

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 84109864.3

Int. Cl. 4: **F 25 J 1/00**

Anmeldetag: 18.08.84

Priorität: 20.07.84 CH 3550/84

Anmelder: **GEBRÜDER SULZER**
AKTIENGESELLSCHAFT, Zürcherstrasse 9,
CH-8401 Winterthur (CH)

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 22.01.86
Patentblatt 86/4

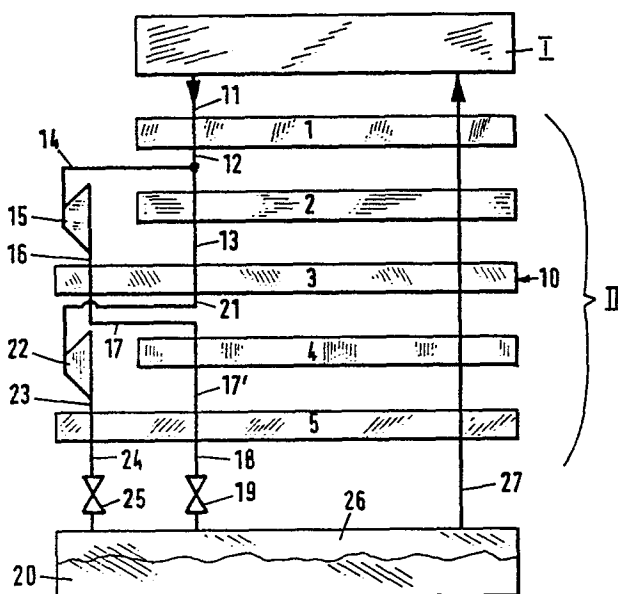
Erfinder: **Kündig, Andres, Goethestrasse 5A,**
CH-8712 Stäfa (CH)

Benannte Vertragsstaaten: **BE CH DE FR GB IT LI NL**

Vertreter: **Dipl.-Ing. H. Marsch Dipl.-Ing. K. Sparing**
Dipl.-Phys.Dr. W.H. Röhl Patentanwälte,
Rethelstrasse 123, D-4000 Düsseldorf (DE)

Vorrichtung zum Verflüssigen eines tiefsiedenden Gases, insbesondere Heliumgas.

Die Vorrichtung zum Verflüssigen von Heliumgas enthält eine Vorkühlstufe (I) und eine weitere Kühlstufe (II), in dem das Hochdruckgas der Vorkühlstufe (I) in zwei Teilströme aufgeteilt wird. Der erste Teilstrom (14) entspannt arbeitsleistend in eine Expansionsmaschine (15) auf einen ersten Zwischendruck, der zweite Teilstrom durchläuft einen Wärmeaustauscher (2). Beide Teilströme (13, 16) durchlaufen danach gleichzeitig, aber getrennt einen dritten Wärmeaustauscher (3). Der aus dem dritten Wärmeaustauscher (3) austretende zweite Teilstrom (21) entspannt arbeitsleistend in einer zweiten Expansionsmaschine (22) auf einen zweiten Zwischendruck. Beide Teilströme (17', 23) durchlaufen danach gleichzeitig, aber getrennt voneinander einen fünften Wärmeaustauscher (5) und von dort je ein Drosselventil (19 bzw. 25). Das mindestens teilweise verflüssigte Gas wird einem Kälteverbraucher (20) zugeführt. Der thermodynamische Wirkungsgrad der Vorrichtung ist größer als bei einer bekannten Vorrichtung.



EP 0 168 519 A2

P.5898/Bk/Bs

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur (Schweiz)

Vorrichtung zum Verflüssigen eines tiefsiedenden Gases,
insbesondere Heliumgas

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verflüssigen eines tiefsiedenden Gases, insbesondere Heliumgas, bzw. zum Erzeugen einer Kälteleistung im Temperaturbereich des Gases im flüssigen Zustand, in einem Kreislauf mit einer
5 Vorkühlstufe zum Erzeugen eines Hochdruckgasstromes mit einer Vorkühltemperatur und einer weiteren, einen mehrteiligen Gegenstrom-Wärmeaustauscher und mindestens eine Expansionsmaschine aufweisenden Kühlstufe, in der sich der Hochdruckstrom durch Wärmeaustausch mit von einem Kälte-
10 verbraucher zur Vorkühlstufe zurückfliessenden Niederdruckstrom von der Vorkühltemperatur bis nahe an die Temperatur des flüssigen Gases abkühlt.

