



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 656 549 A5

⑤① Int. Cl. 4: B 01 D 5/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 6581/81

⑫② Anmeldungsdatum: 14.10.1981

⑫③ Priorität(en): 14.10.1980 DE 3038790
14.10.1980 DE 3038792

⑫④ Patent erteilt: 15.07.1986

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.07.1986

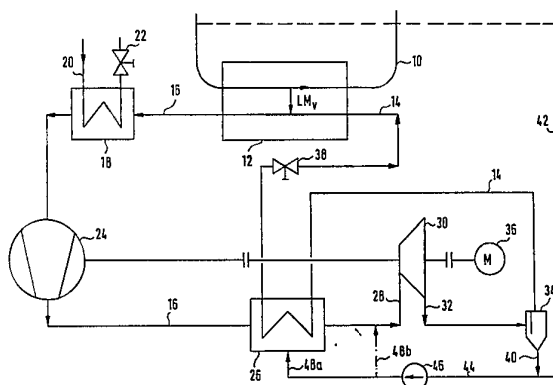
⑫⑦ Inhaber:
Lohmann GmbH & Co. KG, Neuwied 12 (DE)

⑫⑦② Erfinder:
Barth, Peter, Dr., Neuwied 12 (DE)
Blaudszun, Bernd, Dipl.-Ing., Steinkirchen b.
Stade (DE)

⑫⑦④ Vertreter:
E. Blum & Co., Zürich

⑫④ **Verfahren und Anlage zur Rückgewinnung von Lösungsmitteln.**

⑫⑤ Ein in einem Verdampfungsraum (12) mit Lösungsmitteldämpfen beladener warmer Trägergasstrom (14) wird zum Auskondensieren der Lösungsmitteldämpfe und zum Abscheiden der Lösungsmittel verdichtet, abgekühlt und mit Hilfe einer Entspannungsmaschine (30) unter Arbeitsleistung entspannt, worauf der an Lösungsmitteldämpfen arme Trägergasstrom (32) nach erneuter Erwärmung in den Verdampfungsraum (12) zurückgeleitet wird. Die durch die Entspannungsmaschine (30) geleistete Arbeit wird in mechanischer Kopplung zum Verdichten des mit den Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes verwendet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Rückgewinnung von Lösungsmitteln, wobei ein in einem Verdampfungsraum mit Lösungsmitteldämpfen beladener warmer Trägergasstrom zum Auskondensieren der Lösungsmitteldämpfe und zum Abscheiden der Lösungsmittel verdichtet, abgekühlt und unter Arbeitsleistung entspannt wird, worauf der an Lösungsmitteldämpfen arme Trägergasstrom nach erneuter Erwärmung in den Verdampfungsraum zurückgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass man die bei der Entspannung anfallende Arbeitsleistung in mechanischer Kopplung zum Verdichten des mit den Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes verwendet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die bei der Entspannung anfallende Arbeitsleistung in mechanischer Kopplung mit zusätzlich von aussen zugeführter Arbeit auf eine Kompressionsstufe überträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die gesamte, beim Entspannen anfallende Arbeitsleistung in direkter mechanischer Kopplung auf eine von zwei oder mehreren Kompressionsstufen zum Verdichten des mit den Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes überträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass man die zweite bzw. die weiteren Kompressionsstufen gesondert durch von aussen zugeführte Arbeit betreibt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man als Trägergas ein Inertgas oder ein Gas mit einem unterhalb der Entzündungsgrenze der Lösungsmitteldämpfe liegenden Sauerstoffgehalt verwendet.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man die Temperatur des mit den Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes vor, zwischen und/oder nach den einzelnen Kompressionsstufen durch indirekten Wärmeaustausch mit einem externen Kühlmedium einstellt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass man in den abgekühlten Trägergasstrom vor dem Entspannen ein wasserlösliches Lösungsmittel in flüssiger Form einspritzt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass man zum Einspritzen in den abgekühlten Trägergasstrom einen Teil des auskondensierten und abgeschiedenen Lösungsmittels verwendet.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man einen Teil der Lösungsmitteldämpfe vor der Entspannung aus dem abgekühlten Trägergasstrom auskondensiert und abscheidet.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass man den unter Arbeitsleistung nur teilweise entspannten Trägergasstrom nochmals ohne Arbeitsleistung entspannt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass man den ohne Arbeitsleistung entspannten Trägergasstrom in indirektem Wärmeaustausch als Kühlgas für den unter Arbeitsleistung entspannten Trägergasstrom verwendet.

12. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der in einen Trägergaskreislauf ein Verdampfungsraum, in welchem der erwärmte Trägergasstrom mit Lösungsmitteldämpfen beladen wird, ein Verdichter, eine Kühleinrichtung zum Auskondensieren der Lösungsmitteldämpfe aus dem Trägergasstrom, eine Entspannungsmaschine, ein Lösungsmittelabscheider und eine Einrichtung zum Wiedererwärmen des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes eingeschaltet sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter (24) mechanisch mit der Entspannungsmaschine (30) gekoppelt ist und dass die Kühl-

einrichtung sowie die Einrichtung zum Wiedererwärmen mindestens einen von dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom durchströmten Wärmeaustauscher (26 bzw. 26a und 26b) darstellt.

13. Anlage nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Entspannungsmaschine (30) zusammen mit einer zusätzlichen äusseren Arbeitsmaschine (36) mechanisch mit dem Verdichter (24) gekoppelt ist.

14. Anlage nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Entspannungsmaschine (30) direkt mit einem von zwei oder mehreren Verdichtern (23 bzw. 24) mechanisch gekoppelt ist.

15. Anlage nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite bzw. die weiteren Verdichter mit äusseren Arbeitsmaschinen (36) mechanisch gekoppelt sind.

16. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Entspannungsmaschine (30) eine Entspannungsturbine und die zusätzliche Arbeitsmaschine (36) einen Elektromotor darstellt.

17. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Verdampfungsraum (12) und dem ersten Verdichter (23), zwischen dem ersten und dem zweiten bzw. dem jeweils folgenden Verdichter und/oder zwischen dem letzten Verdichter (24) und der Entspannungsmaschine (30) ein indirekter Kühler (18 bzw. 25) zur Regelung der Temperatur des mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes eingeschaltet ist.

18. Anlage nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass dem zwischen dem letzten Verdichter (24) und der Entspannungsmaschine (30) angeordneten indirekten Kühler (25) ein Wärmeaustauscher (26a) vorgeschaltet und ein Wärmeaustauscher (26b) nachgeschaltet ist.

19. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Wärmeaustauscher (26) und Entspannungsmaschine (30) Einrichtungen (48b) zum Einspritzen eines flüssigen wasserlöslichen Lösungsmittels in den Trägergasstrom vorgesehen sind.

20. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Wärmeaustauscher (26) und Entspannungsmaschine (30) ein weiterer Lösungsmittelabscheider (50) vorgesehen ist.

21. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Verdampfungsraum (12) ein Entspannungsventil (38) vorgesehen ist.

22. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Entspannungsmaschine (30) und erstem Lösungsmittelabscheider (34) ein weiterer, von dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom durchströmter Wärmeaustauscher (52) eingeschaltet ist und das Entspannungsventil (38) nach diesem Wärmeaustauscher angeordnet ist und nach dem Entspannungsventil (38) ein Lösungsmittelabscheider (51) vorgesehen ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Rückgewinnung von Lösungsmitteln.

Bei den bekannten Verfahren und Anlagen, die beispielsweise in «Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie», Bd. 1 (1951), Seite 338 beschrieben sind, wird ein in einem Verdampfungsraum mit Lösungsmitteldämpfen beladener Trägergasstrom zum Auskondensieren der Lösungsmitteldämpfe und zur Abscheidung der Lösungsmittel abgekühlt, worauf der an Lösungsmitteldämpfen arme Trägergasstrom nach erneuter Erwärmung in den Verdampfungsraum zurückgeleitet wird. Die Lösungsmitteldämpfe werden hierbei

nicht vollständig aus dem Trägergasstrom auskondensiert; es verbleibt im Trägergasstrom noch eine gewisse Restmenge an Lösungsmitteldampf, die dem Dampfdruck des Lösungsmittels bei der Temperatur des Kühlmittels entspricht. Um Lösungsmittelverluste zu vermeiden, führt man den Trägergasstrom daher im Kreislauf. Die Aufnahmefähigkeit des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes für Lösungsmitteldämpfe wird hierdurch zwar etwas herabgesetzt, was jedoch für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ohne Belang ist.

Das Verfahren eignet sich ganz allgemein zur Trennung von flüchtigen Lösungsmitteln von unverdampfbaren Substraten.

Ein Anwendungsgebiet ist die Entfernung von Lösungsmittelresten aus chemischen Substanzen, die unter Verwendung von Lösungsmitteln hergestellt oder gereinigt wurden. Weitere Anwendungsgebiete liegen auf dem Farben- und Lacksektor, auf dem Sektor der chemischen Reinigung von Textilien, auf dem Film- und Foliensektor, dem Kautschukverarbeitungssektor und dem Klebstoff- und Klebmaterialiensektor.

Bei den bekannten Anlagen sind im allgemeinen getrennte Kühleinrichtungen zum Auskondensieren der Lösungsmitteldämpfe und Einrichtungen zum Wiedererwärmen des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes vorgesehen, wodurch einerseits beträchtliche Mengen an Kühlmedium benötigt werden und andererseits ein hoher Energiebedarf erforderlich ist, um das an Lösungsmitteldämpfen arme Trägermedium wieder zu erwärmen. Diese Wiedererwärmung des Trägergasstromes ist notwendig, damit sich dieser im Verdampfungsraum schnell wieder mit einer ausreichenden Menge Lösungsmitteldampf beladen kann, d. h. dass das Substrat schneller getrocknet wird.

