



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.07.2023 Patentblatt 2023/27

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B01F 23/231^(2022.01) B01F 101/00^(2022.01)

(21) Anmeldenummer: **22215503.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**B01F 23/231265; B01F 23/23113;
B01F 23/231142; B01F 23/23115; B01F 23/23121;
B01F 2101/305**

(22) Anmeldetag: **21.12.2022**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Stachowske, Martin**
44879 Bochum (DE)

(72) Erfinder: **Stachowske, Martin**
44879 Bochum (DE)

(74) Vertreter: **Müller, Wolfram Hubertus**
Patentanwalt
Teltower Damm 15
14169 Berlin (DE)

(30) Priorität: **22.12.2021 DE 102021134304**

(54) **VORRICHTUNG ZUR BEGASUNG VON FLÜSSIGKEITEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten, die mindestens einen Linearbegaser (30) zur Eintragung von Gas in eine Flüssigkeit aufweist. Dabei weist der Linearbegaser (30) mindestens ein Rohr (1) mit mindestens einer Eintragsöffnung (4) auf. Darüber hinaus weist die Vorrichtung eine Fixierplat-

te (31) mit einer planen Oberseite (35) und mit mindestens einer Nut (50, 51, 52, 53) auf, die in die Oberseite (35) der Platte (31) eingelassen ist und in die zumindest ein Abschnitt des Linearbegasers (30) aufgenommen und fixiert ist.

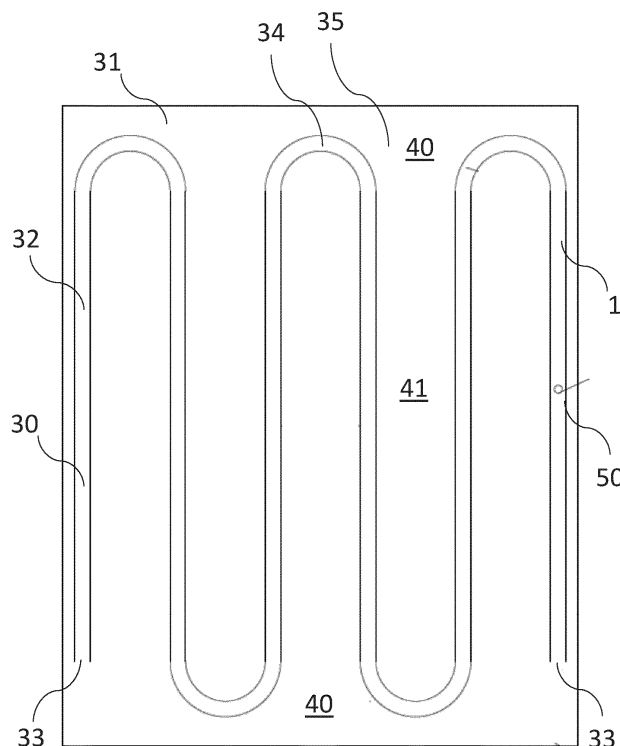


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass Gase, zu denen auch Gasgemische zählen, in zwei verschiedenen Varianten einer Flüssigkeit zugeführt werden können. Es wird unterschieden zwischen einer Begasung in die Flüssigkeit über die Flüssigkeitsoberfläche durch Diffusion und einer Begasung in der Flüssigkeit unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche durch Druck, wobei beim Eintrag mit Druck verschiedene Konzepte umgesetzt werden können.

[0003] Bei Eintragungssystemen zur Begasung unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche finden insbesondere Linearbegaser Verwendung. Die Linearbegaser sind typischerweise am Boden eines Beckens oder Reaktors befestigt und dienen dazu, über Öffnungen mit Druck beaufschlagtes Gas in die Flüssigkeit zu leiten. Linearbegaser finden beispielsweise Verwendung bei dem Einbringen von Sauerstoff in Seen und Teichen oder bei der Abwasser- aufbereitung durch das Einbringen von Luft oder Ozon oder als Ölsperre.

[0004] Ein Linearbegaser ist typischerweise aus einem oder mehreren Rohren gefertigt, in das eine Vielzahl von Eintragsöffnungen eingelassen ist. Dabei wird ein Gas in das Innere des Rohres geleitet, um es anschließend über die Eintragsöffnungen in die Flüssigkeit zu leiten. Ein Nachteil herkömmlicher Linearbegasersysteme ist, dass die Linearbegaser sich in Folge von angreifenden Kräften, beispielsweise Strömungskräften oder Auftriebskräften in ihrer Position verschieben können.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten mit einer definierten Lage der Linearbegaser bereitzustellen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Danach betrachtet die Erfindung eine Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten, die mindestens einen Linearbegaser zur Eintragung von Gas in eine Flüssigkeit aufweist, wobei der Linearbegaser mindestens ein Rohr mit mindestens einer Eintragsöffnung und vorzugsweise mit einer Vielzahl an Eintragsöffnungen aufweist. Weiter weist die Vorrichtung eine Fixierplatte mit einer Oberseite auf, in die mindestens eine Nut eingelassen ist. Es ist vorgesehen, dass zumindest ein Abschnitt des Linearbegasers in der Nut aufgenommen und fixiert ist.

