



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 63 473 B4 2004.01.29**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 63 473.4**
 (22) Anmeldetag: **29.12.1999**
 (43) Offenlegungstag: **05.07.2001**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **29.01.2004**

(51) Int Cl.7: **F28D 21/00**
F28D 20/00, F24J 3/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
**Gerodur MPM Kunststoffverarbeitung GmbH & Co
 KG, 01844 Neustadt, DE**

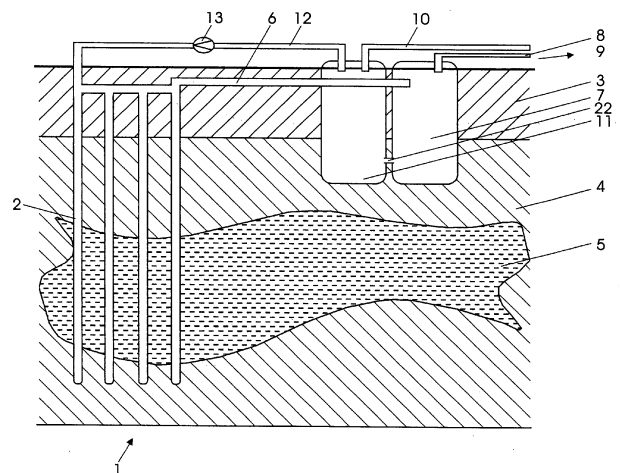
(74) Vertreter:
**Patentanwälte Lippert, Stachow, Schmidt &
 Partner, 01309 Dresden**

(72) Erfinder:
**Pietsch, Rainer, 02739 Eibau, DE; Henke, Jochen,
 Dipl.-Ing., 02681 Crostau, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 196 40 093 A1
DE 33 12 329 A1
DE 30 18 337 A1
DE 30 16 456 A1
AT 3 51 708

(54) Bezeichnung: **Anordnung zur Ableitung von Wärme aus Niedrigtemperatur-Kühlkreisläufen**

(57) Hauptanspruch: Anordnung zur Ableitung von Wärme aus Niedrigtemperatur-Kühlkreisläufen, insbesondere für Kühlzwecke beliebiger Produktionsprozesse im Niedrigtemperaturbereich, enthaltend eine Einrichtung zur Bevorratung einer Kühlflüssigkeit, die über Rohrleitungen mit den zu kühlenden Einrichtungen (Verbraucher) einerseits und mit wenigstens einem Wärmetauscher andererseits, einen Flüssigkeitskreislauf bildend, verbunden ist, sowie Pumpen zur Umwälzung der Kühlflüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher in Form einer Erdsondenanlage (1) mit einer Mehrzahl von im Abstand zueinander angeordneten und parallel- bzw. in Reihe geschalteten Erdsonden (2) ausgebildet ist, wobei die Erdsonden (2) unmittelbar mit dem umgebenden Erdreich (3) bzw. Gestein (4) mittels einer gut wärmeleitenden Füllmasse in Wärmekontakt stehen und bis in den unteren Bereich reichen, wobei der Wärmetauscher die Erdkühle mittels des Flüssigkeitskreislaufs an die zu kühlenden Einrichtungen (Verbraucher) überträgt, und dass die Erdsondenanlage über einen Kühlflüssigkeitsspeicher mit dem Verbraucher (9) gekoppelt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Ableitung von Wärme aus Niedrigtemperatur-Kühlkreisläufen, insbesondere für Kühlzwecke beliebiger Produktionsprozesse im Niedrigtemperaturbereich, enthaltend eine Einrichtung zur Bevorratung einer Kühlflüssigkeit, die über Rohrleitungen mit den zu kühlenden Einrichtungen (Verbraucher) einerseits und mit wenigstens einem Wärmetauscher andererseits, einen Flüssigkeitskreislauf bildend, verbunden ist, sowie Pumpen zur Umwälzung der Kühlflüssigkeit.

[0002] In der Industrie werden eine Vielzahl von Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren eingesetzt, bei denen eine Kühlung der Maschinen selbst oder zumindest der Produkte während des Herstellungsprozesses erforderlich ist. Als Kühlmedium wird häufig Wasser oder auch Sole o. dgl. verwendet. Dieses Kühlmedium soll dem Produktionsprozess die Prozesswärme entziehen und erwärmt sich daher mehr oder weniger. Dabei wird also Wärmeenergie auf das Kühlmedium übertragen, die dann mit geeigneten Mitteln entweder an die Umgebung abgegeben werden muss, oder mittels Wärmetauscher zu Nutzenergie umgewandelt werden kann.

[0003] Im ersteren Fall finden Kühltürme (Nutzung der Verdunstungskälte), Freikühler mit und ohne Elektrolüfter (Konvektionskühlung), oder auch Kältemaschinen Anwendung. Im zweiten Fall werden in Abhängigkeit von den vorhandenen Temperaturdifferenzen entweder einfache Wärmetauscher oder auch Wärmepumpen verwendet. In jedem Fall wird zum Betrieb der Kühleinrichtungen Elektroenergie benötigt, um die Pumpen, die Lüfter oder auch die Kompressoren der Kühlmaschinen bzw. der Wärmepumpen zu betreiben. Je nach der erforderlichen Kühlleistung kann der Bedarf an Elektroenergie sehr erheblich sein. Bei hohen Kühlmitteltemperaturen ist es relativ einfach, durch geeignete Wärmekopplung Nutzenergie zu erhalten. Sind die Kühlmitteltemperaturen jedoch niedrig, beispielsweise unter 30 °C, so lässt sich Nutzenergie nur mit Hilfe von Wärmepumpen gewinnen, was aber unwirtschaftlich und kostenintensiv ist. Wärmepumpen sind bekanntlich energetisch relativ ungünstig und erfordern im Verhältnis zur rückgewonnenen Wärmeenergie vergleichsweise hohen Energieeinsatz.

[0004] Das ganz allgemeine Ziel ist jedoch, den Energieeinsatz deutlich zu reduzieren und damit den Schadstoffausstoß, ganz besonders die CO₂-Emission und folglich die Umweltbelastung erheblich zu vermindern.

[0005] Beispielsweise wird in der kunststoffverarbeitenden Industrie der größte Teil der eingesetzten Elektroenergie in Wärme umgewandelt. Der Anteil dieser Wärme, der nicht durch Strahlung und Konvektion an die Umgebung abgegeben wird, muss durch gezielte Kühlung (im Durchschnitt 50 %) abgeführt werden. Dies ist notwendig, da ansonsten an Maschinen und Anlagen Schäden auftreten würden, die deren Zerstörung zur Folge hätten. Das hieße, dass technologische Prozesse nicht durchführbar wären.

[0006] Deshalb werden zur Kühlung der Produktionsanlagen und der hergestellten Erzeugnisse Medien eingesetzt, die in der Regel mit Hilfe von Elektroenergie rückgekühlt werden. Das bedeutet, dass Energie aufgewendet wird, um Energie aus dem Fertigungsprozess zu ziehen. Da die Kühlmedien beispielsweise in der kunststoffverarbeitenden Industrie meistens ein Temperaturniveau von ≤ 30 °C aufweisen, wird dieses Potenzial gegenwärtig bedingt durch das geringe Arbeitsvermögen unzureichend genutzt.

