

14

⑤1

Int. Cl. 2:

B 01 D 59/18

①9

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

B 01 D 53/24

DEUTSCHES



PATENTAMT

7

15

2

①1

Patentschrift **23 38 893**

②1

Aktenzeichen: P 23 38 893.4-43

②2

Anmeldetag: 1. 8. 73

④3

Offenlegungstag: 27. 2. 75

④4

Bekanntmachungstag: 16. 12. 76

④5

Ausgabetag: 4. 8. 77

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1

⑤4

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zum Trennen von gas- oder dampfförmigen Stoffen, insbesondere Isotopen, mit Trenndüsen

⑦3

Patentiert für:

Gesellschaft für Kernforschung mbH, 7500 Karlsruhe

⑦2

Erfinder:

Becker, Erwin Willi, Prof. Dr.; Eisenbeiß, Gerd, Dr.-Ing.;
7500 Karlsruhe; Ehrfeld, Wolfgang, Dr.-Ing., 7505 Ettlingen

⑤6

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
Nichts ermittelt

2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

4



Fig.1

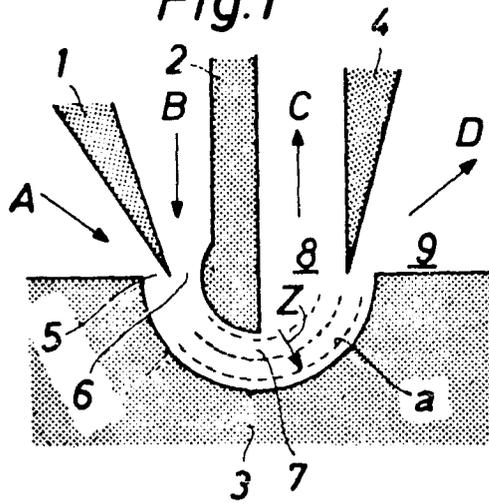


Fig.2

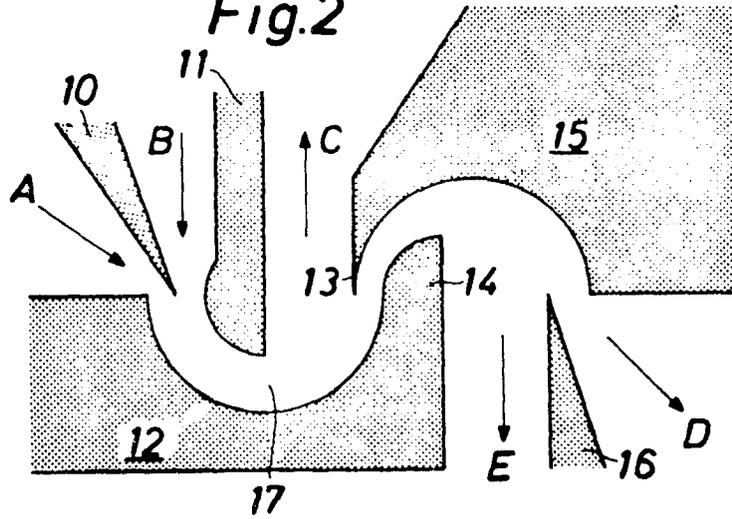
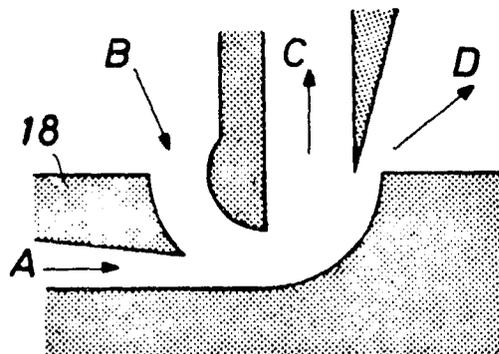


Fig.3



Patentansprüche:

1. Verfahren zum Trennen von gas- oder dampfförmigen Stoffen, insbesondere Isotopen, mit unterschiedlichen Molekulargewichten und/oder verschiedenen gaskinetischen Wirkungsquerschnitten, bei dem das zu trennende Stoffgemisch und ein leichteres Zusatzgas durch Düsen geführt werden, worauf mittels einer oder mehrerer in den Strömungsweg ragender Abschälblenden Fraktionen unterschiedlicher Zusammensetzung aufgefangen und abgeführt werden, und bei dem mehrere aus Düsen und Abschälblenden bestehende Trenndüsen-systeme zu einer Kaskade zusammengeschaltet werden, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Kaskade mit unterschiedlichen Anteilen an Zusatzgas erzeugte Teilströme gemeinsam so in jeweils eines der Trenndüsen-systeme eingeführt werden, daß der oder die Teilströme (A) mit größerem Anteil an Zusatzgas solchen Bereichen der Trenndüsen-systeme zugeführt werden, die im Richtungssinne der in den Trenndüsen-systemen auftretenden Zentrifugalkräfte außen liegen.
2. Verfahren zum Trennen von gas- oder dampfförmigen Stoffen, insbesondere Isotopen, mit unterschiedlichen Molekulargewichten und/oder verschiedenen gaskinetischen Wirkungsquerschnitten, bei dem das zu trennende Stoffgemisch durch Düsen geführt wird, worauf mittels einer oder mehrerer, in den Strömungsweg ragender Abschälblenden Fraktionen unterschiedlicher Zusammensetzung aufgefangen und abgeführt werden, und bei dem mehrere aus Düsen und Abschälblenden bestehende Trenndüsen-systeme in einer Kaskade zusammengeschaltet werden, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Kaskade mit unterschiedlichen Zusammensetzungen des zu trennenden Stoffgemischs erzeugte Teilströme gemeinsam so in jeweils eines der Trenndüsen-systeme eingeführt werden, daß der oder die Teilströme (A) mit größerem Anteil an schweren Komponenten des zu trennenden Stoffgemischs solchen Bereichen der Trenndüsen-systeme zugeführt werden, die im Richtungssinne der in den Trenndüsen-systemen auftretenden Zentrifugalkräfte außen liegen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 bzw. 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Teilstrom (B) mit niedrigerem Gehalt an Zusatzgas und/oder kleinerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs einer Vorumlenkung unterzogen wird, bevor er mit dem Teilstrom (A) mit höherem Gehalt an Zusatzgas und/oder größerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs zusammengeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mit den Teilströmen (A) mit größerem Anteil an Zusatzgas und/oder größerem Anteil an schweren Komponenten des zu trennenden Stoffgemischs die Strömungen der in die Trenndüsen-systeme eingeführten Teilströme (B) mit kleinerem Anteil an Zusatzgas und/oder kleinerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs im Inneren der Trenndüsen-systeme umgelenkt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als umzulenkende Teilströme (B') mit kleinerem Anteil an Zusatzgas und/oder kleinerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs aus unmittelbar vorgeschalteten Trenndüsen-systemen austretende, entsprechend zusammengesetzte Teilstrahlen verwendet werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die in die Trenndüsen-systeme eingeführten Teilströme durch Aufspalten von in der Kaskade anfallenden Fraktionen erzeugt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasströmung im Innern des Trenndüsen-systems nach dem Ablauf des Trennvorgangs in mindestens drei Fraktionen aufgespalten wird.
8. Trenndüsen-system zur Durchführung der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, gekennzeichnet durch wenigstens eine am Düseneinlauf angebrachte Zustrom-Teilungswand (1), die zusammen mit einer Umlenk wand (3) bzw. einer Düsen wand (2) schlitzförmige Düsen (5) bzw. (6) für die Teilströme (A bzw. B) bildet.
9. Trenndüsen-system nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß einem ersten, aus einer Zustrom-Teilungswand (10), einer Düsen wand (11), einer Umlenk wand (12) und einer Abschälblende (13) bestehenden Trenndüsen-Teilsystem ein zweites Trenndüsen-Teilsystem unmittelbar nachgeschaltet ist, in welchem der Trennvorgang für eine im ersten Teilsystem entstandene Fraktion fortgesetzt wird, wobei sich die Umlenk wand (12) zu einer Düsen wand (14) und die Abschälblende (13) zu einer Umlenk wand (15) des zweiten Trenndüsen-Teilsystems fortsetzen.
10. Trenndüsen-system nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustrom-Teilungswand (18) an ihrem an den Düseneinlauf angrenzenden Ende eine Umlenkfläche zur Vorumlenkung des Teilstroms (B) besitzt.
11. Trenndüsen-system zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei durch Düsenwände (20) und Zustrom-Teilungswände (19) gebildete Düsen für die Teilströme (B) spiegelsymmetrisch zur Achse einer durch die Zustrom-Teilungswände (19) gebildeten zentralen Düse für einen Teilstrom (A) angeordnet sind und daß stromabwärts von den Düsenwänden (20) wenigstens zwei Abschälblenden (21) spiegelsymmetrisch zur Achse der zentralen Düse vorgesehen sind.
12. Trenndüsen-system nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Abschälblenden (21) zusätzlich ein Staukörper (22) eingefügt ist.
13. Trenndüsen-system zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die aus den Düsenwänden (23a bzw. 23b) gebildeten Düsen für die Teilströme (A bzw. B) frontal gegeneinander gerichtet sind und daß spiegelsymmetrisch zur Achse der Düsen Abschälblenden (24) angeordnet sind.
14. Trenndüsen-system zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse für den umlenkenden Teilstrom (A') durch die Abschälblende (27) des vorgeschalteten Trenndüsen-systems und eine Führungswand (29) gebildet wird, wobei die aus den Teilströmen (A' und B') bestehende Gasströmung durch eine Abschälblende (28) in die Fraktionen (C und D) zerlegt wird.
15. Trenndüsen-system nach den Ansprüchen 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Einze