[0008] Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, den Linearbegaser zumindest abschnittsweise in die Nut einer Fixierplatte aufzunehmen und in der Nut zumindest abschnittsweise zu fixieren. Dies ist im Vergleich zu einer lediglich punktuellen Fixierung mit dem Vorteil verbunden, dass die Gefahr eines Verbiegens des Linearbegasers, beispielsweise durch Auftriebs- oder Strömungskräfte, reduziert ist. Vielmehr wird durch die erfindungs-

gemäße Lösung eine durchgehende Lagetreue des Linearbegasers ermöglicht. Dies erlaubt insbesondere, den Linearbegaser in einer exakt horizontalen Ausrichtung anzuordnen.

[0009] Zu letzterem Aspekt ist anzumerken, dass, da die Fixierplatte eine plane Oberseite aufweist, der in der Nut angeordnete Linearbegaser sich in einer zur Oberseite der Fixierplatte parallelen Ebene oder in einem Winkel von bis zu 15° zur Oberfläche der Fixierplatte ausgerichteten Ebene erstreckt. Damit ermöglicht die Erfindung eine Erstreckung des Linearbegasers in exakt horizontaler Ausrichtung, so dass über die gesamte Länge des Linearbegasers die Flüssigkeitssäule oberhalb der einzelnen Eintragsöffnungen des Linearbegasers identisch und dementsprechend auch der über die Eintragsöffnungen bereitgestellte Gaseintrag in die umgebende Flüssigkeit identisch ist. Dies stellt einen erheblichen Vorteil dar, da schon bei einer geringen Neigung der Fixierplatte von z.B. 2% (d.h. 2 cm Höhendifferenz pro laufenden Meter) eine gleichmäßige Flüssigkeitsbegasung aus den einzelnen Eintragsöffnungen aufgrund eines unterschiedlichen hydrostatischen Druckes an den einzelnen Eintragsöffnungen nicht mehr gewährleistet sein kann.

[0010] Ein weiterer, mit der Erfindung verbundener Vorteil besteht darin, dass die Eintragsöffnungen des Linearbegasers durch dessen Anordnung in einer Nut nicht durch eine Befestigung verdeckt sind und somit der Gaseintrag in die Flüssigkeit nicht behindert ist. Die Anordnung des Linearbegasers in einer Nut ermöglicht des Weiteren in einfacher Weise eine Montage und Demontage des Linearbegasers.

[0011] Es wird darauf hingewiesen, dass der erfindungsgemäße Linearbegaser eines oder mehrere Rohre aufweisen kann, die zumindest abschnittsweise in der Fixierplatte aufgenommen sind. Im Sinne der vorliegenden Erfindung werden als Rohre dabei sowohl Rohre als auch Schläuche bezeichnet, d.h. das Rohr kann eine harte oder elastische Wandung aufweisen. Ferner wird darauf hingewiesen, dass die Bezeichnung "Gas" auch Gasgemische umfasst.

[0012] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Linearbegaser entlang seines gesamten Verlaufs, d. h. entlang seiner gesamten Länge durch die Nut fixiert ist. Dabei kann der Linearbegaser entlang des gesamten Verlaufs in einer einzigen Fixierplatte angeordnet sein. Durch die Fixierung des Linearbegasers entlang seines gesamten Verlaufs ist eine hohe Lagetreue des Linearbegasers an jedem Punkt ermöglicht.

[0013] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die Vorrichtung mehrere Fixierplatten auf, die jeweils Abschnitte des Linearbegasers fixieren. Auf diese Weise kann ein vereinfachter Einbau des Linearbegasers in die Fixierplatten erfolgen. Außerdem ist es mit einer Mehrzahl an Fixierplatten möglich, den Linearbegaser in bestimmten Bereichen bewusst nicht zu fixieren. Dies kann beispielsweise für solche Bereiche gelten, in denen am Linearbegaser keine Eintragsöffnungen aus-

gebildet sind.

[0014] Weiter kann vorgesehen sein, dass die Fixierplatten im montierten Zustand der Vorrichtung die gleiche geodätische Höhe aufweisen. Als montierter Zustand ist der Zustand definiert, in dem der Linearbegaser in der Nut in seiner vordefinierten Lage der Fixierplatte fixiert ist. Durch die gleiche geodätische Lage der Fixierplatten ist gewährleistet, dass der hydrostatische Druck an den einzelnen Eintragsöffnungen jeweils gleich ist. Als geodätisch gleich ist dabei ein Bereich zu verstehen, in dem die geodätische Höhe der Fixierplatten nicht mehr als 1 cm pro Meter in Längs- und Querrichtung voneinander abweicht.

[0015] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Fixierplatte dazu vorgesehen und ausgebildet, mehrere parallele Abschnitte des Linearbegasers aufzunehmen. Parallele Abschnitte des Linearbegasers liegen beispielsweise vor, wenn der Linearbegaser mit einer U-Form ausgebildet ist und die zwei Schenkel des U parallel verlaufen, oder wenn der Linearbegaser mäanderförmig zwischen zwei seitlichen Endbereichen verläuft.

[0016] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der mäanderförmig geformte Linearbegaser zwei seitliche Endbereiche ausbildet, in denen das Rohr des Linearbegasers jeweils zwischen einem Winkel zwischen 150° und 210° zurückgeführt wird, und zwischen denen ein mittlerer Bereich ausgebildet ist, in dem eine Mehrzahl parallel verlaufender Abschnitte des Linearbegasers angeordnet sind.

