



Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer:

391 541 B

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 3972/84

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : F22B 37/70

(22) Anmeldetag: 14.12.1984

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 4.1990

(45) Ausgabetag: 25.10.1990

(30) Priorität:

12. 3.1984 DE 3408981 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

AT-PS 266875 DE-OS1806712 GB-PS1205183 GB-PS2102105

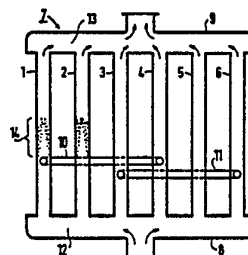
(73) Patentinhaber:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
BERLIN (WEST) + MÜNCHEN (DE).

## (54) DAMPFERZEUGER MIT PARALLELGESCHALTETEN VERDAMPFERROHREN

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Dampferzeuger (7, 16) mit parallelgeschalteten, von einem gemeinsamen Eintrittssammler (8, 39) ausgehenden und in einen gemeinsamen Austrittssammler (9, 40) mündenden Verdampferrohren. Bei solchen Dampferzeugern kommt es zwischen einzelnen Rohren bei bestimmten Betriebszuständen zu erheblichen Temperaturschwankungen, die mitunter zur Zerstörung des Dampferzeugers führen. Um diese Temperaturschwankungen zu vermindern, sieht die Erfindung vor, daß Verdampferrohre (1 bis 6, 17 bis 38) in denen diese Instabilitäten auftreten, über Druckausgleichsrohre (10, 11, 43 bis 57) miteinander verbunden werden. Die Druckausgleichsrohre können Verdampferrohre miteinander verbinden, in denen die maximale Amplitude der Strömungsgeschwindigkeit um annähernd 180° gegeneinanderphasenverschoben ist.

Ein erfindungsgemäßer Dampferzeuger ist insbesondere für den Einsatz in Großfeuerungsanlagen geeignet.



AT 391 541 B

Die Erfindung bezieht sich auf einen Dampferzeuger mit parallelgeschalteten, von einem gemeinsamen Eintrittssammler ausgehenden und in einen gemeinsamen Austrittssammler mündenden Verdampferrohren einer Rohrwand.

5 Dampferzeuger dieser Art sind z. B. als Zwangsdurchlaufdampferzeuger in Kraftwerken und in der chemischen Industrie zur Erzeugung von Prozeßdampf im Einsatz. Beim Betrieb solcher Dampferzeuger werden bei bestimmten Betriebszuständen Instabilitäten beobachtet. Diese Instabilitäten äußern sich durch starke periodische Schwankungen der Wandtemperatur einzelner Verdampferrohre. Sie können solche Ausmaße annehmen, daß es zu Rohrreißen kommen kann. Die Ursachen sind weitgehend unbekannt. Es wird vermutet, daß zeitliche Schwankungen der Strömungsgeschwindigkeit des Mediums im Innern der Verdampferrohre die Wärmeableitung bzw. Kühlung der Verdampferrohre zeitlich verändern.

10 Um diese höchst unerwünschten dynamischen Instabilitäten zu vermindern, hat man bisher schon den Eintrittsquerschnitt aller parallelgeschalteten Verdampferrohre gedrosselt. Dies brachte zwar eine Dämpfung der Instabilitäten, aber dafür mußte ein erhöhter Druckverlust und damit ein erhöhter Energiebedarf für die Speisewasserversorgung in Kauf genommen werden. Auch hat man schon versucht, die Wärmezufuhr in den Bereichen, wo Schäden auftraten, durch Abdecken der Verdampferrohre zu vermindern. Aber durch das Abdecken verringert sich zugleich auch die an sich erwünschte Wärmeaufnahme des Verdampfers. Darüber hinaus kann die ungekühlte, sehr heiße Abdeckung bei Feuerungsstörungen Verpuffungen mit entsprechenden Kesselschäden verursachen.

15 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die genannten Temperaturschwankungen und dynamischen Instabilitäten bei Parallelrohrsystemen in einer Weise zu mindern, die keine Einbußen hinsichtlich der Wärmeaufnahme und des gesamten Wirkungsgrades zur Folge hat.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Ansprüchen 2 bis 6 beschrieben.