Trenndüsenysteme zu punkt- oder spiegelsymmetrischen Anordnungen erweitert sind, wobei mindestens ein Teil der abzusaugenden Fraktionen (D) und/oder der zuzuführenden Teilströme (A') in gemeinsamen Abschälkanälen und/oder Teilströmdüsen zusammengefaßt ist.

Die Erfindung befaßt sich mit Verfahren und Vorrichtungen zum Trennen von gas- oder dampfförmigen Stoffen, insbesondere Isotopen, mit unterschiedlichen Molekulargewichten und/oder verschiedenen gaskinetischen Wirkungsquerschnitten, bei denen das zu trennende Stoffgemisch und gegebenenfalls ein leichteres Zusatzgas durch Düsen geführt werden, worauf mittels einer oder mehrerer in den Strömungsweg ragender Abschälblenden Fraktionen unterschiedlicher Zusammensetzung aufgefangen und abgeführt werden, und bei dem mehrere, aus Düsen und Abschälblenden bestehende Trenndüsenysteme zu einer Kaskade zusammengeschaltet werden.

Das Prinzip des sogenannten Trenndüsenverfahrens ist aus der DT-PS 10 52 955 bekannt. In den DT-PS 10 96 875 und 11 98 328 wird gezeigt, wie sich die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens durch ein leichteres Zusatzgas (Hilfsgas) gegebenenfalls in Kombination mit einer Strahlumlenkung verbessern läßt.

In der DT-PS 10 96 875 wird unter anderem vorgeschlagen, durch verschiedene in der Düse vorhandene Räume das zu trennende Stoffgemisch und das Zusatzgas getrennt einzuleiten, wobei sich die Gasströme dann erst vor der Düsenöffnung treffen und vermischen. Es wird darauf hingewiesen, daß sich nach demselben Prinzip auch voneinander getrennte Düsen in entsprechender räumlicher Anordnung verwenden lassen. Es ist unmittelbar ersichtlich, daß eine Fortführung der Trennung in einem an das erste Trenndüsen-system angeschlossenen zweiten Trenndüsen-system bei dieser Verfahrensvariante nicht möglich ist, da das an das zweite System weitergeleitete Gasgemisch bereits Zusatzgas enthält. Bei dem in der Patentschrift dargestellten Ausführungsbeispiel einer wiederholten Trennung durch Hintereinanderschalten mehrerer, aus Düsen und Blenden bestehender Trenndüsenysteme als Trennstufen in einer Trennkaskade ist dementsprechend keine getrennte Einspeisung von zu trennendem Stoffgemisch und Zusatzgas vorgesehen. In den einzelnen Trennstufen mit verschiedenem Gehalt an Zusatzgas anfallenden Fraktionen werden in den zu den Systemen führenden Leitungen vereinigt, wodurch die Düsen mit einer räumlich einheitlichen Mischung aus zu trennendem Stoffgemisch und Zusatzgas beaufschlagt werden.

Nach der Durchführung des Verfahrens entsprechend diesem Ausführungsbeispiel (Atomwirtschaft 13, 359 [1968]) wurde erkannt, daß die in den Trenndüsen-systemen vorhandenen, durch die Gasströmung mit Zentrifugalbeschleunigung erfüllten Räume aus zwei Gründen nur unvollkommen zur Erzeugung von Trennarbeit für das zu zerlegende Stoffgemisch genutzt werden:

1. Wegen der relativ starken räumlichen Trennung von Stoffgemisch und Zusatzgas,
2. wegen des Fehlens eines für die Trennarbeitserzeugung günstigen Molenbruchgefälles des Stoffgemischs in den Anfangsbereichen der Gasströmung (vgl. dazu K. Cohen, Theory of Isotope

Separation as Applied to the Large Scale Production of U-235, McGraw Hill, New York, 1951.

Der zweite Nachteil tritt unabhängig davon auf, ob die Kaskade mit Zusatzgas betrieben wird oder nicht.

Die Erfindung hat zur Aufgabe, Möglichkeiten aufzuzeigen, die mit Zentrifugalbeschleunigung erfüllten Räume der Trenndüsenysteme in höherem Maße als bisher für den Trennvorgang auszunutzen. Dazu werden zwei Maßnahmen vorgeschlagen, die sowohl getrennt als auch in Kombination miteinander angewendet werden können.

