskosten.

[0004] Verachtet et al. (US Patent Nr. 5,914,029) offenbart ein Verfahren, enthaltend einen Hydroprocessing-Reaktor, Abkühlen in einigen Wärmetauschern, Gas/Flüssigkeit-Trennung und Strippen des flüssigen Kohlenwasserstoffes.

[0005] Cash (US Patent Nr. 6,096,190 erwähnt ein einfaches Verfahren zur Hydrobehandlung unterschiedlicher Einsatzmaterialien mit einer gemeinsamen Wasserstoffquelle in einem Reaktor. Nach dem Abkühlen und der Trennung wird der Effluent des Flüssigkeitsseparators in einen Destillationsturm zugeführt.

[0006] Ähnliche schicken Kyan et al. (US Patent Nr. 5,603,84) schweres Destillat und leichtes Destillat zu einem gemeinsamen Reaktor zum Hydrocracken und nachfolgenden Entwachsen.

[0007] Keines der obigen Verfahren umfasst jedoch die dazwischengeschaltete Phasentrennung und H_2/NH_3 Entfernung und Rückgewinnung des Zwischenprodukts durch Gasphasentrennung.

[0008] Sowohl Chervenak et al. (US Patent Nr. 4,221,653) und Devenathan et al. (US Patent Nr. 5,624,642) offenbaren Kohlenwasserstoff-Verarbeitung einschließlich Gas/Flüssigtrennung im Inneren des Reaktors, die enthaltenen Katalysatorbetten sind jedoch fluidisierte Betten, die eine Rezirkulierung der flüssigen Phase erfordern.

[0009] Bridge et al. US Patent Nr. 4,615,789 offenbart einen Hydroprocessing-Reaktor enthaltend drei Katalysator-Festbetten, stromabwärts Gas/Flüssigkeitsfluss und Gas-/Flüssigkeits-Trennung vor dem letzten Bett. Dieses Verfahren stellt sicher, dass die Flüssigkeitsphase das letzte Katalysatorbett umgeht und dass der Gasphasenverfahrensstrom einem weiteren Hydrobearbeiten in Abwesenheit von flüssigen Kohlenwasserstoffen unterworfen wird.

[0010] In der WO 97/18278 beschreibt Bixel et al. ein Verfahren zum Hydrocracken und Entwachsen eines Öleinsatzmaterials um Schmieröl herzustellen. Das Verfahren umfasst zwei mehrstufige Türme, wobei der Verfahrensstrom durch Abschrecken mit Wasserstoff zwischen den Katalysatorbetten abgekühlt wird, und nach dem ersten Turm wird die Gasphase des Verfahrensstromes zu dem Einlass des ersten Stromes zurückgeführt.

[0011] Wolk et al. offenbaren in dem US Patent Nr. 4,111,663 Reaktoren mit einem Fluss einer Aufschlammung aus Kohle, Öl und Gas, wobei das Abkühlen zwischen den Betten durch Zugabe von kaltem Wasserstoff durchgeführt wird, oder indem der Verfahrensgasstrom abgeleitet, gekühlt, getrennt und die Flüssigkeit entfernt wird und die Gasphase in den Reaktor zwischen die Betten zurückgeführt wird.

[0012] In dem Patent Nr. EP 990,693 offenbaren Kalnes et al. ein Verfahren zur Herstellung leichter Kohlenwasserstoffe durch integriertes Hydrobehandeln und Hydrocracken. Bei diesem Verfahren wird die flüssige Phase des Effluenten und das wasserstoffreiche Gas nach einer weiteren Verarbeitung zu dem Hydrocracker zurückgeführt.

[0013] In der Veröffentlichung DE 2,133,565 beschreibt Jung et al. ein Verfahren zum Hydrocracken von Kohlenwasserstofföl, wobei Effluenten aus dem ersten Cracker weiter durch Destillation verarbeitet werden und der schwerste Anteil weiter gecrackt wird, bevor er zu der Destillation zurückgeführt wird. Zwei Hydrocrackertürme werden durch Wasserstoffzugabe zwischen den Betten gekühlt.

[0014] Ein Verfahren zur Herstellung von Koks von McConaghy et al. ist in dem SE Patent Nr. 8,006,852 offenbart, wobei das Kohlenwasserstoff-Einsatzmaterial in einem Cracker-Ofen gecrackt wird, bevor es fraktioniert wird, und einige der schwereren Kohlenwasserstoffe aus dem Fraktionsturm werden weiter hydrogeniert, bevor sie in den Cracker-Ofen und Fraktionsturm zurückgeführt werden.

[0015] In dem US Patent Nr. 3,816,296 beschreiben Hass et al. ihr Verfahren zur Herstellung von Benzin- und Mitteldestillat-Brennstoffen aus höhersiedenden Kohlenwasserstoffen. Das Einsatzmaterial wird durch Hydro-raffination, Cracken, Trennung unter Rückkehr der Gasphase in den Hydorraffination-Einlass verarbeitet und durch Refraktionierung der flüssigen Phase. Die schwerste Phase aus dem Refraktionierer wird in einem zweiten Cracker behandelt, zu welchem auch Stickstoffverbindungen zugegeben werden, um die Selektivität des Crackverfahrens zu steuern. Der Effluent aus dem zweiten Cracker wird abgetrennt und die Gasphase wird in den Einlass des zweiten Crackers zurückgeführt.

[0016] Viele der Verfahren des Standes der Technik betreffend die Hydroverarbeitung umfassen die Phasentrennung eines Verfahrenstromes, und die Gasphase wird in das Verfahren zurückgeführt oder in den Einlass der Vorrichtung recycelt, durch welchen der Verfahrensstrom gerade durchgeleitet wurde.

[0017] Der Stand der Technik lehrt nicht die Trennung der Gasphase von der flüssigen Phase zwischen den Katalysatorbetten im Inneren eines Reaktors und das Zurückführen von nur der flüssigen Phase mit dem Zweck, H_2S und NH_3 und die leichten Kohlenwasserstoffe zu entfernen, um ein übermäßiges Cracken der leichten Kohlenwasserstoffe zu vermeiden und um das Einführen von Giften in die nachfolgenden Katalysatorbetten zu vermeiden.

[0018] EP-A-0234123 offenbart ein Verfahren zum Hydroentwachsen eines wachshaltigen Kohlenwasserstoff-Einsatzmaterials in einem einzigen katalytischen Reaktor.

