(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 544 509 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.01.2013 Patentblatt 2013/02

(51) Int Cl.:
H05B 6/70 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **12175027.7**

(22) Anmeldetag: **04.07.2012**

(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: **04.07.2011 DE 102011051542**

(71) Anmelder: **JENOPTIK Katasorb GmbH**
07745 Jena (DE)

(72) Erfinder: **Krippendorf, Ronald**
07743 Jena (DE)

(74) Vertreter: **Schaller, Renate et al**
Patentanwälte Oehmke & Kollegen
Neugasse 13
07743 Jena (DE)

(54) **Mikrowellenreaktor zur mikrowellenunterstützten Erwärmung eines Mediums**

(57) Die Erfindung betrifft einen Mikrowellenreaktor (1) zur mikrowellenunterstützten Erwärmung eines Mediums, bestehend aus einem, einen Innenraum (3) umschließenden, Gehäuse (2); mehreren Hohlleitern (7), die jeweils mit einer stirnseitigen Austrittsöffnung (9) über jeweils eine Öffnung (2.4) im Gehäuse (2) mit dem Innenraum (3) in Verbindung stehen; einem ersten Hohlzylinder (4) aus einem für Mikrowellen transparenten Material, der im Innenraum (3) so angeordnet ist, dass zwischen dem ersten Hohlzylinder (4) und dem Gehäuse (2) ein freier Zwischenraum (6) vorhanden ist und der erste Hohlzylinder (4) zur Durchführung eines Mediums stirnseitig mit einer Medienzuführungsöffnung (12) und mit einer Medienabführungsöffnung (13), die im Gehäuse (2) vorgesehen sind, in Verbindung steht, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (2) einen zweiten Hohlzylinder (5) darstellt, der koaxial um den ersten Hohlzylinder (4) angeordnet ist, und dass mindestens ein erster Hohlleiter (7.1), so am Gehäuse (2) angeordnet ist, dass die Einkoppelachsen (16.1, 16.2) der Hohlleiter (7.1, 7.2), entlang derer Mikrowellen aus den Hohlleitern (7.1, 7.2) ausgekoppelt und in den Innenraum (3) eingekoppelt werden, in einer zur Hohlzylinderachse (4.1) senkrechten Ebene (10) liegen und in den Zwischenraum (6) gerichtet sind.

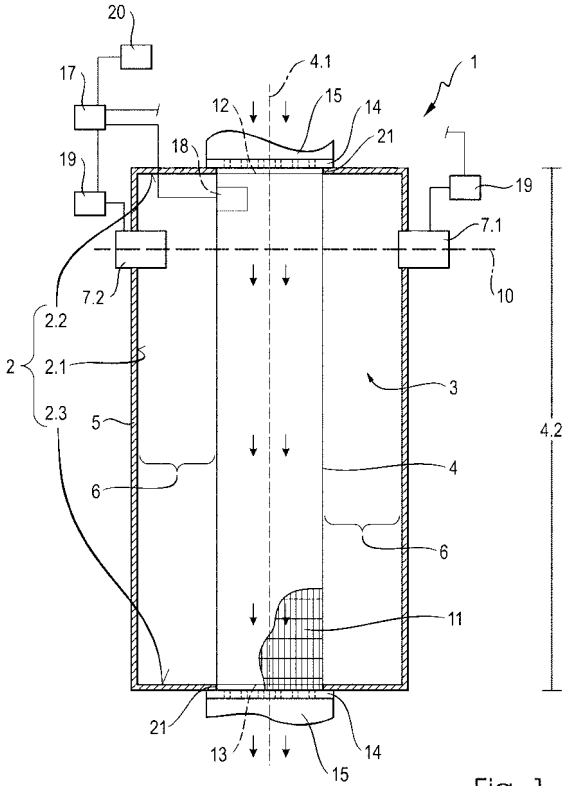


Fig. 1

EP 2 544 509 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Mikrowellenreaktor zur mikrowellenunterstützten Erwärmung eines Mediums.

[0002] Bei einer Reihe von gewerblichen oder industriellen Prozessen sowie beim Betrieb von technischen und chemischen Anlagen besteht das Erfordernis, feste, flüssige oder gasförmige Medien zu erwärmen, um diese einer Prozessierung zugänglich zu machen. Dabei ist es bekannt, die Medien vorzuwärmen.

[0003] Werden das oder die Medien durch Wärmeleitung und Wärmetransport vorgewärmt, benötigt dieses Vorgehen lange Zeiten (bis zu einer Stunde) um die Medien auf eine erforderliche Betriebstemperatur zu erwärmen. Insbesondere bei diskontinuierlich ablaufenden Prozessierungen ergibt sich daher die wenig energieeffiziente Notwendigkeit, das Medium oder die Medien dauerhaft auf Betriebstemperatur zu halten.

[0004] Eine Möglichkeit, ein Medium bei Bedarf innerhalb kurzer Zeit auf Betriebstemperatur zu bringen, ist die Verwendung von elektromagnetischer Strahlung, insbesondere von Mikrowellenstrahlung (fortan: Mikrowellen) mit Frequenzen zwischen 300 MHz und 300 GHz.

[0005] Ein die Gestaltung einer Heizkammer (fortan: Innenraum) betreffender Ansatz wird in der DE 43 13 806 A1 beschrieben. In dem Innenraum sind zusätzliche Reflexionswandungen aus für Mikrowellen reflektierendem Material vorhanden, die so geformt und zueinander ausgerichtet sind, dass in den Innenraum eingekoppelte Mikrowellen im Wesentlichen nur zwischen diesen Reflexionswandungen statisch reflektiert werden. Durch den Innenraum und in den Bereich der umlaufend reflektierten Mikrowellen werden kontinuierlich oder diskontinuierlich zu erwärmende Körper bewegt. Die Lösung gemäß der DE 43 13 806 A1 erlaubt eine recht homogene Verteilung von Mikrowellen zwischen den Reflexionswandungen. Allerdings ist auch hier eine verhältnismäßig große Abmessung des Innenraums nötig, um die Reflexionswandungen unterbringen zu können und um die Ausbildung einer homogenen Verteilung durch eine alleinige Reflexion an den Reflexionswandungen überhaupt erst zu ermöglichen.

[0006] Eine Kombination von statischen Reflexionen der Mikrowellen an den, einen Innenraum begrenzenden, Wänden eines Gehäuses und einer dynamischen Reflexion der Mikrowellen mittels mindestens einem Modenrührer, ist in der DE 103 29 411 B4 offenbart. Der Innenraum ist als ein hochmodiger Resonator ausgebildet, wobei der Resonatordurchmesser mindestens fünfmal, besser aber wenigstens zehnmal größer als die Wellenlänge der Mikrowellen ist. In den Innenraum, der einfach, aber nie rund gestaltet ist, werden Mikrowellen über mindestens ein Paar Hohlleiter eingekoppelt. Die Hohlleiterachsen eines Paares von Hohlleitern sind immer in einem spitzen Winkel zueinander verlaufend ausgerichtet und treffen auf einen gemeinsamen Modenrührer, der sich über nahezu die gesamte Innenraumlänge erstreckt und der um seine Längsachse tordiert ist. Die Mikrowellen werden unter wechselnden Winkellagen sowohl an dem rotierenden Modenrührer als auch an den Wänden reflektiert, wodurch eine weitgehend homogene Verteilung der Mikrowellen in dem Innenraum erreicht wird.

[0007] In den Innenraum kann ein gegen den Innenraum abgeschlossener Hohlraum, hier ist es ein Autoklav, eingebracht werden, in dem sich durch die Mikrowellen zu erwärmende und thermisch zu prozessierende Medien befinden. Die Prozessführung kann durch sowohl im Autoklaven als auch im Resonator vorhandene mess- und regeltechnische Signalleitungen gesteuert werden.

[0008] Durch die Anmelderin selbst ist ein Mikrowellenreaktor zur mikrowellenunterstützten katalytischen Stoffumsetzung eines flüssigen oder gasförmigen Mediums bekannt (DE 20 2010 005 946.1). Der Mikrowellenreaktor besteht aus einem, einen Innenraum umschließenden, Gehäuse aus für Mikrowellen reflektierendem Material; mehreren Hohlleitern mit je einer Hohlleiterachse, die jeweils mit einer stirnseitigen Austrittsöffnung über jeweils eine Öffnung im Gehäuse mit dem Innenraum in Verbindung stehen; einem mit einem Katalysator gefüllten ersten Hohlzylinder aus einem für Mikrowellen transparenten Material, der im Innenraum so angeordnet ist, dass zwischen dem ersten Hohlzylinder, entlang seiner Hohlzylinderachse, und dem Gehäuse ein freier Zwischenraum vorhanden ist, in dem zwei Modenrührer angeordnet sind, und der erste Hohlzylinder zur Durchführung eines Mediums stirnseitig mit einer Medienzuführungsöffnung und mit einer Medienabführungsöffnung, die im Gehäuse vorgesehen sind, in Verbindung steht. Der Katalysator dieses Mikrowellenreaktors ist sehr schnell und über seinen Umfang mittels der Mikrowellen erwärmbar. Allerdings sind die Mengen an Medium, die je Zeiteinheit erwärmt und von Schadstoffen befreit werden können auf etwa 100 m^3/h beschränkt.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neue Möglichkeit aufzuzeigen, mittels der eine energieeffiziente Erwärmung von Medien erreicht werden kann.

[0010] Die Aufgabe wird in einem Mikrowellenreaktor zur mikrowellenunterstützten Erwärmung eines Mediums, bestehend aus einem, einen Innenraum umschließenden, Gehäuse aus für Mikrowellen reflektierendem Material; mehreren Hohlleitern mit je einer Hohlleiterachse, die jeweils mit einer stirnseitigen Austrittsöffnung über jeweils eine Öffnung im Gehäuse mit dem Innenraum in Verbindung stehen; einem ersten Hohlzylinder aus einem für Mikrowellen transparenten Material, der im Innenraum so angeordnet ist, dass zwischen dem ersten Hohlzylinder, entlang seiner Hohlzylinderachse, und dem Gehäuse ein freier Zwischenraum vorhanden ist und der erste Hohlzylinder zur Durchführung eines Mediums stirnseitig mit einer Medienzuführungsöffnung und mit einer Medienabführungsöffnung, die im Gehäuse vorgesehen sind, in Verbindung steht, gelöst. Der Mikrowellenreaktor ist dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse einen zweiten Hohlzylinder darstellt, der koaxial

um den ersten Hohlzylinder angeordnet ist. Außerdem ist mindestens ein erster und ein zweiter Hohlleiter am Gehäuse angeordnet. Jeder der Hohlleiter weist eine Hohlleiterachse und eine Einkoppelachse auf. Die Mikrowellen werden entlang der Einkoppelachsen aus dem jeweiligen Hohlleiter aus- und in den Innenraum eingekoppelt. Die Hohlleiter sind so am Gehäuse angeordnet, dass die Einkoppelachsen in einer zur Hohlzylinderachse senkrechten Ebene liegen und in den Zwischenraum gerichtet sind.

[0011] Die Einkoppelachsen können in einer vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors so verlaufen, dass diese nicht auf den ersten Hohlzylinder gerichtet sind. Dadurch ist erreicht, dass lediglich ein geringer und unvermeidlicher Anteil der eingekoppelten Mikrowellen direkt auf den ersten Hohlzylinder auftrifft und ein größerer Anteil durch Reflexionen an einer Innenwand des Gehäuses auf andere Bereiche des ersten Hohlzylinders auftrifft, wobei durch unterschiedlich lange Laufwege und Auftreffwinkel der Mikrowellen an der Innenwand und auf dem ersten Hohlzylinder eine räumlich gleichmäßige Verteilung der Mikrowellen und der Absorption der durch die Mikrowellen übertragenen Energie in der Ebene erfolgt.

[0012] Eine gleichmäßigere Verteilung der Mikrowellen ist in einer weiteren Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors dadurch erreicht, dass die Einkoppelachsen zwar auf den ersten Hohlzylinder gerichtet sind, dies aber nicht senkrecht erfolgt.

[0013] Dabei gilt im Sinne der Beschreibung eine Einkoppelachse als senkrecht, wenn auf den ersten Hohlzylinder gerichtet, die Einkoppelachse die Hohlzylinderachse schneidet. Als senkrecht wird auch angesehen, wenn durch die Einkoppelachse und einer die Hohlzylinderachse schneidende und in der Ebene verlaufende Gerade ein Winkel von weniger als 5° eingeschlossen ist. Durch eine solche Anordnung ist erreicht, dass ein Teil der eingekoppelten Mikrowellen an dem Hohlzylinder vorbei läuft oder, insbesondere bei flachen Auftreffwinkeln der Mikrowellen auf der Oberfläche des Hohlzylinders, reflektiert wird. Eine Erwärmung des Mediums lediglich über Bereiche des Umfangs des Hohlzylinders in der Ebene ist somit vermieden.

[0014] Sowohl bei Ausführungen des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors, bei denen die Einkoppelachsen nicht auf den ersten Hohlzylinder gerichtet sind als auch bei den Ausführungen, bei denen keine senkrecht auf den ersten Hohlzylinder gerichtete Einkoppelachsen vorhanden sind, ist es angestrebt, dass ein Anteil der eingekoppelten Mikrowellen um den ersten Hohlzylinder umlaufend geleitet werden und von unterschiedlichen Positionen und unter unterschiedlichen Auftreffbedingungen (Auftreffwinkel, Energiegehalt) den ersten Hohlzylinder erreichen. Durch eine solche erfindungswesentliche Gestaltung ist eine gleichmäßigere und effiziente Erwärmung des Mediums ermöglicht.

[0015] Die Hohlleiter sind vorzugsweise mit gleichen Winkelabständen zueinander in der Ebene angeordnet (z. B. liegen zwei Hohlleiter um 180°, vier Hohlleiter um je 90° zueinander versetzt in der Ebene).