Man könnte nun versuchen, eine Energieeinsparung dadurch zu erreichen, dass man das Kühlmedium, das sich beim Durchlaufen der Kühleinrichtung erwärmt hat, zum Wiedererwärmen des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes zu verwenden, d. h. das Kühlmittel im Gegenstrom zum Trägergasstrom zu führen. Es ist jedoch ohne weiteres einzusehen, dass man auf diese Weise dem Trägergasstrom nur einen geringen Bruchteil der Wärme wieder zuführen kann, die man ihm zuvor in der Kühleinrichtung entzogen hat. Wegen der verhältnismässig geringen Temperaturunterschiede zwischen Trägergas und Kühlmedium müssen die Kühleinrichtung und die Einrichtung zum Wiedererwärmen des Trägergasstromes mit grossen Wärmeaustauschflächen versehen werden.

Das Verfahren ist also nicht nur wegen seines hohen Energie- und Kühlmittelverbrauches, sondern auch wegen seines hohen apparativen Aufwandes nachteilig.

Aus der DE-PS 27 25 252 ist ferner eine Anlage zur Lösungsmittelrückgewinnung aus einem mit Lösungsmitteldämpfen beladenen warmen Trägergasstrom bekannt, bei der dieser zum Auskondensieren der Lösungsmitteldämpfe und zum Abscheiden der Lösungsmittel verdichtet, abgekühlt und unter Arbeitsleistung entspannt wird, wobei der an Lösungsmitteldämpfen arme Trägergasstrom nach erneuter Erwärmung in dem Verdampfungsraum zurückgeleitet wird.

Die Rückleitung dieses Trägergasstromes erfolgt jedoch im Gemisch mit einem dem Verdampfungsraum entnommenen, mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstrom. Dieser wird, nachdem er in indirekten Wärmeaustausch mit dem verdichteten Trägergasstrom erwärmt wurde, in einer Leistungsschleife zusammen mit dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom in den Verdampfungsraum zurückgeleitet. Es soll damit eine bessere Wärmeregulierung bezweckt werden, wobei allerdings der Nachteil in Kauf ge-

nommen wird, dass der in den Verdampfungsraum zurückgeleitete Trägergasstrom einen verhältnismässig hohen Gehalt an Lösungsmitteldämpfen hat. Auf diese Weise wird der Trocknungseffekt im Verdampfungsraum herabgesetzt. Ferner ist in der DE-PS 27 25 252 angegeben, dass die bei der Entspannung in einer Expansionsturbine freiwerdende Arbeit zurückgewonnen werden kann. Es fehlt jedoch ein Hinweis darüber, wo diese Arbeit nutzbringend eingesetzt werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bzw. eine Anlage der vorstehend bezeichneten Art dahingehend zu verbessern, dass bei geringem apparativem Aufwand einerseits die bei der Entspannung des verdichteten, mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes anfallende Arbeitsleistung nutzbringend verwertet wird und der in dem Verdampfungsraum zurückgeleitete Trägergasstrom möglichst arm an Lösungsmitteldämpfen ist.

Gegenstand der Erfindung ist somit ein Verfahren zur Rückgewinnung von Lösungsmitteln gemäss Anspruch 1.

Hierbei geht man vorzugsweise so vor, dass man die gesamte, beim Entspannen anfallende Arbeitsleistung in direkter mechanischer Kopplung auf eine von zwei oder mehreren Kompressionsstufen zum Verdichten des mit den Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes überträgt.

Gegenstand der Erfindung ist weiterhin eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens, bei der in einen Trägergasstrom ein Verdampfungsraum, in welchem der erwärmte Trägergasstrom mit Lösungsmitteldämpfen beladen wird, ein Verdichter, eine Kühleinrichtung zum Auskondensieren der Lösungsmitteldämpfe aus dem Trägergasstrom, eine Entspannungsmaschine, ein Lösungsmittelabscheider und eine Einrichtung zum Wiedererwärmen des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes eingeschaltet sind; diese Anlage ist dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter mechanisch mit der Entspannungsmaschine gekoppelt ist und dass die Kühleinrichtung sowie die Einrichtung zum Wiedererwärmen mindestens einen von dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom durchströmten Wärmeaustauscher darstellt.

Vorzugsweise ist die Entspannungsmaschine direkt mit einem von zwei oder mehreren Verdichtern mechanisch gekoppelt.

Bei der erfindungsgemässen Anlage nimmt der im Kreislauf geführte Trägerstrom im Verdampfungsraum (gewöhnlich einem Trockner) das verdampfte Lösungsmittel in hoher Konzentration auf, das ihm in der Kühleinrichtung durch Abkühlen und Auskondensieren wieder entzogen wird. Während bei dem bekannten Verfahren der mit den Lösungsmitteldämpfen beladene Trägergasstrom zwar verdichtet und nach dem Abkühlen unter Arbeitsleistung entspannt wird, wird die Entspannungsarbeit nicht als Verdichtungsarbeit im System ausgenutzt, während dies erfindungsgemäss der Fall ist. Auf der Kompressionsstufe bzw. auf der einen Kompressionsstufe ist also nur die Differenz der Verdichtungs- und Entspannungsarbeiten von aussen, d. h. mit Hilfe einer zusätzlichen äusseren Arbeitsmaschine, zuzuführen, die entweder zusammen mit der Entspannungsmaschine mit dem Verdichter oder mit dem einen Verdichter direkt mechanisch gekoppelt ist. Diese Differenz deckt den Arbeitsaufwand, der zur Trennung des Lösungsmitteldampfes vom Trägergasstrom sowie zum Überwinden der Verluste (Reibung, Abgabe von Kälte an die Umgebung) notwendig ist.

Durch die Verdichtung wird die Teilchendichte im Gemisch aus Trägergasstrom und Lösungsmitteldämpfen erhöht. Dadurch wird der Wirkungsgrad des Wärmeaustausches erhöht. Infolge des verminderten Gasvolumens können der Wärmeaustauscher und die anderen, unter Druck ste-

henden Anlageteile kompakt gehalten werden. Bei der Verdichtung und Entspannung findet schliesslich keine chemische, insbesondere oxidative Beeinflussung der Lösungsmitteldämpfe statt, im Gegensatz zu Rückgewinnungsverfahren, bei denen Adsorptionsmittel, wie Aktivkohle verwendet werden. Derartige Adsorptionsmittel können manchmal unter Bildung von schädlichen Zersetzungsprodukten auf die Lösungsmitteldämpfe einwirken. Da der Trägergasstrom ständig umgewälzt wird, würden sich diese Zersetzungsprodukte anreichern und in unerwünschter Weise mit den zu trocknenden Produkten bzw. mit den Anlageteilen reagieren. Ein bekannter Fall ist die Zersetzung von Chlorkohlenwasserstoffen an Aktivkohle in Gegenwart von Wasserdampf, wobei Chlorwasserstoff gebildet wird.

Bei der Ausführungsform mit zwei bzw. mit weiteren Kompressionsstufen werden diese vorzugsweise gesondert durch von aussen zugeführte Arbeit betrieben, d. h. der zweite bzw. die weiteren Verdichter sind mit äusseren Arbeitsmaschinen mechanisch gekoppelt. Diese Anordnung gestattet eine bessere Steuerung des Verdichtungsprozesses, u. a. eine bessere Einstellung des gewünschten Enddruckes. Ferner können die Abmessungen des zwischen der Arbeitsmaschine und den Verdichter erforderlichen Getriebes gering gehalten werden.

Als Entspannungsmaschine wird vorzugsweise eine Entspannungsturbine verwendet, da diese einen höheren Wirkungsgrad hat und auch leichter mit dem bzw. mit dem einen Verdichter gekoppelt werden kann als beispielsweise eine Kolbenmaschine. Die zusätzliche Arbeitsmaschine stellt vorzugsweise einen Elektromotor dar.

Das erfindungsgemässe Verfahren kann beispielsweise bei der Herstellung von flächigem Klebmaterial angewendet werden, wobei ein Klebstoff auf Papier- oder Textilbahnen oder -bänder aufgetragen wird. Derartige Bänder können beispielsweise als technische Klebebänder oder als Bänder bzw. Bahnen für medizinische Zwecke (z. B. Heftpflaster) verwendet werden. Zum Aufbringen des Klebstoffes auf die Papier- oder Textilbahn wird dieser mit Hilfe von flüssigen Lösungsmitteln in einen fließfähigen Zustand gebracht, so dass er sich in hinreichend dünnen und gleichmässigen Schichten aufbringen lässt. Beim Trocknen verdampft das Lösungsmittel. Hierzu verbleibt das Produkt während einer durch die Flüchtigkeit und die Menge des Lösungsmittels bestimmten Zeit in einem Verdampfungsraum in Kontakt mit dem Trägergas, das die Lösungsmitteldämpfe aufnimmt.

Die nachstehend angegebenen Ausführungsbeispiele beziehen sich auf Anlagen für diesen speziellen Verwendungszweck. Die Erfindung ist aber auch auf den anderen, eingangs erwähnten Anwendungsgebieten mit Erfolg anwendbar.