Zusammenfassung der Erfindung

[0019] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Umrüsten eines existierenden Hydroprocessing- bzw. Hydrobehandlungsreaktors, zur Verwendung bei einem Verfahren zur Hydrobehandlung eines Kohlenwasserstoff-Einsatzmaterials umfassend die Schritte:

- a) Vermischen des Einsatzstoffes mit einem wasserstoffreichen Gas und Erhalten eines ersten vermischten Verfahrenstromes;
- b) Inkontaktbringen des ersten vermischten Verfahrenstromes mit einem ersten Katalysator, welcher beim Hydrocracken von Kohlenwasserstoffverbindungen aktiv ist, und Erhalten eines ersten Kohlenwasserstoff-Abflussverfahrenstromes;
- c) Trennen des ersten Katalysator-Abflussverfahrenstromes in einen Gasstrom und einen Strom einer flüssigen Phase und Entnehmen des Gasphasenstromes;
- d) Vermischen des Stromes der flüssigen Phase mit einem wasserstoffreichen Gas und Erhalten eines zweiten vermischten Verfahrenstromes;
- e) Inkontaktbringen des zweiten vermischten Verfahrensgasstromes mit einem zweiten Katalysator, welcher beim Hydrocracken von Kohlenwasserstoff-Verbindungen aktiv ist, und Erhalten eines zweiten Katalysator-Abflussverfahrenstromes;
- f) Entnehmen und Vermischen des zweiten Katalysator-Abflussverfahrenstromes mit dem Gasphasenstrom, welcher in Schritt (c) erhalten wurde; und
- g) Entnehmen des vermischten Verfahrenstromes, welcher in Schritt f) bereitgestellt wurde, wobei das Verfahren die Schritte in einem existierenden Reaktorgehäuse bzw. -Mantel umfasst: Installieren eines angeplanschten Ansatzstückes zwischen einem existierenden Kanalöffnungsflansch an der Oberseite des Reaktors; Umrüsten existierender Mischplatten auf Trennplatten;

Installieren von Steigleitungen, welche sich von der Oberseite des Reaktors zu einer oberen Oberfläche der Trennplatte zwischen zwei Katalysatorbetten erstrecken, und Installieren von Fallleitungen, welche sich von der Oberseite des Reaktors zu einer unteren Oberfläche der Trennplatte erstrecken; und
Bereitstellen von Leitungen, welche die Düsen des Ansatzstückes mit den Steigleitungen und Fallleitungen verbinden.

[0020] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angeführt.

[0021] In dem Verfahren zum Hydroprocessing bzw. Hydrobearbeiten eines Kohlenwasserstoff-Einsatzmaterials wird das Kohlenwasserstoff-Einsatzmaterial durch den Kontakt mit einem Hydrobehandlungs-Katalysator und durch das Hydrocracken in Anwesenheit eines nachfolgenden Hydrocrack-Katalysators, welcher in einem oder mehreren Reaktoren angeordnet ist, hydrobehandelt. Zwischen dem Hydrobehandlungsschritt und dem Hydrocrackschritt wird der Zweiphasen-Verfahrensstrom zwischen dem Hydrobehandlungs- und Hydrocrack-Katalysator zur Phasentrennung in eine gasförmige und flüssige Phase entnommen. Die flüssige Phase wird anschließend in den Hydrocrackschritt zurückgeführt, nachdem frisches wasserstoffreiches Gas zu der flüssigen Phase zugegeben wurde. Die Phasentrennung kann nach einem oder mehreren Katalysatorbetten wiederholt werden. Stromaufwärts gelegene Betten werden auf diese Weise mit dem Katalysator beladen, welcher aktiv bei der Hydrierung von organischem Schwefel, Stickstoff und aromatischen Verbindungen ist und gegebenenfalls beim Hydrocracken von schweren Kohlenwasserstoffen, sofern diese in dem Einsatzmaterial enthalten sind. Stromab gelegene Betten enthalten einen Katalysator, welcher beim Hydrieren und/oder Hydrocracken aktiv ist.

[0022] Bei dem Verfahren wird eine Gasphase enthaltend H_2S und NH_3 , welche während der Hydrobehandlung des Einsatzmaterials gebildet wird und Verunreinigungen in dem Hydrocrackschritt zusammen mit gasförmigen Kohlenwasserstoffen entfernt, um weiteres unbeabsichtigtes Cracken dieser Kohlenwasserstoffe in dieser Stufe zu verhindern.

[0023] Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Umrüsten eines existierenden Hydroprocessing-Reaktors zur Verfügung, um bei dem obigen Hydroprocessing-Verfahren geeignet zu sein. Daher wird ein existierender Hydroprocessing-Reaktor umgebaut, ohne Änderung des Reaktormantels, mit nur kleineren Änderungen der Reaktoreinbauten. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst, dass ein zylindrisches Stück mit einem inneren Leitungssystem zwischen den oberen Flanschen eines typischen Hydroprocessing-Reaktors verbunden ist, wodurch der Einlassverteiler verlängert oder erneuert wird und Steigleitungen und Fallleitungen werden eingebaut.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0024] Einsatzmaterialien aus schweren Kohlenwasserstoff enthalten normalerweise organische Schwefel-, Stickstoff- und aromatische Verbindungen, welche bei einem nachgeschalteten Hydrocrackverfahren und Erzeugnis unerwünscht sind. Beim Betreiben der Erfindung in der Praxis wird Einsatzöl mit einem wasserstoffhaltigen Gas vermischt und auf Reaktionstemperaturen von 250–450°C vor dem Eintritt in einen Hydroprocessing-Reaktor erwärmt.

[0025] Durch den Kontakt mit einem Hydrobehandlungskatalysator werden diese Verbindungen zu H_2S , NH_3 und gesättigte Kohlenwasserstoff umgewandelt. H_2S und NH_3 sind Verunreinigungen, welche die Katalysator-Aktivität beeinflussen und werden von einem hydrobehandelten Abfluss durch Phasentrennung in einen flüssigen und gasförmigen Verfahrensstrom und durch Entfernung des gasförmigen Stromes, welcher leichte Kohlenwasserstoffe und die Verunreinigungen enthält, vor dem weiteren Hydrobearbeiten entfernt. Der flüssige Strom wird mit frischem Behandlungsgas vor dem Eintritt in den Hydrocrackschritt vermischt.

[0026] Bei dem Hydrocrackschritt oder beim Hydrocracken eines flüssigen Kohlenwasserstoff-Einsatzmaterials, welches keine Schwefel- oder Stickstoffverbindungen enthält, wird der flüssige Strom mit dem Hydrocrack-Katalysator in Kontakt gebracht, welcher in einem oder mehreren Katalysatorbetten angeordnet ist. Bei der Durchführung des Verfahrens in einer Anzahl von Reaktoren und/oder Katalysatorbetten, wird ein zweiphasiger Verfahrensstrom zwischen den Katalysatorbetten und/oder Reaktoren abgezogen und die Gasphase wird wie oben beschrieben entfernt. Frisches Gas, welches reich an Wasserstoff ist, wird zu dem flüssigen Verfahrensstrom zugegeben, bevor dieser in ein nachfolgendes Katalysatorbett eingeführt wird. Ein unerwünschtes weiteres Cracken von Kohlenwasserstoffen in der Gasphase wird auf diese Weise im Wesentlichen vermieden. Nur geringe Mengen an Verunreinigungen werden in die nachgeschalteten Katalysatorbetten eingeführt, in welchen der flüssige Verfahrensstrom hydrogecrackt wird, um die Kohlenwasserstoffe auf eine wir-

kungsvollere Weise zu verringern und/oder mit einer höheren Raumgeschwindigkeit. Die Lebensdauer des Katalysators wird wesentlich verlängert.

