

51

Int. Cl. 2:

G 21 C 9/00

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DE 26 14 620 C 3

11

Patentschrift **26 14 620**

21

Aktenzeichen: P 26 14 620.3-33

22

Anmeldetag: 5. 4. 76

43

Offenlegungstag: 6. 10. 77

44

Bekanntmachungstag: 11. 1. 79

45

Ausgabetag: 6. 9. 79

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

31

Unionspriorität:

32 33 31 —

54

Bezeichnung: *Abblaseeinrichtung zur Überdruckbegrenzung bei Kernkraftwerken*

73

Patentiert für: Kraftwerk Union AG, 4330 Mülheim

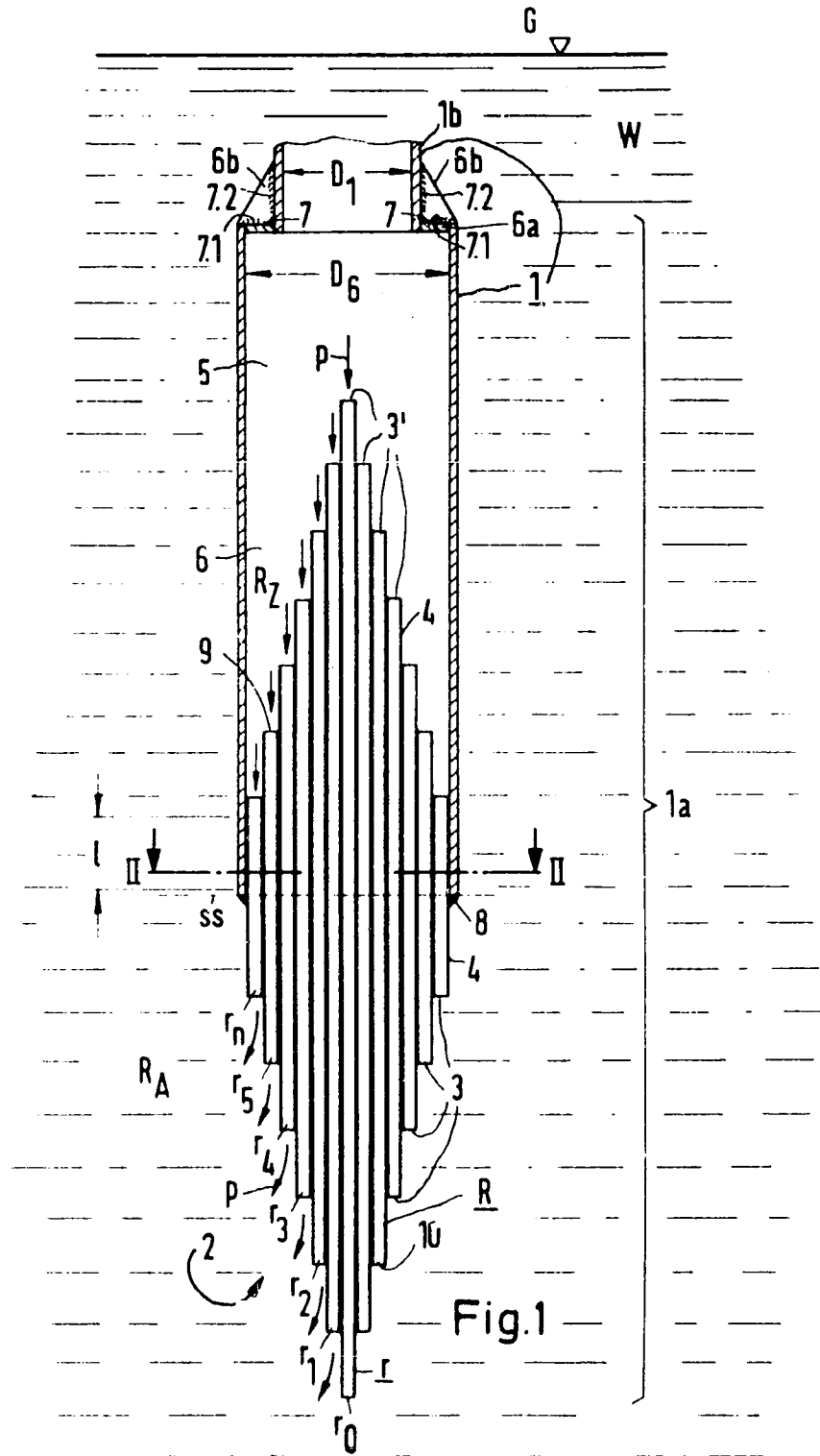
72

Erfinder: Simon, Ulrich, Dr.-Ing., 6000 Frankfurt;
Werner, Klaus-Dieter, Dipl.-Ing., 6070 Langen; Hoffmann, Dieter,
8750 Aschaffenburg; Pontani, Bernd, 8755 Alzenau