Als Lösungsmittel für Klebstoffe sowie für viele andere Anwendungszwecke werden in der Regel Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemische verwendet, deren Dämpfe entzündlich sind. Zur Rückgewinnung derartiger Lösungsmitteldämpfe verwendet man daher erfindungsgemäss ein Trägergas mit einem unterhalb der Entzündungsgrenze liegenden Sauerstoffgehalt. Zu diesem Zweck kann man beispielsweise von vornherein Inertgase, wie Stickstoff oder Kohlendioxid, verwenden; man kann aber auch den Sauerstoffgehalt von Luft durch Zumischen eines Inertgases soweit herabsetzen, dass die Entzündungsgrenze nicht mehr erreicht wird. In gewissen Fällen ist es auch möglich, Verbrennungsabgase mit einem niedrigeren Sauerstoffgehalt zu verwenden.

Die Entzündbarkeit der Lösungsmitteldämpfe ist aber nicht nur eine Funktion des Sauerstoffgehalts im Trägergas, sondern hängt auch von der Konzentration und der Art des Lösungsmitteldampfes ab. So ist beispielsweise die Entzündungsgefahr bei niedrigsiedenden Kohlenwasserstoffen und

Äthern grösser als bei Halogenkohlenwasserstoffen. Die Entzündungseigenschaften verschiedener Lösungsmitteldämpfe sind aber bekannt, und es können die zulässigen Lösungsmitteldampfkonzentrationen und Sauerstoffgehalte aus der Literatur entnommen bzw. durch einfache Versuche festgestellt werden.

Die Verwendung eines inerten bzw. sauerstoffarmen Trägergasstromes bietet den Vorteil, dass der Trägergasstrom eine grosse Menge Lösungsmitteldämpfe aufnehmen kann, ohne dass die Gefahr einer Explosion auftritt. Auf diese Weise kann die umzuwäzende Trägergasmenge niedrig gehalten werden, so dass die zum Abkühlen bzw. Wiedererwärmen des Trägergases erforderliche Energiemenge reduziert werden kann.

Das Verfahren gemäss der Erfindung ist nicht auf die Rückgewinnung von organischen Lösungsmitteln beschränkt; es können auch anorganische Lösungsmittel, wie Ammoniak und Schwefeldioxid, verwendet werden, desgleichen Lösungsmittel, die zwischen den anorganischen und den organischen Lösungsmitteln stehen, wie Schwefelkohlenstoff oder Tetrachlorkohlenstoff. Da diese Lösungsmittel (ausgenommen Schwefelkohlenstoff) unbrennbar sind, ist die Einhaltung einer bestimmten Sauerstoffkonzentration im Trägergas in diesen Fällen nicht erforderlich, d. h. man kann im einfachsten Fall Luft als Trägergas verwenden.

Eine Steuerung des erfindungsgemässen Verfahrens, u. a. auch im Hinblick auf die Anpassung der Anlage an unterschiedliche Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemische, ist auf verschiedene Weise möglich. Beispielsweise kann die Geschwindigkeit des durch den Verdampfungsraum bewegten, zu trocknenden Materials variiert werden. Die wichtigste Steuerungsmöglichkeit besteht darin, die Geschwindigkeit des Trägergasstromes zu variieren. Zu diesem Zweck kann die Drehzahl des Antriebsmotors des bzw. der Verdichter variiert werden. Ferner kann zu diesem Zweck eine Bypass-Regelung des Verdichters vorgenommen werden.

Eine besonders einfache Möglichkeit, die Temperatur des mit den Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes zu regeln, besteht darin, dass man diesen vor, zwischen und/oder nach den einzelnen Kompressionsstufen in einen indirekten Wärmeaustausch mit einem Kühlmedium bringt. Zu diesem Zweck kann man zwischen dem Verdampfungsraum und dem Verdichter bzw. dem ersten Verdichter, zwischen dem ersten und dem zweiten bzw. den jeweils folgenden Verdichtern und/oder zwischen dem Verdichter bzw. dem letzten Verdichter und der Entspannungsmaschine einen indirekten Kühler einschalten. Durch Regelung des Kühlmittelstromes im Kühler bzw. in den Kühlern kann die Eintrittstemperatur des mit den Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes in den Verdichter bzw. in den ersten bzw. die folgenden Verdichter und/oder in die Entspannungsmaschine bzw. die Eintrittstemperatur des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes in den Verdampfungsraum den jeweiligen Erfordernissen auf einfache Weise angepasst werden.

Durch die Einschaltung eines zusätzlichen indirekten Kühlers zwischen dem Verdichter bzw. dem letzten Verdichter und der Entspannungsmaschine kann erreicht werden, dass der an Lösungsmitteldämpfen arme Trägergasstrom mit einer niedrigeren und besser einstellbaren Eingangstemperatur in den Verdampfungsraum eintritt.

Der zusätzliche Kühler wird in der Regel dem von dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom durchströmten Wärmeaustauscher vorgeschaltet. Vorzugsweise kann dieser Kühler jedoch einem Wärmeaustauscher («warmer» Wärmeaustauscher) vorgeschaltet und einem Wärmeaustauscher («kalter» Wärmeaustauscher) nachgeschaltet

sein. Auf diese Weise gelangt ein Trägergasstrom mit niedrigerer Temperatur in den Verdampfungsraum.

Wenn der mit den Lösungsmitteldämpfen beladene Trägergasstrom nach dem Austritt aus dem Verdichter bzw. aus dem letzten Verdichter in der Kühleinrichtung abgekühlt wird, kann bereits ein Teil der Lösungsmitteldämpfe auskondensieren, was u. a. von der Temperatur des als Kühlmittel verwendeten, an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes abhängt. Es besteht beispielsweise die Möglichkeit, dass sich Wasser abscheidet, da sein Siedepunkt höher ist als der vieler organischer Lösungsmittel. Obwohl Wasser in den Lösungsmittelgemischen für die üblichen selbstklebenden Klebstoffe nicht verwendet wird, wird es dennoch in das System eingeschleppt, da es an den Papier- bzw. Textilbahnen adsorbiert ist, die als Unterlagen für das Klebmateriale verwendet werden. Es kann in einigen Fällen sogar vorkommen, dass das Wasser im kalten Teil des Wärmeaustauschers bzw. in der Entspannungsmaschine ausfriert und dabei die Strömungsquerschnitte verstopft bzw. die beweglichen Teile der Entspannungsmaschine beschädigt.

Um dieser Gefahr zu begegnen, wird vorgeschlagen, dass man in den abgekühlten Trägergasstrom vor dem Entspannen ein wasserlösliches Lösungsmittel in flüssiger Form einspritzt. Wenn das Lösungsmittel im Wasser gelöst ist, ergibt sich eine Lösung mit einem niedrigeren Gefrierpunkt als Wasser, die flüssig bleibt.

Wenn das kalte Lösungsmittel nicht in Wasser löslich ist, schlägt sich das Wasser an der Oberfläche der kalten Lösungsmitteltröpfchen nieder, und kann sich somit nicht an den festen Begrenzungen der Strömungswege abscheiden.

Diese Massnahme wird apparativ so durchgeführt, dass zwischen Wärmeaustauscher und Entspannungsmaschine Einrichtungen zum Einspritzen des flüssigen Lösungsmittels in den Trägergasstrom vorgesehen sind.

Am zweckmässigsten verwendet man zum Einspritzen in den abgekühlten Trägergasstrom einen Teil des auskondensierten und im Lösungsmittelabscheider abgeschiedenen wasserlöslichen Lösungsmittels.

Wenn man den Weg der Einspritzung eines flüssigen Lösungsmittels nicht gehen will bzw. wenn die Gefahr besteht, dass die auskondensierte Flüssigkeit die beweglichen Teile der Entspannungsmaschine, z. B. die Beschaukelung der Entspannungsturbine, beschädigt, so kann man einen Teil der Lösungsmitteldämpfe vor der Entspannung aus dem abgekühlten Trägergasstrom auskondensieren und abscheiden. Zu diesem Zweck kann man zwischen dem Wärmeaustauscher und der Entspannungsmaschine einen weiteren Lösungsmittelabscheider vorsehen.

Eine weitere Möglichkeit, die Temperatur des Trägergasstromes zu regeln, besteht darin, dass man den unter Arbeitsleistung nur teilweise entspannten Trägergasstrom nochmals ohne Arbeitsleistung entspannt; zu diesem Zweck kann man vor dem Verdampfungsraum ein Entspannungsventil vorsehen. Dieses Entspannungsventil kann entweder vor oder nach dem vor dem Verdampfungsraum angeordneten Wärmeaustauscher vorgesehen sein. Mit Hilfe dieses Entspannungsventils kann beispielsweise auch eine Regelung in dem Sinn erfolgen, dass eine Vereisung in den Rohrleitungen zu der Entspannungsmaschine bzw. in der Entspannungsmaschine selbst verhindert wird.

Beim Durchgang durch das Entspannungsventil findet eine geringe weitere Abkühlung des Trägergasstromes statt, die in diesem Fall ohne Arbeitsleistung erfolgt. Der so entspannte Trägergasstrom kann nun, gegebenenfalls nach Abscheidung des auskondensierten Lösungsmittels, in indirektem Wärmeaustausch als Kühlgas für den unter Arbeitsleistung entspannten Trägergasstrom verwendet werden. Zu diesem Zweck kann zwischen der Entspannungsmaschine

und dem ersten Lösungsmittelabscheider ein weiterer, von dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom durchströmter Wärmeaustauscher eingeschaltet sein, und das Entspannungsventil nach diesem Wärmeaustauscher angeordnet und nach dem Entspannungsventil ein Lösungsmittelabscheider vorgesehen sein.

