

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 687 878 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **95108900.2**

(51) Int. Cl.⁶: **F28D 5/02, F28D 5/00**

(22) Anmeldetag: **09.06.95**

(30) Priorität: **15.06.94 DE 4420848**

D-40882 Ratingen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.12.95 Patentblatt 95/51

(72) Erfinder: **Streng, Andreas, Dipl.-Ing.**
Eisenhüttenstrasse 74
D-40882 Ratingen (DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI NL PT SE

(71) Anmelder: **BDAG Balcke-Dürr**
Aktiengesellschaft
Homberger Strasse 2

(74) Vertreter: **Stenger, Watzke & Ring**
Patentanwälte
Kaiser-Friedrich-Ring 70
D-40547 Düsseldorf (DE)

(54) Verdunstungskühlturm

(57) Die Erfindung betrifft einen Verdunstungskühlturm zur Kühlung oder Kondensation von Fluiden mittels Kühlluft mit mindestens einem zusätzlich mit Wasser beaufschlagten Rohrschlangen-Wärmetauscher, dessen aus geraden Rohrabschnitten und aus diese Rohrabschnitte verbindenden Rohrbögen bestehende Rohrschlangen derart mit ihrem Anfang an einen Verteiler und mit ihrem Ende an einen Sammler angeschlossen sind, daß die geraden, im wesentlichen horizontal verlaufenden und in derselben Ebene liegenden Rohrabschnitte benachbarter Rohrschlangen mit einer Teilung (s_1) zwischen dem Ein- und Dreifachen ihres Außendurchmessers (d_A) angeordnet sind, wobei unmittelbar nebeneinander liegende, gerade Rohrabschnitte (3a,3b) in Strömungsrichtung des die Rohrschlangen beaufschlagenden Wassers zueinander versetzt sind. Um die flächenspezifische Übertragungsleistung eines derartigen Rohrschlangen-Wärmetauschers zu erhöhen, sind bei einem Außendurchmesser (d_A) der die Rohrschlangen bildenden Rohre kleiner 25 mm die geraden Rohrabschnitte (3a,3b) der unmittelbar nebeneinander liegenden Rohrschlangen mit einer mittleren vertikalen Rohrteilung (s_2) von Rohrmitte zu Rohrmitte zwischen dem Ein- und Zweifachen des Außendurchmessers (d_A) ausgebildet.

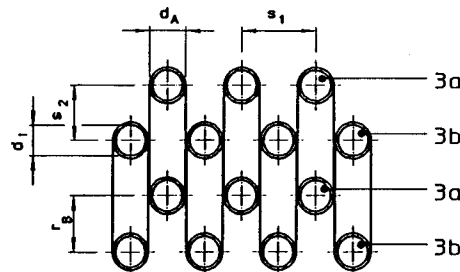


Fig. 7

EP 0 687 878 A1

Die Erfindung betrifft einen Verdunstungskühlturm zur Kühlung oder Kondensation von Fluiden mittels Kühlluft mit mindestens einem zusätzlich mit Wasser beaufschlagten Rohrschlangen-Wärmetauscher, dessen aus geraden Rohrabchnitten und aus diese Rohrabchnitte verbindenden Rohrbögen bestehende Rohrschlangen derart mit ihrem Anfang an einen Verteiler und mit ihrem Ende an einen Sammler angeschlossen sind, daß die geraden, im wesentlichen horizontal verlaufenden und in derselben Ebene liegenden Rohrabchnitte benachbarter Rohrschlangen mit einer Teilung zwischen dem Ein- und Dreifachen ihres Außendurchmessers angeordnet sind, wobei unmittelbar nebeneinander liegende gerade Rohrabchnitte in Strömungsrichtung des die Rohrschlangen beaufschlagenden Wassers zueinander versetzt sind.

Derartige Verdunstungskühltürme sind beispielsweise aus EP 0 007 829 B1 und EP 0 272 766 B1 bekannt. Bei diesen zur Kühlung oder Kondensation von Fluiden mittels Kühlluft verwendeten Verdunstungskühltürmen ersetzt ein Rohrschlangen-Wärmetauscher die bei anderen Bauarten bekannten Kühl- bzw. Rieseleinbauten, um einen geschlossenen Kreislauf für das zu kühlende oder kondensierende Fluid zu erhalten. Eine solche Kühlturmbauart wird auch als Fluidkühlturm, Verdunstungskondensator oder geschlossener Verdunstungskühlturm bezeichnet.

Bei einem derartigen Verdunstungskühlturm wird das jeweilige Fluid mittels Luft gekühlt oder kondensiert. Zusätzlich wird die äußere Oberfläche des Rohrschlangen-Wärmetauschers durch Besprühen oder Benetzen mit Wasser beaufschlagt, um durch Einsatz der Verdunstungskühlung die Wärmeübertragungsleistung dieses Wärmetauschers erheblich zu erhöhen. Demzufolge stehen in einem derartigen Verdunstungskühlturm drei Stoffströme thermodynamisch in Kontakt, die je nach Ausführungsform im Gleich- und/oder Gegen- und/oder Kreuzstrom zueinander geführt werden.

Eine entscheidende Zielgröße bei der Auslegung derartiger Verdunstungskühltürme ist eine möglichst niedrige Austrittstemperatur des Fluids, die jedoch durch die Temperatur des eingesetzten Kühlmittels, also der Luft, physikalisch begrenzt ist. Dieser Grenzwert wird bei zusätzlicher Anwendung der Verdunstungskühlung durch die Feuchtlufttemperatur, die deutlich niedriger als die Trockenlufttemperatur ist, bestimmt. Insbesondere bei höheren Lufttemperaturen im Sommer kann die Fluidaustrittstemperatur mit relativ einfachen technischen Mitteln herabgesetzt werden, indem zusätzlich Wasser in den Kühlluftstrom eingedüst wird. Die fein verteilten Wassertropfen verdunsten zum größten Teil und führen zu einer Abkühlung der Luft und somit zu einer verbesserten Kühlung des Fluids im Wärmetauscher.

Bei einer anderen Ausführungsform wird eine größere Wassermenge oberhalb des Wärmetauschers mittels Sprühdüsen oder Rinnen möglichst gleichmäßig verteilt. Das Wasser rieselt über die Rohre des Wärmetauschers nach unten und wird in der Kühlturmwanne gesammelt. Anschließend wird dieses Besprüh- oder Sekundärwasser mittels einer Pumpe wieder nach oben zur Wasserverteilung gefördert. Auf der Oberfläche der Wärmetauscherrohre bildet sich ein Wasserfilm und in den Zwischenräumen Wassertropfen und -strähnen, von deren Oberflächen eine kleine Wassermenge in den Kühlluftstrom hinein verdunstet. Der Verdunstungsverlust muß durch Zusatzwasser ständig ergänzt werden. Die in den Verdunstungskühlturm einströmende Kühlluft erfährt eine Temperaturänderung, wird mit Wasserdampf angereichert und schließlich wieder an die Umgebung abgeführt. Sie entzieht hierbei dem Wasserfilm auf den Wärmetauscherrohren Wärme, so daß das im Inneren der Rohre strömende Fluid gekühlt oder kondensiert wird. Bei einer derartigen Verdunstungskühlung in einem Verdunstungskühlturm handelt es sich somit um einen kombinierten Wärme- und Stofftransportprozeß, der aufgrund seiner sehr komplexen Natur eine sichere Leistungsbestimmung nur nach Durchführung aufwendiger Untersuchungen zuläßt.

