



(11)

EP 2 452 147 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**16.10.2013 Patentblatt 2013/42**

(51) Int Cl.:

F28D 7/16<sup>(2006.01)</sup>

F28F 9/013 (2006.01)

F28F 13/08 (2006.01)

F28G 9/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10724862.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2010/058564**

(22) Anmeldetaq: 17.06.2010

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2011/003717 (13.01.2011 Gazette 2011/02)**

## (54) ROHRREGISTER FÜR DEN INDIREKten WÄRMEAUSTAUSCH

## TUBE REGISTER FOR INDIRECT HEAT EXCHANGE

## REGISTRE TUBULAIRE POUR L'ÉCHANGE DE CHALEUR INDIRECT

**(84) Benannte Vertragsstaaten:**

AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO SE SI SK SM TR

• BRODA, Ralf  
20150 (TH)

(30) Priorität: 06.07.2009 DE 102009031969

- BRODA, Siegfried  
Banglanung Chonburi 20150 (TH)
- BRODA, Ralf  
20150 (TH)
- LEKSAWANGWONG, Wiratch  
T. Maung Amphur Maung Chonburi 20280 (TH)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**16.05.2012 Patentblatt 2012/20**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
Patent- und Rechtsanwälte  
Partnerschaftsgesellschaft  
Bleichstraße 14  
40211 Düsseldorf (DE)

(73) Patentinhaber: **Babcock Borsig Service GmbH**  
**46049 Oberhausen (DE)**

(72) Erfinder:

- **PANUMMA, Rungpунth Amphur Maung Chonburi 20130 (TH)**
- **KUNNO, Jiradet Chonburi 21080 (TH)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 1 967 807	EP-A2- 1 923 652
DE-C1- 3 841 180	DE-C1- 19 647 189
JP-A- 59 049 495	US-A- 3 415 316
US-A- 5 791 404	US-A1- 2003 089 491

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Register für den indirekten Wärmeaustausch zwischen einem Störkomponenten aufweisenden Nutzfluid, insbesondere einem Rauchgas, und einem Wärmeträgerfluid in einem Wärmeaustauscher, mit einer Mehrzahl von Rohren zum Durchleiten des Wärmeträgerfluids, wobei die Rohre in mehreren Rohrlagen sowie mehreren Rohrreihen angeordnet sind, wobei die Rohrlagen und die Rohrreihen quer zueinander verlaufen und wobei die Rohrlagen mehrere Strömungsgassen zum Durchströmen des Nutzfluids definieren. Ferner betrifft die Erfindung einen Wärmeaustauscher mit wenigstens einem Register sowie eine Verwendung des Registers. Ein Register nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 wird in US, 5, 791, 404 offenbart.

**[0002]** Register eines Wärmeaustauschers umfassen eine Mehrzahl von Rohren und werden auch als Rohrbündel bezeichnet. Die Rohre bilden parallel zueinander angeordnete Rohrlagen. Auf diese Weise werden zwischen den Rohrlagen Strömungsgassen für das Durchströmen des Nutzfluids gebildet. Quer zu den Rohrlagen bilden die Rohre des Registers sogenannte Rohrreihen, die ebenfalls parallel zueinander angeordnet sind. In einem Register eines Wärmeaustauschers sind die Abstände zwischen den Rohrreihen ebenso konstant wie die Abstände zwischen den Rohrlagen. Ein Register ist daher in sich symmetrisch aufgebaut. Zur Beschreibung des Aufbaus eines Registers, also der genauen Anordnung der Rohre untereinander, dient die sogenannte Teilung.

**[0003]** Sind die Rohrreihen und die Rohrlagen senkrecht zueinander ausgerichtet, so spricht man von einer quadratischen Teilung, wenn die Rohrreihen und die Rohrlagen gleich weit voneinander beabstandet sind. Ist dies nicht der Fall, spricht man von einer Rechteckteilung. Zur genauen Definition der Anordnung der Rohre wird neben der Art der Teilung noch der Abstand der Rohrmittelpunkte zwischen zwei Rohrreihen und zwei Rohrlagen angegeben. Bei einer quadratischen Teilung reicht dementsprechend die Angabe eines Abstands aus.

**[0004]** Sind die Rohrreihen und die Rohrlagen nicht senkrecht zueinander ausgerichtet, so spricht man von einer Dreiecksteilung. Die Rohrmittelpunkte von drei zueinander benachbarten Rohren liegen dabei auf den Ecken eines Dreiecks, das gleichschenklig sein kann aber nicht muss. Sind die Seitenlängen eines solches Dreiecks bekannt, so ist die Anordnung der Rohre im Register ebenso eindeutig festgelegt, wie wenn bei quadratischen bzw. Rechtecksteilungen die Seitenlängen eines durch die Rohrmittelpunkte benachbarter Rohre gebildeten Quadrats bzw. Rechtsecks vorgegeben sind. Innerhalb eines Registers ändern sich die die jeweilige Teilung betreffenden Abstände nicht. Register mit einer quadratischen Teilung und einer Dreiecksteilung sind der besseren Anschaulichkeit halber in den Fig. 1a und 1b sche-

matisch dargestellt.

**[0005]** Derartige Register aufweisende Wärmeaustauscher sind in unterschiedlichen Ausführungen aus der Praxis bekannt und werden insbesondere als Rohrbündelwärmeaustauscher bezeichnet. Ein Wärmeaustauscher kann dabei ein oder mehrere Register aufweisen. Die Wärmeaustauscher werden zum Wärmeaustausch zwischen unterschiedlichen Fluiden eingesetzt, die flüssig oder auch gasförmig sein können. Das durch das Register strömende Fluid wird dabei im Folgenden als Nutzfluid und das durch die Rohre des Registers strömende Fluid als Wärmeträgerfluid bezeichnet.

**[0006]** Kommen in einem Prozess mehrere Wärmeaustauscher zum Einsatz, kann das Nutzfluid eines wärmeaustauschers bedarfsweise als Wärmeträgerfluid eines anderen Wärmeaustauschers verwendet werden. Das Nutzfluid wird dabei nach dem Verlassen des einen Wärmeaustauschers und vor dem Eintritt in den anderen Wärmeaustauscher als Wärmeträgerfluid regelmäßig in einer weiteren Prozessstufe, wie einer Kondensation oder einer Abscheidung von Störkomponenten, behandelt.

**[0007]** Es sind auch Wärmeaustauscher bekannt, die im sogenannten Kreuzstrom betrieben werden. Dabei ist der Wärmeaustauscher bzw. wenigstens ein Register in zwei voneinander getrennte Bereiche unterteilt, so dass in den beiden Bereichen unterschiedliche Nutzfluide um die Rohre des Registers strömen. Die Strömungsrichtung der Nutzfluide kann dabei entgegengesetzt sein. Das Wärmeträgerfluid innerhalb der Rohre des Registers transportiert in diesem Fall Wärme von einem Bereich des Registers in den anderen Bereich des Registers, so dass das eine Nutzfluid Wärme an das andere Nutzfluid abgibt. Bei den Nutzfluiden kann es sich um ein und denselben Fluidstrom zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten während eines verfahrenstechnischen Prozesses etwa zur Aufbereitung, Konditionierung und/oder Reinigung des Fluidstroms handeln.

**[0008]** Die Wärmeaustauscher bzw. Register werden beispielsweise dazu verwendet, ein Nutzfluid in Form eines Rauchgases, das bei der Verbrennung eines Brennstoffs entsteht, abzukühlen oder aufzuheizen. Zu diesem Zweck werden die Wärmeaustauscher beispielsweise in eine Abgasreinigungsanlage integriert. Zur Kühlung von Rauchgasen ausgebildete Wärmeaustauscher sind beispielsweise einem Rauchgaswäscher in Form eines Gaskühlers vorgeschaltet, während für das Aufheizen von Rauchgasen vorgesehene Wärmeaustauscher einem Rauchgaswäscher nachgeschaltet sein können, um das Rauchgas zu trocknen. Dabei wird die Temperatur des Rauchgases auf ein höheres Temperaturniveau angehoben, um ein Auskondensieren einzelner Komponenten in nachgeschalteten Anlagenteilen zu vermeiden. Bei Abgasreinigungsanlagen können sowohl Gaskühler als auch Gastrockner vorgesehen sein.

**[0009]** Rauchgase können, wie auch andere Medien, eine nicht unerhebliche Menge an Störkomponenten aufweisen. Bei diesen Störkomponenten handelt es sich

vorwiegend um Partikel, etwa in Form von Stäuben. Störkomponenten können aber auch Flüssigkeiten, wie beispielsweise Kondensat oder bei Austritt eines vorgesetzten Wäschers mitgerissene Waschflüssigkeit, sein. Die Flüssigkeit verteilt sich dabei auf eine Vielzahl einzelner Tröpfchen. Bei dem Kondensat kann es sich, insbesondere bei der Behandlung von Rauchgasen, um eine Säure bzw. eine wässrige saure Lösung handeln. Zudem kann das Kondensat wie andere Flüssigkeiten und/oder Feststoffe in den Wärmeaustauscher eingebracht werden. Das Kondensat kann aber auch erst im Wärmeaustauscher bzw. im wenigstens einem Register des Wärmeaustauschers durch ein Absinken der Temperatur gebildet werden. Ganz allgemein unterscheidet sich dabei der Aggregatzustand der Störkomponente von dem des Nutzfluids. Die Störkomponenten in einem Nutzfluid, wie etwa einem Rauchgas, können homogen, etwa aus der gleichen Substanz, oder heterogen aus unterschiedlichen Substanzen zusammengesetzt sein.

**[0010]** Die Störkomponenten können im Wärmeaustauscher, insbesondere in wenigstens einem der Register des Wärmeaustauschers hängenbleiben und sich dort ansammeln. Daher sind Register, die mit Nutzfluiden mit einer größeren Konzentration an Störkomponenten betrieben werden, in regelmäßigen Abständen zu reinigen, damit es nicht zu einem Zusetzen des Registers zwischen einzelnen Rohren kommt. Ferner kann es aber auch unerwünscht sein, wenn die Störkomponenten einfach mit dem Nutzfluid ausgetragen werden.

**[0011]** Zur Reinigung wird häufig dem Nutzfluid vor dem Eintritt in das Register während des Betriebs eine größere Menge Spülmedium zugeführt, das dann von der Strömung des Nutzfluids mitgerissen und durch das Register hindurchgetragen wird. Dies geschieht meist in mehr oder weniger regelmäßigen, vorgegebenen Zeitabständen. Das Spülmedium kann bedarfsweise auch gleichmäßig verteilt innerhalb des Rohrbündels des Wärmeaustauschers eingebracht werden. Das Spülmedium, bei dem es sich meist um Wasser handelt, soll dabei in jedem Fall mit den sich im Register ansammelnden Störkomponenten in Kontakt kommen und diese gemeinsam mit dem Spülmedium, insbesondere in Strömungsrichtung des Nutzfluids, aus dem Register austragen.

**[0012]** Damit das Register möglichst wenig dazu neigt, dass sich Störkomponenten ansammeln und gleichzeitig gut gereinigt werden kann, ist das Register derart aufgebaut, dass zwischen den Rohrlagen, die regelmäßig parallel zur Ausströmrichtung des Nutzfluids ausgerichtet sind, das Nutzfluid eine hohe Strömungsgeschwindigkeit aufweist. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass die Register aus Rohren mit relativ großen Durchmessern aufgebaut sind, die dafür in großen Abständen zueinander angeordnet sind. Letztlich entstehen so zwischen den Rohrlagen breite Strömungsgassen, die dem Nutzfluid einen geringen Strömungswiderstand entgegensetzen und so vom Nutzfluid schnell durchströmt werden können.

**[0013]** Dennoch hat sich in der Praxis gezeigt, dass

sich die Störkomponenten im Register in hohem Maße ansammeln können, was zum teilweise Verblocken oder Zusetzen des Registers, beispielsweise im Strömungsschatten zwischen den Rohren einer Rohrlage, führen kann. Dies hat beispielsweise zur Folge, dass kontinuierlich betriebene Anlagen vorzeitig abgefahren werden müssen, um das Register zu warten bzw. manuell zu reinigen. Dies führt bei aushärtenden Störkomponenten durch die schwierige, zum Teil mechanische Abreinigung

häufig zu Beschädigungen an den Rohren und/oder deren Korrosionsschutz. Dadurch kommt es letztlich zu unerwünschten Rohrausfällen.

**[0014]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Register und einen Wärmeaustauscher der eingangs genannten Art derart auszustalten und weiterzubilden, dass beim Betrieb mit Nutzfluiden mit hohen Anteilen an Störkomponenten, wie etwa Rauchgasen, die Neigung zum Verschmutzen und Verblocken verringert ist und somit im kontinuierlichen Betrieb längere Standzeiten erreicht werden.

**[0015]** Die zuvor genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß von einem Register mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung hat erkannt, dass entgegen der bisherigen Lehre hinsichtlich des Designs von Wärmetauscherregistern die symmetrische Anordnung der Rohre in den Registern hinsichtlich einer unerwünschten Ansammlung von Störkomponenten im kontinuierlichen Betrieb nachteilig ist.

**[0017]** Erfindungsgemäß wird aufgrund dieser Erkenntnis von einem höchst symmetrischen Aufbau des Registers abgerückt und ein Register geschaffen, das bewusst in einem gewissen Maß unsymmetrisch aufgebaut ist. Diese gewisse Unsymmetrie wird geschaffen, indem im Register Strömungsgassen mit erheblich unterschiedlicher Gassenbreite vorgesehen werden. Eine erheblich unterschiedliche Gassenbreite bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Gassenbreiten sich derart nennenswert voneinander unterscheiden, dass sich die Strömungswiderstände in den Strömungsgassen deutlich voneinander unterscheiden. Der Unterschied zwischen den Gassenbreiten ist dabei vom Nutzfluid und den Prozessbedingungen abhängig und demnach nicht exakt zu quantifizieren. Alternativ kann aber auch vorgesehen sein, dass wenigstens eine Strömungsgasse verschiedene Abschnitte mit unterschiedlichen Gassenbreiten aufweist, wobei die Unterschiede in dem zuvor beschriebenen Sinne nennenswert sind. Bedarfsweise ist auch eine Kombination der zuvor beschriebenen Alternativen möglich.

**[0018]** Große Gassenbreiten sorgen dafür, dass der dem Nutzfluid entgegenwirkende Strömungswiderstand ab- und die Strömungsgeschwindigkeit des Nutzfluids gleichzeitig zunimmt. Bei diesem Vergleich wird selbstverständlich von einem konstanten Druckverlust der Nutzfluidströmung beim Durchtritt durch das Register ausgegangen. Bei geringen Gassenbreiten steigt der Strömungswiderstand dagegen an, so dass in diesen Be-

reichen des Registers eine geringere Strömungsgeschwindigkeit herrscht. Erfindungsgemäß werden also ganz bewusst Bereiche mit unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten im Register herbeigeführt.

**[0019]** Eine geringe Gassenbreite ist dabei so gering, dass die Nutzfluidströmung derart verzögert wird, dass es zu einem nennenswerten Absinken von vom Nutzfluid mitgeführten Störkomponenten kommt. In den Bereichen einer großen Gassenbreite ist die Strömungsgeschwindigkeit dagegen so hoch, dass die Verzögerung der Nutzfluidströmung in den Bereichen geringer Gassenbreite ausgeglichen werden kann. Dies bedeutet vorzugsweise, dass bei konstantem Druckverlust der gleiche Volumenstrom an Nutzfluid durch das Register strömt wie bei einer symmetrischen Anordnung der Rohre im Register. Je nach dem zur Verfügung stehenden Druckverlust kommt es hier nicht auf eine exakte Einhaltung des genannten Zusammenhangs an. Zudem wird bei dieser Druckverlustbetrachtung von einem unverschmutzten Register ausgegangen. Andernfalls kann bei einem konventionellen Register infolge der höheren Ablagerungen an Störkomponenten die Nutzfluidströmung bei gleichem Druckverlust deutlich geringer sein als bei dem zuvor beschriebenen Register.

**[0020]** Die große Gassenbreite kann dabei je nach Anwendungsfall zweckmäßiger Weise mehr als 1,10, mehr als 1,25, mehr als 1,5, mehr als 2,0, mehr als 2,5 oder mehr als 3,0 mal so breit sein wie die geringe Gassenbreite. Grundsätzlich ist also ein nennenswerter Unterschied zwischen der großen und der geringen Gassenbreite bevorzugt. Es kann gleichzeitig oder alternativ für die Strömungsverteilung innerhalb des Registers jedoch hinderlich sein, wenn die Unterschiede zwischen der großen Gassenbreite und der geringen Gassenbreite zu deutlich sind, so dass sich unter Umständen nicht wirksame Totzonen bilden, in denen keine Strömung vorliegt. Bei zu großen Unterschieden hinsichtlich der Gassenbreiten kann sich alternativ oder zusätzlich die Wärmeübertragungsfläche als Summe der Mantelflächen der Rohre des Registers stark verringern, was sich ungünstig auf die pro Volumen des Registers zu übertragende Wärme auswirken kann. Die große Gassenbreite sollte daher bedarfsweise nicht mehr als 5, nicht mehr als 4, nicht mehr als 3 oder nicht mehr als 2 mal so breit wie die geringe Gassenbreite sein.

**[0021]** Innerhalb eines Registers können auch unterschiedlich dimensionierte große Gassenbreiten und/oder unterschiedlich dimensionierte geringe Gassenbreiten vorgesehen sein. Auf diese Weise wird ein hohes Maß an Unsymmetrie und damit eine hohe Anzahl unterschiedlicher Strömungszustände innerhalb des wenigstens einen Registers eines Wärmeaustauschers geschaffen.

**[0022]** Die vorstehenden Ausführungen hinsichtlich der Dimension von großen und geringen Gassenbreiten trifft sowohl auf Strömungsgassen einzelner Rohrreihen zu, bei denen zwischen zwei benachbarten Rohren eine konstante Gassenbreite vorgesehen ist, als auch auf sol-

che Rohrreihen, bei denen zwischen zwei benachbarten Rohren abschnittsweise eine große Gassenbreite und abschnittsweise eine geringe Gassenbreite vorgesehen ist.

**[0023]** Bedarfsweise können im Register Bereiche bereitgestellt werden, in denen die Strömung des Nutzfluids fast vollständig zum Erliegen kommt. Zwingend ist dies jedoch nicht. Die Strömungsgeschwindigkeit sollte in diesen beruhigten Zonen jedoch so weit herabgesetzt sein, dass die Störkomponenten bzw. zu Reinigungszwecken eingebrachte Spülmedien nennenswert in Richtung der Schwerkraft absinken können. Allerdings sollte die Strömung auch nicht völlig zum Erliegen kommen, weil dann auch keine Strömungskomponenten mehr in die beruhigten Zonen eintreten und dort nach unten sinken können. Auch sollte die Strömungsgeschwindigkeit nicht so herabgesetzt werden, dass in den Bereichen mit einer großen Gassenbreite die Strömungsgassen zu breit werden, was sich negativ auf den Wärmeaustausch auswirken kann. Die Strömungsgeschwindigkeit sollte in den Bereichen mit einer großen Gassenbreite auch nicht so deutlich ansteigen müssen, um noch den erforderlichen Volumenstrom durch das Register zu transportieren, so dass hierfür ein stark erhöhter Druckverlust in Kauf genommen werden muss.