[0007] Zur Verringerung des Energieeinsatzes bei der Kühlung und somit zur Verringerung der Umweltbelastung mit C₂ wurde versucht, beispielsweise die Kühlkreisläufe nach Kaltwassertemperaturen aufzuteilen, oder eine Winterentlastung von Kältemaschinen durch den Einsatz von Freikühlern zu erreichen. Auch wurde versucht, das Grundwasser oder Uferfiltrat zur Kühlung heranzuziehen, was jedoch nicht an jedem Standort verfügbar ist und zum anderen besondere Sicherheitsvorkehrungen erforderlich macht, um eine Verschmutzung des Grundwassers, auch jede zufällige, mit Sicherheit zu verhindern.

Stand der Technik

[0008] Aus der Druckschrift DE 30 16 456 A1 ist ein Erdboden-Wärmespeicher mit Wärmetauscherelementen bekannt, der der Speicherung von Sonnen- oder Abfallenergie als Erdwärme dient, welche bei Bedarf, z.B. für Heizzwecke wieder entnommen werden kann. Der Wärmespeicher besteht aus einer Vielzahl von Wärmetauscher-Elementen **61**, die unterhalb einer oberen Wärmedämmschicht **76** in das Erdreich eingebracht sind und wobei zusätzlich seitliche Wärmedämmwände **77** vorgesehen sind. Um ein Eindringen von Oberflächenwasser in den Wärmespeicher zu verhindern, befindet sich über der Wärmedämmschicht zusätzlich eine wasserundurchlässige Schicht **78**. Zur Gewährleistung eines bestimmungsgemäßen Gebrauchs des Erdboden-Wärmespeichers, muss dieser sich außerdem oberhalb des Grundwasserspiegels befinden.

[0009] Hierbei wird der Erdboden insbesondere als Zwischenspeicher von Wärmeenergie genutzt, was gleichzeitig Wärmeisolationseigenschaften des umgebenden Erdreiches bedingt. Diese Anordnung ist jedoch nicht für die dauerhafte Wärmeableitung an die Erdreichumgebung und damit zur Kühlung eines Niedertemperatur- Kühlkreislaufes geeignet.

[0010] Die Druckschrift DE 33 12 329 A1 beschreibt ebenfalls einen Erd-Wärmespeicher, bei dem ganzjährig eine Wärmeentnahme zur direkten Beheizung von Gebäuden ohne Zwischenschaltung einer Wärmepumpe möglich sein soll. Das Speichermedium ist hier ebenfalls gewachsener Erdboden, wobei als Wärmetauscher

Mantelrohre verwendet werden und die Speichertemperatur ganzjährig mindestens 45 °C betragen soll.

[0011] Um die Speicherung in diesem Temperaturbereich zu ermöglichen, muss ein genügender Abstand zum Grundwasserspiegel eingehalten werden und der Speicherraum im Erdreich vollkommen trocken sein. Auch hier wird der Erdboden mit Wärmeisoliationsmaßnahmen als Zwischenspeicher von Wärmeenergie genutzt, und ist nicht für die dauerhafte Wärmeableitung an die Erdreichumgebung und damit zur Kühlung geeignet.

[0012] Ein weiteres Prinzip der Erdwärmespeicherung ist aus der Druckschrift DE 30 18 337 A1 bekannt. Ein Absorber zur Wärmeaufnahme aus der Erde oder zur Wärmeladung der Erde, dient ebenfalls der Funktion Wärme in der Erde zu speichern und bei Bedarf der Erde zu Heizzwecken wieder zu entziehen. Um dies zu erreichen, sollen die Rohrelemente radial von einem nahe der Erdoberfläche liegenden Verzweigungspunkt ausgehen. Der Winkel der Rohre zur Vertikalebene soll hier zwischen 10° und 80° liegen. Das Ziel dieser Anordnung ist, ein möglichst großes Erdraumvolumen konzentriert auf einer eng begrenzten Bodenfläche abdecken zu können. Auch hiermit wird das Problem, einen Niedertemperatur-Kühlkreislaufes energetisch günstig zu kühlen, nicht gelöst.

Aufgabenstellung

[0013] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Ableitung von Wärme aus Niedrigtemperatur-Kühlkreisläufen, insbesondere für Kühlzwecke beliebiger Produktionsprozesse im Niedrigtemperaturbereich mit einfachem Aufbau zu schaffen, die auf Dauer kostengünstig und wartungsarm betrieben werden kann und bei welcher der Energieeinsatz erheblich verringert wird.

[0014] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabenstellung wird bei einer Anordnung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Wärmetauscher in Form einer Erdsondenanlage mit einer Mehrzahl von im Abstand zueinander angeordneten und parallel oder in Reihe geschalteten Erdsonden ausgebildet ist, wobei die Erdsonden über Wärmebrücken unmittelbar mit dem umgebenden Erdreich bzw. Gestein mittels einer gut wärmeleitenden Füllmasse in Wärmekontakt stehen und bis in den untiefen Bereich reichen wobei der Wärmetauscher die Erdkühle mittels des Flüssigkeitskreislaufs an die zu kühlenden Einrichtungen (Verbraucher) überträgt, und dass die Erdsondenanlage über einen Kühlflüssigkeitsspeicher mit dem Verbraucher gekoppelt ist.

[0015] Somit kann die Erdkühle für großtechnische Kühlanlagen, insbesondere für die Ableitung von Wärme aus Niedrigtemperatur-Kühlkreisläufen bei Kühlmitteltemperaturen von unter 30 °C, z.B. zur Ableitung von überschüssiger Prozesswärme bei der Kunststoffproduktion, äußerst effektiv nutzbar gemacht werden. Der besondere Vorteil einer solchen Lösung ist neben dem einfachen Aufbau, der höheren Verfügbarkeit und der langen Lebensdauer besonders in den niedrigen Betriebskosten zu sehen. Durch den einfachen Aufbau steigt auch die Wartungsfreundlichkeit, bzw. die Wartungskosten können reduziert werden. Aus dem erheblich reduzierten Energieverbrauch im Vergleich zu einer konventionellen Kühlanlage, der bis zu ca. 80 % betragen kann, resultiert eine sehr gute Umweltverträglichkeit, so dass Primärenergieträger geschont werden.

[0016] Die bis in den untiefen Bereich eingebrachten Erdsonden stehen mit dem umgebenden Erdreich oder Gestein in direkten Wärmekontakt und übertragen die Erdkühle mittels des Flüssigkeitskreislaufs an die zu kühlenden Einrichtungen (Verbraucher), wie zum Beispiel an die Produktionsmaschinen zur Kunststoffrohrherstellung. Die im Einzelfall zu realisierende Tiefe der Erdsonden bestimmt sich aus den geologischen Bedingungen und aus der erforderlichen Kühlleistung.

[0017] In einer Fortführung der Erfindung sind die Erdsonden in Bohrungen angeordnet, wobei der Zwischenraum zwischen dem Außenmantel der Erdsonde und dem umgebenden Felsen mit einer gut wärmeleitenden Füllmasse ausgefüllt ist. Auf diese Weise wird ein besonders guter Wärmekontakt erreicht. Bevorzugt ist die Wärmeleitfähigkeit der Füllmasse etwa an die Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Felsens angepasst, was am besten durch die Verwendung von dünnflüssigem Beton erreicht wird, der gleichzeitig das Bohrloch stabilisiert.