59

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-AS 22 12 761

DE 26 14 620 C 3



Patentansprüche:

1. Abblaseeinrichtung zur Überdruckbegrenzung bei Kernkraftwerken, insbesondere bei Siedewasser-Kernkraftwerken, mit mindestens einem Kondensationsrohr, das in das Wasservolumen einer ein Gaspolster aufweisenden Kondensationskammer (Wasservorlage) mit seinem unteren Abströmende eintauchend angeordnet und mit seinem oberen, aus der Wasservorlage ragenden Zuströmende an eine Quelle für zu kondensierenden Dampf oder für ein Dampf-Luft-Gemisch angeschlossen ist, wobei das Abströmende des Kondensationsrohres zur Beruhigung der Kondensation mit in Achsrichtung des Rohres nach außen hin verlaufenden, abströmseitig gegeneinander abgestufte Durchlaßquerschnitt bildenden Wandteilen versehen ist, welche die Dampfströmung und die im Wasservolumen erzeugten Blasen unterteilen, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandteile (4) auch auf der Zuströmseite (5), d. h. im Inneren des Kondensationsrohres (1), mit einem abgestuften Durchlaßquerschnitt (3') versehen sind.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandteile (4) als Stufenrohranordnung (R, H) ausgeführt sind.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandteile (4) als Stufenrohrbündel (R) ausgeführt sind.

4. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandteile (4) als Stufen-Hüllrohranordnung (H, h) mit Zwischenblechen (b) in den Ringzonen (z) ausgeführt sind.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohre (r, h) auf ihrer Zuströmseite (5) spiegelbildlich zu ihrer Abströmseite (2) abgestuft sind.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Stufenrohranordnung (R, H) eine etwa doppelkegelförmige Gestalt aufweist, derart, daß um ein oder mehrere Zentralrohr(e) (r_0, h_0) größter Länge Ringzonen (z) mit abgestuft jeweils kürzer werdenden Rohren (r, h) angeordnet sind und die Rohre (r, h) die am weitesten aus dem Abströmrohrteil (1a) des Kondensationsrohres herausragen, auch am weitesten in das Abströmrohrteil (1a) hineingezogen sind.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Stufenrohranordnung (R, H) mit ihrer Zuströmhälfte innerhalb einer rohrförmigen Abströmkammer (6) angeordnet und gehalten ist, daß die Abströmkammer (6) einen größeren Durchmesser (D_6) als ein Hauptteil (1b) des Kondensationsrohres (1) aufweist und daß die Abströmkammer mit einer Abschlußringwand (6a) versehen und mit dieser am Hauptteil (1b) befestigt ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenbleche in den Ringzonen (z) als axial orientierte, umlaufende Wellbleche ausgeführt sind, die zur Feinunterteilung der Ringzonen (z) und als Abstandhalter dienen.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchlaßquerschnitt des innersten Hüllrohres (h_n) durch ein Rohrbündel unterteilt ist.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Abblaseeinrichtung zur Überdruckbegrenzung bei Kernkraftwerken, insbesondere bei Siedewasser-Kernkraftwerken, mit mindestens einem Kondensationsrohr, das in das Wasservolumen einer ein Gaspolster aufweisenden Kondensationskammer (Wasservorlage) mit seinem unteren Abströmende eintauchend angeordnet und mit seinem oberen, aus der Wasservorlage ragenden Zuströmende an eine Quelle für zu kondensierenden Dampf oder für ein Dampf-Luft-Gemisch angeschlossen ist, wobei das Abströmende des Kondensationsrohres zur Beruhigung der Kondensation mit in Achsrichtung des Rohres verlaufenden, abströmseitig gegeneinander abgestufte Durchlaßquerschnitte bildenden Wandteilen versehen ist, welche die Dampfströmung und die im Wasservolumen erzeugten Blasen unterteilen.