**[0024]** Dadurch, dass die Störkomponenten in den beruhigten Zonen im Register, also im Bereich der geringen Gassenbreiten, in Richtung der Schwerkraft absinken können, kommt es zu einem Entfrachten des Nutzfluids von Störkomponenten. Die Störkomponenten können dabei vollständig nach unten absinken, wobei die herabgesunkenen Störkomponenten vorzugsweise auf irgendeine Art und Weise abgezogen werden, um eine Anhäufung zu verhindern. Insbesondere wird ein Teilstrom der in das Register eintretenden Störkomponenten in Richtung der Schwerkraft absinken und am Boden des Registers abgezogen, während der andere Teil mit dem Nutzfluid in Strömungsrichtung des Nutzfluids aus dem Register ausgetragen wird.

**[0025]** Handelt es sich bei den Störkomponenten um Partikel oder Kondensat, kann es ausreichend sein, wenn diese Störkomponenten teilweise in beruhigten Zonen absinken und weiter unten wieder in Zonen größerer Strömungsgeschwindigkeit eintreten, um dann mit dem Nutzfluidstrom das Register zu verlassen. Ein Zusetzen des Registers kann so ggf. bereits vermieden werden. Entsprechende Wärmeaustauscher sind vorzugsweise als Gaskühler ausgebildet. Wenn der Wärmeaustauscher als ein Gastrockner ausgebildet ist, in dem das Nutzfluid aufgeheizt wird, und wenn die Störkomponenten mit dem Nutzfluid eingetragene Tröpfchen sind, die beispielsweise aus einem vorgesetzten Gaswäscher bzw. Tropfenabscheider mitgerissen werden, ist es bevorzugt, die Störkomponenten im Wesentlichen vollständig nach unten abzuführen und dem Nutzfluidstrom nach dessen Eintritt in das Register auf diese Weise zügig zu entziehen. Dies ist energetisch bevorzugt, weil die nach unten abgeschiedenen Tröpfchen im Register nicht ver-

dampft werden müssen, um die nötige Trockenheit des Nutzfluids beim Austreten aus dem Register zu erreichen. Die nötige Trockenheit des Nutzfluids ist dann erreicht, wenn dessen Temperatur weit genug oberhalb des Taupunkts liegt und/oder das Nutzfluid jedenfalls keine Tröpfchen mehr aufweist.

**[0026]** Bei Rohrbündel-Wärmeaustauschern aus dem Stand der Technik sammelt sich der Anteil der Störkomponenten, der nicht mit der Nutzgasströmung wieder ausgetragen wird, im wenigstens einen Register des Wärmeaustauschers etwa in Form von Anhaftungen bzw. Anbackungen an, was ein vorzeitiges Abfahren und Reinigen des Registers erforderlich macht.

**[0027]** Aufgrund der Tatsache, dass beim erfindungsgemäßen Register in den weiten Abschnitten mit einer größeren Gassenbreite hohe Strömungsgeschwindigkeiten des Nutzfluids erzielt werden, kommt es innerhalb des Wärmeaustauschers vorzugsweise zu Turbulenzen, die letztlich wiederum dazu führen, dass Störkomponenten aus den Bereichen höherer Strömungsgeschwindigkeit in Bereiche langsamere Strömungsgeschwindigkeit gelangen und dort nach unten absinken können. Störkomponenten können auch von dem schnell strömenden Nutzfluid von beruhigter Zone zu beruhigter Zone gelangen und dabei schrittweise nach unten absinken oder nur teilweise absinken und, etwa an tieferer Stelle, über Gassen großer Gassenbreite aus dem Register ausgetragen werden.

**[0028]** Unter Störkomponenten werden die Mehrzahl von vom Nutzfluid mitgeführten Partikeln und/oder Tröpfchen verstanden. Die Störkomponenten können also wahlweise eine homogene oder eine inhomogene Zusammensetzung aufweisen, wobei die Störkomponenten auch aus unterschiedlichen Materialien bestehen und bedarfsweise unterschiedliche Aggregatzustände aufweisen können.

**[0029]** Bei dem durch die Rohre strömenden Wärmeträgerfluid kann es sich bedarfsweise um ein speziell für den Wärmetransport vorgesehenes, sogenanntes Wärmeträgermedium handeln. Dabei kommen insbesondere Wasser und Öle in Betracht. Alternativ kann es sich bei dem Wärmeträgerfluid aber auch um ein Prozessmedium handeln, das vorzugsweise ebenso wie das Nutzfluid ebenfalls ohnehin vorhanden ist und vorzugsweise ohnehin aufgeheizt oder abgekühlt werden muss. Das Wärmeträgerfluid kann beispielweise auch ein Rauchgas sein. Wärmeträgerfluid und Nutzfluid können wahlweise gasförmig und/oder flüssig sein. Bevorzugt ist das Nutzfluid ein Rauchgas, weiter vorzugsweise, ein abzukühlendes oder aufzuheizendes Rauchgas.

**[0030]** Das Register dient dem indirekten Wärmeaustausch, da das Wärmeträgerfluid und das Nutzfluid nicht in einen direkten Kontakt miteinander kommen, sondern die Wärme lediglich über die Rohrwandungen übertragen wird.

**[0031]** Das Register weist eine Mehrzahl von Rohrlagen und Rohrreihen auf, wobei die Rohre einer Rohrreihe Teil unterschiedlicher Rohrlagen sind und umgekehrt.

Dabei erstrecken sich die Rohrlagen im Wesentlichen in Strömungsrichtung des Nutzfluids, während die Rohrreihen schräg, ggf. quer, zur Strömungsrichtung des Nutzfluids ausgerichtet verlaufen.

**5** **[0032]** Die Rohre wenigstens einer Rohrlage können dabei in Strömungsrichtung des Nutzfluids jeweils fluchtend hintereinander oder aber auch versetzt zueinander angeordnet sein, während die Rohre wenigstens einer Rohrreihe quer zur Strömungsrichtung des Nutzfluids jeweils fluchtend hintereinander oder aber auch versetzt zueinander angeordnet sind.

**[0033]** Die Breite einer Strömungsgasse bestimmt sich dabei immer in einer Rohrreihe, und zwar durch den Abstand zweier benachbarter, die Strömungsgasse begrenzender Rohre. Damit kann die Gassenbreite wenigstens einer Strömungsgasse eines Registers von Rohrreihe zu Rohrreihe variieren oder aber auch konstant bleiben. In dem Fall, dass die Strömungsgasse in wenigstens einer Rohrreihe Abschnitte mit unterschiedlichen Gassenbreiten, also schmale und weite Abschnitte, aufweist, können die schmalen und weiten Abschnitte von Rohrreihe zu Rohrreihe in Strömungsrichtung des Nutzfluids gleichförmig hintereinander angeordnet sein. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass einem schmalen Abschnitt in Strömungsrichtung ein weiter Abschnitt in der folgenden Rohrreihe folgt, oder dass die Gassenbreite der schmalen und der weiten Abschnitte in aufeinanderfolgenden Rohrreihen sowie auch in ein und derselben Rohrreihe variiert.

**30** **[0034]** Es versteht sich, dass, wenn vorliegend von wenigstens einer Rohrreihe, Rohrlage oder Strömungsgasse die Rede ist, auch eine beliebige Mehrzahl von Rohrreihen, Rohrlagen und/oder Strömungsgassen gemeint sein kann. Beispielsweise kann es sich um eine überwiegende Mehrzahl handeln, deren Anteil 50% übersteigt. Es können aber auch alle oder im Wesentlichen alle Rohrreihen, Rohrlagen und/oder Strömungsgassen gemeint sein.

**[0035]** Bei einer ersten Ausgestaltung des Registers kann zu einer einfachen Fertigung und einer einfachen Auslegung des Registers vorgesehen sein, dass wenigstens einzelne Strömungsgassen des Registers in Strömungsrichtung des Nutzfluids aufeinanderfolgenden Rohrreihen des Registers eine konstante Gassenbreite aufweisen. Die Gassenbreite einer gleichen Strömungsgasse verändert sich also beim Übergang von einer Rohrreihe zur in Strömungsrichtung nächsten Rohrreihe nicht. Mit anderen Worten weist das so aufgebaute Register Strömungsgassen auf, die in aufeinanderfolgenden Rohrreihen identisch ausgebildet sind. Dabei können diese Strömungsgassen in Richtung der jeweiligen Rohre eine konstante oder aber auch eine variierende Gassenbreite aufweisen. Vorzugsweise, weil leicht herzustellen, weist wenigstens eine Strömungsgasse entlang aller Rohrreihen des Registers eine konstante Gassenbreite auf. Entlang der Strömungsrichtung des Nutzfluids ändert sich die Gassenbreite der Strömungsgasse also nicht. Dabei muss die entsprechende Strö-

mungsgasse aber nicht zwingend in Richtung der Rohre eine konstante Gassenbreite aufweisen, sondern kann evtl. alternierend sowohl schmale als auch weite Abschnitte mit entsprechend geringen und großen Gassenbreiten aufweisen.

**[0036]** Zur einfachen Fixierung der Rohre des Registers wird vorgesehen, dass in wenigstens einer Rohrreihe jedes Rohr an einem Halteelement fixiert ist, das stabförmig ausgebildet ist und sich im wesentlichen entlang der Rohrlagen erstreckt. Die Beeinflussung der Strömung kann so minimiert werden. Zudem stören die stabförmigen Halteelemente einer Rohrreihe das Absinken der Störkomponenten nur minimal.

**[0037]** Bedarfsweise kann das wenigstens eine Haltelement auch gitterförmig, oder, insbesondere um an das Halteelement angrenzende Rohre, gebogen sein. Die Halteelemente stören das Absinken von Störkomponenten möglichst wenig und erlauben bedarfsweise zusätzlich eine gewisse Beweglichkeit der Rohre, insbesondere wenn diese flexibel angeordnet sind. Als Werkstoffe zur Herstellung des Halteelements kommen ganz allgemein Metalle, Keramiken oder Kunststoffe in Frage, wobei die Metalle einen Korrosionsschutz aufweisen können, der bedarfsweise durch eine Kunststoffummantelung gebildet ist. Als Kunststoff für das Haltelement oder die Ummantelung bieten sich insbesondere Fluorkunststoffe an.

**[0038]** Eine konstruktiv einfache und zudem effektive Möglichkeit besteht-dabei darin, dass in wenigstens einer Rohrreihe in jeder zweiten Strömungsgasse jeweils ein Haltelement vorgesehen ist. Dann sind an jedem Haltelement die diesem benachbarten Rohre fixiert, und zwar vorzugsweise seitlich.

**[0039]** Es kann alternativ aber auch vorgesehen sein, dass an wenigstens einem Haltelement des Registers genau eine Rohrlage fixiert ist, während an wenigstens einem anderen Haltelement genau zwei benachbarte Rohrlagen fixiert sind. Dies bietet sich insbesondere bei der Verwendung von Rohren mit unterschiedlichen Durchmessern in wenigstens einer Rohrreihe an. Dann kann beispielsweise abwechselnd eine Rohrlage mit Rohren eines großen Durchmessers an einem eigenen Haltelement befestigt sein, während benachbart dazu zwei Rohrlagen mit Rohren kleineren Durchmessers an einem gemeinsamen, zwischen den Rohrlagen angeordneten Haltelement fixiert sind.

**[0040]** Dabei ist es für das freie Absinken der Störkomponenten von besonderem Vorteil, wenn die Haltelemente im Wesentlichen seitlich zu den durch das Haltelement gehaltenen Rohrlagen verlaufen.

**[0041]** Zusätzlich zur Fixierung können die Haltelemente auch der Positionierung der Rohre wenigstens einer Rohrreihe oder des gesamten Registers dienen. Dazu kann vorgesehen sein, dass die Haltelemente zwischen den an den Haltelementen festgelegten Rohren wenigstens einer Rohrreihe Abstandshalter zur Beabstandung der an den Haltelementen festgelegten Rohre aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann aber auch vorgesehen sein, dass die Haltelemente direkt als Ab-

standshalter ausgebildet sind. Sie weisen dann zwischen den jeweils zu beabstandenden Rohren eine Breite auf, die dem gewünschten Abstand der Rohre entspricht, ohne dass es hierfür eines weiteren Bauteils bedarf.

**[0042]** Damit die Halteelemente die Strömung des Nutzfluids durch das Register nicht zu stark stören, ist es vorteilhaft, wenn die Halteelemente entweder in Strömungsgassen mit einer geringen Gassenbreite und/oder in schmalen Abschnitten der jeweiligen Strömungsgasse wenigstens einer Rohrreihe angeordnet sind. Zudem weisen die Rohre in diesen Strömungsgassen und/oder Abschnitten ohnehin einen geringen Abstand zu den einander benachbarten Rohren auf, so dass eine Material schonende Fixierung der Rohre erreicht werden kann.

Dabei stören die Halteelemente das Absinken von Störkomponenten in beruhigten Zonen nur wenig, da die Haltelemente seitlich an den Rohren angeordnet sind.

**[0043]** In diesem Zusammenhang bietet es sich an, wenn die Halteelemente entlang der gesamten jeweiligen Rohrlagen jeweils in Strömungsgassen geringer Gassenbreite und/oder schmalen Abschnitten der Strömungsgassen vorgesehen sind. Dadurch werden die beschriebenen Vorteile in allen aufeinanderfolgenden Rohrreihen des Registers erreicht. Alternativ oder zusätzlich ist es aus konstruktiven Gesichtspunkten bevorzugt, wenn die Halteelemente stets in jeder zweiten Strömungsgasse vorgesehen sind. Dies ist ausreichend, um alle Rohre einer Rohrreihe und damit des Registers insgesamt zu fixieren.

**[0044]** Damit das wenigstens eine Halteelement das Herabsinken von Störkomponenten noch weniger beeinflusst, kann das Haltelement auch in den Strömungsgassen mit einer großen Gassenbreite und/oder in weiten Abschnitten angeordnet sein. Dann werden sich auf einem Haltelement absetzende Störkomponenten leichter entfernt und sammeln sich während des Betriebs nicht so stark an. Vorzugsweise ist dann das Haltelement entlang einer Strömungsgasse mit einer breiten Gassenbreite ausgerichtet und erstreckt sich in dieser Strömungsgasse entlang einer die Strömungsgasse begrenzenden Rohrlage. Dabei können dann Halteabschnitte des Haltelements vorgesehen sein, welche die Rohre dieser Rohrlage an das Haltelement anbinden.

**[0045]** Sofern es trotz der Ausbildung von beruhigten Zonen und Zonen erhöhter Strömungsgeschwindigkeit des Nutzfluids durch die Anordnung der Rohre des Registers untereinander notwendig sein sollte, das Register im Betrieb zu reinigen, kann in wenigstens einer Rohrreihe in wenigstens einer Strömungsgasse mit einer geringen Gassenbreite oder in einem schmalen Abschnitt eine Spülleitung zur Zuführung von Spülmedium vorgesehen sein. Dabei erstreckt sich die Spülleitung im Wesentlichen in Richtung der Rohrlagen und/oder in Richtung der Strömungsgassen, was vorzugsweise derselben Richtung entspricht.

**[0046]** Besonders zweckmäßig ist es für die Reinigung des Registers, wenn in wenigstens einer Rohrreihe in jeder Strömungsgasse mit einer geringen Gassenbreite

eine Spülleitung vorgesehen ist. Zusätzlich oder alternativ kann in Strömungsgassen mit einer variierenden Gassenbreite auf einer gemeinsamen Ebene jeweils eine Spülleitung in den schmalen Abschnitten der Strömungsgassen vorgesehen sein. Weite Abschnitte von Strömungsgassen des Registers können bedarfsweise ohne Spülleitung auskommen.

**[0047]** Damit alle Bereiche des Registers, insbesondere die beruhigten Zonen des Registers, durch die Spülflüssigkeit gleichmäßig erreicht werden, ist es zweckmäßig, in wenigstens einer Rohrreihe eine Spülleitung in jeder zweiten Strömungsgasse vorzusehen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die jeweils wenigstens zweiten Strömungsgassen eine geringe Gassenbreite und/oder eine variierende Gassenbreite aufweisen.

**[0048]** Neben der Zuführung von Spülflüssigkeit können die Spülleitungen als Abstandshalter zur Beabstandung der Spülleitung benachbarter Rohre der wenigstens einen Rohrreihe ausgebildet sein. Dies wird konstruktiv einfach dadurch erzielt, dass die Spülleitungen einen Durchmesser aufweisen, der dem bevorzugten Abstand der benachbarten Rohre im Bereich der jeweiligen Spülleitung entspricht.

**[0049]** Die Spülleitungen können zudem jeweils in der Strömungsgasse mit der geringen Gassenbreite und/oder dem schmalen Abschnitt der Strömungsgasse angeordnet sein, weil so die Spülflüssigkeit gezielt den beruhigten Zonen zugeführt werden kann, die Strömung in den Strömungsgassen mit großen Gassenbreiten nicht beeinträchtigt wird und die Rohre in den genannten Strömungsgassen und/oder den genannten Abschnitten ohnehin nahe beieinander liegen.

**[0050]** Um den konstruktiven Aufwand für die Fertigung des Registers zu minimieren, kann wenigstens ein Haltelement gleichzeitig als Spülleitung ausgebildet sein oder umgekehrt. In diesem Zusammenhang bietet es sich an, wenn das wenigstens eine Haltelement ein im Wesentlichen geschlossenes Profil aufweist, das von dem Spülmedium durchströmt werden kann, wobei das Spülmedium durch eine Reihe von Öffnungen aus dem entsprechenden Profil austreten kann.

**[0051]** Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass wenigstens eine Rohrlage wenigstens abschnittsweise schräg und/oder gekrümmt in Bezug zur Anströmrichtung des Registers durch das Nutzfluid ausgerichtet ist. Dies hat zur Folge, dass die freie Strömungsgasse für das Nutzfluid gegenüber der Anströmrichtung des Registers geneigt ist. Das Nutzfluid als solches wird dabei vorzugsweise abgelenkt, und zwar in Richtung der freien Strömungsgasse. Die Störkomponenten, welche vorzugsweise eine höhere Dichte aufweisen, sind jedoch einem höheren Trägheitseinfluss ausgesetzt und werden weniger stark bis kaum abgelenkt. Dabei sind vorzugsweise die Rohre einer Rohrlage gegeneinander versetzt angeordnet, so dass die Störkomponenten bedarfsweise im weiteren Strömungsverlauf gegen ein Rohr einer weiter in Strömungsrichtung

hinten angeordneten Rohrreihe prallen oder vorzugsweise gegen ein in Strömungsrichtung weiter hinten angeordnetes Rohr einer die Strömungsgasse definierenden Rohrlage. Unmittelbar an den Rohren ist die Strömungsgeschwindigkeit des Nutzfluids herabgesetzt, so dass die gegen ein Rohr prallenden Störkomponenten leichter in Schwerkraftrichtung nach unten gelangen können.

**[0052]** Bevorzugt sind die in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Rohre jeweils nur um einen Teil der Gassenbreite versetzt. Die Rohre sind dann nicht auf Lücke zueinander gesetzt, was strömungstechnisch ungünstiger ist, sondern stehen immer weiter in die durch die vordere Rohrreihe definierte Strömungsgasse hinein. Es kann sich dann auf der anderen Seite die Strömungsgasse in gleichem oder ähnlichem Maße erweitern, so dass die Strömungsgasse insgesamt entlang wenigstens einer Rohrlage im Wesentlichen eine konstante Gassenbreite aufweist. Die Strömungsgasse ist jedoch etwas geneigt gegenüber der Anströmrichtung des Registers. Diese Anordnung hat den Effekt, dass vom Nutzfluid mitgerissene Störkomponenten, insbesondere in Form von Tröpfchen, nicht ohne weiteres durch das Register strömen, sondern mit einer höheren Wahrscheinlichkeit gegen eines der Rohre des Registers schlagen, das in Anströmrichtung in die Strömungsgasse hineinragt.