[0016] Unter einem zu erwärmenden Medium werden nachfolgend feste, flüssige oder gasförmige Stoffe und Stoffgemische verstanden, die mittels der Mikrowellen erwärmt werden sollen. Es können auch Kombinationen von festen, flüssigen und gasförmigen Medien erwärmt werden. Sind feste Medien zu erwärmen, so sind diese vorzugsweise transportfähig, z. B. liegen diese als feinkörniges Pulver vor. Es ist beispielsweise möglich, dass ein pulverförmiges Medium mittels eines Transportmediums transportiert ist. Ein Transportmedium kann beispielsweise ein inertes Gas (z. B. ein Edelgas), ein Gasgemisch oder eine Flüssigkeit sein (Suspension).

[0017] Das durch den ersten Hohlzylinder durchgeführte Medium kann selbst für die Mikrowellen absorbierend sein, absorbierende Stoffe, z. B. absorbierende Partikel, enthalten oder durch Wärmeleitung sowie Wärmetransport seitens weiterer absorbierender Medien oder durch mit dem ersten Hohlzylinder in Verbindung stehenden (z. B. in oder an diesem angeordnet) Medien oder Körper erwärmbar sein.

[0018] Beispielsweise kann ein für Mikrowellen absorbierender fester Stoff, oder ein Körper aus diesem Stoff, z. B. ein Katalysator, in dem Hohlzylinder vorhanden sein, der von einem Medium durchströmt ist.

[0019] In weiteren Ausführungen des Mikrowellenreaktors können die Medien in voneinander getrennten Kompartimenten des Hohlzylinders geführt sein.

[0020] In einfachen Ausführungen des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors fällt die Einkoppelachse eines Hohlleiters mit der Hohlleiterachse dann zusammen, wenn die Mikrowellen an einem stirnseitigen Ende des Hohlleiters ausgekoppelt werden. Ist dagegen das stirnseitige Ende des Hohlleiters verschlossen und werden die Mikrowellen beispielsweise durch einen oder mehrere seitlich in dem Hohlleiter vorhandene Schlitze ausgekoppelt, weichen Einkoppelachse und Hohlleiterachse voneinander ab.

[0021] Die Wände des Gehäuses sowie die Hohlleiter bestehen aus einem die Mikrowellen reflektierendem Material, wie beispielsweise Stahlblech.

[0022] Vorzugsweise ist der erfindungsgemäße Mikrowellenreaktor so gestaltet, dass die Einkoppelachsen aller in der Ebene angeordneten Hohlleiter mit einem gleichen Richtungssinn um die Hohlzylinderachse weisend angeordnet sind. Mit einer solchen Anordnung wird ein Umlauf eines Teils der eingekoppelten Mikrowellen um den ersten Hohlzylinder bewirkt. Außerdem ist dadurch die Wahrscheinlichkeit stark reduziert, dass Mikrowellen durch die Austrittsöffnungen der Hohlleiter hindurch in die Hohlleiter zurück reflektiert werden.

[0023] Die Einkoppelachsen können gleiche oder voneinander verschiedene Einkoppelwinkel aufweisen. Dabei ist der jeweilige Einkoppelwinkel durch den Winkel zwischen Einkoppelachse und einer Geraden bestimmt, die in der Ebene durch den Durchgangspunkt der Einkoppelachse durch die Innenwand des Gehäuses und

einen Schnittpunkt mit der Hohlzylinderachse verläuft. In weiteren Ausführungen des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors können die Einkoppelwinkel vor oder während des Betriebs des Mikrowellenreaktors einstellbar sein. Eine Einstellung der Einkoppelwinkel kann aufgrund von Messdaten oder anderen bekannten oder erfassten Betriebsparametern einmalig oder fortlaufend erfolgen.

[0024] In einer für viele Anwendungen vorteilhaften Ausführung des Mikrowellenreaktors ist der erste Hohlzylinder mit einem durch Mikrowellen erwärmbaren Katalysator gefüllt. Der Katalysator ist dann ein beispielsweise festes Medium.

[0025] Als Katalysator kann jedes Material eingesetzt werden, welches durch die Mikrowellen erwärmt werden kann und Katalysatoreigenschaften aufweist. In weiteren Ausführungen kann das durch Mikrowellen erwärmte Material auch mit weiteren katalytisch aktiven Materialien verbunden sein, die sich nicht durch Mikrowellen erwärmen lassen (Katalysator auf einem Trägermaterial).

[0026] Der Katalysator kann den ersten Hohlzylinder vorzugsweise in Form einer Schüttung ausfüllen, es sind aber auch poröse oder mit Strömungskanälen versehene und an den ersten Hohlzylinder angepasste Formkörper verwendbar.

[0027] Um eine gleichmäßige und schnelle Erwärmung des Mediums zu erreichen, können mehrere Ebenen mit Hohlleitern vorhanden sein. Die Austrittsöffnungen der Hohlleiter der Ebenen können entlang einer vertikal verlaufenden Hohlzylinderachse übereinander, bei einer horizontal verlaufenden Hohlzylinderachse entsprechend nebeneinander, angeordnet sein. In einer Fortbildung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors können die Austrittsöffnungen benachbart angeordneter Ebenen zueinander um die Hohlzylinderachse versetzt sein.

[0028] Es ist in weiteren Ausführungen des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors möglich, dass ein Hohlleiter eine Anzahl von Austrittsöffnungen aufweist. Diese sind vorzugsweise als Schlitze ausgebildet, wodurch eine schädliche Rückreflexion von Mikrowellen in den Hohlleiter stark reduziert wird.

[0029] Dabei ist es möglich, dass die Austrittsöffnungen benachbart angeordneter Ebenen zueinander so versetzt sind, dass die Austrittsöffnungen der Ebenen spiralig entlang der Hohlzylinderachse zu liegen kommen oder aber zwischen mindestens zwei möglichen Anordnungen alternierend angeordnet sind. Diese Möglichkeiten können auch kombiniert sein.

[0030] Ein gegenseitiger Versatz der Austrittsöffnungen in den Ebenen als auch ein Versatz der Austrittsöffnungen zwischen den Ebenen sind vorzugsweise so gewählt, dass die lokale Ausbildung von konstruktiven Interferenzen (sog. "hot-spots") aber auch von destruktiven Interferenzen der Mikrowellen weitgehend vermieden werden.

[0031] In einer vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors sind die Ebenen mit Hohlleitern von der Medienzuführungsöffnung in Richtung der Medienabführungsöffnung mit zunehmenden Abständen zwischen aufeinander folgenden Ebenen angeordnet. Durch eine derartige Anordnung der Ebenen ist es möglich, ein Medium nahe der Medienzuführungsöffnung stärker zu erwärmen als nahe der Medienabführungsöffnung.

[0032] Ist ein Katalysator verwendet, wird vorteilhaft das an der Medienzuführungsöffnung eintretende Medium mittels einer solchen Ausgestaltung durch Wärmeleitung von dem Katalysator erwärmt. Durch das erwärmte Medium wird durch Wärmetransport ein Teil der aufgenommenen Wärme durch den ersten Hohlzylinder transportiert und durch Wärmeleitung wieder auf den Katalysator übertragen. Eine solche Ausführung erlaubt eine gleichmäßige Erwärmung des Katalysators entlang der Hohlzylinderachse.

[0033] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Mikrowellenreaktors ist, wenn die Leistung der eingekoppelten Mikrowellen je Ebene regelbar ist. Auf diese Weise ist das Erwärmungsverhalten des Katalysators und des Mediums sehr präzise einstellbar. Dazu sind vorteilhaft die Mikrowellenquellen jeder Ebene regelbar. Ferner können Transformationseinrichtungen, z. B. Dreistifttuner an den Hohlleitern, zur Beeinflussung der Eigenschaften der Mikrowellen angeordnet sein.

[0034] Der erste Hohlzylinder kann verschieden gestaltet sein. Er kann sich von der Medienzuführungsöffnung zur Medienabführungsöffnung erstreckend ausgeführt sein, wobei der erste Hohlzylinder innen ganz oder teilweise von dem Katalysator ausgefüllt ist.

[0035] In einer zweiten Ausführung ist der erste Hohlzylinder koaxial zur Hohlzylinderachse von einem Rohr durchzogen, so dass der Katalysator in einem Kreisring um das Rohr vorhanden ist.

[0036] Im Bereich der Medienzuführungsöffnung und Medienabführungsöffnung können Mittel, in einer einfachen Ausführung z. B. eine Lochplatte aus Stahlblech, vorhanden sein, durch die ein Austreten von Mikrowellen aus dem Mikrowellenreaktor verhindert wird.

[0037] In einer weiteren Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors steht der erste Hohlzylinder über eine seiner Stirnseiten mit der Medienzuführungsöffnung und mit der Medienabführungsöffnung in Verbindung und ist an seiner anderen Stirnseite für das Medium dicht verschlossen. Die Medienzuführungsöffnung und die Medienabführungsöffnung sind durch ein koaxial zu der Hohlzylinderachse ausgerichtetes Rohr, welches kürzer als eine Hohlzylinderlänge des ersten Hohlzylinders ist, voneinander getrennt, so dass die Medienabführungsöffnung und die Medienzuführungsöffnung in einer sich senkrecht zur Hohlzylinderachse erstreckenden Zuführungsebene koaxial zur Hohlzylinderachse liegend, angeordnet sind.

[0038] Es ist ferner möglich, dass der erfindungsgemäße Mikrowellenreaktor mehrere erste Hohlzylinder aufweist, welche axial zur Hohlzylinderachse angeordnet sind.

[0039] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors weist die Innenwand des Gehäuses in jeder Ebene mindestens zwei Ausbuchtungen auf, in denen jeweils mindestens eine Austrittsöffnung eines Hohlleiters vorhanden ist. Durch eine solche Gestaltung wird eine vereinfachte Herstellung der Anbindung der Hohlleiter an das Gehäuse ermöglicht. Zugleich ist die Gefahr einer Rückreflexion von Mikrowellen in die Hohlleiter gering.

[0040] Ferner ist es möglich, dass die Hohlleiter tangential an das Gehäuse und an Öffnungen in dem Gehäuse ansetzen, dass über seitlich in den Hohlleitern angeordnete Austrittsöffnungen, Mikrowellen in den Innenraum einkoppelbar sind.

[0041] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gegeben, dass die Hohlleiterachsen der mindestens zwei Hohlleiter parallel zur Hohlzylinderachse verlaufen und jeder Hohlleiter in jeder Ebene oder in einigen Ebenen jeweils mindestens eine Austrittsöffnung aufweist, durch welche Mikrowellen in den Innenraum einkoppelbar sind.

[0042] In einem Hohlleiter entsteht nach Einkopplung von Mikrowellen in den Hohlleiter bei entsprechender Dimensionierung desselben eine stehende Welle der Mikrowellen. Um eine effektive Auskopplung der Mikrowellen aus dem Hohlleiter und eine Einkopplung durch die Austrittsöffnungen in den Innenraum zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn die Austrittsöffnungen jeweils bei einem Vielfachen von Lambda/2 der Wellenlänge der verwendeten Mikrowellen vorhanden sind.

[0043] Eine Übereinstimmung der Austrittsöffnungen mit einem Vielfachen von Lambda/2 der verwendeten Mikrowellen kann konstruktiv durch die Gestaltung des jeweiligen Hohlleiters erreicht werden.

[0044] Es ist jedoch von Vorteil, wenn zusätzlich Mittel vorhanden sind, mit denen eine in dem jeweiligen Hohlleiter erzeugte stehende Welle der Mikrowellen so veränderbar ist, dass eine Auskopplung von Mikrowellen durch die Austrittsöffnungen ermöglicht wird. Solche Mittel können beispielsweise durch eine Stellvorrichtung realisiert sein, mittels der die Länge des Hohlleiters einstellbar ist.

[0045] Die Auswahl der Materialien für die einzelnen Komponenten des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors erfolgt im Hinblick auf die vorgesehene Anwendung und in Abhängigkeit von den Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen der verwendeten Mikrowellen sowie der Größe der in den Mikroreaktor einzukoppelnden Energien. Das Material der Komponenten wird weiterhin so gewählt, dass unerwünschte chemische Reaktionen ausgeschlossen oder zumindest so weit als möglich reduziert werden. Die Dimensionierung der Vorrichtung wird im Wesentlichen durch die Erfordernisse der Mediendurchführung und der mikrowellenunterstützten katalytischen Stoffumsetzung, nämlich sowohl einer genügend hohen Durchsatzrate des Mediums als auch einer ausreichend langen Verweildauer zur möglichst vollständigen Stoffumsetzung des Mediums, bestimmt.

[0046] Es ist ebenfalls im Rahmen der Erfindung liegend, dass Komponenten des Mikrowellenreaktors mit Dichtungen sowie mit Befestigungselementen in Verbindung stehen können.

[0047] Um unerwünschte Wirkungen der Mikrowellen, wie beispielsweise Antennenwirkungen von in den Innenraum hinein ragender Komponenten des Mikrowellenreaktors weitestgehend zu vermeiden, ist es von Vorteil, wenn deren Kanten abgerundet werden und weitere Komponenten, wie z. B. Befestigungselemente, bündig mit den umgebenden Oberflächen abschließend oder versenkt angeordnet sind.

[0048] Neben den beschriebenen Komponenten des Mikrowellenreaktors kann eine Steuerung vorhanden sein, die beispielsweise mit den Mikrowellenquellen, einer das Medium bewegende Pumpe und Transformationseinrichtungen in Verbindung steht und diese ansteuern kann. Weiterhin können in und an dem Mikrowellenreaktor mit der Steuerung verbundene Sensoren vorhanden sein, durch die beispielsweise Temperaturen und Strahlungsenergien erfasst werden. Außerdem kann die Steuerung mit Einrichtungen zur Analyse verbunden sein, durch welche die stoffliche Zusammensetzung des zuzuführenden Mediums und/oder die erreichte Stoffumsetzung qualitativ und/oder quantitativ erfasst werden. Diese Informationen können als Ist-Daten für die Steuerung z. B. in einem Soll-Ist-Vergleich dienen.