Die eine Maßnahme sieht erfindungsgemäß vor, die innerhalb der Kaskade mit unterschiedlichen Anteilen an Zusatzgas erzeugten Teilströme so in die Trenndüsenysteme einzuführen, daß der oder die Teilströme mit größerem Anteil an Zusatzgas solchen Bereichen der Trenndüsenysteme zugeführt werden, die im Richtungssinn der in den Trenndüsen-systemen auftretenden Zentrifugalkräfte außen liegen. Dadurch entsteht bezüglich des Zusatzgases ein Molenbruchgefälle, welches dem durch den Trennvorgang sich ausbildenden Molenbruchgefälle entgegengerichtet ist.

Die andere Maßnahme schlägt erfindungsgemäß vor, die innerhalb der Kaskade mit unterschiedlichen Zusammensetzungen des zu trennenden Stoffgemisches erzeugten Teilströme so in die Trenndüsenysteme einzuführen, daß der oder die Teilströme mit größerem Anteil an schweren Komponenten des zu trennenden Stoffgemischs solchen Bereichen der Trenndüsen-systeme zugeführt werden, die im Richtungssinn der in den Trenndüsen-systemen auftretenden Zentrifugalkräfte außen liegen. Dadurch entsteht bezüglich der zu trennenden Stoffe ein Molenbruchgefälle, welches dem durch den Trennvorgang sich ausbildenden Molenbruchgefälle gleichgerichtet ist.

Durch beide Maßnahmen kann über eine günstigere räumliche Verteilung der Stoffe in den Trenndüsen-systemen eine erhebliche Steigerung der Trennarbeitserzeugung bei vorgegebenen Investitions- und Betriebsaufwand erreicht werden, was zu einer entsprechenden Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens führt.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird im Hinblick auf die räumliche Verteilung der Stoffe vorgeschlagen, den Teilstrom mit niedrigerem Gehalt an Zusatzgas und/oder kleinerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs einer Vorumlenkung zu unterziehen, bevor er mit dem Teilstrom mit höherem Gehalt an Zusatzgas und/oder größerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs zusammengeführt wird.

Die Erfindung läßt sich sowohl auf Trenndüsen-systeme anwenden, bei denen die für die Entmischung erforderliche Stromlinienkrümmung hauptsächlich durch eine Umlenkung des Gasstroms an einer festen Wand erreicht wird, als auch auf solche, bei denen sie hauptsächlich durch die Expansion des Verfahrensgases entsteht.

Besonders vorteilhaft kann es sein, mit den Teilströmen mit größerem Anteil an Zusatzgas und/oder größerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs die Strömungen der in die Trenndüsenysteme eingeführten Teilströme mit kleinerem Anteil an Zusatzgas und/oder kleinerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs im Innern der Trenndüsenysteme umzulenken.

Damit läßt sich sowohl die erforderliche Stromlinienkrümmung als auch das gewünschte Molenbruchgefälle erzielen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsmethode werden als Teilströme mit kleinerem Anteil an Zusatzgas und/oder kleinerem Anteil an schwererer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs aus unmittelbar vorgeschalteten Trenndüsenystemen austretende, entsprechend zusammengesetzte Teilstrahlen der Umlenkung unterzogen, wobei die in diesen Teilstrahlen enthaltene kinetische Energie für die Trennung mitbenutzt wird.

Bei der Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung lassen sich die Teilströme, die für die Erzeugung eines optimalen Molenbruchgefälles bezüglich des Zusatzgases in den Anfangsbereichen der Gasströmung am günstigsten sind, im allgemeinen mit Kaskadenschaltungen erzeugen, die aus den für Dreipol-Trennsysteme (vgl. dazu K. Cohen, Theory of Isotope Separation as Applied to the Large Scale Production of U-235, McGraw Hill, New York, 1951) üblichen Kaskadenschaltungen einfach abgeleitet werden können. Das für die Trennarbeitserzeugung optimale Molenbruchgefälle bezüglich des zu trennenden Stoffgemischs bzw. die entsprechend zusammengesetzten Teilströme lassen sich jedoch mit solchen einfachen Kaskadenschaltungen im allgemeinen nicht realisieren, wenn man größere Mischungsverluste und/oder einen unerwünschten Stofftransport in der Kaskade vermeiden will.

Diese Schwierigkeit läßt sich in überraschend einfacher Weise erfindungsgemäß dadurch umgehen, daß die in die Trenndüsenysteme eingeführten Teilströme durch Aufspalten von in der Kaskade anfallenden Fraktionen erzeugt werden, d. h. ein in der Kaskade erzeugter Teilstrom wird nicht vollständig einer einzelnen Kaskaden-Trennstufe zugeführt, sondern der Teilstrom wird aufgespalten und verschiedenen Trennstufen zugeführt. Die so entstehenden Unter-Teilströme, die je nach der betrachteten Stufe bezüglich der schweren Komponente des zu trennenden Stoffgemischs als angereichert oder abgereichert einzuordnen sind, können hinsichtlich ihrer Stromstärke so eingestellt werden, daß keine größeren Mischungsverluste entstehen und/oder die für die Kaskade erforderlichen Gleichgewichtsbedingungen gestört werden.

Eine weitere, besonders vorteilhafte Möglichkeit für die Erzeugung von Teilströmen für ein optimales Molenbruchgefälle besteht darin, daß im Trenndüsenystem nicht eine einfache Aufspaltung in zwei Fraktionen erfolgt (Dreipol-Trennsystem, siehe oben), sondern daß die Gasströmung bereits im Innern des Trenndüsenystems nach dem Ablauf des Trennvorgangs in mindestens drei Fraktionen aufgespalten wird. Dadurch wird eine wesentlich engere Abstufung bezüglich der Konzentrationen in den abgeführten Fraktionen erreicht, was dementsprechend eine optimale Einstellung der Molenbrüche in den Teilströmen für die einzelnen Trenndüsenysteme innerhalb der Kaskade ermöglicht. Darüber hinaus wird zusätzlich die beim Trennvorgang erzeugte Trennarbeitsleistung besser ausgenutzt.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden beispielsweise anhand der Zeichnungen näher erläutert:

Die Fig. 1 bis 9 zeigen schematisch im Schnitt verschiedene Ausführungsmöglichkeiten von Trenndüsenystemen, mit denen die erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt werden können,

die Fig. 10 bis 13 zeigen Prinzipskizzen von Kaskadenschaltungen, bei denen Trenndüsenysteme nach der Erfindung eingesetzt werden können.

Das in Fig. 1 dargestellte Trenndüsenystem besteht im wesentlichen aus einer am Düseneinlauf angebrachten Zustrom-Teilungswand 1, einer Düsenwand 2, einer Umlenkwand 3 und einer Abschälblende 4. Die Teilungswand 1 bildet zusammen mit der Umlenkwand 3 bzw. mit der Düsenwand 2 zwei schlitzförmige Düsen 5 bzw. 6, durch die die Teilströme A und B in den gemeinsamen Innenraum 7 des Trenndüsenystems gelangen, der im wesentlichen von der gekrümmten Fläche der Umlenkwand 3 und dem freien Ende der Düsenwand 2 gebildet wird. Durch die Abschälblende 4 entstehen zwei Abschälkanäle 8 und 9, durch die die Fraktionen C und D abgeführt werden.