Einige Ausführungsformen der erfindungsgemässen Anlage sind in der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Anlage mit nur einem Lösungsmittelabscheider und einem Kühler;

Fig. 2 eine Anlage mit einem Kühler und drei Lösungsmittelabscheidern und einem zusätzlichen Wärmeaustauscher nach der Entspannungsmaschine;

Fig. 3 eine Anlage mit einem zusätzlichen Kühler zwischen Verdichter und Entspannungsmaschine, wobei diesem Kühler ein Wärmeaustauscher vorgeschaltet und ein Wärmeaustauscher nachgeschaltet ist;

Fig. 4 eine Anlage mit einem zusätzlichen Kühler zwischen Verdichter und Entspannungsmaschine, wobei diesem Kühler nur ein Wärmeaustauscher nachgeschaltet ist;

Fig. 5 eine Anlage, bei der die Entspannungsmaschine direkt mit dem zweiten Verdichter gekoppelt ist, während der erste Verdichter mit einem äusseren Antriebsmotor gekoppelt ist;

Fig. 6 eine Anlage, bei der die Entspannungsmaschine direkt mit dem ersten Verdichter gekoppelt ist, während der zweite Verdichter mit einem äusseren Antriebsmotor gekoppelt ist.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ist mit 10 eine Papier- oder Textilbahn angedeutet, die mit einem in einem Lösungsmittel gelösten Klebeüberzug versehen ist. Diese Bahn bewegt sich (mit Hilfe nicht dargestellter Antriebsmittel) in Pfeilrichtung durch den schematisch dargestellten Verdampfungsraum 12. Dieser ist weitgehend eingekapselt, so dass keine Lösungsmitteldämpfe in die Atmosphäre austreten können.

In den Verdampfungsraum wird im Gegenstrom zur Papier- oder Textilbahn ein warmer, an Lösungsmitteldämpfen armer Trägergasstrom 14 eingeleitet, z. B. ein Stickstoffstrom. Die Erwärmung dieses Trägergasstromes erfolgt in der nachstehend angegebenen Weise.

Der warme Trägergasstrom 14 durchströmt den Verdampfungsraum 12 in Gegenrichtung zur Papier- oder Textilbahn 10, wobei es diese soweit erwärmt, dass das in der Klebstofflösung enthaltene Lösungsmittel verdampft (in der Zeichnung durch LM_v angedeutet). Der Trägergasstrom belädt sich hierbei mit Lösungsmitteldämpfen, wobei er sich infolge der Verdampfungswärme des Lösungsmittels abkühlt. Bei Verwendung von n-Hexan als Lösungsmittel beträgt die Eintrittstemperatur des Gasstromes in den Verdampfungsraum 12 beispielsweise 140°C, und die Austrittstemperatur etwa 100°C. Der austretende, mit Lösungsmitteldämpfen beladene Trägergasstrom 16 tritt nun in einen Kühler 18 ein, der in indirektem Wärmeaustausch von einem Kühlmittel 20 durchströmt ist. Die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels und damit die Temperatur des mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes 16 kann mit Hilfe eines Drosselventils 22 geregelt werden. Im angenommenen Beispiel wird das Drosselventil 22 so eingestellt, dass der aus dem Kühler 18 austretende Trägergasstrom eine Temperatur von etwa 34°C hat, während das Kühlmittel 20 von etwa 12 auf etwa 65°C erwärmt wird.

Zur weiteren Steuerung der Temperatur dieses Trägergasstromes kann ein Entspannungsventil 38 vorgesehen sein. Wenn der Trägergasstrom durch dieses Ventil hindurchtritt, findet eine weitere Abkühlung ohne Arbeitsleistung statt. Die Temperatur des Systems kann also nicht nur durch das Drosselventil 22, sondern auch durch das Entspannungsven-

til 38 auf einfache Weise geregelt werden. Man kann mit diesen beiden Ventilen ohne Einschaltung weiterer Regeleinrichtungen das System den unterschiedlichsten Lösungsmittelkombinationen anpassen. Die am Entspannungsventil 38 auftretende Abkühlung des Trägergasstromes wird bei der Alternative von Fig. 2 zur Kühlung des Trägergasstromes nach der Entspannungsturbine 30 verwendet, worauf nachstehend noch näher eingegangen wird.

Der abgekühlte Trägergasstrom tritt nun in den Verdichter 24 ein, in welchem er unter Temperaturerhöhung auf etwa 140° um einen Faktor von etwa 2,5 verdichtet wird. Nach dem Verdichter tritt der Trägergasstrom 16 in den Wärmeaustauscher 26 ein, in welchem er in indirektem Wärmeaustausch mit dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom 14 abgekühlt wird (im Beispiel auf etwa -10°). Im Wärmeaustauscher 26 kondensiert bereits ein Teil der Lösungsmitteldämpfe aus, und das mit 28 bezeichnete Gemisch aus teilweise mit Lösungsmitteldämpfen beladenem Trägergasstrom, flüssigen Lösungsmittelteilchen und gegebenenfalls Eisteilchen kann in die als Expansionsturbine ausgebildete Entspannungsmaschine 30 geleitet werden. Zweckmässig schaltet man jedoch einen Vorabscheider vor (nicht dargestellt; ähnlich dem Abscheider 34), um die flüssigen und festen Teilchen zu entfernen. In der Entspannungsturbine 30 findet infolge der geleisteten Arbeit eine weitere Abkühlung des Trägergasstromes statt, und das mit 32 bezeichnete Gemisch aus an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom, flüssigen Lösungsmittelteilchen und gegebenenfalls Eisteilchen gelangt in den Lösungsmittelabscheider 34, in welchem das Gemisch 32 aufgetrennt wird.

Der Verdichter 24 und die Entspannungsturbine 30 befinden sich zweckmässig auf einer gemeinsamen Welle, die von einem Motor 36 angetrieben wird. Die in der Entspannungsturbine 30 gewonnene Arbeit kann also praktisch ohne Verluste zur Verdichtung des mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes 16 im Verdichter 24 ausgenützt werden. Der Motor 36 ist die einzige Energiequelle des Systems. Der aus dem Lösungsmittelabscheider 34 austretende, an Lösungsmitteldämpfen arme Trägergasstrom 14 hat in dem angenommenen Ausführungsbeispiel eine Temperatur von etwa -40°C und durchströmt den Wärmeaustauscher 26 im indirekten Wärmeaustausch zu dem mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstrom 16. Hierbei wird ersterer auf etwa 140°C erwärmt, d.h. auf eine Temperatur, die zum Verdampfen des Lösungsmittels im Verdampfungsraum 12 erforderlich ist.

Im Lösungsmittelabscheider 34 erfolgt, wie vorstehend gesagt, die Auftrennung des Gemisches in einen an Lösungsmittel armen Trägergasstrom 14 und flüssiges Lösungsmittel (gegebenenfalls im Gemisch mit festen Eisteilchen). Das flüssige Lösungsmittel wird durch die Leitung 40 abgezogen. Der Hauptteil des flüssigen Lösungsmittels wird zur Herstellung der Klebstofflösung verwendet. Zu diesem Zweck kann es erforderlich sein, das Wasser aus dem Lösungsmittel abzutrennen bzw. das Verhältnis zwischen den einzelnen Lösungsmittelkomponenten wieder auf das Ausgangsverhältnis einzustellen. Im allgemeinen bleibt jedoch, nachdem sich ein stabiler Betriebszustand eingestellt hat, das Verhältnis zwischen den Lösungsmittelkomponenten konstant, da der Verdampfungsraum 12 soweit abgedichtet ist, dass während des Betriebs keine Lösungsmitteldämpfe entweichen. Die Rückführung der Hauptmenge des wiedergewonnenen Lösungsmittels ist durch die gestrichelte Linie 42 angedeutet.

Ein kleinerer Teil des wiedergewonnenen Lösungsmittels wird über die Leitung 44 zu einer Pumpe 46 geführt und mit Hilfe dieser Pumpe in den Wärmeaustauscher 26 und/oder in das Gemisch 28 vor der Expansionsmaschine 30 eingespritzt. Wie bereits vorstehend erwähnt, soll mit Hilfe dieses Lö-

sungsmittelanteils eine Vereisung des Wärmeaustauschers 26, der Entspannungsmaschine 30 und der Verbindungsleitung 28 dadurch verhindert werden, dass das Lösungsmittel mit dem Wasser ein niedrigschmelzendes Gemisch bildet bzw. eine Abscheidung von Eis auf den kalten Lösungsmitteltröpfchen erfolgt. Die Lösungsmittelleitungen sind mit 48a bzw. 48b bezeichnet.

Die Ausführungsform nach Fig. 2 entspricht hinsichtlich der Reihenfolge der Einzelkomponenten bis zum Wärmeaustauscher 26 der Alternative von Fig. 1. Nach dem Wärmeaustauscher 26 ist jedoch ein weiterer Lösungsmittelabscheider 50 vor der Expansionsturbine 30 vorgesehen. Dieser Lösungsmittelabscheider dient in erster Linie zur Abscheidung des Wassers und der höhersiedenden Bestandteile des Lösungsmittelgemisches. Nach dem Passieren der Entspannungsturbine 30 wird das Gemisch 32 aus dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergas und flüssigem Lösungsmittel durch einen weiteren Wärmeaustauscher 52 geleitet und gelangt von da zum Lösungsmittelabscheider 34. Das Entspannungsventil 38 ist bei dieser Alternative unmittelbar hinter dem Lösungsmittelabscheider 34 angeordnet. Beim Durchtritt durch dieses Entspannungsventil kühlt sich der Trägergasstrom ohne Arbeitsleistung ab, wobei weiteres Lösungsmittel abgeschieden wird, das im Lösungsmittelabscheider 51 entfernt werden kann. Der abgekühlte Trägergasstrom 14 kann als Kühlmedium im zweiten Wärmeaustauscher 52 verwendet werden. Anschliessend geht der an Lösungsmitteldämpfen arme Trägergasstrom als Kühlmedium durch den Wärmeaustauscher 26, in welchem er wie bei der ersten Ausführungsform auf die im Verdampfungsraum 12 erforderliche Temperatur erwärmt wird.