[0049] Während eines Betriebes eines erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors werden über die Hohlleiter und deren Austrittsöffnungen Mikrowellen in den Innenraum eingekoppelt. Die Mikrowellen breiten sich als Wellenfront entlang der Hohlleiterachse aus, wobei sich die Wellenfront aufgrund von Beugungseffekten ab der jeweiligen Austrittsöffnung auch räumlich um die Hohlleiterachse ausbildet, wodurch der Zwischenraum im Bereich der Ebene, in der die Mikrowellen eingekoppelt sind, mit Mikrowellen und deren Energie erfüllt wird.

[0050] Treffen Mikrowellen auf eine Wand des Gehäuses, werden die Mikrowellen reflektiert. Treffen die Mikrowellen dagegen auf den ersten Hohlzylinder, durchdringt ein Anteil der auftreffenden Mikrowellen den ersten Hohlzylinder und wird weitgehend von dem Medium absorbiert. Ist ein Katalysator vorhanden, kann dieser von den Mikrowellen durch deren mindestens teilweise Absorption erwärmt werden. Der jeweils nicht reflektierte Anteil der Mikrowellen läuft, im Wesentlichen, in der Ebene um die Hohlzylinderachse um, bis die Mikrowellen durch das Medium absorbiert oder in sonstiger Weise ihre Energie abgegeben haben.

[0051] Eine Verwendung kann die Erfindung in Anlagen und Verfahren finden, bei denen Medien direkt oder indirekt zu erwärmen sind. Vorteilhaft kann die Erfindung dazu verwendet werden, Stoffgemische thermisch aufzutrennen oder zu fraktionieren. Es ist beispielsweise möglich, Gemische von Kohlenwasserstoffen zu fraktionieren. Solche Gemische können beispielsweise Erdöl, Rohöl oder Ölschlämme sein. Eine thermische Auftrennung kann rein physikalisch, z. B. unter Ausnutzung ver-

schiedener Flüchtigkeiten (unterschiedliche Dampfdrükke) der beteiligten Stoffe, erfolgen.

[0052] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und Abbildungen näher erläutert.

[0053] Die Abbildungen zeigen in

Fig. 1: eine erste Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors im Teilschnitt;

Fig. 2: eine Darstellung eines Querschnittes einer ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors mit nicht auf einen ersten Hohlzylinder gerichteten Einkoppelachsen;

Fig. 3: eine Darstellung eines Querschnittes einer zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors mit nicht senkrecht auf einen ersten Hohlzylinder gerichteten Einkoppelachsen;

Fig. 4: eine dritte Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors mit Hohlleitern in drei Ebenen im Teilschnitt;

Fig. 5: eine vierte Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors mit mehreren ersten Hohlzylindern im Teilschnitt;

Fig. 6: eine fünfte Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors mit einem durchgehenden Rohr in dem ersten Hohlzylinder im Längsschnitt;

Fig. 7: eine sechste Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors mit einem verkürzten Rohr in dem ersten Hohlzylinder im Längsschnitt;

Fig. 8: eine siebente Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors mit parallel der Hohlzylinderachse verlaufenden Hohlleitern;

Fig. 9: einen Querschnitt durch eine achte Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors auf Höhe einer Ebene mit Ausbuchtungen des Gehäuses mit nicht auf den ersten Hohlzylinder gerichteten Einkoppelachsen,

Fig. 10: einen Querschnitt durch eine neunte Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors auf Höhe einer Ebene mit Ausbuchtungen des Gehäuses mit auf den ersten Hohlzylinder gerichteten Einkoppelachsen, und

Fig. 11: eine Darstellung eines Querschnittes einer zehnten Ausführung des erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors.

[0054] In Fig.1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mikrowellenreaktors 1 mit seinen wesentlichen Komponenten gezeigt. Der Mikrowellenreaktor 1 weist ein Gehäuse 2 (im Längsschnitt gezeigt) aus Stahlblech mit einer hohlen, zylindrischen Innenform und einer Innenwand 2.1 auf, durch die ein zylindrischer und an den Stirnseiten des Gehäuses 2 durch Wände 2.2 und 2.3 abgeschlossener Innenraum 3 gebildet und umfasst ist, einen ersten Hohlzylinder 4 mit einer Hohlzylinderlänge 4.2 entlang einer Hohlzylinderachse 4.1 sowie einen ersten Hohlleiter 7.1 und einen zweiten Hohlleiter 7.2, die in einer sich orthogonal zur Hohlzylinderachse 4.1 erstreckenden Ebene 10 angeordnet sind. Der erste Hohlleiter 7.1 ist vom Betrachter weg in den Innenraum 3 gerichtet, der zweite Hohlleiter 7.2 ist auf den Betrachter gerichtet. Die Ebene 10 befindet sich nahe (im ersten Ausführungsbeispiel etwa bei einem Sechstel der Hohlzylinderlänge 4.2) einer Medienzuführungsöffnung 12, welche mit einer Lochplatte 14 aus legiertem Stahlblech überdeckt ist.

[0055] Die Hohlzylinderachse 4.1 fällt mit einer in Längsrichtung des Innenraums 3 verlaufenden Symmetrieachse (nicht gezeigt) des Gehäuses 2 zusammen. Der erste Hohlzylinder 4 besitzt einen Außendurchmesser, der geringer als ein Innendurchmesser der Innenwand 2.1 des Gehäuses 2 ist, so dass durch die koaxial zur Hohlzylinderachse 4.1 verlaufende Innenwand 2.1 des Gehäuses 2 ein zweiter Hohlzylinder 5 koaxial um den ersten Hohlzylinder 4 gebildet ist und zwischen dem ersten Hohlzylinder 4 und dem zweiten Hohlzylinder 5 über die Hohlzylinderlänge 4.2 des ersten Hohlzylinders 4 ein Zwischenraum 6 vorhanden ist.

[0056] Der erste Hohlzylinder 4 besteht aus Quarzglas, ist für Mikrowellen transmissiv und erstreckt sich in der Mitte des Gehäuses 2 durch den Innenraum 3 entlang der Hohlzylinderachse 4.1 und mit der Hohlzylinderlänge 4.2 von einer Medienzuführungsöffnung 12 in der Wand 2.2 zu einer Medienabführungsöffnung 13 in der Wand 2.3. Der erste Hohlzylinder 4 kann in weiteren Ausführungen der Erfindung aus anderen für Mikrowellen transmissiven Gläsern, Kunststoffen oder Materialverbünden bestehen.

[0057] Im Inneren des ersten Hohlzylinders 4 befindet sich eine Schüttung eines Katalysators 11 aus einem Mikrowellen absorbierenden Material. Der Katalysator 11 kann ein Metalloxid, ein Metallmischoxid, z. B. auf Basis von Perowskit- oder Spinellstruktur, oder ein anderes katalytisch aktives und Mikrowellen absorbierendes Material sein.

[0058] Der erste Hohlzylinder 4 ist mit dem Katalysator 11 so gefüllt, das ein Durchtreten eines flüssigen oder gasförmigen Mediums durch den ersten Hohlzylinder 4 von der Medienzuführungsöffnung 12 zu der Medienabführungsöffnung 13 möglich ist.

[0059] Stirnseitig wird der erste Hohlzylinder 4 von je einer Lochplatte 14 aus legiertem Stahlblech abge-

schlossen, die so gestaltet ist, dass Mikrowellen an einem Austritt aus dem Innenraum 3 gehindert werden, ein zuzuführendes Medium aber leicht durch die Lochplatten 14 durchtreten kann. An den Lochplatten 14 sind jeweils Rohrleitungen 15 zur Zufuhr bzw. Abfuhr des Mediums angesetzt. Das Medium ist im Ausführungsbeispiel mit Kohlenmonoxid und flüchtigen Kohlenwasserstoffen angereicherte Luft. Es können jedoch auch andere gasförmige (z. B. inerte Trägergase, Abgase) oder flüssige Medien (z. B. Wasser oder wässrige Lösungen) mit anderen gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffen sowie Mischungen dieser (Aerosole, Stäube) erwärmt und umgesetzt werden.

[0060] Der Durchmesser d des ersten Hohlzylinders 4 ist nicht größer als die doppelte, empirisch festgestellte Eindringtiefe der Mikrowellen in den Katalysator 11 gewählt. Die minimalen Abmessungen des Innenraums 3 sind durch den Durchmesser d des ersten Hohlzylinders 4 und einen minimal erforderlichen Abstand der gesamten Umfangsfläche des ersten Hohlzylinders 4 von der Innenwand 2.1 bestimmt. Durch den minimalen Abstand von der Innenwand 2.1 ist eine weitgehend homogene räumliche Verteilung der Mikrowellen unterstützt.

[0061] Der erste Hohlleiter 7.1 und der zweite Hohlleiter 7.2 weisen in einem außerhalb des Gehäuses 2 befindlichen Bereich jeweils einen Dreistifttuner 22 (siehe Fig. 2) als Transformationseinrichtung auf und sind mit jeweils einer Mikrowellenquelle 19 verbunden. Durch entsprechende Betätigung des Dreistifttuners 22 können die elektromagnetischen Eigenschaften der Mikrowellen eingestellt und an die Betriebsbedingungen des Mikrowellenreaktors 1 angepasst werden.

[0062] Ferner ist eine Steuerung 17 vorhanden, durch welche die Mikrowellenquellen 19 und mindestens eine Pumpe 20 zur Förderung des Mediums steuerbar sind. Ein Sensor 18 zur Erfassung des Schadstoffgehaltes (Menge und/oder Konzentration des Kohlenmonoxids und der flüchtigen Kohlenwasserstoffen) des Mediums ist in dem ersten Hohlzylinder 4 angeordnet und signalleitend mit der Steuerung 17 verbunden.

[0063] Alle mikrowellen- oder mediumleitende Komponenten des Mikrowellenreaktors 1 sind an ihren Kontaktstellen zu jeweils anderen Komponenten mit geeigneten Dichtungen 21 (deren Lage nur beispielhaft angedeutet ist) versehen.

[0064] In den Fig. 2 und 3 ist jeweils ein Querschnitt in der Ebene 10 eines Mikrowellenreaktors 1 gemäß Fig. 1 gezeigt.

[0065] Das Gehäuse 2 weist in der Ebene 10 zwei Öffnungen 2.4 auf. An der einen Öffnung 2.4 ist eine Austrittsöffnung 9 des ersten Hohlleiters 7.1 angesetzt, an der anderen Öffnung 2.4 die Austrittsöffnung 9 des zweiten Hohlleiters 7.2 (Hohlleiter 7).

[0066] Der erste Hohlleiter 7.1 und der zweite Hohlleiter 7.2 sind um 180° zueinander versetzt so am Gehäuse 2 angeordnet, dass sich eine erste Hohlleiterachse 8.1 des ersten Hohlleiters 7.1 und eine zweite Hohlleiterachse 8.2 des zweiten Hohlleiters 7.2 (Hohlleiterachsen 8) in der zur Hohlzylinderachse 4.1 senkrechten Ebene 10 liegen und mit einem gleichen Richtungssinn und unter gleichem Einkoppelwinkel α in der Ebene 10 um die Hohlzylinderachse 4.1 in den Zwischenraum 6 gerichtet sind. Die erste Hohlleiterachse 8.1 fällt mit einer ersten Einkoppelachse 16.1, die zweite Hohlleiterachse 8.2 fällt mit einer zweiten Einkoppelachse 16.2 zusammen.

[0067] Der Einkoppelwinkel α ist zwischen der betreffenden Hohlleiterachse 8.1 bzw. 8.2 sowie einer Geraden gemessen, die in der Ebene 10 liegt und durch einen Schnittpunkt mit der Hohlzylinderachse 4.1 sowie denjenigen Punkt verläuft, an dem die Hohlleiterachse 8.1 bzw. 8.2 auf gleicher Höhe mit einem gedachten Durchstoßoder Durchgangspunkt der Hohlleiterachse 8.1 bzw. 8.2 durch die Innenwand 2.1 ist. Der Einkoppelwinkel α ist so gewählt, dass die erste und die zweite Hohlleiterachse 8.1 und 8.2 (und damit auch die erste und die zweite Einkoppelachse 16.1 und 16.2) nicht auf den ersten Hohlzylinder 4 auftreffen. Die Austrittsöffnungen 9 sind bündig mit der Innenwand 2.1 ausgeführt.

[0068] In der zweiten Ausführung gemäß Fig. 3 ist der Einkoppelwinkel α mit etwa 45° so gewählt, dass die erste und die zweite Hohlleiterachse 8.1 und 8.2 (und damit auch die erste und die zweite Einkoppelachse 16.1 und 16.2) nicht senkrecht, sondern in einem spitzen Winkel, auf die Oberfläche des ersten Hohlzylinders 4 auftreffen.

[0069] Eine dritte Ausgestaltung des Mikrowellenreaktors 1 gemäß Fig. 4 entspricht der Ausgestaltung wie zu Fig. 1 und 2 beschrieben, zusätzlich sind jedoch entlang der Hohlzylinderachse 4.1 drei gleichmäßig voneinander beabstandete Ebenen 10.1 bis 10.3 vorhanden, in denen jeweils zwei Hohlleiter 7 angeordnet sind. Die Ebenen 10.1 bis 10.3 sind näher an der Medienzuführungsöffnung 12 als an der Medienabführungsöffnung 13 angeordnet. Die Hohlleiter 7 einer zweiten Ebene 10.2 sind gegenüber den Hohlleitern 7 einer ersten Ebene 10.1 um 90° um die Hohlzylinderachse 4.1 versetzt, während die Hohlleiter 7 einer dritten Ebene 10.3 wieder wie die Hohlleiter 7 in der ersten Ebene 10.1 angeordnet ist. Die Hohlleiter 7 aller drei Ebenen 10.1 bis 10.3 sind mit gleichem Einkoppelwinkel α und gleichem Richtungssinn (nur angedeutet gezeigt) um die Hohlzylinderachse 4.1 angeordnet.