20 Der Erfindung liegt die Annahme zugrunde, daß die die Temperaturschwankungen verursachenden zeitlichen Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeit des Mediums ihre Ursache darin haben, daß der Strömungswiderstand in den einzelnen Verdampferrohren durch die Volumenzunahme bei der Verdampfung vergrößert wird und die dadurch verminderte Strömungsgeschwindigkeit die Verdampfung wiederum fördert. Weil die Verdampferrohre an ihrem oberen und unteren Ende über den Eintrittssammler und Austrittssammler miteinander kommunizieren und weder im Eintritts- noch im Austrittssammler Druckschwankungen meßbar sind, wird davon ausgegangen, daß die Strömungsschwankungen in einzelnen Verdampferrohren um 180° gegeneinander phasenverschoben und der Massendurchsatz durch alle Verdampferrohre konstant ist. Unter diesen Voraussetzungen können die Schwingungen durch die Druckausgleichsrohre kurzgeschlossen werden.

25 Die Auswahl der mit Druckausgleichsrohren zu verbindenden Verdampferrohre wird nachträglich am im Betriebszustand befindlichen Dampferzeuger durchgeführt. Diese Auswahl erfolgt aufgrund einfacher Temperaturmessungen an der Wandung der Verdampferrohre der Rohrwand. Das Auftreten kurzzeitiger, sprunghafter Temperaturänderungen ist ein Anzeichen für eine dynamische Instabilität in den betreffenden Verdampferrohren. Ein Vergleich des zeitlichen Verlaufs und der Höhe dieser Temperaturänderungen bestimmt die Auswahl der nachträglich durch die Druckausgleichsrohre zu verbindenden Verdampferrohre der Rohrwand.

30 Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind daher unter anderem der schnelle Abbau entstehender Druckschwankungen in miteinander verbundenen Verdampferrohren, wodurch eine Vergleichmäßigung der Strömung erfolgt und schädliche Temperaturschwingungen unterbunden werden. Durch die Anbringung der Druckausgleichsrohre in den Bereichen der Verdampferrohre, in denen die Dampfbildung einsetzt, werden die Druckschwankungen annähernd am Entstehungsort ausgeglichen. Die Strömung des Mediums und damit auch die Wärmeabfuhr können so in effektiver Weise ausgeglichen werden.

35 Aus der deutschen Offenlegungsschrift 18 06 712 ist eine Rohrwand eines Dampferzeugers oder Wärmetauschers bekannt, mit miteinander verschweißten Formstücken. Diese Formstücke bilden einen Sammler, der in die Rohrwand integriert ist und in den alle Verdampferrohre der Rohrwand münden und aus dem alle Verdampferrohre dieser Rohrwand wieder austreten. Die Rohrerstreckung der Verdampferrohre der Rohrwand ist durch diesen Sammler regelrecht unterbrochen und die an seitlichen Öffnungen miteinander verschweißten Formstücke befinden sich innerhalb der Rohrwand.

40 Mit diesem Sammler in der Rohrwand wird ein Ausgleichssammler außerhalb der Rohrwand ersetzt, in den aber auch alle Verdampferrohre der Rohrwand unter Unterbrechung der Rohrerstreckung münden und von dem diese Verdampferrohre auch wieder abgehen müssen.

45 Da bei dieser bekannten Rohrwand alle Verdampferrohre - und nicht nur diskrete Verdampferrohre - der Rohrwand über den Sammler miteinander verbunden sind, wird zwar ein Temperatúrausgleich über die ganze Rohrwand erzielt, dynamische Instabilitäten in den einzelnen Verdampferrohren der Rohrwand werden jedoch nicht vermieden.

50 Aus der britischen Patentschrift 1 205 183 geht eine Einrichtung zum Messen von Druckdifferenzen in Verdampfungsrohren eines Dampferzeugers hervor. Von diesen Verdampfungsrohren abgehende Rohre enthalten Drosseln und Druckdifferenzmesser und können deshalb keinen Druckausgleich zwischen diesen Verdampfungsrohren bewirken.

Die britische Patentschrift 2 102 105 schließlich zeigt einen Dampferzeuger mit Verdampferrohren, die von

einem gemeinsamen Eintrittssammler ausgehen und in einen gemeinsamen Austrittssammler münden. Rohrteile, die jeweils ein einziges Verdampferrohr darstellen, befinden sich an verschiedenen Stellen der Rohrwand des Dampferzeugers und sind über ein Zwischenrohrteil von der einen Stelle zur anderen geführt. Beide Rohrteile sind also durch das Zwischenrohrteil gewissermaßen in Serie geschaltet. Diese Zwischenrohrteile sind also keine

Druckausgleichsrohre.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand zweier in den Figuren dargestellter Ausführungsbeispiele beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der parallelgeschalteten Verdampferrohre eines Dampferzeugers mit angeschweißten Druckausgleichsrohren,

Fig. 2 die gewinkelte Rohrwand eines modernen Dampferzeugers, mit mehreren Reihen von gegeneinander versetzten Druckausgleichsrohren und

Fig. 3 einen Querschnitt durch eine Rohrwand des Dampferzeugers der Fig. 2.