**[0053]** Damit entsprechende Register einfach hergestellt und zudem verhältnismäßig gleichförmig durchströmt werden können, kann vorgesehen sein, dass wenigstens zwei Rohrlagen eine Strömungsgasse mit einer eintrittsseitigen Öffnung und einer austrittsseitigen Öffnung für das Nutzfluid zwischen sich definieren, dass die eintrittsseitige Öffnung in Anströmrichtung des Nutzfluids in Bezug auf das Register nicht mit der austrittsseitigen Öffnung überlappt. Eine Störkomponente, etwa in Form eines Tröpfchens, kann dann nicht, oder jedenfalls kaum, geradlinig in Anströmrichtung des Registers durch dieses hindurchgetragen werden. Es besteht vielmehr die sehr hohe Wahrscheinlichkeit, dass die Tröpfchen gegen Rohre einer der Rohrlagen schlagen und dementsprechend abgeschieden werden. So ist eine Entfrachtung des Nutzfluids etwa von mitgerissener Flüssigkeit leicht möglich. Vorzugsweise handelt es sich bei der eintrittsseitigen Öffnung um die in Strömungsrichtung des Nutzfluids in der vordersten Rohrreihe gebildete Gassenbreite der Strömungsgasse, während es sich bei der austrittsseitigen Öffnung analog um die Gassenbreite der Strömungsgasse der hintersten Rohrreihe handelt. Alternativ kann sich eintrittsseitig und austrittsseitig anstelle auf das Register als solches auch auf einen Teilbereich des Registers beziehen, so dass eintrittsseitig und/oder austrittsseitig weitere Rohre bzw. Rohrreihen vorgegeben sein können.

**[0054]** Es kann vorgesehen sein, dass in wenigstens einer Rohrreihe Strömungsgassen mit konstanten Gassenbreiten angeordnet sind. Dies ist einfach und kostengünstig, insbesondere mit geradlinigen Rohren, zu realisieren. Dennoch kann bedarfsweise in einer Rohrreihe

eine Unsymmetrie dadurch geschaffen werden, dass dort Strömungsgassen vorgesehen sind, die entlang der Längserstreckung der Rohre variierte Gassenbreiten, also vorzugsweise weite Abschnitte und schmale Abschnitte, aufweisen.

**[0055]** Noch einfacher und kostengünstiger wird das Register grundsätzlich, wenn wenigstens die sich in einer Rohrreihe befindenden Strömungsgassen jeweils eine konstante Gassenbreite aufweisen. Die Gassenbreite ist dabei konstant in Richtung der Längserstreckung der Rohre. Vorzugsweise sind die Gassenbreiten in allen Rohrreihen des Registers konstant. Dies erlaubt einen sehr einfachen und damit kostengünstigen Aufbau des Registers, wobei die Rohre insbesondere geradlinig ausgebildet sind.

**[0056]** Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass in wenigstens einer Rohrreihe wenigstens eine Strömungsgasse mit sich abwechselnden schmalen Abschnitten und weiten Abschnitten angeordnet ist. Dies ermöglicht es beispielsweise, durch eine Kombination von Strömungsgassen mit einer konstanten Gassenbreite und von Strömungsgassen mit einer variierten Gassenbreite in einer Rohrreihe oder aber auch in unterschiedlichen Rohrreihen, ein Register mit der gewünschten Unsymmetrie aufzubauen. Die Strömungsgassen sind dabei verständlicherweise in Längserstreckung der Rohre mit einer konstanten bzw. variierten Gassenbreite versehen.

**[0057]** Um trotz der gewünschten Unsymmetrie des Registers dessen Aufbau nicht zu kompliziert gestalten zu müssen, sind in wenigstens einer Rohrreihe alle Strömungsgassen jeweils mit variierten Gassenbreiten ausgestattet, wobei sich in jeder einzelnen Strömungsgasse der Rohrreihe schmale Abschnitte und weite Abschnitte abwechseln.

**[0058]** Eine weitere, ggf. zusätzliche Art, eine Unsymmetrie im Register vorzusehen, ohne dass das Register regellos und damit kompliziert aufzubauen sowie auszulegen ist, könnte darin bestehen, in wenigstens einer Rohrreihe in einer Richtung senkrecht zu den Rohren der Rohrreihe schmale Abschnitte und weite Abschnitte benachbarter Strömungsgassen nebeneinander abwechselnd zueinander anzuordnen. Dies bedeutet, dass in der wenigstens einen Rohrreihe wenigstens eine Strömungsgasse vorgesehen ist, die auf einer bestimmten Ebene senkrecht zu den Rohren einen weiten Abschnitt aufweist, während die benachbarte Strömungsgasse auf dieser Ebene einen schmalen Abschnitt aufweist.

**[0059]** Gleichzeitig oder als Alternative kann vorgesehen sein, dass einzelne Strömungsgassen des Registers in Strömungsrichtung des Nutzfluids aufeinanderfolgenden Rohrreihen abwechselnd eine geringe Gassenbreite sowie eine große Gassenbreite und/oder einen schmalen Abschnitt sowie einen weiten Abschnitt der Strömungsgassen aufweisen. Die Gassenbreite einer gleichen Strömungsgasse verändert sich also beim Übergang von einer Rohrreihe zur in Strömungsrichtung nächsten Rohrreihe. Mit anderen Worten weist das so

aufgebaute Register Strömungsgassen auf, die in aufeinanderfolgenden Rohrreihen eine in Strömungsrichtung des Nutzfluids variierte, und zwar vorzugsweise alternierende, Form aufweisen. Die Form der Strömungsgassen variiert also und erlaubt einen nicht symmetrischen Aufbau des Registers, der gleichzeitig klaren Regeln folgt und somit leicht hergestellt und zum Zwecke der Auslegung berechnet werden kann.

**[0060]** Eine Möglichkeit, Bereiche mit einer großen Gassenbreite und einer geringen Gassenbreite in einem Register zusammenzufassen, besteht darin, dass wenigstens einzelne Rohre wenigstens einer Rohrreihe beziehungsweise Teil einer ersten Rohrlage und beziehungsweise Teil einer zweiten Rohrlage sind. Die entsprechenden Rohre verlaufen also abschnittsweise in der einen Rohrlage und abschnittsweise in wenigstens einer weiteren Rohrlage. Dies ergibt sich beispielsweise dann, wenn benachbarte Rohre einer Rohrreihe miteinander gekreuzt werden, wobei ein Rohr von der einen Rohrlage der Rohrreihe zur benachbarten anderen Rohrlage der Rohrreihe geführt wird, während das benachbarte Rohr von der benachbarten anderen Rohrlage zur einen Rohrlage geführt wird. Eine entsprechende Kreuzung der Rohre kann in einer Rohrreihe in einer Strömungsgasse einfach oder aber auch sich wiederholend mehrfach vorgesehen sein.

**[0061]** Es versteht sich, dass die Rohre beliebiger Rohrlagen in einer Rohrreihe miteinander gekreuzt werden können oder auch beliebige Rohre einer Rohrlage miteinander gekreuzt werden können. Auch ist es möglich, Rohre miteinander zu kreuzen, die einerseits unterschiedlichen Rohrreihen und andererseits unterschiedlichen Rohrlagen angehören. Der Einfachheit halber ist jedoch vorgesehen, dass benachbarte Rohre einer Rohrreihe abschnittsweise in unmittelbar benachbarten Rohrlagen der Rohrreihe verlaufen.

**[0062]** Ein einfacher, regelmäßiger aber nicht symmetrischer Aufbau des Registers kann erreicht werden, wenn eine durch eine erste Rohrlage und eine zweite Rohrlage definierte Strömungsgasse in wenigstens einer Rohrreihe mehrere schmale Abschnitte und/oder weite Abschnitte aufweist. Mit anderen Worten sind in wenigstens einer Strömungsgasse zwischen zwei miteinander gekreuzten Rohren in wenigstens einer Rohrreihe entlang der Längsrichtung der Rohre ausschließlich weite Abschnitte, ausschließlich schmale Abschnitte oder weite und schmale Abschnitte abwechselnd, und zwar vorzugsweise alternierend, vorgesehen. Ausschließlich schmale Abschnitte treten auf, wenn die Rohre der beiden die Strömungsgasse definierenden Rohrlagen einer Rohrreihe entlang der Längsrichtung der Rohre immer abwechselnd miteinander gekreuzt sind und zwischen den Kreuzungspunkten nur schmale Strömungsquerschnitte frei bleiben. Die weiten Abschnitte sind dann vorzugsweise in benachbarten Strömungsgassen derselben Rohrreihe vorgesehen. Dazu ist es dann bedarfsweise ausreichend, wenn die benachbarten Rohre der Rohrreihe geradlinig verlaufen, weil die gekreuzten Roh-

re dafür sorgen, dass die sich ausbildende Gassenbreite der benachbarten Strömungsgasse variiert.

**[0063]** Damit kann eine Unsymmetrie des Registers auf einfache Weise dadurch bereitgestellt werden, dass wenigstens einzelne Rohre wenigstens einer Rohrreihe, vorzugsweise mehrfach, entlang der Längserstreckung der Rohre miteinander gekreuzt sind.

**[0064]** Ein verhältnismäßig regelmäßiger Aufbau des Registers mit einer hohen Anzahl von weiten Abschnitten sowie schmalen Abschnitten ergibt sich dann, wenn im Wesentlichen alle Rohre wenigstens einer Rohrreihe, vorzugsweise mehrfach, entlang der Längserstreckung der jeweiligen Rohre mit jeweils benachbarten Rohren gekreuzt sind.

**[0065]** Die Kreuzungspunkte miteinander gekreuzter Rohre können dabei auf den gleichen Ebenen senkrecht zur Längserstreckung der Rohre liegen, wie die Kreuzungspunkte der benachbarten miteinander gekreuzten Rohre. Alternativ oder zusätzlich, etwa in einer weiteren Rohrreihe, können die Kreuzungspunkte miteinander gekreuzter Rohre auf einer ersten Reihe von Ebenen liegen, während die Kreuzungspunkte der benachbarten Rohre der Rohrreihe auf einer zweiten Reihe von Ebenen liegen, die ebenfalls senkrecht zur Längserstreckung der Rohre ausgerichtet sind. Dabei können Ebenen der ersten Reihe von Ebenen und Ebenen der zweiten Reihe von Ebenen immer abwechselnd in Längserstreckung der Rohre vorgesehen sein, wobei in einer besonders regelmäßigen, wenn auch nicht symmetrischen, Registeranordnung, die Abstände zwischen den einzelnen Ebenen immer identisch sind. Vorzugsweise, weil einfacher herzustellen, liegen die Kreuzungspunkte von jeweils zwei miteinander gekreuzten Rohren immer abwechselnd auf der ersten Reihe von Ebenen und der zweiten Reihe von Ebenen. Benachbarte gekreuzte Rohre sind also immer abwechselnd in Längsrichtung der Rohre um den Abstand der Ebenen unterschiedlicher Reihen gegeneinander versetzt angeordnet.

**[0066]** Es müssen nicht alle Rohre einer Rohrreihe miteinander gekreuzt sein, es kann einfacher für die Herstellung des Registers sein, wenn angrenzend zu miteinander gekreuzten Rohren in einer gemeinsamen Rohrreihe geradlinig ausgebildete Rohre vorgesehen sind, die dann mit den gekreuzten Rohren eine Strömungsgasse in der Rohrreihe bilden, die variierende Gassenbreiten aufweist, so dass sich bedarfsweise schmale Abschnitte und weite Abschnitte abwechseln können.

**[0067]** Variierende Gassenbreiten und damit eine gezielte Unsymmetrie des Registers lassen sich konstruktiv besonders einfach dadurch erreichen, dass in wenigstens einer Rohrreihe und/oder in wenigstens einer Rohrlage Rohre mit nennenswert unterschiedlichem Rohrdurchmesser vorgesehen sind. Dabei können in der wenigstens einen Rohrreihe bzw. Rohrlage Rohre mit unterschiedlichen Durchmessern abwechselnd und derart zueinander angeordnet sein, dass sich daraus die Strömungsgassen mit unterschiedlichen Gassenbreiten ergeben. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass jedes

Rohr wenigstens einer Rohrreihe mit einem größeren Durchmesser benachbart zu jeweils zwei Rohren der wenigstens einer Rohrreihe mit einem geringen Durchmesser angeordnet ist. Mit anderen Worten folgt in einer Rohrreihe bedarfsweise zwei dünnen Rohren ein dickes Rohr, dem dann wieder zwei dünne Rohre folgen usw.

**[0068]** In diesem Zusammenhang können in wenigstens einer Rohrlage ausschließlich Rohre mit einem identischen Rohrdurchmesser vorgesehen sein. Letztlich kann das Register so einfach aus Rohrlagen mit gleichartigen Rohren zusammengesetzt werden.

**[0069]** Unabhängig von der Anordnung der Rohre des Registers untereinander ist es bevorzugt, wenn die Rohre aus einem Kunststoff, vorzugsweise aus einem Fluorkunststoff, insbesondere aus Perfluoralkoxy (PFA), gefertigt sind. Dadurch wird eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber korrosiven Medien erzielt. Alternativ oder zusätzlich können die Rohre aus Metall gefertigt sein, vorzugsweise aus einem entsprechend widerstandsfähigen, insbesondere aus einem korrosionsbeständigen Metall, gefertigt sein.

**[0070]** Ferner kann es wünschenswert sein, dass die Rohre flexibel ausgebildet sind, um die Rohre leicht in der gewünschten Ausrichtung zueinander anordnen zu können. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn einzelne Rohre miteinander gekreuzt sein sollen. Die notwendige Flexibilität kann durch den genannten Kunststoffwerkstoff der Rohre ohne weiteres sichergestellt werden.

**[0071]** Unter bestimmten Bedingungen kann das Register aber auch sowohl flexible als auch starre Rohre aufweisen. Dies bietet sich etwa dann an, wenn die starren Rohre zur Stabilität des Registers beitragen sollen. Bei der Verwendung von Rohren mit unterschiedlichen Durchmessern kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Rohre mit größerem Durchmesser starr und die Rohre mit geringerem Durchmesser flexibel sind. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass geradlinige Rohre eines Registers starr und die gebogenen Rohre desselben Registers flexibel ausgebildet sind. Es kann auch vorgesehen sein, dass die flexiblen Rohre aus einem Kunststoff und die starren Rohre aus Metall gefertigt sind.

**[0072]** Um den im Register auftretenden Fluidschall zu verringern, können in einfacher Weise die Rohre von wenigstens zwei benachbarten Rohrlagen mit gegeneinander versetzten Rohren sehr nahe aneinander, bedarfsweise sogar zur Überlappung gebracht werden. Dann verbleiben zwischen den entsprechenden Rohren wenn überhaupt nur noch sehr schmale Spalte quer zur Strömungsrichtung des Nutzfluids. Die Rohre bilden letztlich gemeinsam eine sogenannte Rohrscheibe, welche die Schallwellen in hohem Maße reflektiert. Alternativ oder zusätzlich kann wenigstens eine entsprechende Rohrscheibe dadurch vorgesehen sein, dass die Rohre wenigstens einer Rohrlage so dicht aneinander gebracht werden, dass keine oder nur noch sehr geringe Zwischenräume zwischen den Rohren dieser Rohrlage ver-

bleiben. Um dies zu erreichen, wird entweder in der wenigstens einen Rohrlage die Anzahl der Rohre im Vergleich zu anderen Rohrlagen deutlich erhöht oder deren Durchmesser gegenüber anderen Rohren des Registers deutlich vergrößert. In diesem Zusammenhang kann es alternativ oder zusätzlich zweckmäßig sein, benachbarte Rohre der wenigstens einen Rohrlage miteinander zu kreuzen, um auf diese Weise ein stabilisiertes 'Geflecht' von Rohren bzw. eine Rohrscheibe aus miteinander gekreuzten Rohren zu erhalten. Dies bietet sich insbesondere dann an, wenn die Rohre des Rohrregisters flexibel, beispielsweise aus Kunststoff, gefertigt sind. Alternativ können für den Fall, dass die Rohre des Registers im Wesentlichen flexibel ausgebildet sind, auch die Rohre der wenigstens einen Rohrlage zur Reflexion des Schalls starr, beispielsweise aus Metall, ausgebildet sein.

**[0073]** Besonders bevorzugt ist es, entsprechende im Sinne einer Rohrscheibe ausgebildete Rohrlagen an oder benachbart zu beiden Rändern des Registers vorzusehen. Auch etwa in der Mitte des Registers kann eine solche Rohrlage zusätzlich oder alternativ zweckmäßig sein. Zwei bis sechs Rohrscheiben dürfen im Regelfall bevorzugt sein, um eine erhebliche Schallreduktion durch eine Reflexion des Fluidschalls zu erreichen.

**[0074]** Die eingangs genannte Aufgabe ist auch durch einen Wärmeaustauscher mit wenigstens einem Register gemäß Anspruch 13 dadurch gelöst, dass das wenigstens eine Register ein Register nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ist.

**[0075]** Bei einer ersten bevorzugten Ausgestaltung des Wärmeaustauschers ist vorgesehen, dass in Strömungsrichtung des Nutzfluids vor dem in Schwerkraftrichtung unteren Ende des Registers eine quer zur Strömungsrichtung ausgerichtete Barriere zum Schutz der Rohre vor Abrasion durch vom Nutzfluid mitgeführte Störkomponenten vorgesehen ist. Bei den Störkomponenten handelt es sich dabei insbesondere um Partikel, wie Stäube oder dergleichen.

**[0076]** Die Barriere ist dabei vorzugsweise dort angebracht, wo lokale Spitzen der Konzentration an Störkomponenten auftreten. Dies ist wegen des Schwerkraffteinflusses auf die Störkomponenten regelmäßig am Boden des Wärmeaustauschers der Fall. Die Barriere ist daher vorzugsweise am in Schwerkraftrichtung unteren Ende des Registers vorgesehen.

**[0077]** Dabei kann vorgesehen sein, dass die Barriere mit dem Boden des Wärmeaustauschers einen Spalt bildet. Durch diesen Spalt strömt das Nutzfluid mit erhöhter Geschwindigkeit und kann so sich auf dem Boden des Wärmeaustauschers ansammelnde und/oder vorzugsweise in den beruhigten Zonen nach unten in Richtung des Bodens abgesunkene Störkomponenten mitreißen und auf diese Weise aus dem Wärmeaustauscher ausstragen. Dies führt letztlich zu einer Entfrachtung mit dem Nutzfluid. Diese unterscheidet sich dabei aber von der bekannten Entfrachtung dadurch, dass die Entfrachtung nicht mit der Kernströmung des Nutzfluids, sondern mit einer bodennahen Randströmung des Nutzfluids erfolgt.

Auf diese Weise können die Störkomponenten ohne weiteres direkt in den Sumpf eines nachgeschalteten-Anlagentils, wie etwa eines Wäschers, überführt werden.

**[0078]** Es bietet sich dabei an, dass die Höhe des freien Spalts maximal etwa dem minimalen Abstand zwischen dem unteren Ende des Registers und dem Boden des Wärmeaustauschers entspricht, so dass das untere Ende des Registers keiner erhöhten Abrasion durch die Störkomponenten ausgesetzt ist.

**[0079]** Aufgrund des geringen konstruktiven Aufwands für das Einbringen des Registers in den Wärmeaustauscher und für das Austauschen des Registers wird das Register vorzugsweise als gehängtes U-Rohrwärmetauscherregister mit Rohrkrümmungen am in Schwerkraftrichtung unteren Ende des Registers ausgebildet.