[0070] Wie bereits in Fig. 1 gezeigt, steht jeder Hohlleiter 7 mit je einer Mikrowellenquelle 19 in Verbindung, durch welche die einzukoppelnden Mikrowellen für die Hohlleiter 7 bereitgestellt sind (nur für einen Hohlleiter 7 gezeigt). Jede Mikrowellenquelle 19 ist mit der Steuerung 17 signalleitend verbunden. Die Mikrowellenquellen 19 sind je Ebene 10.1 bis 10.3 durch die Steuerung 17 ansteuerbar.

[0071] Weitere Ausführungen des Mikrowellenreaktors 1 können sich dadurch auszeichnen, dass die Anzahl der Ebenen 10 und/oder die Abstände zwischen den Ebenen 10 und/oder die Anzahl der Hohlleiter 7 je Ebene 10 und/oder deren Einkoppelwinkel α und/oder deren Richtungssinn anders gewählt sind. Die genannten Parameter können auch zwischen den einzelnen Ebenen

10 variieren. Auch können je Ebene 10 mehrere Hohlleiter 7 durch nur eine Mikrowellenquelle 19 versorgt sein.

[0072] In einer vierten, in Fig. 5 gezeigten, Ausführung des Mikrowellenreaktors 1 sind mehrere erste Hohlzylinder 4 symmetrisch und koaxial zueinander und um die Symmetrieachse angeordnet, wobei die ersten Hohlzylinder 4 voneinander beabstandet sind und jeweils gleiche Durchmesser d aufweisen, die auf die Eindringtiefe der Mikrowellen in die ersten Hohlzylinder 4 abgestimmt sind und dadurch eine schnelle Erwärmung des Katalysators 11 durch die Mikrowellen erlauben. Der Übersicht halber sind nur drei erste Hohlzylinder 4 schematisch und nicht lagetreu gezeigt. Die mehreren ersten Hohlzylinder 4 werden als Kompartimente eines einzigen ersten Hohlzylinders 4 aufgefasst.

Die vorhandenen drei Ebenen 10.1 bis 10.3 sind näher an den Medienzuführungsöffnungen 12 als an den Medienabführungsöffnungen 13 angeordnet, welche hier entsprechend der Lage und des Durchmessers d der ersten Hohlzylinder 4 gestaltet sind.

[0073] Es ist auch möglich, dass in weiteren Ausführungen mehrere erste Hohlzylinder 4 koaxial zueinander angeordnet sind und die ersten Hohlzylinder 4 voneinander verschiedene Durchmesser d aufweisen.

[0074] In einer fünften, in Fig. 6 gezeigten, Ausführung ist der erste Hohlzylinder 4 über seine gesamte Hohlzylinderlänge 4.2 axial von einem, an seinen Stirnseiten abgeschlossenen offenes Rohr 23 durchzogen, dessen Außendurchmesser geringer als ein Innendurchmesser des ersten Hohlzylinders 4 ist. Zwischen dem offenen Rohr 23 und dem ersten Hohlzylinder 4 befindet sich der Katalysator 11.

Ein von dem offenen Rohr 23 umfangener Raum ist luftgefüllt. Während die Erwärmung des Katalysators 11 durch die Mikrowellen von außen erfolgt, wird die Luft in dem offenen Rohr 23 durch Wärmeübertragung erwärmt. Die so der Luft zugeführte Wärmeenergie wird durch Wärmetransport in dem offenen Rohr 23 verteilt und trägt zur Erwärmung des Katalysators 11 bei.

[0075] In einer sechsten Ausführung des Mikrowellenreaktors 1 gemäß Fig. 7 erstreckt sich der erste Hohlzylinder 4 ausgehend von der Medienzuführungsöffnung 12 in der Wand 2.2 entlang der Hohlzylinderachse 4.1 in den Innenraum 3, wobei seine in den Innenraum 3 ragende Stirnseite für das Medium dicht verschlossen ist. Ebenfalls von der Wand 2.2 aus ragt koaxial das offene Rohr 23, dessen Länge geringer ist als die Hohlzylinderlänge 4.2 und dessen Außendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser des ersten Hohlzylinders 4, in den ersten Hohlzylinder 4. Das offene Rohr 23 steht mit der Medienabführungsöffnung 13 in Verbindung. Zwischen dem offenen Rohr 23 und dem Hohlzylinder 4 befindet sich der Katalysator 11. Die Medienzuführungsöffnung 12 und die Medienabführungsöffnung 13 liegen beide in der Wand 2.2. Die Medienabführungsöffnung 13 ist durch die Medienzuführungsöffnung 12 umfangen. Medienzuführungsöffnung 12 und Medienabführungsöffnung 13 sind durch eine gemeinsame Lochplatte 14 in der Wand 2.2 verschlossen.

[0076] Das Medium strömt durch die Medienzuführungsöffnung 12 in den ersten Hohlzylinder 4 und durch den Katalysator 11. Dabei wird das Medium durch den erwärmten Katalysator 11 ebenfalls erwärmt. Am Ende des offenen Rohrs 23 wird das Medium umgelenkt und strömt durch das offene Rohr 23 zur Medienabführungsöffnung 13, wobei das erwärmte Medium einen Teil seiner Wärmeenergie an den Katalysator 11 abgibt.

[0077] In allen Ausführungsbeispielen kann statt des Katalysators 11 auch ein inerter Stoff in dem ersten Hohlzylinder 4 vorhanden sein und/oder auf den Katalysator 11 verzichtet sein, Das Medium kann in weiteren Ausführungen auch frei durch den oder die ersten Hohlzylinder 4 strömen. Das Medium kann selbst absorbierend für Mikrowellen sein und erwärmt werden.

[0078] Die Funktionsweise des Mikrowellenreaktors 1 soll anhand der Fig. 1 erläutert werden.

[0079] Das mittels der Pumpe 20 geförderte Medium tritt durch die Lochplatte 14 in der Medienzuführungsöffnung 12 in den ersten Hohlzylinder 4 ein und durchströmt den darin befindlichen Katalysator 11. Die von der Mikrowellenquelle 19 bereitgestellten Mikrowellen werden durch den ersten Hohlleiter 7.1 und den zweiten Hohlleiter 7.2 entlang ihrer ersten bzw. zweiten Hohlleiterachsen 8.1 bzw. 8.2 in der Ebene 10 in den Zwischenraum 6 eingekoppelt. Die an den ersten und zweiten Austrittsöffnungen 9.1 und 9.2 eingekoppelten Mikrowellen breiten sich als Wellenfront entlang der ersten Hohlleiterachse 8.1 bzw. der zweiten Hohlleiterachse 8.2 aus, wobei sich die Wellenfront aufgrund von Beugungseffekten ab der jeweiligen ersten und zweiten Austrittsöffnung 9.1 und 9.2 auch räumlich um die Hohlleiterachsen 8.1 und 8.2 ausbreitet. Ein Anteil dieser Wellenfront trifft entlang der jeweiligen Einkoppelachsen 16.1 und 16.2 jeweils auf einen der ersten bzw. der zweiten Austrittsöffnung 9.1 und 9.2 zugewandten Bereich des ersten Hohlzylinders 4 und wird dort im Wesentlichen von dem Katalysator 11 absorbiert. Der verbleibende Anteil der Wellenfront trifft auf die Innenwand 2.1, von wo er in den Innenraum 3 zurück reflektiert und um die Hohlzylinderachse 4.1 geführt wird. Dabei wird jeweils ein Anteil der Mikrowellen diffus reflektiert, wodurch der Zwischenraum 6 im Bereich der Ebene 10 homogen von Mikrowellen erfüllt ist. Die reflektierten Mikrowellen können den ersten Hohlzylinder 4 aus einer Vielzahl von Richtungen und unter verschiedenen Winkellagen treffen, wodurch eine gleichmäßige Erwärmung des Katalysators 11 erreicht ist. Durch die Wahl des Einkoppelwinkels α ist das Erwärmungsverhalten des Katalysators 11 gesteuert beeinflussbar.

[0080] Durch die Anordnung der Hohlleiter 7 in räumlicher Nähe zu der Medienzuführungsöffnung 12 wird der Katalysator 11 dort zuerst und am stärksten erwärmt. Das den Katalysator 11 durchströmende Medium nimmt einen Teil der Wärmeenergie des Katalysators 11 auf und erwärmt beim Durchströmen des ersten Hohlzylinders 4 in Richtung der Medienabführungsöffnung 13 den

Katalysator 11. Der erste Hohlzylinder 4 wird durch diffus reflektierte Mikrowellen mit von der Medienzuführungsöffnung 12 zur Medienabführungsöffnung 13 abnehmenden Intensität getroffen und der Katalysator 11 erwärmt.

[0081] Nach dem Durchströmen des ersten Hohlzylinders 4 verlässt das Medium den ersten Hohlzylinder 4 durch die Lochplatte 14 in der Medienabführungsöffnung 13.

[0082] Die Impulsfrequenzen und die Wellenlängen der Mikrowellen sowie die Abmaße des Mikrowellenreaktors 1 sind so aufeinander abgestimmt, dass sowohl konstruktive als auch destruktive Interferenzen zwischen den bereits eingekoppelten und umlaufenden Mikrowellen einerseits und den an den ersten und zweiten Austrittsöffnungen 9.1 und 9.2 eingekoppelten Mikrowellen andererseits weitgehend vermieden werden.

[0083] Mittels der Steuerung 17 werden die Eigenschaften der eingekoppelten Mikrowellen an die jeweiligen Betriebsbedingungen angepasst. So kann das Auftreten von Schadstoffen in dem Medium durch Sensoren 18 detektiert und die Mikrowellenquellen 19 durch die Steuerung 17 angesteuert und geregelt werden, wodurch ein schnelles Ansprechen des Mikrowellenreaktors 1 auf unterschiedliche, insbesondere diskontinuierlich auftretende Schadstoffgehalte (Menge, Konzentration) in dem Medium erreicht wird.

[0084] In einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind, wie in Fig. 8 gezeigt, zwei Hohlleiter 7, ein erster Hohlleiter 7.1 und ein zweiter Hohlleiter 7.2, an dem Gehäuse 2 so angeordnet, dass deren Hohlleiterachsen 8.1, 8.2 parallel zur Hohlzylinderachse 4.1 verlaufen. Jeder der Hohlleiter 7 weist je Ebene 10 Austrittsöffnungen 9 auf, die so angeordnet sind, dass durch sie Mikrowellen in den Innenraum 3 eingekoppelt werden können. Die ersten und zweiten Einkoppelachsen 16.1, 16.2 (jeweils mit den Darstellungen der Ebenen 10 zusammenfallend und nur einmal beispielhaft angegeben) stehen in jeder Ebene 10 orthogonal auf der ersten bzw. auf der zweiten Hohlleiterachse 8.1, 8.2. Die einzelnen Austrittsöffnungen 9 sind entlang der jeweiligen Hohlleiterachsen 8.1, 8.2 so angeordnet, dass diese je einen Abstand voneinander aufweisen, der einem Vielfachen von Lambda/2 der in den Hohlleiter 7 eingekoppelten Mikrowellen entspricht.

[0085] In dem ersten Hohlleiter 7.1 und dem zweiten Hohlleiter 7.2 bildet sich durch die eingekoppelten Mikrowellen um die Hohlleiterachsen 8.1, 8.2 jeweils eine stehende Welle aus. Für eine effektive Auskopplung der Mikrowellen durch die Austrittsöffnungen 9 ist es nötig, die stehende Welle so einzustellen, dass Maxima der stehenden Welle an den Austrittsöffnungen 9 anliegen. Jeder der Hohlleiter 7 ist so konstruiert, dass die genannte Bedingung unter Standardbedingungen erfüllt ist. Zur Nachjustierung der stehenden Wellen ist am Ende jedes Hohlleiters 7 eine Stellvorrichtung 24 vorhanden, die aus einer Platte 24.1, die etwa den Innenabmaßen des Hohlleiters 7 entspricht und in diesem angeordnet ist, und einer Stellschraube 24.2 besteht. Durch Drehen der Stellschraube 24.2 kann die Platte 24.1 in Richtung der Hohlleiterachsen 8.1, 8.2 verschoben und damit die stehende Welle durch eine Veränderung der effektiven Länge des Hohlleiters 7 eingestellt werden.

[0086] In der gezeigten Ausführung der Erfindung wird ein durch den ersten Hohlzylinder 4 als flüssiges Medium geführtes Rohöl erwärmt, um dieses thermisch zu fraktionieren.

[0087] In Fig. 9 ist ein achtes Ausführungsbeispiel in einem Querschnitt gezeigt. Die Innenwand 2.1 ist an zwei sich gegenüberliegenden Seiten und in einer Ebene 10 jeweils ausgebuchtet. Die Ausbuchtungen besitzen je eine kreisbogenförmige Form und sind an einer Seite jeweils durch eine senkrecht zur Hohlzylinderachse 4.1 weisende Wand 2.5 begrenzt. In der Wand 2.5 befindet sich jeweils die Austrittsöffnungen 9, von der die erste Einkoppelachse 16.1 bzw. die zweite Einkoppelachse 16.2, die deckungsgleich mit den Hohlleiterachsen 8.1 bzw. 8.2 liegen, senkrecht in die Ausbuchtung weist.

