



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 11 529 B3 2004.09.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 103 11 529.3
(22) Anmeldetag: 17.03.2003
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16.09.2004

(51) Int Cl.7: F28F 19/00
F28F 13/08

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

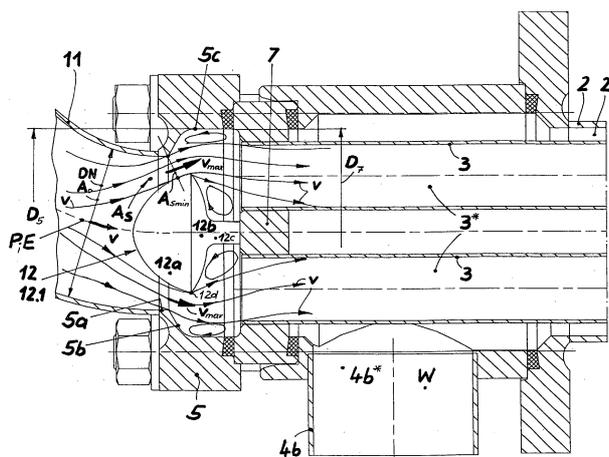
(71) Patentinhaber:
**Tuchenhagen Dairy Systems GmbH, 31157
Sarstedt, DE**

(72) Erfinder:
**Pieprzak, Peter, 21521 Dassendorf, DE; Günther,
Marcus, 23879 Mölln, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 94 03 913 U1
DE 699 02 087 T2
EP 02 46 111 A1
**"Röhrenwärmetauscher VARITUBE" GEA
Tuchenhagen,
Liquid Processing Division, 632d-00, 2000;**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Einflussnahme auf den Anströmbereich einer Rohrträgerplatte eines Rohrbündel-Wärmetauschers**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Einflussnahme auf den Anströmbereich einer Rohrträgerplatte eines Rohrbündel-Wärmetauschers, insbesondere für die Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, mit der Ablagerungen aus feststoffhaltigen Produkten in den kritischen Bereichen der Rohrträgerplatte verhindert werden, ohne dass hygienisch, reinigungstechnisch und strömungsphysikalisch problematische Lösungen in Kauf zu nehmen sind. Dies wird dadurch erreicht, dass der Anströmbereich der Rohrträgerplatte (7, 8) außenseits einen ersten bzw. zweiten erweiterten Durchtrittsquerschnitt (5c, 8c) innerhalb des Austauscherflansches (5) bzw. des Anschlussstutzens (8d) aufweist, dass der Verdrängerkörper (12; 12.1, 12.2, 12.3, 12.4) axialsymmetrisch und konzentrisch zur Rohrträgerplatte (7, 8) angeordnet ist, dass dieser die Strömung zum Innenkanal (3*) axialsymmetrisch teilt, nach außen umlenkt und dabei die Strömung in einem zwischen dem Verdrängerkörper (12; 12.1, 12.2, 12.3, 12.4) und einer Innenkontur des festlagerseitigen Austauscherflansches (5) bzw. loslagerseitigen Anschlussstutzens (8d) düsenartig verengten Ringspaltquerschnitt (A_s) beschleunigt und dass der Verdrängerkörper (12; 12.1, 12.2, 12.3, 12.4) in dem erweiterten Durchtrittsquerschnitt (5c, 8c) eine Strömungsabrissstelle (12d; 12.1d, 12.2d, 12.3d, 12.4d) aufweist (Figur 2).



Beschreibung

[0001] Vorrichtung zur Einflussnahme auf den Anströmbereich einer Rohrträgerplatte eines Rohrbündel-Wärmeaustauschers, insbesondere für die Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, mit einem von einem Außenmantel umgebenen Außenkanal, der von einem Wärmeträgermedium durchflossen ist, mit einer Anzahl von Innenrohren, die sich achsparallel und axialsymmetrisch zum Außenmantel durch den Außenkanal erstrecken, gemeinsam einen Innenkanal bilden und endseitig jeweils in einer der beiden Rohrträgerplatten abstützen, mit einem endseitig für alle Innenrohre gemeinsamen, in einem festlagerseitigen Austauscherflansch ausgebildeten Eintritt und einem gemeinsamen, in einem loslagerseitigen Anschlussstutzen ausgebildeten Austritt für ein Produkt, und mit in den Außenkanal nahe der Enden des Außenmantels und der Rohrträgerplatten radial ein- bzw. ausmündenden Anschlussstutzen mit je einem Querkanal für das Wärmeträgermedium, und mit wenigstens einem die Strömung im Anströmbereich der Rohrträgerplatte beeinflussenden Verdrängerkörper.

Stand der Technik

[0002] Eine Vorrichtung der gattungsgemäßen Art ist aus der DE 94 03 913 U1 bekannt. Ein jüngerer diesbezüglicher Stand der Technik, der sich prinzipiell jedoch nicht gegenüber dem älteren Stand der Technik unterscheidet, beschreibt die Firmendruck-schrift „Röhrenwärmetauscher VARITUBE[®]“, GEA Tuchenhagen, Liquid Processing Division, 632d-00, aus dem Jahre 2000.

[0003] Derartige Rohrbündel-Wärmeaustauscher sind aufgrund ihrer Querschnittsgeometrie generell besser als andere Wärmeaustauscher-Bauarten, wie beispielsweise Platten-Wärmeaustauscher, geeignet zur thermischen Behandlung von Produkten mit hohen und niedrigen Viskositäten, von feststoffhaltigen Produkten mit ganzen Stücken, Pulpe oder Fasern. Gleichwohl ist auch hier zu beobachten, dass sich bei faserigen Medien, beispielsweise Säften mit Fruchtfleisch, Ablagerungen an den Eintrittsöffnungen der Innenrohre der Rohrträgerplatten bilden. Die Behandlung bei relativ hohen Temperaturen begünstigt die Agglomeration von Fasern und die Bildung von Pulpe. Diese lagern sich bevorzugt an den Stegen zwischen den mehrfach angeordneten Innenrohren und an den quer zur Strömungsrichtung orientierten Flächen der Rohrträgerplatte ab und können dort zu Verstopfungen führen (**Fig. 9**). Temporäre Ablagerungen lösen sich von Zeit zu Zeit und die Klumpen gelangen dann ggf. in die für den Endverbraucher bestimmte Verpackung des jeweiligen Produkts, wo sie unerwünscht sind.

[0004] Das vorstehend geschilderte Problem ist seit langem bekannt und es wurde beispielsweise bereits vorgeschlagen, die angeströmten Rohrträgerplatten eines Rohrbündel-Wärmeaustauschers jeweils mit

mechanischen Mitteln von Ablagerungen frei zu halten. Ein diesbezüglicher, druckschriftlich nicht zu belegender Stand der Technik sieht vor, den in Frage kommenden Bereich der jeweiligen Rohrträgerplatte mit einer rotierenden Bürste zu bestreichen, die durch die Energie des strömenden Produktes angetrieben wird. Derartige Lösungen sind jedoch hygienisch bedenklich und konnten sich in der Praxis nicht durchsetzen.

[0005] In der EP 0 246 111 A1 werden bereits Leitvorrichtungen beschrieben, die eine mit Festkörpern beladene Gasströmung im Anströmbereich einer Rohrträgerplatte eines Rohrbündel-Wärmeaustauschers beeinflussen. Zu diesem Zweck trägt jedes vom Gas durchströmte Innenrohr des Rohrbündel-Wärmeaustauschers ein in Richtung der ankommenden Gasströmung konisch erweitertes Einlaufrohr. Jeweils vier in quadratischer Anordnung benachbarte Einlaufrohre sind dabei vorzugsweise so bemessen, dass sie sich gegenseitig punktförmig berühren und dass die Fläche, die zwischen den sich berührenden vier kreisförmigen Rohrquerschnitten gebildet wird, jeweils mit der vorgenannten Leitvorrichtung bestückt ist. Die Leitvorrichtung füllt dabei mit ihrem Fußquerschnitt die Fläche gänzlich aus und sie ist, ausgehend von den vier Berandungskreisbogen des Fußquerschnitts und in Richtung der ankommenden Gasströmung gesehen, jeweils konisch verjüngt. Durch die jeweilige Leitvorrichtung auf jeder der besagten Flächen der durch eine Vielzahl von Innenrohren gebildeten Rohrmatrix wird verhindert, dass sich die Feststoffbestandteile des anströmenden Gases zwischen den konisch erweiterten Rohrstutzen auf der Rohrträgerplatte ablagern. Statt dessen werden durch die jeweilige Leitvorrichtung die Gasströmung und damit die in ihr enthaltenen Feststoffbestandteile in das jeweils nächstliegende konische Einlaufrohr eingeleitet.

Aufgabenstellung

[0006] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung der gattungsgemäßen Art derart weiterzubilden, dass Ablagerungen aus feststoffhaltigen Produkten in den kritischen Bereichen der Rohrträgerplatte verhindert werden, ohne dass hygienisch, reinigungstechnisch und strömungsphysikalisch problematische Lösungen in Kauf zu nehmen sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Die erfindungsgemäße Anordnung eines an sich bekannten Verdrängerkörpers im Anströmbereich der Rohrträgerplatte hält diese nachweislich und nicht vorhersehbar nachhaltig frei von faserigen

Ablagerungen und Pulpe. Der Verdrängerkörper selbst, wenn er, wie vorgeschlagen, strömungsgünstig ausgebildet ist, verursacht nur einen geringen und hinnehmbaren Druckverlust, seine Anordnung ist hygienisch und reinigungstechnisch völlig unbedenklich.