[0017] Dabei kann jeweils eine Fixierplatte in einem der seitlichen Endbereiche und mindestens eine weitere Fixierplatte in dem mittleren Bereich angeordnet sein. Diesem Ausführungsbeispiel zur Folge weist die Vorrichtung also mindestens drei Fixierplatten auf. Dabei kann die Vorrichtung auch weitere Fixierplatten aufweisen. So kann beispielsweise vorgesehen sein, dass im mittleren Bereich mehrere Fixierplatte angeordnet sind, die die parallel verlaufenden Abschnitte des Linearbegasers fixieren und aufnehmen.

[0018] In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die Nut dazu ausgebildet und vorgesehen, den Linearbegaser formschlüssig und/oder kraftschlüssig zu fixieren. So kann beispielsweise ein Kraftschluss durch ein Einklemmen des Linearbegasers in die Nut gebildet sein. Befestigungsmittel wie Schrauben sind dabei nicht erforderlich, können aber als zusätzliche Sicherung eingesetzt werden. Allerdings sind auch weitere Verbindungsmöglichkeiten, wie eine Stoffverbindung beispielsweise durch Klebung, grundsätzlich möglich.

[0019] Für eine formschlüssige Verbindung zwischen dem Linearbegaser und der Nut kann zum Beispiel vorgesehen sein, dass die Nut sich zur Oberseite der Fixierplatte im Querschnitt verengt bzw. verjüngt. Es ist vorgesehen, dass die Nut an einer engsten Stelle so eng ist, dass der Linearbegaser nicht von selbst durch die Verjüngung aus der Nut treten kann und somit in der Nut gewissermaßen gefangen ist. Dabei kann vorgesehen

sein, dass die Nut oder die Fixierplatte an sich eine gewisse Flexibilität aufweist und die Nut zum Einsetzen des Linearbegasers leicht aufgebogen werden kann. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Fixierplatte aus einem ausreichend elastischen Material besteht und die Nut sich beim Einsetzen des Linearbegasers leicht verformt. So kann vorgesehen sein, dass die engste Stelle der Nut gewissermaßen eine elastische "Lippe" darstellt, die bei einem Hineindrücken des Linearbegasers zunächst in Richtung der Nut ausweicht, ehe sie bei einem weitergehenden Hineindrücken des Linearbegasers sich zurückstellt und den Linearbegaser umschließt. Dabei kann vorgesehen sein, dass sich die Nut an das Rohrmaterial anschmiegt, sodass kein Zwischenraum entsteht und ein fester Halt zwischen beiden Teilen bereitgestellt ist.

[0020] Hierfür kann vorgesehen sein, dass die Fixierplatte und der Linearbegaser aus unterschiedlichen Materialien bestehen, wobei die Fixierplatte im Vergleich zu dem Linearbegaser aus einem Material mit größerer Elastizität besteht. Ein Beispiel für das Material des Rohrs ist Polyamid. Beispiele für das Material der Fixierplatte sind Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) und Polyoxymethylene (POM).

[0021] Es kann vorgesehen sein, dass der Kunststoff für den Linearbegaser und/oder für die Fixierplatte lebensmittelecht ist.

[0022] In einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass der Linearbegaser derart flexibel ausgebildet ist, dass er so zusammendrückbar ist, dass er sich in die Nut hineindrücken lässt. In diesem Fall besteht der Linearbegaser im Vergleich zur Fixierplatte aus einem Material mit größerer Elastizität.

[0023] Für eine formschlüssige Fixierung des Linearbegasers sieht eine Ausgestaltung vor, dass die Nut im Querschnitt trapezförmig ausgebildet ist. Eine Trapezform ist beispielsweise durch trapezförmige Fräser auf einfache Weise herstellbar. In einer Alternative ist die Nut im Querschnitt kreisförmig ausgebildet ist.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Nut im Querschnitt rechteckig ausgebildet ist. Dabei ist vorgesehen, den Linearbegaser in die Nut kraftschlüssig zu klemmen (Presspassung) oder stoffschlüssig zu kleben.

[0025] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Nut eine Nuttiefe aufweist, die geringer ist als der Außendurchmesser des Linearbegasers, sodass der Linearbegaser im in die Nut eingesetzten Zustand gegenüber der Oberseite der Fixierplatte teilweise vorsteht. Dabei sind die Eintragsöffnungen in einem von der Oberfläche hervorvorstehenden Bereich angeordnet. Hierdurch wird in effektiver Weise sichergestellt, dass die durch die Eintragsöffnungen hindurchtretenden Gasblasen in die Flüssigkeit übergehen. Als Nuttiefe ist dabei der größte Abstand eines Punktes auf der Nut zur Erstreckungsebene der Oberseite der Fixierplatte definiert.

[0026] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung

ist vorgesehen, dass das Rohr des Linearbegasers zumindest abschnittsweise an seiner Außenseite im Bereich der Eintragsöffnungen abgetragen ist und dort einen abgetragenen Bereich bildet, wobei das Rohr im abgetragenen Bereich eine reduzierte Wanddicke und eine der Reduktion der Wandstärke entsprechend reduzierte Strömungskanallänge der Eintragsöffnungen aufweist.