[0088] In Fig. 10 ist ein neuntes Ausführungsbeispiel angegeben, dass im Prinzip dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 entspricht, jedoch besitzen die Ausbuchtungen je einen kreisbogenförmigen Abschnitt und eine Wand 2.5, die von einem Ende des kreisbogenförmigen Abschnitts zur Innenwand 2.1 verläuft und dabei nicht senkrecht zur Hohlzylinderachse 4.1, sondern auf den Zwischenraum 6 weist. Die erste Einkoppelachse 16.1 bzw. die zweite Einkoppelachse 16.2, die deckungsgleich mit den Hohlleiterachsen 8.1 bzw. 8.2 liegen, sind in den Zwischenraum 6 und nicht senkrecht auf den ersten Hohlzylinder 4 gerichtet.

[0089] In weiteren Ausführungen des Mikrowellenreaktors 1 können in einer Ebene 10 mehr als zwei Ausbuchtungen vorhanden sein. Es können ferner mehrere Ebenen 10 Ausbuchtungen aufweisen.

[0090] Es ist, wie in Fig. 11 gezeigt, in einem zehnten Ausführungsbeispiel des Mikrowellenreaktors 1 auch möglich, dass die Hohlleiter 7.1, 7.2 tangential an das Gehäuse 2 so ansetzen, dass über seitlich in den Hohlleitern 7 angeordnete schlitzförmige Austrittsöffnungen 9, die in Bereichen von Öffnungen 2.4 der Innenwand 2.1 des Gehäuses 2 zu liegen kommen, Mikrowellen in den Innenraum 3 einkoppelbar sind. Die Einkoppelachsen 16.1, 16.2 stehen senkrecht (nur für jeweils eine Austrittsöffnung 9 gezeigt) auf den Hohlleiterachsen 8.1, 8.2. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 11 sind die Hohlleiter 7.1, 7.2 hinsichtlich der Ausrichtung ihrer Hohlleiterachsen 8.1, 8.2 unterschiedlich angeordnet. Die erste Einkoppelachse 16.1 ist unter einem Einkoppelwinkel α (nicht gezeigt) von weniger als 90° in den Zwischenraum 6 gerichtet, während die zweite Einkoppelachse 16.2 unter einem Einkoppelwinkel α (ebenfalls nicht gezeigt) von etwa 90° in den Zwischenraum 6 gerichtet ist. Beide Einkoppelachsen 16.1, 16.2 treffen jedoch nicht senkrecht auf dem ersten Hohlzylinder 4 auf.

[0091] In weiteren Ausführungen des Mikrowellenreaktors 1 können andere Anzahlen von Hohlleitern 7, Austrittsöffnungen 9 und Kombinationen von Einkoppelwin-

keln α realisiert sein.

[0092] Der Mikrowellenreaktor 1 kann in allen Bereichen eingesetzt werden, in denen in einem Medium transportierte Stoffe erwärmt und/oder katalytisch umgesetzt werden sollen. Dies können neben Reinigungen (z. B. durch Oxidation und/oder Reduktion) von Medien, wie die Umsetzung von Schadstoffen in der Luft, Aerosolen oder Stäuben, auch die Prozessierung von Medien und/oder den darin transportierten Stoffen sein. Der erfindungsgemäße Mikrowellenreaktor 1 kann mit einer hohen Effizienz hinsichtlich der aufgewendeten Energien als auch hinsichtlich der pro Energieeinheit umgesetzten Stoffmengen betrieben werden. Besonders vorteilhaft ist der Mikrowellenreaktor 1 bei diskontinuierlich auftretenden Schadstoffgehalten des Mediums, einsetzbar.
Ferner kann der Mikrowellenreaktor 1 zur Erwärmung und Fraktionierung von Kohlenwasserstoffgemischen, insbesondere von Rohöl, Erdöl und/oder Ölschlämmen eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

[0093]

1	Mikrowellenreaktor
2	Gehäuse
2.1	Innenwand
2.2	Wand
2.3	Wand
2.4	Öffnung
2.5	Wand
3	Innenraum
4	erster Hohlzylinder
4.1	Hohlzylinderachse
4.2	Hohlzylinderlänge
5	zweiter Hohlzylinder
6	Zwischenraum
7	Hohlleiter
7.1	erster Hohlleiter
7.2	zweiter Hohlleiter
8	Hohlleiterachse
8.1	erste Hohlleiterachse
8.2	zweite Hohlleiterachse
9	Austrittsöffnung
9.1	erste Austrittsöffnung
9.2	zweite Austrittsöffnung
10	Ebene
10.1	erste Ebene
10.2	zweite Ebene
10.3	dritte Ebene
11	Katalysator
12	Medienzuführungsöffnung
13	Medienabführungsöffnung
14	Lochplatte
15	Rohrleitung
16.1	erste Einkoppelachse
16.2	zweite Einkoppelachse
17	Steuerung
18	Sensor
19	Mikrowellenquelle
20	Pumpe
21	Dichtung
22	Dreistifttuner
23	offenes Rohr
24	Stellvorrichtung
24.1	Platte
24.2	Stellschraube
d	Durchmesser
α	Einkoppelwinkel

Patentansprüche

1. Mikrowellenreaktor (1) zur mikrowellenunterstützten Erwärmung eines Mediums, bestehend aus einem, einen Innenraum (3) umschließenden, Gehäuse (2) aus für Mikrowellen reflektierendem Material; mehreren Hohlleitern (7) mit je einer Hohlleiterachse (8), die jeweils mit einer stirnseitigen Austrittsöffnung (9) über jeweils eine Öffnung (2.4) im Gehäuse (2) mit dem Innenraum (3) in Verbindung stehen; einem ersten Hohlzylinder (4) aus einem für Mikrowellen transparenten Material, der im Innenraum (3) so angeordnet ist, dass zwischen dem ersten Hohlzylinder (4), entlang seiner Hohlzylinderachse (4.1), und dem Gehäuse (2) ein freier Zwischenraum (6) vorhanden ist und der erste Hohlzylinder (4) zur Durchführung eines Mediums stirnseitig mit einer Medienzuführungsöffnung (12) und mit einer Medienabführungsöffnung (13), die im Gehäuse (2) vorgesehen sind, in Verbindung steht, **dadurch gekennzeichnet,**

   - **dass** das Gehäuse (2) einen zweiten Hohlzylinder (5) darstellt, der koaxial um den ersten Hohlzylinder (4) angeordnet ist,
   - **dass** mindestens ein erster Hohlleiter (7.1), aufweisend eine erste Hohlleiterachse (8.1) und eine erste Einkoppelachse (16.1), und ein zweiter Hohlleiter (7.2), aufweisend eine zweite Hohlleiterachse (8.2) und eine zweite Einkoppelachse (16.2), so am Gehäuse (2) angeordnet sind, dass die Einkoppelachsen (16.1, 16.2), entlang derer Mikrowellen aus den Hohlleitern (7.1, 7.2) ausgekoppelt und in den Innenraum (3) eingekoppelt werden, in einer zur Hohlzylinderachse (4.1) senkrechten Ebene (10) liegen und in den Zwischenraum (6) gerichtet sind.

2. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
   dass die Hohlleiter (7) so am Gehäuse (2) angeordnet sind, dass deren Einkoppelachsen (16.1, 16.2) nicht auf den ersten Hohlzylinder (4) gerichtet sind.

3. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
   dass die Hohlleiter (7) so am Gehäuse (2) angeordnet sind, dass deren Einkoppelachsen (16.1, 16.2) nicht senkrecht auf den ersten Hohlzylinder (4) gerichtet sind.

4. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einkoppelachsen (16.1, 16.2) aller in der Ebene (10) angeordneter Hohlleiter (7) mit einem gleichen Richtungssinn um die Hohlzylinderachse (4.1) weisend angeordnet sind.

5. Mikrowellenreaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**
   dass mehrere Ebenen (10.1, 10.2, 10.3) mit Hohlleitern (7) vorhanden sind.

6. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**
   dass die Austrittsöffnungen (9) benachbart angeordneter Ebenen (10.1, 10.2, 10.3) zueinander um die Hohlzylinderachse (4.1) versetzt sind.

7. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,**
   dass die Ebenen (10.1, 10.2, 10.3) mit Hohlleitern (7) von der Medienzuführungsöffnung (12) in Richtung der Medienabführungsöffnung (13) mit zunehmenden Abständen zwischen aufeinander folgenden Ebenen (10.1, 10.2, 10.3) angeordnet sind.

8. Mikrowellenreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
   dass die Leistung der eingekoppelten Mikrowellen je Ebene (10.1, 10.2, 10.3) regelbar ist.

9. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,**
   dass der erste Hohlzylinder (4) mit einem durch Mikrowellen erwärmbaren Katalysator (11) gefüllt ist.

10. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet,**
    dass der erste Hohlzylinder (4) koaxial zur Hohlzylinderachse (4.1) von einem offenen Rohr (23) durchzogen ist, so dass der Katalysator (11) in einem Kreisring um das offene Rohr (23) vorhanden ist.

11. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet,**
    dass der erste Hohlzylinder (4) über eine seiner Stirnseiten mit der Medienzuführungsöffnung (12) und mit der Medienabführungsöffnung (13) in Verbindung steht und an seiner anderen Stirnseite für das Medium dicht verschlossen ist und die Medienzuführungsöffnung (12) und die Medienabführungsöffnung (13) durch ein koaxial zu der Hohlzylinderachse (4.1) ausgerichtetes offenes Rohr (23), welches kürzer als eine Hohlzylinderlänge (4.2) des ersten Hohlzylinders (4) ist, voneinander getrennt sind, so dass die Medienabführungsöffnung (13) und die Medienzuführungsöffnung (12) in einer sich senkrecht zur Hohlzylinderachse (4.1) erstreckenden Zuführungsebene koaxial zur Hohlzylinderachse (4.1) liegend, angeordnet sind.

12. Mikrowellenreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
    dass mehrere erste Hohlzylinder (4) axial zur Hohlzylinderachse (4.1) angeordnet sind.

13. Mikrowellenreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Innenwand (2.1) des Gehäuses (2) in jeder Ebene (10.1, 10.2, 10.3) mindestens zwei Ausbuchtungen aufweist, in denen jeweils mindestens eine Austrittsöffnung (9) eines Hohlleiters (7) vorhanden ist.

14. Mikrowellenreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlleiterachsen (8.1, 8.2) der mindestens zwei Hohlleiter (7) parallel zur Hohlzylinderachse (4.1) verlaufen und jeder Hohlleiter (7) in jeder Ebene (10.1, 10.2, 10.3) jeweils mindestens eine Austrittsöffnung (9) aufweist, durch welche Mikrowellen in den Innenraum (3) einkoppelbar sind.

15. Mikrowellenreaktor (1) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittsöffnungen (9) entlang der Hohlleiterachse (8.1, 8.2) so angeordnet sind, dass die Austrittsöffnungen (9) jeweils bei einem Vielfachen von Lambda/2 der verwendeten Mikrowellen vorhanden sind.

16. Mikrowellenreaktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlleiter (7) tangential an das Gehäuse (2) und an die Öffnungen (2.4) in dem Gehäuse (2) angesetzt sind und Mikrowellen über seitlich in den Hohlleitern (7) angeordnete Austrittsöffnungen (9) in den Innenraum (3) einkoppelbar sind.

17. Mikrowellenreaktor (1) nach einem der Ansprüche 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel vorhanden sind, mit denen eine in dem jeweiligen Hohlleiter (7) erzeugte stehende Welle der Mikrowellen so veränderbar ist, dass eine Auskopplung von Mikrowellen durch die Austrittsöffnungen (9) ermöglicht wird.

18. Verwendung eines Mikrowellenreaktors (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Fraktionierung von Gemischen von Kohlenwasserstoffen.

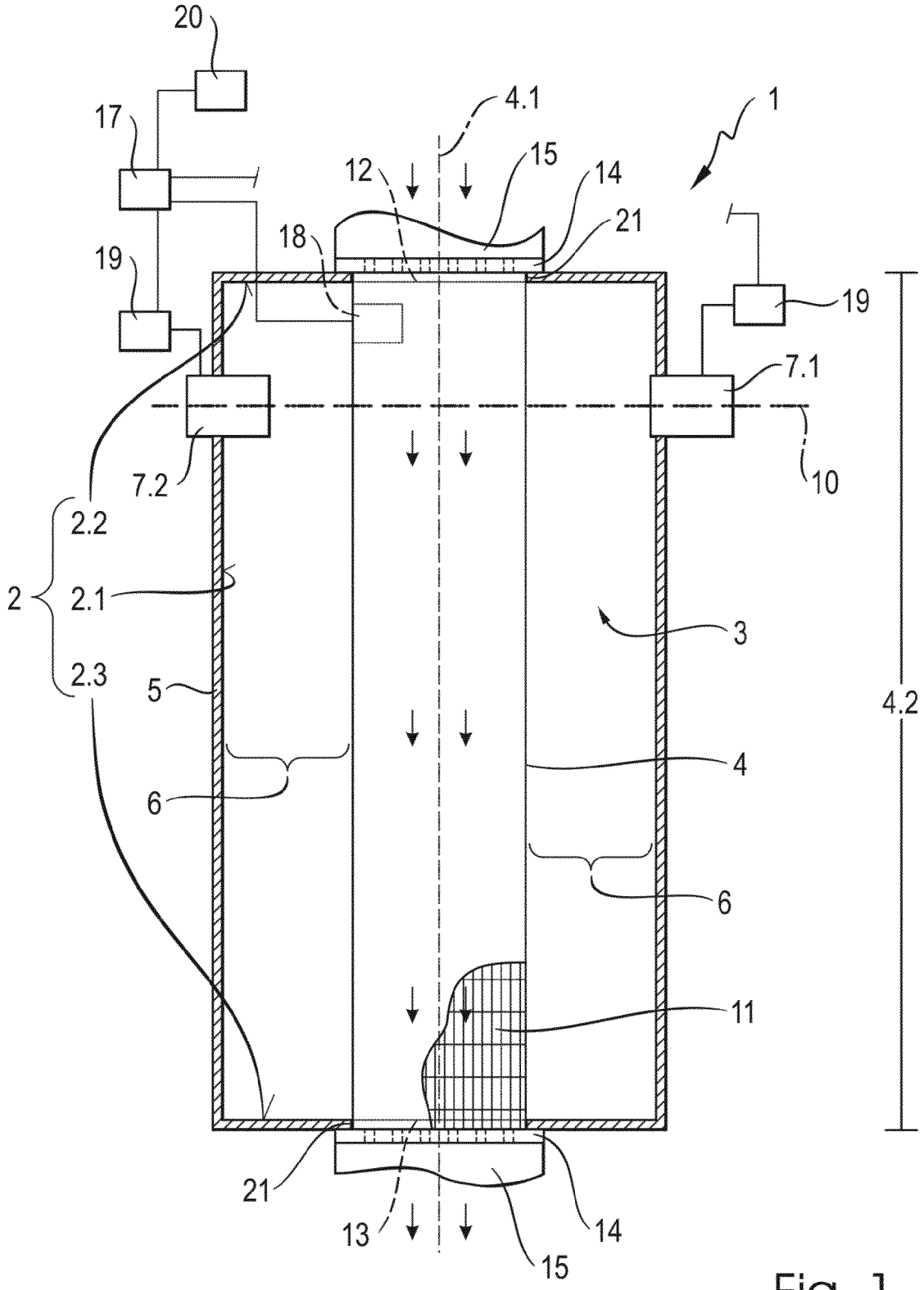

20
17
19
4.1
1
12
15
14
21
18
19
7.1
7.2
10
2.2
2
2.1
2.3
3
5
4.2
4
6
6
11
21
13
14
15

