

(19)



(11)

EP 2 348 272 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.07.2011 Patentblatt 2011/30

(51) Int Cl.:
F28D 19/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 11151711.6

(22) Anmeldetag: 21.01.2011

(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 RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: 22.01.2010 DE 102010005578

(71) Anmelder: Technische Universität Darmstadt
64289 Darmstadt (DE)

(72) Erfinder:
• **Epple, Bernd**
64395, Brensbach (DE)
• **Seeber, Joachim**
73249, Wernau (DE)

(74) Vertreter: **Rüger, Rudolf**
Webergasse 3
73728 Esslingen (DE)

(54) **Regenerativer Wärmetauscher und Verfahren zur Übertragung von Wärme zwischen zwei Feststoffen**

(57) Die Erfindung betrifft einen regenerativen Wärmetauscher (45) sowie ein Verfahren zur Übertragung von Wärme von einem ersten rieselfähigen Feststoff (F1) auf einen zweiten rieselfähigen Feststoff (F2). Eine Wärmetauscherfläche (47) des Wärmetauscher (45) kann durch eine Positioniereinrichtung (60) zwischen einer Wärmeaufnahmestellung (I) und einer Wärmeabgabestellung (II) umgeschaltet werden. In der Wärmeaufnahmestellung (I) rieselt ein erster rieselfähiger Feststoff (F1) entlang der Wärmetauscherfläche (47) von einer ersten Seite (72) zu einer zweiten Seite (73). Dabei erwärmt sich die Wärmetauscherfläche (47), wobei ihre Temperatur von der ersten Seite (72) zur zweiten Seite (73) kontinuierlich zunimmt. Nach dem Aufheizen der Wärmetauscherfläche (47) bewegt die Positioniereinrichtung (60) die Wärmetauscherfläche (47) in die Wärmeabgabestellung (II), in der der zu erwärmende zweite rieselfähige Feststoff (F2) entlang der Wärmetauscherfläche (47) geleitet wird. Der zweite rieselfähige Feststoff (F2) bewegt sich dabei von der weniger warmen zweiten Seite (73) zur wärmeren ersten Seite (72) hin. Bei einer bevorzugten Wärmetauscheranordnung (46) sind drei regenerative Wärmetauscher (45) vorgesehen, wobei sich jeder Wärmetauscher (45) in einem anderen Stellung (I, II) oder Zwischenstellung befindet.

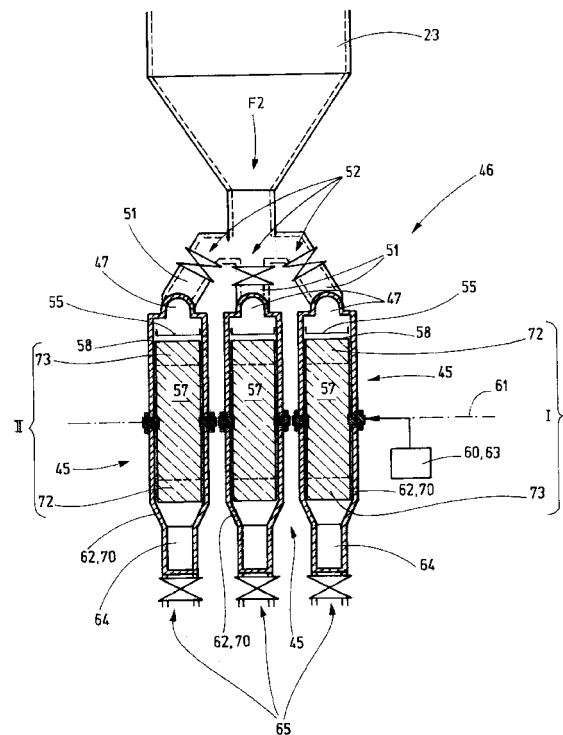


Fig.3

EP 2 348 272 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen regenerativen Wärmetauscher sowie ein Verfahren zur Übertragung von Wärme von einem ersten rieselfähigen Feststoff auf einen zweiten rieselfähigen Feststoff.

[0002] Wärmetauscher bzw. Wärmeübertrager sind bekannt. Beispielsweise offenbart die DE 30 27 187 A1 einen rekuperativen Wärmetauscher zur indirekten Wärmeübertragung zwischen rieselfähigen Feststoffen. Dieser rekuperative Wärmetauscher besteht aus einem Bündel von parallel zueinander verlaufenden Rohren, wobei benachbarte Rohre zumindest an einer Seitenfläche aneinander anliegen. Das Rohrbündel ist horizontal angeordnet und um eine Drehachse drehbar. In den Rohren sind Förderrippen befestigt, so dass der rieselfähige Feststoff durch das Drehen der Rohre um die parallel zur Erstreckungsrichtung der Rohre verlaufende Drehachse durch das jeweilige Rohr gefördert wird. Durch einen Teil der Rohre wird der erste Feststoff in eine Richtung hindurch gefördert, während gleichzeitig durch den anderen Teil der Rohre der zweite Feststoff in entgegengesetzter Richtung gefördert wird. Dabei wird die Wärme vom wärmeren Feststoff durch die Rohrwand hindurch auf den kälteren Feststoff zumindest teilweise übertragen.

[0003] Ausgehend hiervon soll ein Wärmetauscher und ein Verfahren zur Wärmeübertragung zwischen rieselfähigen Feststoffen mit einem verbesserten Wirkungsgrad geschaffen werden.

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen regenerativen Wärmetauscher mit den Merkmalen des Patentanspruches 1, durch eine Wärmetauscheranordnung mit den Merkmalen des Patentanspruches 12 sowie durch das Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 13 gelöst.

[0005] Der erfindungsgemäße Wärmetauscher ist als regenerativer Wärmetauscher ausgestaltet. Der erste rieselfähige Feststoff und der zweite rieselfähige Feststoff werden zur Wärmeübertragung nacheinander über die Wärmetauscherfläche des Wärmetauschers bewegt. Der heiße erste rieselfähige Feststoff gibt während seiner Bewegung entlang der Wärmetauscherfläche seine Wärme an die Wärmetauscherfläche ab. Wenn anschließend der zweite rieselfähige Feststoff über die Wärmetauscherfläche geleitet wird, nimmt er die Wärme von der Wärmetauscherfläche auf. Auf diese Weise wird die Wärme vom ersten rieselfähigen Feststoff auf den zweiten rieselfähigen Feststoff zumindest teilweise übertragen. Da beide Feststoffe mit derselben Wärmetauscherfläche in Kontakt gebracht werden, können sehr hohe Wirkungsgrade bei der Wärmeübertragung erreicht werden.

[0006] Der erfindungsgemäße Wärmetauscher verfügt außerdem über eine Positioniereinrichtung mittels der die Stellung der Wärmetauscherfläche zwischen einer Wärmeaufnahmestelle und einer Wärmeabgabestelle verändert werden kann. Zum Aufheizen der Wärmetauscherfläche wird diese durch die Positioniereinrichtung in ihre Wärmeaufnahmestelle gebracht. Der

erste rieselfähige Feststoff bewegt sich in einer Bewegungsrichtung von einer ersten Seite zu einer zweiten Seite der Wärmetauscherfläche. Vorzugsweise sind die beiden Seiten der Wärmetauscherfläche in Vertikalrichtung übereinander angeordnet. Die Wärmetauscherfläche erwärmt sich dabei im Bereich ihrer ersten Seite stärker als im Bereich ihrer zweiten Seite. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der erste Feststoff sich beim Durchlaufen des Wärmetauschers kontinuierlich abkühlt, während er die Wärme an die Wärmetauscherfläche abgibt. Nachdem die Wärmetauscherfläche ausreichend aufgeheizt wurde, wird die Zufuhr vom ersten rieselfähigen Feststoff in den Wärmetauscher gestoppt und die Positioniereinrichtung verlagert die Wärmetauscherfläche in die Wärmeabgabestelle. Dabei verändert die Wärmetauscherfläche ihre Position derart, dass der anschließend zugeführte zweite rieselfähige Feststoff zunächst auf die weniger stark erheizte zweite Seite der Wärmetauscherfläche auftritt und von dort entlang der Wärmetauscherfläche bis zu deren ersten Seite weitergeleitet wird.

[0007] Bevorzugt ist die erste Seite der Wärmetauscherfläche in der Wärmeaufnahmestelle in Vertikalrichtung gesehen über der zweiten Seite angeordnet, während sich die zweite Seite der Wärmetauscherfläche in der Wärmeabgabestelle vertikal oberhalb der ersten Seite befindet. In beiden Stellungen kann der jeweilige Feststoff ausschließlich oder zumindest unterstützt durch die Schwerkraft entlang der Wärmetauscherfläche von oben nach unten rieseln.

[0008] Durch das Drehen der Wärmetauscherfläche wird erreicht, dass der Temperaturgradient zwischen dem jeweils durch den Wärmetauscher geleiteten Feststoff und der Wärmetauscherfläche an jeder Stelle der Wärmetauscherfläche in etwa gleich bleibt. Der regenerative Wärmetauscher arbeitet sozusagen nach dem "Gegenstromprinzip". Dies stellt eine hohe Effizienz bei der Wärmeübertragung vom ersten auf den zweiten rieselfähigen Feststoff sicher. Beide Feststoffe werden nacheinander jeweils über die dieselbe, gesamte Wärmetauscherfläche geleitet.

[0009] Der regenerative Wärmetauscher bzw. die Wärmetauscheranordnung aus mehreren regenerativen Wärmetauschern sowie das erfindungsgemäße Verfahren lassen sich vorteilhaft im Zusammenhang mit einem Kalzinator verwenden. Als erster heißer rieselfähiger Feststoff dient dabei ein mit Kalziumoxid (CaO) angereicherter Feststoff. Als zweiter rieselfähiger Feststoff dient vorzugsweise ein mit Kalziumkarbonat (CaCO_3) angereicherter Feststoff. Die Wärmeübertragung kann dabei zwischen dem aus dem Kalzinator herausgeführten ersten Feststoffstrom und dem in den Kalzinator hineingeführten zweiten Feststoffstrom stattfinden. Der regenerative Wärmetauscher kann mithin integraler Bestandteil des Kalzinators sein.