[0027] Diese Ausgestaltung nutzt die Erkenntnis, dass beim Durchströmen eines Fluides durch einen Strömungskanal die Wände des Strömungskanals Reibung verursachen. Je länger ein Strömungskanal ist, desto länger sind auch die Reibung induzierenden Wände und desto größer ist der am Strömungskanal entstehende Druckverlust. Die Ausgestaltung beruht auf dem Gedanken, die Rohrwand an den Eintragsöffnungen lokal zu verringern, um entsprechend je Eintragsöffnung den Strömungskanal im Hinblick auf seine Länge zu verkürzen und seine ihm immanenten längenabhängigen Reibungsverluste zu verringern, sodass der damit verbundene Druckverlust, der entlang des durch die jeweiligen Eintragsöffnungen gebildeten Strömungskanals zwischen Innen- und Außenseite entsteht, zu reduzieren. Dementsprechend ist durch Verkürzung der Länge ein reibungsreduzierter und so optimierter Strömungskanal durch die Rohrwand ausgebildet, der im Weiteren demnach auch als optimierter Strömungskanal bezeichnet wird.

[0028] Dabei sind Durchmesser der Eintragsöffnungen von weniger als 100 μm vorgesehen. Die kleinen Durchmesser der Eintragsöffnungen dienen dazu, derart kleine Gasblasen in der Flüssigkeit zu bilden, dass diese sich möglichst vollständig in der Flüssigkeit auflösen. Gleichzeitig entsteht durch die kleinen Durchmesser der Eintragsöffnungen jedoch auch ein hoher Druckverlust beim Durchtreten des Gases durch den jeweiligen Strömungskanal, da grundsätzlich der Druckverlust bei insgesamt gleichem durchgeleiteten Volumenstrom des Gases mit einer Reduzierung des Durchmessers ansteigt. Grund hierfür ist das physikalische Prinzip $v=Q/A$ wonach bei einer Reduzierung des Durchmessers bei gleichbleibendem Volumenstrom Q das Gas mit höherer Geschwindigkeit v durch den Querschnitt A gedrückt werden muss. Somit erreicht die vorliegende Ausgestaltung bei Linearbegasern mit Eintragsöffnungen mit kleinen Durchmessern durch einen längenreduzierten und damit optimierten Strömungskanal eine Reduzierung der Druckverluste an den einzelnen Eintragsöffnungen. Hierdurch kann der Linearbegaser insgesamt mit weniger Druck und energiesparender betrieben werden.

[0029] Diese Längenreduktion jedes optimierten Strömungskanals ist das wesentliche Merkmal dieser Ausgestaltung, die auch dadurch gekennzeichnet ist, dass unabhängig vom Materialabtrag die Eintragsöffnungen eine gleichbleibende Qualität aufweisen.

[0030] Ein Linearbegaser zeichnet sich somit durch eine hohe Energieeffizienz aus, da eine im Vergleich zu Linearbegasern ohne Materialabtrag im Bereich einer Eintragsöffnung geringere Druckbeaufschlagung des

Gases genügt, um genügend Gas durch die Eintragsöffnungen zu leiten. Dabei ist durch das lediglich partielle Abtragen der Außenseite des Rohres gleichzeitig eine ausreichende Formstabilität der Rohre bewahrt. Vor dem Hintergrund, dass der Durchmesser der Eintragsöffnungen mit maximal 100 μm sehr klein ist und eine Begasungsanlage über eine Millionen Eintragsöffnungen aufweisen kann, ermöglicht ein verringerter Druckverlust an jeder einzelnen Eintragsöffnungen der Linearbegaser eine große energetische Effizienzsteigerung einer Begasungsanlage.

[0031] Dabei kann durch den abgetragenen Bereich eine ebene Fläche an der Außenseite des Linearbegasers ausgebildet sein. Vorteilhafterweise kann dabei der Linearbegaser so in der Nut angeordnet sein, dass die ebene Fläche sich parallel zu Oberseite der Fixierplatte erstreckt. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die ebene Fläche von der Oberseite emporsteht.

[0032] In einer Erfindungsvariante wird die Wanddicke des Rohres im abgetragenen Bereich um bis zu 1% bis 99%, insbesondere 50% bis 80% reduziert. Auf diese Weise ist eine effektive Verkürzung der Länge des Strömungskanals der Eintragsöffnungen ermöglicht und gleichzeitig eine ausreichende Stabilität des Rohres erhalten.

[0033] Eine weitere Ausführungsvariante sieht vor, dass der abgetragene Bereich eine ebene Fläche an der Außenseite bildet. Die ebene Fläche formt querschnittsmäßig eine Sekante, welche den Außenradius schneidet und eine flache Fläche an der Außenseite des Rohres bildet.

[0034] In einer weiteren Ausführungsvariante sind die Eintragsöffnungen entlang einer Linie in Richtung der Längsachse des Rohres angeordnet. Grundsätzlich kann die Anordnung der Eintragsöffnungen in einer so ausgestalteten Rohrwand beliebig gewählt werden, insbesondere so, wie es für den, angestrebten energieeffizienten Eintrag mit einem Linearbegaser vorteilhaft ist. Die Längsachse erstreckt sich dabei in die Richtung der Längserstreckung des Rohres.