Wie aus der schematischen Darstellung der Fig. 1 hervorgeht, sind die Verdampferrohre (1) bis (6) eines Dampferzeugers (7) an einem gemeinsamen Eintrittssammler (8) angeschlossen und münden in einen gemeinsamen Austrittssammler (9). Jeweils zwei Verdampferrohre sind in ihrem unteren Drittel untereinander durch ein Druckausgleichsrohr (10), (11), verbunden. Die lichte Weite der Druckausgleichsrohre soll im Ausführungsbeispiel etwa gleich der lichten Weite der Verdampferrohre sein.

In der Darstellung der Fig. 1 ist in den linken beiden Verdampferrohren (1), (2) der Phasen Zustand des Mediums angedeutet. In die Verdampferrohre strömt über den Eintrittssammler (8) je nach Anlage vorgewärmtes oder heißes Wasser (12) ein. Dieses wird in dem unteren Teil der Verdampferrohre bis zum Siedepunkt aufgeheizt. Gewöhnlich setzt die Verdampfung im unteren Drittel der Verdampferrohre ein. Sie ist dann im oberen Drittel im wesentlichen abgeschlossen. Dort kann der Dampf (13) teilweise sogar überhitzt sein. Dieser Dampf (13) strömt aus den verschiedenen Verdampferrohren (1) bis (6) in den Austrittssammler (9) und wird von diesem meist über ein Wasserdampfbrenngefäß (nicht dargestellt) in einen Überhitzer (nicht dargestellt) geleitet. Je nach Heizleistung und Strömungsgeschwindigkeit des Mediums in den Verdampferrohren kann die Verdampfungszone (14) etwas weiter nach oben oder nach unten wandern.

Durch die etwa im unteren Drittel der Verdampferrohre eingesetzten Druckausgleichsrohre (10), (11) kann überschüssiges Volumen bei verstärkter Verdampfung und dadurch vergrößertem Strömungswiderstand in einem dieser Verdampferrohre (1), (3), (4), (6) in ein über ein Druckausgleichsrohr (10), (11) verbundenes Verdampferrohr überströmen. Durch den dadurch erzielten Druckausgleich zwischen diesen Verdampferrohren wird ein gleichmäßigeres Nachströmen von Flüssigkeit und damit eine gleichmäßigere Wärmeableitung aus den Verdampferrohren gewährleistet. Dies wiederum hat geringere Temperaturunterschiede und somit auch geringere Wärmespannungen zwischen diesen Verdampferrohren zur Folge.

Die Fig. 2 zeigt eine Rohrwand (15) eines modernen, gewinkelten, rechteckigen Dampferzeugers (16) mit schräg laufenden parallelen Verdampferrohren (17) bis (38). Bei diesen Verdampferrohren handelt es sich um sogenannte Flossenrohre, die zur Erzielung einer gasdichten Wand (15), wie in der Fig. 3 noch gezeigt wird, über ihre ganze Länge miteinander verschweißt sind. Alle Flossenrohre sind mit ihrem einen Ende an dem unteren Eintrittssammler (39) und mit ihrem anderen Ende an dem oberen Austrittssammler (40) angeschlossen. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sind in drei verschiedenen Ebenen Druckausgleichsleitungen (43) bis (57) zwischen den Verdampferrohren (20) bis (34) eingeschweißt. Diese verbinden in der untersten der drei Ebenen die gegeneinander schwingenden Verdampferrohre (19) und (23), (22) und (25), (4) und (27) in gleicher Höhe. Die in den beiden darübergelegenen Ebenen eingeschweißten Druckausgleichsrohre (47) bis (57) verbinden die gegeneinander schwingenden Verdampferrohre (22) und (25), (23) und (26), (24) und (27), (26) und (29), (27) und (30), (28) und (31), (24) und (27), (25) und (28), (26) und (29), (28) und (31), (29) und (30) auf dem kürzesten Wege.