Fig. 1

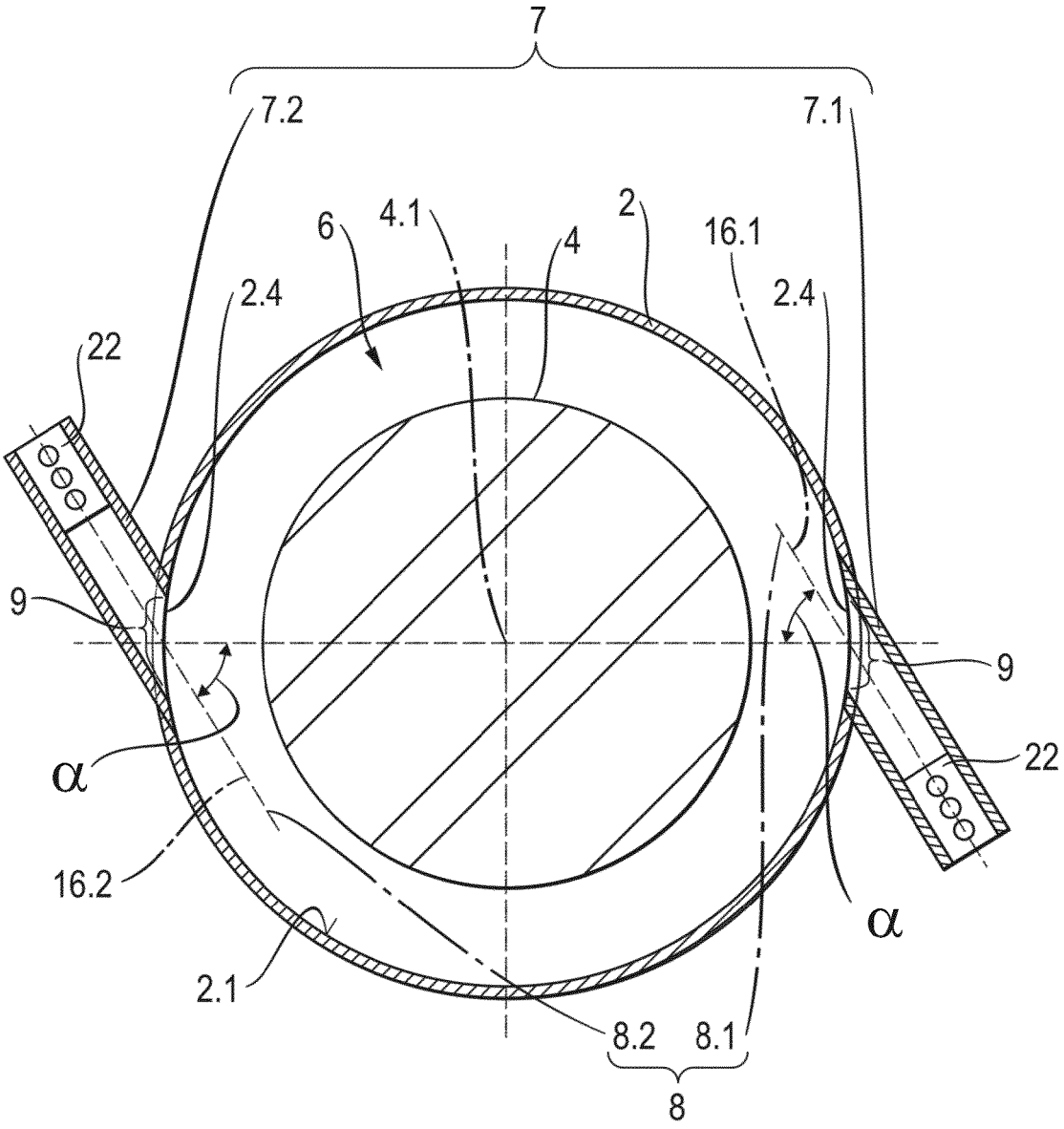


Fig. 2

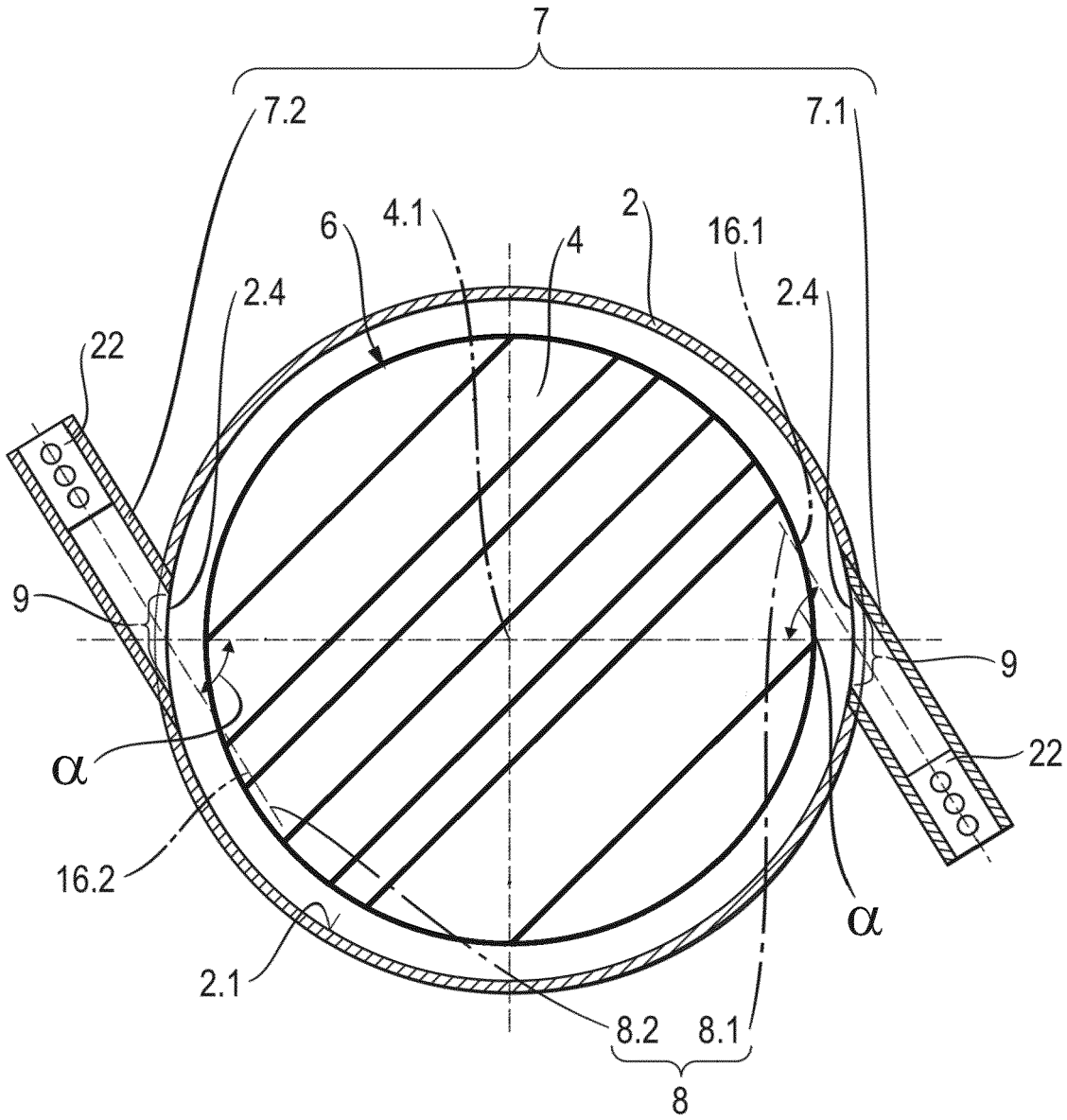


Fig. 3

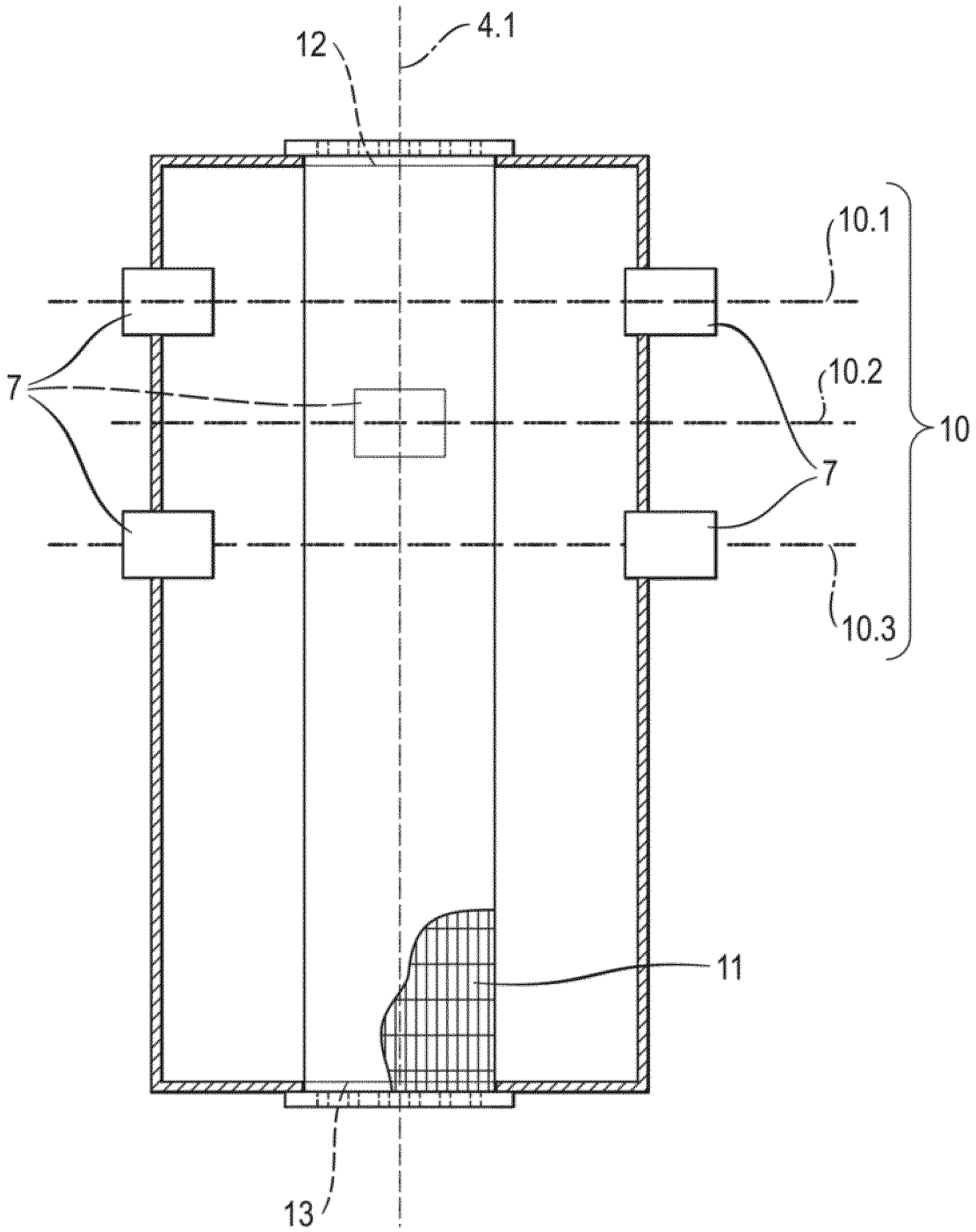


Fig. 4

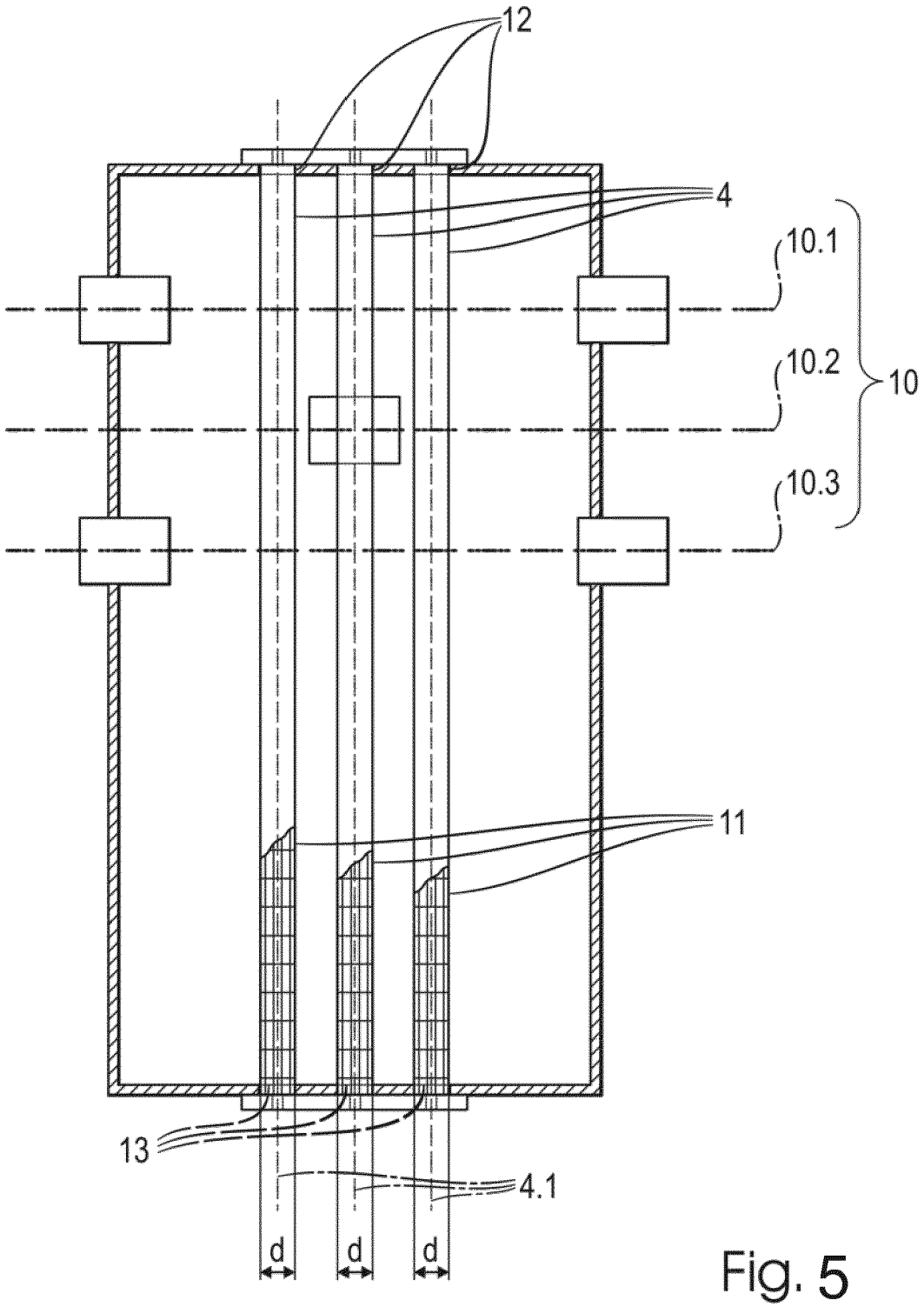


Fig. 5