[0009] Die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Maßnahme erklärt sich aus zwei strömungsmechanischen Mechanismen. Dies ist zum einen die axial-symmetrische Aufteilung der Strömung, ihre Umlenkung und gleichzeitige Beschleunigung in einer düsenartigen Anordnung. Beschleunigte Strömungen sind nicht ablösungsgefährdet, so dass eine orientierungslose Querbewegung und Querlage der längeren und problematischen faserigen Bestandteile zur Hauptströmungsrichtung eher ausgeschlossen werden kann. Die faserigen Bestandteile müssen sich vielmehr unter dem Einfluss der Strömungskräfte in Richtung der Stromlinien orientieren. Im Bereich hinter dem Verdrängungskörper verbleibt den faserigen Bestandteilen keine Zeit, sich quer zur Hauptströmungsrichtung neu zu orientieren; sie werden überwiegend in die Innenrohre „eingefädelt“.

[0010] Der zweite Wirkmechanismus ist darin zu sehen, dass die Strömung hinter dem Verdrängerkörper von außen nach innen umgelenkt wird. Gleichzeitig erweitert sich der Durchtrittsquerschnitt. Insgesamt ergibt sich dadurch eine gekrümmte, verzögerte Bewegung. Eine derartige Strömungsbewegung löst erfahrungsgemäß ab und erzeugt eine Sekundärströmung. Die Ablösung wird durch eine definierte Strömungsabrissstelle, die an einigen Ausführungsformen des Verdrängerkörpers in Form einer Strömungsabrisskante planmäßig ausgeführt ist, begünstigt. Die Sekundärströmung bewirkt offensichtlich ein Freispülen der kritischen Bereiche der Rohrträgerplatte.

[0011] Die strömungspysikalische Funktion des vorgeschlagenen Verdrängerkörpers kommt besonders vorteilhaft zum Tragen, wenn, wie dies eine vorteilhafte Ausgestaltung vorsieht, die Strömungsabrissstelle, in Strömungsrichtung gesehen, hinter einer engsten Stelle (minimaler Ringspaltquerschnitt A_{Smin}) des Ringspaltquerschnittes (A_S) positioniert ist. Hinsichtlich der Bemessung des minimalen Ringspaltquerschnittes A_{Smin} hat es sich gezeigt, dass beste Ergebnisse erzielt werden, wenn das Verhältnis des Nenndurchtrittsquerschnitts A_0 eines Verbindungsbogens zum minimalen Ringspaltquerschnitt (A_{Smin}) mit

$$1,5 \leq \frac{A_0}{A_{Smin}} \leq 2,5,$$

insbesondere mit

$$\frac{A_0}{A_{Smin}} = 2,$$

ausgeführt ist. Bei diesen Querschnittsverhältnissen wird die mittlere maximale Strömungsgeschwindigkeit v_{max} im minimalen Ringspaltquerschnitt A_{Smin} im

entsprechenden Verhältnis gegenüber der mittleren Strömungsgeschwindigkeit v im Innenrohr bzw. im Verbindungsbogen erhöht.

[0012] Ausführungsformen des Verdrängerkörpers, die mit einer definierten Strömungsabrissstelle ausgeführt sind, sind gemäß einem weiteren Vorschlag mit der Rohrträgerplatte fest verbunden. Eine derartige Ausführung ist immer dann möglich, wenn die angeströmte Rohrträgerplatte frei zugänglich ist. Beim Neubau eines Rohrbündel-Wärmeaustauschers ist dies stets der Fall. Bei Nachrüstung bestehender Aggregate ist die Zugänglichkeit zum loslagerseitigen Austauscherflansch immer möglich, wenn der Rohrbündel-Wärmeaustauscher gemäß DE 94 03 913 U1 oder der vorgenannten Firmendruckchrift 632d-00 ausgeführt ist.

[0013] Zur Nachrüstung der festlagerseitigen Rohrträgerplatte mit einem Verdrängerkörper gemäß der Erfindung wird vorgeschlagen, diesen als Kugel auszubilden, die im erweiterten Durchtrittsquerschnitt frei beweglich positioniert ist. Geeignete Materialien für diese Kugel sind vorzugsweise Kunststoffe wie PEEK oder PPSU, die hinreichend mechanisch widerstandsfähig, hygienisch unbedenklich und chemisch insbesondere gegen Reinigungsmittel beständig sind.

[0014] Zur Sicherstellung einer hinreichenden Wirksamkeit der vorgeschlagenen Maßnahme wird, gemäß einem weiteren Vorschlag der Erfindung, der Außendurchmesser des Verdrängerkörpers derart bemessen, dass der durch den Rohrrinnendurchmesser gebildete Durchtrittsquerschnitt der am äußeren Rand der Rohrträgerplatte gelegenen Innenrohre etwa zur Hälfte durch die in Richtung der Rohrträgerplatte projizierte Anströmfläche des Verdrängerkörpers abgedeckt ist.

[0015] Damit die mit der Rohrträgerplatte fest verbundenen verschiedenen Ausführungsformen des Verdrängerkörpers in strömungstechnisch günstiger Weise dort befestigt werden können, wird weiterhin vorgesehen, dass im Zentrum des Außenmantels, unabhängig von der Anzahl der Innenrohre, kein Innenrohr angeordnet ist.

[0016] Die Anforderungen, die an den erfindungsgemäßen Verdrängerkörper gestellt werden, bestehen nicht nur darin, dass er eine besonders wirksame Einflussnahme auf den Anströmbereich der Rohrträgerplatte ausübt, sondern er ist auch dahingehend auszugestalten, dass er möglichst geringe Druckverluste bewirkt und nicht selbst zu einem Problem für Ablagerungen wird. Eine vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, dass der Verdrängerkörper aus einem axialsymmetrischen vorderen Teil und einem axialsymmetrischen hinteren Teil gebildet wird, die an ihrem Verbindungsquerschnitt einen größten gemeinsamen Außendurchmesser d_{max} in Form einer definierten Strömungsabrissstelle ausbilden. Dabei wird er hinsichtlich seiner axialen längenmäßigen Bemessung zweckmäßig derart ausgelegt, dass eine zweite axiale Länge l_2 des hinteren Teils im Vergleich zu ei-

ner ersten axialen Länge l_1 des vorderen Teils kleiner, vorzugsweise mit $l_2 \leq 0,5 l_1$, ausgeführt ist.

[0017] Es ist in diesem Zusammenhang von Vorteil, wenn der hintere Teil durch eine konvexe Außenkontur mit einem zweiten Krümmungsradius berandet ist. Zur Befestigung des Verdrängerkörpers an der Rohrträgerplatte dient ein am hinteren Teil angeordneter Schaft mit einer dritten axialen Länge und einem gegenüber dem Außendurchmesser des Verdrängerkörpers deutlich reduzierten Schaftdurchmesser, der eine Abrundung zum zweiten Krümmungsradius R_2 mit einer Schaftausrundung r_4 aufweist und über den eine stoff-, form und/oder kraftschlüssige Verbindung erfolgen kann. Der Schaft wird vorzugsweise zylindrisch ausgeführt und in einer bevorzugten Ausführungsform mit dem von einem Innenrohr freien Zentrum der Rohrträgerplatte verschweißt.

[0018] Hinsichtlich der konkreten geometrischen Ausgestaltung des vorderen Teils des erfindungsgemäßen, mit der Rohrträgerplatte fest verbundenen Verdrängerkörpers werden drei Ausführungsformen vorgeschlagen, die hinsichtlich ihrer Wirksamkeit in Bezug auf die Verhinderung von Ablagerungen auf der Rohrträgerplatte annähernd gleichwertig sind. Hinsichtlich ihrer Neigung, an der exponiertesten Stelle, nämlich der vordersten Anströmfläche, selbst Ort für Ablagerungen zu werden, unterscheiden sie sich jedoch.

[0019] Beste Ergebnisse, das heißt völliges Freibleiben von Ablagerungen auf der Verdrängeroberfläche auch nach längerer Betriebszeit werden in nicht erwarteter Weise mit einer ersten Ausführungsform des Verdrängerkörpers gemäß der Erfindung erreicht, dessen vorderer Teil pilzförmig konvex gekrümmt ausgebildet ist, wobei zwei erste Krümmungsradien am vorderen Ende mit einer ersten Spitzenabrundung verbunden sind.

[0020] Eine zweite Ausführungsform des Verdrängerkörpers, dessen vorderer Teil als gerader Kreiskegel mit einer zweiten Spitzenabrundung ausgeführt ist, zeigt geringfügige Ablagerungserscheinungen im Bereich der Kegelspitze, wobei sich geometriebedingt nur geringe Mengen Ablagerungen bilden können, die sich dann von Zeit zu Zeit ablösen und bei der Umströmung des Verdrängerkörpers höchstwahrscheinlich vereinzelt werden.

[0021] Mit den Ergebnissen der zweiten Ausführungsform sind die Ergebnisse einer dritten Ausführungsform des Verdrängerkörpers vergleichbar, dessen vorderer Teil konisch und mit einer konkav gekrümmten Mantelfläche ausgebildet ist, wobei zwei dritte Krümmungsradien am vorderen Ende mit einer dritten Spitzenabrundung verbunden sind.