Bei einer bekannten Vorrichtung (CH-PS 592 280; Fig. 3) dieser Art werden in der der Vorkühlstufe folgenden Kühl-
15 stufe zwei Teilwärmeaustauscher und eine dazwischen angeordnete Expansionsmaschine nacheinander von dem ganzen Hochdruckgasstrom durchlaufen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung der eingangs definierten Art zu schaffen, die einen gegen-
20 über der bekannten Vorrichtung höheren thermodynamischen Wirkungsgrad aufweist. Diese Aufgabe wird gemäss der Erfindung durch die im Kennzeichen der Patentansprüche 1

und 5 angegebenen Merkmale gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Es ist:

- 5 Fig. 1 Ein Fliessschema der Vorrichtung gemäss der Erfindung;
- Fig. 2 eine gegenüber Fig. 1 abgewandelte Vorrichtung;
- Fig. 3 eine gegenüber Fig. 2 abgewandelte Vorrichtung;
- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform der Vorrichtung.
- 10 Die Vorrichtung nach Fig. 1 weist eine vorkühlstufe I auf, in der auf bekannte Weise von einem Kompressor komprimiertes Gas, z.B. Heliumgas, nach Kühlung in einem Nachkühler zwecks Abführung der Kompressionswärme, durch Wärmeaus-
- 15 temperatur abgekühlt wird.

Das Hochdruckgas wird in einer anschliessenden, zweiten Kühlstufe II weiter abgekühlt bis es die Temperatur des flüssigen Gases erreicht hat.

- Die Kühlstufe II weist einen mehrteiligen Gegenstrom-Wärmeaustauscher 10 auf, der aus fünf Teil-Wärmeaustauschern 1, 2, 3, 4 und 5 besteht. Das Hochdruckgas mit Vorkühltemperatur tritt über eine Leitung 11 aus der Vorkühlstufe I in den Wärmeaustauscher 10 ein und durchläuft nacheinander dessen Teile 1, 2 und 3. Das Gas verlässt den Teil-
- 25 Wärmeaustauscher 1 über eine Leitung 12, die nach dem Teil-Wärmeaustauscher 2 führt. Aus dem Teil-Wärmeaustauscher 2 fliesst das Gas über eine Leitung 13 zum Teil-Wärmeaustauscher 3. Vor dem Eintritt in den Teil-Wärmeaus-

tauscher 2 der Leitung 12 zweigt von dieser eine Leitung 14 ab, die einen Teilstrom des Hochdruckgases einer Expansionsmaschine 15 zuführt, in der es auf einen ersten Zwischendruck entspannt und dabei abgekühlt wird. Das entspannte Gas verlässt die Expansionsmaschine über eine Leitung 5 16 und tritt über eine Leitung 17 in den Teil-Wärmeaustauscher 4 ein. Das Gas durchläuft nacheinander den vierten und fünften Teil des Wärmeaustauschers die durch eine Leitung 17' verbunden sind, wobei das Gas weiter abgekühlt wird. Eine an den fünften Teil 5 des Wärmeaustauschers anschliessende Leitung 18 führt das Gas nach einem Drosselventil 19, in dem es auf Verflüssigungsdruck entspannt wird. Das entstehende Gemisch von Gas und Flüssiggas wird in einem Behälter 20, der den Kälteverbraucher 15 der Vorrichtung darstellt, gesammelt.

Nachdem das Hochdruckgas, das die Teil-Wärmeaustauscher 1, 2 und 3 durchläuft, den Teil-Wärmeaustauscher 3 durchlaufen hat, wird es über eine Leitung 21 einer Expansionsmaschine 22 zugeführt, in der das Gas auf einen Zwischendruck entspannt und dabei abgekühlt wird. Das gekühlte Gas verlässt die Expansionsmaschine 22 über eine Leitung 20 23, die es zum Teil-Wärmeaustauscher 5 führt. Das aus dem Teil-Wärmeaustauscher 5 austretende Gas wird über die Leitung 24 nach einem Drosselventil 25 geführt, in dem das Gas auf Verflüssigungsdruck entspannt wird. Auch dieses 25 Gemisch von Gas und Flüssiggas wird in dem Behälter 20 aufgefangen.