**[0080]** Dann kann zudem vorgesehen sein, dass im Bereich der Rohrkrümmungen in wenigstens einer Rohrreihe wenigstens in einer Strömungsgasse mit einer großen Gassenbreite die Gassenbreite maximal ist. Mit anderen Worten weitet sich diese wenigstens eine Strömungsgasse nach unten hin, um den Abtransport von Störkomponenten aus dem Register zu verbessern, auch wenn dies zur Folge hat, dass die Gassenbreite benachbarter Strömungsgassen entsprechend geringer wird, damit die Breite des Registers insgesamt konstant bleiben kann.

**[0081]** Aus den genannten Gründen kann es zweckmäßig sein, wenn einzelne Strömungsgassen im Bereich der Rohrkrümmungen eine so große Gassenbreite aufweisen, dass infolgedessen in wenigstens einer Rohrreihe wenigstens in einer Strömungsgasse mit einer gerin- gen Gassenbreite die Gassenbreite im Wesentlichen Null ist. Die entsprechenden benachbarten Rohre der wenigstens einen Rohrreihe können dabei, vorzugsweise nahezu, aneinander anliegen.

**[0082]** Die zuvor beschriebenen konstruktiven Merkmale des Registers des Wärmeaustauschers können grundsätzlich in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden. Dies trifft insbesondere auch auf die verschiedenen, beschriebenen Arten zu, von einem symmetrischen Aufbau eines Registers eines Wärmeaustauschers abzuweichen. Es kann also beispielweise in verschiedenen Rohrreihen und/oder Rohrlagen von unterschiedlichen Arten einer unsymmetrischen Auslegung und/oder unterschiedlichen Dimensionen einer bestimmten unsymmetrischen Auslegung Gebrauch gemacht werden. Es könnte auch in ein und derselben Rohrreihe und/oder Rohrlage von unterschiedlichen solcher Ausgestaltungen Gebrauch gemacht werden. Um die Komplexität hinsichtlich der Herstellung und der Auslegung des Registers gering zu halten, bietet es sich dennoch an, wenn in jeweils einer Rohrreihe und/oder einer Rohrlage jeweils nur von einer Ausgestaltung Gebrauch gemacht wird, die insgesamt zu einem unsymmetrischen Aufbau des Registers führt. Mit anderen Worten können sich dann unterschiedliche Rohrlagen und/oder Rohrreihen strukturell voneinander unterscheiden.

**[0083]** Das zuvor beschriebene Register ist aufgrund

seiner Ausgestaltung zum Aufheizen und/oder Abkühlen von Störkomponenten enthaltendem Gas, wie insbesondere Rauchgas, besonders gut geeignet. (Anspruch 16) Dabei kann es sich bei den Störkomponenten um Partikel, Kondensat und/oder mitgerissene Flüssigkeit handeln. Daher kommen die Wirkungen des Registers insbesondere dann zum Tragen, wenn es einem Rauchgaswäscher vor und/oder nachgeschaltet ist (Anspruch 17). Dann wird das Rauchgas aufgeheizt und/oder abgekühlt.

**[0084]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer lediglich Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt

- Fig. 1a ein Register eines Rohrbündelwärmeaustauschers aus dem Stand der Technik mit einer quadratischen Teilung in einer Schnittansicht senkrecht zu den Rohren des Rohrbündels,
- Fig. 1b ein Register eines Rohrbündelwärmeaustauschers aus dem Stand der Technik mit einer Dreiecksteilung in einer Schnittansicht senkrecht zu den Rohren des Rohrbündels,
- Fig. 2 ein Detail eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Registers aus einer Blickrichtung parallel zur Strömungsrichtung des Nutzfluids,
- Fig. 3 das Detail des Registers aus Fig. 2 in einer Schnittansicht entlang der Ebene II-II aus Fig. 2,
- Fig. 4 ein weiteres Detail des Registers aus Fig. 2 aus einer Blickrichtung parallel zur Strömungsrichtung des Nutzfluids,
- Fig. 5 ein Detail eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Registers in einer Schnittdarstellung gemäß Fig. 3,
- Fig. 6 ein Detail eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Registers in einer Schnittdarstellung gemäß Fig. 3,
- Fig. 7 ein Detail eines vierten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Registers in einer Ansicht parallel zur Strömungsrichtung des Nutzfluids,
- Fig. 8 ein Detail eines fünften Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Registers in einer Ansicht parallel zur Strömungsrichtung des Nutzfluids,
- Fig. 9 ein Detail eines sechsten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Registers in einer Blickrichtung parallel zur Strömungsrichtung des Nutzfluids,

- Fig. 10 den Bodenbereich eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Wärmeaustauschers in einer Blickrichtung parallel zur Strömungsrichtung des Nutzfluids und
- Fig. 11 den Bodenbereich des Wärmeaustauschers aus Fig. 10 in einer Schnittdarstellung entlang der Ebene IX-IX aus Fig. 10.
- [0085]** Konventionelle Arten eines Registers, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, sind in den Fig. 1a und 1b dargestellt. Das in der Fig. 1a dargestellte Rohrbündel eines Registers eines Wärmeaustauschers weist eine quadratische Teilung auf. Die Rohrmittelpunkte zweier benachbarter Rohre R einer Rohrreihe RR und--zweier dazu fluchtend angeordneter Rohre bilden dabei die Eckpunkte eines Quadrats. Mit anderen Worten sind bei einem derartigen Register die benachbarte Rohre R einer Rohrreihe RR sowie benachbarte Rohre R einer Rohrlage RL jeweils im selben Abstand zueinander angeordnet. Wäre der Abstand zwischen den Rohrlagen und den Rohrreihen unterschiedlich, würde es sich nicht um eine quadratische, sondern um eine Rechtecksteilung handeln. Auch in diesem Fall wären die Abstände zwischen den Rohrreihen und den Rohrlagen des Registers an jeder Stelle des Registers identisch. Auch dann handelt es sich also um einen symmetrischen Aufbau des Registers.
- [0086]** Bei einem Rohrbündel eines Registers eines Wärmeaustauschers mit einer Dreiecksteilung, die in der Fig. 1b dargestellt ist, sind die Rohrlagen RL' nicht fluchtend zueinander ausgerichtet, sondern um jeweils einen halben Rohrabstand zueinander versetzt. Zu jedem Punkt innerhalb des Registers befinden sich benachbart drei Rohre R', deren Mittelpunkte auf den Eckpunkten eines Dreiecks angeordnet sind, dessen Seitenkanten die gleiche Länge b aufweisen. Es handelt sich also um eine gleichschenklige Teilung. Die Schenkel eines entsprechenden, die Teilung angebenden Dreiecks könnten aber auch unterschiedlich lang sein. Auch in diesem Falle würden alle Rohrmittelpunkte entsprechender benachbarter Rohre aber jeweils gleiche Dreiecke definieren. Dies bedeutet, dass auch derartig aufgebaute Register in sich durchgängig symmetrisch sind.
- [0087]** Die Rohre R,R' bilden sowohl in Dreiecksteilung als auch in quadratischer Teilung Strömungsgassen mit einer konstanten Breite aus. Das Versetzen der Rohrlagen RL' gegeneinander führt jedoch dazu, dass die Rohre R' in Dreiecksteilung dichter gepackt werden können als die Rohre R in quadratischer Teilung, ohne dass der Druckverlust unverhältnismäßig ansteigt. Letztlich ist sowohl bei einer quadratischen Teilung als auch bei einer Dreiecksteilung eine höchstsymmetrische Anordnung der Rohre R,R' innerhalb des Registers eines Wärmeaustauschers gegeben. Das bedeutet, dass die Teilung, also die Rohrabstände a,b, in jedem Abschnitt des Registers eines Wärmeaustauschers identisch sind. Es existieren folglich weder Strömungsgassen unterschiedlich-

cher Gassenbreite noch Strömungsgassen, die einen weiten und einen schmalen Abschnitt aufweisen.

**[0088]** In der Fig. 2 ist ein Detail eines Wärmeaustauschers 1 dargestellt, der ein Register 2 mit parallel zueinander ausgerichteten Rohren 3 aufweist. Wie etwa in der Fig. 3 in einem horizontalen Schnitt entlang der Ebene II-II aus Fig. 2 dargestellt ist, weist das Register 2 senkrecht zur Strömungsrichtung S des Nutzfluids eine Reihe hintereinander angeordneter Rohrreihen 4 auf, die in Strömungsrichtung S des Nutzfluids parallel zueinander angeordnete Rohrlagen 5 bilden. Die einzelnen Rohre 3 einer jeden Rohrlage 5 sind in Strömungsrichtung S des Nutzfluids fluchtend hintereinander angeordnet.

**[0089]** Bei dem dargestellten Register 2 definieren jeweils zwei benachbarte Rohrlagen 5 zwischen einander eine Strömungsgasse 6,6' zum Durchströmen mit dem Nutzfluid. Dabei weist jede Strömungsgasse 6,6' in jeder Rohrreihe 4 eine Gassenbreite 7,7' auf, die durch den Abstand jeweils benachbarter Rohre 3 festgelegt ist. Im Fall des in den Fig. 2 und 3 dargestellten Registers 2 sind die Gassenbreiten 7,7' einer jeden Strömungsgasse 6,6' in Strömungsrichtung S des Nutzfluids konstant. Die Gassenbreite 7,7' der Strömungsgassen 6,6' ändert sich also von Rohrreihe 4 zu Rohrreihe 4 des Registers 2 nicht. Ferner ist die Gassenbreite 7,7' im dargestellten Ausführungsbeispiel jeweils senkrecht zur Strömungsrichtung S des Nutzfluids ausgerichtet.

**[0090]** In jeder Rohrreihe 4 des dargestellten Registers 2 wechseln sich Strömungsgassen 6,6' mit einer großen Gassenbreite 7' und einer geringen Gassenbreite 7 ab. Aufgrund der größeren Gassenbreite 7' stellt sich in den entsprechenden Strömungsgassen 6' eine höhere Strömungsgeschwindigkeit des Nutzfluids ein, während sich aufgrund der geringeren Gassenbreite 7 in den übrigen Strömungsgassen 6 eine geringere Strömungsgeschwindigkeit des Nutzfluids einstellt.

**[0091]** Die in den Fig. 2 und 3 dargestellten Rohrreihen 4 vorgesehenen Rohre 3 sind jeweils paarweise zueinander gruppiert und an einem gemeinsamen Haltelement 8 fixiert, das stabförmig ausgebildet ist und sich parallel zu den angrenzenden Rohrlagen 5, also entlang der Strömungsgasse 6, mit geringer Gassenbreite 7 erstreckt. Vor dem Register 2 sind die Haltelemente 8 in der dargestellten Ebene des Registers 2 an einer quer zum Register verlaufenden Aufhängung 9 gehalten. Die Haltelemente 8 weisen Abstandshalter 10 auf, an denen von je zwei Seiten zwei benachbarte Rohre 3 unterschiedlicher Rohrlagen 5 in Anlage sind. Zur Fixierung jeweils zweier benachbarter Rohre 3 unterschiedlicher Rohrlagen 5 an dem Haltelement 8 dient ein die Rohre 3 umgreifendes Ringelement 11. Durch die Gruppierung jeweils zweier Rohrlagen 5 zu einem Haltelement 8 sind die Haltelemente 8 bei dem dargestellten Register 2 jeweils nur in jeder zweiten Strömungsgasse 6 vorgesehen.

**[0092]** In der Fig. 4 ist ein weiteres Detail des Registers 2 gemäß Fig. 2 und 3 dargestellt, wobei in Fig. 4 eine Ansicht entsprechend der Fig. 2 dargestellt ist, die jedoch

einen Ausschnitt in einem Bereich zeigt, in dem Spülleitungen 12 zum Spülen und damit zum Entfernen von Störkomponenten aus dem Register 2 vorgesehen sind. Zu diesem Zweck können die Spülleitungen 12 unterschiedlich hoch im Register angeordnet sein. Jedenfalls sind wenigstens einige der Spülleitungen 12 verhältnismäßig hoch im Register 2 angeordnet. Ferner sind die Spülleitungen 12 nur in jeder zweiten Strömungsgasse 6 vorgesehen. Dabei erstrecken sich die Spülleitungen 12 im Wesentlichen entlang der gesamten Strömungsgassen 6 durch das Register 2. Ferner ist es möglich, wenn auch nicht im Einzelnen dargestellt, dass die Spülleitungen 12 an Haltelementen 8 befestigt sind.

**[0093]** Beim dargestellten Register 2 sind die Spülleitungen 12 in den schmaleren Strömungsgassen 6 vorgesehen und weisen zudem einen äußeren Durchmesser auf, der mit der geringeren Gassenbreite 7 dieser Strömungsgassen 6 im Wesentlichen übereinstimmt. Dadurch dienen die Spülleitungen 12, die in Anlage an die benachbarten Rohre 3 gelangen, gleichzeitig als Abstandshalter für jeweils zwei benachbarte Rohrlagen 5. Die Spülleitungen 12 weisen über ihre Länge nicht näher dargestellte Öffnungen auf, aus denen ein Spülmedium, wie beispielsweise Wasser, gezielt austreten kann. Mit dem Spülmedium können beispielsweise anhaftende Störkomponenten in Form von Feststoffpartikeln entfernt werden, wobei diese zusammen mit dem Spülmedium zu einem großen Teil in Richtung der Schwerkraft aus dem Register 2 ausgetragen werden, wodurch lange Standzeiten erreicht werden.

**[0094]** Wie ein Vergleich der Fig. 2 und 4 veranschaulicht, variiert die Gassenbreite 7,7' der jeweiligen Strömungsgasse 6,6' über deren Höhe bei dem dargestellten Register 2 nicht, sondern bleibt konstant. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass die Rohre 3 parallel zueinander verlaufen.

**[0095]** In der Fig. 5 ist ein Register 2' schematisch in einem Schnitt senkrecht zur Längserstreckung der Rohre 3 dargestellt. Bei diesem Register sind die Rohrlagen 5' nicht parallel, sondern schräg zur Anströmrichtung AS des Nutzfluids in Bezug auf das Register 2' ausgerichtet. Dies wird durch einen geringen Versatz der in Anströmrichtung AS einander folgenden Rohrreihen 4' um einen Teil jedenfalls der Gassenbreite der Strömungsgasse 6" mit großer Gassenbreite erreicht. Auf diese Weise werden Strömungsgassen 6" gebildet, bei denen die eintrittsseitigen Öffnungen 14 der Strömungsgassen 6" für das Nutzfluid nicht mehr mit den austrittseitigen Öffnungen 15 der Strömungsgassen 6" überlappen.

**[0096]** Das in der Fig. 6 dargestellte Register 22 eines Wärmeaustauschers 21 unterscheidet sich von dem in den Fig. 2 bis 3 dargestellten Register 2 dadurch, dass Rohre 3,23 unterschiedlicher Durchmesser verbaut sind. Dabei sind in jeder Rohrlage 5,25 ausschließlich Rohre 3,23 mit identischem Durchmesser vorgesehen. Die Rohrlagen 5,25 sind zudem derart zum Register 22 zusammengefügt, dass auf zwei Rohrlagen 5 mit Rohren 3 geringen Durchmessers immer eine Rohrlage 25 eines

großen Durchmessers und dieser immer zwei Rohrlagen 5 mit Rohren 3 geringer Durchmesser folgen. Die beiden benachbarten Rohrlagen 5 mit Rohren 3 geringeren Durchmessers werden dabei von einem gemeinsamen Halteelement 8 gehalten, das sich entlang der durch diese beiden Rohrlagen 5 gebildeten Strömungsgasse 6 erstreckt und ebenfalls stabförmig ausgebildet ist. Bei dieser Strömungsgasse 6 handelt es sich jeweils um eine Strömungsgasse mit einer konstanten geringen Gassenbreite 7. Dagegen ist zwischen der Rohrlage 25 mit den Rohren 23 mit einem großen Durchmesser und der angrenzenden Rohrlage 5 mit Rohren 3 mit einem geringen Durchmesser stets eine Strömungsgasse 26 gegeben, die eine große Gassenbreite 27 aufweist.

**[0097]** Aus ökonomischen Gesichtspunkten wird jede Rohrlage 25 mit Rohren 23 mit einem großen Durchmesser von einem separaten Haltelement 28 gehalten, das seitlich zu der Rohrlage 25 angeordnet ist. Dieses Haltelement 28 kommt daher auch ohne separate Abstandshalter aus. Die beiden jeweils benachbarten Rohrlagen 5 mit Rohren 3 eines geringeren Durchmessers sind im dargestellten Ausführungsbeispiel, wie bereits zu den Fig. 2 bis 4 beschrieben aufgebaut. Gleiches gilt prinzipiell auch für die Anordnung der Spülleitung in den Strömungsgassen 6 mit einer geringen Gassenbreite 7, also den Strömungsgassen 6 zwischen den Rohrlagen 5 mit Rohren 3 eines geringen Durchmessers. Das in der Fig. 6 dargestellte Register 22 weist ausschließlich geradlinig ausgebildete Rohre 3,23 auf. Es könnten aber auch jedenfalls zum Teil gekrümmte Rohre zum Aufbau des Registers verwendet werden.

**[0098]** Bei dem in der Fig. 7 dargestellten Register 42 eines Wärmeaustauschers 41 ist, ähnlich wie bei dem in der Fig. 2 dargestellten Registers 2, lediglich die vordere Rohrreihe 44 dargestellt, da die weiteren Rohrreihen 44 fluchtend zur vorderen Rohrreihe 44 angeordnet sind.

**[0099]** Die Besonderheit des in der Fig. 7 dargestellten Registers 42 im Vergleich zu dem Register 2 gemäß der Fig. 2 bis 4 besteht darin, dass die Rohre 43 abwechselnd Teil einer ersten Rohrlage 45 und einer zweiten Rohrlage 45' der gemeinsamen Rohrreihe 44 sind. Die Rohre 43 kreuzen einander beim Übergang von der ersten Rohrlage 45 zur zweiten Rohrlage 45' und umgekehrt. Zwischen den entsprechenden Kreuzungspunkten 53 bildet sich eine Strömungsgasse 46 mit schmalen Abschnitten 54, also geringeren Gassenbreiten 47, aus. Einzelne der schmalen Abschnitte 54 weisen einen Abstandshalter 50 oder eine Spülleitung 52 auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Spülleitung 52 den gleichen Außendurchmesser wie der Abstandshalter 50 auf, so dass die Spülleitung 52 die beiden paarweise gekreuzten Rohre 43 gleichzeitig auf dem gewünschten Abstand zueinander hält.

**[0100]** Die dargestellten miteinander gekreuzten Rohre 43 sind starr ausgeführt, so dass zwischen zwei Kreuzungspunkten 53 der Rohre 43 nicht in jeden Fall ein Mittel vorgesehen sein muss, das zur Beabstandung der Rohre 43 beiträgt. Bei der Verwendung von flexiblen

Rohren wäre vorzugsweise zwischen jeweils zwei benachbarten Kreuzungspunkten einer Strömungsgasse ein solches Mittel vorgesehen, damit die Rohre dauerhaft die gewünschte Position einnehmen.

5 **[0101]** Die Strömungsgassen 46' angrenzend zu den beiden paarweise gekreuzten Rohren 43 weisen variierende Gassenbreiten 47' auf. Die Strömungsgassen 46' sind auf Höhe der Kreuzungspunkte 53 am breitesten und auf mittlerer Höhe zwischen den Kreuzungspunkten 10 53 am schmalsten. Damit weisen die an die gekreuzten Rohren 43 angrenzenden Strömungsgassen 46', die von den benachbarten geradlinig verlaufenden Rohren 43' der Rohrreihe 44 begrenzt werden, wiederum über deren Höhe abwechselnd schmale Abschnitte 54' und weitere 15 Abschnitte 55 auf.