Der berieselte Wärmetauscher besteht vorzugsweise aus glatten, unberippten Rohren, die abweisend gegen äußere Verschmutzung sind und eine hohe flächenspezifische Übertragungsleistung aufweisen. Die Rohre werden kostengünstig zu Schlangen verarbeitet und an Verteil- und Sammelleitungen für das innere Fluid angeschlossen. Die unmittelbar nebeneinander liegenden, geraden Rohrabchnitte der Rohrschlangen werden in thermodynamisch vorteilhafter Weise zueinander vertikal versetzt angeordnet, wobei größere mit kleineren Abständen alternieren. Diese werden als vertikale Teilungen bezeichnet.

Um bei derartigen Verdunstungskühltürmen eine höhere flächenspezifische Wärmeübertragungsrate zu erzielen, halten benachbarte Rohrschlangen des aus EP 0 007 829 B1 bekannten Verdunstungskühlturmes eine bestimmte Distanz in Horizontalrichtung zueinander ein. Die einander nicht berührenden Rohrschlangen weisen eine bevorzugte Rohrgeometrie mit einem äußeren Rohrdurchmesser von 26,7 mm sowie einem inneren Biegeradius von 53,2 mm auf. Daraus ergibt sich eine mittlere, vertikale Teilung von Rohrmitte zu Rohrmitte der benachbarten Rohre von 66,5 mm (innerer Biegeradius plus halber Außenrohrdurchmesser). Das entspricht etwa dem 2,5 fachen des äußeren Rohrdurchmessers.

Nach dem Stand der Technik werden für die beschriebenen Rohrschlangen-Wärmetauscher bevorzugt Rohre mit einem relativ großen Außen-

durchmesser von etwa 25 bis 30 mm gewählt. Dadurch läßt sich der Fertigungsaufwand verringern, da im Vergleich zu kleineren Rohrdurchmessern bei gleicher Wärmetauscheroberfläche pro Kühlturmquerschnitt eine geringere Anzahl an Rohren und Rohrschlangen benötigt wird.

Der im Verdunstungskühlturm der EP 0 272 766 B1 beschriebene Rohrschlangen-Wärmetauscher verwendet dagegen elliptische Rohre für die geraden Rohrabchnitte, die ebenfalls einen bevorzugten Abstand zueinander in Horizontalrichtung aufweisen.

Dem Stand der Technik ist somit zu entnehmen, daß eine hohe flächenspezifische Wärmeübertragungsrate der Wärmetauscher in Rohrschlangenbauform dann erreicht wird, wenn die nebeneinander liegenden, benachbarten Rohrschlangen eine bestimmte, jedoch nicht allzu große Distanz zueinander aufweisen, und zwar unabhängig davon, welche Rohrform oder welcher Rohrdurchmesser verwendet wird. Weiterhin wird beim bekannten Stand der Technik eine möglichst große vertikale Teilung der Rohre gewählt. Dies erfolgt einerseits aus fertigungstechnischer Sicht, da zu klein gewählte Biegeradien zum Einknicken oder anderen unerwünschten Verformungen der Rohrbögen führen. Andererseits sind die Wassertropfen zwischen den Rohren in nicht unerheblichem Maße am bereits geschilderten Wärme- und Stofftransportprozeß und somit an der Leistungsfähigkeit des Wärmetauschers beteiligt, wobei es offensichtlich ist, daß mit größeren horizontalen und vertikalen Teilungen größere Räume für die Bildung von Tropfen geschaffen werden und damit die gesamte Oberfläche aller Tropfen vergrößert wird. Eine vergrößerte Oberfläche des Rieselwassers zur Luft hat - so die gängige Lehrmeinung - eine vergrößerte Wärmeübertragungsleistung des Verdunstungskühlturms zur Folge.

Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, bei einem Verdunstungskühlturm der eingangs beschriebenen Art die flächenspezifische Übertragungsleistung zu erhöhen bzw. eine Verringerung der benötigten Oberfläche des Wärmetauschers und damit des eingesetzten Materials zu erreichen, ohne daß ein höherer luftseitiger Druckverlust und damit eine erhöhte Ventilatorleistung in Kauf genommen werden muß.

Die **Lösung** dieser Aufgabenstellung durch die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Außendurchmesser der die Rohrschlangen bildenden Rohre kleiner 25 mm die geraden Rohrabchnitte der unmittelbar nebeneinander liegenden Rohrschlangen mit einer mittleren, vertikalen Rohrteilung von Rohrmitte zu Rohrmitte zwischen dem Ein- und Zweifachen des äußeren Rohrdurchmessers ausgebildet sind.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung entspricht der vertikale Abstand von Rohrmitte zu Rohrmitte der zu einer Rohrschlange gehörenden geraden Rohrabchnitte dem Doppelten der vertikalen Rohrteilung. Hierdurch ergibt sich auf die Querschnittsfläche rechtwinklig zur Längsrichtung der geraden Rohrabchnitte bezogen eine gleichmäßige Rohranordnung aller Rohre des Wärmetauschers mit dem Ergebnis einer kompakten Bauweise und einer erhöhten Leistungsfähigkeit.

Das am untersten Punkt des Rohrquerschnittes abtropfende Rieselwasser hat im erfindungsgemäßen Rohrschlangen-Wärmetauscher eine wesentlich kürzere Wegstrecke bis zum Auftreffen auf das in der gleichen vertikalen Ebene unmittelbar darunter liegende Rohr zurückzulegen. Mit der vertikalen Teilung verringert sich im erheblichen Maße die Anzahl der Rieselwassertropfen, so daß die gesamte wärme- und stoffübertragende Oberfläche des Rieselwassers ebenfalls abnimmt. Selbstverständlich hat in Übereinstimmung mit der gängigen Lehrmeinung die Reduzierung der gesamten Rieselwasseroberfläche auch eine Reduzierung der Wärmeübertragungsleistung des Verdunstungskühlturms zur Folge.

Der Leistungsbeitrag der Tropfen, die sich zwischen den Rohrreihen befinden, wurde jedoch bisher stark überschätzt. Eine Rohrreihe faßt hierbei die geraden Rohrabchnitte zusammen, die in der gleichen horizontalen Ebene liegen. Es wurde festgestellt, daß eine Tropfenreduzierung in diesen rohrfreien Zwischenräumen nur eine geringe Reduzierung der gesamten Wärmeübertragungsleistung zur Folge hat. Das wird aber durch den stark anwachsenden Verdunstungsstrom, der von den Rieseloberflächen der einzelnen Rohre an die umströmende Luft abgegeben wird, mehr als kompensiert. Die in vertikaler Richtung enger aneinander gerückten Rohre verursachen eine gleichmäßigere und intensivere Umströmung der Rohre, was zur Erhöhung der Verdunstungsrate, die als Verdunstungsstrom pro Übertragungsfläche definiert wird, führt. Es hat sich in dieser Hinsicht weiterhin als vorteilhaft erwiesen, die vertikale Teilung möglichst gleichmäßig auszubilden. Die Verdunstungsrate wird durch die Wahl kleinerer Rohraußendurchmesser in einer bisher unbekannten Größenordnung verstärkt, so daß die erwünschte Erhöhung der flächenspezifischen Übertragungsleistung des Rohrschlangen-Wärmetauschers erreicht wird.