[0018] Besonders kostengünstig können die Erdsonden aus Kunststoffrohren hergestellt werden. Derartige Erdsonden sind äußerst langlebig und besitzen eine ausreichende Wärmeleitfähigkeit. Übliche Kunststoffrohre können beispielsweise eine Wärmeleitfähigkeit aufweisen, die der von Granit weitgehend entspricht.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann das Material der Kunststoffrohre zur Vergrößerung der Wärmeleitfähigkeit Zuschlagstoffe enthalten. Damit lässt sich auf einfache Weise eine Anpassung an besondere geologische Bedingungen erreichen, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn die Wärmeleitfähigkeit des umgebenen Erdreiches besonders gut ist.

[0020] Um einen besonders einfachen und kostengünstigen Einbau der Erdsonden zu ermöglichen, bestehen diese aus einer vormontierten U-rohrförmigen oder doppel-U-rohrförmigen Anordnung, wobei die einzelnen Rohre in Abständen durch Abstandshalter miteinander verbunden sind.

[0021] In einer Variante können die Erdsonden auch aus mehreren koaxial ineinander angeordneten Kunststoffrohren bestehen, wobei die zu kühlende Kühlflüssigkeit im äußeren Ring abwärts und im inneren Rohr auf-

wärts geführt wird.

[0022] Eine weitere Fortführung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsspeicher aus wenigstens einem Kaltwasser- und wenigstens einem Warmwassertank besteht und dass der Kaltwasser- und der Warmwassertank unterirdisch oder Überflur angeordnet sind.

[0023] Bevorzugt bestehen die Tanks aus PE und sind somit besonders langlebig und kostengünstig, wobei der Kaltwasser- und der Warmwassertank direkt in das Erdreich versenkbar sind und in unmittelbarem Kontakt mit diesem stehen.

[0024] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung sind der Erdsondenanlage Freikühler zugeordnet, die bevorzugt temperaturgesteuert der Erdsondenanlage zuschaltbar sind.

[0025] Weiterhin kann eine Zusatzkühlung mit einer Kältemaschine geringerer Leistung vorgesehen werden, mit deren Hilfe bei hohen sommerlichen Temperaturen die Kühlleistung der Erdsondenanlage und des Freikühlers ergänzt werden kann.

[0026] Eine besondere Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein vom Verbraucher mit Warmwasser gespeister Warmwassertank vorgesehen ist, der mit der Erdsondenanlage und dem parallel geschalteten Freikühler verbunden ist, dass das von der Erdsondenanlage und/oder dem Freikühler erzeugte Kaltwasser über Kaltwasserleitungen in einen Zwischenspeicher geleitet wird, der über eine Rohrleitung mit der Kältemaschine verbunden ist, dass die Kältemaschine mit einem Kaltwassertank verbunden ist, der über eine weitere Rohrleitung mit dem Verbraucher verbunden ist.

[0027] Der Kaltwassertank ist zusätzlich mit einer Kaltwassereinspeisung versehen, mit deren Hilfe Wasserverluste im Kühlkreislauf ausgeglichen werden können.

[0028] Um sicherzustellen, dass jeweils nur eine minimale elektrische Leistung installiert wird, sind der Erdsondenanlage, dem Freikühler und der Kältemaschine jeweils eine separate Kühlmittelpumpe zugeordnet. Damit können die Pumpen exakt für die jeweilig benötigte Pumpleistung des jeweiligen Kühlkreislaufes ausgelegt werden.

[0029] Weiterhin sind mehrere Sensoren, speziell Temperaturfühler vorgesehen, die jeweils im Zulauf des Warmwassertanks und des Kaltwassertanks angeordnet sind, die mit einer zentralen Steuereinheit verbunden sind und mit denen die Pumpen der jeweiligen Kühlkreisläufe bedarfsweise zugeschaltet werden können.

[0030] Es ist zweckmäßig, sämtliche Rohrleitungen als Kunststoffrohrleitungen auszubilden, wodurch diese äußerst wartungsarm sind. Bei Verwendung von Metallrohren können sämtliche oberirdisch geführten Rohrleitungen, insbesondere wenn diese eine große Länge aufweisen, mit einer Wärmeisolierung versehen werden, um Temperatureinflüsse der Umgebung auszuschließen.

[0031] Zur weiteren Reduzierung des Energieverbrauches sollte die Kühlleistung der Erdsondenanlage ca. 80 % der durchschnittlich benötigten Gesamtkühlleistung betragen, wobei die Vorlauftemperatur zwischen ≥ 14 °C und die Rücklauftemperatur < 30 °C speziell für Verarbeitungsprozesse der Kunststoffindustrie betragen sollte.

[0032] Mit einer entsprechenden Steuerung kann eine optimale Anpassung der Kaltwassertemperatur an die jeweils geforderten technologischen Bedingungen gewährleistet werden.

[0033] Einer unzulässigen bleibenden Erwärmung des Erdreiches kann vorgebeugt werden, wenn die Erdsondenanlage mit der leer laufenden Freikühleranlage gekoppelt ist. Sinkt die Außentemperatur unter die erforderliche Rücklauftemperatur des Kühlmediums, kann der Freikühler automatisch die Wärmeabfuhr zumindest teilweise übernehmen. Dabei kommt es zur Entlastung des für die Kühlung genutzten Erdreiches oder des Gesteins.

[0034] Mit einer computergestützten Simulation wurde festgestellt, dass nach einer ca. 10jährigen Nutzungsdauer die langsame Erwärmung des Umfeldes der Erdsondenanlage bei entsprechender Fahrweise zum Stillstand kommt.

[0035] Da in der Regel die installierten Produktionskapazitäten ohnehin nicht ständig zu 100 % genutzt werden, ist die bereits genannte Kombination der Erdsondenanlage mit einer kleinen Kältemaschine zweckmäßig, um Spitzenbelastungen auszugleichen. Wobei gleichzeitig die Aufwendungen für das Sondenfeld reduziert werden können.

[0036] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist die Erdsondenanlage über einen Wärmetauscher an den Flüssigkeitskreislauf angekoppelt. Das bietet den besonderen Vorteil, dass bei einer Verschmutzung des Flüssigkeitskreislaufes, z.B. mit Ö1, keinerlei Schadstoffe in das Erdreich gelangen können.

[0037] Grundsätzlich ist ein derartiger Kühlkreislauf für Kühlzwecke beliebiger Produktionsprozesse im Niedertemperaturbereich geeignet, wo eine Energierückgewinnung infolge des geringen Arbeitsvermögens unwirtschaftlich ist. Es sind jedoch auch völlig andere Anwendungsfälle denkbar. So ist z.B. die Temperierung von Fahrbahnen, wie Brückenfahrbahnen oder Tiefgarageneinfahrten mit vergleichsweise geringem technischem Aufwand denkbar.

[0038] Die Erfindung soll nachfolgend an Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

[0039] **Fig. 1** ein Beispiel für eine besonders einfache Variante eines erfindungsgemäßen Niedrigtemperatur-Kühlkreislaufes mit einer Erdsondenanlage, bei der die Erdsonden durch das Erdreich und durch eine grundwasserführende Gesteinsschicht reichen;

[0040] **Fig. 2** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kühlkreislaufes nach **Fig. 1**, der mit einer Freikühlanlage ergänzt ist;

[0041] **Fig. 3** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kühlkreislaufes nach **Fig. 2**, der noch mit einer Kältemaschine ergänzt ist, die der Leistungsspitzenabdeckung dient;

[0042] **Fig. 4** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kühlkreislaufes entsprechend **Fig. 3**, bei dem die Ankopplung der Erdsondenanlage über einen Wärmetauscher erfolgt; und

[0043] **Fig. 5** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kühlkreislaufes nach **Fig. 2**, bei dem eine Wärmepumpe zum Betrieb einer Heizungsanlage vorgesehen ist.