[0010] Bei einigen Ausführungsformen der Wärmetauscherfläche ist es vorteilhaft, ein die Wärmetauscherfläche umgebendes Wärmetauschergehäuse vorzusehen.

Das Wärmetauschergehäuse ist insbesondere für Ausführungsformen der Wärmetauscherfläche vorgesehen, die untereinander nicht befestigte Teile, wie etwa lose aneinanderliegende Füllkörper aufweist. Solche Füllkörper können sehr einfach in das Wärmetauschergehäuse eingefüllt werden. Das Wärmetauschergehäuse muss hierfür nicht vollständig geschlossen sein. Es kann eine gitterartige Struktur aufweisen. Gehäuseöffnungen müssen in ihrer Form und/oder Größe so ausgestaltet sein, dass die Füllkörper nicht hindurchfallen können und im Wärmetauschergehäuse gehalten werden können. Beispielsweise können perforierte Wandelemente oder Gitterelemente für die Bildung von Gehäuseöffnungen verwendet werden. Zumindest an einer ersten und einer zweiten Stelle ist jeweils eine Gehäuseöffnung vorhanden, so dass über die beiden Gehäuseöffnungen der jeweils den Wärmetauscher durchsetzende Feststoff zugeführt bzw. abgeführt werden kann.

[0011] Die Positioniereinrichtung kann dabei das Wärmetauschergehäuse zusammen mit der Wärmetauscherfläche zwischen der Wärmeabgabestelle und der Wärmeaufnahmestelle verlagern. Insbesondere tauschen dabei die erste und die zweite Gehäuseöffnung jeweils ihre Positionen. Dadurch lässt sich ein kompakter Aufbau des regenerativen Wärmetauschers erreichen, der wenig Bauraum benötigt. Bei einer einfachen Ausgestaltung der Positioniereinrichtung kann diese als Dreheinrichtung ausgeführt sein, die die Wärmetauscherfläche oder das Wärmetauschergehäuse mit der Wärmetauscherfläche zwischen den beiden Stellungen dreht. Die Drehachse verläuft vorzugsweise quer zur Bewegungsrichtung der Feststoffe durch den Wärmetauscher. Beispielsweise kann die Drehachse in etwa horizontal angeordnet sein. Zwischen den beiden Stellungen der Wärmetauscherfläche kann diese dann zum Beispiel um jeweils 180 Grad gedreht werden.

[0012] Zumindest ein Teil der Wärmetauscherfläche kann durch im Wärmetauschergehäuse angeordnete Füllkörper gebildet sein. Diese Füllkörper dienen dazu, die Größe der Wärmetauscherfläche zu erhöhen, so dass die für den Kontakt mit dem jeweiligen Feststoff bereitgestellte Wärmetauscherfläche für ein vorgegebenes Volumen groß ist. Dabei wird sichergestellt, dass ein ausreichender Durchgangsquerschnitt für das Durchleiten des jeweiligen Feststoffs verbleibt. Über die Gestaltung der Form und Größe der Füllkörper kann nicht nur die Wärmetauscherfläche vergrößert, sondern auch die Verweildauer des durchgeleiteten Feststoffes und damit die Kontaktzeit zwischen Feststoff und Wärmetauscherfläche variiert und wunschgemäß vorgegeben werden.

[0013] Die Füllkörper können eine feste Struktur oder Matrix bilden und relativ zueinander unbeweglich verbunden sein. In diesem Fall kann auf ein Wärmetauschergehäuse verzichtet werden.

[0014] Vorteilhafterweise können die Füllkörper Abstandhaltermittel aufweisen, so dass der Abstand zwischen benachbarten Füllkörpern einen ausreichend großen Durchlassquerschnitt für das Durchleiten des jewei-

ligen Feststoffes gewährleistet. Als Abstandhaltermittel können dabei vom Füllkörper wegragende Vorsprünge, wie zum Beispiel Stifte, Stäbe, Scheiben, Scheibensegmente oder dergleichen dienen.

[0015] Als Füllkörper können zum Beispiel Kugeln oder Polyeder verwendet werden. Diese können alternativ oder zusätzlich zu Abstandhaltermitteln ein oder mehrere Durchgangslöcher aufweisen, durch die der betreffende Feststoff hindurch geleitet werden kann.

[0016] Als Füllkörper können auch gewellte oder mehrfach abgewinkelte Platten bzw. Bleche verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, quer zur Bewegungsrichtung des jeweiligen Feststoffs verlaufende Stäbe als Füllkörper einzusetzen.

[0017] Zweckmäßigerweise wird für das Einleiten des ersten und zweiten Feststoffes in den Wärmetauscher derselbe Feststoffeinlass und/oder derselbe Feststoffauslass verwendet. Die Wärmetauscherfläche ist dabei zwischen Feststoffeinlass- und Feststoffauslass angeordnet. Zwischen der Wärmetauscherfläche bzw. dem Wärmetauschergehäuse und dem Feststoffeinlass kann außerdem eine Feststoffverteileinrichtung vorgesehen sein, die dazu dient, den Feststoff in einer Fläche zu verteilen, die quer zur Bewegungsrichtung des Feststoffes entlang der Wärmetauscherfläche verläuft. Dadurch wird ein gleichmäßiger Kontakt der Wärmetauscherfläche mit dem Feststoff gewährleistet. Insbesondere verteilt die Feststoffverteileinrichtung den Feststoff in einer im Wesentlichen horizontalen Fläche. Als Feststoffverteileinrichtung kann beispielsweise eine Verteilerwanne dienen. Dieser Verteilerwanne kann fluidisiert sein, so dass sich eine insbesondere homogene Wirbelschicht bildet und den Feststoff gleichmäßig flächig verteilt, der dann über eine Vielzahl von Überlauföffnungen aus der Verteilerwanne heraus zur Wärmetauscherfläche rieseln kann.

[0018] Weitere Vorteile und bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen sowie der Beschreibung. In der Beschreibung werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Blockschaltbild einer einen Kalzinators und einen Karbonators aufweisenden Kraftwerkanlage,

Figur 2 eine Draufsicht auf eine Wärmetauscheranordnung zwischen Kalzinator und Karbonator in schematischer Darstellung,

Figur 3 die in Figur 2 dargestellte Wärmetauscheranordnung gemäß Schnittrlinie B-B,

Figur 4 ide in Figur 2 dargestellte Wärmetauscheranordnung gemäß Schnittrlinie A-A,

Figur 5 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Wärmetauscherfläche mit gewellten Platten,

Figur 6 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Wärmetauscherfläche mit abgewinkelten Platten,

Figur 7 ein drittes Ausführungsbeispiel einer Wärmetauscherfläche mit quer zur Bewegungsrichtung der Feststoffe verlaufenden Stäben,

Figur 8 ein viertes Ausführungsbeispiel einer Wärmetauscherfläche mit einer gitterähnlichen Struktur,

Figur 9 kugelförmige Füllkörper mit Abstandhaltemitteln in Form von Stiften zur Bildung einer Wärmetauscherfläche nach einem fünften Ausführungsbeispiel und

Figur 10 kugelförmige Füllkörper mit Durchgangslöchern zur Bildung einer Wärmetauscherfläche nach einem sechsten Ausführungsbeispiel.

[0019] Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Kraftwerkanlage 20 mit einer Feuerung 21, beispielsweise einer Dampferzeugerfeuerung. Das dabei entstehende Abgas enthält Kohlendioxid (CO_2), das einem Karbonator 22 zugeführt wird, in dem das CO_2 durch ein Sorbens in Form von Kalziumoxid (CaO) absorbiert und zu Kalziumkarbonat (CaCO_3) reagiert. Der dem Karbonator 22 zugeführte, das Kalziumoxid enthaltende oder daraus bestehende Feststoffstrom stellt einen ersten rieselfähigen Feststoff F1 dar.

[0020] Über einen Feststoffabscheider 23 wird ein Feststoffstrom eines zweiten rieselfähigen Feststoffs F2, der das Kalziumkarbonat enthält beziehungsweise daraus besteht, aus dem Karbonator 22 einem Kalzinator 24 zugeführt. In einer Kalzinatorfeuerung 25 wird ein Gemisch aus Brennstoff B und einem Sauerstoffträger, z.B. reiner Sauerstoff oder Luft L zur Aufheizung des Kalzinators 24 verbrannt, um die Kalziniertemperatur von etwa 900 Grad Celsius zu erreichen. Im Kalzinator 24 wird das Kalziumkarbonat wieder aufgespalten in Kalziumoxid (CaO) sowie Kohlendioxid (CO_2). Das Kalziumoxid wird im ersten Feststoff F1 dem Karbonator 22 zugeführt.

[0021] Das im Kalzinator 24 entstandene aufkonzentrierte CO_2 -Gas kann nach der Abkühlung und Reinigung verdichtet und beispielsweise unterirdisch eingespeichert werden. Zur Abkühlung kann ein Wärmeübertrager 26 dienen, so dass die im CO_2 enthaltene Wärme in Nutzenergie umgewandelt werden kann. Ein Teil des CO_2 aufweisenden Abgases kann vom Kalzinator 24 über eine Rückführleitung 27 dem Karbonator 22 zusammen mit dem CO_2 aus dem Abgas der Feuerung 21 zugeleitet werden. In der Rückführleitung 27 kann ein weiterer Wärmeübertrager 28 vorhanden sein. Ferner kann vor der Zuleitung des Abgases zum Karbonator 22 eine Rauchgasentschwefelungseinheit 29 und ein Steuerventil 30 zur Steuerung der dem Karbonator 22 zugeführten Gasmenge vorhanden sein. Eine weitere Rauchgasentschwefelungseinheit 31 und ein weiteres Ventil 32 können in der Verbindungsleitung 33 zwischen Feuerung 21

und Karbonator 22 vorhanden sein. Optional können die Rauchgasentschwefelungseinheit 31 und das Steuerventil 32 auch für den durch die Rückführleitung 27 geleiteten Abgasstrom verwendet werden, wie dies gestrichelt in Figur 1 dargestellt ist. In diesem Fall können die Rauchgasentschwefelungseinheit 29 und das Steuerventil 30 entfallen.