Betreibt man dieses Trenndüsenystem in herkömmlicher Weise ohne eine Zustrom-Teilungswand 1, so wird durch die schematisch angedeuteten Zentrifugalkräfte Z, die durch die Krümmung der Stromlinien a entstehen, ein Molenbruchgefälle hervorgerufen in der Weise, daß sich nahe der Umlenkwand 3 die schwereren Stoffe anreichern, während der Molenbruch des Zusatzgases in Richtung der Zentrifugalkräfte Z stark abnimmt. Bei einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit verlagert sich die Zone hoher Dichte der zu trennenden Stoffe immer weiter zur Umlenkwand 3 hin. Dadurch wird der Innenraum 7 des Trenndüsenystems nur unvollständig zur Erzeugung von Trennarbeit ausgenutzt.

Betreibt man das Trenndüsenystem dagegen erfindungsgemäß mit der Zustrom-Teilungswand 1, indem man einen Teilstrom A mit höherem Anteil an Zusatzgas und einen Teilstrom B mit niedrigerem Anteil an Zusatzgas aus der Kaskade verwendet, so entsteht im Düseneinlauf ein Molenbruchgefälle bezüglich des Zusatzgases, welches dem durch den Trennvorgang sich ausbildenden Molenbruchgefälle entgegengerichtet ist. Bei dieser Betriebsweise wird der Teilstrom A mit größerem Anteil an leichtem Zusatzgas solchen Bereichen des Trenndüsenystems zugeführt, die im Richtungsinne der in dem Trenndüsenystem auftretenden Zentrifugalkräfte außen liegen. Dadurch wird der Tendenz einer räumlichen Trennung von Stoffgemisch und Zusatzgas entgegengewirkt, d. h., es wird verhindert, daß sich nur eine schmale Zone hoher Dichte der zu trennenden Stoffe an der Umlenkwand ausbildet. Damit wird der Innenraum 7 des Trenndüsenystems besser ausgenutzt, was zu einer Steigerung der Trennarbeitserzeugung führt.

Eine bessere Ausnutzung des für die Trennung zur Verfügung stehenden Innenraums läßt sich aber auch erzielen, wenn man dem Teilstrom A einen höheren Anteil an schweren Stoffen des zu trennenden Gemischs beimischt als dem Teilstrom B, d. h. am Düseneinlauf bezüglich der schweren Komponente ein Molenbruchgefälle aufprägt, das dem im Trennraum zu erzeugenden gleichgerichtet ist.

Wird ein Trenndüsenystem nach Fig. 1 zur Trennung der Uran-Isotope U-235 und U-238 benutzt, können z. B. folgende Geometrie- und Betriebsparameter angesetzt werden: Radius der Umlenkwand 0,1 mm, Düsen Schlitzweite 0,02 mm, Gemischdruck 300 Tor, Expansionsverhältnis 2 : 1 bis 4 : 1, mittlere Zusammensetzung des Gemischs 5 Mol% UF₆, Rest Wasserstoff oder Helium.

Die Fig. 2 zeigt ein zweites Beispiel für ein Trenndüsenystem, bei dem wie in Fig. 1 die für die

Entmischung erforderliche Stromlinienkrümmung durch Umlenken des Gasstroms an einer gekrümmten Fläche einer festen Wand 12 erreicht wird. In diesem Fall ist einem ersten, aus einer Zustrom-Teilungswand 10, einer Düsenwand 11, der Umlenkwand 12 und einer Abschälblende 13 bestehenden Trenndüsen-Teilsystem ein zweites, aus einer Düsenwand 14, einer Umlenkwand 15 und einer Abschälblende 16 bestehendes Trenndüsen-Teilsystem unmittelbar so nachgeschaltet, daß sich die Umlenkwand 12 in einer Düsenwand 14 und die Abschälblende 13 in einer Umlenkwand 15 des zweiten Trenndüsen-Teilsystems fortsetzen (vgl. hierzu die deutsche Patentanmeldung P 22 43 730.5). Im zweiten Trenndüsen-Teilsystem wird der Trennvorgang für eine im ersten Teilsystem entstandene Fraktion fortgesetzt. Durch die getrennte Zuführung der Teilströme *A* und *B* wird der Innenraum 17 des ersten Teilsystems wie im Beispiel der Fig. 1 besser ausgenutzt. Die im zweiten Teilsystem erzeugte Trennarbeit wird aber ebenfalls erhöht, da die getrennte Einspeisung im ersten Teilsystem auch eine für die Trennung günstigere Konzentrationsverteilung der zu trennenden Stoffe bzw. des Zusatzgases und/oder günstigere Strömungsverhältnisse im zweiten Teilsystem zur Folge hat.

Die Fig. 3 zeigt ein Beispiel für ein Trenndüsen-system, bei welchem der Teilstrom *A* nach einer Vorumlenkung des Teilstroms *B*, beispielsweise um einen Umlenkwinkel von etwa 90°, dem Innenraum des Trenndüsen-systems zugeführt wird. Die Zustrom-Teilungswand 18, welche die Teilströme *A* und *B* verschiedener Zusammensetzung trennt, besitzt hier an ihrem an den Düsen-einlauf angrenzenden Ende eine Umlenkfläche zur Vorumlenkung des Teilstroms *B*.

Fig. 4 zeigt ein Beispiel für ein aus Zustrom-Teilungswänden 19, Düsenwänden 20 und Abschälblenden 21 bestehendes Trenndüsen-system, bei dem zwei äußere Teilströme *B* durch einen zentralen Teilstrom *A* mit höherem Gehalt an Zusatzgas und/oder schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs umgelenkt werden und bei dem die Strömung nach dem Ablauf des Trennvorgangs in die Fraktionen *C* und *D* aufgeteilt wird. Hierzu sind zwei durch die Düsenwände 20 und die Zustromteilungswände 19 gebildete Düsen für die Teilströme *B* spiegelsymmetrisch zur Achse bzw. zur Winkelhalbierenden der durch die Zustrom-Teilungswände 19 gebildeten zentralen Düse für den Teilstrom *A* angeordnet. Stromabwärts von den Düsenwänden 20 sind zwei Abschälblenden 21 spiegelsymmetrisch zur Achse der zentralen Düse vorgesehen. Im Gegensatz zu den in den Fig. 1 bis 3 gezeigten Trenndüsen-systemen wird hier auf eine feste Wand zur Strömungsumlenkung verzichtet; die Strömungsumlenkung erfolgt vielmehr durch eine gegenseitige Strahlumlenkung.

Fig. 5 zeigt ein Beispiel für ein Trenndüsen-system, bei dem zur Vergrößerung des Umlenkwinkels der Strömung gegenüber der in Fig. 4 gezeigten Anordnung zusätzlich ein Staukörper 22 zwischen den Abschälblenden 21 eingefügt ist.

Fig. 6 zeigt ein Beispiel für ein aus Düsenwänden 23a und 23b sowie Abschälblenden 24 bestehendes Trenndüsen-system, bei dem zur Verstärkung der Umlenkung die Teilströme *A* und *B* frontal gegeneinander strömen und bei dem die Strömung nach dem Ablauf des Trennvorgangs in die Fraktionen *C* und *D* aufgeteilt wird. Auch dieses System ist spiegelsymmetrisch zur Achse der Düsen für die Teilströme *A* und *B* aufgebaut.