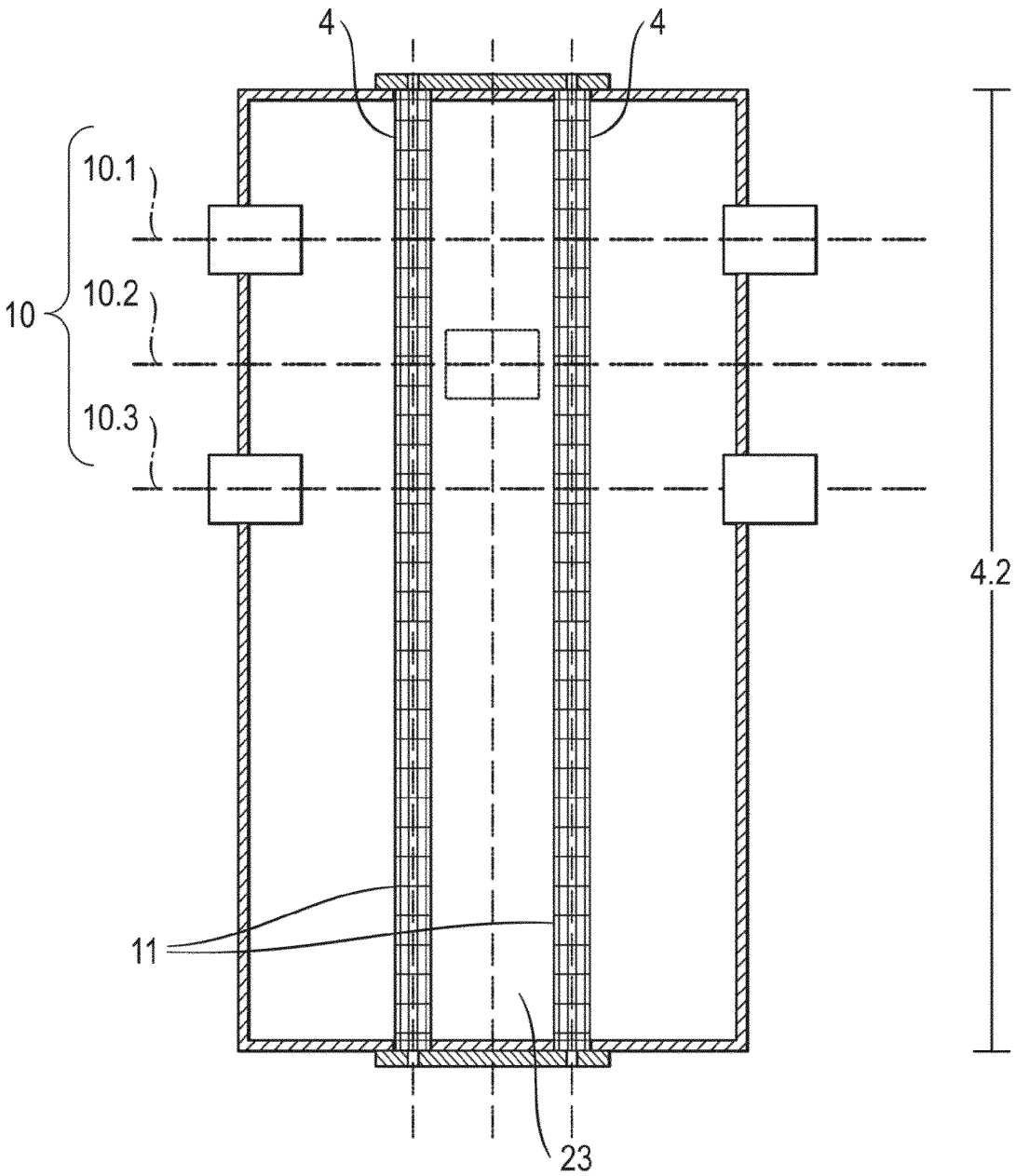


Fig. 6

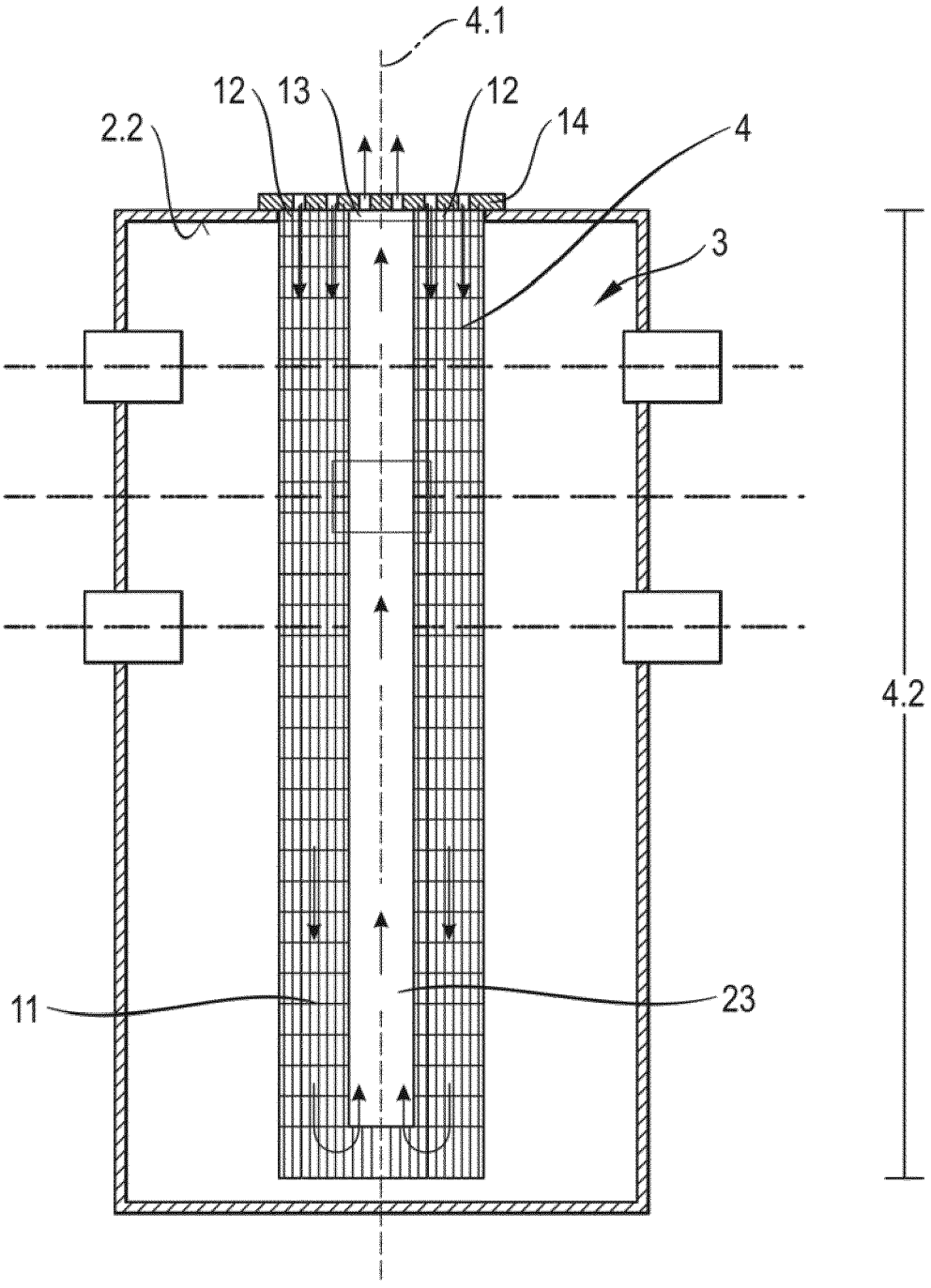


Fig. 7

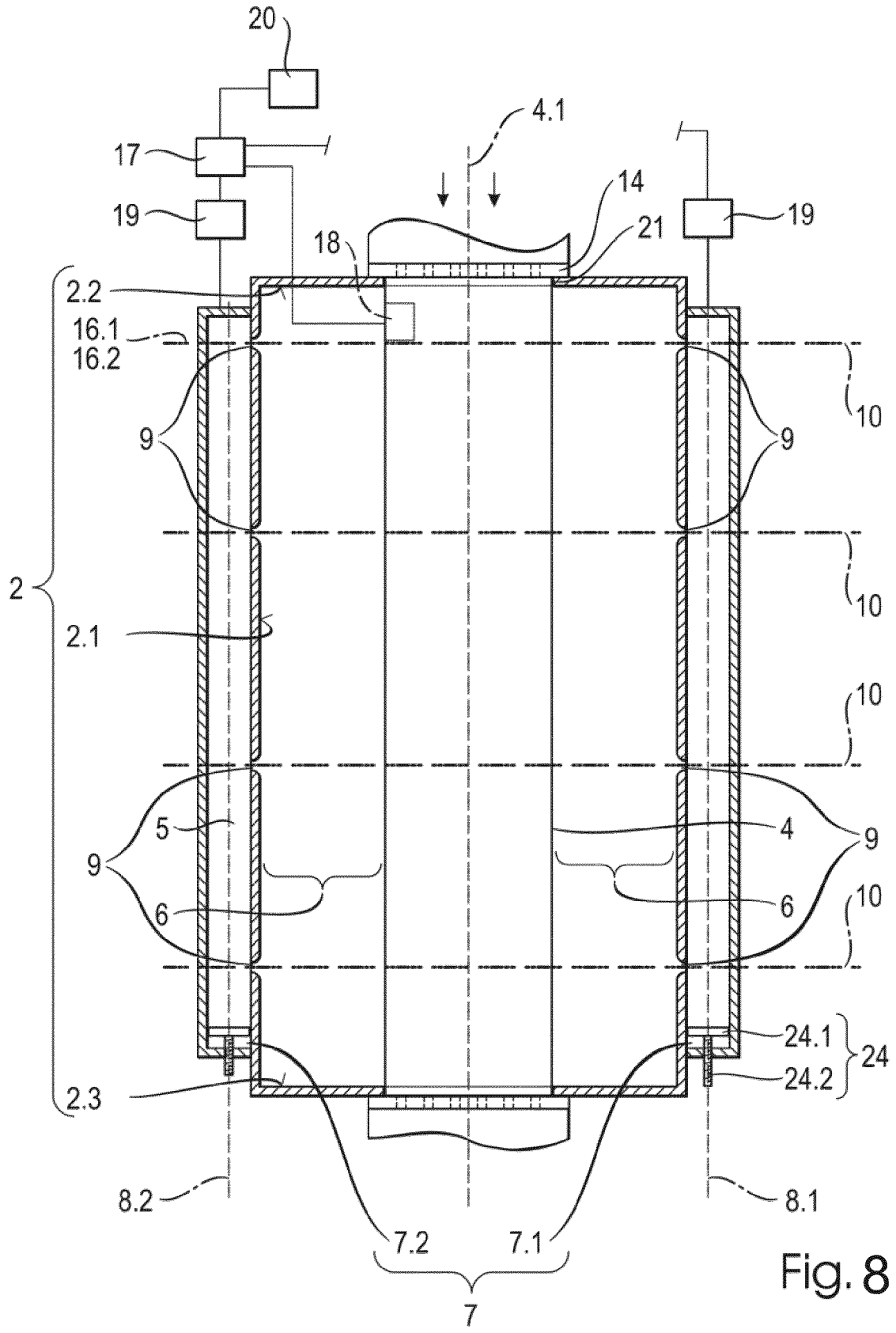

20
17
19
4.1
14
21
19
18
2.2
16.1
16.2
9
9
10
10
10
2
2.1
5
4
9
9
6
6
10
24.1
24
24.2
2.3
8.2
8.1
7.2
7.1
7