[0022] Die im Karbonator 22 vom CO_2 weitgehend befreiten Abgase werden über eine Abgasleitung 34 einem Kamin oder Kühlturm 35 zugeführt. In der Abgasleitung 34 kann ein weiterer Wärmeübertrager 36, ein weiteres Steuerventil 37 sowie ein Staubabscheider 38 angeordnet sein.

[0023] Die Anordnung der Wärmeübertrager 26, 28, 36, der Rauchgasentschwefelungseinheiten 29, 31, der Steuerventile 30, 32, 37 sowie des Staubabscheiders 38 stellen eine bevorzugte Ausführung der Kraftwerkanlage 20 dar, können jedoch verändert werden. Beispielsweise kann die Reihenfolge der erwähnten Bauelemente in einer Leitung geändert werden. Es ist auch möglich, funktionsgleiche Baueinheiten zusammenzufassen, um den Aufbau der Anlage zu vereinfachen. Es ist ferner möglich, auch in der Verbindungsleitung 33 im Anschluss an die Feuerung 21 der Kraftwerkanlage 20 einen weiteren Staubabscheider 39 vorzusehen.

[0024] Zwischen Karbonator 22 und Kalzinator 24 ist erfindungsgemäß zumindest ein regenerativer Wärmetauscher 45 vorgesehen. Der regenerative Wärmetauscher 45 dient zur zumindest teilweisen Übertragung der Wärme vom ersten rieselfähigen Feststoff F1, der dem Karbonator 22 aus dem Kalzinator 24 zugeführt wird, auf den zweiten rieselfähigen Feststoff F2, der dem Kalzinator 24 aus dem Karbonator 22 zugeführt wird. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel weist der Kalzinator 24 eine Wärmetauschereinheit 46 mit mehreren und beispielsweise drei parallel geschalteten regenerativen Wärmetauschern 45 auf. Die regenerativen Wärmetauscher 45 dienen dazu, den zweiten rieselfähigen Feststoff F2 vorzuwärmen, so dass in der Kalzinatorfeuerung 25 Brennstoff B sowie Sauerstoffträger (O_2) eingespart werden kann. Die regenerativen Wärmetauscher 45 übertragen hierfür Wärme des heißen ersten rieselfähigen Feststoffs F1 auf den zweiten rieselfähigen Feststoff F2.

[0025] Eine schematische Darstellung der Wärmetauscheranordnung 46 mit der Einrichtung zur Zu- und Abfuhr der Feststoffe F1, F2 ist schematisch in den Figuren 2 bis 4 dargestellt.

[0026] Jedem regenerativen Wärmetauscher 45 der Wärmetauscheranordnung 46 ist ein Feststoffeinfluss 47 zugeordnet. Jeder Feststoffeinfluss 47 ist über jeweils ein erstes Einlassrohr 48 mit einer ersten Einlassventileinrichtung 49 verbunden. Die erste Einlassventileinrichtung 49 sitzt zwischen den ersten Einlassrohren 48 und einem Siphon 50 eines nicht näher dargestellten Feststoffabscheiders des Kalzinators 24. Im Siphon 50 wird der erste rieselfähige Feststoff F1 gesammelt.

[0027] Weiter ist jeder der Feststoffeinflüsse 47 über

ein zweites Einlassrohr 51 und eine zweite Einlassventileinrichtung 52 mit dem Feststoffabscheider 23 des Karbonators 22 verbunden, in dem sich der zweite rieselfähige Feststoff F2 befindet. Über die beiden Einlassventileinrichtungen 49, 52 kann jedem der regenerativen Wärmetauscher 45 unabhängig voneinander entweder der erste rieselfähige Feststoff F1 oder der zweite rieselfähige Feststoff F2 zugeführt werden.

[0028] Die Zufuhr der Feststoffe F1, F2 erfolgt beim bevorzugten Ausführungsbeispiel ausschließlich durch die Schwerkraft. Unterhalb jeder Einlassöffnung 47 ist in jedem Wärmetauscher 45 eine Verteilerwanne 55 angeordnet, die zur flächigen im Wesentlichen horizontalen Verteilung des jeweils zugeführten Feststoffes F1 bzw. F2 dient. Die Verteilerwanne 55 kann zur besseren Feststoffverteilung leicht fluidisiert werden und weist eine Vielzahl von entlang ihrer Fläche Überlauföffnungen 56 auf, wie dies schematisch in Figur 4 dargestellt ist.

[0029] In Vertikalrichtung gesehen unterhalb der Verteilerwanne 55 und vertikal unterhalb des jeweiligen Feststoffeinlasses 47 ist die Wärmetauscherfläche 57 des regenerativen Wärmetauschers 45 angeordnet. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel befindet sich die Wärmetauscherfläche 57 innerhalb eines Wärmetauschergehäuses 58. Das Wärmetauschergehäuse 58 kann bei Ausführungsformen des Wärmetauschers 45 entfallen, bei denen die Wärmetauscherfläche 57 eine feste oder steife Struktur aufweist und ohne Gehäuse drehbar gelagert werden kann, beispielsweise bei Wärmetauscherflächen mit plattenförmigen Elementen (Figuren 5, 6). Die Wärmetauscherfläche 57 ist in den Figuren 3 und 4 lediglich schematisch durch eine Schraffur angedeutet. Auf die Wärmetauscherfläche 57 wird später im Zusammenhang mit den Figuren 5 bis 10 näher eingegangen.

[0030] Jedem regenerativen Wärmetauscher 45 oder jeder Wärmetauscheranordnung 46 ist eine Positioniereinrichtung 60 zugeordnet. Die Positioniereinrichtung 60 dient dazu, die Wärmetauscherfläche 57 zwischen einer Wärmeaufnahmestellung I und einer Wärmeabgabestellung II zu verlagern. Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Wärmetauscherfläche 57 fest mit dem Wärmetauschergehäuse 58 verbunden, wobei die Positioniereinrichtung 60 das Wärmetauschergehäuse 58 zusammen mit der Wärmetauscherfläche 57 bewegt. Vorzugsweise sind hierfür die Wärmetauschergehäuse 58 um eine im Wesentlichen horizontal verlaufende Drehachse 61 drehbar an einer jeweiligen Halterung 62 gelagert. Die Positioniereinrichtung 60 ist in diesem Fall als Dreheinrichtung 63 ausgestaltet. Die drei Wärmetauschergehäuse 58 können unabhängig voneinander zwischen ihren beiden Stellungen I, II bewegt werden.

[0031] Unterhalb der Wärmetauscherfläche 57 und beispielsweise vertikal unmittelbar unterhalb des Feststoffeinlasses 47 ist ein Feststoffauslass 64 vorhanden, dem eine Auslassventileinrichtung 65 zugeordnet ist. Über die Auslassventileinrichtung 65 wird der Feststoffauslass 64 des Wärmetauschers 45 entweder mit

einer ersten Auslassleitung 66 zum Karbonator 22 oder mit einer zweiten Auslassleitung 67 zum Kalzinator 24 verbunden. Je nachdem, welcher Feststoff F1, F2 durch den Wärmetauscher 45 geführt wird, wird die Auslassventileinrichtung 65 eingestellt.

[0032] Die Halterung 62 ist beim bevorzugten Ausführungsbeispiel in Form eines das Wärmetauschergehäuse 58 umgebenden Außengehäuses 70 ausgestaltet. Im Bereich des Wärmetauschergehäuses 58 ist im Inneren des Außengehäuses 70 ein Rotationsbereich 71 vorhanden, der die Drehung des Wärmetauschergehäuses 58 um die Drehachse 61 ermöglicht. Der Rotationsbereich 71 ist beispielsweise als zylinderförmiger Hohlraum ausgestaltet.

[0033] Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 weist das Wärmetauschergehäuse 58 eine zylindrische Kontur mit einer sich in Richtung der Drehachse 61 erstreckenden Zylinderachse auf. Die Grundfläche des zylindrischen Wärmetauschergehäuses 58 ist durch ein Polygon, beispielsweise ein Sechseck angegeben. Die Grundfläche könnte alternativ auch kreisrund oder elliptisch sein. Prinzipiell ist die Gehäuseform des Wärmetauschergehäuses 58 frei wählbar.

[0034] Die Wärmetauscherfläche 57 jedes Wärmetauschers 58 weist eine erste Seite 72 und eine bezogen auf die Drehachse 61 diametral gegenüberliegende zweite Seite 73 auf. In der Wärmeaufnahmestellung I der Wärmetauscherfläche 57 ist ihre erste Seite 72 dem Feststoffeinlass 47 und ihre zweite Seite 73 dem Feststoffauslass 64 zugeordnet. Die erste Seite 72 befindet sich daher vertikal über der zweiten Seite 73. Zur Verlagerung der Wärmetauscherfläche 57 von der Wärmeaufnahmestellung I in die Wärmeabgabestellung II dreht die Dreheinrichtung 63 die betreffende Wärmetauscherfläche 57 um 180 Grad. Die beiden Seiten 72, 73 tauschen daher ihre Positionen. In der Wärmeabgabestellung II ist daher die zweite Seite 73 dem Feststoffeinlass 47 und die erste Seite 72 dem Feststoffauslass 64 zugeordnet.

[0035] Der ersten Seite 72 der Wärmetauscherfläche 57 ist benachbart zu einer ersten Gehäuseöffnung 75 und die zweite Seite 73 benachbart zu einer zweiten Gehäuseöffnung 76 im Wärmetauschergehäuse 58 angeordnet. Durch die Gehäuseöffnungen 75, 76 kann der betreffende Feststoff F1, F2 je nach Stellung I, II des Wärmetauschergehäuses 58 zugeführt bzw. abgeführt werden. Die in den Figuren 5 und 6 eingezeichneten Pfeile deuten die Bewegungsrichtung des den Wärmetauscher 45 durchsetzenden Feststoffes F1 bzw. F2 an, wobei sich die Wärmetauscherfläche 57 beispielhaft jeweils in ihrer Wärmeaufnahmestellung I befindet.