Der Dampfraum 26 des Behälters 20 steht über eine Leitung 27, die alle Teil-Wärmeaustauscher 1 bis 5 des Wärmeaustauschers 10 durchläuft und den Niederdruckgasstrom führt, mit der Vorkühlstufe I in Verbindung. Der Niederdruckgasstrom erreicht die Vorkühlstufe I mit einer Temperatur,

die knapp unterhalb der Vorkühltemperatur liegt. Das die Teile 1 bis 5 des Wärmeaustauschers 10 durchströmende Hochdruckgas wird durch Wärmeaustausch mit diesem Niederdruckstrom abgekühlt.

- 5 Statt in der beschriebenen und gezeigten Drosselstelle 19 und 25, können die aus dem Teil-Wärmeaustauscher 5 austretenden Gasströme in einer Expansionsmaschine entspannt werden.

Der Hochdruckgasstrom kann sich unmittelbar nach Verlassen der Vorkühlstufe I verzweigen, so dass der erste Teil-Wärmeaustauscher entfällt.

Die Vorrichtung nach Fig. 2 weist zwei Expansionsmaschinen 15 und 22 auf, die so ausgelegt sind, dass das sie verlassende, entspannte Gas jeweils denselben Zwischendruck aufweist. Die mit den Teilen der Vorrichtung nach Fig. 1 identischen Teile sind mit der selben Bezugsnummer versehen. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, mündet die Leitung 23, die das in der zweiten Expansionsmaschine 22 entspannte Hochdruckgas führt, in die Leitung 17', die das in der ersten Expansionsmaschine 15 entspannte Hochdruckgas vom vierten zum fünften Teil-Wärmeaustauscher führt. Eine sich dem fünften Teil 5 des Wärmeaustauschers anschliessende Leitung 30 führt das Gas nach einem Drosselventil 31, in dem es auf Verflüssigungsdruck entspannt wird. Das entstehende Gemisch von Gas und Flüssiggas wird in dem Behälter 20 gesammelt.

Bei einer Vorrichtung nach Fig. 3 ist der dritte Teil 3 des Wärmeaustauschers 10 entfallen, so dass die Zahl der möglichen Leckstellen im Wärmeaustauscher verringert und dieser auch billiger in der Herstellung ist. Die mit den

Teilen der Vorrichtung nach den Fig. 1 und 2 identischen Teile sind mit derselben Bezugsnummer versehen. Das Gas, das die erste Expansionsmaschine 15 über die Leitung 16 verlässt, tritt unmittelbar in den vierten Teil 4 des Wärmeaustauschers ein. Die Leitung 23, die das in der zweiten Expansionsmaschine 22 entspannte Hochdruckgas führt, mündet in die Leitung 17' zwischen dem vierten und dem fünften Teil des Wärmeaustauschers. Ein sich dem fünften Teil des Wärmeaustauschers anschliessende Leitung 35 führt das Gas nach einer Expansionsmaschine 36, in dem es auf Verflüssigungsdruck entspannt wird.

Bei der Vorrichtung nach Fig. 4 wird der Hochdruckgasstrom in der Kühlstufe II in mehrere Teilströme aufgeteilt. Das Hochdruckgas mit Vorkühltemperatur tritt über eine Leitung 40 aus der Vorkühlstufe I in den ersten Teil 1 des Wärmeaustauschers 10 ein. Nach Verlassen dieses Teil-Wärmeaustauschers 1 strömt das Gas über eine Leitung 41 in den Teil-Wärmeaustauscher 2. Vor dem Eintritt in den Teil-Wärmeaustauscher 1 der Leitung 40 zweigt von dieser eine Leitung 43 ab, die einen Teilstrom des Hochdruckgases einer Expansionsmaschine 44 zuführt, in der es auf einen ersten Zwischendruck entspannt und dabei auf eine erste Temperatur abgekühlt wird. Das entspannte Hochdruckgas verlässt die Expansionsmaschine 44 über eine Leitung 45, die es in den Teil-Wärmeaustauscher 3 einführt. Von diesem Teil-Wärmeaustauscher 3 strömt das Gas über eine Leitung 46 zum Teil-Wärmeaustauscher 4 und von dort über eine Leitung 47 nach dem Teil-Wärmeaustauscher 5.