[0027] Die dazwischengeschaltete Phasentrennung kann sowohl innerhalb oder außerhalb des Reaktors stattfinden.

[0028] In dem letzten Fall kann gegebenenfalls ein Katalysatorbett oben auf dem Separator in der Gasphase eingebaut werden, um die übrigbleibenden aromatischen Verbindungen in dem leichten Produkt zu hydrieren.

[0029] Abhängig von dem gewünschten Produkt kann Ammoniak zu der flüssigen Phase aus der dazwischenliegenden Trennung zugegeben werden. Dies verhindert die Crack-Reaktion in dem nachfolgenden Katalysatorbett und ermöglicht den Betrieb bei höherer Temperatur mit unveränderter Umwandlung, wodurch die schwereren Kohlenwasserstoffe den Reaktor dann bei niedrigeren Temperaturen mit der Gasphase zwischen den Katalysatorbetten verlassen, und weiteres Cracken vermieden wird, wodurch die Ausbeute des Ergebnisses verbessert wird.

[0030] Der Abfluss aus dem letzten Hydrocrackschritt wird mit den gasförmigen Abflüssen, die in den obigen Trennungsschritten erhalten wurden, vermischt. Der so gebildete Verfahrensstrom wird abgekühlt und flüssige schwere Kohlenwasserstoffe werden von dem Strom getrennt, während die restliche Gasphase mit Wasser vermischt, weiter abgekühlt und einer Trennungseinheit zugeführt wird. Der gewaschene Verfahrensstrom wird in eine saure Wasserphase, eine flüssige Phase aus leichten Kohlenwasserstoffen und ein wasserstoffreiches Gas, welches im Wesentlichen keine N- und S-Verbindungen aufweist, getrennt. Der wasserstoffreiche Strom bildet zusammen mit einer Menge an Make-up-Wasserstoff den frischen Behandlungsgasstrom, welcher mit den flüssigen Verfahrensströmen zwischen den obigen Hydrobehandlungsschritten vermischt wird.

[0031] Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Umrüsten existierender Hydroprocessing-Reaktoren zur Verfügung, welche in dem obigen Verfahren verwendet werden. Durch das Verfahren werden Einbauten eines existierenden Hydroprocessing-Reaktors einschließlich möglicher zusätzlicher Katalysatorbetten, Steigleitungen und Fallleitungen umgerüstet oder eingebaut, ohne den teuren Reaktormantel zu verändern. Im Detail umfasst das Verfahren

das Installieren eines angeflanschten Ansatzstückes zwischen einem existierendem Kanalöffnungsflansch an der Oberseite des Reaktors;

Umrüsten existierender Mischplatten auf Trennplatten;

Installieren von Steigleitungen, welche sich von der Oberseite des Reaktors zu einer oberen Oberfläche der Trennplatte zwischen zwei Katalysatorbetten erstrecken, und Installieren von Fallleitungen, welche sich von der Oberseite des Reaktors zu einer unteren Oberfläche der Trennplatte erstrecken; und

Bereitstellen von Leitungen, welche die Düsen des Ansatzstückes mit den Steigleitungen und Fallleitungen verbinden.

[0032] In dem umgerüsteten Reaktor wird der Katalysatorabfluss durch eine eingebaute Steigleitung aus dem Reaktor entfernt und zu einem Separator geleitet, um den Abfluss wie oben beschrieben zu behandeln. Die flüssige Phase, welche in dem Separator erhalten wird, wird mit frischem Behandlungsgas vermischt und durch die eingebauten Fallleitungen in ein nachfolgendes Katalysatorbett zurückgeführt.

[0033] Eine Umrüstung existierender Einsätze zu einem flexiblen Einsatz mit dichtem Muster (US Patent Nr. 5,688,445) oder Einsätze, welche mit Dampfsteigleitungen versehen sind, (US Patent Nr. 5,942,162) erhöhen die Ausbeute und Umwandlung bei dem Verfahren zusätzlich.

[0034] In dem Fall einer internen Phasentrennung ist der Einsatz unter einem Katalysatorbett so aufgebaut, dass die flüssige Phase durch ein Loch in der Mitte des Einsatzes zu dem nächsten Katalysatorbett gesammelt und übertragen werden kann, während die Gasphase durch die Steigleitung entfernt wird. Oberhalb und um den mittleren Bereich des Einsatzes ist eine Trennungs/Mischeinrichtung, welche am Boden offen ist, eingeführt, mit welchem die Fallleitung mit frischen wasserstoffreichen Gas verbunden ist.

[0035] Durch das Umrüstverfahren der Erfindung ist es möglich, Verfahrensströme zwischen den Katalysatorbetten ohne Modifikation des Reaktormantels zu entfernen und rückzuführen. Das Einlassrohr eines existierenden Hydroprocessing-Reaktors ist normalerweise mit der Abdeckung einer 30 Inch Öffnung (manhole) an der Oberseite des Reaktors verbunden. Wenn solch ein herkömmlicher Hydroprocessing-Reaktor umgerüstet wird, wird ein zylindrisches Stück zwischen den Flanschen der Öffnung eingebaut. Das zylindrische Stück enthält die Verbindungen zwischen den Steigleitungen/Fallleitungen im Inneren des Hydroproces-

sing-Reaktors und den Rohrleitungen zwischen dem Hydroprocessing-Reaktor und einem Separator.

[0036] Durch das Verfahren der Erfindung wird eine sehr viel bessere Verwendung des Katalysators erzielt, wie auch eine verlängerte Katalysator-Lebensdauer. Daher wird die Anforderung an das Katalysator-Volumen verringert, wodurch Raum für die Umrüstung zwischen den Katalysatorbetten entsteht und trotzdem eine höhere Ausbeute des Produktes erhalten wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0037] [Fig. 1](#) zeigt ein vereinfachtes Diagramm eines Verfahrens zum Hydroprocessing bzw. Hydrobehandeln eines Einsatzmaterials aus schwerem Kohlenwasserstoff mit Phasentrennung zwischen den Katalysatorbetten.

[0038] [Fig. 2](#) zeigt einen umgerüsteten Hydroprocessing-Reaktor mit externer Phasentrennung und Zugabe von frischem Behandlungsgasstrom stromauf eines unteren Katalysatorbetts.

[0039] [Fig. 3](#) zeigt einen umgerüsteten Hydroprocessing-Reaktor mit innerer Phasentrennung und Zugabe von frischem Behandlungsgas.