[0036] Die Wärmetauscherfläche 57 kann verschieden ausgeführt sein. Einige Ausführungsbeispiele sind in den Figuren 5 bis 10 dargestellt. Beim ersten Ausführungsbeispiel nach Figur 5 ist die Wärmetauscherfläche 57 von mehreren parallel zueinander angeordneten gewellten Platten oder Blechen 79 gebildet. Anstelle der gewellten Platten 79 können auch mehrfach abgewinkel-

te Platten oder Bleche 80 verwendet werden, wie dies in Figur 6 schematisch gezeigt ist. Durch die gewellte oder abgewinkelte Form der Platten 79, 80 wird das direkte Durchrieseln der Feststoffe F1, F2 verhindert. Die Platten 79, 80 bilden sozusagen Hindernisse, die den Feststoff immer wieder in seiner Bewegungsrichtung umlenken, um die Kontaktzeit zwischen dem Feststoff F1, F2 und der Wärmetauscherfläche 57 zu verlängern. Die Platten oder Bleche 79, 80 stellen im Wärmetauschergehäuse vorgesehene Füllkörper 81 dar.

[0037] Bei einem in Figur 7 dargestellten dritten Ausführungsbeispiel ist das Wärmetauschergehäuse 58 mit einer Vielzahl von stabförmigen Füllkörpern 81 gefüllt. Die die Füllkörper 81 bildenden Stäbe 82 sind quer zur Bewegungsrichtung R der Feststoffe F1, F2 durch den Wärmetauscher angeordnet. Die Stäbe 82 können das Wärmetauschergehäuse teilweise oder vollständig von einer Seitenwänden zum gegenüberliegenden Seitenwand durchsetzen. Um die Stäbe 82 herum sind Abstandhaltemittel 83 vorgesehen, die die Stäbe 82 untereinander auf Distanz halten, um so einen ausreichenden Durchlassquerschnitt für die Feststoffe F1, F2 bereitzustellen. Die Stäbe 82 müssen dann nicht fest mit dem Wärmetauschergehäuse 58 verbunden sein. Die Abstandhaltemittel 83 sind bei diesem Ausführungsbeispiel von ringförmigen Scheiben 84 gebildet, die die Stäbe 82 umschließen.

[0038] Bei einem weiteren, vierten Ausführungsbeispiel ist die Wärmetauscherfläche 57 von einer gitterähnlichen Struktur 85 gebildet. Auch hier sind quer zur Bewegungsrichtung R verlaufende Stäbe 82 vorhanden, die über in Bewegungsrichtung R verlaufende Haltestäbe 85 in ihrer Position fixiert werden.

[0039] In den Figuren 9 und 10 sind weitere alternative Möglichkeiten für Füllkörper 81 dargestellt. Die Füllkörper 81 sind dabei jeweils als etwa kugelförmige Körper ausgestaltet. Im Ausführungsbeispiel nach Figur 9 weist jeder Füllkörper 81 radial in verschiedene Richtung verteilt abstehende Stifte 86 auf, die Abstandhaltemittel 83 bilden. Die Stifte sind vorzugsweise über den gesamten Umfang des Füllkörpers 81 verteilt angeordnet. Der betreffende Feststoff F1 bzw. F2 kann zwischen den kugelförmigen Füllkörpern 81 und den Stiften 86 hindurch das Wärmetauschergehäuse 58 durchströmen.

[0040] Auch die in Figur 10 dargestellten Füllkörper 81 sind in Form von Kugeln ausgestaltet. Sie weisen jeweils mehrere Durchgangslöcher 87 auf, um den Durchgang des ersten bzw. zweiten Feststoffes F1 bzw. F2 durch das Wärmetauschergehäuse 58 zu ermöglichen.

[0041] In Abwandlung zu den hier beschriebenen Ausführungsvarianten der Wärmetauscherfläche 57 können auch Kombinationen der beschriebenen Füllkörper 81. Beispielsweise können auch zwischen die Platten 79, 80 kugelförmige Füllkörper 81 eingesetzt werden.

[0042] Der erfindungsgemäße Wärmetauscher 45 bzw. die aus drei regenerativen Wärmetauschern 45 bestehende Wärmetauscheranordnung 46 arbeitet wie folgt:

In der Wärmeaufnahmestellung I der Wärmetauscherfläche 57 wird dem regenerativen Wärmetauscher 45 der erste rieselfähige Feststoff F1 über das erste Einlassrohr 48 zugeführt. Die Verteilerwanne 55 verteilt den ersten rieselfähigen Feststoff F1 horizontal gleichmäßig. Durch die Überlauföffnungen 56 in der Verteilerwanne 55 rieselt der erste rieselfähige Feststoff F1 durch die erste Gehäuseöffnung 75 in das Wärmetauschergehäuse 58. Er trifft dann auf die Wärmetauscherfläche 57 und bewegt sich entlang der Wärmetauscherfläche 57 bis zur zweiten Gehäuseöffnung 76. Dort tritt er aus dem Wärmetauschergehäuse 58 aus und wird über den Feststoffauslass 64 und die Auslassventileinrichtung 65 der ersten Auslassleitung 66 zum Karbonator 22 zugeführt. Nach ausreichender Erwärmung der Wärmetauscherfläche 57 stoppt die erste Einlassventileinrichtung 49 die Zufuhr des ersten rieselfähigen Feststoffes F1. Während der Erwärmung der Wärmetauscherfläche 57 befand sich deren erste Seite 72 unterhalb des Feststoffeinlasses 47, während deren zweite Seite 73 dem Feststoffauslass 64 zugeordnet war. Deswegen hat sich die erste Seite 72 stärker erwärmt als die zweite Seite 73. Die Temperatur der Wärmetauscherfläche 57 nimmt von der ersten Seite 72 zur zweiten Seite 73 kontinuierlich ab.

[0043] Über die Positioniereinrichtung 60 wird die Wärmetauscherfläche 57 in ihre Wärmeabgabestellung II verlagert, beispielsweise um die Drehachse 61 gedreht. Jetzt ist die weniger warme zweite Seite 73 dem Feststoffeinlass 47 und die stärker erwärmte erste Seite 72 dem Feststoffauslass 64 zugeordnet. Über die zweite Einlassventileinrichtung 52 wird jetzt der zweite rieselfähige Feststoff F2 dem regenerativen Wärmetauscher 45 zugeführt, wobei sich der zweite rieselfähige Feststoff F2 bei seiner Bewegung entlang der Wärmetauscherfläche 57 immer stärker erwärmt. Da auch die Temperatur der Wärmetauscherfläche 57 in der Wärmeabgabestellung II in Bewegungsrichtung R des zweiten rieselfähigen Feststoffes F2 von der zweiten Seite 73 zur ersten Seite 72 kontinuierlich zunimmt, kann eine in etwa gleich bleibende Temperaturdifferenz zwischen dem zweiten rieselfähigen Feststoff F2 und der Wärmetauscherfläche 57 über den gesamten Weg des zweiten rieselfähigen Feststoffes F2 entlang der Wärmetauscherfläche 57 erreicht werden. Der regenerative Wärmetauscher 45 arbeitet sozusagen nach dem "Gegenstromprinzip". Über die Auslassventileinrichtung 65 wird der zweite rieselfähige Feststoff F2 der zweiten Auslassleitung 67 zum Kalzinator 24 zugeführt.

[0044] Da sich die Wärmetauscherfläche 57 in der Wärmeabgabestellung II zunehmend abkühlt, wird nach einer gewissen Zeit die Zufuhr des zweiten rieselfähigen Feststoffes F2 gestoppt und die Positioniereinrichtung 60 bringt die Wärmetauscherfläche wieder in ihre Wärmeaufnahmestellung I. Die wärmere erste Seite 72 der Wärmetauscherplatte ist jetzt wieder dem Feststoffein-

lass zugeordnet. Der erste rieselfähige Feststoff F1 bewegt sich daher von der wärmeren ersten Seite zur weniger warmen zweiten Seite 73 der Wärmetauscherfläche 57. Daher ist während der gesamten Bewegung die Temperaturdifferenz zwischen dem ersten rieselfähigen Feststoff F1 und der Wärmetauscherfläche 57 in etwa konstant.

[0045] Der beschriebene Ablauf wird zyklisch fortgesetzt.

[0046] Wie dies in den Figuren 2 bis 4 dargestellt ist, bilden mehrere regenerative Wärmetauscher 45 eine Wärmetauschereinheit 46. Vorzugsweise sind zumindest drei Wärmetauscher 45 in einer Wärmetauschereinheit 46 zusammengefasst. Dabei ist es möglich, kontinuierliche Ströme sowohl für den ersten rieselfähigen Feststoff F1, als auch für den zweiten rieselfähigen Feststoff F2 zu erreichen. Hierzu befinden sich die regenerativen Wärmetauscher 45 einer Wärmetauschereinheit 46 in unterschiedlichen Zuständen: Wärmeaufnahmestellung I, Wärmeabgabestellung II oder Umschaltzustand zwischen den beiden Stellungen I, II. Solange sich einer der regenerativen Wärmetauscher 45 in seiner Wärmeaufnahmestellung I befindet, nimmt zumindest einer der anderen regenerativen Wärmetauscher 45 die Wärmeabgabestellung II ein, wie dies in Figur 3 gezeigt ist. Der dritte regenerative Wärmetauscher 45 der Wärmetauscheranordnung 46 befindet sich im Umschaltzustand zwischen den beiden Stellungen I, II. Im Umschaltzustand, während der Verlagerungsbewegung der Wärmetauscherfläche 57 zwischen den beiden Stellungen I, II, findet keine Feststoffzufuhr zum Wärmetauscher 45 statt. Durch das Bereitstellen von drei parallel geschalteten regenerativen Wärmetauschern 45 in einer Wärmetauschereinheit 46 kann dennoch ein kontinuierlicher Fluss beider Feststoffe F1, F2 sichergestellt werden.