Ausführungsbeispiel

[0022] Ausführungsbeispiele der vorgeschlagenen Vorrichtung gemäß der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Es zeigen

[0023] **Fig. 1** einen Mittelschnitt durch ein sog. Rohrbündel als modularer Teil eines in den eingangs genannten Druckschriften beschriebenen Rohrbündel-Wärmeaustauschers, auf dessen Rohrträgerplatten die erfindungsgemäßen Merkmale Anwendung finden;

[0024] **Fig. 2** einen Mittelschnitt durch das Rohrbündel gemäß **Fig. 1** im Bereich der festlagerseitigen Rohrträgerplatte, wobei im Anströmbereich dieser Rohrträgerplatte eine mit dieser fest verbundene erste favorisierte Ausführungsform eines Verdrängerkörpers angeordnet ist, der sich durch einen pilzförmig konvex gekrümmten vorderen Teil auszeichnet;

[0025] **Fig. 3** gleichfalls einen Mittelschnitt durch das Rohrbündel gemäß **Fig. 1** im Bereich der festlagerseitigen Rohrträgerplatte, wobei im Anströmbereich dieser Rohrträgerplatte eine mit dieser fest verbundene zweite favorisierte Ausführungsform eines Verdrängerkörpers angeordnet ist, dessen vorderer Teil als gerader Kreiskegel mit einer Spitzenabrundung ausgeführt ist;

[0026] **Fig. 4** gleichfalls einen Mittelschnitt durch das Rohrbündel gemäß **Fig. 1** im Bereich der festlagerseitigen Rohrträgerplatte, wobei im Anströmbereich dieser Rohrträgerplatte eine mit dieser fest verbundene dritte favorisierte Ausführungsform eines Verdrängerkörpers angeordnet ist, dessen vorderer Teil konisch und mit einer konkav gekrümmten Mantelfläche ausgebildet ist;

[0027] **Fig. 5** einen Mittelschnitt durch das Rohrbündel gemäß **Fig. 1** im Bereich der loslagerseitigen Rohrträgerplatte, wobei im Anströmbereich dieser Rohrträgerplatte eine vierte Ausführungsform eines Verdrängerkörpers, nämlich eine Kugel, angeordnet ist, die im erweiterten Durchtrittsquerschnitt frei beweglich positioniert ist;

[0028] **Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8** die Verdrängerkörper gemäß den **Fig. 2, 3 und 4** in ihrer jeweiligen Einbaulage, wobei jeweils geometrische Einzelheiten dargestellt sind und

[0029] **Fig. 9** eine Ansicht einer Rohrträgerplatte nach dem Stand der Technik von ihrer Anströmseite her gesehen, wobei die bevorzugten Bereiche, an denen Anlagerung von Fasern und Pulpe festgestellt wird, gekennzeichnet sind.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0030] Ein Rohrbündel **1** (**Fig. 1**; siehe auch DE 94 03 913 U1) besteht in seinem mittleren Teil aus einem Außenkanal **2*** begrenzenden Außenmantel **2** mit einem, bezogen auf die Darstellungslage, linksseitig angeordneten festlagerseitigen Außenmantelflansch **2a** und einem rechtsseitig angeordneten loslagerseitigen Außenmantelflansch **2b**. An dem letzteren schließt sich ein von einem ersten Gehäuse **4.1** begrenzter erster Querkanal **4a*** mit einem ersten Anschlussstutzen **4a** und an den festlagerseitigen Außenmantelflansch **2a** schließt sich ein von einem zweiten Gehäuse **4.2** begrenzter zweiter Querkanal

4b* mit einem zweiten Anschlussstutzen **4b** an. Eine Anzahl von sich achsparallel zum Außenmantel **2** durch einen Außenkanal **2*** erstreckenden, gemeinsam einen Innenkanal **3*** bildenden Innenrohre **3**, beginnend mit vier und danach auch bis neunzehn ansteigend und ggf. auch mehr an der Zahl, sind endseitig jeweils in einer festlagerseitigen Rohrträgerplatte **7** bzw. einer loslagerseitigen Rohrträgerplatte **8** (beide auch als Rohrspiegelplatte bezeichnet) abgestützt und in dieser verschweißt, wobei diese Gesamtanordnung über eine nicht näher bezeichnete Öffnung am zweiten Gehäuse **4.2** in den Außenmantel **2** eingeführt und über einen festlagerseitigen Austauscherflansch **5** mit dem zweiten Gehäuse **4.2** unter Zwischenschaltung von jeweils einer Flachdichtung **9** zusammengespannt ist (Festlager **5**, **7**, **4.2**). Die beiden Gehäuse **4.1**, **4.2** sind gegenüber dem jeweils benachbarten Außenmantelflansch **2b**, **2a** ebenfalls mit einer Flachdichtung **9** abgedichtet, wobei das rechtsseitig angeordnete erste Gehäuse **4.1** in Verbindung mit dem Außenmantel **2** über einen loslagerseitigen Austauscherflansch **6** unter Zwischenschaltung eines O-Ringes **10** gegen das linksseitig angeordnete Festlager **5**, **7**, **4.2** gepresst wird. Die loslagerseitige Rohrträgerplatte **8** greift durch eine nicht näher bezeichnete Bohrung im loslagerseitigen Austauscherflansch **6** hindurch und findet gegenüber letzterem ihre Abdichtung mittels des dynamisch beanspruchten O-Ringes **10**, der darüber hinaus das erste Gehäuse **4.1** statisch gegen den loslagerseitigen Austauscherflansch **6** abdichtet. Letzterer und die loslagerseitige Rohrträgerplatte **8** bilden ein sog. Loslager **6**, **8**, welches die Längenänderungen der in der loslagerseitigen Rohrträgerplatte **8** eingeschweißten Innenrohre **3** infolge Temperaturänderung in beiden axialen Richtungen zulässt.

[0031] Abhängig von der Anordnung des jeweiligen Rohrbündels **1** im Rohrbündel-Wärmeaustauscher und seiner jeweiligen Beschaltung können die Innenrohre **3**, bezogen auf die Darstellungslage, entweder von links nach rechts oder umgekehrt von einem Produkt **P** durchströmt werden, wobei die mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Innenrohr **3** und damit im Innenkanal **2*** mit v gekennzeichnet ist. Die querschnittsmäßige Auslegung erfolgt in der Regel derart, dass diese mittlere Strömungsgeschwindigkeit v auch in einem Verbindungsbogen **11** vorliegt, der einerseits mit dem festlagerseitigen Austauscherflansch **5** und andererseits mittelbar mit einem mit der loslagerseitigen Rohrträgerplatte **8** verbundenen loslagerseitigen Anschlussstutzen **8d** verbunden ist. Mit den beiden Verbindungsbogen **11** wird das in Rede stehende Rohrbündel **1** mit dem jeweils benachbarten Rohrbündel in Reihe geschaltet. Daher bildet einmal der festlagerseitige Austauscherflansch **5** einen Eintritt **E** für das Produkt **P** und der loslagerseitige Anschlussstutzen **8d** beherbergt einen dazugehörigen Austritt **A**, beim jeweils benachbarten Rohrbündel kehren sich diese Ein- und Austrittsverhältnisse jeweils entsprechend um. Der festlagersei-

tige Austauscherflansch **5** weist eine erste Anschlussöffnung **5a** auf, die einerseits einem Nenndurchmesser DN und damit einem Nenndurchtrittsquerschnitt A_0 des dort angeschlossenen Verbindungsbogens **11** entspricht und die andererseits so bemessen ist, dass dort die der mittleren Strömungsgeschwindigkeit v im Innenrohr **3** bzw. Innenkanal **3*** entsprechende Strömungsgeschwindigkeit vorliegt. In gleicher Weise ist auch eine zweite Anschlussöffnung **8a** in dem loslagerseitigen Anschlussstutzen **8d** bemessen, wobei sich die jeweilige Anschlussöffnung **5a** bzw. **8a** auf einen jeweils erweiterten Durchtrittsquerschnitt **5c** bzw. **8c** im Bereich zur benachbarten Rohrträgerplatte **7** bzw. **8** durch einen konischen Übergang **5b** bzw. **8b** erweitert.

[0032] In Abhängigkeit von der Richtung der Strömungsgeschwindigkeit v im Innenrohr **3** strömt das zu behandelnde Produkt **P** entweder über die erste Anschlussöffnung **5a** oder die zweite Anschlussöffnung **8a** dem Rohrbündel **1** zu, so dass entweder die festlagerseitige Rohrträgerplatte **7** oder die loslagerseitige Rohrträgerplatte **8** angeströmt wird. Da in jedem Falle ein Wärmeaustausch zwischen Produkt **P** in den Innenrohren **3** und einem Wärmeträgermedium **W** im Außenmantel **2** im Gegenstrom zu erfolgen hat, strömt dieses Wärmeträgermedium **W** entweder dem ersten Anschlussstutzen **4a** oder aber dem zweiten Anschlussstutzen **4b** mit einer Strömungsgeschwindigkeit c zu. Für den Fall, dass das Produkt **P** dem Rohrbündel **1** über die erste Anschlussöffnung **5a** zuströmt, so würde hier die Eintrittstemperatur des Produktes ϑ_E vorliegen. Dementsprechend würde das Wärmeträgermedium **W** den Außenmantel **2** im Gegenstrom über den zweiten Anschlussstutzen **4b** mit einer Austrittstemperatur des Wärmeträgermediums ϑ_A verlassen. Die im Bereich des zweiten Anschlussstutzens **4b** vorliegende Temperaturdifferenz am Produkteintritt $\Delta\vartheta = \vartheta_A - \vartheta_E$ stellt in der Praxis einen zuverlässigen Indikator für die Güte des Wärmeaustauschs in Rohrbündel **1** dar.