In der Fig. 3 erkennt man den Aufbau der aus miteinander verschweißten Flossenrohren (24) bis (33) aufgebauten Rohrwand (15). Hierbei wird deutlich, daß die Flossenrohre mit ihren Flossen aneinanderstoßen und über ihre Flossen (58) bis (69) zu einer gasdichten Wand verschweißt sind. Die Druckausgleichsrohre (45), (46) sind auf der vom Feuerraum (70) abgewandten Seite der Rohrwand (15) angeschweißt.

Durch die in der Fig. 2 gezeigte Schrägstellung der Verdampferrohre wird auch bei örtlich ungleichmäßiger Wärmeaufnahme der Rohrwand, wie z. B. bei rechteckigen Feuerraumquerschnitten, eine gleichmäßige Wärmeaufnahme über alle Verdampferrohre hinweg gewährleistet.

Die in den oberen beiden Ebenen gezeigte kürzest mögliche Verbindung der Verdampferrohre über Druckausgleichsrohre (47) bis (57) hat zur Folge, daß Bereiche der Verdampferrohre miteinander verbunden werden, in denen die Ausdampfung unterschiedlich weit fortgeschritten ist. Andererseits wird so der Strömungswiderstand in den Druckausgleichsleitungen bei gegebenen Leitungsquerschnitt und der Materialaufwand minimiert. In der untersten Ebene sind beim Ausführungsbeispiel der Fig. 2 die Druckausgleichsrohre (43) bis (46) horizontal geführt und verbinden Bereiche der Verdampferrohre mit angenähert gleichem Ausdampfungsgrad. Dafür müssen jedoch etwas längere Druckausgleichsrohre und ein höherer Strömungswiderstand in denselben in Kauf genommen werden.

An sich genügt die Anbringung der Druckausgleichsrohre in einer Höhe der Verdampferrohre, in der die Dampfbildung einsetzt. Soll ein Dampferzeuger jedoch mit recht unterschiedlicher oder schwankender Last

betrieben werden, so kann es vorteilhaft sein, Druckausgleichsrohre, wie in Fig. 2 gezeigt, in unterschiedlichen Ebenen vorzusehen. Es ist auch möglich, drei oder mehr Verdampferrohre (28), (31), (33), die gegensätzlich schwingen, gleichzeitig über ein und dieselbe Druckausgleichsleitung miteinander verbinden (Fig. 3). Diese Druckausgleichsrohre lassen sich auch nachträglich bei bereits installierten Dampferzeugern über aufgeschweißte Anschlußnippel oder eingeschweißte Formstücke zwischen solchen Verdampferrohren anbringen, die bei bestimmten Betriebszuständen um 180° phasenverschoben gegeneinander schwingen.

Die Druckausgleichsleitungen führen durch eine Vergleichmäßigung des Mengendurchsatzes in den Verdampferrohren zu geringeren Temperaturschwankungen in den Rohrwänden. Dies führt insbesondere bei Rohränden, bei denen Flossenrohre verwendet sind und bei denen die Flossen einander benachbarter Verdampferrohre miteinander zur Erzielung einer geschlossenen Rohrwand verschweißt sind, zu einer bedeutenden Verminderung der Wärmespannungen. Dies wiederum vermindert nicht nur die Gefahr von Rohrreißen sondern erhöht ganz allgemein die Lebensdauer des Dampferzeugers.