[0047] Die Erfindung betrifft einen regenerativen Wärmetauscher 45 sowie ein Verfahren zur Übertragung von Wärme von einem ersten rieselfähigen Feststoff F1 auf einen zweiten rieselfähigen Feststoff F2. Der regenerative Wärmetauscher 45 weist eine Wärmetauscherfläche 57 auf. Die Wärmetauscherfläche 57 kann zwischen einer Wärmeaufnahmestellung I und einer Wärmeabgabestellung II durch eine Positioniereinrichtung 60 umgeschaltet werden. In der Wärmeaufnahmestellung I rieselt ein erster rieselfähiger Feststoff F1 entlang der Wärmetauscherfläche 57 von einer ersten Seite 72 zu einer zweiten Seite 73. Dabei erwärmt sich die Wärmetauscherfläche 57, wobei ihre Temperatur von der ersten Seite 72 zur zweiten Seite 73 kontinuierlich zunimmt. Nach dem Aufheizen der Wärmetauscherfläche 57 bewegt die Positioniereinrichtung 60 die Wärmetauscherfläche 57 in die Wärmeabgabestellung II, in der der zu erwärmende zweite rieselfähige Feststoff F2 entlang der Wärmetauscherfläche 57 geleitet wird. Der zweite rieselfähige Feststoff F2 bewegt sich dabei von der weniger warmen zweiten Seite 73 zur wärmeren ersten Seite 72 hin. Bevorzugt bewegen sich die Feststoffe F1, F2 ausschließlich durch die Schwerkraft entlang der Wärmetau-

scherfläche 47 im Wesentlichen in eine Bewegungsrichtung R vertikal nach unten. Während der gesamten Bewegung des jeweiligen rieselfähigen Feststoffs F1, F2 entlang der Wärmetauscherfläche 57 ist die Temperaturdifferenz zwischen dem rieselfähigen Feststoff F1, F2 und der Wärmetauscherfläche 57 in etwa konstant, wodurch sich eine kontinuierliche Wärmeübertragung zwischen Wärmetauscherfläche 57 und dem betreffenden Feststoff F1, F2 ergibt.

[0048] Bei einer bevorzugten Wärmetauscheranordnung 46 sind drei regenerative Wärmetauscher 45 vorgesehen, wobei sich jeder Wärmetauscher 45 in einem anderen Zustand befindet: Der eine Wärmetauscher 45 nimmt die Wärmeaufnahmestellung I, der andere Wärmetauscher 45 die Wärmeabgabestellung II und der dritte Wärmetauscher 45 einen Umschaltzustand zwischen der Wärmeaufnahmestellung I und der Wärmeabgabestellung II ein.

Bezugszeichenliste:

[0049]

- 20 Kraftwerkanlage
- 21 Feuerung
- 22 Karbonator
- 23 Feststoffabscheider
- 24 Kalzinator
- 25 Kalzinatorfeuerung
- 26 Wärmeübertrager
- 27 Rückführleitung
- 28 Wärmeübertrager
- 29 Rauchgasentschwefelungseinheit
- 30 Steuerventil
- 31 Rauchgasentschwefelungseinheit
- 32 Steuerventil
- 33 Verbindungsleitung
- 34 Abgasleitung
- 35 Kamin/ Kühlturm
- 36 Wärmeübertrager
- 37 Steuerventil

38 Staubabscheider
 39 Staubabscheider
 45 Regenerativer Wärmetauscher
 46 Wärmetauschereinheit
 47 Feststoffeinlass
 48 Erstes Einlassrohr
 49 Erste Einlassventileinrichtung
 50 Siphon v. 24
 51 Zweites Einlassrohr
 52 Zweite Einlassventileinrichtung
 55 Verteilerwanne
 56 Überlauföffnung
 57 Wärmetauscherfläche
 58 Wärmetauschergehäuse
 60 Positioniereinrichtung
 61 Drehachse
 62 Halterung
 63 Dreheinrichtung
 64 Feststoffauslass
 65 Auslassventileinrichtung
 66 Erste Auslassleitung
 67 Zweite Auslassleitung
 70 Außengehäuse
 71 Rotationsbereich
 72 Erste Seite
 73 Zweite Seite
 75 Erste Gehäuseöffnung
 76 Zweite Gehäuseöffnung
 79 Gewellte Platte

80 Gewinkelte Platte
 81 Füllkörper
 5 82 Stab
 83 Abstandhaltemittel
 84 Scheibe
 10 85 Haltestab
 86 Stift
 15 87 Durchgangsloch
 I Wärmeaufnahmestellung
 II Wärmeabgabestellung
 20 B Brennstoff
 F1 Erster rieselfähiger Feststoff
 25 F2 Zweiter rieselfähiger Feststoff
 L Luft
 R Bewegungsrichtung
 30 O₂ Sauerstoff
 CO₂ Kohlendioxid

35

Patentansprüche

1. Regenerativer Wärmetauscher zur Übertragung von Wärme von einem ersten rieselfähigen Feststoff (F1) auf einen zweiten rieselfähigen Feststoff (F2),
 40 mit einer Wärmetauscherfläche (57),
 mit einer Positioniereinrichtung (60) mittels der die Stellung der Wärmetauscherfläche (57) zwischen einer Wärmeaufnahmestellung (I) und einer Wärmeabgabestellung (II) veränderbar ist,
 45 wobei sich der erste rieselfähige Feststoff (F1) in der Wärmeaufnahmestellung (I) der Wärmetauscherfläche (57) in einer Bewegungsrichtung (R) entlang der Wärmetauscherfläche (57) von einer ersten Seite (72) zu einer zweiten Seite (73) der Wärmetauscherfläche (57) bewegt,
 50 und wobei sich der zweite rieselfähige Feststoff (F2) in der Wärmeabgabestellung (II) der Wärmetauscherfläche (57) im Wesentlichen von der zweiten Seite (73) zur ersten Seite (72) der Wärmetauscherfläche (57) entlang der Wärmetauscherfläche (57) bewegt.
 55

2. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmetauschergehäuse (58) mit einer ersten Gehäuseöffnung (75) und einer zweiten Gehäuseöffnung (76) vorhanden ist, in dem die Wärmetauscherfläche (57) vorgesehen ist. 5
3. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniereinrichtung (30) zum Verlagern der Wärmetauscherfläche (57) zwischen der Wärmeaufnahmestelle (I) und der Wärmeabgabestelle (II) das Wärmetauschergehäuse (58) zusammen mit der darin angeordneten Wärmetauscherfläche (57) verlagert. 10
4. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Gehäuseöffnungen (75, 76) bei der Verlagerung der Wärmetauscherfläche (57) zwischen seinen beiden Stellungen (I, II) ihre Positionen tauschen. 20
5. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniereinrichtung (60) als Dreheinrichtung (63) ausgeführt ist, die die Wärmetauscherfläche (57) um eine Drehachse (61) dreht, die quer zu der Bewegungsrichtung (R) der Feststoffe (F1, F2) entlang der Wärmetauscherfläche (57) verläuft. 25
6. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Wärmetauscherfläche (57) durch im Wärmetauschergehäuse (58) angeordnete Füllkörper (81) gebildet wird. 30
7. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Füllkörper (81) Abstandhaltemittel (83) zur Beibehaltung eines Mindestabstands zu den jeweils benachbarten Füllkörpern (81) aufweist 35
8. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass jeder Füllkörper (81) zumindest ein Durchgangsloch (87) aufweist. 40
9. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass als Füllkörper (81) gewellte oder gewinkelte Platten (79, 80) verwendet werden. 45
10. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass als Füllkörper (81) quer zur Bewegungsrichtung (R) der Feststoffe (F1, F2) angeordnete Stäbe (82) verwendet werden. 50
11. Regenerativer Wärmetauscher nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Feststoffeinlass (47) und der Wärmetauscherfläche (57) eine Feststoffverteilereinrichtung (55) vorgesehen ist, mittels der der jeweils zugeführte Feststoff (F1, F2) quer zu seiner Bewegungsrichtung (R) gleichmäßig flächig verteilt wird. 55
12. Wärmetauscheranordnung mit wenigstens zwei regenerativen Wärmetauschern (45) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich die Wärmetauscherfläche (57) von mindestens einem der Wärmetauscher (45) in der Wärmeaufnahmestelle (I) befindet während sich die Wärmetauscherfläche (57) zumindest eines der anderen Wärmetauscher in der Wärmeabgabestelle (II) befindet.
13. Verfahren zur Übertragung von Wärme von einem ersten rieselfähigen Feststoff (F1) auf einen zweiten rieselfähigen Feststoff (F2) mittels eines regenerativen Wärmetauschers (45) mit einer Wärmetauscherfläche (57),
bei dem der erste rieselfähige Feststoff (F1) in einer Wärmeaufnahmestelle (I) der Wärmetauscherfläche (57) in eine Bewegungsrichtung (R) entlang der Wärmetauscherfläche (57) von einer ersten Seite (72) zu einer zweiten Seite (73) der Wärmetauscherfläche (57) geleitet wird,
bei dem die Wärmetauscherfläche (57) nach ihrem Aufheizen in eine Wärmeabgabestelle (II) verlagert wird, in der der zweite rieselfähige Feststoff (F2) entlang der Wärmetauscherfläche (57) von der zweiten Seite (73) zur ersten Seite (72) der Wärmetauscherfläche (57) geleitet wird.