[0033] Bei Rohrbündel-Wärmeaustauschern nach dem Stand der Technik finden sich Ablagerungen von Fasern und Pulpe **F** vor allem an den jeweils angeströmten Rohrträgerplatten **7**, **8** im Bereich der Stege **S** (Fig. 9) zwischen benachbarten Innenrohren **3** mit ihrem durchströmten Rohrrinnendurchmesser D_i . Die Darstellung zeigt den gesamten angeströmten Bereich der Rohrträgerplatte **7**, **8** mit einem angeströmten äußeren Durchmesser D_7 , der auch einem größten Durchmesser D_5 des ersten erweiterten Durchtrittsquerschnitts **5c** im festlagerseitigen Austauscherflansch **5** (s. Fig. 2) bzw. einem größten Durchmesser D_8 des zweiten erweiterten Durchtrittsquerschnitts **8c** im loslagerseitigen Anschlussstutzen **8d** (s. Fig. 5) entspricht.

[0034] Ein Verdrängerkörper **12** (Fig. 2 und Fig. 6), der in einer bevorzugten ersten Ausführungsform **12.1** in einem axialsymmetrischen vorderen Teil **12a** bzw. **12.1a** pilzförmig konvex gekrümmt ausgebildet ist, ist über einen an einem axialsymmetrischen hin-

teren Teil **12b** bzw. **12.1b** angeordneten Schaft **12c** bzw. **12.1c** konzentrisch mit dem Zentrum der festlagerseitigen Rohrträgerplatte **7** stoffschlüssig verbunden. Der vordere und der hintere Teil **12.a** bzw. **12.1a** und **12b** bzw. **12.1b** bilden an ihrem Verbindungsquerschnitt einen größten gemeinsamen Außendurchmesser d_{\max} in Form einer definierten Strömungsabrissstelle **12d** bzw. **12.1d** aus.

[0035] Der Verdrängerkörper **12** bzw. **12.1** ist im Anströmbereich der festlagerseitigen Rohrträgerplatte **7** angeordnet, der außenseits von dem ersten erweiterten Durchtrittsquerschnitt **5c** begrenzt ist, und er teilt ein über den Verbindungsbogen **11** mit der mittleren Strömungsgeschwindigkeit v zum Innenkanal **3*** strömendes Produkt **P** axialsymmetrisch über den gesamten Umfang auf und lenkt es nach außen um. Dabei wird die Strömung in einem zwischen dem Verdrängerkörper **12** bzw. **12.1** und einer Innenkontur des festlagerseitigen Austauscherschiffes **5** düsenartig verengten Ringspaltquerschnitt A_s beschleunigt und erreicht an dessen engster Stelle, einem minimalen Ringspaltquerschnitt $A_{s\min}$, eine mittlere maximale Strömungsgeschwindigkeit v_{\max} . Die Strömungsabrissstelle **12d** bzw. **12.1d** ist dabei, in Strömungsrichtung gesehen, hinter der Stelle des minimalen Ringspaltquerschnittes $A_{s\min}$ positioniert.

[0036] Der Außendurchmesser d_{\max} des Verdrängerkörpers **12** bzw. **12.1** ist derart bemessen, dass der durch den Rohrlinnendurchmesser D_i gebildete Durchtrittsquerschnitt der am äußeren Rand der Rohrträgerplatte **7** gelegenen Innenrohre **3** etwa zur Hälfte durch eine in Richtung der Rohrträgerplatte **7** projizierte Anströmfläche a_{\max} des Verdrängerkörpers **12** bzw. **12.1** abgedeckt ist. Im vorliegenden Falle handelt es sich um ein sog. 4er-Bündel von Innenrohren **3**, wie es in **Fig. 9** eindeutig dargestellt ist. Zur Verdeutlichung der projizierten Anströmfläche a_{\max} des Verdrängerkörpers **12** wird auf **Fig. 3** verwiesen. Bei Rohrbündeln mit mehr als vier Innenrohren **3** gilt die vorstehende Bemessungsvorschrift hinsichtlich des abgedeckten Bereiches uneingeschränkt; sie bezieht sich jeweils auf die am äußeren Rand der Rohrträgerplatte **7** gelegenen, einen Rohrkranz bildenden Innenrohre **3**.

[0037] Aus den vorstehenden Ausführungen wird deutlich, dass die Strömung hinter dem Verdrängerkörper **12** bzw. **12.1** zum Zentrum der Rohrträgerplatte **7** hin umgelenkt wird, damit eine gleichmäßige Durchströmung aller Innenrohre **3** erfolgen kann. Gleichzeitig erweitert sich hinter der Strömungsabrissstelle **12d** bzw. **12.1d** der Durchtrittsquerschnitt für die Strömung. Die derart gekrümmte und verzögerte Strömung muss zwangsläufig in diesem Bereich ablösen. Durch die Strömungsabrissstelle **12d** bzw. **12.1d** erfolgt die Ablösung planmäßig an dieser eindeutig definierten Stelle; ansonsten würde die Strömung in Abhängigkeit von der jeweiligen Turbulenz erst im Bereich des hinteren Teils **12b** bzw. **12.1b**, und zwar an einer nicht vorhersehbaren Stelle, ablösen. Die geschilderte Strömungsbewegung

hinter dem Verdrängerkörper **12** bzw. **12.1** führt dort nach den strömungsmechanischen Gesetzmäßigkeiten zu einer Sekundärströmung, auf der die gewünschte Wirkung, nämlich die Verhinderung von Ablagerungen auf der angeströmten Rohrträgerplatte **7, 8**, zum Teil beruht.

[0038] Zum anderen Teil beruht die positive Wirkung des Verdrängerkörpers **12** bzw. **12.1** auf der Beschleunigung der Strömung im Ringspaltquerschnitt A_s , da dadurch offensichtlich eine Ausrichtung der Fasern und Pulpe **F** in Richtung der Stromlinien erfolgt und somit ein „Einfädeln“ dieser Produktbestandteile in den Rohrlinnendurchmesser D_i der Innenrohre **3** erleichtert wird.

[0039] Die **Fig. 6 bis 8** verdeutlichen, dass sowohl beim ersten Verdrängerkörper **12.1** als auch bei den beiden anderen vorgeschlagenen Ausführungsformen, einem zweiten Verdrängerkörper **12.2** (**Fig. 7**) und einem dritten Verdrängerkörper **12.3** (**Fig. 8**), der hintere Teil **12.2b** bzw. **12.3b** in Verbindung mit dem jeweiligen Schaft **12.2c** bzw. **12.3c** kongruent zum hinteren Teil **12.1b** mit dem Schaft **12.1c** des ersten Verdrängerkörpers **12.1** ausgeführt sind. Dabei ist eine zweite axiale Länge l_2 des hinteren Teils **12.1b**, **12.2b**, **12.3b** im Vergleich zu einer ersten axialen Länge l_1 des vorderen Teils **12.1a**, **12.2a**, **12.3a** kleiner, vorzugsweise mit $l_2 \leq 0,5 l_1$, ausgeführt. Weiterhin wird deutlich, dass der hintere Teil **12.1b**, **12.2b**, **12.3b** durch eine konvexe Außenkontur mit einem zweiten Krümmungsradius R_2 berandet ist. Der hintere Teil **12.1b**, **12.2b**, **12.3b** besitzt einen Schaft **12.1c**, **12.2c**, **12.3c** mit einer dritten axialen Länge l_3 und einem gegenüber dem Außendurchmesser d_{\max} des Verdrängerkörpers **12.1 bis 12.3** deutlich reduzierten Schaftdurchmesser d_3 , der zum zweiten Krümmungsradius R_2 hin mit einer Schaftausrundung r_4 versehen ist und über den eine stoff-, form- und/oder kraftschlüssige Verbindung mit der Rohrträgerplatte **7, 8** erfolgt. Hinsichtlich der stoffschlüssigen Verbindung kommt in erster Linie das Schweißen in Frage. Eine Alternative hierzu stellt eine Verschraubung des Verdrängerkörpers **12** mit der Rohrträgerplatte **7, 8** dar. Dabei wird der Schaft **12c** mit einem Außengewinde versehen und in ein Gewindegrundloch innerhalb der Rohrträgerplatte **7, 8** eingeschraubt. Aus hygienischen Gründen ist in diesem Falle ein aus der Rohrträgerplatte **7, 8** herausragender Teil des Schafte **12c** gegenüber letzterer mittels einer Dichtung, vorzugsweise einem O-Ring, abzudichten.