Fig. 7 zeigt ein Beispiel für ein Trenndüsen-system, bei dem als umzulenkender Teilstrom mit kleinerem Anteil an Zusatzgas und/oder kleinerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Stoffgemischs ein aus einem unmittelbar vorgeschalteten Trenndüsen-system, das hier aus einer Düsenwand 25, einer Umlenkwand 26 und einer Abschälblende 27 besteht, austretender, entsprechend zusammengesetzter Teilstrahl *B'* benutzt wird. Der Teilstrahl *B'* wird im unmittelbar nachgeschalteten zweiten Trenndüsen-system durch den Teilstrom *A'* mit größerem Anteil an Zusatzgas und/oder größerem Anteil an schwerer Komponente des zu trennenden Gemisches umgelenkt, worauf die aus den Teilströmen *A'* und *B'* bestehende Strömung im zweiten Trenndüsen-system nach dem Ablauf des Trennvorgangs durch die Abschälblende 28 in die Fraktionen *E* und *D* zerlegt wird. Die Abschälblende 27 des vorgeschalteten Trenndüsen-systems und eine Führungswand 29 bilden eine Düse für den umlenkenden Teilstrom *A'*.

Fig. 8 zeigt ein Beispiel für ein Trenndüsen-system, bei dem durch Einfügen zusätzlicher Abschälblenden 30 eine Mehrfach-Aufspaltung der aus den Teilströmen *A*, *B* gebildeten Gasströmung nach dem Ablauf des Trennvorgangs in die drei Fraktionen *C*, *D* und *E* erfolgt. Das in Fig. 8 gezeigte Beispiel ist hier aus dem in Fig. 6 gezeigten Ausführungsbeispiel entwickelt, bei welchem nur eine einfache Aufspaltung in die Fraktionen *C* und *D* erfolgt. Entsprechende Trenndüsen-systeme mit Mehrfachaufspaltung lassen sich durch Einfügen zusätzlicher Abschälblenden auch aus den in den übrigen Figuren gezeigten Trenndüsen-systemen ableiten.

Die in den vorhergehenden Zeichnungen gezeigten Einzel-Trenndüsen-systeme können im allgemeinen bei spiegelsymmetrischen oder punktsymmetrischen Anordnungen gemäß der Fig. 9 erweitert werden. Dies bietet zum einen den Vorteil einer kompakteren Trennelementeinheit, bei der mindestens ein Teil der abzusaugenden Fraktionen *D* und/oder der zuzuführenden Teilströme *A'* in gemeinsamen Abschälkanälen und/oder Teilstromdüsen zusammengefaßt werden können. Zum anderen können bei der gegenseitigen Strahlumlenkung bei einem symmetrischen Aufbau die Strömungsverluste verringert und die Umlenkung verstärkt werden.

Der erfindungsgemäße Grundgedanke der Zusammenführung verschiedener Teilströme im Trennelement bleibt über die gezeigten Ausführungsbeispiele hinaus allgemein auch dann erhalten, wenn hierbei eine größere oder kleinere Zahl von Teilströmen dem Trenndüsen-system zugeführt bzw. aus dem Trenndüsen-system abgeführt wird. Es ist weiter möglich, für die einzelnen Teilströme unterschiedliche Einlaßdrücke und/oder Temperaturen bei der Zuführung bzw. unterschiedliche Absaugdrücke bei der Abführung aus dem Trenndüsen-system vorzugeben.

In den folgenden Zeichnungen sind Beispiele für die Zusammenschaltung erfindungsgemäßer Trenndüsen-systeme zu einer Trennkaskade dargestellt:

Fig. 10 zeigt einen Ausschnitt einer Kaskade, in der einer Trennstufe 1 zwei Teilströme 2 und 3 getrennt zugeführt werden können, die verschiedene Zusatzgaskonzentration, nicht aber verschiedene Zusammensetzung bezüglich des zu trennenden Stoffgemischs haben. Der Teilstrom 2 wird als zuzugewinnende Fraktion in der zweitnächst unteren Stufe 4 erzeugt, der Teilstrom 3 als zuzugewinnende Fraktion in der nächst höheren Stufe 5.

Fig. 11 zeigt einen Ausschnitt einer Kaskade, in der einer Trennstufe 1 drei Fraktionen 6, 7, 8 entnommen werden. Die Fraktion auf mittlerem Konzentrationsniveau 8 wird der Stelle in der Kaskade zugeführt, an der sich die Zusammensetzung bezüglich des zu trennenden Stoffgemischs am wenigsten unterscheidet. In Fig. 11 ist als Beispiel die Rückführung der Fraktion 8 vor dieselbe Trennstufe 1 und ihre Vermischung mit dem Teilstrom 3 vorgesehen.

Fig. 12 zeigt einen Ausschnitt einer Kaskade, in der einer Trennstufe 1 zwei Teilströme 9 und 10 getrennt zugeführt werden können, die sich in der Zusammensetzung bezüglich des zu trennenden Stoffgemischs, nicht aber in ihrer Zusatzgaskonzentration unterscheiden. Der Teilstrom 9 wird bei 11 von dem Strom 12 abgespalten, der bei 13 durch Vermischung einer zusatzgasarmen Fraktion 3 und einer zusatzgasreichen Fraktion 2 entsteht, die ihrerseits bei 5 bzw. 4 erzeugt werden; die zweite zugeführte Fraktion 10 wird in der nächsthöheren Stufe 5 bei 14 abgezweigt — entsprechend der Aufspaltung bei 11 vor der Stufe 1.