[0035] In einer Ausgestaltung weisen die Eintragsöffnungen des Linearbegasers einen Durchmesser auf, der kleiner als 50 μm ist. Dabei kann sogar ein Durchmesser im Bereich von 10 μm bis 30 μm vorgesehen sein. Durch diese verhältnismäßig sehr kleinen Durchmesser der Eintragsöffnungen ist der Druckverlust entlang der Austrittsöffnung entsprechend groß. Vor diesem Hintergrund ist die Optimierung durch Reduzierung der Länge der Strömungskanäle der Eintragsöffnungen durch das Abtragen eines Teils der Rohrwand besonders wirkungsvoll. Die Durchmesser im Bereich von 10 μm bis 30 μm erlauben es, dass sich die Gasblasen vollständig in der Flüssigkeit auflösen können.

[0036] In einer weiteren Ausgestaltung weist das Rohr einen Innendurchmesser im Bereich von 2 bis 8 mm, insbesondere 3,5 mm bis 5,5 mm auf. Dabei ist insbesondere die Verwendung handelsüblicher Rohre mit einem Innendurchmesser von 4 mm bis 6 mm vorgesehen.

[0037] In einer weiteren Ausgestaltung weist das Rohr vor einem Materialabtrag eine Wanddicke im Bereich von 0,2 mm bis 2,0 mm, insbesondere von 0,3 mm bis 1,1 mm, auf. Die Verwendung handelsüblicher Rohre mit einer Wanddicke von 1 mm kann hierbei vorgesehen sein.

[0038] In einer Erfindungsvariante ist der abgetragene Bereich mit einem Fräser oder einem Hobel abgetragen. Zur Herstellung des Rohres ist dabei vorgesehen, das Rohr entlang des Fräasers oder des Hobels zu führen, sodass so Rohrmaterial von der Außenseite des Rohres abgetragen wird. Alternativ kann das Rohr auch durch eine vergleichbare spanabhebende Vorrichtung abgetragen werden. Grundsätzlich kann auch die Herstellung eines Rohres mit einer dem abgetragenen Bereich entsprechenden Abflachung vorgesehen sein, bei der die Abflachung von Anfang an bei der Rohrherstellung ausgebildet ist.

[0039] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Eintragsöffnungen sich in vertikaler Richtung im Rohr erstrecken. Die vertikale Richtung bezieht sich dabei auf die Position, wenn das Rohr in einer Begasungsanlage abgelegt ist. Die vertikale Ausrichtung bedeutet, dass die Eintragsöffnungen an der 12:00 Uhr Position in radialer Richtung verlaufen. Sofern die Eintragsöffnungen nicht durch die 12:00 Uhr Position verlaufen, verlaufen sie horizontal versetzt zur 12:00 Uhr Position in vertikaler Richtung. Die vertikale Ausrichtung ist insofern vorteilhaft, als sie erlaubt, die einzelnen Eintragsöffnungen durch Laserbohrung mit oberhalb des Rohres angeordnetem Laser auszubilden.

[0040] Es wird darauf hingewiesen, dass Fixiermittel z.B. in Form von Keilen oder Stiften vorgesehen sein können, die das Begaserrohr gegen ein Verdrehen in der Nut sichern.

[0041] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, in einem Klärbecken in horizontaler Ausrichtung in Bodennähe angeordnet zu sein. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Ausrichtung exakt horizontal angeordnet ist oder dass eine geringfügige Neigung des Linearbegaser vorliegt. So ist beispielsweise bei Durchmessern der Eintragsöffnungen kleiner als 40 µm ist eine geringfügige Neigung möglich.

[0042] In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass an mindestens einer Stirnseite der Fixierplatte ein Verteilerrohr angeordnet ist, das entlang der Stirnseite verläuft, wobei mindestens ein Rohr des Linearbegasers mit dem Verteilerrohr strömungstechnisch verbunden ist. Das Verteilerrohr kann beispielsweise mit einem Kompressor verbunden sein, der das Gas von einem Reservoir durch das Verteilerrohr zu dem Linearbegaser fördert.

[0043] Dabei kann vorgesehen sein, dass das mindestens eine Rohr des Linearbegasers gebogen ausgebildet ist, wobei die zwei Enden des Rohrs beide an der Stirnseite mit dem Verteilerrohr verbunden sind. Dabei kann der Linearbegaser eines oder mehrere gebogene Rohre aufweisen. Diese Ausgestaltung ist mit dem Vorteil verbunden, dass in einfacher Weise eine Versorgung mit

Gas bereit gestellt wird, da nur ein Verteilerrohr für das Gas erforderlich ist.

[0044] Ferner kann vorgesehen sein, dass das Verteilerrohr Öffnungen mit darin eingesetzten Dichtungen aufweist. Dabei ist das mindestens eine Rohr an seinem Ende in eine solche Dichtung eingesteckt. Für eine feste Verbindung zwischen Dichtung und Verteilerrohr kann beispielsweise eine Steckverbindung oder eine Schraubverbindung ausgebildet sein.

[0045] Es kann vorgesehen sein, dass die Komponenten Linearbegaser, Fixierplatte, Dichtung, Verteilerrohr so zusammengefügt werden, dass alle Komponenten eine monolithische Einheit bilden, die Fasern und vergleichbaren faserartigen und fasrigen Stoffen keine Möglichkeit zur Anlagerung geben. Somit ist eine Funktionsbeeinträchtigung und/oder Funktionseinschränkung beim Betriebszwecke eines Linearbegasers, beispielsweise durch Ablagerungen, die an den Eintragsöffnungen angeordnet sind, verhindert und ein gleichbleibend effektiver Eintrag des Gases oder eines Gasgemisches in die Flüssigkeit bereitgestellt.