Vor dem Eintritt der Leitung 41 in den Teil-Wärmeaustauscher 2 zweigt von dieser eine Leitung 50 ab, die einen Teilstrom des Hochdruckstromes einer Expansionsmaschine 51 zuleitet, in der es auf einen zweiten Zwischendruck

entspannt und dabei auf eine zweite Temperatur abgekühlt wird. Das Gas verlässt die Expansionsmaschine 51 über eine Leitung 52, die in die Verbindungsleitung 46 zwischen den Teil-Wärmeaustauscher 3 bzw. 4 des Wärmeaustauschers
5 mündet und durch diese zu dessen vierten und fünften Teil 4 bzw. 5 fließt.

Nachdem das Hochdruckgas, das die Teil-Wärmeaustauscher 1 und 2 durchläuft, den Teil-Wärmeaustauscher 2 verlassen hat, wird es über eine Leitung 42 einer Expansionsmaschine
10 53 zugeführt, in der es auf einen dritten Zwischendruck entspannt und dabei auf eine dritte Temperatur abgekühlt wird. Das entspannte Gas verlässt die Expansionsmaschine 53 über eine Leitung 54, die in die Verbindungsleitung 47 zwischen dem dritten und Teil-Wärmeaustauschern 3 bzw. 4
15 mündet und durch diese zum Teil-Wärmeaustauscher 5 strömt.

Die in den drei Expansionsmaschinen 44, 51 und 53 entspannte und abgekühlte Teilgasströme treten nach gesamthaftem Durchgang durch den Teil-Wärmeaustauscher 5 in eine Expansionsmaschine 55 ein, in der der Gesamtstrom auf
20 Verflüssigungsdruck entspannt wird. Das entstehende Gemisch von Gas und Flüssiggas wird in einem Behälter 56, der den Kälteverbraucher der Vorrichtung bildet, gesammelt.

Die drei Expansionsmaschinen 44, 51 und 53 können so ausgelegt sein, dass ihre Temperaturbereiche, gebildet durch
25 Eingangs- und Entspannungstemperatur, sich überschneiden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Verflüssigen eines tiefsiedenden Gases, insbesondere Heliumgas, bzw. zum Erzeugen einer Kälteleistung im Temperaturbereich des Gases im flüssigen Zustand, in einem Kreislauf mit einer Vorkühlstufe zum Erzeugen eines Hochdruckgasstromes mit einer Vorkühltemperatur und einer weiteren, einen mehrteiligen Gegenstrom-Wärmeaustauscher und mindestens eine Expansionsmaschine aufweisenden Kühlstufe, in der sich der Hochdruckstrom durch Wärmeaustausch mit von einem Kälteverbraucher zur Vorkühlstufe zurückfliessenden Niederdruckstrom von der Vorkühltemperatur bis nahe an die Temperatur des flüssigen Gases abkühlt, dadurch gekennzeichnet,
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- dass der Hochdruckstrom (11) sich nach Durchgang durch den sich der Vorkühlstufe (I) anschliessenden ersten Teil (1) des Wärmeaustauschers (10) in zwei Teilströme aufteilt, wovon ein erster Teilstrom (14) in einer Expansionsmaschine (15) arbeitsleistend auf einen ersten Zwischendruck entspannt wird, und der zweite Teilstrom den zweiten Teil (2) des Wärmeaustauschers durchläuft,
 - dass beide Teilströme anschliessend gleichzeitig, aber voneinander getrennt den dritten Teil (3) des Wärmeaustauschers durchlaufen,
 - dass der aus dem dritten Teil des Wärmeaustauschers austretende zweite Teilstrom (21) eine zweite Expansionsmaschine (22) durchläuft und dabei arbeitsleistend auf einen zweiten Zwischendruck entspannt wird,
 - dass der aus dem dritten Teil des Wärmeaustauschers austretende erste Teilstrom (17) den vierten Teil (4) des Wärmeaustauschers durchläuft,