Eine solche Einrichtung ist bekannt (DE-AS 22 12 761). Gemäß Fig. 5 ist das Abströmende des Kondensationsrohres mit in Achsrichtung des Rohres nach außen hin verlaufenden ineinandergeschobenen Rohrabschnitten kleiner werdenden Durchmessers versehen, wobei in der Überlappungszone der Rohrabchnitte Ringspalte frei bleiben. Bei dieser Ausführungsform ist der zentrale Dampfstrom noch nicht fein genug unterteilt. Es ist auch bereits bekannt, im Inneren des Kondensationsrohres ein parallel zu seiner Achse verlaufendes Fachwerk aus parallel zur Kondensationsrohr-Achse verlaufenden Wandteilen anzuordnen (DE-OS 24 57 901). Die durch die Unterteilung geschaffenen Kanäle enden jedoch im Inneren des Kondensationsrohres alle auf gleicher Höhe. Hierdurch ist zwar eine feinere Unterteilung der Dampfströme in Dampfteilströme gegeben, jedoch können sich immer noch an der Rohrmündung Vereinigungsvorgänge zwischen Dampfblasen ergeben, da die Laufzeit der einzelnen Dampfteilströme innerhalb der durch die Wandteile gebildeten Durchlässe gleich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Abblaseeinrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern und zu vervollkommen, daß bei feiner Unterteilung des Dampfstromes in einzelne Dampfteilströme eine Vereinigung von Dampfblasen im Bereich der Mündung des Kondensationsrohres sicher vermieden ist.

Die Lösung der gestellten Aufgabe gelingt bei der eingangs genannten Einrichtung erfindungsgemäß dadurch, daß die Wandteile auch auf der Zuströmseite, d. h. im Inneren des Kondensationsrohres, mit einem abgestuften Durchlaßquerschnitt versehen sind. Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind vor allem darin zu sehen, daß nicht nur die Austrittsstellen der Dampfteilströme und Blasen axial und radial gegeneinander verschoben sind, sondern auch ihre Eintritte in die durch die Wandteile gebildeten Durchlässe, so daß damit eine längere Unterteilungsstrecke und wesentlich größere Laufzeitunterschiede für die einzelnen Dampfteilströme sich ergeben. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Wandteile als Stufenrohranordnung ausgeführt sind. Eine solche Ausführung läßt sich fertigungstechnisch besonders einfach realisieren. Eine bevorzugte Ausführungsform besteht darin, daß die Rohre zuströmseitig spiegelbildlich zu ihrer Abströmseite abgestuft sind. Bevorzugt weist die Stufenrohranordnung eine etwa doppelkegelförmige Gestalt auf, derart, daß um ein oder mehrere Zentralrohr(e) größter Länge Ringzonen mit abgestuft jeweils kleiner werdenden Rohre angeordnet sind und die Rohre, die am weitesten aus dem Kondensationsrohr (Außenrohr) herausragen,

auch am weitesten in das Außenrohr hineingezogen sind.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die Stufenrohranordnung mit ihrer Zuströmhälfte innerhalb einer rohrförmigen Abströmkammer angeordnet und gehalten, weist die Abströmkammer einen größeren Durchmesser als ein Hauptteil des Kondensationsrohres auf und ist die Abströmkammer mit einer Abschlußringwand versehen und mit dieser am genannten Hauptteil befestigt.

Im folgenden werden zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 in einem Längsschnitt die Austrittsgeometrie eines Kondensationsrohres für eine Abblaseeinrichtung gemäß der Erfindung, ausgeführt als Stufenrohrbündel (erstes Ausführungsbeispiel);

Fig. 2 den zugehörigen Querschnitt längs der Linie II-II aus Fig. 1;

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel mit einer Stufen-Hüllrohranordnung als Austrittsgeometrie, wobei zur Vereinfachung das Kondensationsrohr weggelassen und nur die äußeren Umrisse dargestellt sind;

Fig. 4 den zugehörigen Querschnitt längs der Linie IV-IV aus Fig. 3.