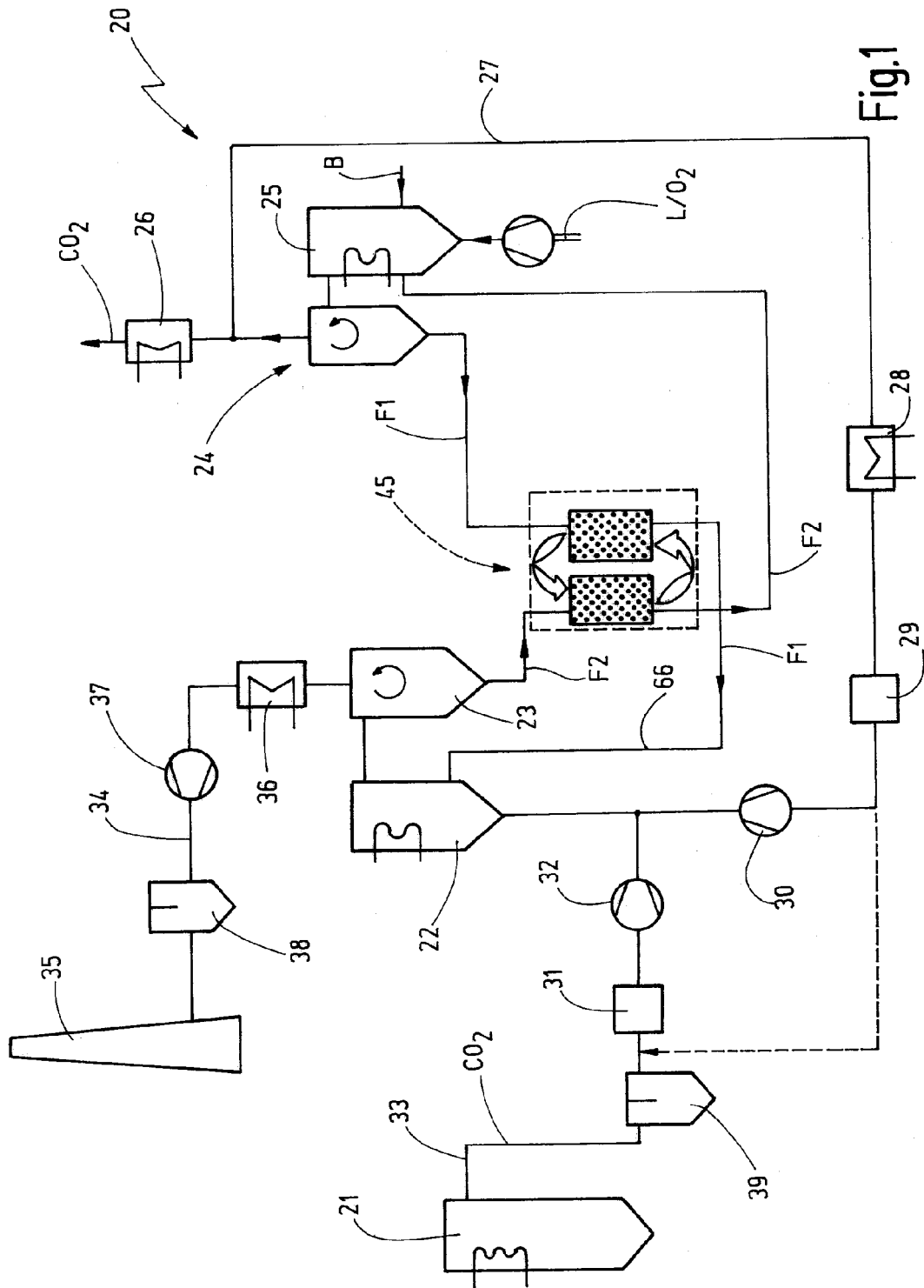


Fig.1

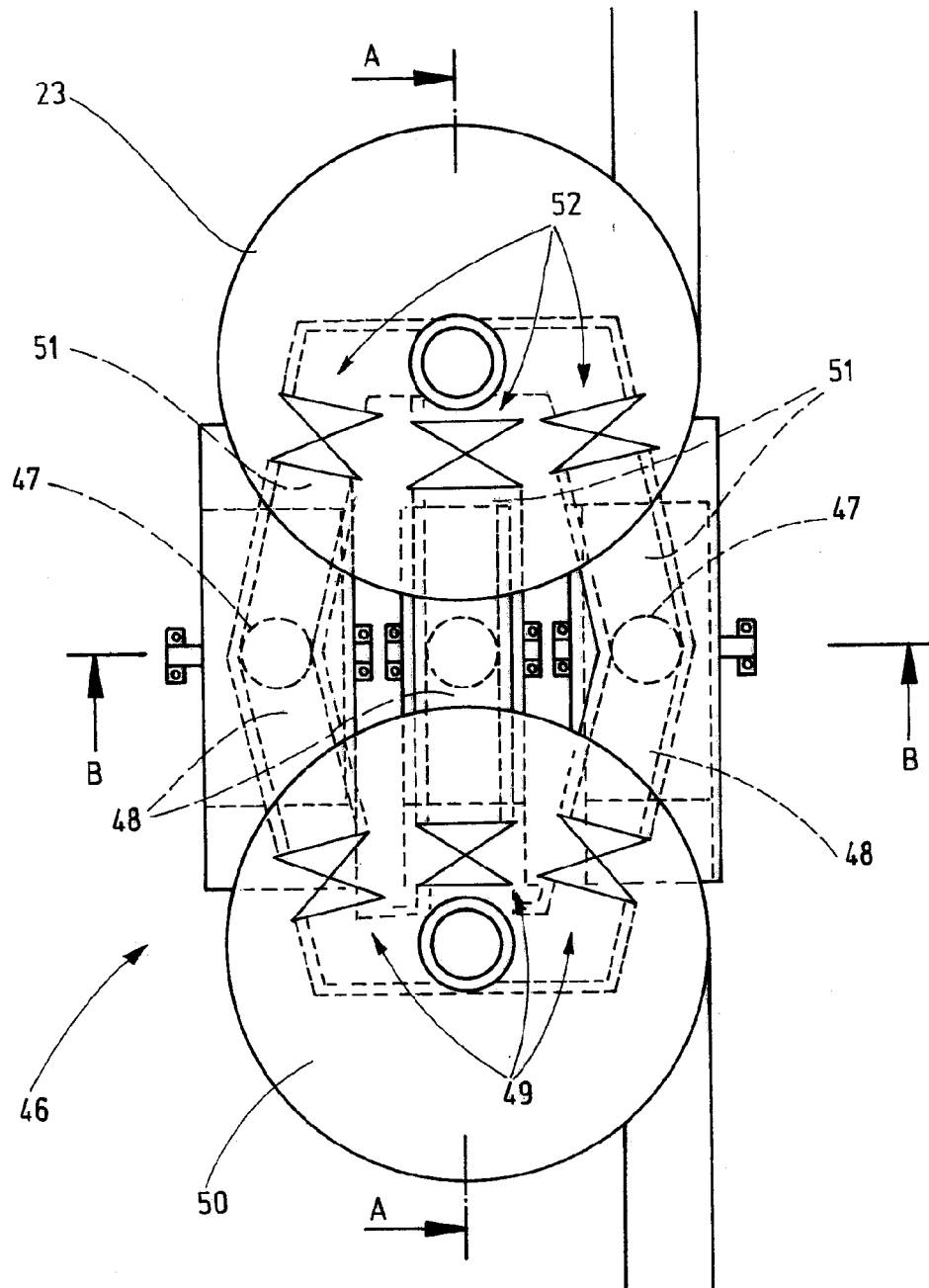


Fig.2

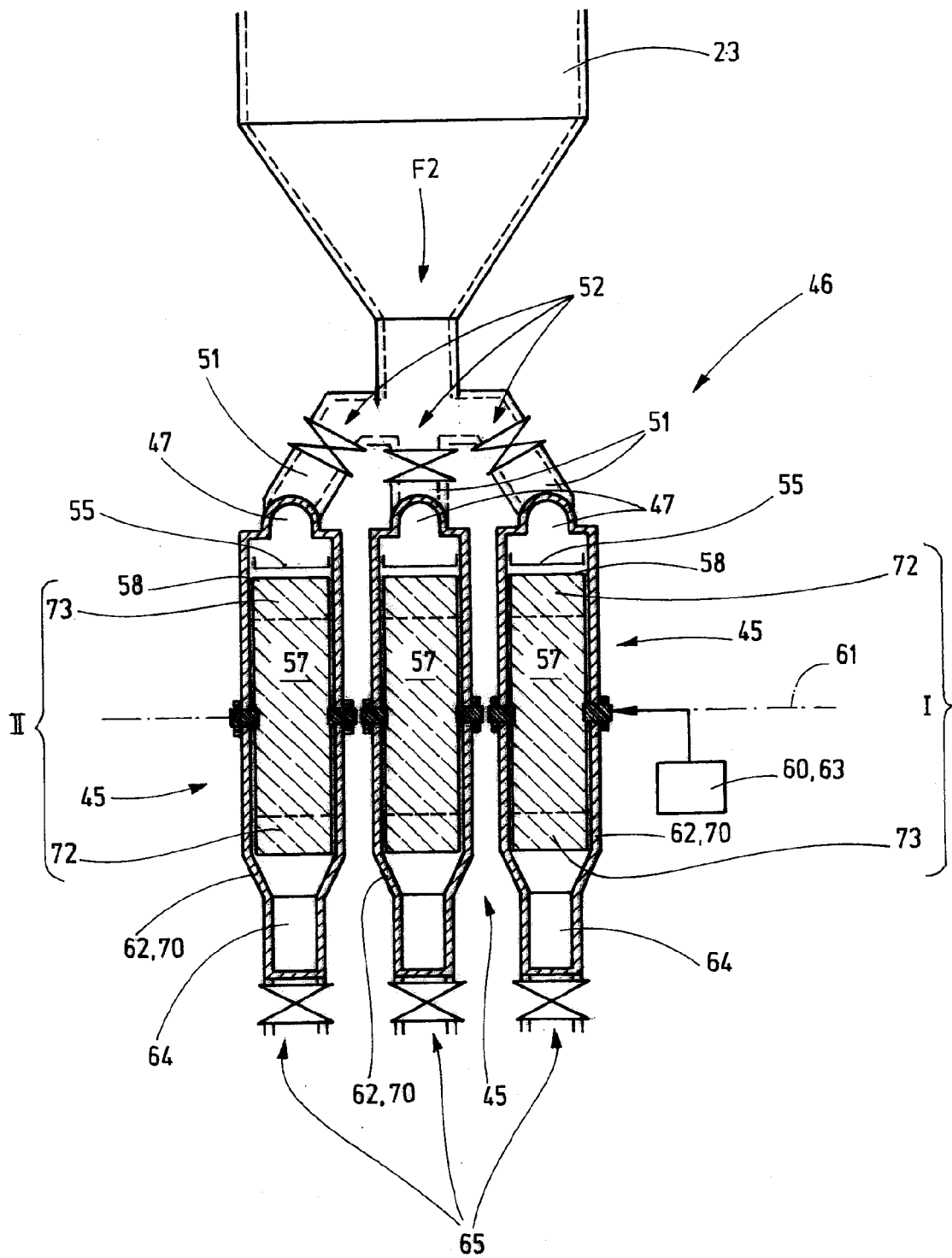


Fig.3

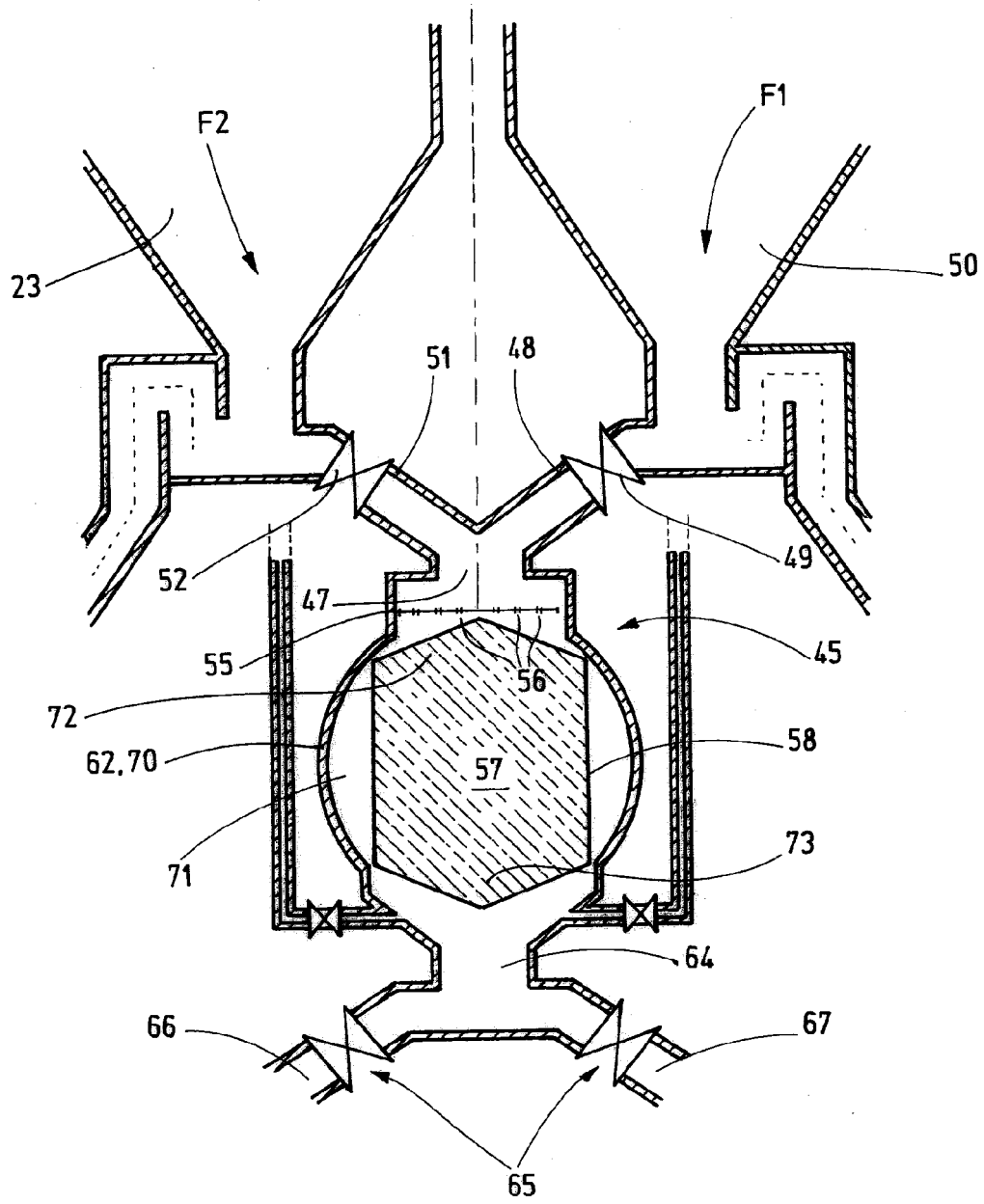