[0044] Aus **Fig. 1** ist der schematische Aufbau einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Temperierung eines Niedrigtemperatur-Kühlkreislaufes ersichtlich. Das Kernstück der Anordnung ist eine Erdsondenanlage **1**, bestehend aus einer Vielzahl von parallel oder in Reihe geschalteten Erdsonden **2**, die in das Erdreich **3** bzw. das Gestein **4** eingebracht sind. Die Tiefe, bis zu der die Erdsonden reichen und deren Anzahl bestimmen sich aus der zu installierenden Kühlleistung. Wobei zusätzlich die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen zu berücksichtigen sind. Wenn sich die Erdsonden **2** beispielsweise durch Grundwasser **5** erstrecken, so kann erheblich mehr Wärme in kurzer Zeit abgeführt werden, als über trockenes Gestein **4**. Die im vorgesehenen Einsatzgebiet herrschenden geologischen und hydrogeologischen Bedingungen müssen auf jeden Fall zunächst erkundet werden, bevor die Erdsondenanlage **1** dimensioniert werden kann.

[0045] Die Erdsondenanlage **1** ist weiterhin über eine Kaltwasserleitung **6** mit einem Kaltwassertank **7** verbunden, der seinerseits über eine weitere Kaltwasserleitung **8** (Vorlauf) mit dem Verbraucher **9** verbunden ist. Unter Verbraucher **9** ist beispielsweise ein beliebiger Herstellungsprozess zu verstehen, bei dem die entstehende Prozesswärme über einen Niedrigtemperatur-Kühlkreislauf abgeführt werden soll.

[0046] Das durch die Prozesswärme erwärmte Wasser wird dann über eine Warmwasserleitung **10** (Rücklauf) zunächst in einen Warmwassertank **11** geleitet und von dort über eine weitere Warmwasserleitung **12** mittels einer Pumpe **13** in die Erdsondenanlage **1** gedrückt. Die Zuführung des Kaltwassers zum Verbraucher erfolgt über eine mit der Kaltwasserleitung **8** verbundenen Pumpe **13'**.

[0047] Ein derartiger Niedrigtemperatur-Kühlkreislauf kann äußerst kostengünstig betrieben werden und erfordert nur einen sehr geringen Wartungsaufwand, beispielsweise zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Erdsondenanlage **1**.

[0048] Die Erdsonden **2** können kostengünstig aus Kunststoffrohren hergestellt werden, wobei eine vormontierte U-rohrförmige, doppel-U-rohrförmige oder auch eine koaxiale Anordnung einfach in ein Bohrloch eingeschoben werden kann. Um einen guten Wärmekontakt insbesondere zum umgebenden Gestein **3** herzustellen, wird der Raum zwischen der Bohrlochwandung und der Erdsonde **2** mit einer dünnflüssigen betonartigen Masse verfüllt. Technologisch kann das derart erfolgen, dass die Erdsonde **2** bei der koaxialen Anordnung mit einem diese umgebenden Zusatzrohr in das Bohrloch eingebracht wird und durch das Zusatzrohr der dünnflüssige Beton eingefüllt wird und gleichzeitig das Zusatzrohr aus dem Bohrloch gezogen wird.

[0049] Im Falle der Verwendung der doppel-U-Rohr-Anordnung sind die vier Rohre in Abständen mit Abstandshaltern/Verbindungselementen (nicht dargestellt) versehen, wobei jeweils mittig eine Bohrung zur Aufnahme eines zentralen Zusatzrohres vorgesehen ist. Dieses zentrale Zusatzrohr dient zur Zuführung der dünnflüssigen betonartigen Masse und wird ebenfalls während des Verfüllens aus dem Bohrloch gezogen.

[0050] **Fig. 2** zeigt eine Anordnung zur Temperierung eines Niedrigtemperatur-Kühlkreislaufes, der um einen Freikühler **14** ergänzt ist. Der Freikühler **14** ist über Rohrleitungen **15** an den Warmwassertank **11** angeschlossen, wobei das zu kühlende Wasser mit einer Pumpe **16** durch den Freikühler **14** und von diesem über eine Rohrleitung **15'** in den Kaltwassertank **7** gepumpt wird.

[0051] Durch den Einsatz dieses zusätzlichen Freikühlers **14** ist es möglich, die Erdsondenanlage **1** ab Außentemperaturen, die unter der Rücklaufftemperatur liegen, zu entlasten, bzw. ab einer bestimmten Temperaturdifferenz zur geforderten Kaltwassertemperatur gänzlich abzuschalten.

[0052] Zum Ausgleich von Spitzenbelastungen kann entsprechend **Fig. 3** eine Kältemaschine **17** geringer Leistung vorgesehen werden. Der grundsätzliche Aufbau des Niedrigtemperatur-Kühlkreislaufes entspricht dem nach **Fig. 2**, wobei hier noch zusätzlich ein Zwischenspeicher **18** vorgesehen ist, der über die Kaltwasserleitung **15'** des Freikühlers **14** und die Kaltwasserleitung **6** der Erdsondenanlage **1** gespeist wird. Ausgangsseitig ist der Zwischenspeicher **18** über eine Rohrleitung **19** und eine Pumpe **20** mit der Kältemaschine **17** gekoppelt. Das durch die Kältemaschine **17** im Bedarfsfall zusätzlich gekühlte Kühlwasser wird über eine Rohrleitung **21** in den Kaltwassertank **7** und von dort zum Verbraucher geleitet.

[0053] wird die zusätzliche Kühlleistung der Kältemaschine **17** nicht benötigt, so kann das Wasser aus dem Zwischenspeicher **18** über die hydraulische Ausgleichsleitung **22** direkt in den Kaltwassertank **7** geleitet werden. Zum Ausgleich von Kühlwasserverlusten ist weiterhin noch eine Wassereinspeisung **23** vorgesehen. Durch den Einsatz der Kältemaschine **17** ist es möglich, die Erdsondenanlage **1** für ca. 80 % der durchschnittlich benötigten Kühlleistung auszuliegen.

[0054] Aus **Fig. 4** geht ein Kühlkreislauf entsprechend **Fig. 3** hervor, bei dem die Erdsondenanlage **1** über einen Wärmetauscher **25** angekoppelt ist. Da hier kein zusätzlicher Tank zum Volumenausgleich vorgesehen ist, wird ein besonderes Ausdehnungsgefäß **26** benötigt. Der Anschluss des Wärmetauschers **25** an die Erdsondenanlage **1** erfolgt primärseitig durch Einschaltung in die Kaltwasserleitung **6** und die Warmwasserleitung **12** und sekundärseitig durch Verbindung mit dem Zwischenspeicher **18** und dem Warmwassertank **11**. Zusätzlich muss hier noch eine weitere Pumpe **24** auf der Primärseite des Wärmetauschers **25** vorgesehen werden. Durch die Verwendung des Wärmetauschers **25** wird eine besonders hohe Betriebssicherheit und ein sehr guter Umweltschutz erreicht. Das ist insbesondere dann wichtig, wenn die Gefahr besteht, dass der Kühlkreislauf z.B. mit Öl kontaminiert werden kann. Es versteht sich, dass der Wärmetauscher **25** selbstverständlich auch an anderer Stelle angeordnet werden kann. So ist es beispielsweise auch möglich, diesen in die Warmwasserleitung **10** und die Kaltwasserleitung **8** zwischenzuschalten.