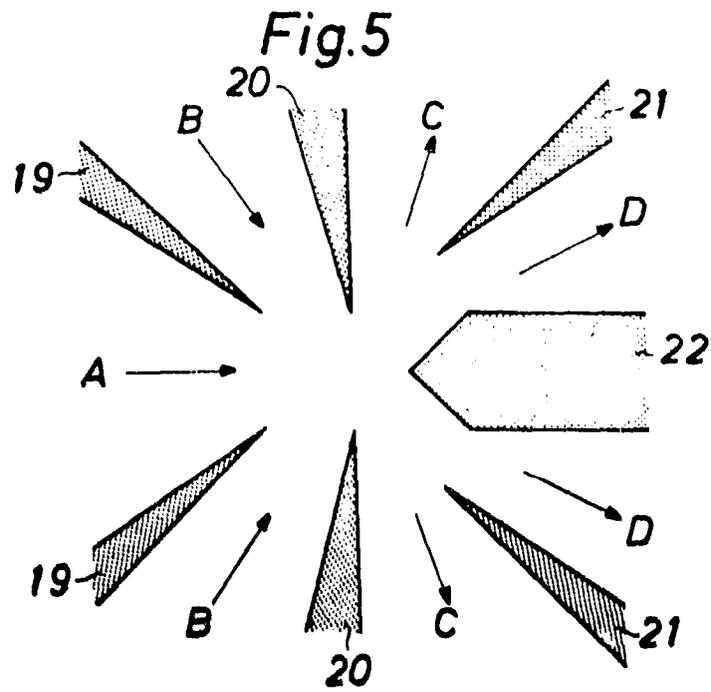
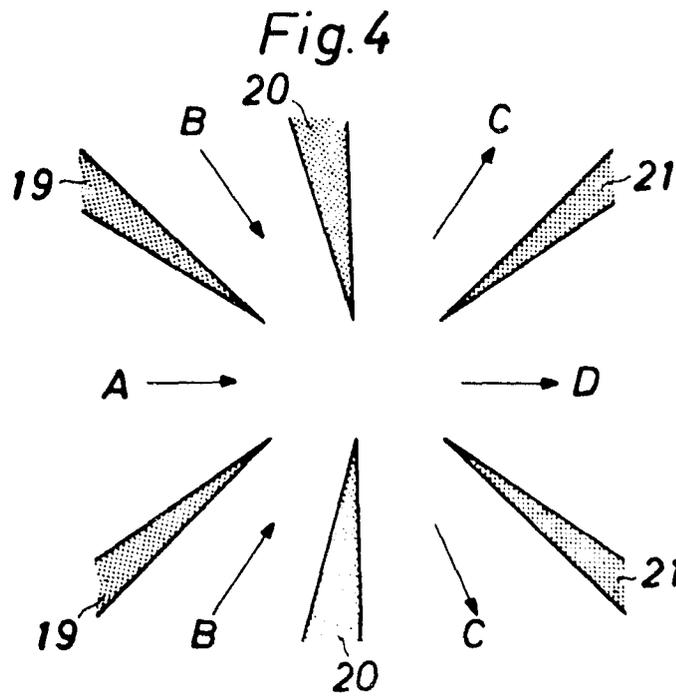
Diese Schaltung ist auch auf Trenndüsenysteme

anwendbar, die ohne Zusatzgas betrieben werden.

Fig. 13 zeigt einen Ausschnitt einer Kaskade, in der einer Trennstufe 1 zwei Teilströme 12 und 15 getrennt zugeführt werden können, die sich in der Zusammensetzung bezüglich des zu trennenden Stoffgemischs und in ihrer Zusatzgaskonzentration unterscheiden. Der Teilstrom 12 entsteht bei 13 durch Vermischung einer zusatzgasarmen Fraktion 3 und einem bei 16 abgespaltenen Teil der zusatzgasreichen Fraktion 2, die bei 5 bzw. 4 erzeugt werden; der zweite zugeführte Teilstrom 15 entsteht durch Aufspaltung der zusatzgasreichen Fraktion der drittnächst unteren Stufe bei 17. Entsprechend stellt der bei der Aufspaltung 16 verbleibende Strom 18 einen der Trennstufe 5 zugeführten Teilstrom dar.

Erfindungsgemäße Kaskadenschaltungen sind auch solche, bei denen unter entsprechender Anpassung der Stromaufteilungsverhältnisse der Trennstufen eine größere oder kleinere Zahl von Stufen von der einzelnen Fraktionen bzw. Teilströmen überbrückt wird als dies für die Beispiele in den Fig. 10 bis 13 gewählt wurde.