Durch die Einschaltung des zusätzlichen Lösungsmittelabscheiders 50 wird die Gefahr, dass die Beschaukelung der Entspannungsturbine 30 durch Lösungsmitteltröpfchen bzw. Eispartikel beschädigt wird, herabgesetzt. Man kann aber trotzdem einen kleineren Teil des im Lösungsmittelabscheider 34 abgeschiedenen Lösungsmittels über die Leitung 44, die Pumpe 46 und die Leitungen 48a bzw. 48b in den Wärmeaustauscher 26 bzw. in das Gas-Flüssigkeitsgemisch 28 einspritzen, um eine Vereisung des Wärmeaustauschers bzw. der Leitung 28 zu vermeiden.

Bei den in den Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungsformen sind die Elemente, die mit den Elementen der Ausführungsformen nach den Fig. 1 und 2 identisch bzw. äquivalent sind, mit den gleichen Bezugszahlen versehen. Der wichtigste Unterschied besteht darin, dass dem Verdichter 24 ein indirekter Kühler 25 nachgeschaltet ist. Mit Hilfe dieses indirekten Kühlers kann die Temperatur des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes beim Eintritt in den Verdampfungsraum auf einfache Weise herabgesetzt werden, z.B. im Falle von n-Hexan auf etwa 70 bis 100°C. Wenn man dieselbe Temperatursenkung bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1 und 2 erreichen wollte, müsste man den Trägergasstrom im Kühler 18 so weit abkühlen, dass seine Temperatur vor dem Eintritt in den Verdichter 24 nur etwa 10 bis 20°C betragen dürfte. Zu diesem Zweck müsste der Kühler 18 sehr gross ausgelegt werden. Durch die Einschaltung des Kühlers 25 kann ferner die Temperatur des Trägergasstromes über einen weiteren Bereich geregelt werden, und zwar durch eine entsprechende Betätigung des Kühlmittelventils 29.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 3 ist dem Kühler 25 ein Wärmeaustauscher 26a («warmer» Wärmeaustauscher) vorgeschaltet und ein Wärmeaustauscher 26b («kalter» Wärmeaustauscher) nachgeschaltet. Diese beiden Wärmeaustauscher werden von dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom durchströmt. Der Wärmeaustauscher 26a wird durch ein Bypass-Ventil 27 überbrückt. Wird dieses

Ventil geöffnet, so geht ein Teil des Trägergasstromes in den Wärmeaustauscher 26a, wobei die Eingangstemperatur in den Wärmeaustauscher 26a, wobei die Eingangstemperatur des Trägergasstromes in den Verdampfungsraum absinkt. Auch auf diese Weise ist eine einfache Temperaturregelung möglich.

Damit die Temperatur des mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes in dem «kalten» Wärmeaustauscher 26b konstant bleibt (im Falle von n-Hexan etwa 20 °C), muss bei geöffnetem Ventil 27 der Massestrom des Kühlmediums durch den Zusatzkühler 25 vergrößert werden.

In Fig. 3 ist vor der Entspannungsmaschine ein Lösungsmittelabscheider 50 eingeschaltet. Dieser Lösungsmittelabscheider ist nur dann notwendig, wenn der Trägergasstrom eine hohe Konzentration an Lösungsmitteldämpfen enthält und die nach dem Wärmeaustauscher 26b ausgeschiedene Lösungsmittelmenge so gross ist, dass eine Beschädigung der Entspannungsmaschine 30 durch die Tröpfchen des Lösungsmittels zu befürchten ist.

Bei der Ausführungsform von Fig. 3 kann nach dem Kühler 18 noch ein Ventil 21 vorgesehen sein, mit dessen Hilfe die Strömungsgeschwindigkeit des mit den Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes geregelt werden kann.

Ferner ist am Abfluss des Lösungsmittelabscheiders 34 ein Ablassventil 39 für das auskondensierte Lösungsmittel vorgesehen. Dieses kann wie bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1 und 2 in den Wärmeaustauscher 26b bzw. in den Kühler 25 zurückgeleitet werden, wenn dort die Gefahr einer Eisbildung besteht.

Aus Fig. 3 ist ferner erkennbar, dass der Motor 36 über ein Getriebe 54 mit der gemeinsamen Welle zwischen Verdichter 24 und Entspannungsturbine 30 verbunden ist. Bei der Entspannungsturbine handelt es sich vorzugsweise um eine solche mit Leitschaufelverstellung. Der Verdichter 24 ist vorzugsweise mit einer Dralldrossel versehen.

Die Ausführungsform nach Fig. 4 entspricht im wesentlichen der Ausführungsform nach Fig. 3. Es ist lediglich nach dem Zusatzkühler 25 nur ein einziger Wärmeaustauscher 26 vorgesehen, d. h. es fehlt der vorgeschaltete Wärmeaustauscher 26a. Der Wärmeaustauscher 26 ist in entsprechender Weise wie der Wärmeaustauscher 26a von Fig. 3 durch ein Bypass-Ventil überbrückt, so dass mit Hilfe dieses Ventils und des Ventils 29 eine einfache Regelung der Eintrittstemperatur des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes in den Verdampfungsraum möglich ist.

Auch bei der Ausführungsform nach Fig. 4 kann vor der Entspannungsmaschine 30 ein Lösungsmittelabscheider ähnlich dem Abscheider 50 von Fig. 3 vorgesehen sein. Ferner kann das im Lösungsmittelabscheider 34 abgeschiedene Lösungsmittel über das Ablassventil 39 abgezogen und teilweise wieder zurückgeführt werden, wenn im Wärmeaustauscher 26 die Gefahr einer Vereisung besteht.

Die Ausführungsform nach Fig. 5 entspricht im wesentlichen der Ausführungsform nach Fig. 1. Der aus dem Kühler 18 austretende abgekühlte Trägergasstrom tritt in den ersten Verdichter 23 ein, der über eine Kupplung mit einem Elektromotor 36 als äussere Arbeitsmaschine kraftschlüssig verbunden ist. Die Drehzahl des Elektromotors ist regelbar, je nach Anforderung an die zur Kondensation benötigte Tieftemperatur bzw. an das zum Umlauf benötigte Fördervolumen. Nach dem Verdichter 23 tritt der Trägergasstrom 16 in den zweiten Verdichter 24 ein, der mit der Entspannungsmaschine 30 (einem modifizierten Turbolader) unmittelbar mechanisch gekoppelt ist, was durch die mit 31 bezeichnete durchgehende Welle angedeutet ist. Der verdichtete Trägergasstrom 16 tritt nun in den Wärmeaustauscher 26a («war-

mer» Wärmeaustauscher) ein, in welchem er in indirektem Wärmeaustausch mit dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom 14 abgekühlt wird. Der Wärmeaustauscher 26a ist wie bei der Ausführungsform von Fig. 3 durch ein Bypass-Ventil 27 überbrückt. Dem Wärmeaustauscher 26a ist ein indirekter Kühler 25 nachgeschaltet, mit dessen Hilfe die Temperatur des Trägergasstromes auf einfache Weise geregelt werden kann. Ohne den Kühler 25 müsste man den Trägergasstrom 16 im Kühler 18 so weit abkühlen, dass seine Temperatur vor dem Eintritt in den Verdichter 23 nur etwa 10 bis 20 °C betragen dürften. Zu diesem Zweck müsste der Kühler 18 sehr gross ausgelegt werden. Durch die Einschaltung des Kühlers 25 kann ferner die Temperatur des Trägergasstromes über einen weiteren Bereich geregelt werden, und zwar durch eine entsprechende Betätigung des Kühlmittelventils 29.

Dem Kühler 25 ist wie bei der Ausführungsform nach Fig. 3 ein Wärmeaustauscher 26b («kalter» Wärmeaustauscher) nachgeschaltet, in welchem der Trägergasstrom 16 wiederum in indirekten Wärmeaustausch mit dem an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom 14 abgekühlt wird (im Beispiel auf etwa 0 °C). Eine Regelung der Temperatur des an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstromes 14 ist durch das Bypass-Ventil 27 möglich.

Damit die Temperatur des mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes in dem «kalten» Wärmeaustauscher 26b konstant bleibt (im Falle von n-Hexan etwa 0 °C), muss bei geöffnetem Ventil 27 der Massestrom des Kühlmediums durch den Zusatzkühler 25 vergrößert werden.

Im Wärmeaustauscher 26b kondensiert bereits ein Teil der Lösungsmitteldämpfe aus. Dieser Teil wird im Lösungsmittelabscheider 50 entfernt. Dieser ist aber nur dann notwendig, wenn der Trägergasstrom eine hohe Konzentration an Lösungsmitteldämpfen enthält und die nach dem Wärmeaustauscher 26b ausgeschiedene Lösungsmittelmenge so gross ist, dass eine Beschädigung der Entspannungsmaschine 30 durch die Tröpfchen des Lösungsmittels zu befürchten ist.