[0040] [Fig. 4](#) zeigt das Einlass/Auslass-System für zwischengelagerte bzw. eingeschaltete Verfahrensströme an der Oberseite eines umgerüsteten Reaktors.

[0041] [Fig. 5](#) offenbart ein neues zylindrisches Stück, welches an der Oberseite installiert wird, und mit den Kanälen, welche die Steigleitungen/Fallleitungen in einem umgerüsteten Reaktor verbinden.

[0042] [Fig. 6](#) zeigt einen horizontalen Querschnitt der Einlass/Auslassdüse und des Kanals aus [Fig. 5](#).

[0043] [Fig. 7](#) zeigt die Verbindung zwischen dem vertikalen Auslass/Einlasskanal und der Steigleitung/Fallleitung.

[0044] [Fig. 8](#) zeigt einen horizontalen Querschnitt der Verbindung, welche in [Fig. 7](#) dargestellt ist.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0045] Bezugnehmend auf [Fig. 1](#), wird Einsatzöl in das Verfahren durch die Leitung **1** eingeführt und durch die Pumpe **2** gepumpt. Nach dem Vermischen des zurückgeführten Öls in der Leitung **3** und Anschließen des wasserstoffreichen Gases in der Leitung **4**, wird die Einsatzmischung in dem Einsatzmaterial/Abflusswärmetauscher **5** und dem befeuerten Heizer **6** erwärmt, bevor sie in den Hydrierer **7** eintritt. Der Hydrierer **7** enthält zwei Katalysatorbetten **8**, mit Katalysatoren, die bei der Hydrierung organischer Verbindungen, einschließlich Schwefel-, Stickstoff- und aromatischer Verbindungen, welche in der Einsatzmischung enthalten sind, aktiv ist und bei dem Hydrocracken von Kohlenwasserstoffen. Um die Temperatur in dem Hydrierkatalysator zu steuern, wird wasserstoffreiches Gas durch die Leitung **9** zwischen den Katalysatorbetten zugegeben.

[0046] Der Hydrierabschlußstrom **10** tritt in einen Separator **11** ein, von welchem ein Gasphasenstrom **12**, enthaltend H_2S , NH_3 und geackte Kohlenwasserstoffe, entnommen wird. Der flüssige Separatorabfluss wird mit dem Gasstrom **13**, welcher reich an frischem Wasserstoff ist, vermischt und der vermischte Verfahrens-gasstrom **14** wird in den Hydrocracker **15** eingeführt. Der Hydrocracker **15** ist mit dem Katalysator **16** bereitgestellt, welcher beim Hydrocracken aktiv ist und in drei Betten angeordnet ist. Die Verfahrensströme **17** und **18** zwischen den Katalysatorbetten werden von dem Reaktor entnommen und in Separatoren **19** und **20** eingeführt, aus welchem die Gasphasenströme **21** und **22** entnommen werden. Nur die flüssigen Ströme **17a** und **18a** werden in den Crackkatalysator rückgeführt, nachdem sie mit an frischem Wasserstoff reichen Gas aus den Leitungen **23** und **24** vermischt wurden. Auf diese Weise wird das Cracken von gasförmigen Kohlenwasserstoffen vermieden und eine hohe Umwandlung in allen Katalysatorbetten erhalten. Sofern erfordert, werden gesteuerte und kleine Mengen an Ammoniak durch die Leitung **40** in die flüssigen Ströme **14**, **17a** und **18a** eingeführt, um die Produktselektivität zu verbessern und den Wasserstoffverbrauch zu reduzieren. Der Hydrocracker-Abfluss **41** wird mit den gasförmigen Verfahrensströmen **12**, **21** und **22** aus den Separatoren **11**, **19** und **20** vermischt. Der kombinierte Verfahrensstrom wird anschließend in Einsatzmaterial/Abfluss-Wärmetauschern **5** und **25** abgekühlt, bevor er in den Separator **26** eintritt, aus welchem das schwere Kohlenwasserstoffprodukt entnommen wird. Der gasförmige Separator-Abfluss wird mit Wasser vermischt, bevor er weiter abgekühlt wird (nicht dargestellt) und in die Trennungseinheit **27** eingeführt wird, was zu einem sauren Wasserstrom, einem

Produktstrom aus leichtem Kohlenwasserstoff und einem an frischen Wasserstoff reichen Behandlungsgasstrom führt. Der an Wasserstoff reichen Behandlungsgasstrom wird mit Make-up Wasserstoff vermischt. Der kombinierte Behandlungsgasstrom **28** wird in dem Einsatzmaterial/Abfluss-Wärmetauscher **25** erwärmt und bildet das Wasserstoff reiche Gas, welches in dem Hydrierer **7** und dem Hydro-Cracker **15** verwendet wird.

[0047] [Fig. 2](#) zeigt einen Hydroprocessing-Reaktor, welcher gemäß einer spezifischen Ausführungsform der Erfindung umgerüstet wurde.

[0048] Beim Betreiben des Reaktors wird ein Einsatzstrom **1**, enthaltend ein Einsatzmaterial aus schwerem Kohlenwasserstoff und Wasserstoff reichen Gas, in den Hydroprocessing-Reaktor **2** eingeführt, welcher drei Katalysatorbetten enthält. Zwei obere Betten **3** und **4** sind mit Katalysator beladen, welcher bei der Hydrierung von organischen Schwefel- und Stickstoffverbindungen und von aromatischen Verbindungen und beim Hydrocracken aktiv ist. Das untere Bett **5** ist mit einem Katalysator beladen, welcher beim Hydrocracken aktiv ist. Der Abfluss aus dem zweiten Katalysator wird anschließend durch die Steigleitung **6** entnommen, welche sich von oberen Bereich des Reaktors oberhalb der Trennplatte **7** unter dem zweiten Katalysatorbett erstreckt. Nach dem Vermischen mit dem flüssigen Abschreckstrom **8** tritt der Verfahrensstrom **9** in den Separator **10** ein. Der flüssige Separator-Abfluss wird mit an frischem Wasserstoff reichen Behandlungsgas **11** vermischt. Dieser Verfahrensstrom **12** tritt in den Hydroprocessing-Reaktor **2** ein und wird anschließend über die Fallleitung **13** unter die Trennplatte **7** geleitet, jedoch oberhalb der Verteilungsplatte **14** oberhalb des dritten Katalysatorbettes. H_2S , NH_3 und leichte Kohlenwasserstoffe, die durch die Hydrierung des Einsatzmaterials in dem Katalysatorbett **3** und **4** gebildet werden, werden mit den gasförmigen Separator-Abfluss **15** entfernt. Der vermischte flüssige Verfahrensstrom **12** tritt in das Katalysatorbett **5** ein, in welchem flüssige Kohlenwasserstoffe hydrogecrackt werden.

[0049] Der Reaktor-Abfluss **16** wird mit dem gasförmigen Separator-Abfluss **15** vermischt, um weiter verarbeitet zu werden.