Fig.4

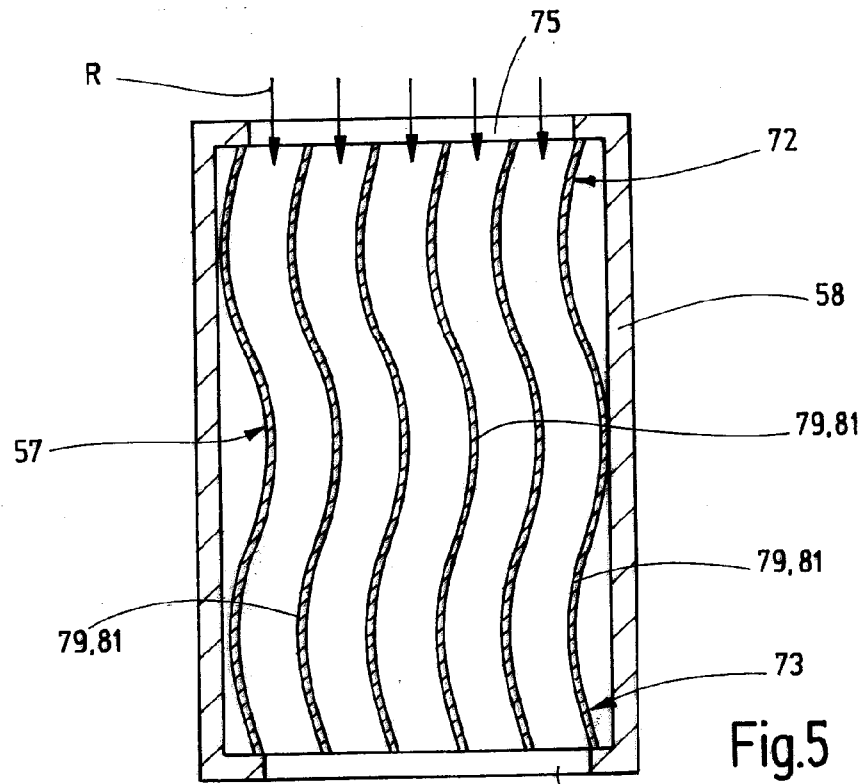


Fig.5

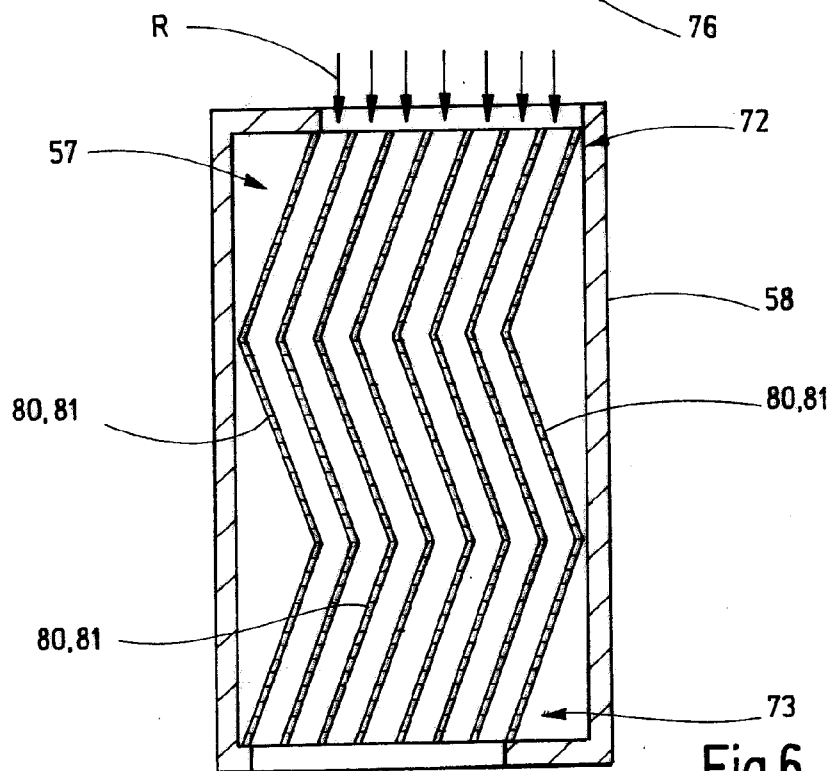
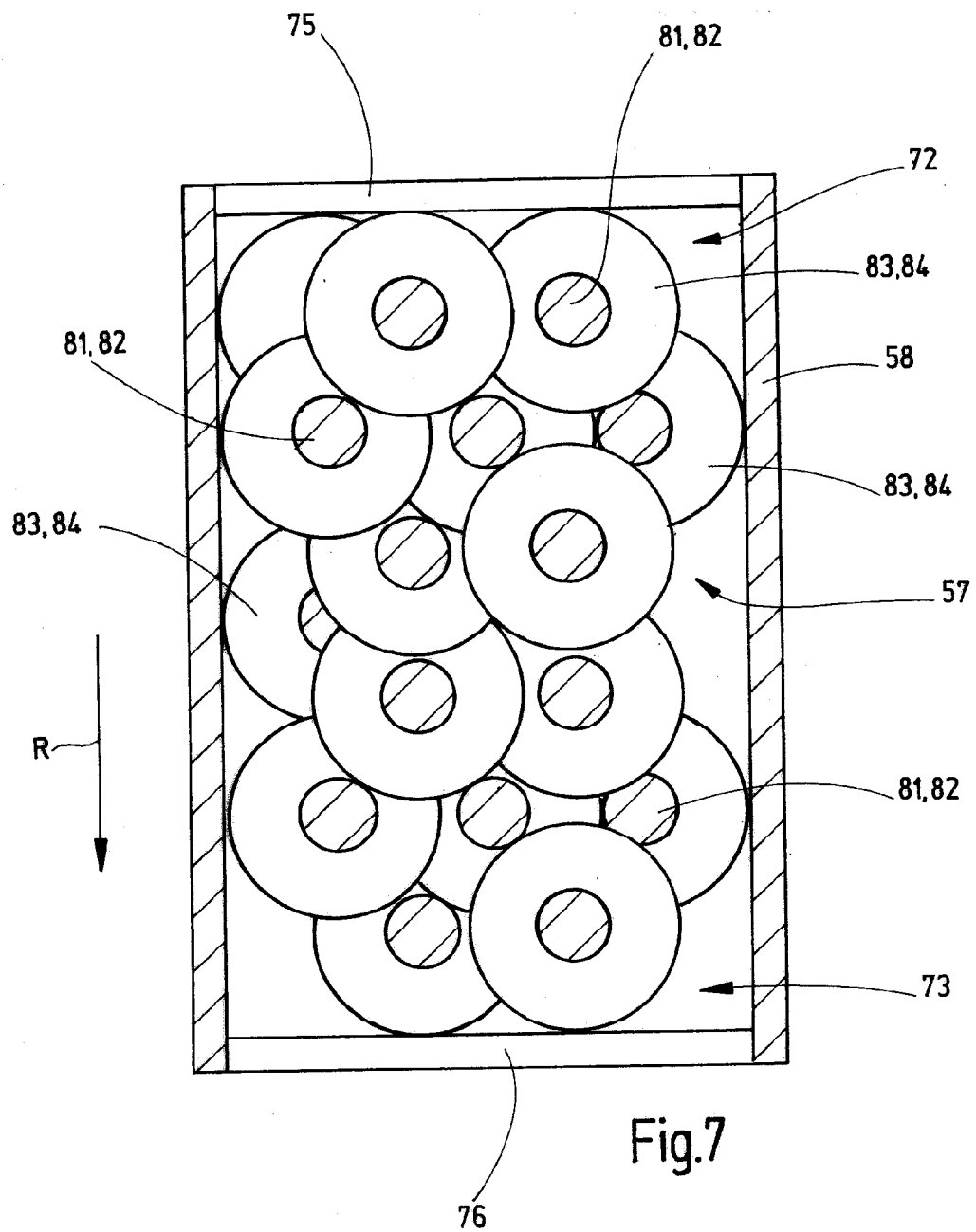
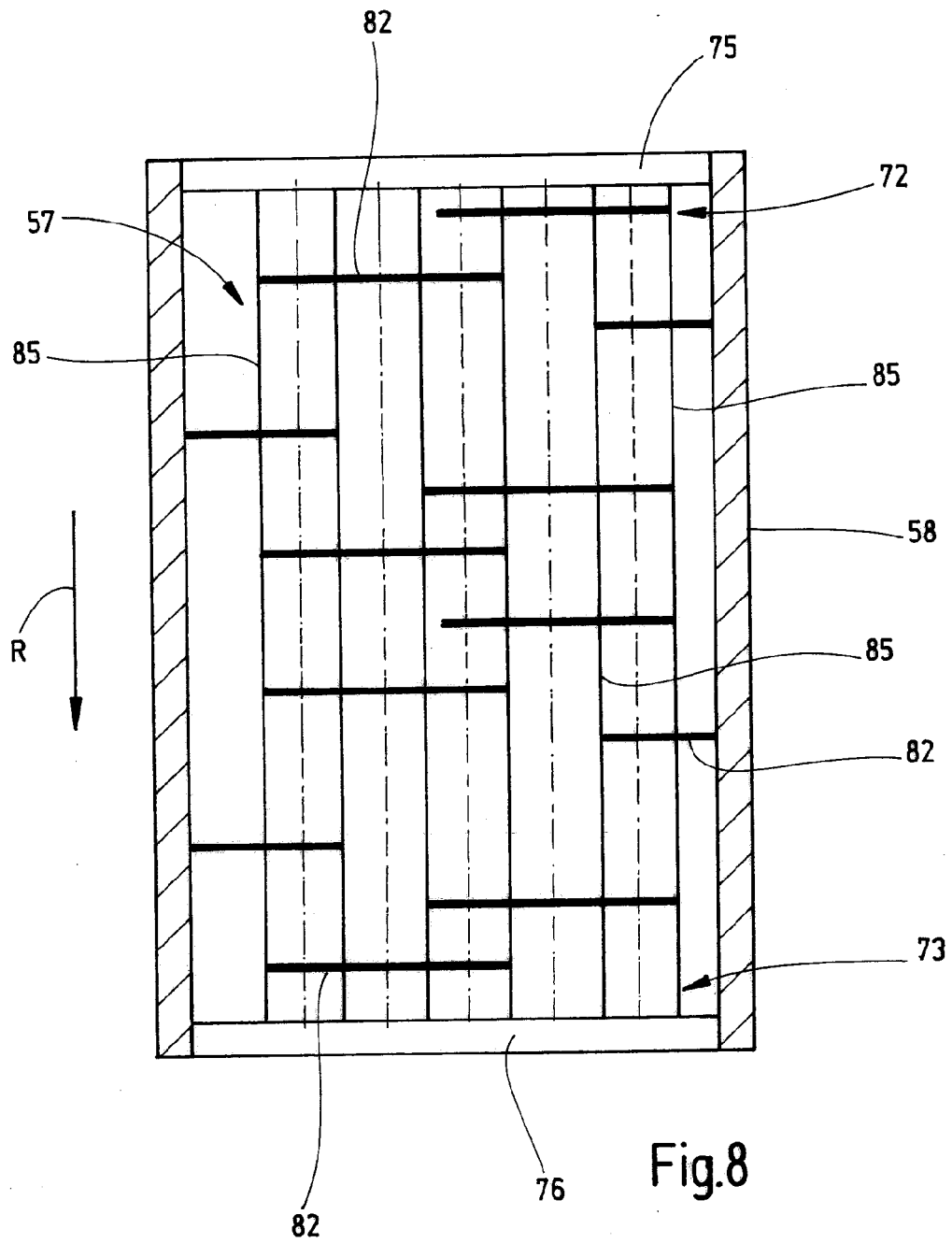