Das Kondensationsrohr 1, von dem in Fig. 1 nur das untere Ende im Detail dargestellt ist, gehört zu einer nicht dargestellten Abblaseeinrichtung zur Überdruckbegrenzung bei Kernkraftwerken. Insbesondere handelt es sich um ein leichtwassergekühltes Kernkraftwerk, vorzugsweise ein Siedewasserreaktor-Kernkraftwerk, bei dem mindestens ein solches Kondensationsrohr, vorzugsweise jedoch eine Vielzahl, in das Wasservolumen W einer ein Gaspolster G , insbesondere Luftpolster, aufweisenden Kondensationskammer (Wasservorlage) mit seinem unteren Abströmende eintauchend angeordnet ist und mit seinem oberen, aus der Wasservorlage W ragenden Zuströmende an eine Quelle für zu kondensierenden Dampf oder für ein Dampf-Luft-Gemisch angeschlossen ist. Hierbei kann es sich einmal darum handeln, daß innerhalb des sogenannten Druckabbau-systems, das im Sicherheitsbehälter angeordnet ist, im Falle eines Unfalls ein Dampf-Wassergemisch aus dem Reaktor oder einer Kühlkreisleitung entströmt und durch rasche Kondensation des Dampfes der Druck wirksam abgebaut wird. Zum anderen kann es sich auch um den Dampf der Abblaseleitungen der Druckentlastungs- und Sicherheitsventile oder den Abdampf der Notkondensations- und Noteinspeiseturbinen handeln. Für den Kondensationsvorgang ist von Bedeutung, daß ein sehr breites Spektrum von möglichen Dampfstromdichten vorhanden ist. So liegen im Falle des Abblasens der Entlastungsventile in den entsprechenden Kondensationsrohren hohe Dampfstromdichten vor, desgleichen bei Beginn eines Kühlmittelverluststöranfalles. In den Abdampfleitungen und den entsprechenden Kondensationsrohren der Notkondensations- und der Noteinspeiseturbinen sowie im Verlauf eines Kühlmittelverluststöranfalles sind demgegenüber die Dampfstromdichten gering. Noch niedrigere Dampfstromdichten können auch in den mit den Abblaseleitungen der Entlastungsventile verbundenen Kondensationsrohren auftreten, und zwar dann, wenn ein Entlastungsventil ein Leck bekommt und eine Dampf-Schleichströmung sich einstellt. Die auftretenden Dampfstromdichten reichen so von etwa $1000 \text{ kg/m}^2 \text{ sec}$ beim Abblasen der Entlastungsventile bis herunter zu 2 bis $10 \text{ kg/m}^2 \text{ sec}$ bei Dampf-Schleichströmungen.

Das Kondensationsrohr 1, bestehend aus dem Hauptteil 1b und dem damit verbundenen Abströmröhrteil 1a ist innerhalb seines Abströmröhrteils 1a zur Beruhigung der Kondensation mit in Achsrichtung des Rohres 1 verlaufenden, auf der Abströmseite 2 gegeneinander abgestufte Durchlaßquerschnitte 3 bildenden Wandteilen 4 versehen. Aber auch auf der Zuströmseite 5, d. h. im Inneren des Kondensationsrohres 1, sind abgestufte Durchlaßquerschnitte 3' bildende Wandteile 4 vorgesehen. Wie ersichtlich, sind die Wandteile 4, als Stufenrohrbündel, bestehend aus den einzelnen zu einem Bündel vereinigten Bündelrohren r_0, r_1 usw. bis r_n ausgeführt. Besonders günstig ist es, wenn das Stufenrohrbündel, wie dargestellt, eine etwa doppelkegelförmige Gestalt aufweist, derart, daß um ein zentrales Bündelrohr r_0 oder mehrere derartige Bündelrohre r_0 größter Länge Ringzonen z_1 bis z_n (vgl. Fig. 2), allgemein mit z bezeichnet, mit abgestuft jeweils kürzer werdenden Bündelrohren r angeordnet sind, umfassend die schon erwähnten Bündelrohre r_1 bis r_n . Damit sind die Bündelrohre r_0 , die am weitesten aus dem Kondensationsrohr 1 bzw. Abströmröhrteil 1a herausragen, auch am weitesten in dieses Abströmröhrteil 1a hineingezogen. Die äußersten Bündelrohre r_n , die am wenigsten weit herausragen, sind demgemäß auch am wenigstens weit in das Innere des Abströmröhrteils 1a hineingezogen. Es ergibt sich somit eine tannenbaumartige Abstufung nach innen und nach außen, die im dargestellten Fall spiegelsymmetrisch ist, bezogen auf die gestrichelt angedeutete Symmetrieebene ss . Es ist naturgemäß auch eine andere Rohrabstufung und auch ein anderer Rohrquerschnitt denkbar, beispielsweise eine sich serpentinen- oder girlandenförmig um das zentrale Bündelrohr oder um mehrere derselben schlingelnder Abstufungsverlauf.