[0050] [Fig. 3](#) zeigt einen typischen Hydrobehandler, welcher gemäß des Verfahrens der Erfindung umgearbeitet ist und in welchem die dazwischen geschaltete Trennung innerhalb des Reaktors stattfindet. Der Einsatzstrom **1** enthaltend zugemischtes schweres Kohlenwasserstoff-Einsatzmaterial und Wasserstoff reiches Gas wird in den Hydrobehandler **2** eingeführt, welcher 3 Katalysatorbetten enthält, die oberen zwei Betten **3** und **4** sind mit einem Katalysator beladen, welcher bei der Hydrierung von organischen Schwefel- und Stickstoffverbindungen und aromatischen Verbindungen aktiv ist und beim Hydrocracken, das untere Bett **5** ist mit einem Katalysator beladen, welcher beim Hydrocracken aktiv ist. Der Abfluss aus dem zweiten Katalysatorbett wird oberhalb des Einsatzes **7** mittels der Trennungs/Mischeinrichtung **8** getrennt. Die flüssige Phase fließt unter die Einrichtung **8**, während die Gasphase durch die Steigleitung **6** entfernt wird, welche sich von der Oberseite des Reaktors nach unten oberhalb des Einsatzes **7** erstreckt. Das frische Wasserstoff reiche Behandlungsgas **11** tritt in den Hydrobehandler **2** an der Oberseite **1** ein und wird durch die Fallleitung **13** nach unten zu der Trennungs/Mischeinrichtung **8** geführt, in welcher es mit der flüssigen Phase vermischt wird. Die Katalysatorgifte H_2S , NH_3 und die leichten Kohlenwasserstoffe werden durch den gasförmigen Abfluss **15** entfernt und frischer Verfahrensstrom tritt in das dritte Katalysatorbett **5** ein, in welchem flüssiges Kohlenwasserstoff hydrogecrackt wird. Der Reaktorabfluss **16** wird mit den gasförmigen Abfluss **15** zur weiteren Verarbeitung vermischt. [Fig. 4](#) zeigt die wesentlichen Teile der Einlass/Auslass-Anordnung an der Oberseite des Reaktors. Die Reaktor-Einlassströme treten in den Reaktor durch den ursprünglichen Einlass **1** ein und fließen nach unten durch den Einlass-Verteiler **2**, welcher verlängert ist oder ersetzt ist. Zwischen dem Reaktormantel **3** und der Öffnungsabdeckung **4** ist ein Ansatzstück **5** angeordnet, welcher den Verbindungskanal **6** zu der Steigleitung **7** und der Fallleitung **8** enthält.

[0051] [Fig. 5](#) zeigt die Flansche **1** des ursprünglichen Reaktors und das angeflanschte Ansatzstück **2**, welches zwischen den Flanschen **1** angeordnet werden soll. Bei dem Ansatzstück sind Düsen **3**, welche den Reaktor und den Separator verbinden, angeordnet. Der Kanal **4**, welche den Einlass/Auslass und Steigleitung/Fallleitung verbindet, wird durch die Platte **5** gebildet, welche an die Innenseite des Ansatzstückes geschweißt ist und die Platte **6**, welche an die Platte **5** geschweißt ist.

[0052] Das gleiche ist in einem horizontalen Schnitt AB in [Fig. 6](#) dargestellt, wobei das zylindrische Ansatzstück **1**, die Düse **2**, die Außenplatte des Kanals **3** und die Innenplatte des Kanals **4** dargestellt sind.

[0053] [Fig. 7](#) zeigt, wie die Biegung einer Steigleitung/Fallleitung **1** und der Kanal **2** miteinander verbunden sind.

[0054] Ein horizontaler Schnitt, AB, aus [Fig. 7](#) ist in [Fig. 8](#) dargestellt.

Beispiel

[0055] Die nachfolgende Tabelle fasst die Ausbeuten zusammen, die durch Verfahren erhalten wurden, ohne und mit Entfernen der Gasphase zwischen den Katalysatorbetten (Interbed ProdRec) in einer Hydroprocessing-Reaktor-Einheit, welche 4762,5 m³/Tag (30000 Barrels je Strom Tag) eines Vakuumgasöls mit einer spezifischen Schwerkraft von 0,9272 verarbeitet.

[0056] Die Tabelle zeigt den ungefähren Preis der Produkte und von Wasserstoff, die Menge des Produktes, welche durch ein herkömmliches Verfahren erhalten wurden und mit dem dazwischen geschalteten Rückführen ausgedrückt als Gewichts-% je Einsatzmaterialfluss und Preise der erhaltenen Produkte und verbrauchten Wasserstoffs für das herkömmliche Verfahren und für das Verfahren der Erfindung. Aus der Tabelle wird deutlich, dass der Wert des Produktes um 3,5% erhöht wird und der Wasserstoffverbrauch um 15% verringert wird.

Anlagen-Kapazität	4762,5 m ³ /Tag
Spezifische Schwerkraft	0,9272
Einsatzmaterialfluss	184 ton/hr
On-Stream-Faktor	0,95
Betriebstage/Jahr	347

Produkt Wert Vergleich

	Upgrade Value \$/Tonne	Ausbeute		Erzeugnis Upgrade Value	
		Base bed case %woff	Interbed ProdRec %woff	Base bed MM \$/Jahr	Interbed MM \$/Jahr
LPG	40	2,63	1,92	1,6	1,2
Leichtes Naphtha	54	4,88	3,37	4,0	2,8
Schweres Naphtha	49	17,80	8,84	13,4	6,7
Flugzeugkraftstoff/kerosin	70	20,11	22,61	21,6	24,3
Diesel	54	24,78	36,07	20,5	29,9
UCO	27	29,79	27,19	12,3	11,3
Insgesamt		100,00	100,00	73,5	76,1

	Gesamte Kosten \$/Tonne	Verbrauch		Kosten	
		Nm ³	m ³	MM\$/Jahr	MM\$/Jahr
Wasserstoff	500	325	276	24,1	20,5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umrüsten eines existierenden Hydroprocessing- bzw. Hydrobehandlungsreaktors, zur Verwendung bei einem Verfahren zur Hydrobehandlung eines Kohlenwasserstoffeinsatzstoffes umfassend die Schritte:

- Vermischen des Einsatzstoffes mit einem wasserstoffreichen Gas und Erhalten eines ersten vermischten Verfahrensstromes;
- In-Kontakt-bringen des ersten vermischten Verfahrensstromes mit einem ersten Katalysator, welcher beim Hydrocracken von Kohlenwasserstoffverbindungen aktiv ist, und Erhalten eines ersten Katalysatorabflussverfahrensstromes;
- Trennen des ersten Katalysatorabflussverfahrensstromes in einen Gasstrom und einen Strom einer flüssi-

gen Phase und Entnehmen des Gasphasenstromes;

d) Vermischen des Stromes der flüssigen Phase mit einem wasserstoffreichen Gas und Erhalten eines zweiten vermischten Verfahrensstromes;

e) In-Kontakt-bringen des zweiten vermischten Verfahrensgasstromes mit einem zweiten Katalysator, welcher beim Hydrocracken von Kohlenwasserstoffverbindungen aktiv ist, und Erhalten eines zweiten Katalysatorabflussverfahrensstromes;

f) Entnehmen und Vermischen des zweiten Katalysatorabflussverfahrensstromes mit dem Gasphasenstrom, welcher in Schritt c) erhalten wurde; und

g) Entnehmen des vermischten Verfahrensstromes, welcher in Schritt f) bereitgestellt wurde, wobei das Verfahren die Schritte in einem existierenden Reaktorgehäuse bzw. -mantel umfasst:

Installieren eines angeflanschten Ansatzstückes zwischen einem existierenden Kanalöffnungsflansch an der Oberseite des Reaktors;

Umrüsten existierender Mischplatten auf Trennplatten;

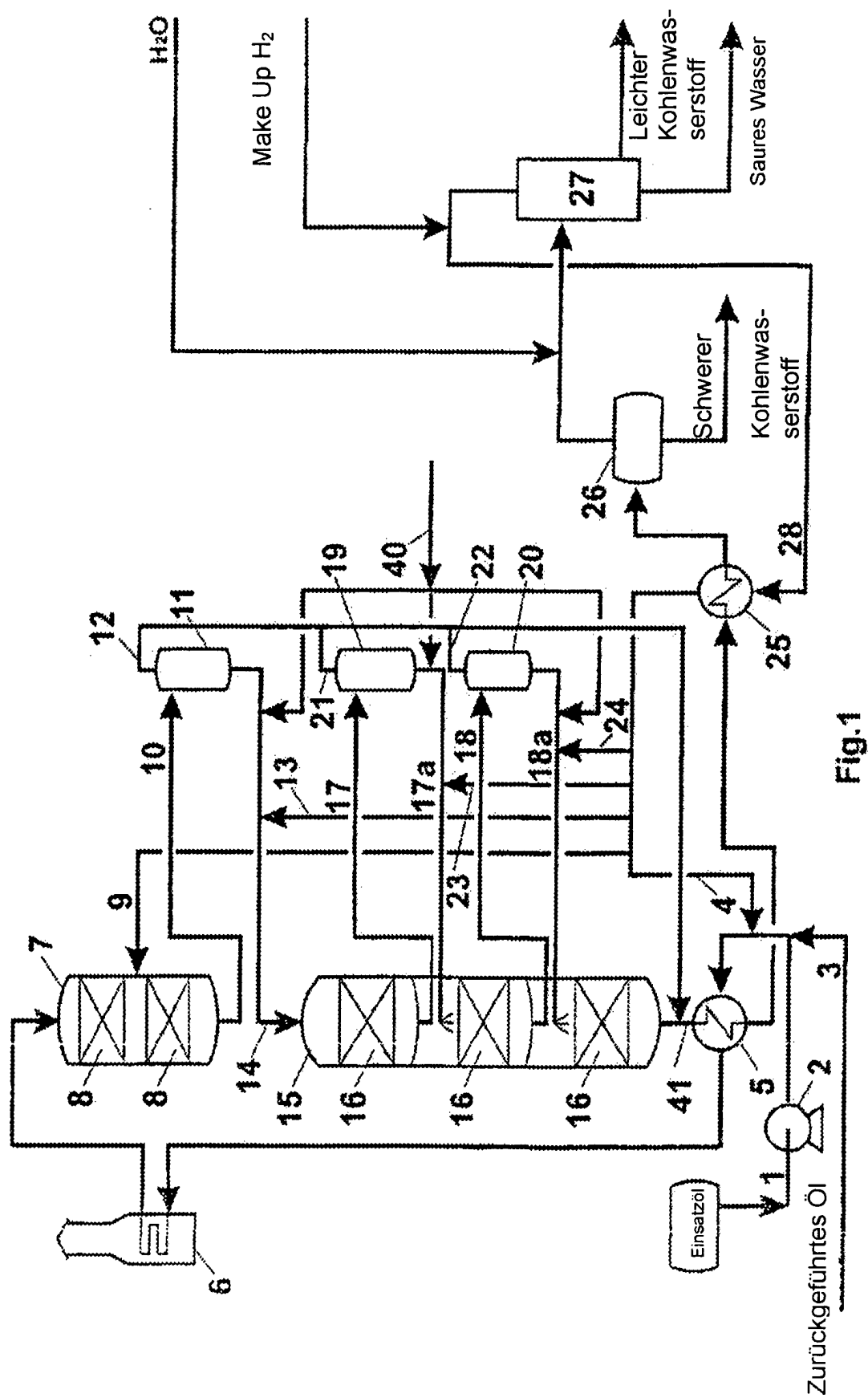
Installieren von Steigleitungen, welche sich von der Oberseite des Reaktors zu einer oberen Oberfläche der Trennplatte zwischen zwei Katalysatorbetten erstrecken, und Installieren von Fallleitungen, welche sich von der Oberseite des Reaktors zu einer unteren Oberfläche der Trennplatte erstrecken; und

Bereitstellen von Leitungen, welche die Düsen des Ansatzstückes mit den Steigleitungen und Fallleitungen verbinden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei wenigstens eine Trennplatte in der Form eines Tablett vorhanden ist, auf welchem eine Trennungs-/Mischungseinrichtung installiert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei wenigstens eine existierende Verteilungsplatte, welche an der Oberseite eines Katalysatorbettes installiert ist, durch eine Verteilungsplatte mit Dampfauftriebsrohren ersetzt ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