**[0102]** Die Kreuzung der Rohre 43 erfolgt im in Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiel in Art einer Flechtung, wobei jedes der beiden miteinander gekreuzten Rohre 43 abwechselnd in Strömungsrichtung S vor und hinter 20 dem jeweils anderen Rohr 43 zur jeweils anderen Rohrlage 45,45' geführt wird.

**[0103]** Hierauf kann jedoch, wie bei dem in der Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiel eines Registers 62 eines Wärmeaustauschers 61, bedarfsweise verzichtet 25 werden. Dort wird das eine Rohr 63 der beiden miteinander gekreuzten Rohre 63,63' stets vor dem anderen Rohr 63' zur anderen Rohrlage 65,65' geführt.

**[0104]** Bei den in den Fig. 7 und 8 dargestellten Registers 42,62 wechseln sich paarweise miteinander gekreuzte Rohre 43,63,63' und geradlinig verlaufende Rohre 43',63" in einer Rohrreihe 44,64 miteinander ab.

**[0105]** Dagegen sind bei dem in der Fig. 9 dargestellten Register 82 eines Wärmeaustauschers 81 alle Rohre 83 einer Rohrreihe 84 jeweils paarweise miteinander gekreuzt, und zwar jeweils mehrfach über die Längserstreckung der Rohre 83. Es sind dabei immer die gleichen Rohre 83 miteinander gekreuzt. Es könnten prinzipiell aber auch Rohre abwechselnd mit -unterschiedlichen Rohren, vorzugsweise von unterschiedlichen Rohrlagen, miteinander gekreuzt sein. Es ist ebenfalls nicht zwingend, dass bloß Rohre 83 benachbarter Rohrlagen 85 miteinander gekreuzt sind und/oder die miteinander gekreuzten Rohre 83 immer der gleichen Rohrreihe 84 angehören. Die Rohre 83 sind in einer Flechtung miteinander gekreuzt.

**[0106]** Das in der Fig. 9 dargestellte Register 82 weist ausschließlich paarweise gekreuzte Rohre 83 auf. Die Kreuzungspunkte 93 der jeweils paarweise miteinander gekreuzten Rohre 83 jedenfalls der einen Rohrreihe 84 liegen in gemeinsamen Ebenen 96 parallel zur Strömungsrichtung. Dadurch sind in den Strömungsgassen 86 zwischen den paarweise gekreuzten Rohren 83 im Bereich der Kreuzungspunkte 93 weite Abschnitte 95 und dazwischen schmale Abschnitte 94 vorgesehen, so dass die Gassenbreiten 87,87' über die Längserstreckung der Strömungsgassen 86 variieren. Die paarweise gekreuzten Rohre 83 definieren jeweils eine Strömungsgasse 86' zwischen sich, die ausschließlich schmale Ab-

schnitte 94' mit geringeren Gassenbreiten 87" aufweist, wobei diese nicht identisch mit den schmalen Abschnitten 94' der jeweils angrenzenden Strömungsgassen 86 sein müssen.

**[0107]** Hinsichtlich der in den von den paarweise gekreuzten Rohren 83 definierten Strömungsgassen 86' bedarfsweise vorgesehenen Abstandshaltern 90 und Spülleitungen 92 gilt das Gleiche, was bereits zu dem in der Fig. 7 dargestellten Wärmeaustauscher 41 ausgeführt worden ist.

**[0108]** Bei einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel eines Registers mit jeweils paarweise gekreuzten Rohren könnten die Kreuzungspunkte benachbarter jeweils untereinander gekreuzter Rohre auch auf unterschiedlichen Ebenen liegen. Beispielsweise liegt nur jeder zweite Kreuzungspunkt in Richtung einer Rohrreihe in einer dieser Ebenen. Vorzugsweise liegen jeweils die Kreuzungspunkte zweier miteinander gekreuzter Rohre in Längserstreckung der Rohre und/oder des Registers gesehen im Wesentlichen, insbesondere mittig, zwischen den Kreuzungspunkten der benachbarten miteinander gekreuzten Rohre, insbesondere zu beiden Seiten der Rohrreihe. Die Kreuzungspunkte dieser zu beiden Seiten der Rohrreihe benachbarten, jeweils paarweise miteinander gekreuzten Rohre liegen dann bevorzugt auf gemeinsamen Ebenen, insbesondere auch mit den Kreuzungspunkten der jeweils übernächsten miteinander paarweise gekreuzten Rohren der wenigstens einen Rohrreihe.

**[0109]** Eine entsprechende Anordnung hat zur Folge, dass die Strömungsgasse zwischen jeweils zwei paarweise miteinander gekreuzten Rohren über die Strömungsgassenhöhe eine verhältnismäßig gleichmäßige Gassenbreite aufweist. Nach einem entsprechenden Ausführungsbeispiel würde die entsprechende Strömungsgasse eine im Wesentlichen schlängenlinienförmige Form annehmen.

**[0110]** In der Fig. 10 ist der Bodenbereich eines Wärmeaustauschers 101 mit U-förmigen Rohren 103 dargestellt. Die U-förmigen Rohre 103 des Registers 102 sind in den Wärmeaustauscher 101 in Richtung der Schwerkraft eingehängt, so dass die Rohrkrümmungen 117 der U-förmigen Rohre 103 in Richtung des Bodens 118 des Wärmeaustauschers 101 weisen. Zwischen den gekrümmten Rohren 103 und dem Boden 118 des Wärmeaustauschers 101 verbleibt ein Spalt 119, durch den das Nutzfluid durchströmen kann. Im Bereich der Rohrkrümmungen 117 befindet sich in Strömungsrichtung S des Nutzfluids vor den Rohren 103 des Registers 102 eine hier plattenförmig dargestellte Barriere 120, die sich im dargestellten Ausführungsbeispiel in einer Ebene senkrecht zur Strömungsrichtung S des Nutzfluids erstreckt. Dabei ist die Barriere 120 derart angeordnet, dass sich zwischen dem Boden 118 des Wärmeaustauschers 101 und der Unterkante 121 der Barriere 120 ein Spalt 119 ausbildet, durch den das Nutzfluid mit erhöhter Geschwindigkeit hindurchströmt und im Bodenbereich abgeschiedene Störkomponenten, wie beispielsweise Par-

tikel, mitreißt, ohne dass es dabei zu einer erhöhten Abrasion am Register 102 im Bereich der Rohrkrümmungen 117 kommen kann. Diese erhöhte Strömungsgeschwindigkeit des Nutzfluids im Spalt 122 unterhalb der Rohrkrümmungen 117 ist schematisch in der Schnittansicht von Fig. 11 dargestellt.

**[0111]** Infolge der Stauung des Nutzfluids in Strömungsrichtung S vor der Barriere 120 ergeben sich ebenfalls erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten bei der Überströmung der Barriere 120 durch das Nutzfluid, das somit mit erhöhter Strömungsgeschwindigkeit durch den Bereich der Rohrkrümmungen 117 hindurchströmt und dort Störkomponenten, die von oben aus der Strömung des Nutzfluides herabgesackt sind, entfernt. Zudem können die Strömungsgassen mit großen Gassenbreiten im Bereich des unteren Endes des Registers, wo sich die Rohrkrümmungen befinden, aufgeweitet sein, wodurch die Strömungsgassen mit geringen Gassenbreiten lokal schmäler werden. Dies kann sich auf den Abtransport der Störkomponenten aus dem Register positiv auswirken.

## Patentansprüche

1. Register (2, 2', 22, 42, 62, 82, 102) für den indirekten Wärmeaustausch zwischen einem Störkomponenten aufweisenden Nutzfluid, insbesondere einem Rauchgas, und einem Wärmeträgerfluid in einem Wärmeaustauscher (1, 21, -41, 61, 81, 101),
  - mit einer Mehrzahl von Rohren (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", -83, 103) zum Durchleiten des Wärmeträgerfluids,
  - wobei die Rohre (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) in mehreren Rohrlagen (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) sowie mehreren Rohrreihen (4, 4', 24, 44, 64, 84) angeordnet sind,
  - wobei die Rohrlagen (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) und die Rohrreihen (4, 4', 24, 44, 64, 84) quer zueinander verlaufen,
  - wobei die Rohrlagen (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) mehrere Strömungsgassen (6, 6", 26, 46, 46', 86, 86") zum Durchströmen des Nutzfluids definieren,
  - wobei in wenigstens einer Rohrreihe (4, 4', 24, 44, 64, 84) wenigstens eine Strömungsgasse (6, 6", 26, 46, 46', 86, -86") mit einer geringen Gassenbreite (7, 47, 87, 87") sowie wenigstens eine Strömungsgasse (6, 6", 26, 46, 46', 86, 86') mit einer großen Gassenbreite (7', 27, 47', 87') vorgesehen sind und/ oder
  - wobei in wenigstens einer Rohrreihe (4, 4', 24, 44, 64, 84) wenigstens eine Strömungsgasse (6, 6", 26, 46, 46', 86, 86') mit einem durch eine geringe Gassenbreite (7, 47, 87, -87") definierten schmalen Abschnitt (54, 54', 94, 94') sowie einen durch eine große Gassenbreite (7',

- 27, 47', 87') definierten weiten Abschnitt (55, 95) vorgesehen ist und - dass die große Gassenbreite (7', 27, 47', 87') zur Ausbildung einer großen Strömungsgeschwindigkeit des Nutzfluids und die geringe Gassenbreite (7, 47, 87, 87") zur Ausbildung einer geringen Strömungsgeschwindigkeit des Nutzfluids ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, - **dass** in wenigstens einer Rohrreihe (4,24) jedes Rohr (3,23) an einem Halteelement (8,28) fixiert ist, das stabförmig ausgebildet ist und sich im Wesentlichen entlang der Rohrlagen (5,25) erstreckt und - **dass** in wenigstens einer Rohrreihe (4) lediglich in jeder zweiten Strömungsgasse (6) jeweils ein Halteelement (8) vorgesehen ist und dass die dem jeweiligen Halteelement (8) benachbarten Rohre (3) der wenigstens einen Rohrreihe (4) am jeweiligen Halteelement (8) festgelegt sind. 5
2. Register nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens zwei in Strömungsrichtung (S) des Nutzfluids aufeinanderfolgenden Rohrreihen (4, ', 24, 44, 64 , 84) in wenigstens einer Strömungsgasse (6, 6', 6", 26, 46, -46', 86, 86') eine konstante Gassenbreite (7, 7', 27, 47, 47', -87, 87', 87") vorgesehen ist und/ oder dass an wenigstens einem Halteelement (28) des Registers (22) genau eine Rohrlage (25) und an wenigstens einem anderen Halteelement (8) genau zwei benachbarte Rohrlagen (5) fixiert sind und/ oder dass die Halteelemente (8, 28) im Wesentlichen seitlich zu den durch das Haltelement (8, 28) gehaltenen Rohrlagen (5, 25) verlaufen. 10
3. Register nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halteelemente (8) zwischen den an den Halteelementen festgelegten Rohren (3) wenigstens einer Rohrreihe (4) Abstandshalter (10) zur Beabstandung der an den Halteelementen (8) festgelegten Rohre (3) aufweisen und/ oder als Abstandshalter ausgebildet sind und/ oder dass die Halteelemente (8) jeweils in der Strömungsgasse (6) mit der geringen Gassenbreite (7) und/ oder dem schmalen Abschnitt der Strömungsgasse (6) angeordnet sind und/ oder dass in wenigstens einer Rohrreihe (4, 44, 84) in wenigstens einer Strömungsgasse (6, 46, 86') mit einer geringen Gassenbreite (7) oder in einem schmalen Abschnitt (47, 87") eine Spülleitung (12, 52, 92) zur Zuführung von Spülmedium vorgesehen ist. 15
4. Register nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens einer Rohrreihe (4, 84) in jeder zweiten Strömungsgasse (6, 86') eine Spülleitung (12, 92) vorgesehen ist und/ oder dass die Spülleitungen (12, 52, 92) als Abstandshalter zur Beabstandung benachbarter Rohre (3, 43, 83) der wenigstens einen Rohrreihe (4, 84) ausgebildet sind und/ oder dass die Spülleitungen (12, 92) jeweils in der Strömungsgasse (6, 46, 86') mit der geringen Gassenbreite (7) und/ oder dem schmalen Abschnitt (54, 94') der Strömungsgasse (6, 46, 86') angeordnet sind und/ oder dass wenigstens ein Halteelement gleichzeitig als Spülleitung ausgebildet ist oder umgekehrt. 20
5. Register nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Rohrlage (5') wenigstens abschnittsweise schräg und/oder gekrümmt in Bezug zur Anströmrichtung (AS) des Registers (2') durch das Nutzfluid ausgerichtet ist und, vorzugsweise, dass wenigstens zwei Rohrlagen (5') eine Strömungsgasse (6") mit einer eintrittsseitigen Öffnung (14) und einer austrittsseitigen Öffnung (15) für das Nutzfluid zwischen sich derart definieren, dass die eintrittsseitige Öffnung (14) in Anströmungsrichtung (AS) des Nutzfluids in Bezug auf das Register (2') nicht mit der austrittsseitigen Öffnung (15) überlappt. 25
6. Register nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens einer Rohrreihe (4, 4', 24) Strömungsgassen (6, 6', 6", 26) jeweils mit konstanten Gassenbreiten (7, 7', 27) vorgesehen sind, insbesondere in wenigstens einer Rohrreihe (4, 4', 24) alle Strömungsgassen (6, 6', 6", 26) jeweils konstante Gassenbreiten (7, 7', 27) aufweisen. 30
7. Register nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens einer Rohrreihe (44, 64, 84) wenigstens eine Strömungsgasse (46', 86) mit sich in Längsrichtung der Rohre (43, 43', 63, 63', 63", 83) abwechselnden schmalen Abschnitten (54, 94) und weiten Abschnitten (55, 95) angeordnet ist, insbesondere in wenigstens einer Rohrreihe (44, 64, 84) alle Strömungsgassen (46', 86) abwechselnd schmale Abschnitte (54, 94) und weite Abschnitte (55, 95) aufweisen und, vorzugsweise, dass in wenigstens einer Rohrreihe (4, 4', 24, 44, 64, 84) Strömungsgassen (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') wenigstens abschnittsweise so nebeneinander angeordnet sind, dass sich weite Abschnitte (55, 95) und schmale Abschnitte (54, 94) und/ oder große Gassenbreiten (7', 27) und geringe Gassenbreiten (7) abwechseln. 35
8. Register nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens zwei in Strömungsrichtung des Nutzfluids (S) aufeinanderfolgenden Rohrreihen in wenigstens einer Strömungsgasse abwechselnd ein schmaler Abschnitt und ein weiter Abschnitt oder abwechselnd eine gro- 50

- ße Gassenbreite und eine geringe Gassenbreite vorgesehen sind und/ oder dass wenigstens einzelne Rohre (43, 63, 63', 83) wenigstens einer Rohrreihe (44, 64, 84) bereichsweise in einer ersten Rohrlage (45, 65, 85) und bereichsweise in einer zweiten Rohrlage (45', 65', 85) angeordnet sind und, vorzugsweise, die erste Rohrlage (45, 65, 85) und die zweite Rohrlage (45', 65', 85) benachbarte Rohrlagen (45, 45', 65, 65', 85) sind und, vorzugsweise, die durch die erste Rohrlage (45, 65, 85) und die zweite Rohrlage (45', 65', 85) definierte Strömungsgasse (46, 86') in wenigstens einer Rohrreihe (44, 64, 84) mehrere schmale Abschnitte (54, 94) und/ oder weite Abschnitte aufweist.
9. Register nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einzelne Rohre (43, 63, 63', 83) wenigstens einer Rohrreihe (44, 64, 84), vorzugsweise mehrfach, entlang der Längserstreckung der Rohre (43, 63, 63', 83) miteinander gekreuzt sind, insbesondere im Wesentlichen alle Rohre (43, 63, 63', 83) wenigstens einer Rohrreihe (44, 64, 84), vorzugsweise mehrfach, entlang der Längserstreckung der jeweiligen Rohre mit jeweils einem benachbarten Rohr (43, 63, 63', 83) gekreuzt sind, und, vorzugsweise, dass entweder in wenigstens einer Rohrreihe (44, 64, 84) die Kreuzungspunkte (53, 93) der Rohre (43, 63, 63', 83) im Wesentlichen auf der gleichen Ebene (96), vorzugsweise den gleichen Ebenen (96), senkrecht zur Längserstreckung der Rohre (43, 63, 63', 83) angeordnet sind oder in wenigstens einer Rohrreihe benachbarte, nicht miteinander gekreuzte Rohre Kreuzungspunkte auf unterschiedlichen Ebenen senkrecht zur Längserstreckung der Rohre aufweisen, wobei, vorzugsweise, in wenigstens einer Rohrreihe benachbarte, miteinander gekreuzte Rohre über ihre Kreuzungspunkte Ebenen senkrecht zur Längserstreckung der Rohre definieren, die, vorzugsweise mittig, zwischen den senkrecht zur Längserstreckung der Rohre verlaufenden Ebenen angeordnet sind, die durch die Kreuzungspunkte weiterer, vorzugsweise benachbarter, miteinander gekreuzter Rohre definiert sind.
10. Register nach Anspruch 8 oder 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens einer Rohrreihe (44, 64) angrenzend zu miteinander gekreuzten Rohren (43, 63), vorzugsweise jeweils geradlinig ausgebildete Rohre (43', 63") vorgesehen sind.
11. Register nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens einer Rohrreihe (24) und/ oder Rohrlage (25) Rohre (3, 23) mit nennenswert unterschiedlichem Rohrdurchmesser vorgesehen sind, wobei, vorzugsweise, in wenigstens einer Rohrlage (5, 25) ausschließlich Rohre (3, 23) mit einem identischen Rohrdurchmesser vorgesehen sind und/ oder dass die Rohre (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) des Registers (2, 2', 22, 42, 62, 82, 102) aus Metall und/ oder einem Kunststoff, vorzugsweise aus einem Fluor-Kunststoff, insbesondere aus Perfluoralkoxy (PFA), gefertigt sind.
12. Register nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) starr oder flexibel ausgebildet sind und/oder dass wenigstens eine Rohrreihe (24) und /oder eine Rohrlage, sowohl flexible Rohre (3) als auch starre Rohre (23) aufweist und/ oder dass wenigstens eine Rohrlage als Rohrscheibe zur Reflexion von Schallwellen ausgebildet ist, wobei, vorzugsweise, zwei bis sechs Rohrscheiben im Register vorgesehen sind.
13. Wärmeaustauscher mit wenigstens einem Register,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das Register ein Register nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ist und, vorzugsweise, in Strömungsrichtung (S) des Nutzfluids vor dem in Schwerkraftrichtung unteren Ende des Registers (102) eine quer zur Strömungsrichtung (S) ausgerichtete Barriere (120) zum Schutz des Registers (102) vor Abrasion durch vom Nutzfluid mitgeführte Partikel vorgesehen ist.
14. Wärmeaustauscher nach Anspruch 13,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Barriere (120) mit einem Boden (118) des Wärmeaustauschers (101) einen zur beschleunigten Durchströmung mit dem Nutzfluid vorgesehenen Spalt (119) bildet und, vorzugsweise, die Höhe des freien Spalts (119) maximal etwa dem minimalen Abstand zwischen dem unteren Ende des Registers (102) und dem Boden (118) des Wärmeaustauschers (101) entspricht.
15. Wärmeaustauscher nach Anspruch 13 oder 14,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (103) des Registers (102) Rohrkrümmungen (117) am in Schwerkraftrichtung unteren Ende des Registers (102) aufweisen und, vorzugsweise, im Bereich der Rohrkrümmungen (117) in wenigstens einer Rohrreihe wenigstens in einer Strömungsgasse mit einer großen Gassenbreite die Gassenbreite maximal ist und, weiter vorzugsweise, im Bereich der Rohrkrümmungen (117) in wenigstens einer Rohrreihe wenigstens in einer Strömungsgasse mit einer geringen Gassenbreite die Gassenbreite im Wesentlichen Null ist.
16. Verwendung wenigstens eines Registers nach einem der Ansprüche 1 bis 12, zum Aufheizen und/oder Abkühlen von Störkomponenten enthaltendem Gas, insbesondere Rauchgas und, vorzugsweise, bei der die Störkomponenten

Partikel oder Kondensat ist und/oder bei der die Störkomponenten mitgerissene Flüssigkeit ist.