[0040] Der jeweilige vordere Teil **12.1a**, **12.2a**, **12.3a** der drei Verdrängerkörper **12.1, 12.2, 12.3** ist signifikant unterschiedlich ausgebildet (**Fig. 6 bis 8**). Während der erste Verdrängerkörper **12.1** an seiner Anströmfläche pilzförmig konvex gekrümmt ausgeführt ist, wobei zwei erste Krümmungsradien R_1 am vorderen Ende mit einer ersten Spitzenabrundung r_1 verbunden sind (**Fig. 6**), besitzt der zweite Verdrängerkörper **12.2** in seinem vorderen Teil **12.2a** die Form eines geraden Kreiskegels mit einer zweiten Spitzenabrundung r_2 (**Fig. 7**). Beim dritten Verdränger-

körper **12.3** ist dessen vorderer Teil **12.3a** konisch und mit einer konkav gekrümmten Mantelfläche ausgebildet, wobei zwei dritte Krümmungsradien R_3 am vorderen Ende mit einer dritten Spitzenabrundung r_3 verbunden sind (**Fig. 8**).

[0041] Die **Fig. 3** und **4** zeigen den zweiten Verdrängerkörper **12.2** bzw. den dritten Verdrängerkörper **12.3** in ihrem jeweiligen angedeuteten Strömungsumfeld. Die Ausführungen im Zusammenhang mit dem ersten Verdrängerkörper **12.1** in Verbindung mit **Fig. 2** gelten sinngemäß.

[0042] Bei bereits ausgeführten und im Betrieb befindlichen Rohrbündel-Wärmeaustauschern ist die Zugänglichkeit zur loslagerseitigen Rohrträgerplatte **8** zum Zwecke der nachträglichen Montage des Verdrängerkörpers **12** zumindest erheblich erschwert. Für diesen Fall ist vorgesehen, dass der Verdrängerkörper **12** als Kugel **12.4** ausgebildet ist (**Fig. 5**), die im erweiterten Durchtrittsquerschnitt **8c** mit dem Durchmesser D_8 frei beweglich positioniert ist. Eine umströmte Kugel **12.4** besitzt bekanntlich keine definierte Strömungsabrisskante, sondern, abhängig von der Turbulenz der wandnahen Grenzschicht, eine undefinierte Strömungsabrissstelle **12.4d**, die jedenfalls, in Strömungsrichtung gesehen, hinter der engsten Stelle des Ringspaltquerschnittes, den die Kugel **12.4** mit dem zweiten konischen Übergang **8b** bildet, positioniert ist. Bei der Anströmung der loslagerseitigen Rohrträgerplatte **8** wird die Kugel **12.4** in deren Zentrum durch die Strömung fixiert.

[0043] Grundsätzlich ist es möglich, den als Kugel **12.4** ausgebildeten Verdrängerkörper auch im Anströmbereich der festlagerseitigen Rohrträgerplatte **7** anzuordnen. Diese Möglichkeit wird man allenfalls dann nutzen, wenn der Montageaufwand zur Befestigung der Verdrängungskörper **12.1** bis **12.3** an der Rohrträgerplatte **7, 8** nicht betrieben werden soll oder kann.

[0044] Als Materialien für die Kugel **12.4** haben sich neben Polytetrafluorethylen (PTFE) vor allem teilkristalline Hochleistungskunststoffe, wie beispielsweise Polyetheretherketon (PEEK), oder amorphe Thermoplaste, wie beispielsweise Polyphenylsulfon (PPSU), bewährt.

Bezugszeichenliste

1	Rohrbündel
2	Außenmantel
2*	Außenkanal
2a	festlagerseitiger Außenmantelflansch
2b	loslagerseitiger Außenmantelflansch
3	Innenrohr
3*	Innenkanal
4.1	erstes Gehäuse
4a	erster Anschlussstutzen
4a*	erster Querkanal
4.2	zweites Gehäuse
4b	zweiter Anschlussstutzen
4b*	zweiter Querkanal

5	festlagerseitiger Austauschflansch
5a	erste Anschlussöffnung
5b	erster konischer Übergang
5c	erster erweiterter Durchtrittsquerschnitt
6	loslagerseitiger Austauschflansch
7	festlagerseitige Rohrträgerplatte (Rohrspiegelplatte)
8	loslagerseitige Rohrträgerplatte (Rohrspiegelplatte)
8a	zweite Anschlussöffnung
8b	zweiter konischer Übergang
8c	zweiter erweiterter Durchtrittsquerschnitt
8d	loslagerseitiger Anschlussstutzen
9	Flachdichtung
10	O-Ring
11	Verbindungsbogen
12	Verdrängerkörper
12a	vorderer Teil
12b	hinterer Teil
12c	Schaft
12d	Strömungsabrissstelle
i = 1 bis 3	Ausführungsformen
12.ia	vorderer Teil des Verdrängerkörpers 12.i
12.ib	hinterer Teil des Verdrängerkörpers 12.i
12.ic	Schaft des Verdrängerkörpers 12.i
12.id	definierte Strömungsabrissstelle des Verdrängerkörpers 12.i
12.1	erster Verdrängerkörper
12.2	zweiter Verdrängerkörper
12.3	dritter Verdrängerkörper
12.4	Kugel
12.4d	undefinierte Strömungsabrissstelle
a_{max}	projizierte Anströmfläche des Verdrängerkörpers
c	Strömungsgeschwindigkeit im Außenmantel
d_{max}	Außendurchmesser des Verdrängerkörpers
d₃	Schaftdurchmesser
l₁	erste axiale Länge des vorderen Teils des Verdrängerkörpers
l₂	zweite axiale Länge des hinteren Teils des Verdrängerkörpers
l₃	dritte axiale Länge des Schaftes des Verdrängerkörpers
r₁	erste Spitzenabrundung
r₂	zweite Spitzenabrundung
r₃	dritte Spitzenabrundung
r₄	Schaftausrundung
v	mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Innenrohr
v_{max}	mittlere maximale Strömungsgeschwindigkeit im minimalen Ringspaltquerschnitt A_{Smin}
A	Austritt

A_o	Nenndurchtrittsquerschnitt des Verbindungsbogens	8) radial ein- bzw. ausmündenden Anschlussstutzen (4a , 4b) mit je einem Querkanal (4a* , 4b*) für das Wärmeträgermedium (W), und mit wenigstens einem die Strömung im Anströmbereich der Rohrträgerplatte (7 , 8) beeinflussenden Verdrängerkörper (12), dadurch gekennzeichnet ,
A_s	Ringspaltquerschnitt	– dass der Anströmbereich der Rohrträgerplatte (7 , 8) außenseits einen ersten bzw. zweiten erweiterten Durchtrittsquerschnitt (5c , 8c) innerhalb des Austauscherflansches (5) bzw. des Anschlussstutzens (8d) aufweist,
A_{Smin}	minimaler Ringspaltquerschnitt (engste Stelle des Ringspaltquerschnittes A _s)	– dass der Verdrängerkörper (12 ; 12.1 , 12.2 , 12.3 , 12.4) axialsymmetrisch und konzentrisch zur Rohrträgerplatte (7 , 8) angeordnet ist,
D_i	Rohrinnendurchmesser	– dass dieser die Strömung zum Innenkanal (3*) axialsymmetrisch teilt, nach außen umlenkt und dabei die Strömung in einem zwischen dem Verdrängerkörper (12 ; 12.1 , 12.2 , 12.3 , 12.4) und einer Innenkontur des festlagerseitigen Austauscherflansches (5) bzw. loslagerseitigen Anschlussstutzens (8d) düsenartig verengten Ringspaltquerschnitt (A _s) beschleunigt und
DN	Nenndurchmesser des Verbindungsbogens (A _o = DN ² TT/4)	– dass der Verdrängerkörper (12 ; 12.1 , 12.2 , 12.3 , 12.4) in dem erweiterten Durchtrittsquerschnitt (5c , 8c) eine Strömungsabrissstelle (12d ; 12.1d , 12.2d , 12.3d , 12.4d) aufweist.
D₅	größter Durchmesser des ersten erweiterten Durchtrittsquerschnitts 5c im festlagerseitigen Austauscherflansch 5	
D₇	angeströmter äußerer Durchmesser der festlagerseitigen Rohrträgerplatte 7 (D ₇ = D ₅)	
D₈	größter Durchmesser des zweiten erweiterten Durchtrittsquerschnitts 8c im loslagerseitigen Anschlussstutzen 8d	
E	Eintritt	
F	abgelagerte Fasern, Pulpe	
P	Produkt (temperaturbehandelte Seite	
R₁	erster Krümmungsradius des vorderen Teils des Verdrängerkörpers	
R₂	zweiter Krümmungsradius des hinteren Teils des Verdrängerkörpers	
R₃	dritter Krümmungsradius des vorderen Teils des Verdrängerkörpers	
S	Steg	
W	Wärmeträgermedium	
\square_A	Austrittstemperatur des Wärmeträgermedium	
\square_E	Eintrittstemperatur des Produktes	
$\Delta\square = \square_A$	– ϑ_E Temperaturdifferenz am Produkteintritt	

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Einflussnahme auf den Anströmbereich einer Rohrträgerplatte eines Rohrbündel-Wärmeaustauschers, insbesondere für die Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, mit einem von einem Außenmantel (**2**) umgebenen Außenkanal (**2***), der von einem Wärmeträgermedium (W) durchflossen ist, mit einer Anzahl von Innenrohren (**3**), die sich achsparallel und axialsymmetrisch zum Außenmantel (**2**) durch den Außenkanal (**2***) erstrecken, gemeinsam einen Innenkanal (**3***) bilden und endseitig jeweils in einer der beiden Rohrträgerplatten (**7**, **8**) abstützen, mit einem endseitig für alle Innenrohre (**3**) gemeinsamen, in einem festlagerseitigen Austauscherflansch (**5**) ausgebildeten Eintritt (E) und einem gemeinsamen, in einem loslagerseitigen Anschlussstutzen (**8d**) ausgebildeten Austritt (A) für ein Produkt (P), und mit in den Außenkanal (**2***) nahe der Enden des Außenmantels (**2**) und der Rohrträgerplatten (**7**,