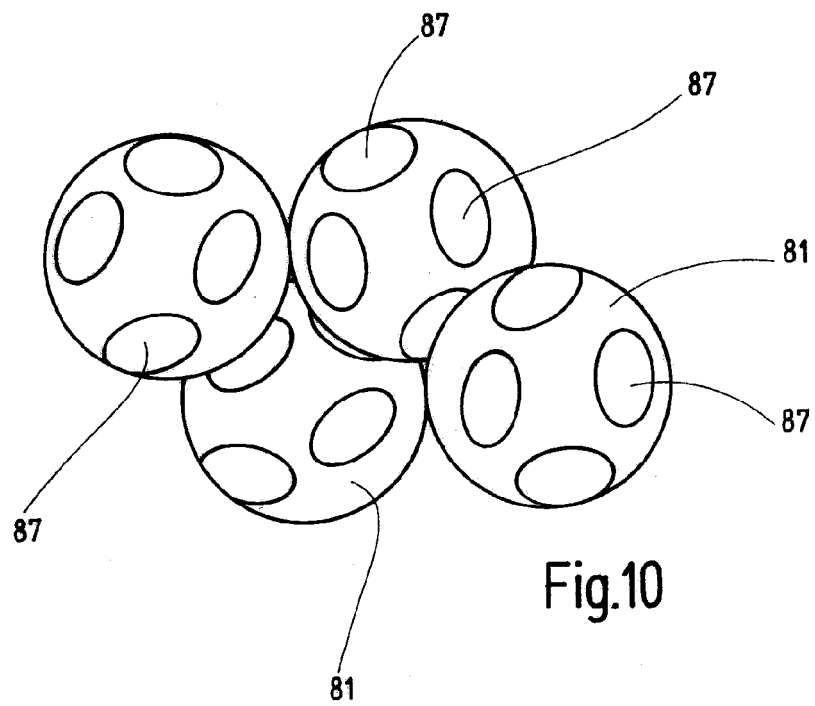
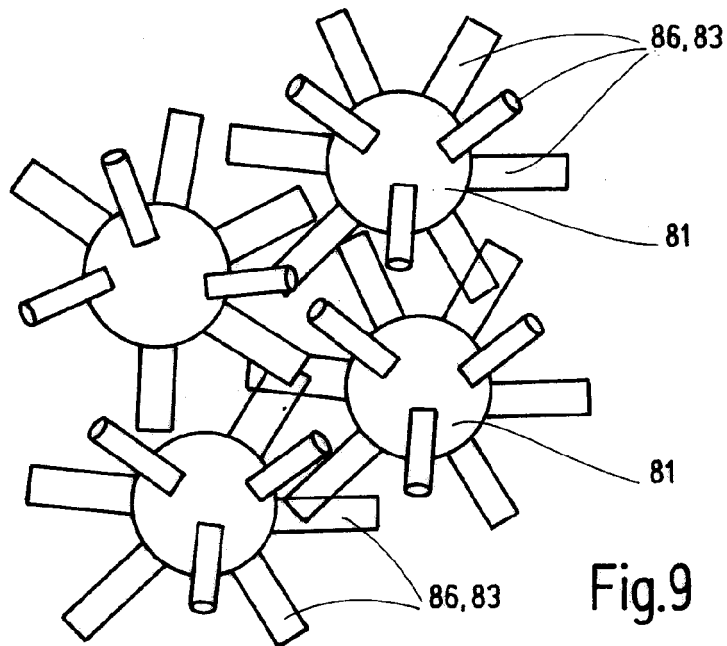


Fig.6







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

- DE 3027187 A1 [0002]