Weiterhin wird durch die verringerte Tropfenanzahl zwischen den Rohren der luftseitige Druckverlust reduziert, so daß der Luftdurchsatz erhöht werden kann. Das hat eine weitere Erhöhung der gesamten Übertragungsleistung zur Folge.

Bei bevorzugten Ausführungen der Erfindung entspricht die vertikale Rohrteilung der Rohre dem Einfachen des Außendurchmessers. Die Rohre

können erfindungsgemäß auch eine ovale Querschnittsform aufweisen. Schließlich können die Rohre berippt sein.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verdunstungskühlturms dargestellt, und zwar zeigen:

- Fig. 1 eine schematische, teilweise geschnittene Seitenansicht eines mit einem Rohrschlangen-Wärmetauscher ausgestatteten Verdunstungskühlturms;
- Fig. 2 einen Schnitt durch den Verdunstungskühlturm gemäß der Schnittlinie II - II in Fig. 1;
- Fig. 3 einige mit Luft und Rieselwasser beaufschlagte, gerade Rohrabchnitte gemäß einem teilweisen Querschnitt durch den Rohrschlangen-Wärmetauscher in Fig. 1;
- Fig. 4 eine vergrößerte Darstellung des Rohrschlangen-Wärmetauschers gemäß Fig. 2;
- Fig. 5 einen modifizierten Rohrschlangen-Wärmetauscher gemäß Fig. 4;
- Fig. 6 eine weiter modifizierte Rohrschlangeanordnung des erfindungsgemäßen Rohrschlangen-Wärmetauschers gemäß Fig. 4;
- Fig. 7 einen vergrößert dargestellten Teilschnitt durch einige Schlangen des Rohrschlangen-Wärmetauschers gemäß der Schnittlinie VII - VII in Fig. 4 bzw. Fig. 5;
- Fig. 8 einen der Fig. 7 entsprechenden Teilschnitt einer Rohrgeometrie nach dem Stand der Technik und
- Fig. 9 ein Diagramm mit dem Flächenbedarf des erfindungsgemäßen Rohrschlangen-Wärmetauschers als Funktion des Rohrdurchmessers und der vertikalen Rohrteilung.

Der schematisch in den Fig. 1 und 2 dargestellte Verdunstungskühlturm dient zur Kühlung oder Kondensation von Fluiden und ist zu diesem Zweck mit einem Rohrschlangen-Wärmetauscher 1 ausgestattet. Dieser besteht im wesentlichen aus einer Mehrzahl von Rohrschlangen 2a und 2b, die in vertikalen Ebenen liegend ohne Abstand dicht nebeneinander angeordnet sind. Die Rohrschlangen 2b sind in alternierender Folge zu den Rohrschlangen 2a in vertikaler Richtung versetzt. Jede Rohrschlange 2a und 2b wird im Ausführungsbeispiel jeweils durch sechs parallel zueinander und im gleichen Abstand übereinander liegende gerade Rohrabchnitte 3a und 3b und diese miteinander verbindende Rohrbögen 4a und 4b gebildet, vgl. Fig. 2. Es ergeben sich somit zwölf vertikal übereinander angeordnete Rohrreihen, wobei eine Rohrreihe jeweils die in einer horizontalen Ebene

nebeneinander liegenden geraden Rohrabchnitte 3a sowie 3b zusammenfaßt.

Sämtliche Rohrschlangen 2a und 2b sind an einen kastenförmigen Verteiler 5 und einen Sammler 6 angeschlossen. Das zu kühlende bzw. zu kodensierende Fluid wird durch einen Eintrittsstutzen 7 dem Verteiler 5 zugeführt und durch diesen auf die einzelnen Rohrschlangen 2a und 2b verteilt. Die einzelnen Teilströme werden anschließend durch den Sammler 6 wieder zusammengeführt. An diesem ist ein Austrittsstutzen 8 angeschlossen, durch den das gekühlte bzw. kondensierte Fluid abfließt.

Die Kühlung des Fluids in den einzelnen Rohrschlangen 2a und 2b des Rohrschlangen-Wärmetauschers 1 erfolgt durch Luft. Dazu treibt ein Motor 9 über einen Keilriemen 10 einen Radialventilator 11 an, der aus der Umgebung gemäß den in den Fig. 1 und 2 eingezeichneten Pfeilen die Kühlluft ansaugt. Diese wird durch die Austrittsöffnung 12 des Radialventilators 11 in den Verteilraum 13 gedrückt, um sie den einzelnen Rohrschlangen 2a und 2b von unten zuzuführen. Zu diesem Zweck weist der Verdunstungskühlturm nach außen abschließende Gehäusewände 14 auf.

Die Rohrschlangen 2a und 2b des Rohrschlangen-Wärmetauschers 1 werden zusätzlich mit Wasser beaufschlagt, um die Kühlwirkung der Luft durch Anwendung der Verdunstungskühlung zu erhöhen. Das Wasser wird aus dem Reservoir einer Kühlturmwanne 15 mit einer Pumpe 16 angesaugt und über eine Steigleitung 17 der Düsenwasserverteilung 18 zugeführt. Diese besteht aus mehreren nicht näher dargestellten Rohren und daran angebrachten Düsen, um das Wasser über dem Rohrschlangen-Wärmetauscher 1 zu verteilen.

Das Wasser wird in eine Vielzahl von Tropfen versprüht, die nach dem Auftreffen auf den äußeren Oberflächen der geraden, horizontal verlaufenden Rohrabchnitte 3a und 3b gemäß Fig. 3 dünne, nach unten ablaufende Rieselfilme 19 ausbilden. Am untersten Punkt 20 des jeweiligen Rohrquerschnittes fließt das Rieselwasser in Form von Tropfen ab und fällt durch eine zwischen den Rohren gebildete horizontale Ebene 21, wobei die Tropfen von der entgegenströmenden Luft weiter zerteilt und in den Rohrzwischenräumen verteilt werden. Die Tropfen treffen anschließend auf die unmittelbar darunter liegenden Rohre auf, wo weitere Rieselfilme 19 gebildet werden. Das setzt sich von Rohr zu Rohr weiter fort.

Die Tropfen von den untersten Rohren des Rohrschlangen-Wärmetauschers 1 fallen gemäß Fig. 1 und 2 in den Verteilraum 13 und werden schließlich in der Kühlturmwanne 15 gesammelt. Auf dem Weg von der Verteilung bis zur Sammlung verdunstet von den Oberflächen der Rieseltropfen und -filme Wasser in den entgegenströ-

menden Luftstrom hinein. Die mit Wasserdampf stark angereicherte Luft durchströmt abschließend einen Tropfenabscheider 22, der mitgerissene Wassertropfen zurückhält, und verläßt dann den Verdunstungskühlturm. Der entstandene Verdunstungsverlust wird gemäß Fig. 2 durch Zusatzwasser über die Leitung 23 ständig ergänzt.