Das allgemein mit R bezeichnete Stufenrohrbündel ist, wie ersichtlich, mit seiner Zuströmhälfte R_z innerhalb einer rohrförmigen durch das Abströmröhrteil 1a umfaßten Abströmkammer 6 angeordnet und gehalten. Der Innendurchmesser D_6 des Abströmröhrteils 1a ist gleich groß oder bis zu etwa $1/3$ größer als der Innendurchmesser D_1 des Hauptteils 1b des Kondensationsrohres 1. Die Abströmkammer 6 ist im letzteren Fall mit einer Abschlußringwand 6a versehen und mit dieser am Hauptteil 1b befestigt (Schweißnaht 7), wobei über den äußeren Umfang des Hauptteils 1b verteilte Versteifungsrippen 6b sowohl mit der Abschlußringwand 6a als auch der Rohrwand des Hauptteils 1b verschweißt sind (Schweißnähte 7.1, 7.2).

Die Abströmkammer 6 mit dem Stufenrohrbündel R kann somit als gesonderter Bauteil auf einfache Weise mit der Mündung des Hauptteils 1b des Kondensationsrohres 1 verschweißt werden. Die einzelnen Bündelrohre r des Rohrbündels R selbst können miteinander verschweißt sein; noch günstiger ist es, sie mittels Hochfrequenzlötung miteinander zu verbinden, z. B. auf der Strecke l , wobei das mit dem erforderlichen Lot-Depot versehene und zusammengespannte Bündel dann in einem Arbeitsgang miteinander hart verlötet wird. Dieses Rohrbündel wird dann innerhalb der Abströmkammer 6 an seinem äußeren Umfang mit der Abströmkammer ebenfalls hart verlötet oder verschweißt (Schweißnaht 8), wobei die Schweißnaht genügenden axialen Abstand zu den Hartlötstellen haben muß bzw. letztere beim Schweißvorgang gekühlt werden müssen.

Wie ersichtlich, sind die Eintrittsöffnungen 9 der einzelnen Bündelrohre r nicht nur radial gegeneinander

verschoben, sondern auch axial um mehrere Rohrbreiten, und entsprechend sind die Austrittsöffnungen 10 gegeneinander verschoben. Der Kern des Dampfstromes erhält damit die größte Durchlaufstrecke, mehr zum äußeren Umfang liegende Dampfteilströme erhalten jeweils kürzere Durchströmungslängen. Es wird damit erreicht, daß der Dampfstrom bei kleinen Massenstromdichten bevorzugt aus den äußeren Durchströmquerschnitten ausströmt und daß sich bei höheren Massenstromdichten der Dampfstrom weitgehend gleichmäßig auf das Stufenrohrbündel R verteilt. Austrittsseitig bildet sich ein feines Netz von Dampfteilströmen, welche nicht nur durch die Bündelrohre r selbst, sondern auch durch die Rohrzwischenräume r' (vgl. Fig. 2) fließen. Die letzteren Zwischenräume r' kommen insbesondere bei kleineren Dampfmenge- strömen zur Wirkung, so daß sich für die erfindungsgemäße Stufenrohrdüse eine über den gesamten Bereich der zu verarbeitenden Dampfmengeströme gute Aufteilungswirkung ergibt. Der Verlauf der Dampfteilströme ist durch Pfeile p für die eine Hälfte des Rohrbündels R angedeutet. Im zweiten Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 und 4 sind die Wandteile 4 als Stufen-Hüllrohranordnung H mit Zwischenblechen b in den als Ganzes mit z bezeichneten Ringzonen ausgeführt. Das heißt, es sind zur Bildung der Wandteile 4 die als Ganzes mit h bezeichneten Hüllrohre koaxial zueinander mit gegenseitigem radialen Abstand a unter Bildung der Ringzonen z derart ineinandergeschachtelt, daß beginnend bei dem innersten Hüllrohr h_1 mit der größten axialen Länge die axiale Länge der weiteren von innen nach außen aufeinanderfolgenden Hüllrohre bis zum äußersten Hüllrohr h_n mit dem größten Durchmesser abgestuft abnimmt. Die Zwischenbleche b in den Ringzonen z sind als axial orientierte, umlaufende Wellbleche ausgeführt, die zur Feinunterteilung der Ringzonen z und außerdem als Abstandhalter dienen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 und 4 sind sechs ineinandergeschachtelte Hüllrohre h_1 bis h_n