17. Verwendung nach Anspruch 16,  
bei der das Register einem Rauchgaswäscher vor-  
geschaltet und/oder nachgeschaltet ist.

## Claims

1. Register (2, 2', 22, 42, 62, 82, 102) for the indirect heat exchange between a utility fluid, in particular a flue gas, comprising interfering components, and a heat transfer fluid in a heat exchanger (1, 21, 41, 61, 81, 101),

- comprising a plurality of tubes (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) for conveying the heat transfer fluid,  
- the tubes (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) being arranged in a plurality of layers (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) and in a plurality of rows (4, 4', 24, 44, 64, 84),  
- the layers of tubes (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) and the rows of tubes (4, 4', 24, 44, 64, 84), running transversely to one another,  
- the layers of tubes (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) defining a plurality of flow channels (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') for the throughflow of the utility fluid,  
- in at least one row of tubes (4, 4', 24, 44, 64, 84), at least one flow channel (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') being provided with a small channel width (7, 47, 87, 87") and at least one flow channel (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') being provided with a large channel width (7', 27, 47', 87'), and/or  
- in at least one row of tubes (4, 4', 24, 44, 64, 84), at least one flow channel (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') being provided with a narrow portion (54, 54', 94, 94') defined by a small channel width (7, 47, 87, 87") and with a wide portion (55, 95) defined by a large channel width (7', 27, 47', 87'), and  
- the large channel width (7', 27, 47', 87') being configured to produce a high flow velocity of the utility fluid and the small channel width (7, 47, 87, 87") being configured to produce a low flow velocity of the utility fluid,  
**characterised in that**  
- in at least one row of tubes (4, 24), each tube (3, 23) is fixed on a retaining element (8, 28) which is rod-shaped and substantially extends along the layers of tubes (5, 25) and  
- in at least one row of tubes (4), a respective retaining element (8) is only provided in every second flow channel (6) and the tubes (3), adjacent to the respective retaining element (8), of

- 5 the at least one row of tubes (4) are fixed on the respective retaining element (8).
2. Register according to claim 1, **characterised in that** a constant channel width (7, 7', 27, 47, 47', 87, 87", 87") is provided in at least two rows of tubes (4, 4', 24, 44, 64, 84) following one another in the flow direction (S) of the utility fluid, in at least one flow channel (6, 6', 26, 46, 46', 86, 86') and/or **in that** precisely one layer of tubes (25) is fixed on at least one retaining element (28) of the register (22) and precisely two adjacent layers of tubes (5) are fixed on at least one other retaining element (8) and/or **in that** the retaining elements (8, 28) extend substantially laterally to the layers of tubes (5, 25) held by the retaining element (8, 28).
- 10 3. Register according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** between the tubes (3), fixed on the retaining elements, of at least one row of tubes (4), the retaining elements (8) have spacers (10) for spacing the tubes (3) fixed on the retaining elements (8) and/or are configured as spacers and/or **in that** the retaining elements (8) are respectively arranged in the flow channel (6) having the small channel width (7) and/or in the narrow portion of the flow channel (6) and/or **in that** a flush line (12, 52, 92) for the supply of flushing medium is provided in at least one flow channel (6, 46, 86') having a small channel width (7) or in a narrow portion (47, 87") in at least one row of tubes (4, 44, 84).
- 15 4. Register according to claim 3, **characterised in that** a flush line (12, 92) is provided in every second flow channel (6, 86') in at least one row of tubes (4, 84) and/or **in that** the flush lines (12, 52, 92) are configured as spacers for spacing adjacent tubes (3, 43, 83) of the at least one row of tubes (4, 84) and/or **in that** the flush lines (12, 92) are respectively arranged in the flow channel (6, 46, 86') having the small channel width (7) and/or in the narrow portion (54, 94') of the flow channel (6, 46, 86') and/or **in that** at least one retaining element is simultaneously configured as a flush line, or vice versa.
- 20 5. Register according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** at least one layer of tubes (5') is aligned in an inclined and/or curved manner, at least in portions, with respect to the onflow direction (AS) of the utility fluid through the register (2') and, preferably, **in that** at least two layers of tubes (5') define between them a flow channel (6") having an inlet-side opening (14) and an outlet-side opening (15) for the utility fluid, such that the inlet-side opening (14) does not overlap with the outlet-side opening (15) in the onflow direction (AS) of the utility fluid with respect to the register (2').
- 25 30 35 40 45 50 55

6. Register according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** flow channels (6, 6', 6", 26) having in each case a constant channel width (7, 7', 27) are provided in at least one row of tubes (4, 4', 24), in particular all the flow channels (6, 6', 6", 26) have in each case a constant channel width (7, 7', 27) in at least one row of tubes (4, 4', 24). 5
7. Register according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** arranged in at least one row of tubes (44, 64, 84) is at least one flow channel (46', 86) having narrow portions (54, 94) and wide portions (55, 95) which alternate in the longitudinal direction of the tubes (43, 43', 63, 63', 63", 83), in particular all the flow channels (46', 86) have alternately narrow portions (54, 94) and wide portions (55, 95) in at least one row of tubes (44, 64, 84) and, preferably, **in that** flow channels (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') are arranged next to one another at least in portions in at least one row of tubes (4, 4', 24, 44, 64, 84) such that wide portions (55, 95) and narrow portions (54, 94) and/or large channel widths (7', 27) and small channel widths (7) alternate. 10
8. Register according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** provided in an alternating manner in at least two rows of tubes following one another in the flow direction of the utility fluid (S), in at least one flow channel are a narrow portion and a wide portion or in an alternating manner a large channel width and a small channel width and/or **in that** at least individual tubes (43, 63, 63', 83) of at least one row of tubes (44, 64, 84) are arranged in regions in a first layer of tubes (45, 65, 85) and in regions in a second layer of tubes (45', 65', 85) and, preferably, the first layer of tubes (45, 65, 85) and the second layer of tubes (45', 65', 85) are adjacent layers of tubes (45, 45', 65, 65', 85) and, preferably, the flow channel (46, 86') defined by the first layer of tubes (45, 65, 85) and the second layer of tubes (45', 65', 85) in at least one row of tubes (44, 64, 84) has a plurality of narrow portions (54, 94) and/or wide portions. 15
9. Register according to claim 8, **characterised in that** at least individual tubes (43, 63, 63', 83) of at least one row of tubes (44, 64, 84) cross one another, preferably repeatedly, along the length of the tubes (43, 63, 63', 83), in particular substantially all the tubes (43, 63, 63', 83) of at least one row of tubes (44, 64, 84) are crossed by a respective adjacent tube (43, 63, 63', 83) preferably repeatedly, along the length of the respective tubes and preferably **in that** either in at least one row of tubes (44, 64, 84), the crossing points (53, 93) of the tubes (43, 63, 63', 83) are arranged substantially on the same plane (96), preferably on the same planes (96), vertically to the length of the tubes (43, 63, 63', 83) or in at 20
- least one row of tubes, adjacent tubes which do not cross one another have crossing points on different planes vertically to the length of the tubes and preferably, in at least one row of tubes, adjacent tubes crossing one another define, via their crossing points, planes vertically to the length of the tubes which are arranged, preferably centrally, between the planes which extend vertically to the length of the tubes and are defined by the crossing points of further, preferably adjacent tubes which cross one another. 25
10. Register according to claim 8 or claim 9, **characterised in that** tubes (43', 63") which are preferably straight in each case are provided adjacent to tubes (43, 63) which cross one another in at least one row of tubes (44, 64). 30
11. Register according to any one of claims 1 to 10, **characterised in that** provided in at least one row of tubes (24) and/or layer of tubes (25) are tubes (3, 23) having an appreciably different diameter and, preferably, only tubes (3, 23) having an identical diameter are provided in at least one layer of tubes (5, 25) and/or **in that** the tubes (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) of the register (2, 2', 22, 42, 62, 82, 102) are produced from metal and/or from a plastics material, preferably from a fluoroplastics material, in particular from perfluoroalkoxy (PFA). 35
12. Register according to any one of claims 1 to 11, **characterised in that** the tubes (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) are rigid or flexible and/or **in that** at least one row of tubes (24) and/or one layer of tubes comprises both flexible tubes (3) and rigid tubes (23) and/or **in that** at least one layer of tubes is configured as a tube disc for reflecting sound waves and, preferably, two to six tube discs are provided in the register. 40
13. Heat exchanger comprising at least one register, **characterised in that** the register is a register according to any one of claims 1 to 12 and, preferably, a barrier (120), arranged transversely to the direction of flow (S), to protect the register (102) against abrasion by particles entrained by the utility fluid is provided in the flow direction (S) of the utility fluid upstream of the lower end of the register (102) in the direction of gravity. 45
14. Heat exchanger according to claim 13, **characterised in that** the barrier (120) forms with a base (118) of the heat exchanger (101) a gap (119) provided for the accelerated throughflow of the utility fluid and, preferably, the height of the free gap (119) corresponds at most to approximately the minimum distance between the lower end of the register (102) and the base (118) of the heat exchanger (101). 50
- 55

15. Heat exchanger according to claim 13 or claim 14, **characterised in that** the tubes (103) of the register (102) have curvatures (117) at the lower end of the register (102) in the direction of gravity and, preferably, in the region of the tube curvatures (117) in at least one row of tubes, the channel width is maximum at least in a flow channel having a large channel width and, further preferably, in the region of the tube curvatures (117) in at least one row of tubes the channel width is substantially zero at least in a flow channel having a small channel width. 5

16. Use of at least one register according to any one of claims 1 to 12, for heating and/or cooling gas, in particular flue gas, containing interfering components, and preferably wherein the interfering components are particles or condensate and/or wherein the interfering components are entrained liquid. 15

17. Use according to claim 16, wherein the register is connected upstream and/or downstream of a flue gas scrubber. 20

#### Revendications

25

1. Registre (2, 2', 22, 42, 62, 82, 102) pour l'échange de chaleur indirect entre un fluide utile, en particulier un gaz de combustion, présentant une composante parasite, et un fluide caloporteur dans un échangeur de chaleur (1, 21, 41, 61, 81, 101),

- comprenant une pluralité de tuyaux (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) pour transporter le fluide caloporteur,

- sachant que les tuyaux (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) sont disposés en plusieurs couches de tuyaux (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) ainsi que plusieurs rangées de tuyaux (4, 4', 24, 44, 64, 84),

- sachant que les couches de tuyaux (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) et les rangées de tuyaux (4, 4', 24, 44, 64, 84) sont transversales les unes aux autres,

- sachant que les couches de tuyaux (5, 5', 25, 45, 45', 65, 65', 85) définissent plusieurs travées d'écoulement (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') pour faire écouler le fluide utile,

- sachant qu'au moins une travée d'écoulement (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') avec une faible largeur de travée (7, 47, 87, 87") et au moins une travée d'écoulement (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') avec une grande largeur de travée (7, 27, 47', 87') sont prévues dans au moins une rangée de tuyaux (4, 4', 24, 44, 64, 84) et/ou

- sachant qu'au moins une travée d'écoulement (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') avec une section étroite (54, 54', 94, 94') définie par une faible

largeur de travée (7, 47, 87, 87") ainsi qu'une section large (55, 95) définie par une grande largeur de travée (7', 27, 47', 87') est prévue dans au moins une rangée de tuyaux (4, 4', 24, 44, 64, 84) et

- que la grande largeur de travée (7, 27, 47', 87') est formée pour créer une vitesse d'écoulement élevée du fluide utile et la faible largeur de travée (7, 47, 87, 87") est formée pour créer une vitesse d'écoulement faible du fluide utile,

#### caractérisé en ce que

- dans au moins une rangée de tuyaux (4, 24), chaque tuyau (3, 23) est fixé sur un élément de fixation (8, 28) qui est en forme de tige et s'étend essentiellement le long des couches de tuyaux (5, 25) et

- que dans au moins une rangée de tuyaux (4), un élément de fixation (8) respectif est prévu uniquement dans une travée d'écoulement (6) sur deux et que les tuyaux (3) de l'au moins une rangée de tuyaux (4) voisins de l'élément de fixation (8) respectif sont fixés sur l'élément de fixation (8) respectif.

2. Registre selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans au moins deux rangées de tuyaux (4, 4', 24, 44, 64, 84) consécutives dans le sens d'écoulement (S) du fluide utile, une largeur de travée constante (7, 7', 27, 47 ; 47', 87, 87', 87") est prévue dans au moins une travée d'écoulement (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') et/ou que sur au moins un élément de fixation (28) du registre (22), précisément une couche de tuyaux (25), et sur au moins un autre élément de fixation (8), précisément deux couches de tuyaux (5) voisines sont fixées et/ou que les éléments de fixation (8, 28) passent essentiellement latéralement par rapport aux couches de tuyaux (5, 25) maintenues par l'élément de fixation (8, 28).

3. Registre selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les éléments de fixation (8) présentent entre les tuyaux (3) d'au moins une rangée de tuyaux (4) fixés sur les éléments de fixation, des écarteurs (10) pour maintenir à distance les tuyaux (3) fixés sur les éléments de fixation (8) et/ou sont formés comme des écarteurs et/ou que les éléments de fixation (8) sont disposés respectivement dans la travée d'écoulement (6) avec la faible largeur de travée (7) et/ou dans la section étroite de la travée d'écoulement (6) et/ou que dans au moins une rangée de tuyau (4, 44, 84) dans au moins une travée d'écoulement (6, 46, 86') avec une faible largeur de travée (7) ou dans une section étroite (47, 87"), une conduite de vidange (12, 52, 92) est prévue pour amener du fluide de vidange.

4. Registre selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'** une conduite de vidange (12, 92) est prévue dans au moins une rangée de tuyaux (4, 84) dans une travée d'écoulement (6, 86') sur deux, et/ou que les conduites de vidange (12, 52, 92) sont formées en tant qu'écarteur pour maintenir à distance des tuyaux (3, 43, 83) voisins de l'au moins une rangée de tuyaux (4, 84) et/ou que les conduites de vidange (12, 92) sont disposées respectivement dans la travée d'écoulement (6, 46, 86') avec la largeur de travée d'écoulement étroite (7) et/ou dans la section étroite (54, 94') de la travée d'écoulement (6, 46, 86') et/ou qu'au moins un élément de fixation est formé parallèlement en tant que conduite de vidange ou inversement. 5
5. Registre selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'** au moins une couche de tuyaux (5') est dirigée de biais et/ou coudée par tronçons par rapport au sens d'écoulement d'arrivée (AS) du registre (2') par le fluide utile et de préférence qu'au moins deux couches de tuyaux (5') définissent entre elles une travée d'écoulement (6") avec une ouverture côté entrée (14) et une ouverture côté sortie (15) pour le fluide utile, de sorte que l'ouverture côté entrée (14) dans le sens d'écoulement d'arrivée (AS) du fluide utile par rapport au registre (2') ne se chevauche pas avec l'ouverture (15) côté sortie. 10 15
6. Registre selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** des travées d'écoulement (6, 6', 6", 26) sont prévues respectivement avec des largeurs de travée constantes (7, 7', 27) dans au moins une rangée de tuyaux (4, 4', 24) et en particulier dans au moins une rangée de tuyaux (4, 4', 24), toutes les travées d'écoulement (6, 6', 6", 26) présentent respectivement des largeurs de travée constantes (7, 7', 27). 20 25
7. Registre selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** dans au moins une rangée de tuyaux (44, 64, 84), au moins une travée d'écoulement (46', 86) est disposée avec alternativement des sections étroites (54, 94) et des sections larges (55, 95) dans le sens longitudinal des tuyaux (43, 43', 63, 63', 63", 83), et en particulier dans au moins une rangée de tuyaux (44, 64, 84), toutes les travées d'écoulement (46', 86) présentent alternativement des sections étroites (54, 94) et des sections larges (55, 95) et que de préférence dans au moins une rangée de tuyaux (4, 4', 24, 44, 64, 84), des travées d'écoulement (6, 6', 6", 26, 46, 46', 86, 86') sont ainsi disposées au moins par tronçons les unes à côté des autres que des sections larges (55, 95) et des sections étroites (54, 94) et/ou des largeurs de travée larges (7', 27) et des largeurs de travée étroites (7) alternent. 30 35 40 45 50 55
8. Registre selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** dans au moins deux rangées de tuyaux consécutives dans le sens d'écoulement (S) du fluide porteur, une section étroite et une section supplémentaire sont prévues alternativement ou une grande largeur de travée et une faible largeur de travée sont prévues alternativement dans au moins une travée d'écoulement et/ou qu'au moins des tuyaux individuels (43, 63, 63', 83) d'au moins une rangée de tuyaux (44, 64, 84) sont disposés par endroits dans une première couche de tuyaux (45, 65, 85) et par endroits dans une deuxième couche de tuyaux (45', 65', 85) et de préférence, la première couche de tuyaux (45, 65, 85) et la deuxième couche de tuyaux (45', 65', 85) sont des couches de tuyaux (45, 45', 65, 65', 85) voisines et de préférence, la travée d'écoulement (46, 86') définie par la première couche de tuyaux (45, 65, 85) et la deuxième couche de tuyaux (45', 65', 85) présente plusieurs sections étroites (54, 94) et/ou sections larges dans au moins une rangée de tuyaux (44, 64, 84). 60
9. Registre selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'** au moins des tuyaux individuels (43, 63, 63', 83) d'au moins une rangée de tuyaux (44, 64, 84), sont croisés entre eux, de préférence plusieurs fois, le long de l'étiement longitudinal des tuyaux (43, 63, 63', 83), en particulier essentiellement tous les tuyaux (43, 63, 63', 83) d'au moins une rangée de tuyaux (44, 64, 84) sont croisés, de préférence plusieurs fois, avec respectivement un tuyau (43, 63, 63', 83) voisin le long de l'étiement longitudinal du tuyau respectif et, que de préférence, soit dans au moins une rangée de tuyaux (44, 64, 84), les points de croisement (53, 93) des tuyaux (43, 63, 63', 83) sont disposés essentiellement sur le même plan (96), de préférence les mêmes plans (96), perpendiculairement à l'étiement longitudinal des tuyaux (43, 63, 63', 83) ou que soit dans au moins une rangée de tuyaux, des tuyaux voisins, non croisés entre eux, présentent des points de croisement perpendiculairement à l'étiement longitudinal des tuyaux à différents niveaux, sachant que de préférence, dans au moins une rangée de tuyaux, des tuyaux voisins, croisés entre eux, définissent des plans perpendiculairement à l'étiement longitudinal des tuyaux via leurs points de croisement, qui sont agencés de préférence au centre, entre les plans perpendiculaires à l'étiement longitudinal des tuyaux qui sont définis par les points de croisement d'autres tuyaux, de préférence voisins, croisés entre eux. 65 70 75 80 85 90 95
10. Registre selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** des tuyaux de préférence respectivement droits (43', 63"), adjacents à des tuyaux (43, 63) croisés entre eux, sont prévus dans au moins une rangée de tuyaux (44, 64). 95