Hierzu 8 Blatt Zeichnungen



4

9

Fig.6

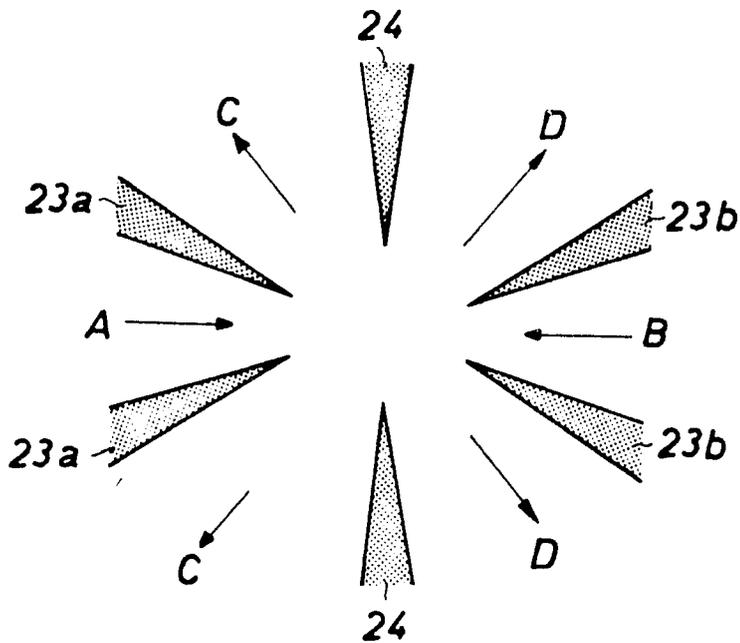


Fig.7

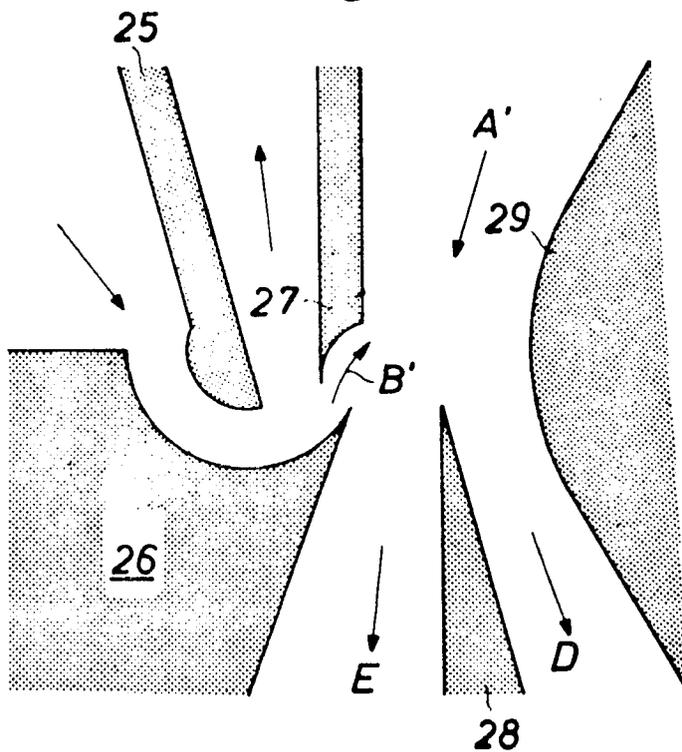


Fig. 8

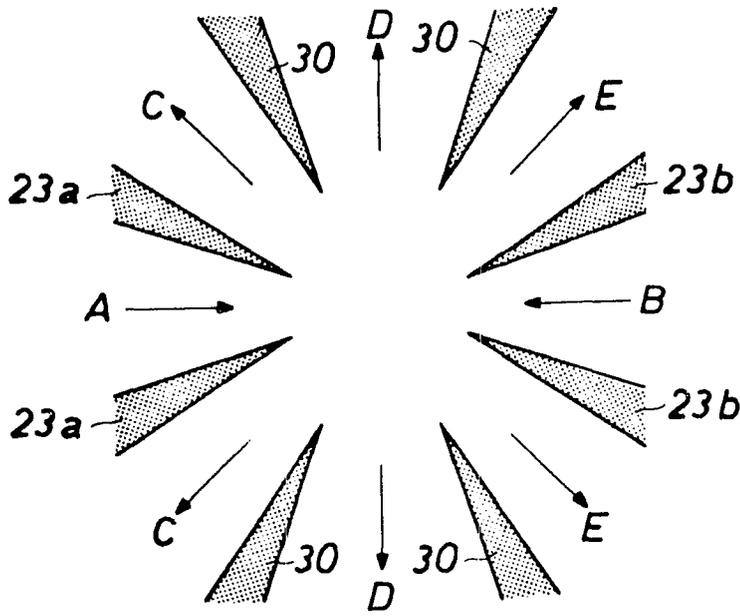


Fig. 9

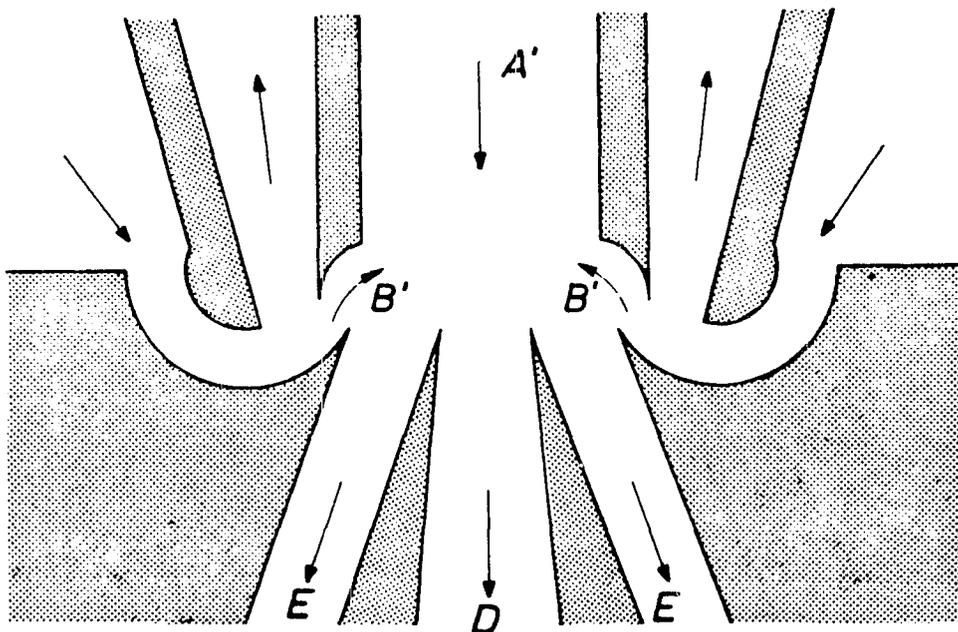
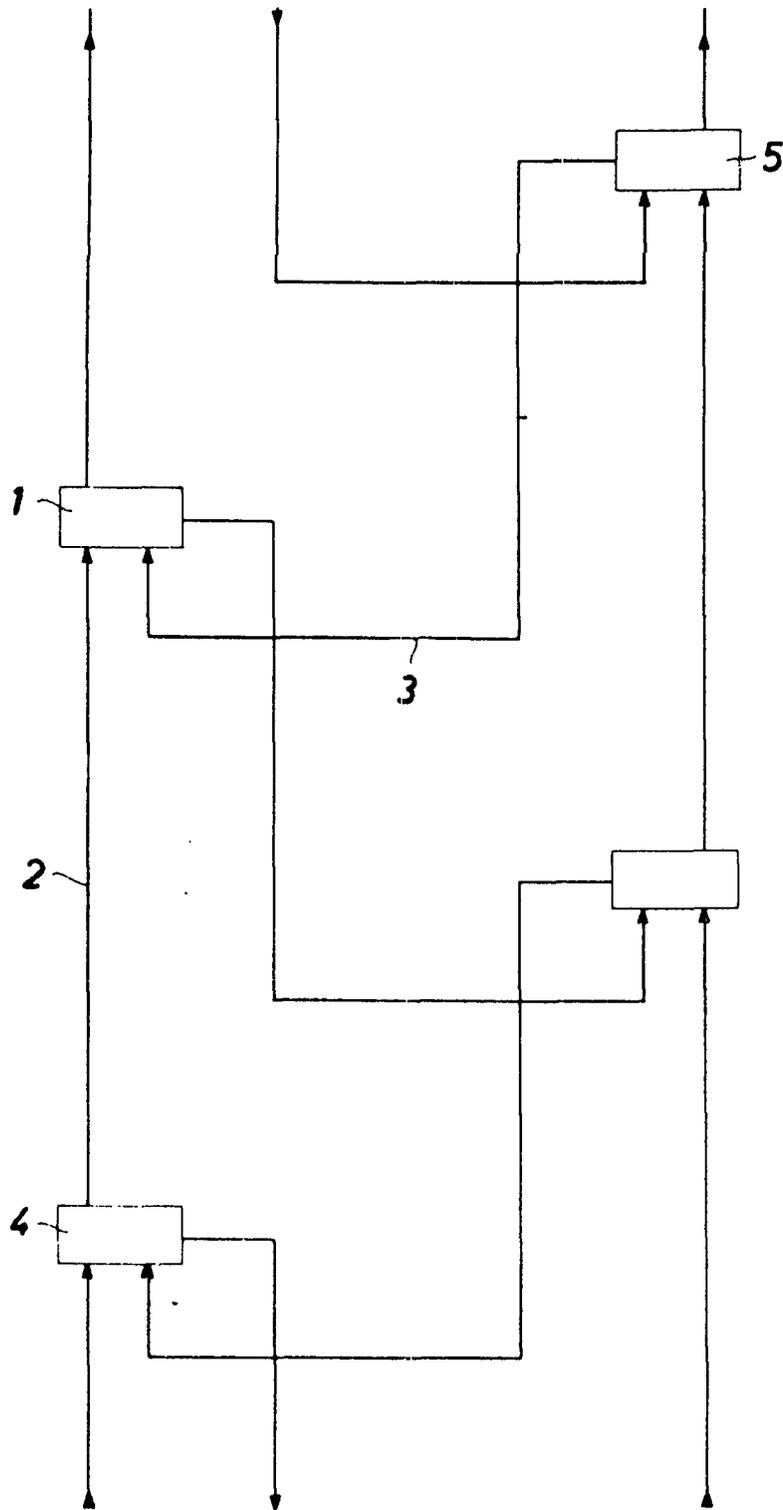
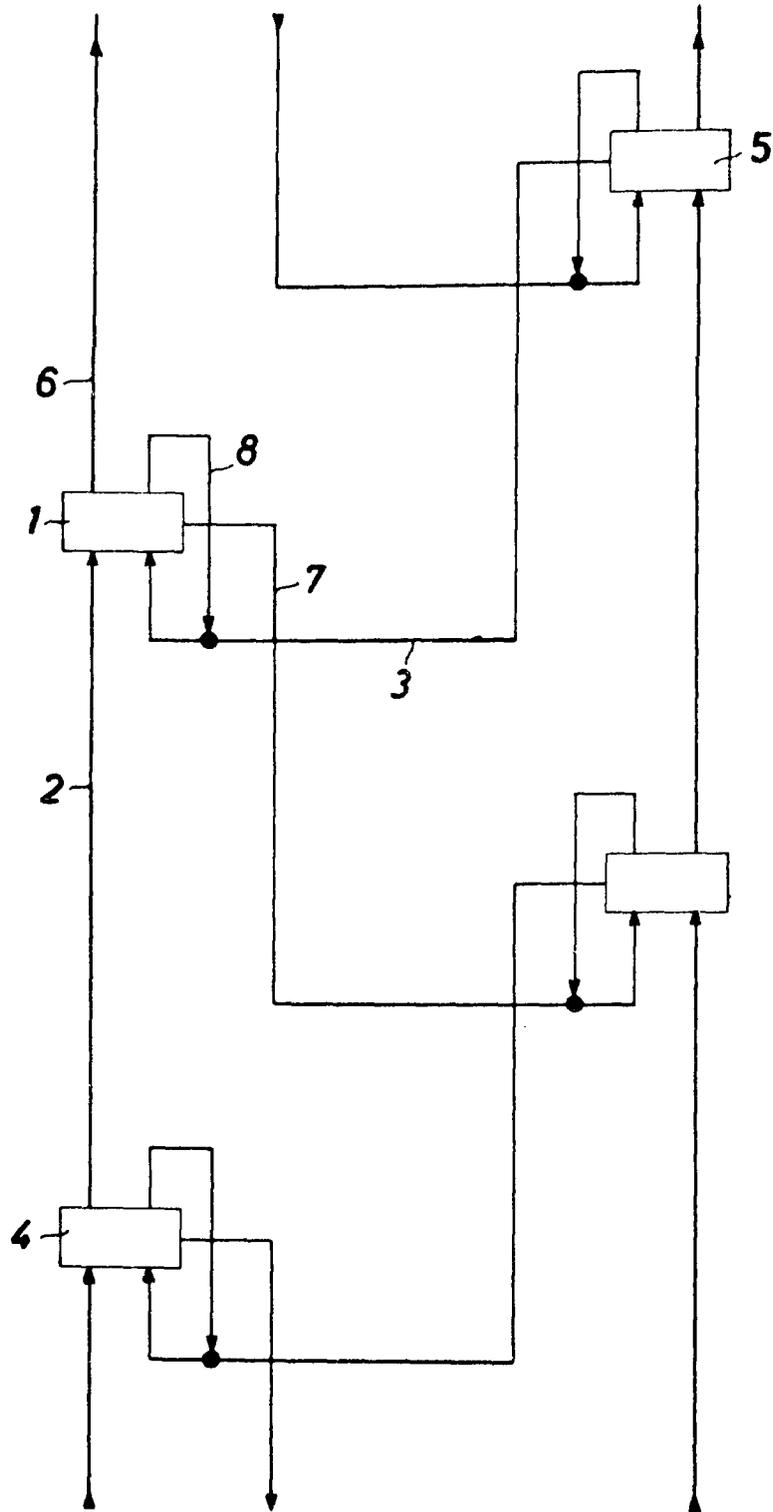