[0046] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

- | | |
|--------------|---|
| Figur 1 | eine Ansicht auf eine Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten, bei der ein Linearbegaser in einer Fixierplatte durch eine den Linearbegaser aufnehmende Nut fixiert ist; |
| Figur 2 | ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten mit einem Linearbegaser und einer Fixierplatte; |
| Figur 3 | ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten mit einem Linearbegaser und einer Fixierplatte, wobei der Linearbegaser durch eine Mehrzahl an Fixierplatten fixiert ist; |
| Figur 4 | ein Ausführungsbeispiel einer Fixierplatte mit einer Nut, wobei die Nut exemplarisch unterschiedliche geometrische Formen aufweist; |
| Figur 5 | eine Querschnittsdarstellung zweier Nuten, in denen ein Linearbegaser angeordnet ist, wobei eine Nut kreisförmig und eine Nut trapezförmig ausgebildet ist; |
| Figuren 6-13 | Ansichten verschiedener Querschnittsformen des Linearbegasers; |
| Figur 14 | ein weiteres Ausführungsbeispiel einer |

Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten, wobei mehrere Rohre des Linearbegasers in der Fixierplatte befestigt sind und die Rohre des Linearbegasers jeweils an einer Stirnseite der Fixierplatte enden; und

Figur 15 ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung bestehend aus einer Fixierplatte mit daran fixierten Rohren des Linearbegasers sowie einem Verteilerrohr, das mit den Rohren verbunden ist und stirnseitig an der Fixierplatte anliegt.

[0047] Die Figur 1 zeigt eine Draufsicht auf eine Vorrichtung bzw. ein Eintragssystem zur Begasung von Flüssigkeiten, bei dem ein Linearbegaser 30 in einer Fixierplatte 31 fixiert ist. Der Linearbegaser 30 weist mindestens ein Rohr 1 mit einer Vielzahl an Eintragsöffnungen auf, wie anhand der Figur 5 und der Figuren 6 bis 13 im Einzelnen beschrieben wird.

[0048] Zur Eintragung von Gas in eine Flüssigkeit wird dabei Gas über den Linearbegaser 30 und durch die Eintragsöffnungen an die Flüssigkeit abgegeben. Dabei entstehen Gasblasen, die sich zumindest zum Teil in der umgebenen Flüssigkeit auflösen. Der Linearbegaser 30 ist typischerweise am Boden eines Beckens oder Reaktors befestigt und findet beispielsweise Verwendung bei dem Einbringen von Sauerstoff in Seen und Teiche oder bei der Abwasseraufbereitung durch das Einbringen von Luft, Sauerstoff und/oder Ozon oder als Ölsperre.

[0049] Der Linearbegaser 30 ist durch eine Nut 50 fest mit der Fixierplatte 31 verbunden. Die Nut 50 ist in eine Oberseite 35 der Fixierplatte 31 eingelassen und erstreckt sich über den gesamten Verlauf des Linearbegasers 30, sodass dieser entlang seiner gesamten Längserstreckung fest in der Fixierplatte 31 gehalten wird. Wie anhand der Figuren 4 und 5 weiter ausgeführt, fixiert die Nut 50 dabei den Linearbegaser über eine kraft- und/oder formschlüssige Verbindung.

[0050] In dem in Figur 1 dargestellten Beispiel weist der Linearbegaser zwei Enden 33 auf. Zwischen den Enden 33 verläuft der Linearbegaser 30 mäanderförmig, wobei sich jeweils geradlinige Abschnitte 32 und U-förmig gebogene Abschnitte 34 abwechseln. Die geradlinigen Abschnitte 32 sind parallel oder näherungsweise parallel zueinander angeordnet. Dabei bildet der Bereich der gebogenen Abschnitte 34 jeweils einen seitlichen Endbereich 40 und der Bereich der parallel angeordneten geradlinigen Abschnitte 32 einen mittleren Bereich 41.

[0051] In der dargestellten Ansicht sind die beiden Enden 33 des Linearbegasers 30 als offene Enden dargestellt. Im eingebauten Zustand ist allerdings vorgesehen, die Enden 33 jeweils mit einem Anschluss zu verbinden. Dabei sind beispielsweise eine Gaszuleitung, ein Verbindungsabschnitt zu einem weiteren Linearbegaser 30 oder ein Abschlusstopfen als Anschluss vorgesehen.

[0052] Die Figur 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Eintragssystems zur Begasung von Flüssigkeiten mit einem Linearbegaser 30, welcher durch eine Nut 50 auf einer Fixierplatte 31 fixiert ist. Der Verlauf des Linearbegasers 30 ist wiederum mäanderförmig mit gradlinig verlaufenden Abschnitten 32 und gebogenen Abschnitten 34, wobei die gebogenen Abschnitte 34 allerdings anders als bei der Figur 1 nicht U-förmig, sondern stärker kreisförmig mit einer Biegung um mehr als 180° ausgebildet sind. Entsprechend der Figur 1 bildet dabei ein Bereich der gebogenen Abschnitte 34 jeweils einen seitlichen Endbereich 40 und der dazwischen angeordnete Bereich der geradlinigen Abschnitte 32 bildet einen mittleren Bereich 41.