Das mit 28 bezeichnete Gemisch aus teilweise mit Lösungsmitteldämpfen beladenem Trägergasstrom und gegebenenfalls noch vorhandenen flüssigen Lösungsmittelteilchen strömt in die als Expansionsturbine (modifizierter Turbolader) ausgebildete Entspannungsmaschine 30. Diese ist, wie schon erwähnt, über die Welle 31 unmittelbar mechanisch mit dem Verdichter 24 gekoppelt. Die in der Entspannungsturbine 30 gewonnene Arbeit kann also praktisch ohne Verluste zur Verdichtung des mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstromes 16 im Verdichter 24 ausgenützt werden, da keine Getriebeverluste entstehen. Der Motor 36, der den ersten Verdichter 23 antreibt, ist die einzige äussere Energiequelle des Systems, wobei die Energiezufuhr je nach den Bedürfnissen des Systems flexibel gestaltet werden kann.

In der Entspannungsturbine 30 findet infolge der geleisteten Arbeit eine weitere Abkühlung des Trägergasstromes statt, und das mit 32 bezeichnete Gemisch aus an Lösungsmitteldämpfen armen Trägergasstrom und gegebenenfalls noch vorhandenen flüssigen Lösungsmittelteilchen (Anteil höher als bei 28) gelangt in den Lösungsmittelabscheider 34, in welchem das Gemisch 32 aufgetrennt wird. Der aus dem Lösungsmittelabscheider 34 austretende, an Lösungsmitteldämpfen arme Trägergasstrom 14 hat in dem angenommenen Ausführungsbeispiel eine Temperatur von etwa -40 °C und durchströmt nacheinander die Wärmeaustauscher 26b und 26a im indirekten Wärmeaustausch zu dem mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Trägergasstrom 16. Hierbei wird ersterer auf etwa 140 °C erwärmt, d. h. auf eine Temperatur, die zum Verdampfen des Lösungsmittels im Verdampfungsraum 12 erforderlich ist.

Zur weiteren Steuerung der Temperatur dieses Trägergasstromes kann ein Entspannungsventil 38 vorgesehen sein. Wenn der Trägergasstrom durch dieses Ventil hindurchtritt, findet eine weitere Abkühlung ohne Arbeitsleistung statt. Die Temperatur des Systems kann also nicht nur durch das Drosselventil 22, sondern auch durch das Entspannungsventil 38 auf einfache Weise geregelt werden. Man kann mit diesen beiden Ventilen ohne Einschaltung weiterer Regeleinrichtungen das System den unterschiedlichsten Lösungsmittelkombinationen anpassen. Die am Entspannungsventil 38 auftretende Abkühlung des Trägergasstromes kann zur Kühlung des Trägergasstromes nach der Entspannungsturbine 30 verwendet werden (in der Zeichnung nicht dargestellt), wobei nach dem Entspannungsventil 38 gegebenenfalls ein Lösungsmittelabscheider vorgesehen sein kann.

Im Lösungsmittelabscheider 34 erfolgt, wie im Zusammenhang mit der Ausführungsform von Fig. 1 ausgeführt wurde, die Auftrennung des Gemisches in einen an Lösungsmittel armen Trägergasstrom 14 und flüssiges Lösungsmittel, das wie bei der Ausführungsform nach Fig. 1 weiterverarbeitet wird.

Gegebenenfalls kann ein kleinerer Teil des wiedergewonnenen Lösungsmittels über die Leitung 44 zu einer Pumpe 46 geführt und mit Hilfe dieser Pumpe in den Wärmeaustauscher 26b und/oder in das Gemisch 28 vor der Expansionsmaschine 30 eingespritzt werden. Wie bereits vorstehend erwähnt, soll mit Hilfe dieses wasserlöslichen Lösungsmittelanteils eine Vereisung des Wärmeaustauschers 26b, der Entspannungsmaschine 30 und der Verbindungsleitung 28 dadurch verhindert werden, dass das Lösungsmittel mit dem Wasser ein niedrigschmelzendes Gemisch bildet bzw. eine Abscheidung von Eis auf den kalten Lösungsmitteltröpfchen erfolgt. Die Lösungsmittelleitungen sind mit 48a bzw. 48b

8

bezeichnet. Eine Vereisung der Entspannungsturbine 30 sowie die Gefahr, dass die Beschaukelung der Entspannungsturbine durch Lösungsmitteltröpfchen bzw. Eispartikel beschädigt wird, wird auch mit Hilfe des Lösungsmittelabscheiders 50 reduziert.

Bei der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform sind die Elemente, die mit den Elementen der Ausführungsform nach Figur 1 und 5 identisch bzw. äquivalent sind, mit den gleichen Bezugszahlen versehen. Der wichtigste Unterschied besteht darin, dass die Entspannungsmaschine 30 direkt mit dem ersten Verdichter mechanisch gekoppelt ist (über die Welle 31), während der zweite Verdichter 24 mit dem Elektromotor 36 gekoppelt ist. Diese Anordnung hat gegenüber der Anordnung von Fig. 1 den Vorteil, dass der Druck bzw. die Temperatur des mit Lösungsmitteldämpfen beladenen Gasstromes vor dem Eintritt in den «warmen» Wärmeaustauscher 26a noch besser geregelt werden kann, da einer Abweichung von den Sollwerten an dieser Stelle mit Hilfe des Motors 36 unmittelbar entgegengesteuert werden kann und die Gegensteuerung sofort wirksam wird.

Ferner ist bei dieser Ausführungsform die Entspannungsmaschine 30 als Entspannungsturbine mit Leitschaufel-Verstellung ausgebildet, wodurch eine weitere Steuerungsmöglichkeit geschaffen wird und der Wirkungsgrad der Entspannungsturbine entsprechend den jeweils herrschenden Druck- und Strömungsbedingungen im System optimiert werden kann. Schliesslich ist als Regelungselement vor dem Verdichter 23 noch ein Ventil 21 vorgesehen.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern kann in mannigfaltiger Weise variiert werden, ohne dass der Rahmen der Erfindung verlassen wird.