mit dementsprechend fünf Ringzonen z_1 bis z_n in den Abstandzwischenräumen zwischen jeweils zwei einander benachbarten Hüllrohren vorgesehen, wobei der Index n bei den Bezugszeichen z und h ebenso wie auch bei dem ersten Ausführungsbeispiel zum Ausdruck bringt, daß die Anzahl der Hüllrohre b und der Zwischenzonen z bzw. der Bündelrohre r nach oben und nach unten variiert werden kann. Die Zwischenbleche b sind nur auf einem Teil des Umfangs dargestellt; es versteht sich, daß sie sich über den gesamten Umfang der jeweiligen Ringzone z erstrecken. Dargestellt sind etwa sinusförmig gewellte Zwischenbleche b . Für einen kleinen Ausschnitt ist dargestellt, daß die Zwischenbleche b an den Stellen 11 durch Punktschweißen mit den Hüllrohren h verbunden sind. Die Zwischenbleche b dienen damit als Abstandhalter, wobei durch die Verschweißungen 11 ein insgesamt sehr formstabiles Gefüge für die Stufen-Hüllrohranordnung erzielt wird. Anstelle der sinusförmig gewellten Zwischenbleche b können auch z. B. trapezförmig oder zick-zack-förmig gewellte Zwischenbleche verwendet werden, entsprechend dem gewünschten Querschnitt der durch die Zwischenbleche b und die Hüllrohre h gebildeten Axialkanäle 12. Der Durchlaßquerschnitt 12.1 des innersten Hüllrohres h_1 ist durch ein Rohrbündel bestehend aus den Rohren 13, unterteilt, wodurch dem innersten Hüllrohr h_1 auch eine hohe Biegesteifigkeit gegeben wird. Im übrigen ist die Befestigung der Stufen-Hüllrohranordnung H im Kondensationsrohr 1 bzw. dessen Abströmrührteil 1a so wie beim ersten Ausführungsbeispiel, ebenso wie auch hier eine weitgehend spiegelsymmetrische Anordnung, so wie in Fig. 3 dargestellt, von Vorteil ist.

Bemerkt sei noch, daß wegen des rhombenförmigen Rohrteilungsrasters 13 (Fig. 2) beim ersten Ausführungsbeispiel die Ringzonen z eine Vieleck-Kontur haben. Beim zweiten Ausführungsbeispiel (vg. Fig. 4) haben sie dagegen Kreisring-Kontur.