Fig.10



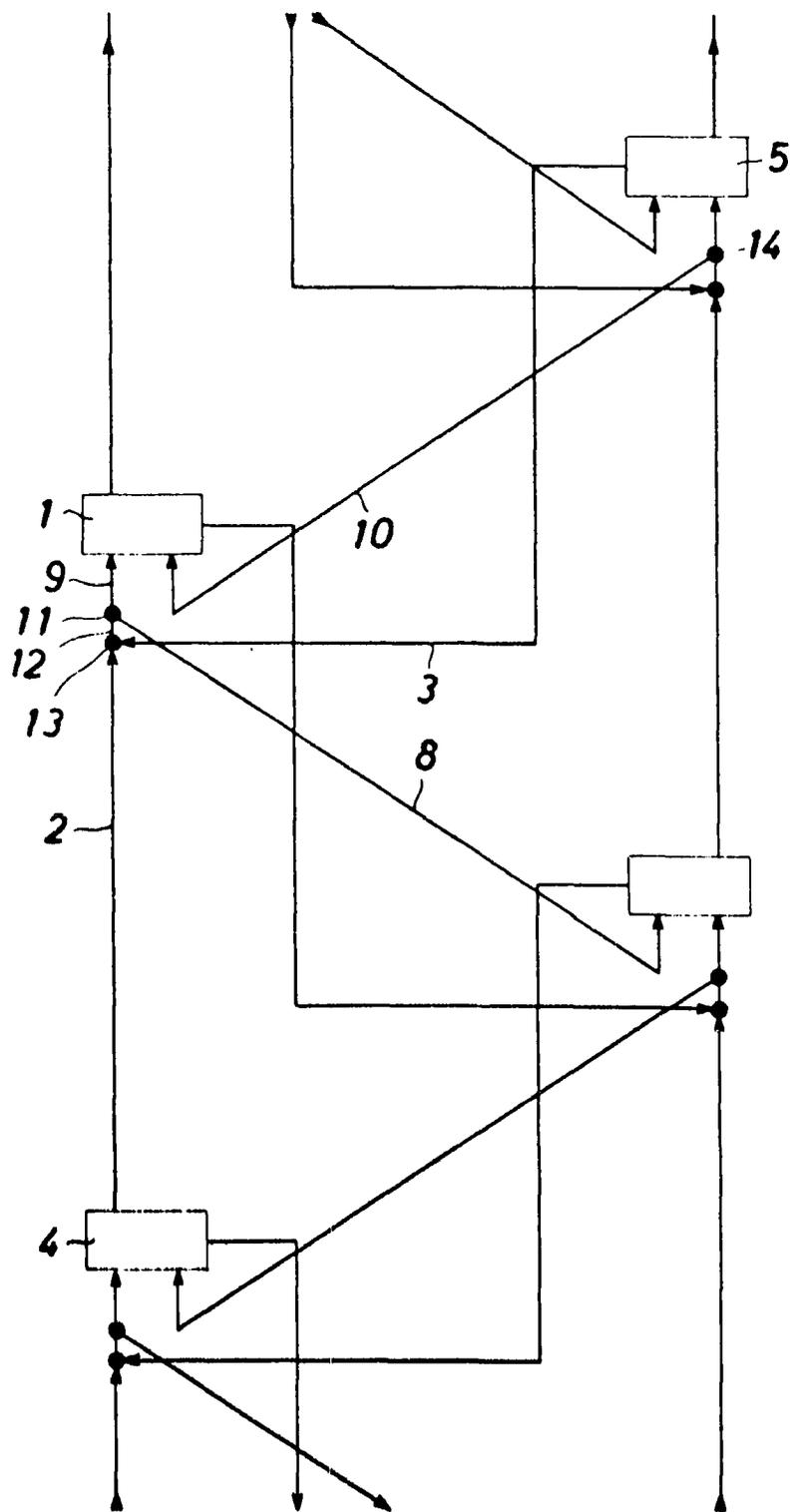
12

Fig.11



13

Fig.12



14

Fig.13