- dass beide Teilströme (17', 23) anschliessend gleichzeitig, aber getrennt voneinander den fünften Teil (5) des Wärmeaustauschers durchlaufen,
 - und dass beide aus dem fünften Teil des Wärmeaustauschers austretende Teilströme (18, 24) je in einer Entspannungsvorrichtung (19, 25) auf den Druck des Niederdruckstromes entspannt werden, wobei mindestens teilweise flüssiges Gas entsteht, das dem Kälteverbraucher (20) zuströmt.
- 5
- 10 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Zwischendruck der jeweiligen Expansionsvorrichtung (15, 22) den selben Wert haben und dass der aus der zweiten Expansionsmaschine (22) austretende zweite Teilstrom (23) und der aus dem
- 15 vierten Teil (4) des Wärmeaustauschers (10) austretende erste Teilstrom (17') vereint den fünften Teil (5) des Wärmeaustauschers durchlaufen und anschliessend in einem gemeinsamen Drosselventil (30) entspannt werden.
- 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der dritte Teil des Wärmeaustauschers entfallen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der aus der ersten Expansionsmaschine (15) austretende erste Teilstrom (16) den vierten Teil (4) des Wärmeaustauschers (10) durchläuft, und dass der aus dem vierten Teil des Wärmeaustauschers
- 25 austretende erste Teilstrom (17') und der aus der zweiten Expansionsmaschine (22) austretende zweite Teilstrom (23) vereint den fünften Teil (5) des Wärmeaustauschers durchlaufen.
- 30 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Hochdruckstrom (11) nach Verlassen der Vorkühlstufe (I) in zwei Teilströme aufteilt, unter Weglassung des ersten Teils (1) des Wärmeaustauschers (10).

5. Vorrichtung zum Verflüssigen eines tiefsiedenden Gases, insbesondere Heliumgas, bzw. zum Erzeugen einer Kälteleistung im Temperaturbereich des Gases im flüssigen Zustand, in einem Kreislauf mit einer Vorkühlstufe zum Erzeugen eines Hochdruckgasstromes mit einer Vorkühltemperatur und einer weiteren, einen mehrteiligen Gegenstrom-Wärmeaustauscher und mindestens eine Expansionsmaschine aufweisenden Kühlstufe, in der sich der Hochdruckstrom durch Wärmeaustausch mit von einem Kälteverbraucher zur Vorkühlstufe zurückfliessenden Niederdruckstrom von der Vorkühltemperatur bis nahe an die Temperatur des flüssigen Gases abkühlt, dadurch gekennzeichnet,
- dass der Hochdruckstrom (40) sich nach Verlassen der Vorkühlstufe (I) in zwei Teilströme aufteilt, wovon ein erster Teilstrom (43) in einer ersten Expansionsmaschine (44) arbeitsleistend auf einen ersten Zwischendruck und eine erste Temperatur entspannt wird, und der zweite Teilstrom den ersten Teil (1) des Wärmeaustauschers (10) durchläuft,
 - dass der aus dem ersten Teil des Wärmeaustauschers austretende zweite Teilstrom (41) sich in einen dritten (50) und einen vierten Teilstrom aufteilt, wovon der dritte Teilstrom in einer zweiten Expansionsmaschine (51) arbeitsleistend auf einen zweiten Zwischendruck und eine zweite Temperatur entspannt wird, und der vierte Teilstrom den zweiten Teil (2) des Wärmeaustauschers durchläuft,
 - dass der aus dem zweiten Teil des Wärmeaustauschers austretende vierte Teilstrom (42) in einer dritten Expansionsmaschine (53) arbeitsleistend auf einen dritten Zwischendruck und eine dritte Temperatur entspannt wird,