[0055] **Fig. 5** zeigt eine Ergänzung der Kühlanlage, bei der die Erdsondenanlage **1** zusätzlich mit einer Wärmepumpe **27** ausgestattet ist. Die Wärmepumpe **27** ist durch Dreiwegeventile **28, 29** an die Kaltwasserleitung **6** und die Warmwasserleitung **12** angeschlossen. Um den erforderlichen Wasserkreislauf auf der Sekundärseite zu erreichen, ist eine weitere Pumpe **30** vorgesehen. Weiterhin ist noch ein Druckausgleichsgefäß **31** an die Zuleitung **32** angeschlossen, um die nötige Betriebssicherheit auch bei zufälligen Druckstößen zu gewährleisten. Die Wärmepumpe **27** kann mit einem Heizkreislauf verbunden werden, so dass während der Zeiten, in denen die Erdsondenanlage **1** nicht benötigt wird, bzw. abgeschaltet ist, eine Umschaltung auf Heizen erfolgen kann. Das hat den besonderen Vorteil, dass im Winter die dem Gestein zugeführte Wärmeenergie wieder rückgewonnen werden kann. Das bedeutet aber auch, dass dadurch eine übermäßige Erwärmung des Gesteines verhindert werden kann.

[0056] Die Leistung einer erfindungsgemäßen Erdsondenanlage wird im Wesentlichen vom Energietransport im Erdreich oder im Gestein bestimmt. Dieser Energietransport wird beeinflusst von der Grundwassermächtigkeit, der Grundwasserfließgeschwindigkeit und insbesondere von der Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Gesteins. Die Fließgeschwindigkeit von Grundwasser liegt in der Regel zwischen wenigen Metern im Jahr und 0,1 m/sek. Aus dieser Tatsache ergibt sich, dass der für die Erdsondenherstellung verwendete Werkstoff bezüglich der Wärmeleitfähigkeit in der Regel nicht leistungsbestimmend für die Erdsondenanlage ist.

[0057] Sämtliche Tanks **7, 11** und der Zwischenspeicher **18** können aus handelsüblichem PE hergestellt werden, was beispielsweise durch Blasen besonders kostengünstig erfolgen kann. Selbstverständlich können die Tanks auch aus anderen Materialien, wie z.B. PVC durch Kunststoffschweißen oder auch aus Edelstahl gefertigt werden.

[0058] Für die Sicherheit der Gesamtanlage ist es wichtig, dass bei der Verwendung mehrerer Tanks **7, 11, 18** diese über hydraulische Ausgleichsleitungen **22** miteinander verbunden sind.

[0059] Weiterhin besteht die Möglichkeit, anstelle mehrerer Tanks mit unterschiedlicher Funktion einen einzigen Tank zu verwenden, der funktionell aufgeteilt ist. So könnten der Kaltwassertank **7** und der Warmwassertank **11** zu einem einzigen Tank zusammengefasst werden, indem das kalte und das warme Wasser vertikal geschichtet eingebracht werden oder bei dem eine horizontale Teilung durch eine Schottwand erfolgt. In letzterem Fall ist die Schottwand im Bodenbereich des Tanks mit einer Öffnung zwecks des erforderlichen hydraulischen Ausgleichs versehen.

[0060] Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Gesamtanlage als geschlossenes System aufzubauen, d.h. die Tanks sind vollständig geschlossen, wodurch eine zufällige Verunreinigung des Wassers und eine Luftsauerstoffanreicherung verhindert werden kann.

[0061] In jedem Fall ist es sinnvoll, die Speiseleitungen, also die Leitungen, mit denen der jeweilige Tank gefüllt wird, so lang auszulegen, dass diese in jedem Fall vollständig in das Wasser eintaucht. Damit wird eine sonst erfolgende Anreicherung des Wassers mit Sauerstoff verhindert.

[0062] Um die Energieeinsparung durch einen erfindungsgemäßen Kühlkreislauf zu verdeutlichen, wurde eine herkömmliche 200 kW Kühlanlage mit einer erfindungsgemäßen Kühlanlage verglichen. Weitere Randbedingungen sind ein Strompreis von 11 Pf./kWh und eine Wärmeleistung der doppel-U-rohrförmigen Erdsonde von 35 W/m.

[0063] Das Ergebnis zeigt nachfolgende Tabelle:

	konventionelle Kühlanlage	erfindungsgemäße Kühlanlage
Elektroenergiever- brauch	ca. 72 kW 345.600 kWh	ca. 14 kW 67.200 kWh
Investkosten (ge- schätzt)	ca. 90 TDM	ca. 250 TDM
Normale Nutzungs- dauer	10 Jahre	20 Jahre
Lebensdauer	15 Jahre	> 30 Jahre
Wartungsaufwand pro Jahr	2.500 DM	500 DM
Stromkosten bei 80 % Auslastung	38,2 TDM	7,4 TDM
Spezifische Energiebereit- stellung	0,172 Pf	0,146 Pf
Preis für Rück- kühlung	26,9 Pf/m ³	22,8 Pf/m ³
CO ₂ Emission	ca. 210 t	ca. 41 t

Bezugszeichenliste

1	Erdsondenanlage
2	Erdsonde
3	Erdreich
4	Gestein
5	Grundwasser
6	Kaltwasserleitung
7	Kaltwassertank
8	Kaltwasserleitung
9	Verbraucher
10	Warmwasserleitung
11	Warmwassertank
12	Warmwasserleitung
13	Pumpe
13'	Pumpe
14	Freikühler
15	Rohrleitung
16	Pumpe
17	Kältemaschine
18	Zwischenspeicher
19	Rohrleitung
20	Pumpe
21	Rohrleitung
22	hydraulischer Druckausgleich
23	Wassereinspeisung
24	Pumpe
25	Wärmetauscher
26	Ausdehnungsgefäß
27	Wärmepumpe
28	Dreiwegeventil
29	Dreiwegeventil
30	Pumpe
31	Druckausgleichsgefäß
32	Zuleitung

Patentansprüche

1. Anordnung zur Ableitung von Wärme aus Niedrigtemperatur-Kühlkreisläufen, insbesondere für Kühlzwecke beliebiger Produktionsprozesse im Niedrigtemperaturbereich, enthaltend eine Einrichtung zur Bevorratung einer Kühlflüssigkeit, die über Rohrleitungen mit den zu kühlenden Einrichtungen (Verbraucher) einerseits und mit wenigstens einem Wärmetauscher andererseits, einen Flüssigkeitskreislauf bildend, verbunden ist, sowie Pumpen zur Umwälzung der Kühlflüssigkeit, **dadurch ge kennzeichnet**, dass der Wärmetauscher in Form einer Erdsondenanlage (1) mit einer Mehrzahl von im Abstand zueinander angeordneten und parallel- bzw. in Reihe geschalteten Erdsonden (2) ausgebildet ist, wobei die Erdsonden (2) unmittelbar mit dem umgebenden Erdreich (3) bzw. Gestein (4) mittels einer gut wärmeleitenden Füllmasse in Wärmekontakt stehen und bis in den untiefen Bereich reichen, wobei der Wärmetauscher die Erdkühle mittels des Flüssigkeitskreislaufs an die zu kühlenden Einrichtungen (Verbraucher) überträgt, und dass die Erdsondenanlage über einen Kühlflüssigkeitsspeicher mit dem Verbraucher (9) gekoppelt ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitfähigkeit der Füllmasse etwa der Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Gesteins (4) angepasst ist.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllmasse ein dünnflüssiges betonartiges Material ist.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Erdsonden (2) aus Kunststoffrohren bestehen.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Kunststoffrohre Zuschlag-

stoffe zur Vergrößerung der Wärmeleitfähigkeit enthält.