11. Registre selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** des tuyaux (3, 23) avec un diamètre de tuyau de valeur nominale différente sont prévus dans au moins une rangée de tuyaux (24) et/ou couche de tuyaux (25), sachant que de préférence, dans au moins une couche de tuyaux (5, 25), seuls des tuyaux (3, 23) avec un diamètre de tuyau identique sont prévus et/ou que les tuyaux (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) du registre (2, 2', 22, 42, 62, 82, 102) sont fabriqués en métal et/ou dans un plastique, de préférence un plastique fluoré, en particulier en perfluoroalkoxy (PFA). 5
12. Registre selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les tuyaux (3, 23, 43, 43', 63, 63', 63", 83, 103) sont fabriqués en étant fixes ou flexibles et/ou qu'au moins une rangée de tuyaux (24) et/ou une couche de tuyaux présente tant des tuyaux flexibles (3) que des tuyaux fixes (23) et/ou qu'au moins une couche de tuyaux est formée en tant que rondelle de tuyau pour réfléchir des ondes sonores sachant que de préférence, deux à six rondelles de tuyau sont prévues dans le registre. 10 15 20
13. Echangeur de chaleur comprenant au moins un registre, **caractérisé en ce que** le registre est un registre selon l'une des revendications 1 à 12 et que, de préférence, dans le sens d'écoulement (S) du fluide utile avant l'extrémité inférieure du registre (102) dans le sens de la pesanteur, une barrière (120) dirigée transversalement au sens d'écoulement (S) est prévue pour protéger le registre (102) de l'abrasion par des particules entraînées par le fluide utile. 25 30 35
14. Echangeur de chaleur selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la barrière (120) forme avec un fond (118) de l'échangeur de chaleur (101), une fente (119) prévue pour l'écoulement accéléré avec le fluide utile, et de préférence, la hauteur de la fente libre (119) correspond au maximum à environ l'écart minimal entre l'extrémité inférieure du registre (102) et le fond (118) de l'échangeur de chaleur (101). 40
15. Echangeur de chaleur selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** les tuyaux (103) du registre (102) présentent des coude de tuyaux (117) sur l'extrémité inférieure du registre (102) dans le sens de la pesanteur, et que de préférence, au niveau des coude de tuyaux (117), la largeur de tracé est maximale dans au moins une rangée de tuyaux, au moins dans une travée d'écoulement avec une grande largeur de tracé, et, plus encore de préférence, au niveau des coude de tuyaux (117), la largeur de tracé est essentiellement nulle dans au moins une rangée de tuyaux, au moins dans une travée d'écoulement avec une faible largeur de tracé. 45 50 55
16. Emploi selon l'une des revendications 1 à 12, destiné au réchauffement et/ou au refroidissement de gaz contenant des composantes parasites, en particulier de gaz de combustion, et de préférence dans lequel les composantes parasites sont des particules ou du condensat et/ou dans lequel les composantes parasites sont du liquide entraîné.
17. Emploi selon la revendication 16, dans lequel le registre est monté en amont et/ou en aval d'un épurateur de gaz.

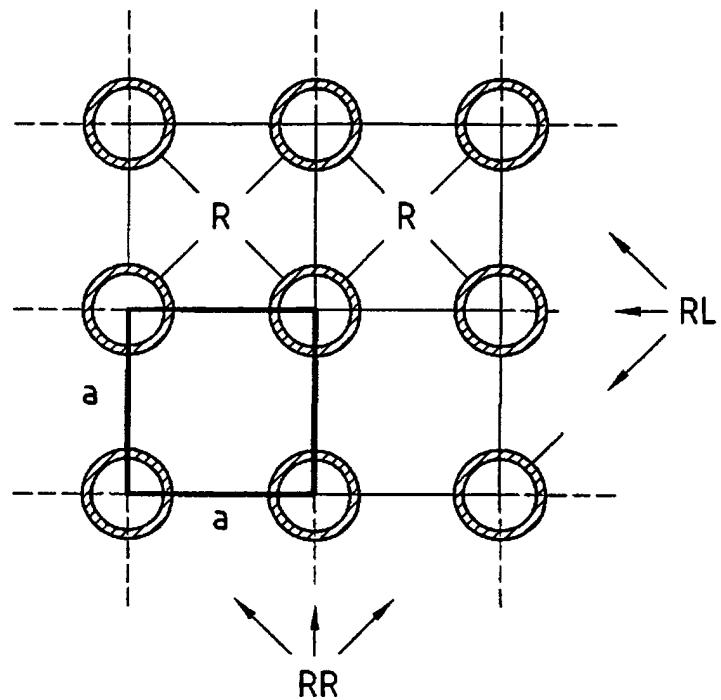


Fig. 1a

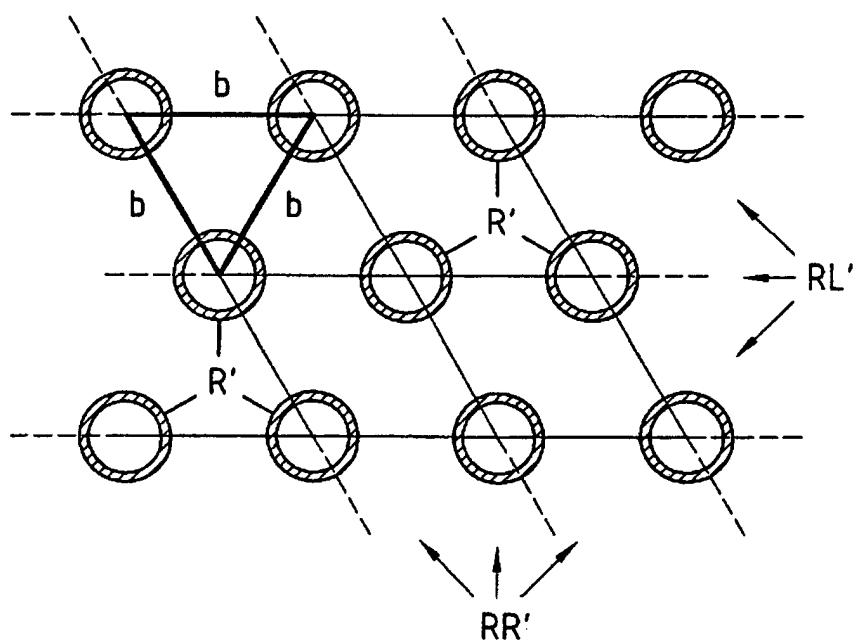


Fig. 1b

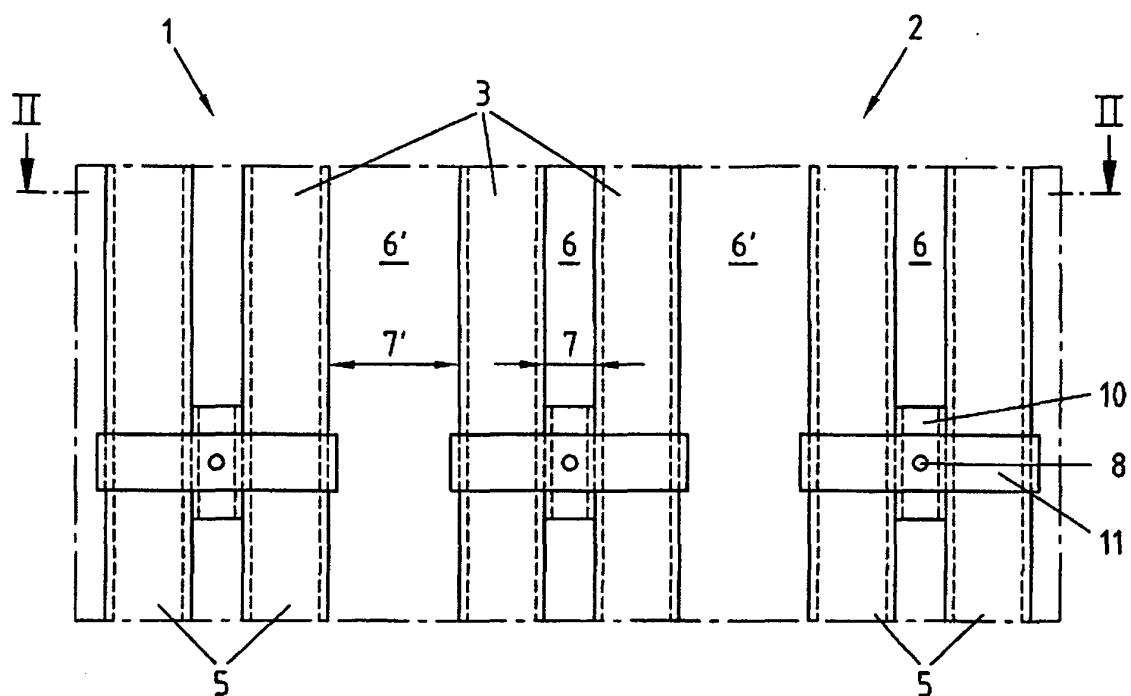


Fig. 2

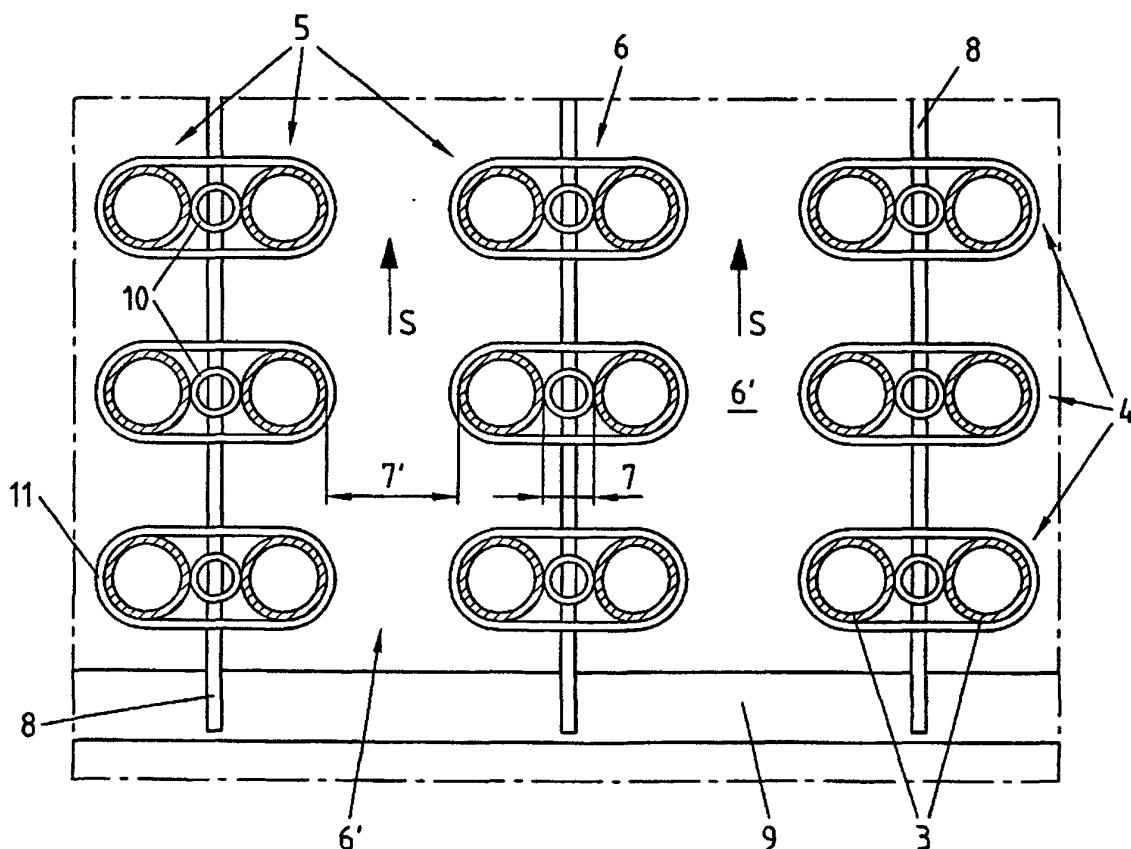
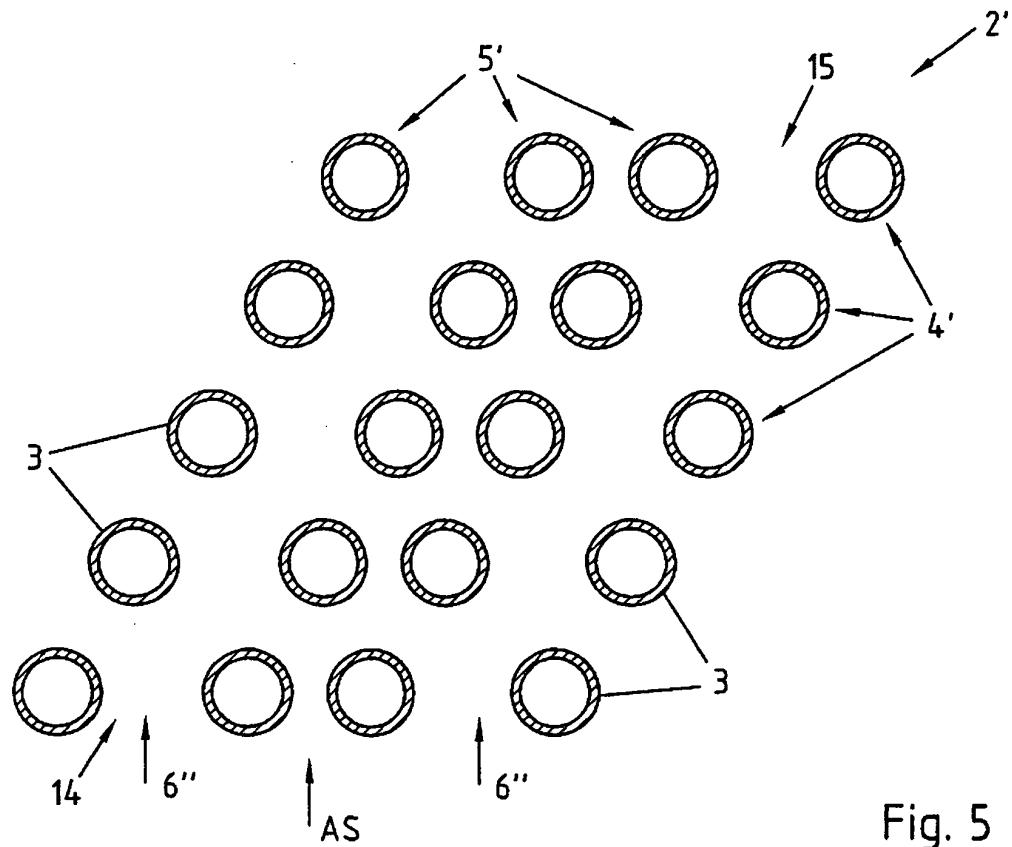
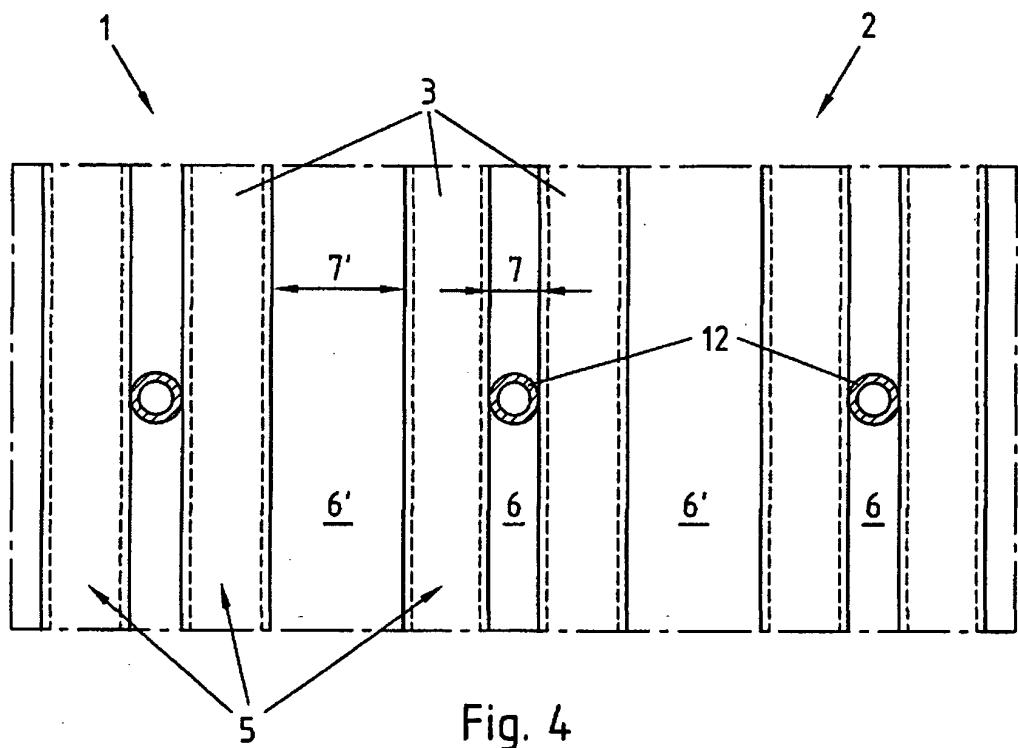