- dass weiterhin der aus der ersten Expansionsmaschine (44) austretende erste Teilstrom (45) den dritten Teil (3) des Wärmeaustauschers durchläuft,
 - dass der aus der zweiten Expansionsmaschine (51) austretende dritte Teilstrom (52) und der aus dem dritten Teil (3) des Wärmeaustauschers austretende erste Teilstrom (46) vereint den vierten Teil (4) des Wärmeaustauschers durchlaufen,
 - dass der aus der dritten Expansionsmaschine (53) austretende fünfte Teilstrom (54) und der aus dem vierten Teil (4) des Wärmeaustauschers austretende Teilstrom (47) vereint den fünften Teil (5) des Wärmeaustauschers durchlaufen, und
 - dass der aus dem fünften Teil des Wärmeaustauschers austretende Strom eine Entspannungsvorrichtung (55) durchläuft und darin auf den Druck des Niederdruckstromes entspannt wird, wobei mindestens teilweise flüssiges Gas entsteht, das einem Kälteverbraucher (56) zuströmt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperaturbereiche, gebildet durch Eingangs- und Entspannungstemperatur der jeweiligen Expansionsmaschine (44, 51, 53) sich überschneiden.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die dem fünften Teil (5) des Wärmeaustauschers (10) folgende Entspannungsvorrichtung (19, 25; 31) ein Drosselventil (31) ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die dem fünften Teil (5) des Wärmeaustauschers (10) folgende Entspannungsvorrichtung eine Expansionsmaschine (36; 55) ist.