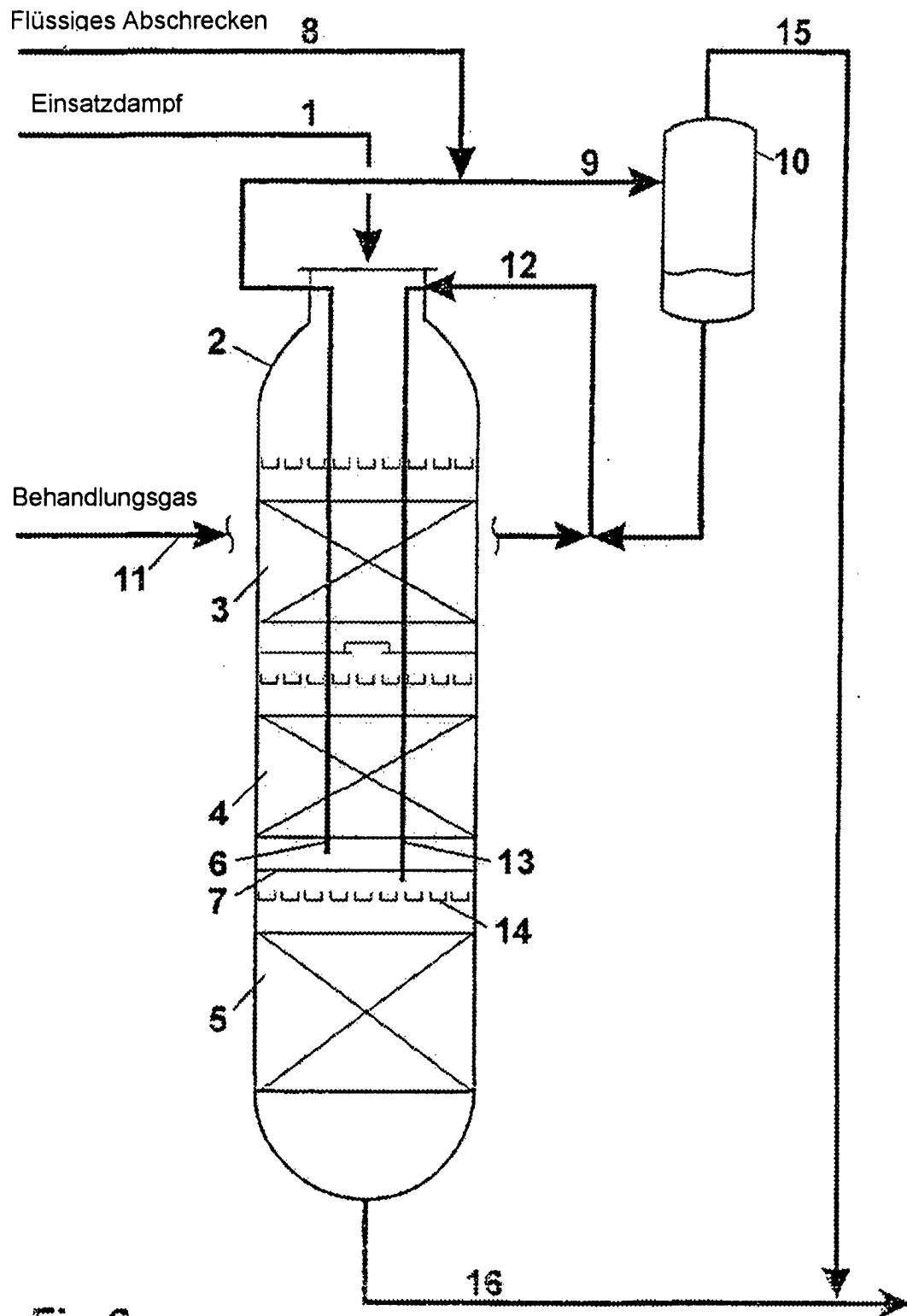


Fig.2

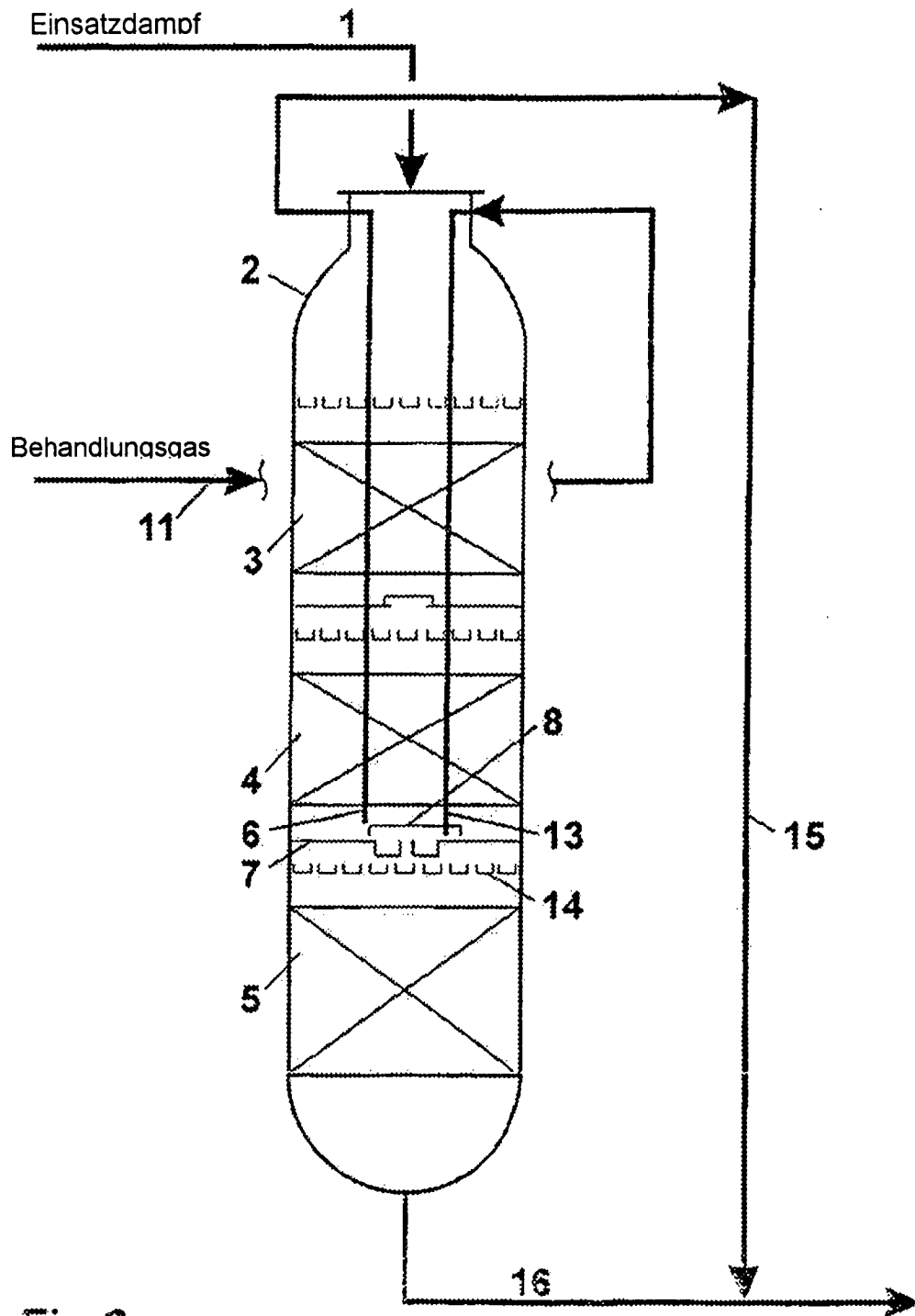


Fig.3

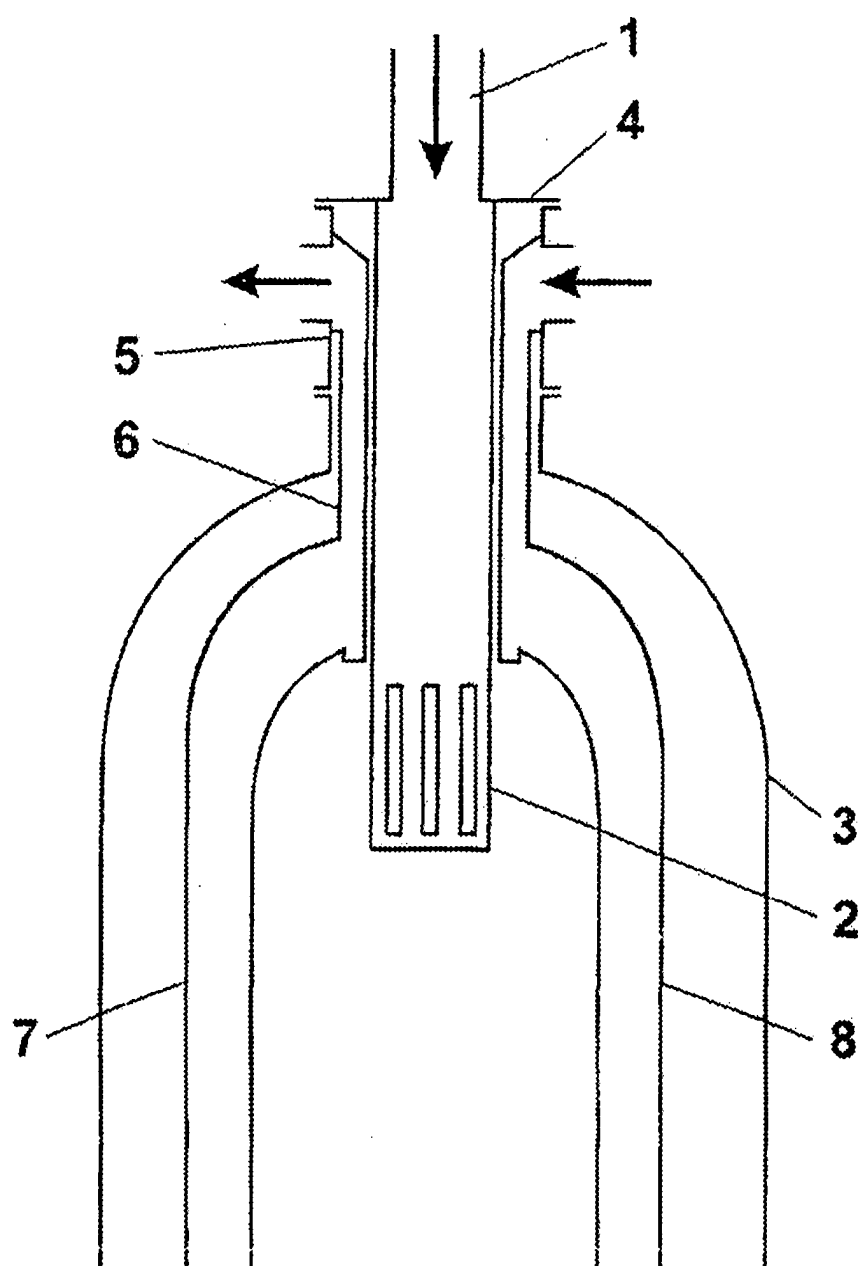


Fig.4

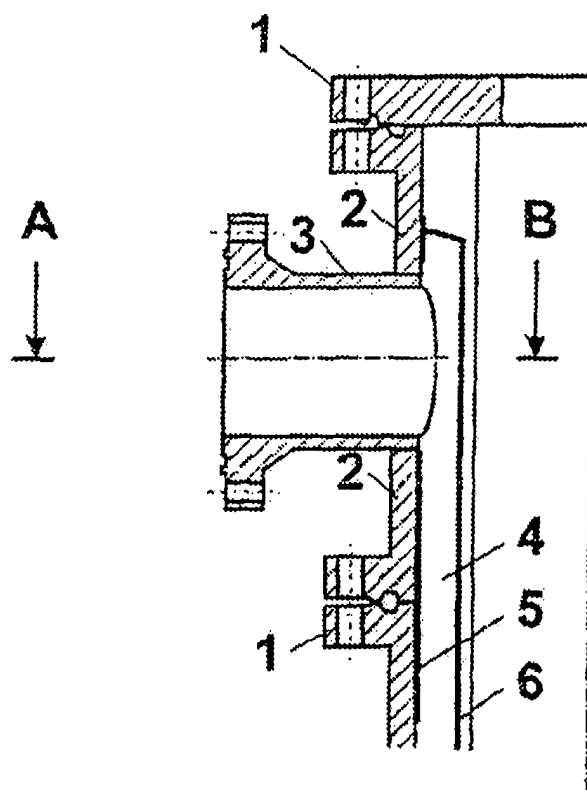