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsabrissstelle (**12d**; **12.1d**, **12.2d**, **12.3d**, **12.4d**), in Strömungsrichtung gesehen, hinter einer engsten Stelle (minimaler Ringspaltquerschnitt A_{Smin}) des Ringspaltquerschnittes (A_s) positioniert ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängerkörper (**12**; **12.1**, **12.2**, **12.3**) mit der Rohrträgerplatte (**7**, **8**) fest verbunden ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Außendurchmesser (d_{max}) des Verdrängerkörpers (**12**; **12.1**, **12.2**, **12.3**) derart bemessen ist, dass der durch den Rohrinnendurchmesser (D_i) gebildete Durchtrittsquerschnitt der am äußeren Rand der Rohrträgerplatte (**7**, **8**) gelegenen Innenrohre (**3**) etwa zur Hälfte durch die in Richtung der Rohrträgerplatte (**7**, **8**) projizierte Anströmfläche (a_{max}) des Verdrängerkörpers (**12**; **12.1**, **12.2**, **12.3**) abgedeckt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängerkörper (**12**; **12.1**, **12.2**, **12.3**) aus einem axialsymmetrischen vorderen Teil (**12a**; **12.1a**, **12.2a**, **12.3a**) und einem axialsymmetrischen hinteren Teil (**12b**; **12.1b**, **12.2b**, **12.3b**) gebildet wird, die an ihrem Verbindungsquerschnitt einen größten gemeinsamen Außendurchmesser (d_{max}) in Form einer definierten Strömungsabrissstelle (**12d**; **12.1d**, **12.2d**, **12.3d**) ausbilden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite axiale Länge (l_2) des hinteren Teils (**12b**; **12.1b**, **12.2b**, **12.3b**) im Vergleich zu einer ersten axialen Länge (l_1) des vorderen Teils (**12a**; **12.1a**, **12.2a**, **12.3a**) kleiner, vorzugsweise mit $l_2 \leq 0,5 l_1$, ausgeführt ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der hintere Teil (**12b**; **12.1b**, **12.2b**, **12.3b**) durch eine konvexe Außenkontur mit einem zweiten Krümmungsradius (R_2) berandet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der hintere Teil (**12b**; **12.1b**, **12.2b**, **12.3b**) einen Schaft (**12c**; **12.1c**, **12.2c**, **12.3c**) mit einer dritten axialen Länge (l_3) und einem gegenüber dem Außendurchmesser (d_{max}) des Verdrängerkörpers (**12**; **12.1**, **12.2**, **12.3**) deutlich reduzierten Schaftdurchmesser (d_3) besitzt, der eine Abrundung zum zweiten Krümmungsradius (R_2) mit einer Schaftausrundung (r_4) aufweist und über den eine stoff-, form- und/oder kraftschlüssige Verbindung mit der Rohrträgerplatte (**7**, **8**) erfolgt.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Verdrängerkörper (**12.1**) vorgesehen ist, dessen vorderer Teil (**12.1a**) pilzförmig konvex gekrümmt ausgebildet ist, wobei zwei erste Krümmungsradien (R_1) am vorderen Ende mit einer ersten Spitzenabrundung (r_1) verbunden sind.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Verdrängerkörper (**12.2**) vorgesehen ist, dessen vorderer Teil (**12.2a**) als gerader Kreiskegel mit einer zweiten Spitzenabrundung (r_2) ausgeführt ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein dritter Verdrängerkörper (**12.3**) vorgesehen ist, dessen vorderer Teil (**12.3a**) konisch und mit einer konkav gekrümmten Mantelfläche ausgebildet ist, wobei zwei dritte Krümmungsradien (R_3) am vorderen Ende mit einer dritten Spitzenabrundung (r_3) verbunden sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängerkörper (**12**) als Kugel (**12.4**) ausgebildet ist, die im erweiterten Durchtrittsquerschnitt (**5c**, **8c**) frei beweglich positioniert ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Kugel (**12.4**) aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder aus einem teilkristallinen Hochleistungskunststoff, wie beispielsweise Polyetheretherketon (PEEK), oder einer amorphen Thermoplaste, wie beispielsweise Polyphenylsulfon (PPSU), hergestellt ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass im Zentrum des Außenmantels (**2**), unabhängig von der Anzahl der Innenrohre (**3**), kein Innenrohr (**3**) angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis eines Nenndurchtrittsquerschnitts A_0 eines Verbindungsbogens (**11**) zum minimalen Ringspaltquerschnitt (A_{Smin}) mit