[0053] In dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die jeweiligen Enden 33 des Linearbegasers 30 am Rand der Fixierplatte 31 angeordnet. Auf diese Weise ist es auf einfache Weise möglich, eine weitere Fixierplatte mit einem weiteren nicht dargestellten Linearbegaser an die Fixierplatte 31 zu befestigen und somit den Linearbegaser 30 mit dem weiteren Linearbegaser zu verbinden.

[0054] In Figur 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem der Linearbegaser 30 mäanderförmig verläuft. Dabei ist der Linearbegaser 30 im Gegensatz zu den Figuren 1 und 2 nicht durchgehend durch die Nut 50 in nur einer Fixierplatte fixiert, sondern abschnittsweise durch mehrere Fixierplatten 311, 312 in jeweils einer Nut 50 aufgenommen.

[0055] In den seitlichen Endbereichen 40 ist der Linearbegaser 30 dabei durch jeweils zwei Fixierplatten 310 fixiert. Der Verlauf der Nuten 50 entspricht dem Verlauf des Linearbegasers 30. Im mittleren Bereich 41 sind zwei Fixierplatten 311 angeordnet, die die geradlinig verlaufenden, parallelen Abschnitte 32 des Linearbegasers 30 fixieren. Hierzu sind eine Vielzahl paralleler Nuten 50 in die Fixierplatte 311 eingelassen, wie anhand der Figur 4 näher erläutert wird.

[0056] Es wird darauf hingewiesen, dass die Anzahl der dargestellten Fixierplatten 311 im mittleren Bereich nur beispielhaft zu verstehen ist und deren Anzahl von der Länge der Abschnitte 32 und der Gesamtkonstruktion abhängt.

[0057] Auch kann in einer Abwandlung vorgesehen sein, dass nur die geradlinig verlaufenden Abschnitte 32 des Linearbegasers in einer Fixierplatte fixiert sind, während die Endbereiche 40 nicht in einer Fixierplatte fixiert sind. Die Fixierplatten 310 sind dann nicht vorhanden. Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn der Linearbegaser in den Endbereichen 40 keine Eintragsöffnungen aufweist. Dabei ist zu beachten, dass für einen gleichmäßigen Blaseneintrag hohe Anforderungen an die Lagetreue der Eintragsöffnungen gelten. Wenn jedoch in den gebogenen Abschnitten 34 keine Eintragsöffnungen ausgebildet sind, kann demzufolge auch eine weniger feste Fixierung in diesem Bereich ausreichend sein.

[0058] Ebenfalls lediglich beispielhaft ist der in den Fi-

guren 1-3 dargestellte mäanderförmige Verlauf des Linearbegasers 30 zu verstehen. Grundsätzlich sind zahlreiche Formen des Verlaufs des Linearbegasers 30 möglich, beispielsweise auch eine Spiralförmigkeit, ein schlangenförmiger Verlauf und eine Kombination verschiedener Verläufe.

[0059] Die Figur 14 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Fixierplatte 31, in die eine Mehrzahl an Rohren 1 eines Linearbegasers 30 eingesetzt sind. Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 14 umfasst der Linearbegaser 30 somit eine Mehrzahl von Rohren 1. Die Fixierplatte 31 weist eine Stirnseite 311 auf, an der die Rohre 1 des Linearbegasers 30 mit jeweils beiden Enden 33 abschließen. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Linearbegaser an den Enden 33 strömungstechnisch mit einem nicht dargestellten Verteilerrohr verbunden ist, wie anhand der Figur 15 erläutert.

[0060] Ausgehend von der Stirnseite 311 erstrecken sich die in der Fixierplatte 31 angeordneten Rohre 1 des Linearbegasers 30 zunächst in einem mittleren Bereich 41 der Fixierplatte 31 geradlinig und parallel zueinander. Sie bilden dort geradlinig verlaufende Abschnitte 32. In einem der Stirnseite 311 gegenüber liegenden Bereich der Fixierplatte 31 bilden die Rohre gebogene Abschnitte 34, in denen die Rohre 30 umgelenkt werden. Die entsprechenden Nut in der Fixierplatte 31 sind entsprechend gebogen.

[0061] Diese Formgebung ist jedoch nur beispielhaft zu verstehen. Alternativ können die Rohre 1 in anderer Weise zwischen den an der Stirnseite 311 endenden Enden 33 geführt werden. Das Ausführungsbeispiel ist mit einer erleichterten Endmontage verbunden, da nur an einer Seite der Fixierplatte 31 ein Verteilerrohr angebracht und dieses mit den Linearbegasern 30 verbunden werden muss.

[0062] In nicht dargestellten Ausführungsbeispielen kann alternativ vorgesehen sein, dass jeweils ein Ende 33 der Rohre 1 verschlossen und nur das andere Ende mit Gas beaufschlagt wird, beispielsweise über ein stirnseitig angeordnetes Verteilerrohr.