6. Anordnung nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erdsondenanlage (1) aus einer vormontierten u-rohrförmigen oder einer doppel urohrförmigen Anordnung besteht, wobei die einzelnen Rohre in Abständen durch Abstandshalter miteinander verbunden sind.

7. Anordnung nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erdsonden (2) aus mehreren ko-axial zueinander angeordneten Kunststoffrohren bestehen, wobei die zu kühlende Kühlflüssigkeit im äußeren Ring abwärts und im inneren Rohr aufwärts geführt wird.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsspeicher aus wenigstens einem Kaltwasser- und wenigstens einem Warmwassertank (7, 11) besteht und dass der Kaltwasser- und der Warmwassertank (7, 11) unterirdisch sowie Überflur angeordnet sind.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Tanks (7; 11) aus PE bestehen.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Kaltwasser- und der Warmwassertank (7, 11) direkt im Erdreich (3) versenkt sind und in unmittelbarem Kontakt mit diesem stehen.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Erdsondenanlage Freikühler (14) zugeordnet sind.

12. Anordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Freikühler (14) temperaturgesteuert der Erdsondenanlage (1) zuschaltbar sind.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Zusatzkühlung eine Kältemaschine (17) geringerer Leistung vorgesehen ist.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein vom Verbraucher (9) mit Warmwasser gespeister Warmwassertank (11) vorgesehen ist, der mit der Erdsondenanlage (1) und dem parallel geschalteten Freikühler (14) verbunden ist, dass das von der Erdsondenanlage und/oder dem Freikühler erzeugte Kaltwasser über Kaltwasserleitungen (6, 15') in einen Zwischenspeicher (18) geleitet wird, der über eine Rohrleitung (19) mit der Kältemaschine (17) verbunden ist, dass die Kältemaschine (17) mit dem Kaltwassertank (7) verbunden ist, der über eine weitere Rohrleitung (8) mit dem Verbraucher (9) verbunden ist.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Kaltwassertank (7) mit einer Kaltwassereinspeisung (23) versehen ist.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Erdsondenanlage (1), dem Freikühler (14) und der Kältemaschine (17) jeweils eine Kühlmittelpumpe (13, 16, 19) zugeordnet ist.

17. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass im Zulauf des Warmwassertanks (11) und des Kaltwassertanks (7) jeweils ein Temperaturfühler angeordnet ist, der mit einer zentralen Steuereinheit verbunden ist.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlleistung der Erdsondenanlage (1) ca. 80% der benötigten Gesamtkühlleistung beträgt.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorlauftemperatur (Kaltwassertemperatur) bei ≥ 14 °C liegt und dass die Rücklauftemperatur (Warmwassertemperatur) < 30 °C beträgt.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Erdsondenanlage (1) über einen Wärmetauscher (25) an den Flüssigkeitskreislauf angekoppelt ist.

21. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Erdsondenanlage (1), die in den Sommermonaten primär der Kühlung dient, während der Heizperiode über eine Wärmepumpeanlage (27) die Geothermie für Heizzwecke nutzt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