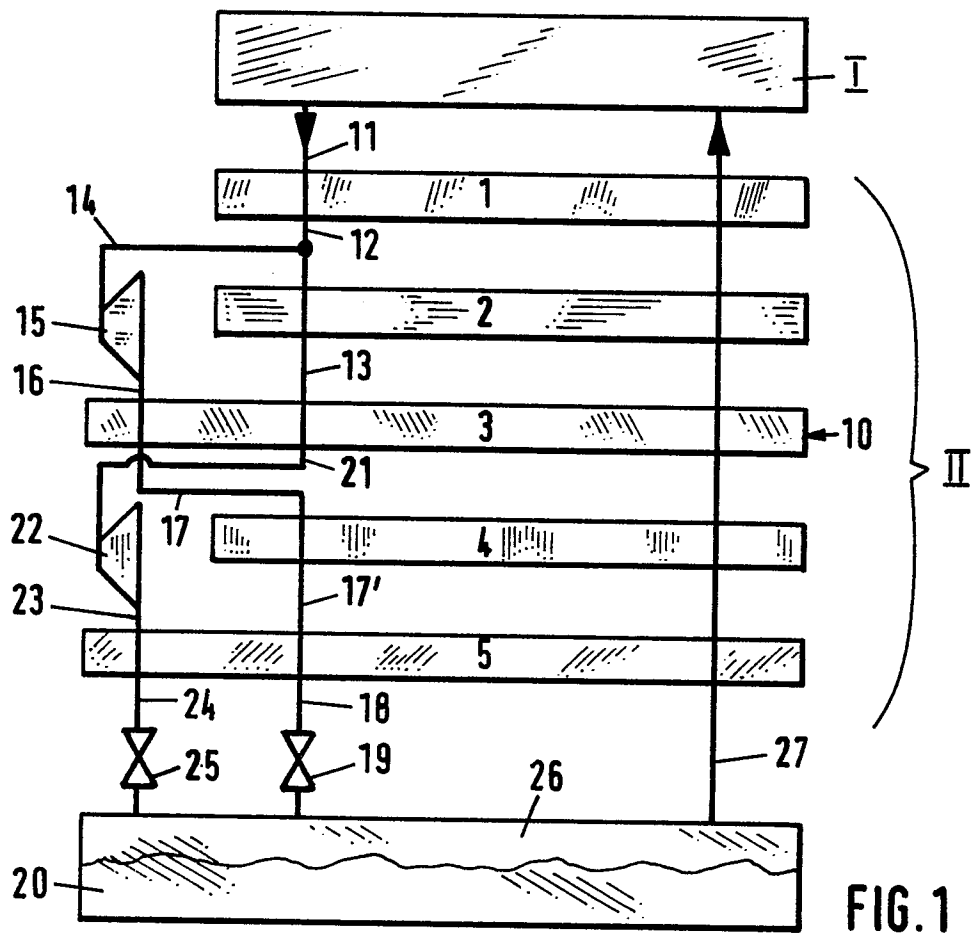


FIG. 1

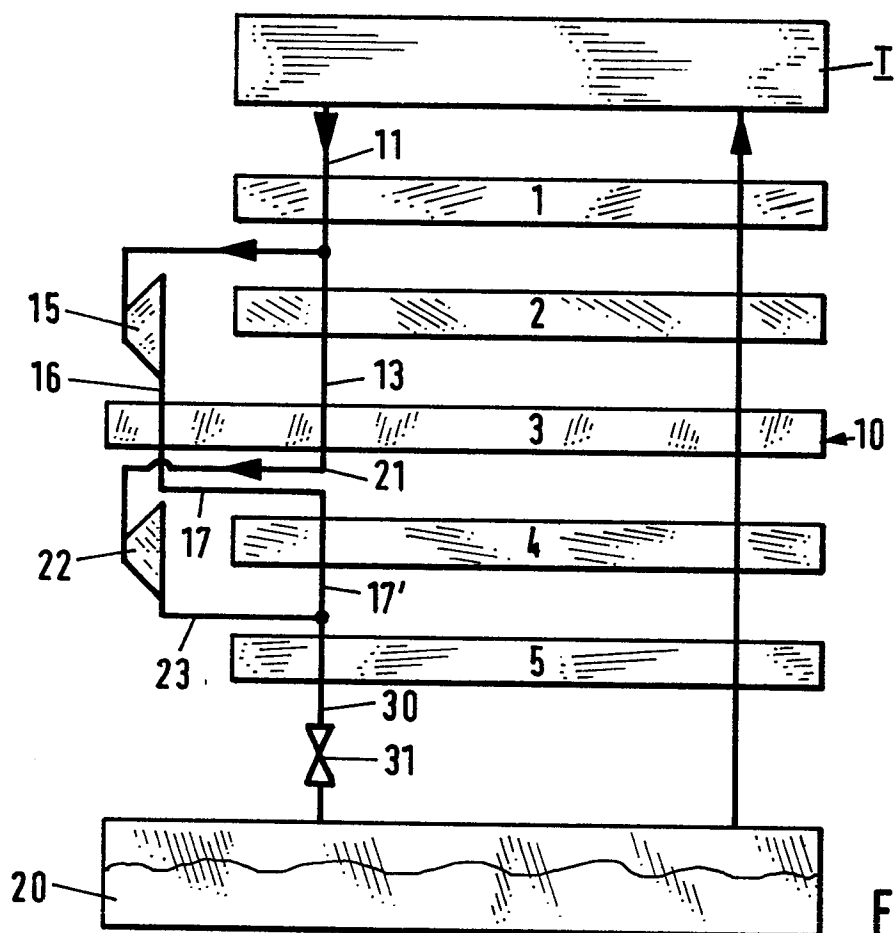


FIG. 2