Fig.5

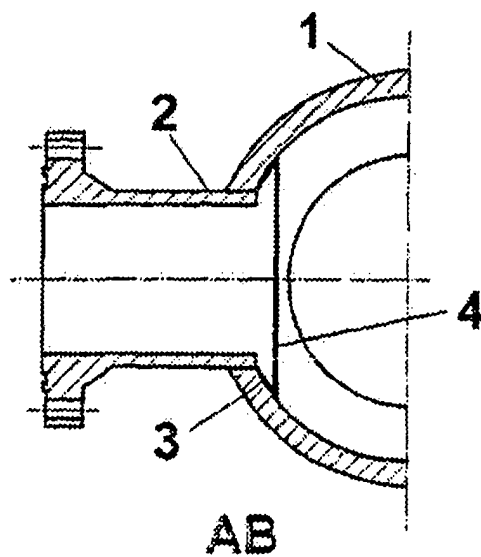


Fig.6

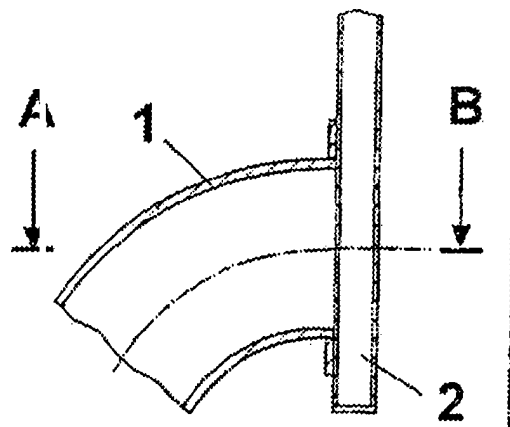
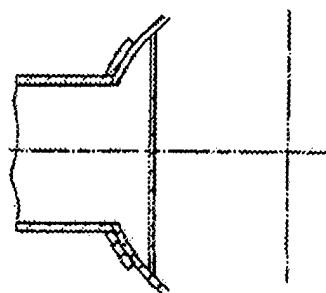


Fig.7



AB

Fig.8