In Fig. 4 ist der Rohrschlangen-Wärmetauscher 1 gemäß den Fig. 1 und 2 vergrößert dargestellt, um wesentliche konstruktive Details besser erkennen zu können. Die geraden Rohrabschnitte 3a und 3b werden mit vorgefertigten Rohrbögen 4a und 4b z.B. durch Verschweißen verbunden, um Rohrschlangen 2a und 2b zu erhalten, die eine gleichmäßige vertikale Teilung s_2 zwischen den geraden Rohrabschnitten 3a und 3b aufweisen (siehe Fig. 7). Im Ausführungsbeispiel entspricht dieser Wert dem 1,5 fachen des äußeren Rohrdurchmessers d_A und ist gleich dem Radius der Rohrbögen 4a und 4b bis zur Rohrmitte. Die Rohrschlangen 2a und 2b werden durch horizontal verlaufende, streifenförmige Stützelemente 24, die ihrerseits an einem äußeren, massiven Stützrahmen 25 befestigt sind, mehrfach abgestützt und in ihrer räumlichen Lage positioniert.

In Fig. 5 ist eine modifizierte Rohrschlange- ausbildung des Rohrschlangen-Wärmetauschers 1 gemäß Fig. 1,2 und 4 dargestellt. Hierbei werden die geraden Rohrabschnitte 3a und 3b nicht mit Rohrbögen, sondern mit kurzen, geraden Rohrstücken 26a und 26b verbunden. Die Rohrenden werden zu diesem Zweck unter einem 45° -Winkel angeschnitten. Die geraden Rohrstücke 26a und 26b sind besonders einfach herzustellen und deshalb kostengünstiger gegenüber den vorgefertigten Rohrbögen 4a und 4b gemäß Fig. 4. Sie erlauben außerdem, die mittlere vertikale Teilung der geraden Rohrabschnitte 3a und 3b zueinander problemlos auf den noch günstigeren 1,0 fachen Wert des äußeren Rohrdurchmessers zu reduzieren.

Das Ziel einer maximalen Wärmeübertragungsleistung des Verdunstungskühlturms bedingt die Wahl eines äußeren Rohrdurchmessers, der kleiner 25 mm ist. Das kann dazu führen, daß die Fluidgeschwindigkeit in den Rohren zu groß wird. Ein weiteres Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 zeigt für diese Fälle eine Anordnung von Rohrschlangen, die in vertikaler Richtung ineinander verschachtelt sind. An den kastenförmigen Verteiler 28 und an den gleichartigen Sammler 29 werden die Rohrschlangen mit jeweils vier Rohrreihen angeschlossen. Das entspricht gegenüber den bisherigen Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 2,4 und 5 einer Verdoppelung, so daß die innere Fluidgeschwindigkeit halbiert wird.

In Fig. 7 sind anhand einer Vergrößerung des Rohrschlangen-Wärmetauschers 1 gemäß den Fig. 4 und 5 einige Rohrschlangenabschnitte mit den

bevorzugten geometrischen Verhältnissen im Querschnitt dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt der äußere Rohrdurchmesser d_A 18 mm; der innere Rohrdurchmesser d_i 15 mm; die mittlere horizontale Teilung s_1 37 mm und die mittlere vertikale Teilung s_2 , die hier gleich dem Biegeradius r_B ist, 27 mm. Die vertikale Teilung s_2 ist gleichmäßig ausgebildet und entspricht hier dem 1,5 fachen des äußeren Rohrdurchmessers d_A .

Dieser Darstellung in Fig. 7 wird mit Fig. 8 eine dem Stand der Technik entsprechende Anordnung gegenübergestellt, die einen äußeren Rohrdurchmesser d_A von 26 mm und eine vertikale Teilung s_2 als Mittelwert aus den beiden vertikalen Versätzen s_{2a} und s_{2b} von 65 mm aufweist. Das entspricht dem 2,5 fachen des äußeren Rohrdurchmessers d_A .

Das Diagramm der Fig. 9 zeigt bei konstanter Kühlleistung die Kurvenverläufe für die benötigte Oberfläche eines mit Luft beaufschlagten und zusätzlich mit Wasser berieselten Rohrschlangen-Wärmetauschers 1 gemäß Fig. 1 bis 6 in Abhängigkeit von seinen geometrischen Daten. Ausgangspunkt der Betrachtung stellt eine dem bekannten Stand der Technik entsprechende geometrische Anordnung gemäß Fig. 8 dar, die durch einen Außenrohrdurchmesser von 26 mm und ein vertikales Teilungsverhältnis von 2,5 charakterisiert wird. Zur Bewältigung der Kühlleistung wird bei dieser Rohrgeometrie eine definierte Oberfläche des Rohrschlangen-Wärmetauschers von 100 % benötigt.

Verfolgt man die oberen Kurvenverläufe, die das Leistungsverhalten bei den bekannten vertikalen Teilungsverhältnissen von 2,0 bis 3,0 darstellen, so ist eine Verringerung der benötigten Wärmetauscheroberfläche erst bei relativ kleinen Rohrdurchmessern festzustellen. Die so erzielbare Materialeinsparung ist jedoch in Anbetracht der größeren Anzahl benötigter Rohre, die einen erhöhten Fertigungsaufwand bedeuten, nicht ausreichend.

Es ist in diesem Diagramm weiterhin deutlich zu erkennen, daß bei den bisher verwendeten Rohrdurchmessern von mehr als 25 mm, das erfindungsgemäße vertikale Rohrteilungsverhältnis nur eine marginale Verringerung der benötigten Wärmetauscheroberfläche bewirkt. Erst bei Rohrdurchmessern kleiner als 25 mm wird eine signifikante Wirkung erzielt. Die benötigte Oberfläche fällt bei einer vertikalen Teilung kleiner als dem 2,0 fachen des Rohrdurchmessers mit kleiner werdendem Rohrdurchmesser besonders stark ab. Die Kurven verlaufen allerdings bei Rohrdurchmessern kleiner 16 mm wieder flacher. Weiterhin wurde festgestellt, daß eine noch kleinere vertikale Teilung als das 1,0 fache des äußeren Rohrdurchmessers wieder zu einer Verringerung der Leistungsfähigkeit des Wärmetauschers führt, da infolge der dann sehr nahe

aneinandergerückten Rohre ein steiler Anstieg des luftseitigen Druckverlustes zu verzeichnen ist.

Diese grundsätzlichen Ergebnisse gelten auch für berippte Rohre und für Rohrformen, die von der Kreisform abweichen, wie z.B. das Ovalrohr. In diesen Fällen ist als Beurteilungsmaßstab der hydraulische Durchmesser anzusetzen.

Bezugszeichenliste:

1	Rohrschlangen-Wärmetauscher
2a	Rohrschlange
2b	Rohrschlange
3a	Rohrabschnitt
3b	Rohrabschnitt
4a	Rohrbogen
4b	Rohrbogen
5	Verteiler
6	Sammler
7	Eintrittsstutzen
8	Austrittsstutzen
9	Motor
10	Keilriemen
11	Radialventilator
12	Austrittsöffnung
13	Verteilraum
14	Gehäusewand
15	Kühlturmwanne
16	Pumpe
17	Steigleitung
18	Düsenwasserverteilung
19	Rieselfilm
20	unterster Punkt
21	Ebene
22	Tropfenabscheider
23	Leitung
24	Stützelement
25	Stützrahmen
26a	Rohrstück
26b	Rohrstück
28	Verteiler
29	Sammler
d_A	äußerer Rohrdurchmesser
d_i	innerer Rohrdurchmesser
r_B	Biegeradius
s_1	horizontale Teilung
s_2	vertikale Teilung
s_{2a}	vertikaler Versatz
s_{2b}	vertikaler Versatz