$$1,5 \leq \frac{A_0}{A_{Smin}} \leq 2,5,$$

insbesondere mit

$$\frac{A_0}{A_{Smin}} = 2,$$

ausgeführt ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

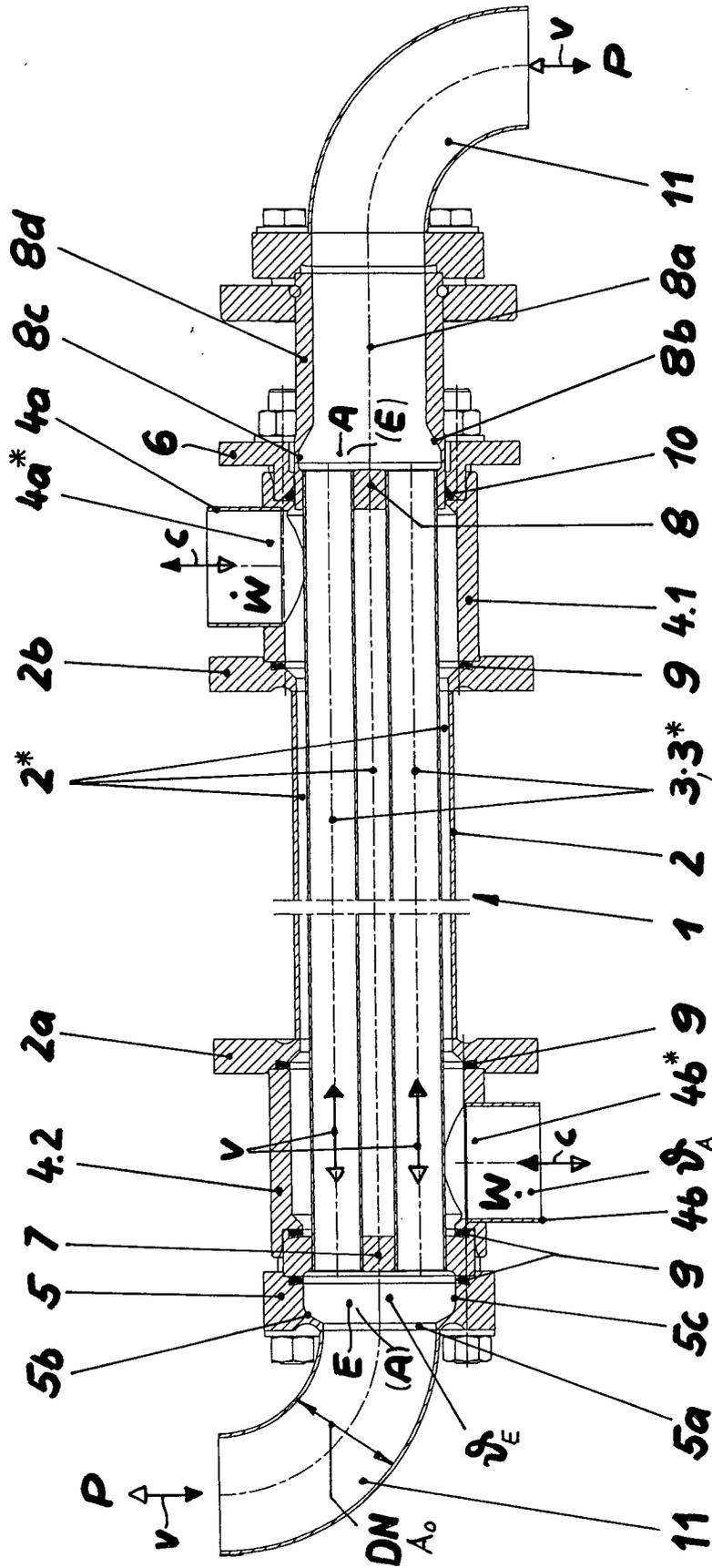


Fig. 1

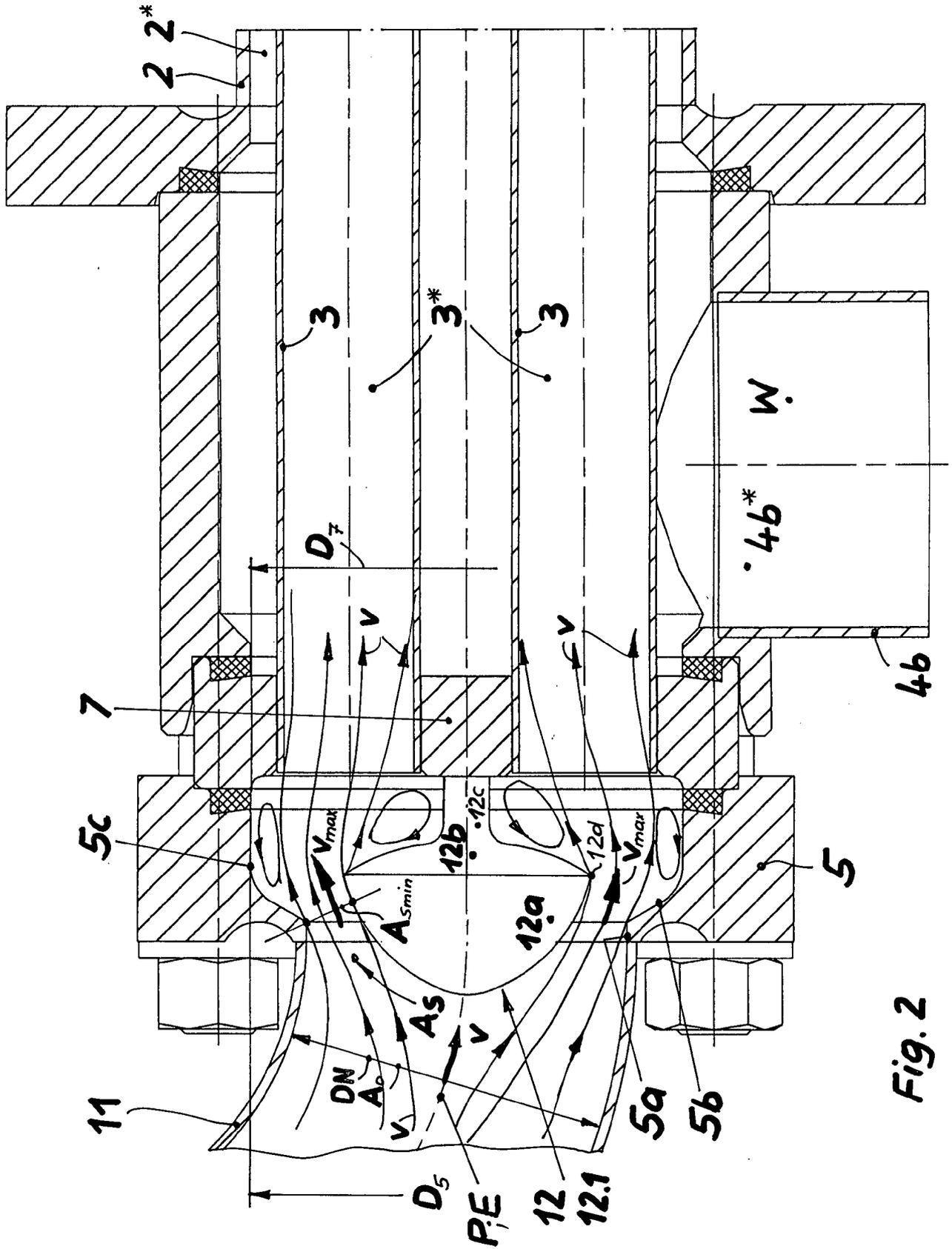