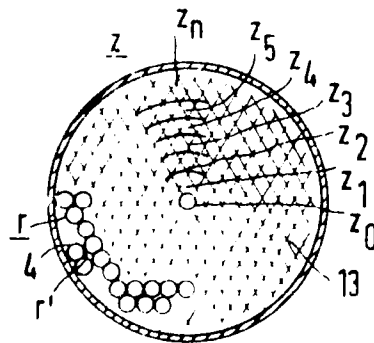


Fig. 2

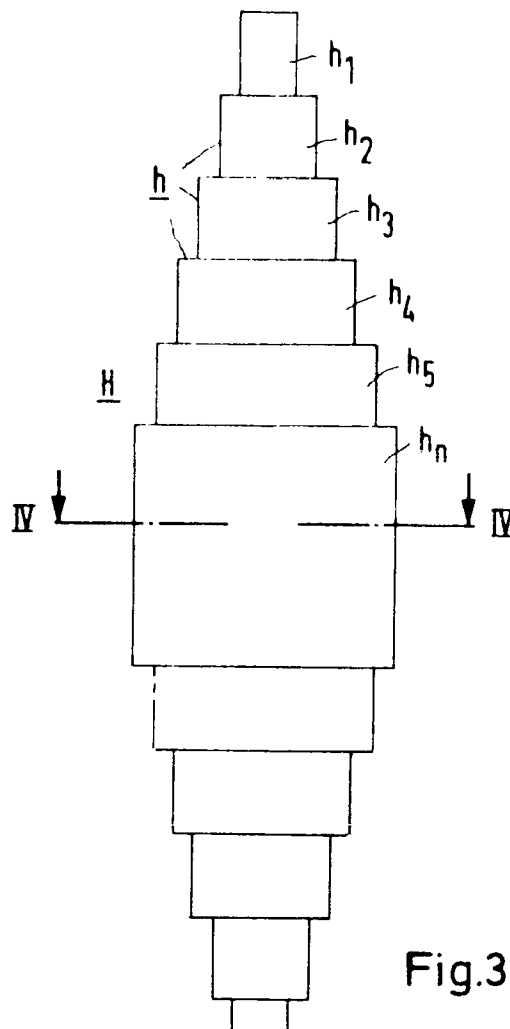


Fig. 3

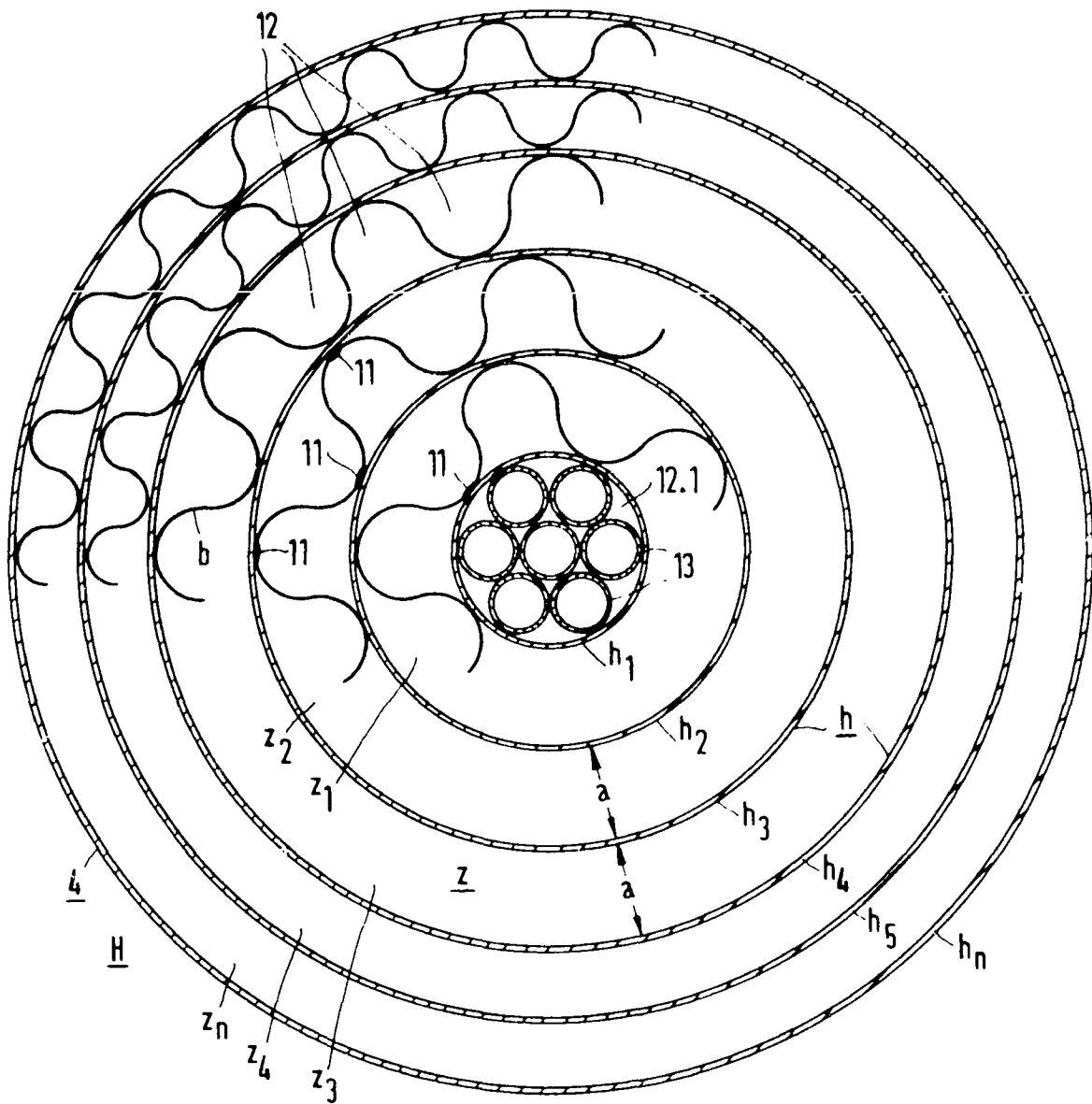


Fig.4