Patentansprüche

1. Verdunstungskühlturm zur Kühlung oder Kondensation von Fluiden mittels Kühlluft mit mindestens einem zusätzlich mit Wasser beaufschlagten Rohrschlangen-Wärmetauscher, dessen aus geraden Rohrabschnitten und aus diese Rohrabschnitte verbindenden Rohrbögen

bestehende Rohrschlangen derart mit ihrem Anfang an einen Verteiler und mit ihrem Ende an einen Sammler angeschlossen sind, daß die geraden, im wesentlichen horizontal verlaufenden und in derselben Ebene liegenden Rohrabschnitte benachbarter Rohrschlangen mit einer Teilung zwischen dem Ein- und Dreifachen ihres Außendurchmessers angeordnet sind, wobei unmittelbar nebeneinander liegende, gerade Rohrabschnitte in Strömungsrichtung des die Rohrschlangen beaufschlagenden Wassers zueinander versetzt sind,

dadurch gekennzeichnet,

daß bei einem Außendurchmesser (d_A) der die Rohrschlangen (2a,2b) bildenden Rohre kleiner 25 mm die geraden Rohrabschnitte (3a,3b) der unmittelbar nebeneinander liegenden Rohrschlangen (2a,2b) mit einer mittleren vertikalen Rohrteilung (s_2) von Rohrmitte zu Rohrmitte zwischen dem Ein- und Zweifachen des Außendurchmessers (d_A) ausgebildet sind.

2. Verdunstungskühlturm nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der vertikale Abstand von Rohrmitte zu Rohrmitte der zu einer Rohrschlange (2a bzw. 2b) gehörenden geraden Rohrabschnitte (3a bzw. 3b) dem Doppelten der vertikalen Rohrteilung (s_2) entspricht.

3. Verdunstungskühlturm nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vertikale Rohrteilung (s_2) der Rohre dem Einfachen des Außendurchmessers (d_A) entspricht.

4. Verdunstungskühlturm nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohre eine ovale Querschnittsform aufweisen.