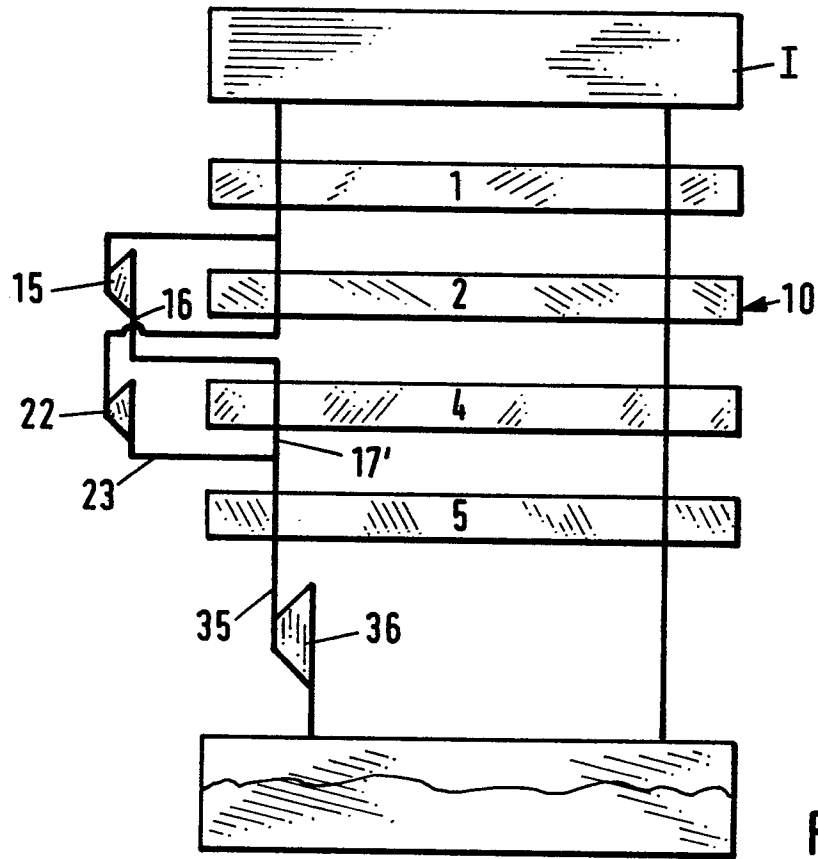


FIG. 3

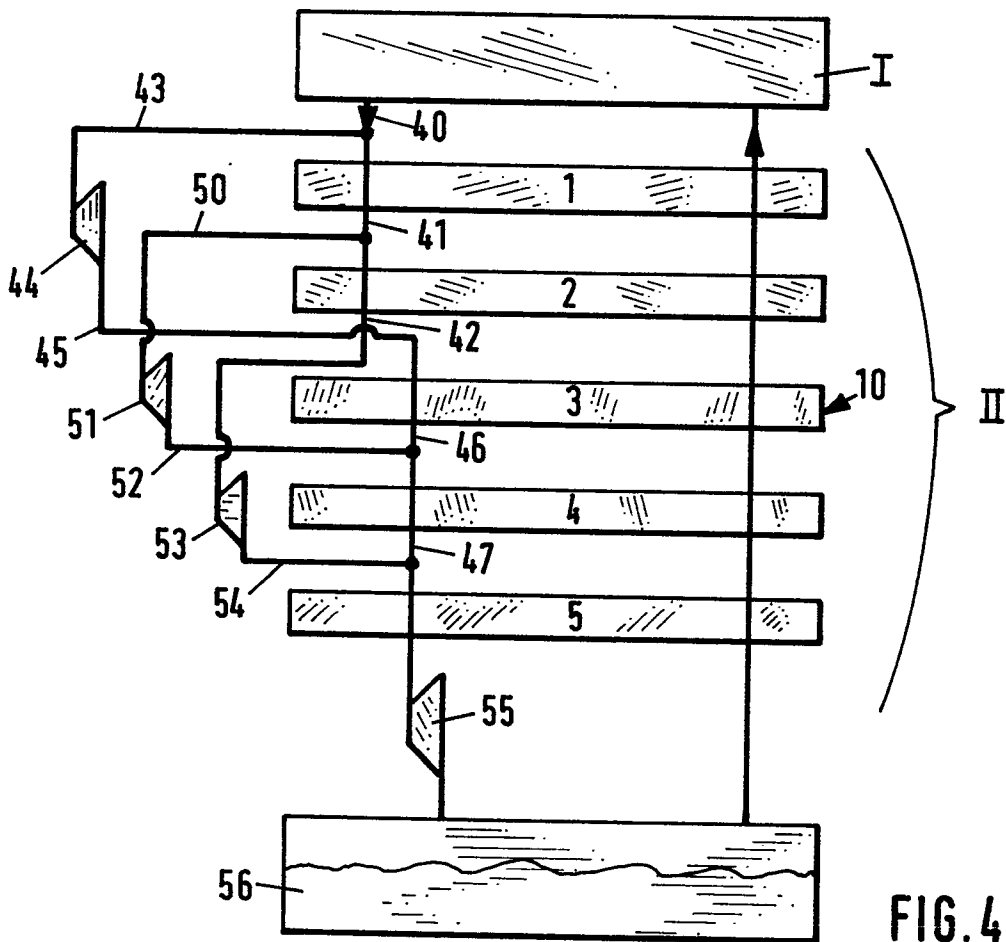


FIG. 4