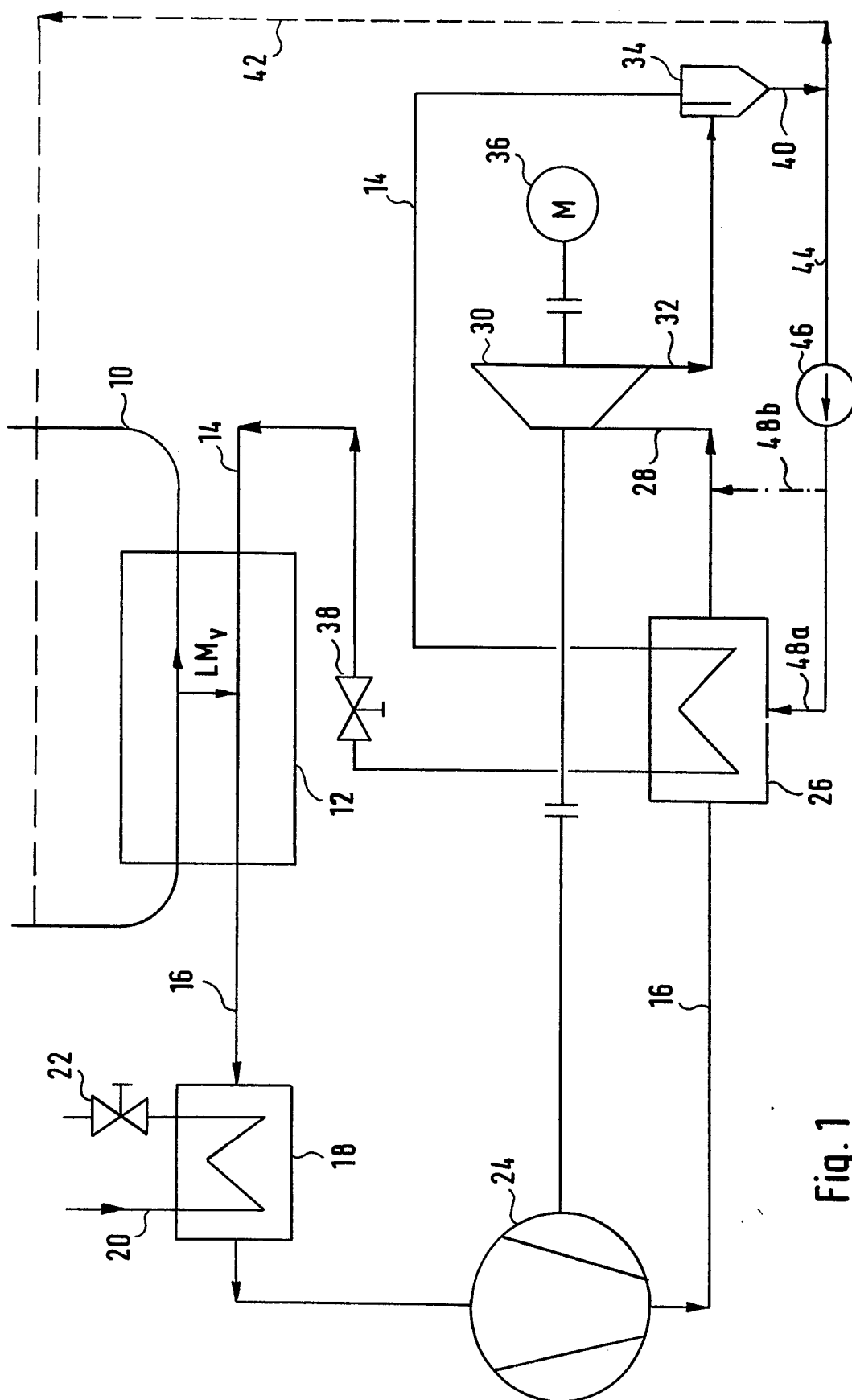


Fig. 1

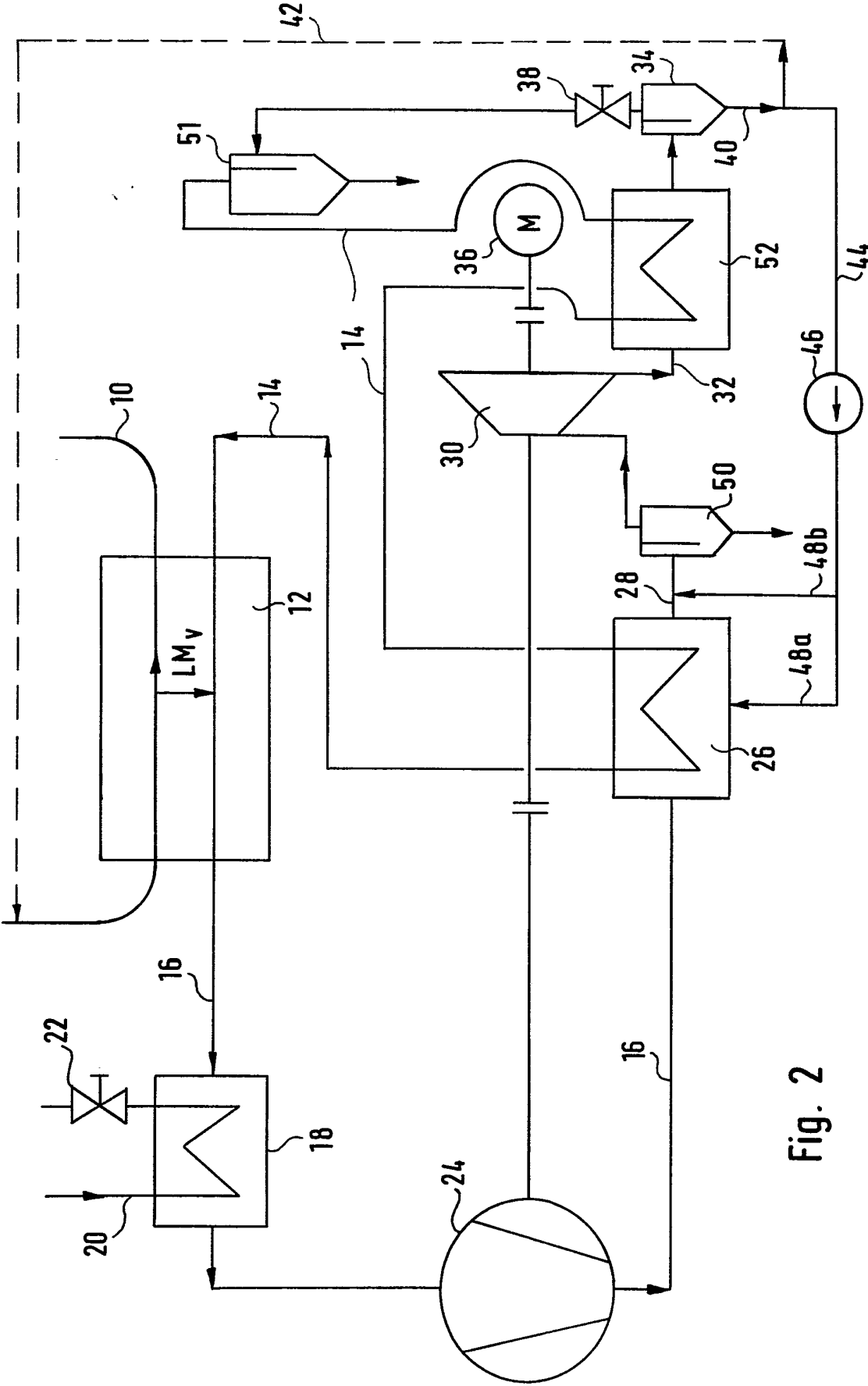


Fig. 2

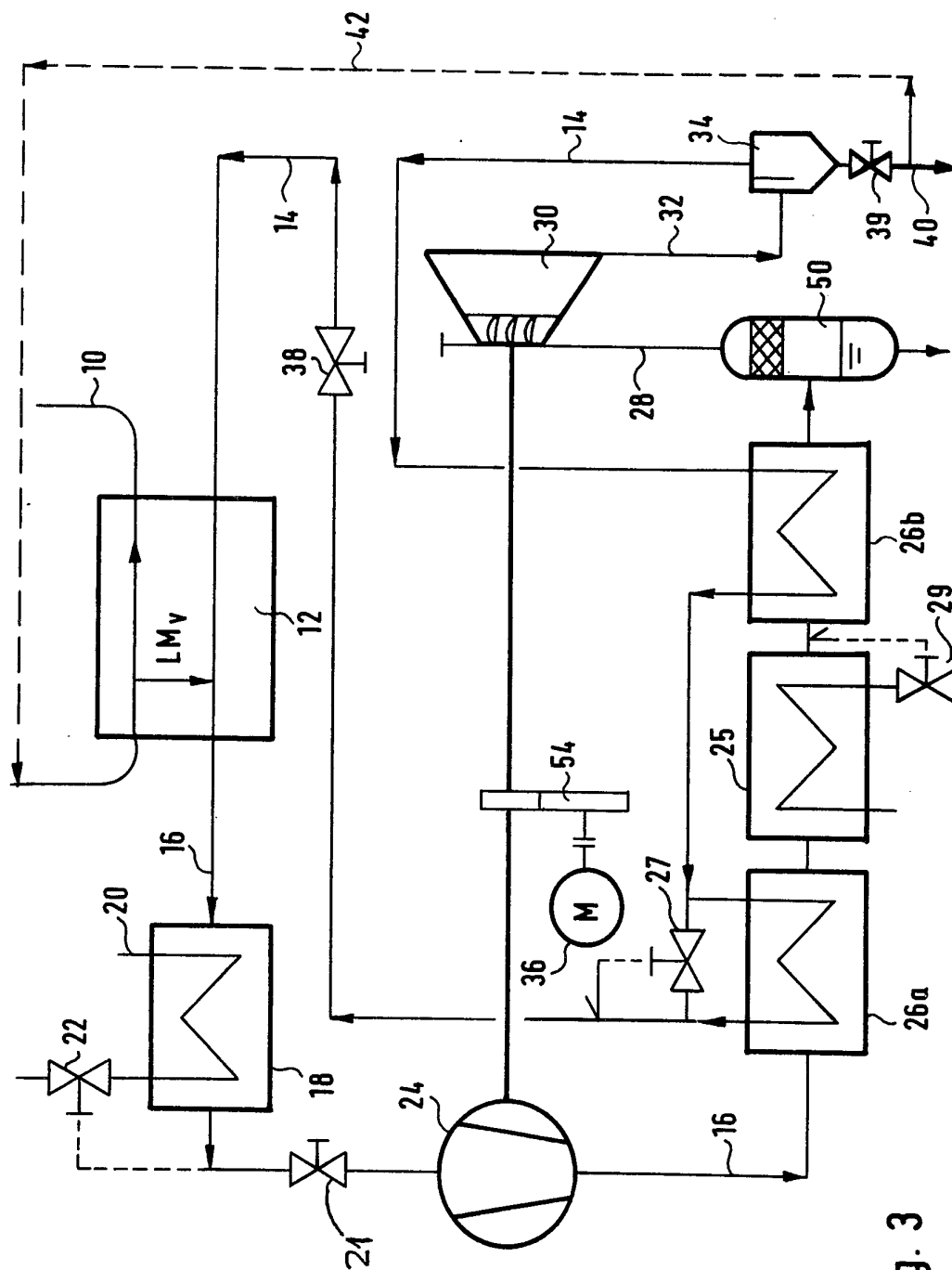


Fig. 3