5. Verdunstungskühlturm nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohre berippt sind.

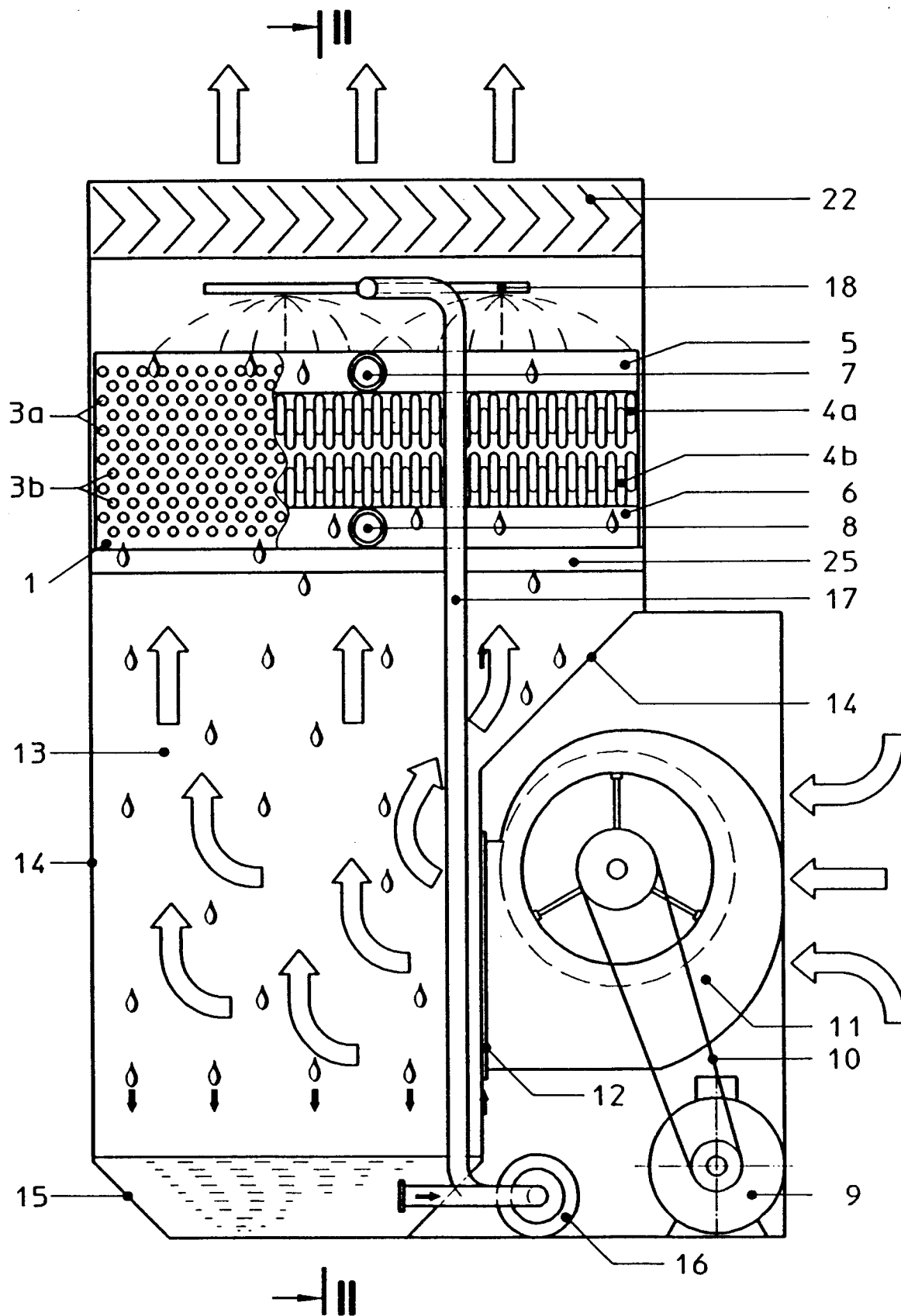


Fig. 1

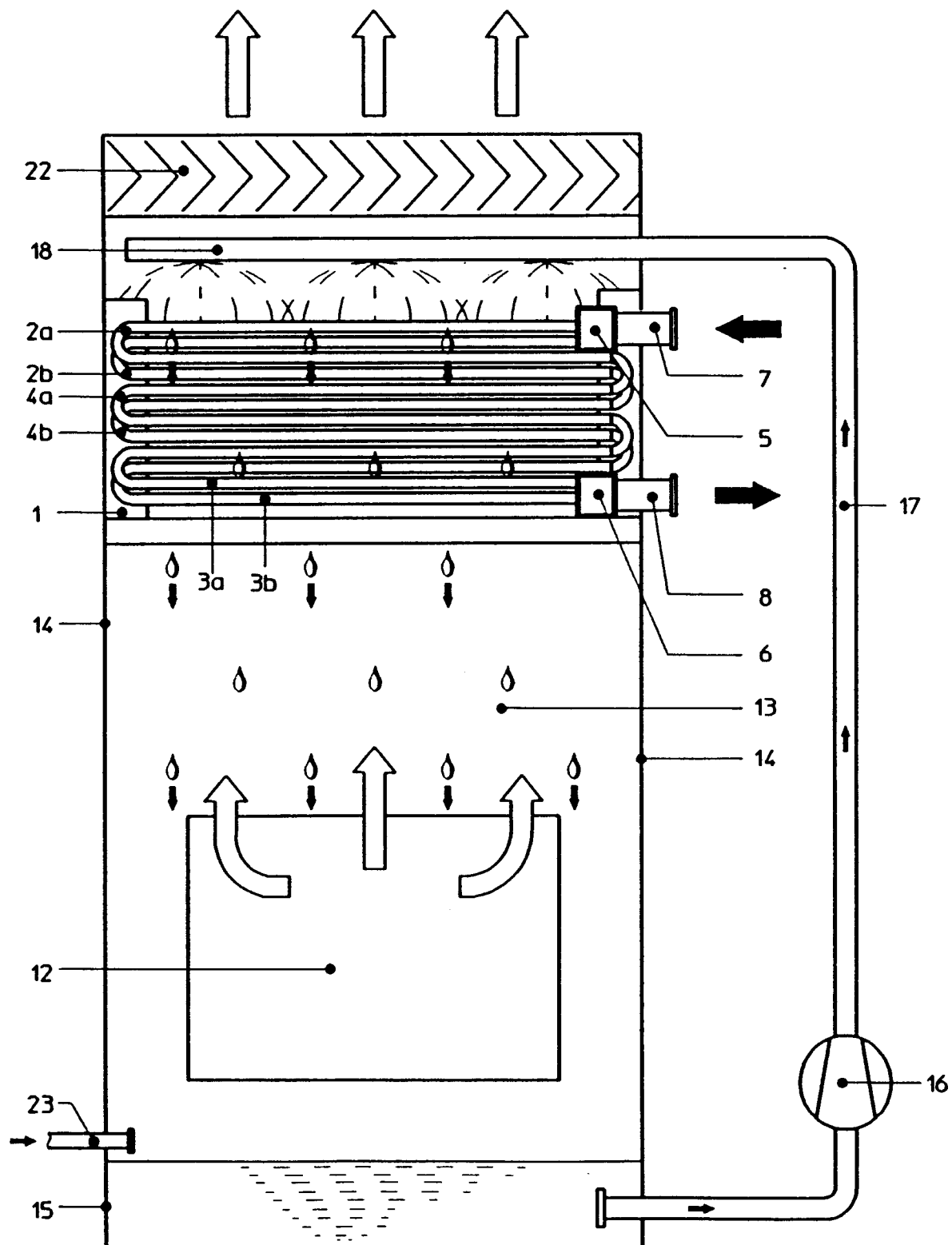
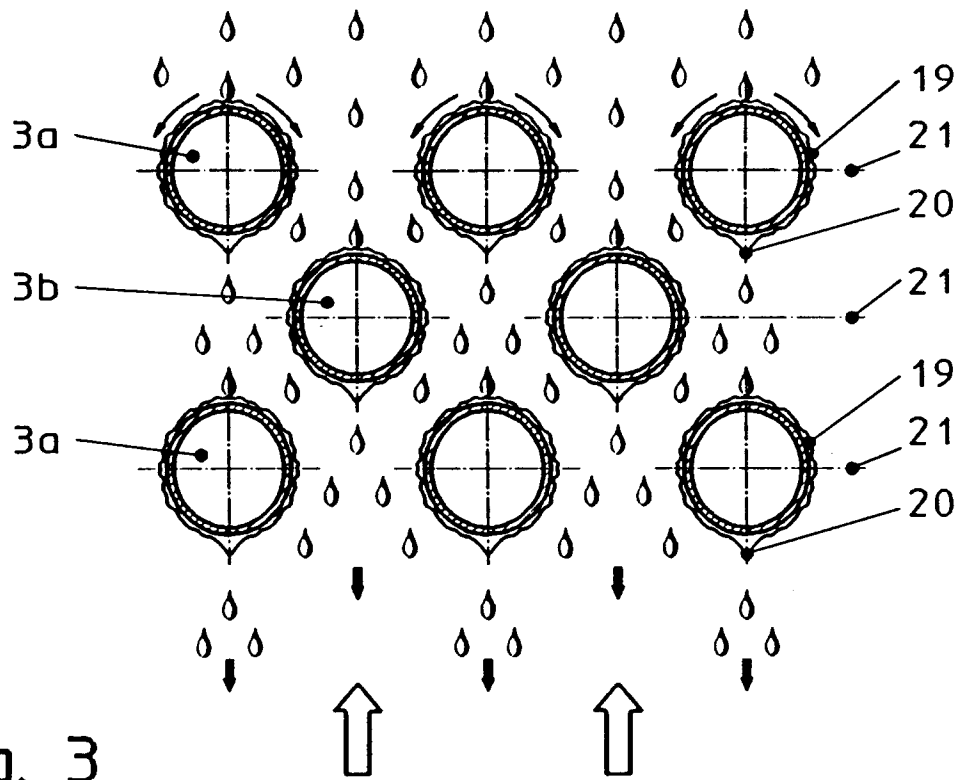
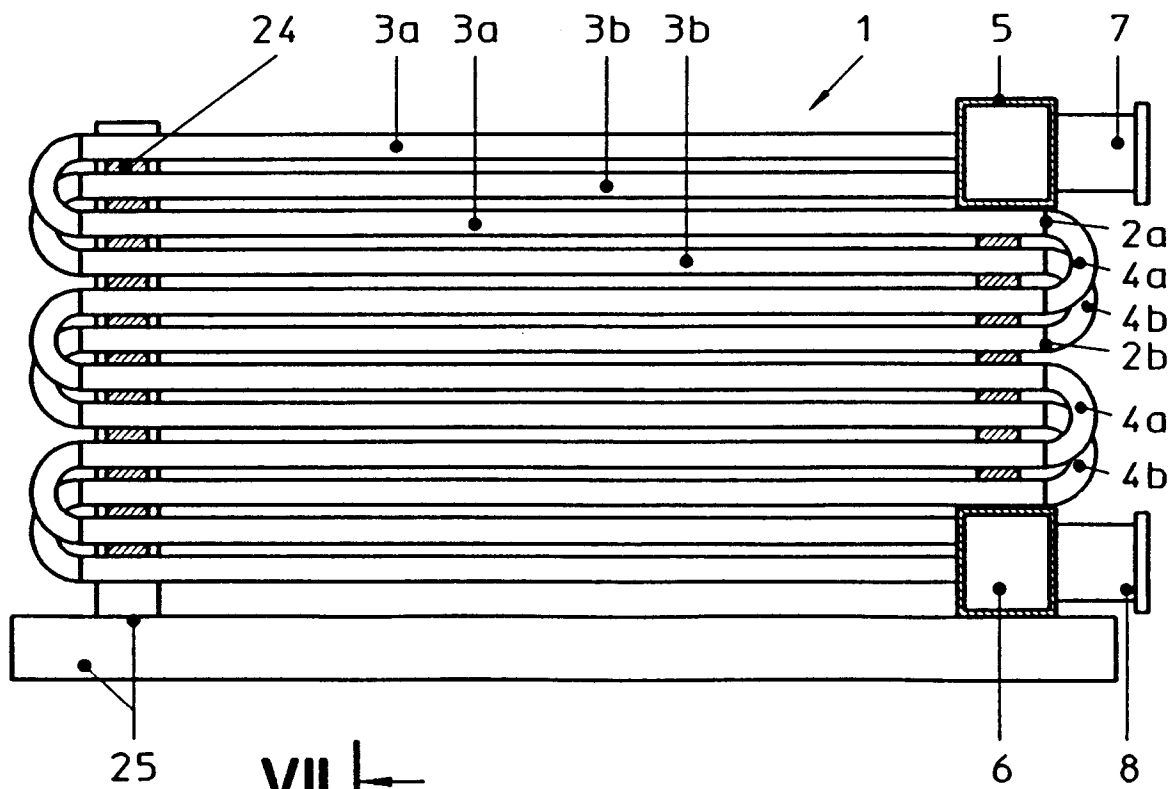