## PATENTANSPRÜCHE

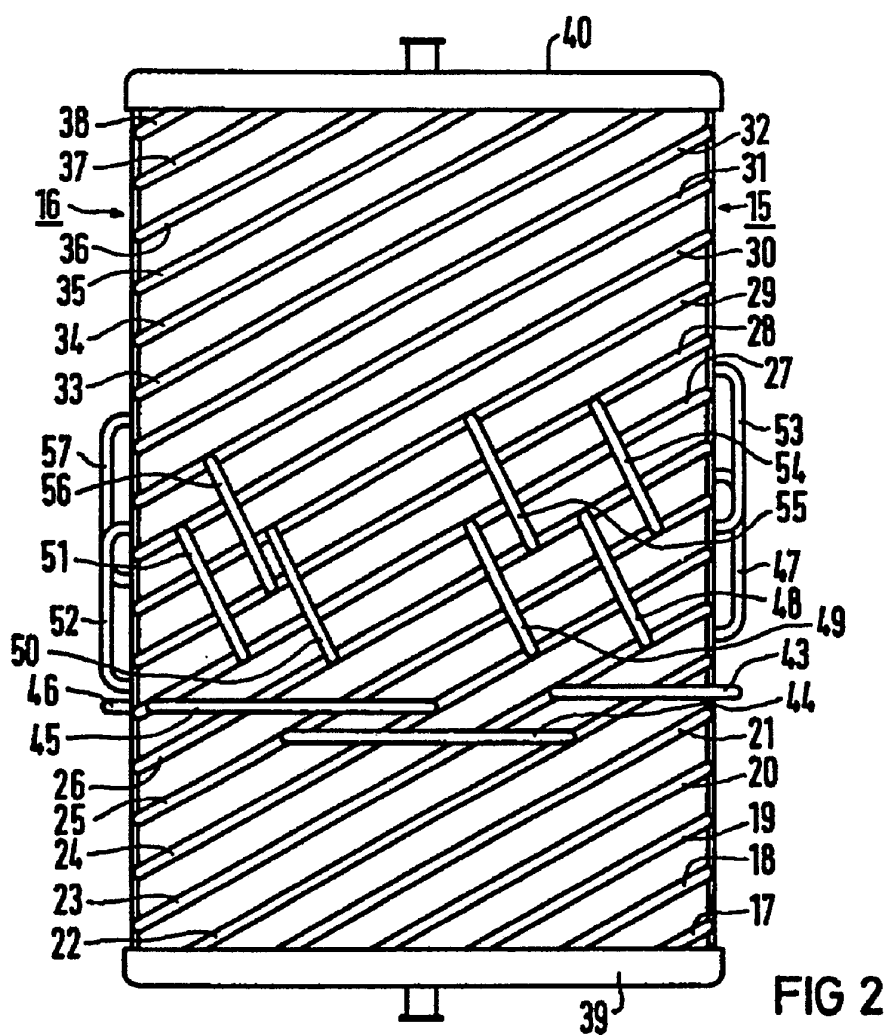
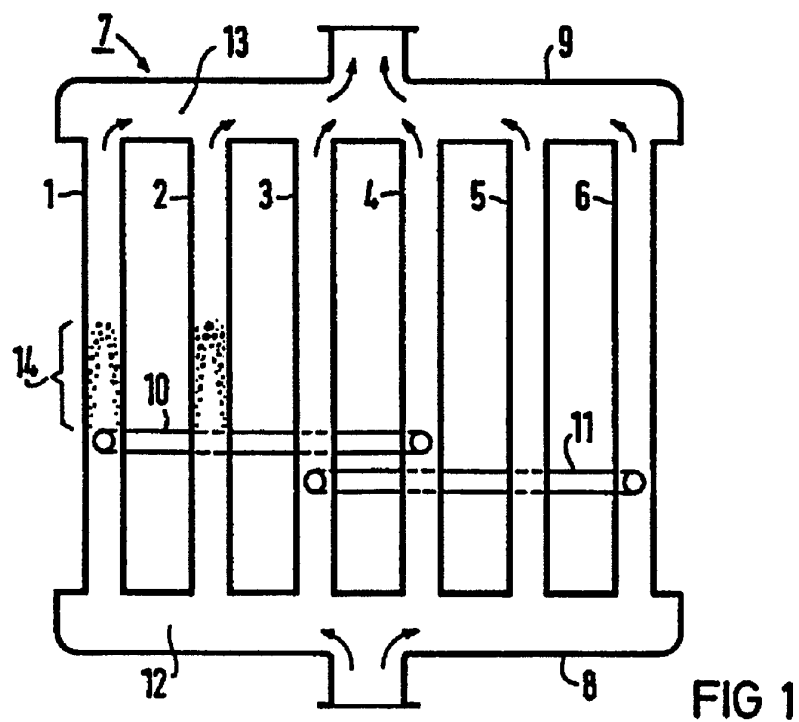
1. Dampferzeuger mit parallelgeschalteten, von einem gemeinsamen Eintrittssammler ausgehenden und in einen gemeinsamen Austrittssammler mündenden Verdampferrohren einer Rohrwand, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Verminderung von dynamischen Instabilitäten Verdampferrohre (1 bis 6, 17 bis 38), in denen diese Instabilitäten auftreten, über Druckausgleichsrohre (10, 11, 43 bis 57) miteinander verbunden sind, die seitlich aus diesen Verdampferrohren und aus der Rohrwand heraustreten.
2. Dampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckausgleichsrohre (10, 11, 43 bis 57) Verdampferrohre (1 bis 6, 17 bis 38) miteinander verbinden, in denen Schwingungen der Strömungsgeschwindigkeiten des Mediums in den Verdampferrohren (1 bis 6, 17 bis 38) um annähernd 180° gegeneinander phasenverschoben sind.
3. Dampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Verdampferrohre (28, 31, 33) in denen Schwingungen der Strömungsgeschwindigkeit des Mediums in den Verdampferrohren um annähernd 180° gegeneinander phasenverschoben sind, über Druckausgleichsrohre an einen gemeinsamen Sammler (46) angeschlossen sind.
4. Dampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckausgleichsrohre (10, 11, 47 bis 52) in einer Höhe der Verdampferrohre (1 bis 6, 17 bis 38) angeschlossen sind, bei denen bei Normalbetrieb bis ca. 10 % des Mediums verdampft sind.
5. Dampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Druckausgleichsrohre (43 bis 57) in unterschiedlicher Höhe an ein- und demselben Verdampferrohr (17 bis 38) angeschlossen sind.
6. Dampferzeuger nach Anspruch 1, mit untereinander zu einer gasdichten Rohrwand verschweißten Flossenrohren, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckausgleichsrohre (43 bis 57) auf der dem Feuerraum (70) abgewandten Seite der Rohrwand (15) angeordnet sind.
7. Dampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Querschnitt des Druckausgleichsrohrs (10, 11, 43 bis 57) annähernd den Querschnitt des angeschlossenen Verdampferrohres (1 bis 6, 17 bis 38) erreicht.
8. Dampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Querschnitt der Druckausgleichsrohre (10, 11, 43 bis 57) 10 % des Querschnitts der Verdampferrohre (1 bis 6, 17 bis 38) übersteigt.
9. Dampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckausgleichsrohre (10, 11, 43 bis 57) über eingeschweißte Formstücke (= T-Stücke) an den Verdampferrohren (1, 3, 4, 6, 20, 22 bis 31, 33) angeschlossen sind.