Fig. 8

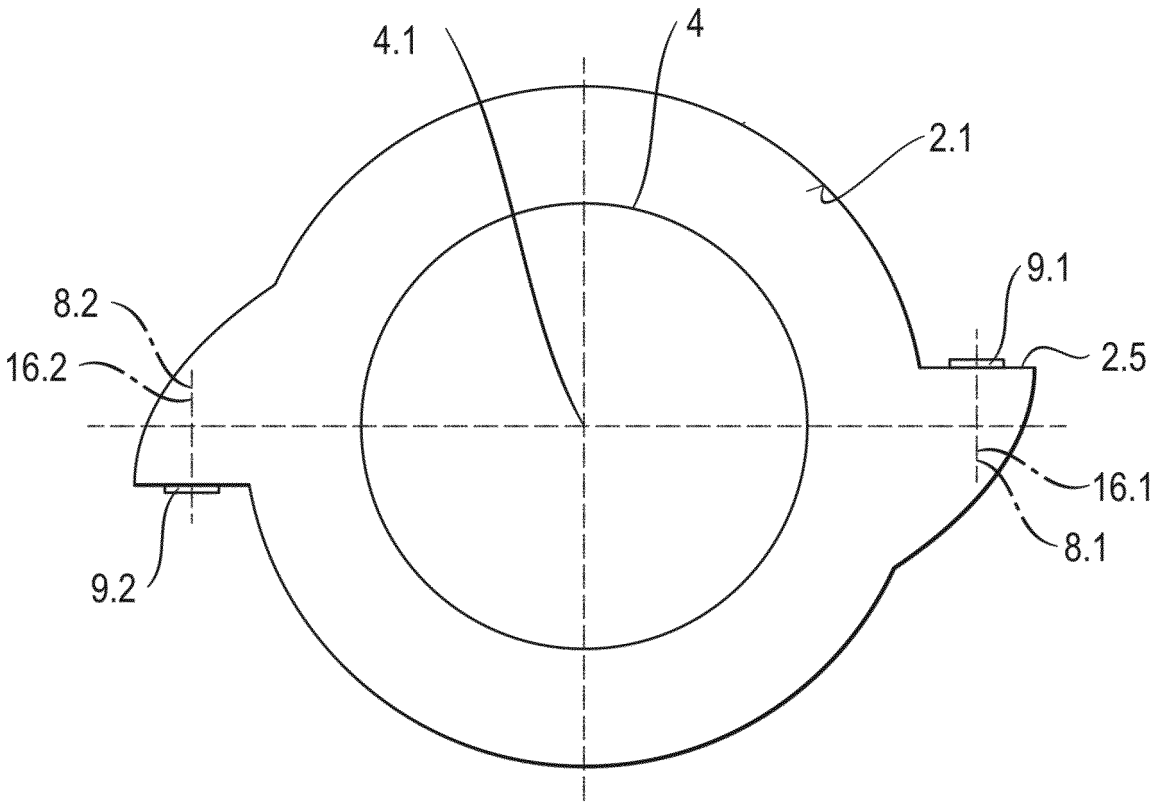


Fig. 9

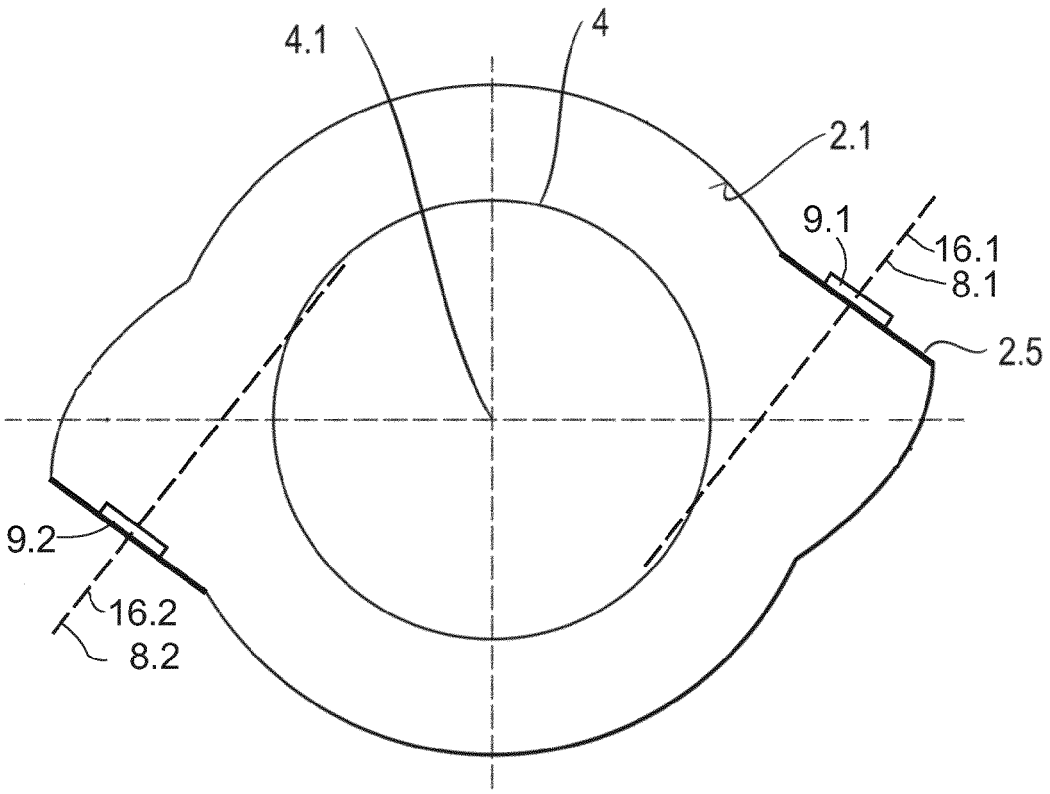


Fig. 10

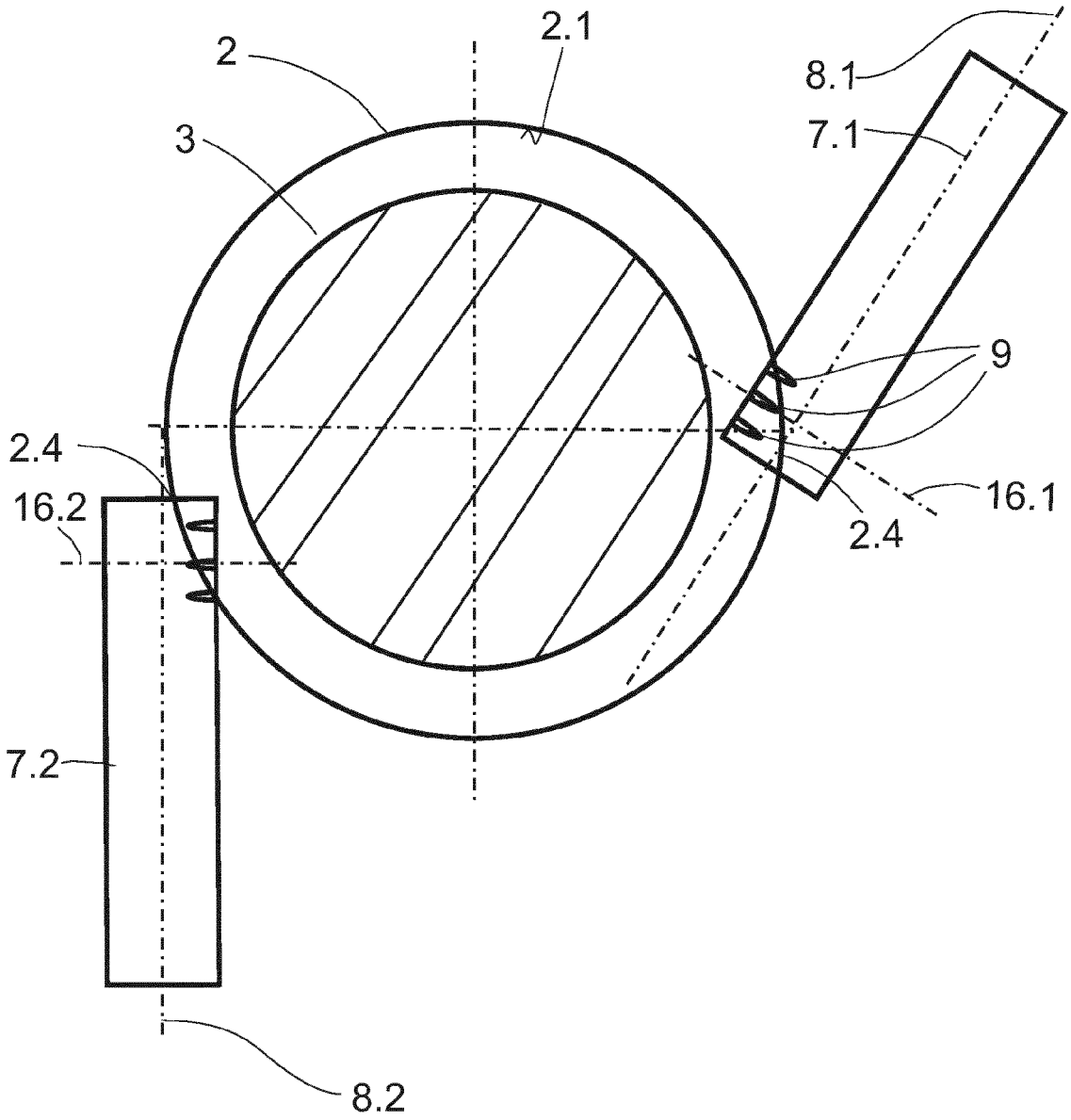


Fig. 11

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 17 5027

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	US 5 703 343 A (MALLAH MOHAMAD [DE] ET AL) 30. Dezember 1997 (1997-12-30) * Zusammenfassung * * Spalte 9, Zeile 6 - Spalte 14, Zeile 22 * * Abbildungen 2-11 *	1-13, 16-18 14,15	INV. H05B6/70
X A	FR 1 471 131 A (ELLIOTT BROTHERS LONDON LTD) 24. Februar 1967 (1967-02-24) * Zusammenfassung * * Seite 2, Zeile 1 - Zeile 47 * * Abbildungen 1-6 *	1,5-13, 16-18 14,15	
X A	DE 195 31 088 A1 (CONRADS HANS GEORG DIPL ING [DE]) 27. Februar 1997 (1997-02-27) * das ganze Dokument *	1-13, 16-18 14,15	
X	DE 196 08 949 A1 (SPITZL RALF DR [DE]; ASCHERMANN BENEDIKT DIPL PHYS [DE]) 11. September 1997 (1997-09-11) * Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeile 64 - Spalte 3, Zeile 28 * * Abbildungen 1-2 *	1-18	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H05B
A	DE 10 2008 004732 A1 (SANDERS LUCIA VIVIANE [DE]) 23. Juli 2009 (2009-07-23) * das ganze Dokument *	9	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	26. Oktober 2012	Chelbosu, Liviu

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 12 17 5027

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-10-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5703343 A	30-12-1997	AT 151942 T	15-05-1997
		AU 681881 B2	11-09-1997
		AU 4685397 A	12-02-1998
		AU 6570094 A	21-11-1994
		BR 9406368 A	13-02-1996
		CA 2160929 A1	10-11-1994
		CN 1122643 A	15-05-1996
		CZ 9502881 A3	14-02-1996
		DE 69402699 D1	22-05-1997
		DE 69402699 T2	21-08-1997
		DK 697164 T3	27-10-1997
		ES 2102222 T3	16-07-1997
		FI 955237 A	01-11-1995
		HK 1002249 A1	07-08-1998
		JP H09500479 A	14-01-1997
		NO 954431 A	06-11-1995
		NZ 265292 A	27-07-1997
		PL 311206 A1	05-02-1996
		SG 47849 A1	17-04-1998
		SK 137695 A3	07-08-1996
		US 5703343 A	30-12-1997
		US 5847376 A	08-12-1998
		WO 9426077 A1	10-11-1994
FR 1471131 A	24-02-1967	KEINE	
DE 19531088 A1	27-02-1997	KEINE	
DE 19608949 A1	11-09-1997	AT 271717 T	15-08-2004
		AU 729335 B2	01-02-2001
		AU 2095597 A	22-09-1997
		CA 2248250 A1	12-09-1997
		DE 19608949 A1	11-09-1997
		EP 0885455 A1	23-12-1998
		ES 2225953 T3	16-03-2005
		JP 3571056 B2	29-09-2004
		JP 2001508226 A	19-06-2001
		US 6204603 B1	20-03-2001
		WO 9733299 A1	12-09-1997
DE 102008004732 A1	23-07-2009	DE 102008004732 A1	23-07-2009
		WO 2009090072 A1	23-07-2009

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 4313806 A1 **[0005]**
- DE 10329411 B4 **[0006]**
- DE 202010005946 **[0008]**