Fig. 2



VII



VII

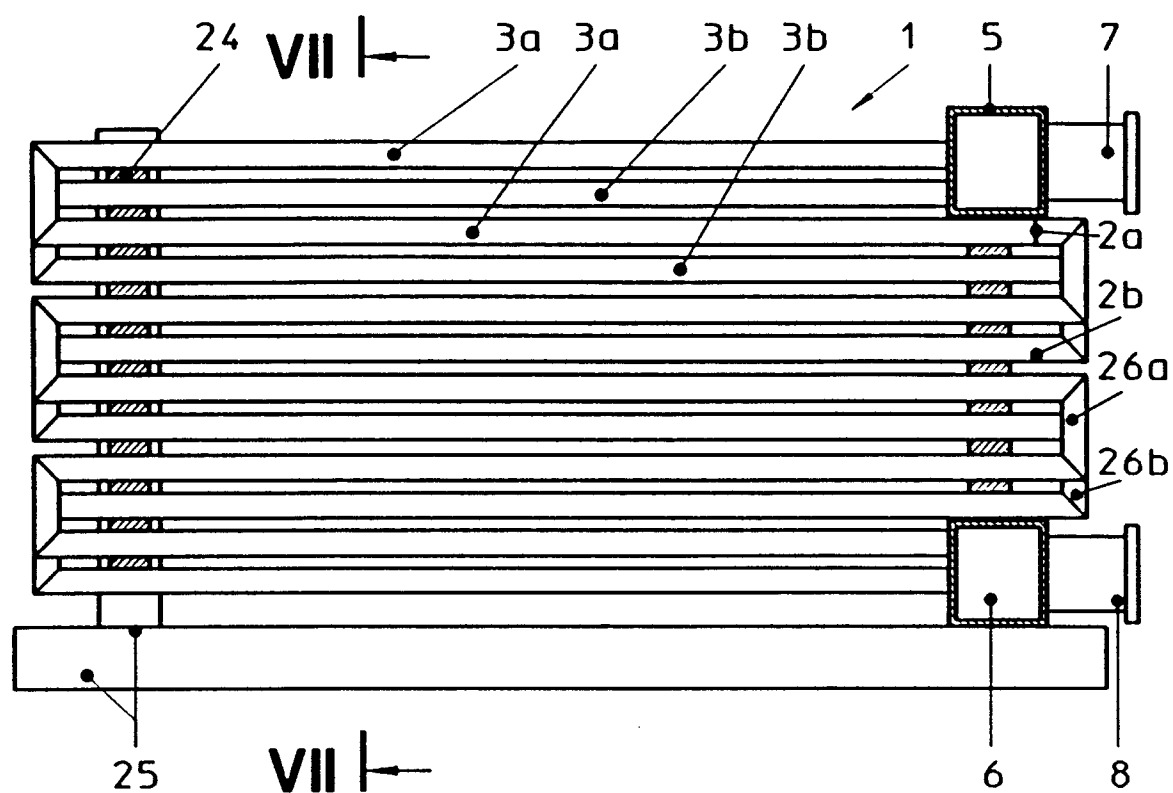


Fig. 5

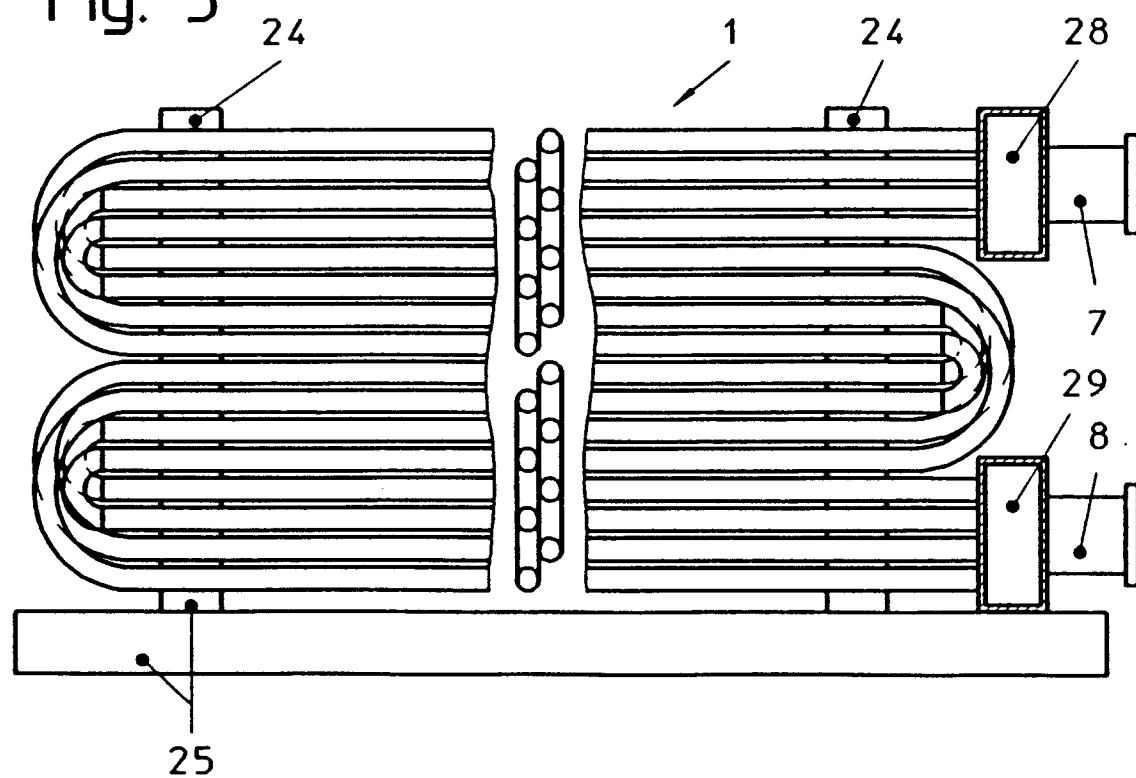


Fig. 6

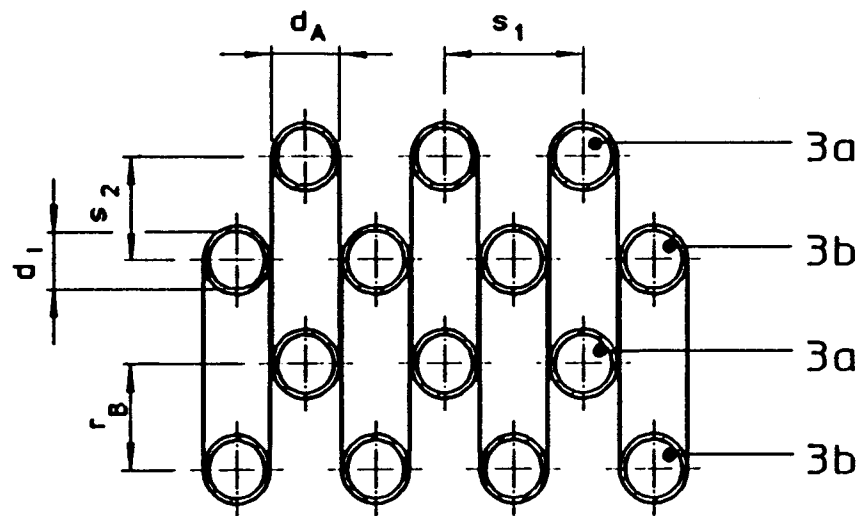


Fig. 7

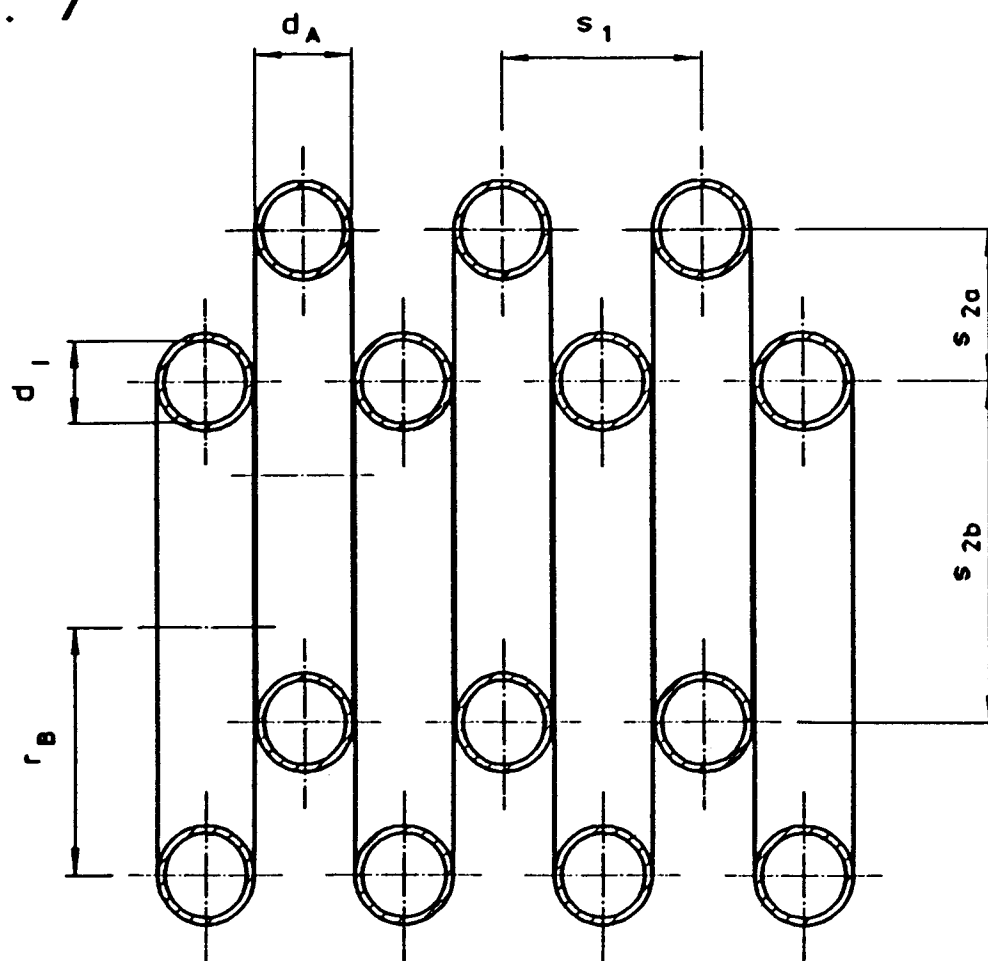
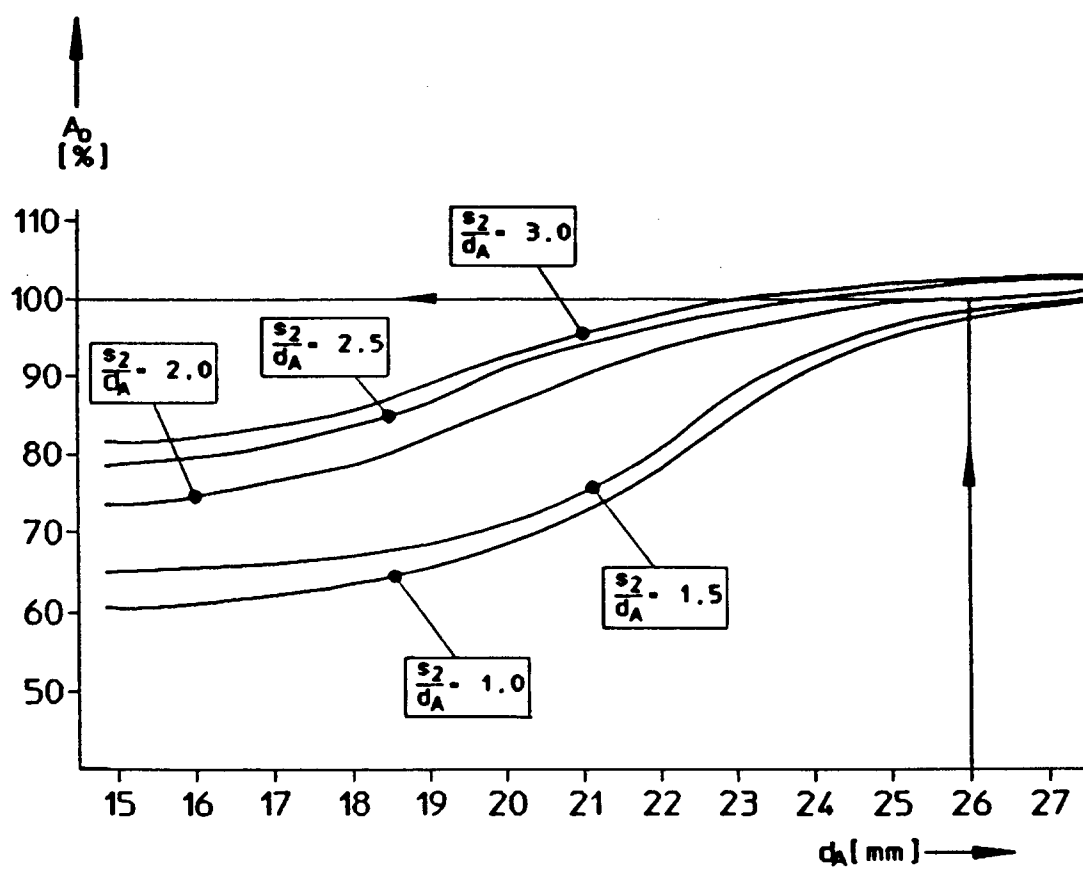


Fig. 8

(Stand der Technik)

Fig. 9





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 8900

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	DE-U-89 07 113 (KUEBLER) * Seite 8; Abbildungen 4,5 * ---	1-3	F28D5/02 F28D5/00
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6 no. 232 (M-172) [1110] , 18. November 1982 & JP-A-57 131987 (KOGYO GIJUTSUIN) * Zusammenfassung * ---	1-3	
A	EP-A-0 119 934 (BERTIN) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * ---	1,5	
A,D	EP-A-0 272 766 (EVAPCO) * Zusammenfassung; Abbildung 5 * ---	1,4	
A,D	EP-A-0 007 829 (BALTIMORE AIRCOIL) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F28D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 14. September 1995	Prüfer Flores, E
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	