Nr. 391 541

10. Dampferzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckausgleichsrohre (46) über an den Verdampferrohren (28, 31, 33) aufgeschweißte Nippel angeschlossen sind.

5

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen



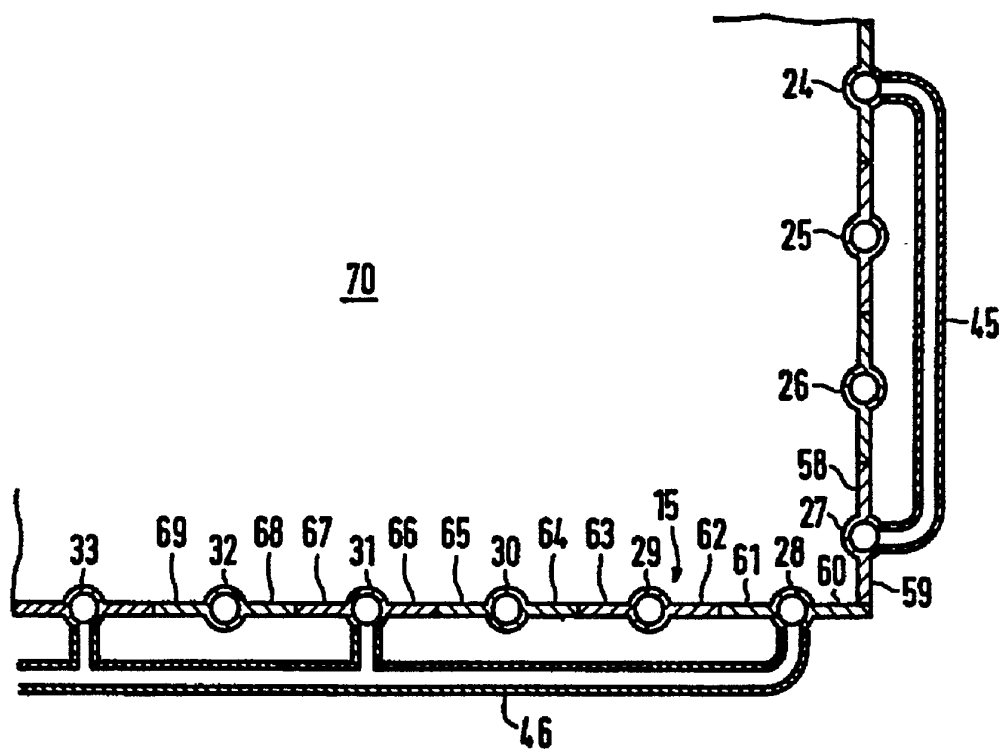


FIG 3