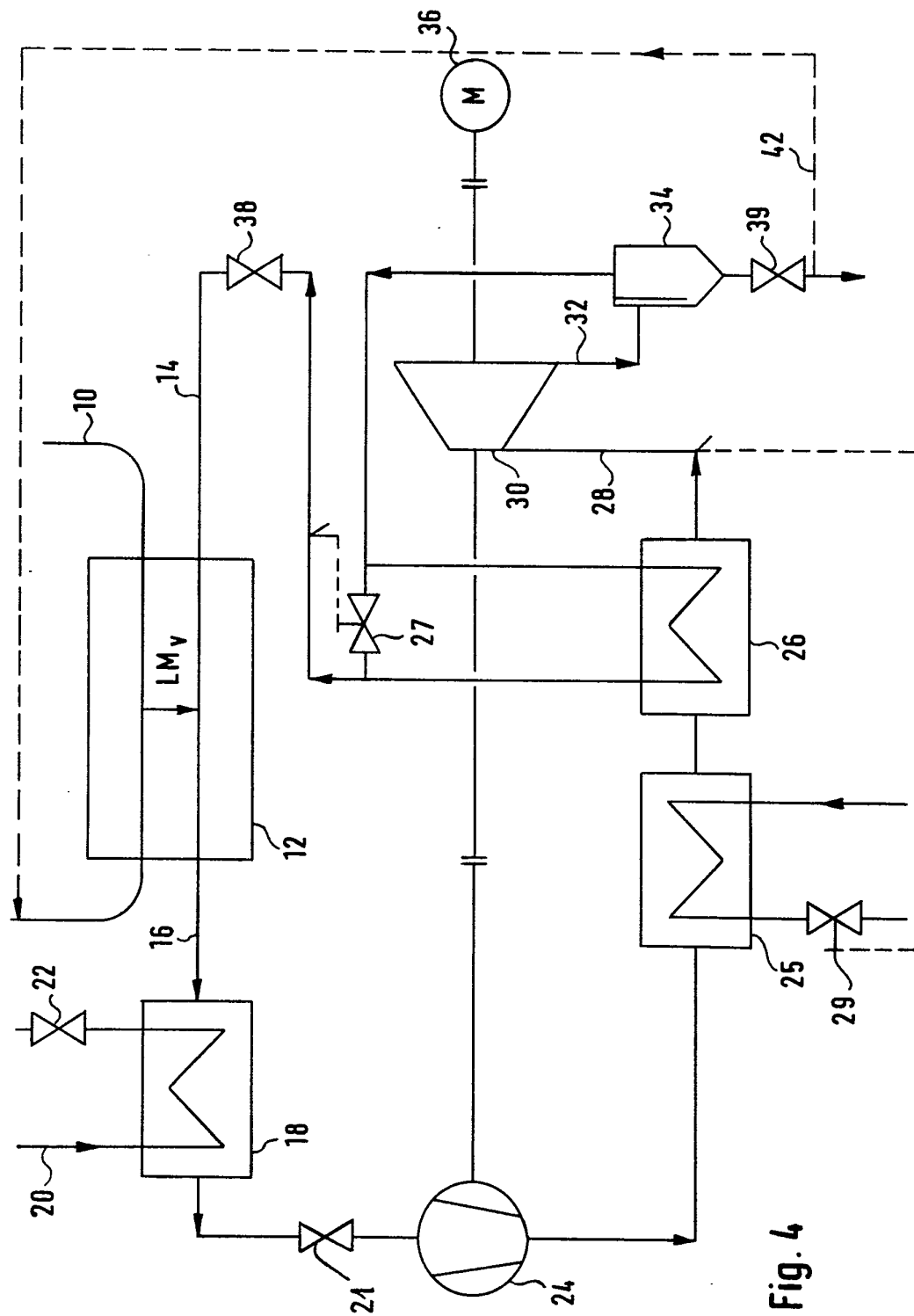


Fig. 4

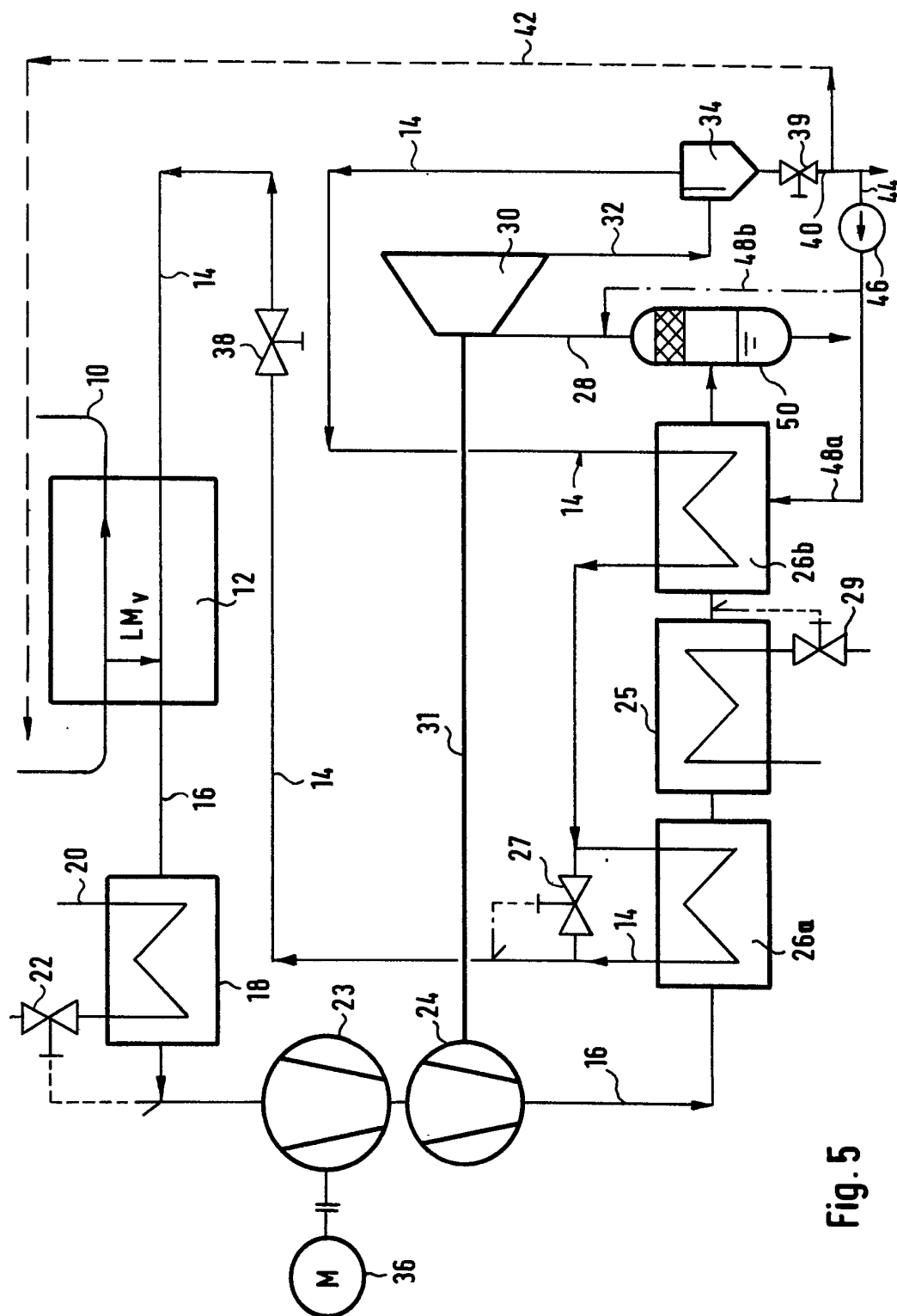


Fig. 5

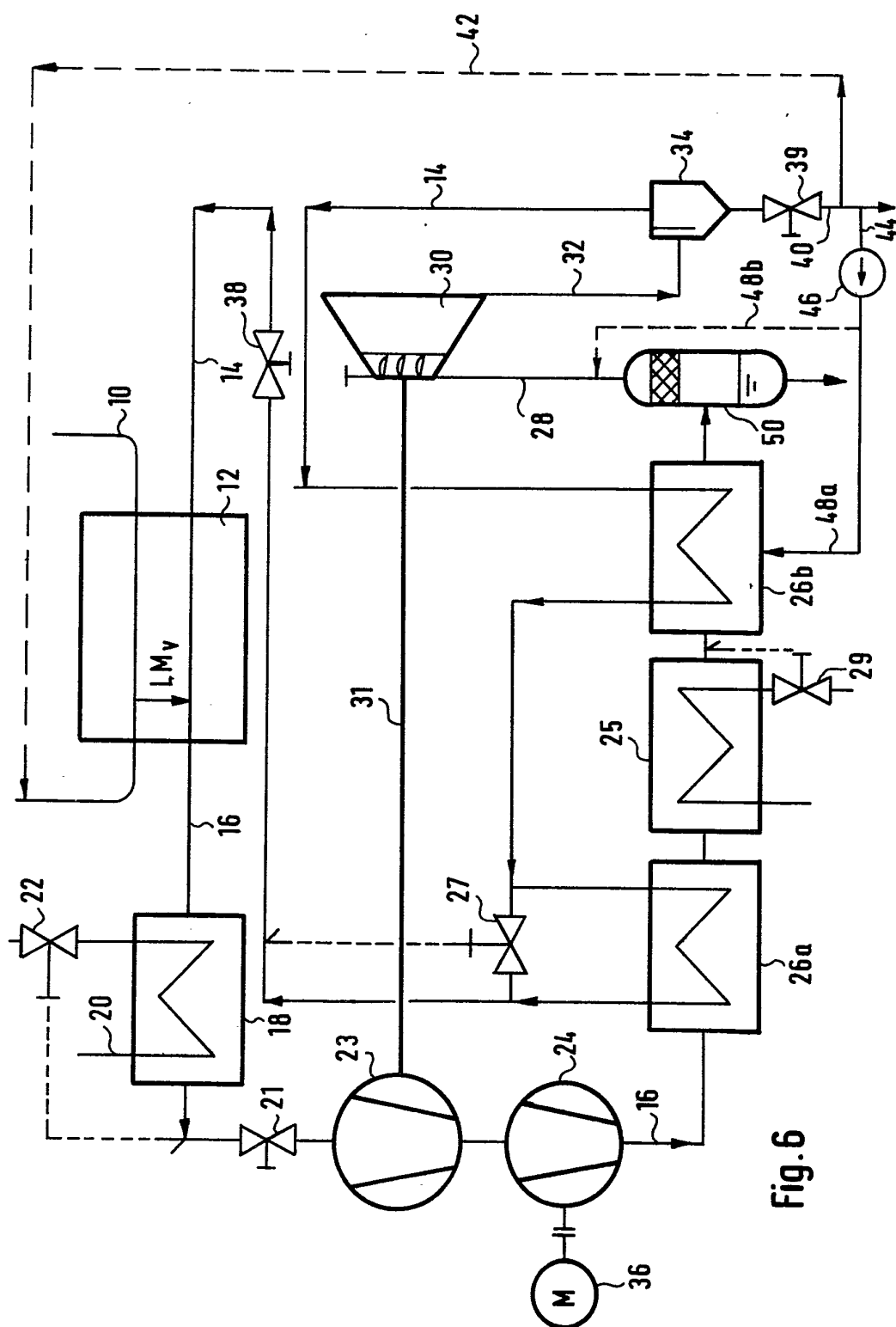


Fig. 6