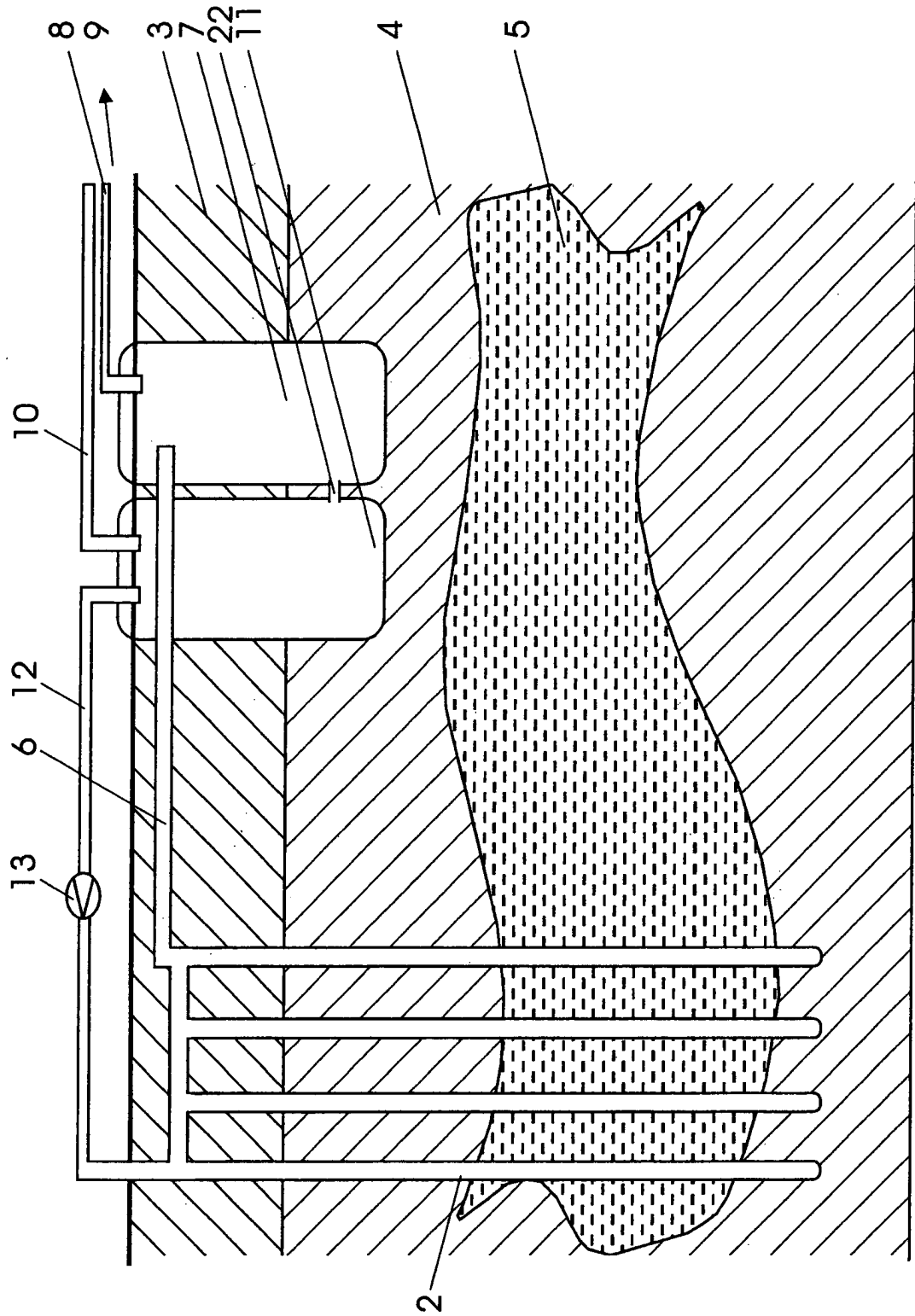


Fig. 1

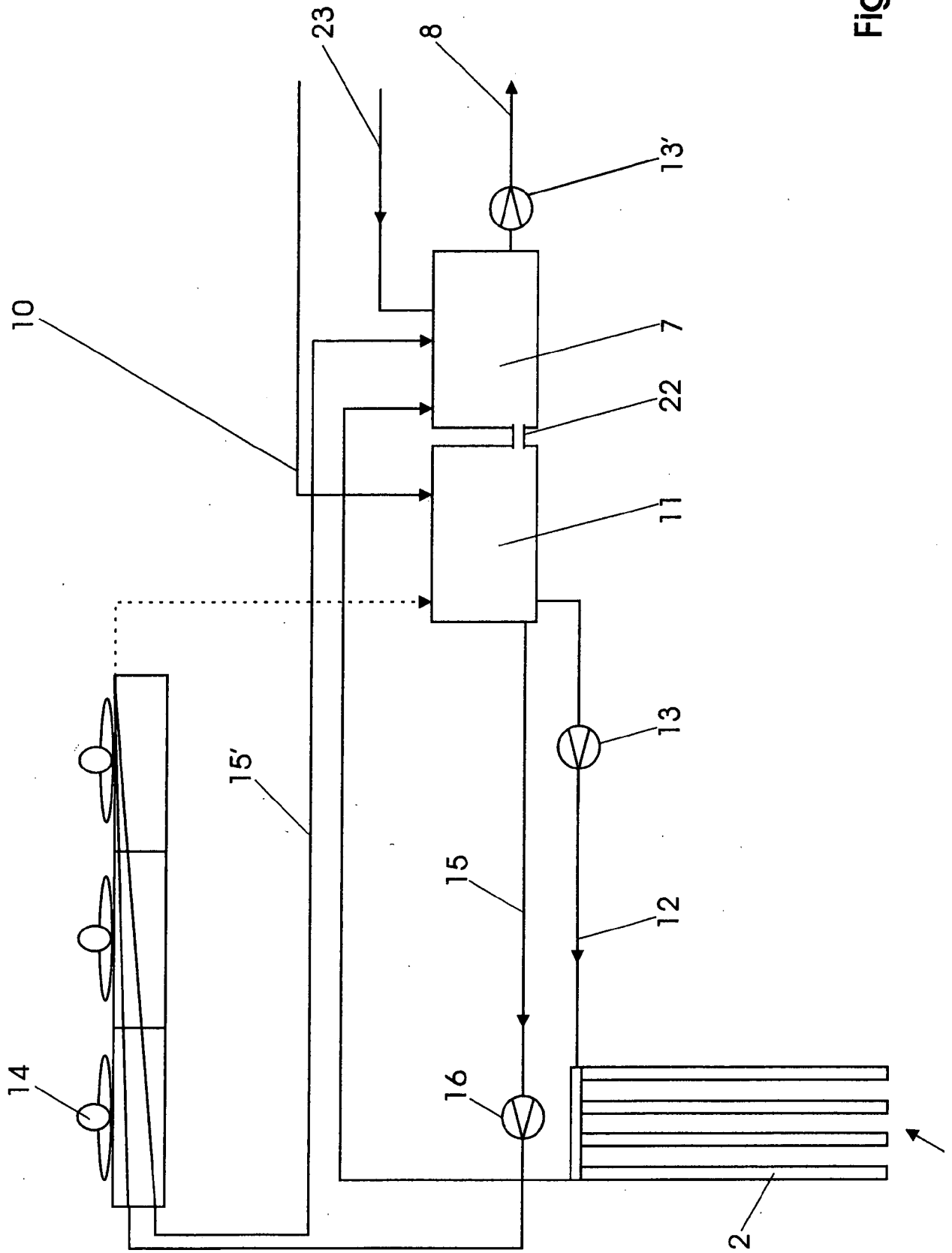


Fig. 2

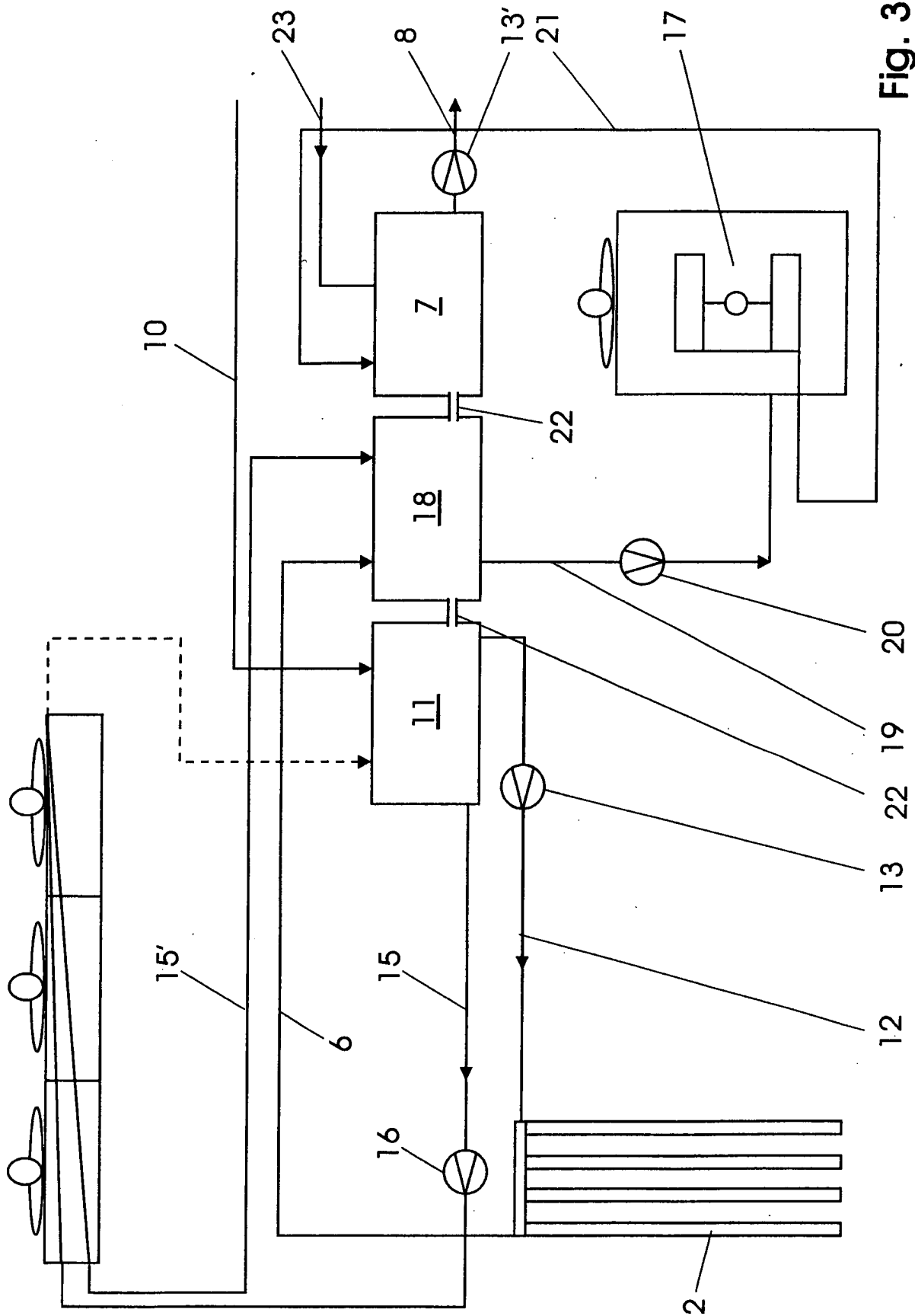