Fig. 2

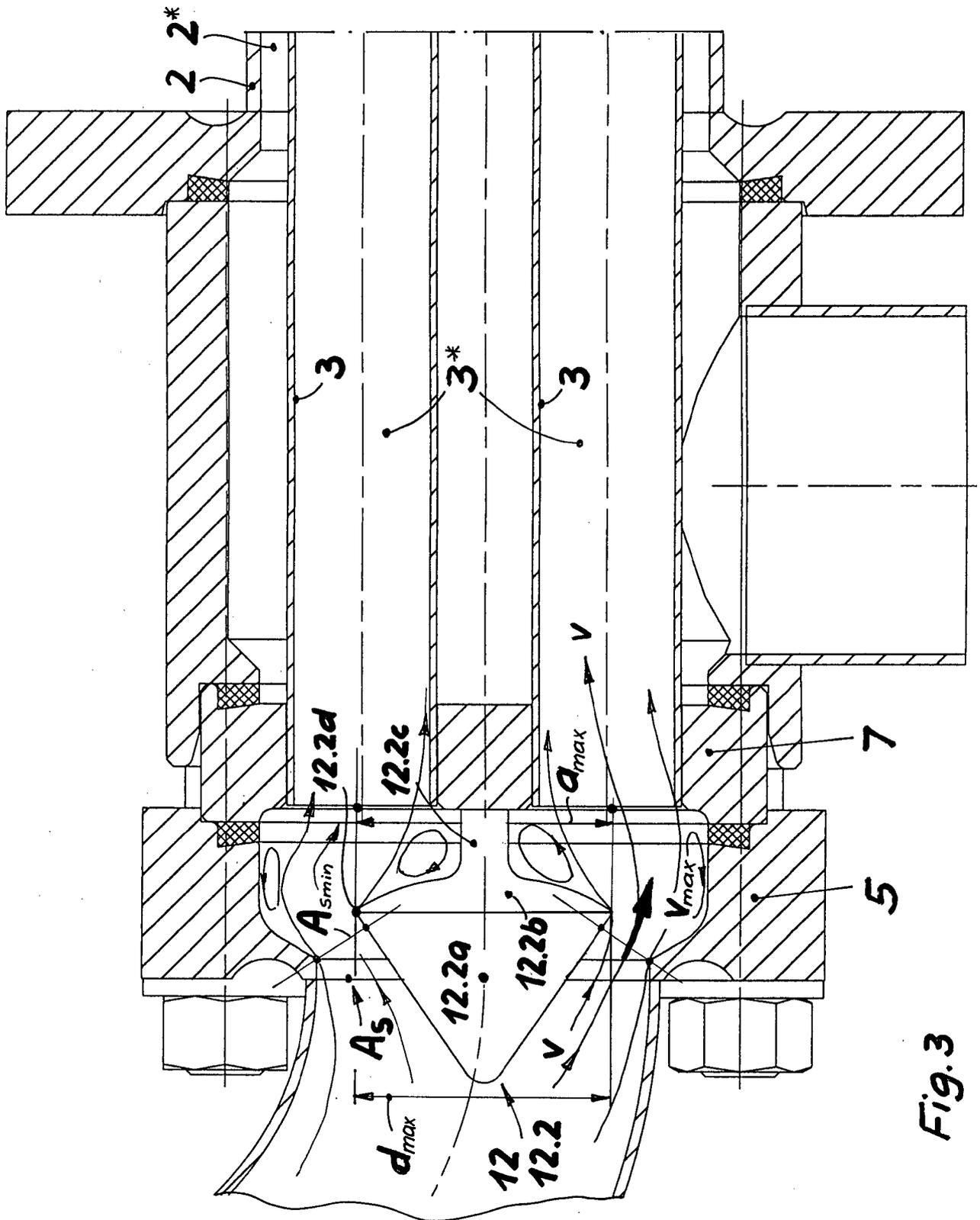


Fig. 3

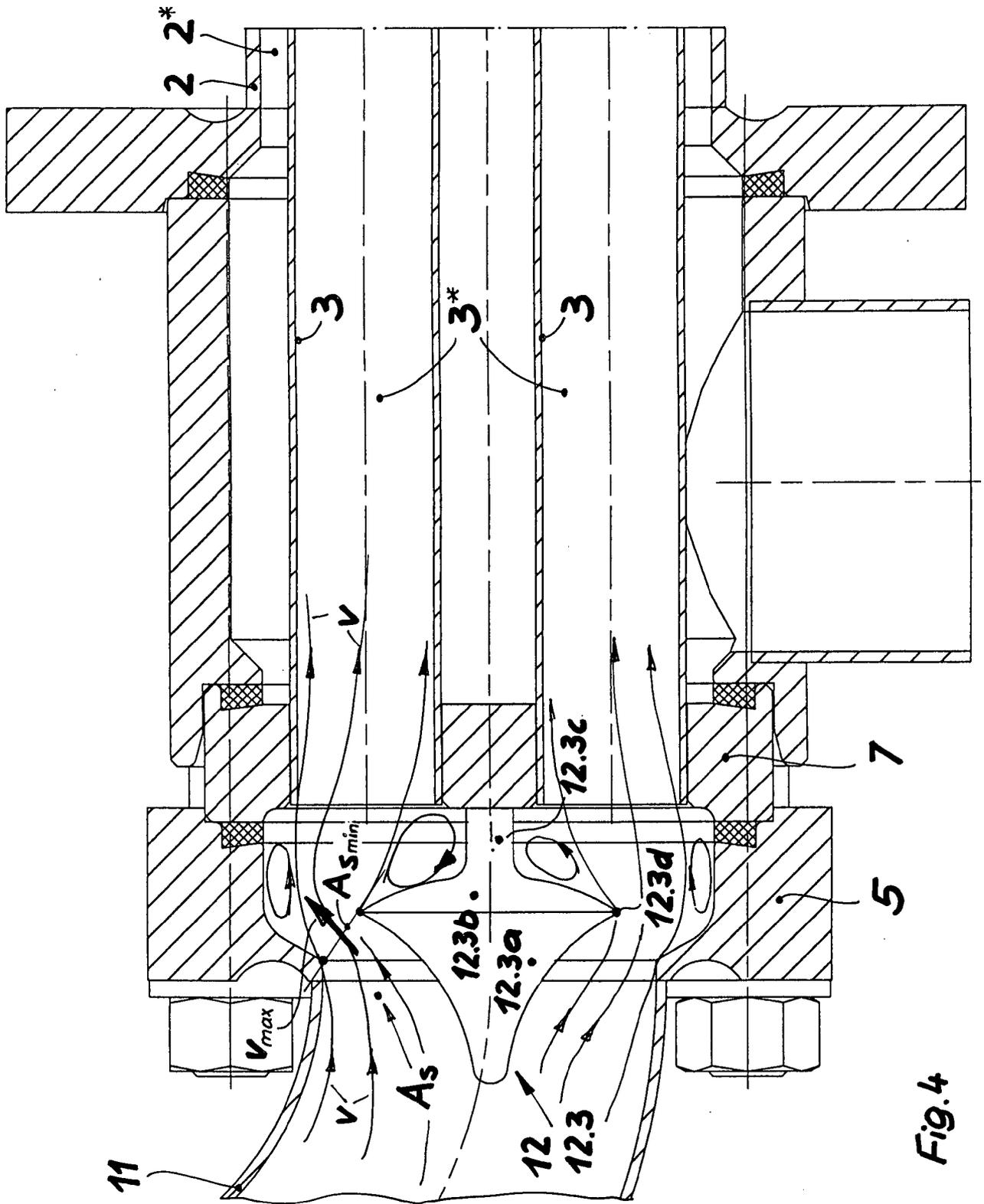


Fig. 4

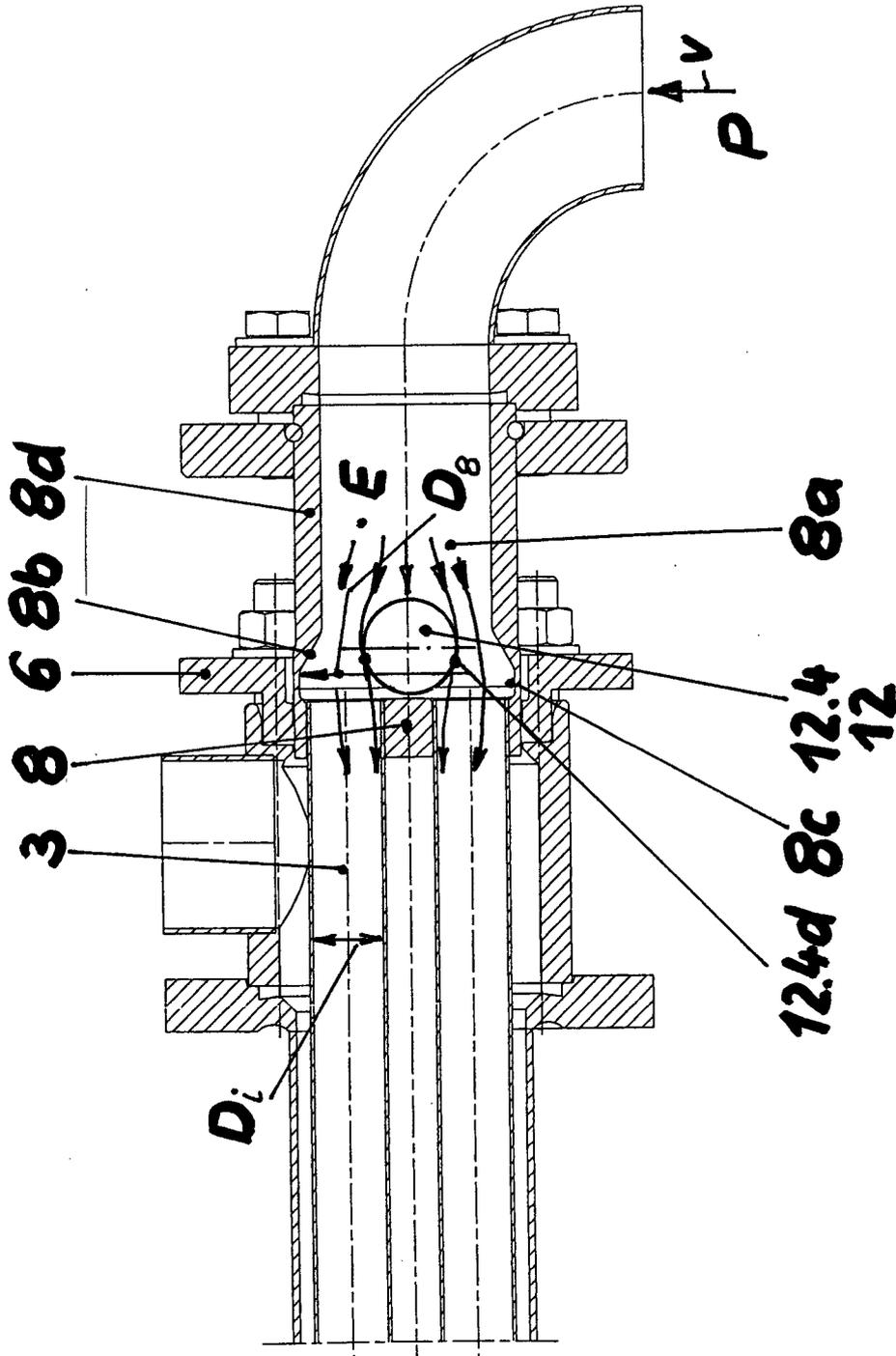


Fig. 5

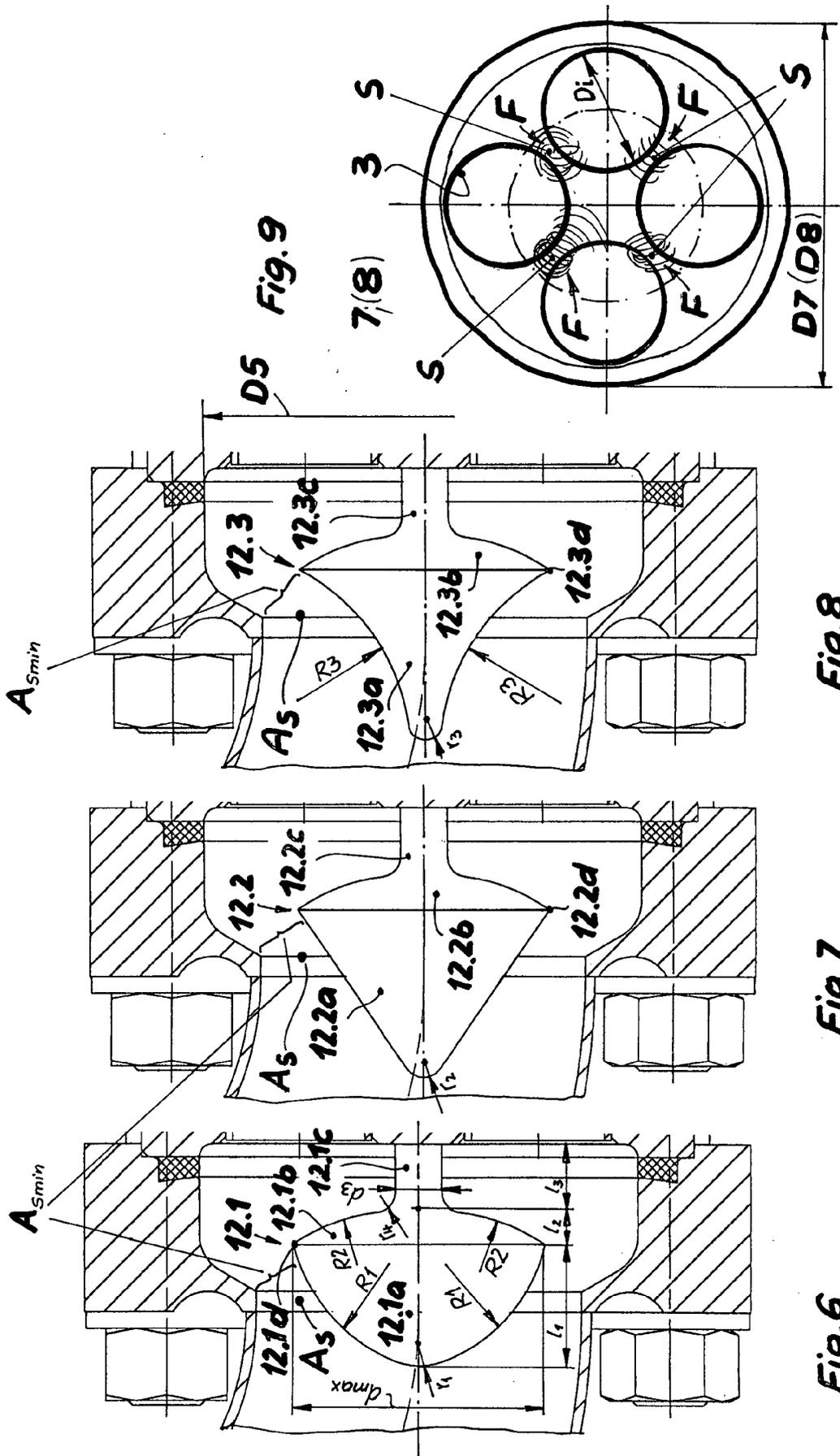


Fig. 8

Fig. 7

Fig. 6