Fig. 3



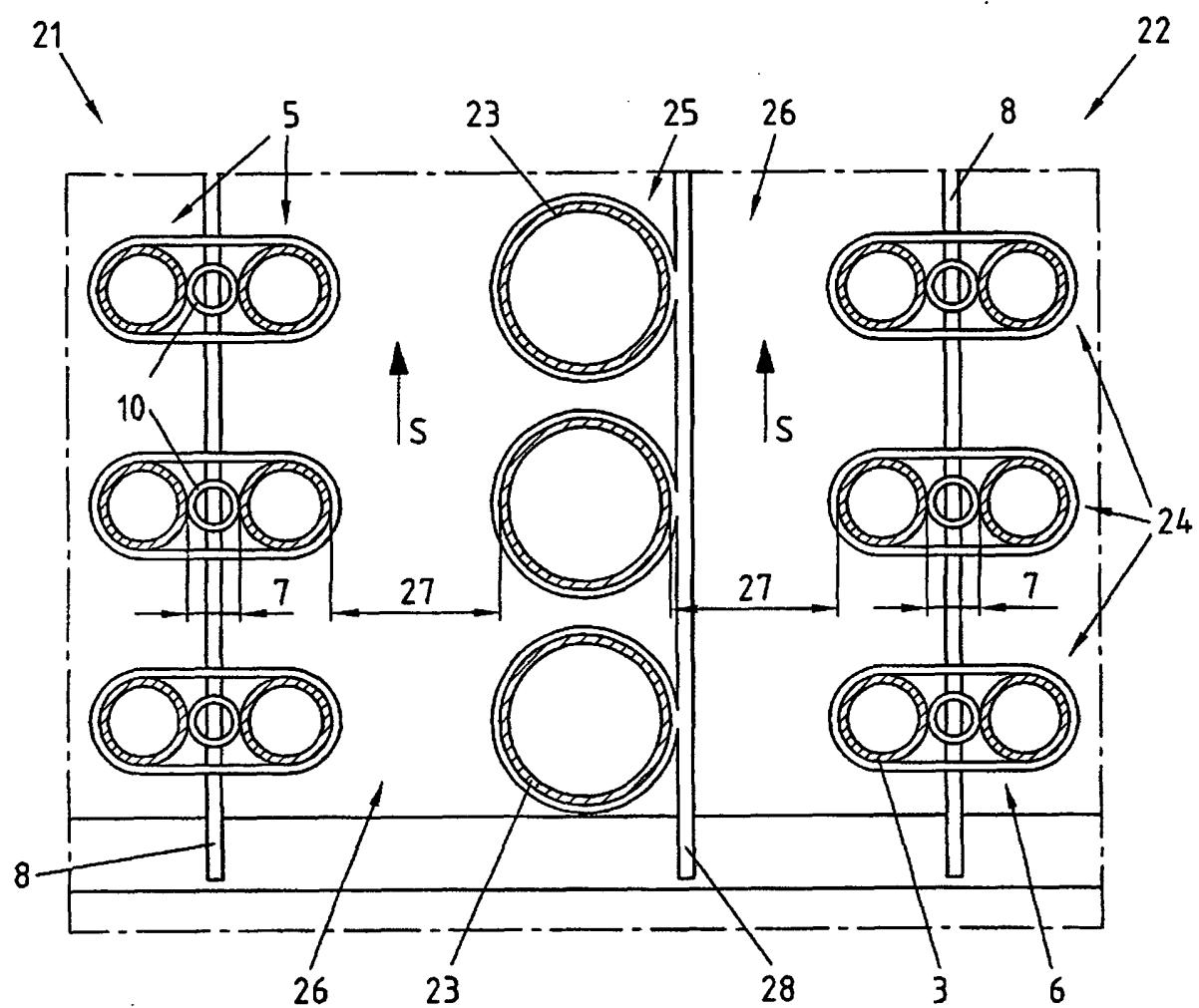


Fig. 6

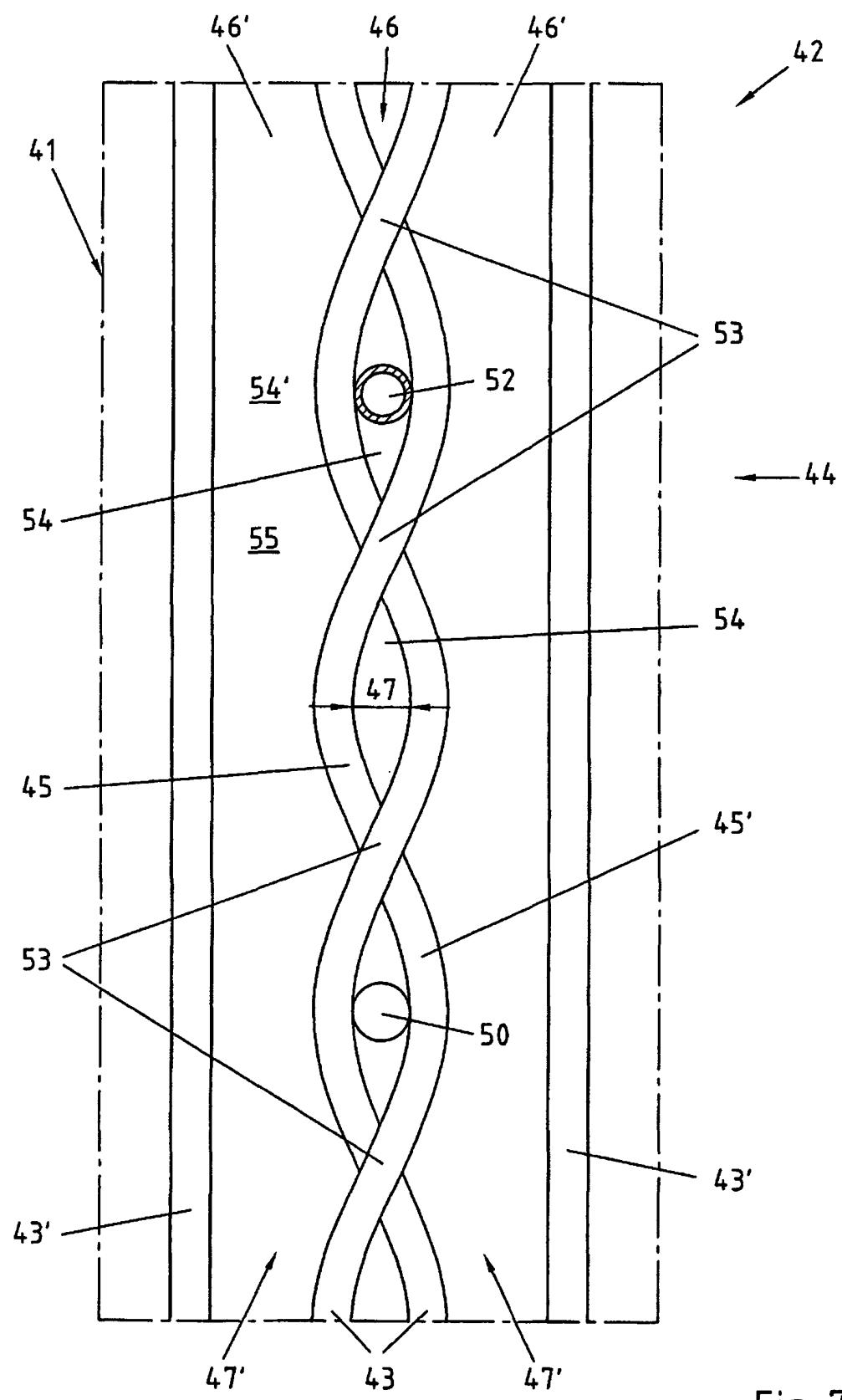


Fig. 7

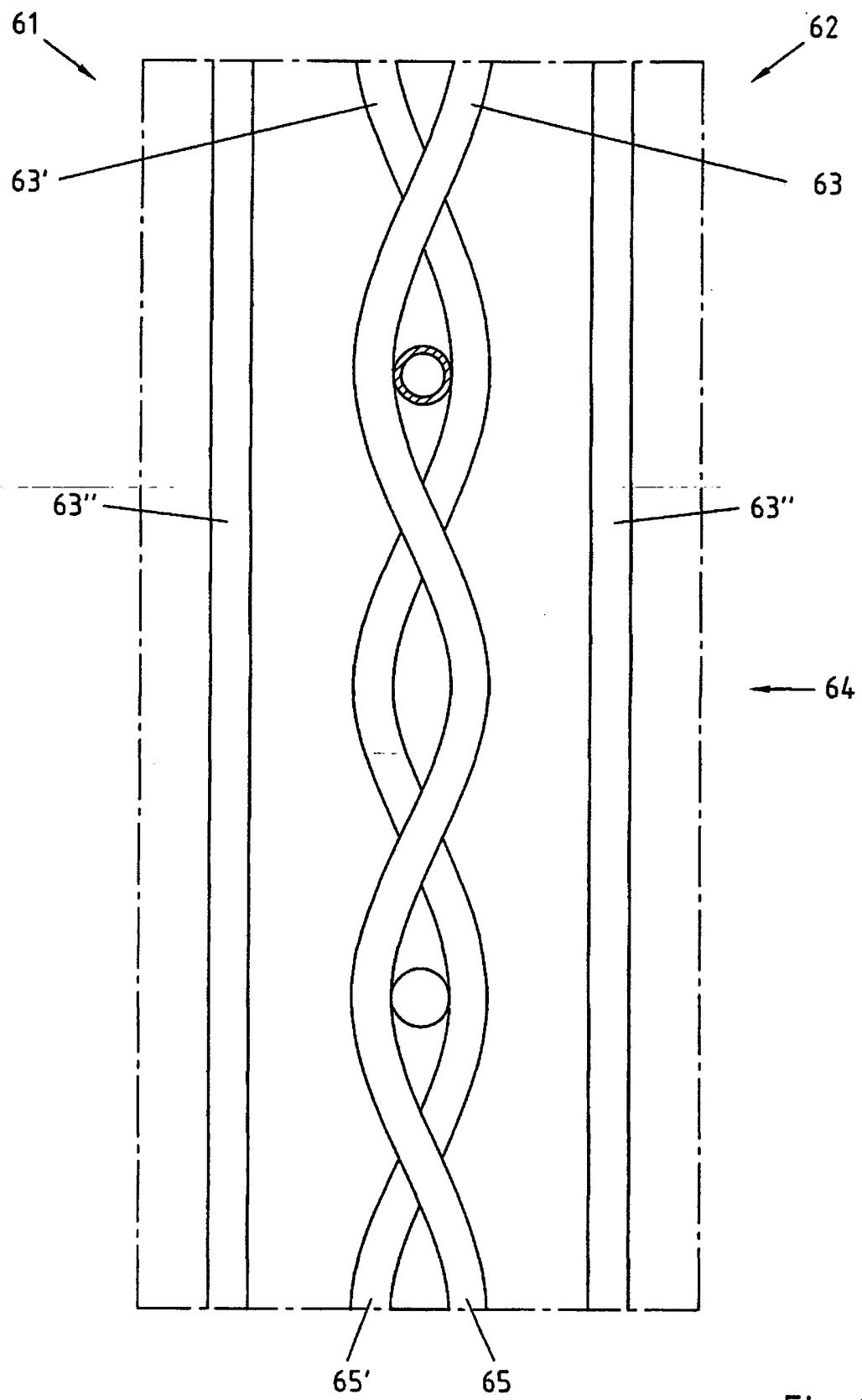
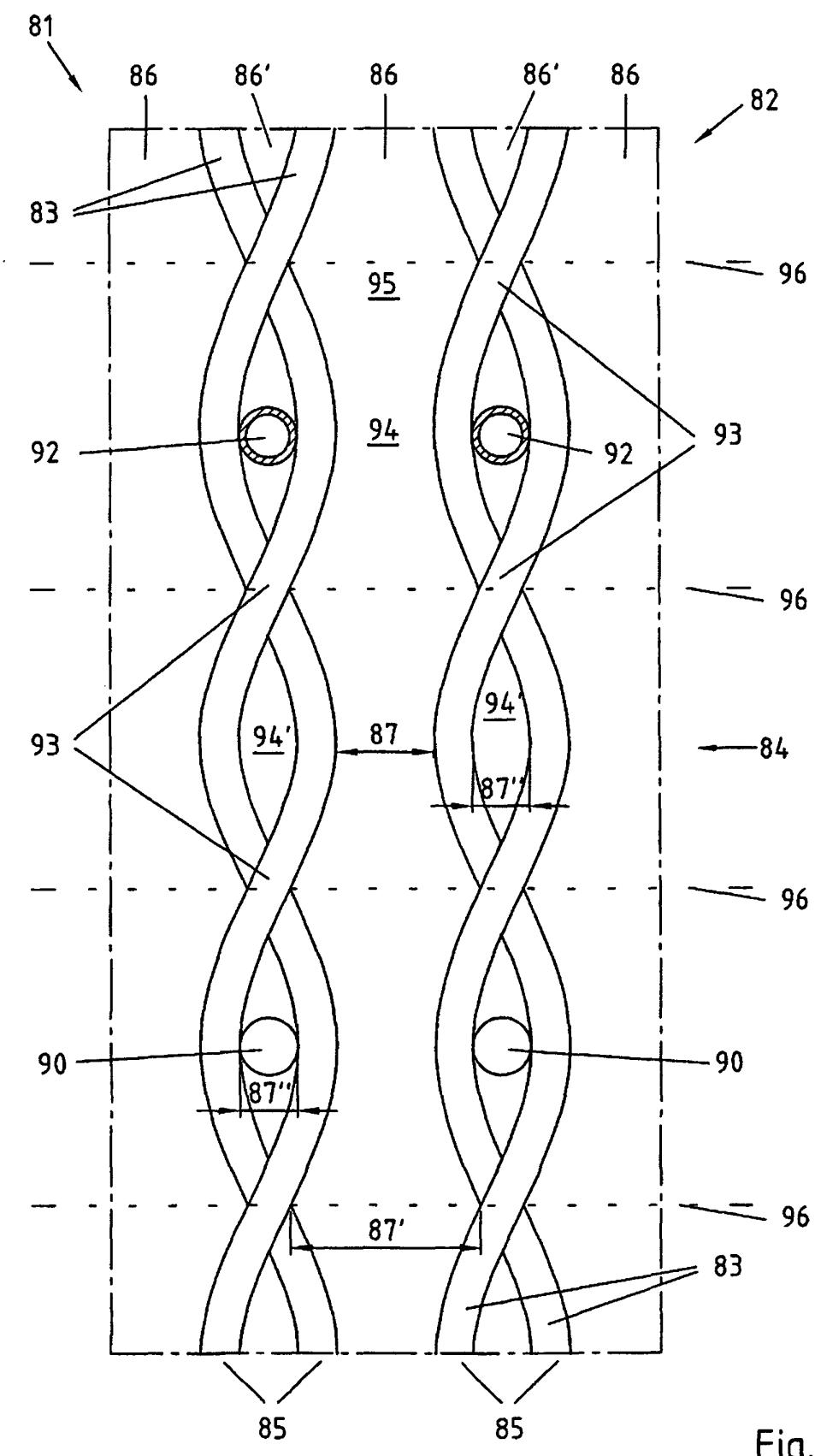


Fig. 8



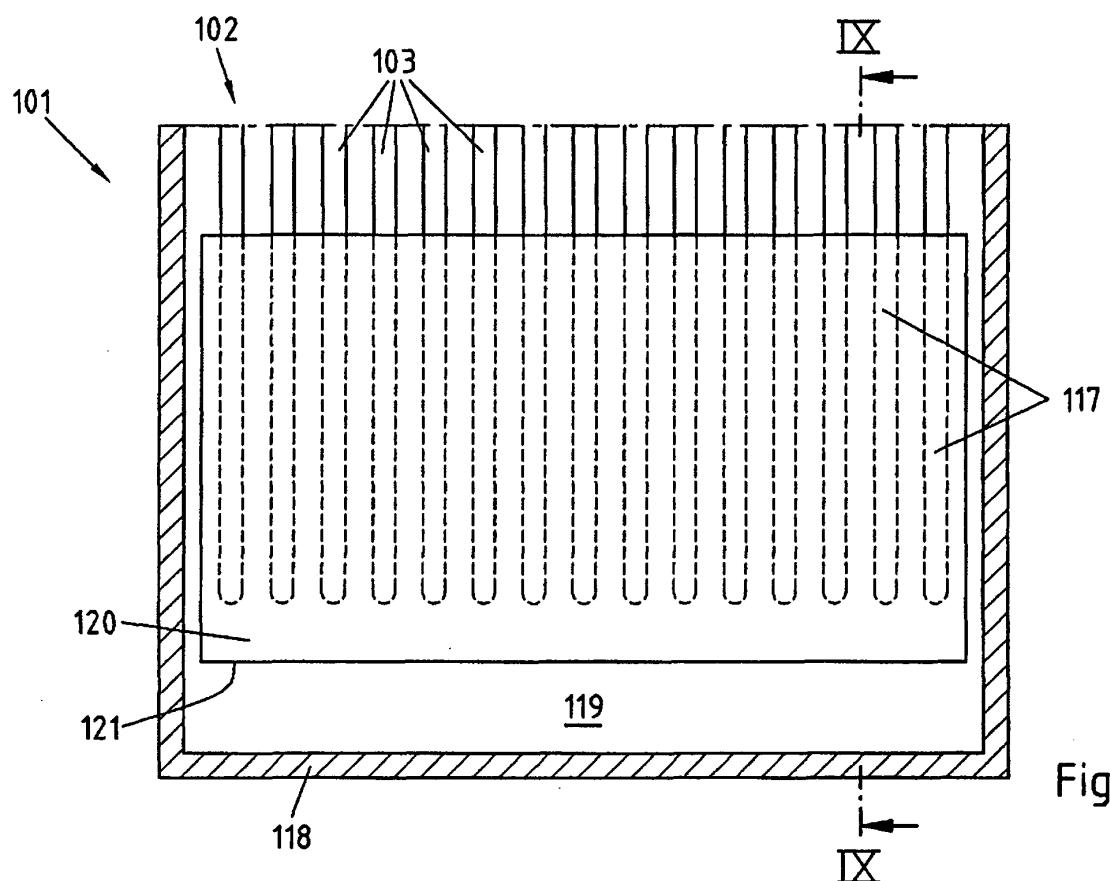


Fig. 10

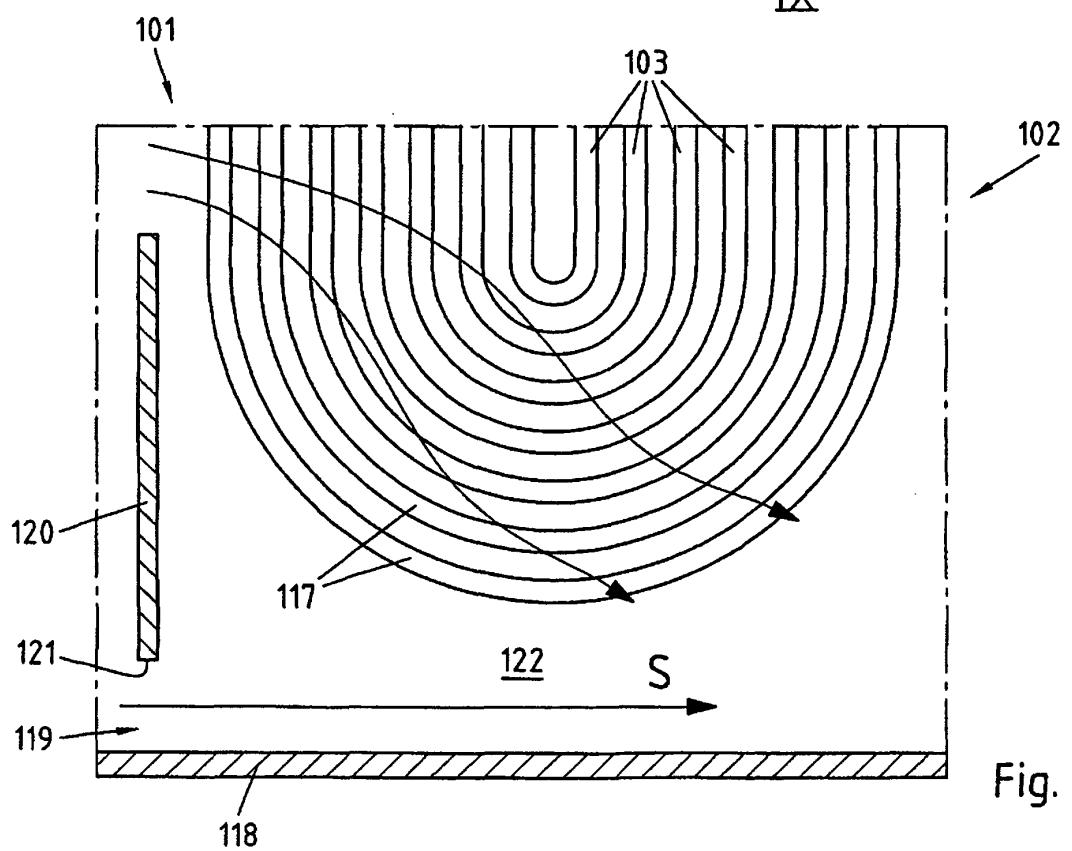


Fig. 11

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 5791404 A [0001]