Fig. 3

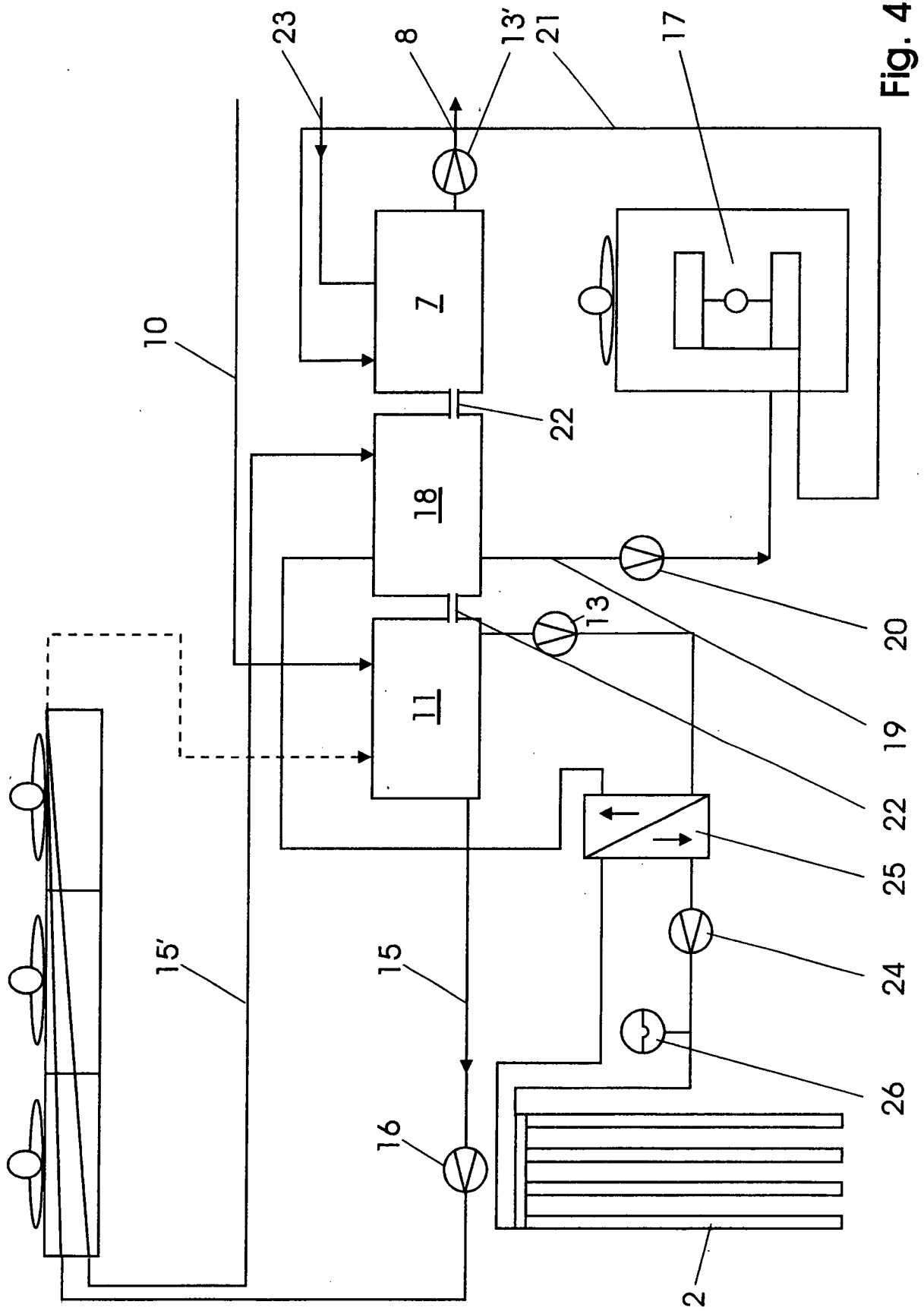


Fig. 4

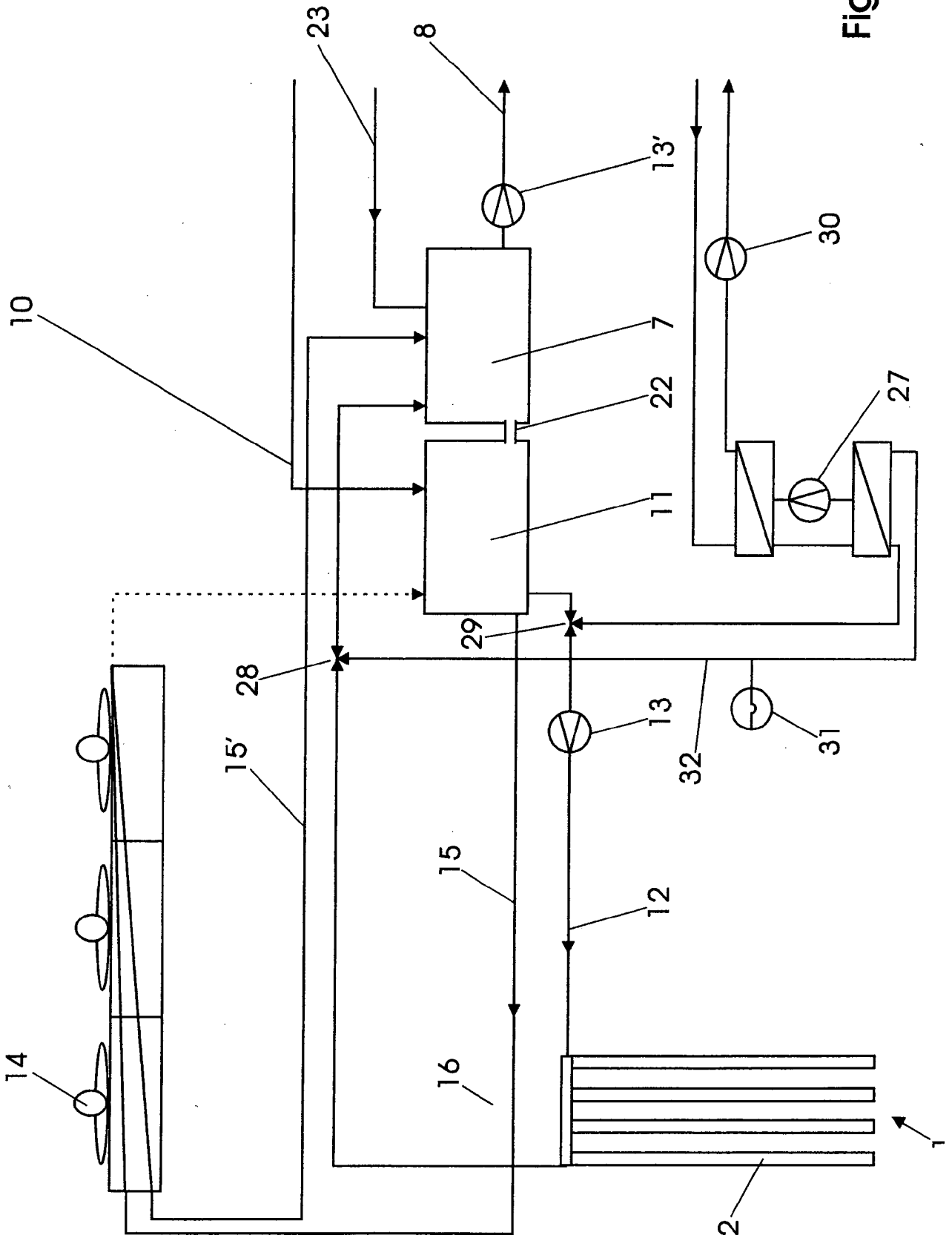


Fig. 5