[0063] Die Figur 15 stellt einen Verbund von Fixierplatte 31, einem Linearbegaser 30 mit einer Mehrzahl an Rohren 1, die in entsprechende Nuten der Fixierplatte 31 eingesetzt sind, und einem Verteilerrohr 100 dar. Über das Verteilerrohr 100 kann mit Druck beaufschlagtes Gas, beispielsweise von einem Kompressor, zu den Rohren 1 geleitet werden. Das Verteilerrohr 100 weist eine Vielzahl an Öffnungen zur Verbindung mit den Rohren 1 auf. In die Öffnungen des Verteilerrohres 100 sind Dichtungen 101 eingeschraubt oder eingesteckt, in die wiederum die Rohre 1 des Linearbegasers 30 eingesteckt sind. Die in die Öffnungen eingesetzten Dichtungen 101 bilden in diesem Sinne integrierte Dichtungen, die im Falle einer Endmontage bereits in dem Verteilerrohr 100 vormontiert sein können. Dabei sind die jeweiligen Verbindungen so ausgelegt, dass ein sicherer Halt zwischen Verteilerrohr 100 und Rohr 1 besteht. Das Verteilerrohr 100 ist entlang einer der Stirnseiten 311 der Fixierplatte

31 angeordnet und mit der Fixierplatte 31 beispielsweise über eine oder mehrere Schellen 102 verbunden. Die Schelle 102 ist an einem Ende mit der Fixierplatte 31 über Verbindungsmittel, insbesondere Nieten oder Schrauben, verbunden und weist an dem anderen Ende einen bogenförmigen Bügel 103 zur Aufnahme des Verteilerrohres auf. Die Schelle 102 kann ein 3D-gedrucktes Kunststoffteil sein, dessen Bügel 103 so dimensioniert ist, dass das Verteilerrohr 100 in den Bügel eingeklemmt wird.

[0064] Das dargestellte Ausführungsbeispiel ermöglicht eine werkzeugfreie Montage, da das Einsetzen der Dichtungen 101 in das Verteilerrohr 100, das Einstecken der Rohre 1 des Linearbegasers 30 in die Dichtungen 101 und die Klemmung des Verteilerrohres 100 gegen die an der Fixierplatte 31 befestigte Schelle 102 händisch möglich ist.

[0065] In zusammengesetzten Zustand ist vorgesehen, dass die Bauteile eine mechanisch verbundene, monolithische Einheit bilden, ohne dass ein Zwischenraum zwischen der Fixierplatte 31 und dem Verteilerrohr 100 entsteht. Zwischenräume sind zu vermeiden, da sich in offenen Räumen Faserstoffe verhängen oder anlagern können. Die Anhaftungen bzw. Anlagerungen können dabei als Angriffsfläche des Wassers dienen. Dies hat eine erhöhte mechanische Belastung, insbesondere durch starke Zugkräfte, zur Folge. Außerdem können die Ablagerungen bei zunehmender Größe Flächenanteile über der Fixierplatte überdecken, sodass die Eintragsöffnungen teilweise überdeckt werden und die wirksame Eintragsfläche für den Gaseintrag reduziert wird.

[0066] Es kann vorgesehen sein, dass die Fixierplatte 31 modular einsetzbar ist. So können beispielsweise eine Vielzahl modularer Fixierplatten 31 nebeneinander angeordnet und mit einem Verbindungsrohr 100 verbunden sein.

[0067] Die Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Fixierplatte 31. In die Fixierplatte 31 sind mehrere parallele und geradlinig verlaufende Nuten 50 eingelassen. Die Fixierplatte 31 ist beispielsweise dazu geeignet, gemäß Figur 3 einen Linearbegaser 30 in einem mittleren Bereich 41 zu fixieren. Dabei sind in der Figur 4 Nuten 50-53 mit unterschiedlicher Querschnittsform 50-53 in der Fixierplatte 30 ausgebildet, wobei die verschiedenen Nutformen lediglich zur Anschaulichkeit in einem Beispiel dargestellt sind. Es ist an sich vorgesehen, dass die Nut 50-53 über den gesamten Verlauf des Linearbegasers 30 den gleichen Querschnitt aufweist, obwohl dies nicht notwendigerweise der Fall ist.

[0068] Die Nut 5 erstreckt sich von der Oberseite 35 der Fixierplatte 31 in Richtung einer Unterseite 36 der Fixierplatte 31. Für eine Fixierung des Linearbegasers in der Nut 50-53 kann die Nut 50-53 so geformt sein, dass der Linearbegaser 30 formschlüssig gehalten wird. Hierzu ist beispielsweise eine trapezförmige Querschnittsform 52 oder eine kreisbogenförmige Querschnittsform 53 vorgesehen. Bei diesen Querschnittsformen ist eine Verengung der Nut 52, 53 zur Oberfläche

35 der Fixierplatte 31 vorgesehen, sodass der Linearbegaser im eingesetzten Zustand in der Nut 52, 53 formschlüssig gehalten wird.

[0069] In einer alternativen Ausführungsform ist eine rechteckige Querschnittsform der Nut 51 vorgesehen, wobei die Nut 51 in diesem Fall so breit ausgebildet ist, dass der Linearbegaser 30 mit einer Presspassung in die Nut 51 eingeklemmt und demnach durch einen Kraftschluss gehalten wird. Alternativ dazu kann es bei einer rechteckförmigen Querschnittsform vorgesehen sein, den Linearbegaser durch einen Klebstoff in der Nut 51 zu fixieren.

[0070] Die Nut 51-53 wird beispielsweise durch einen entsprechend ausgeformten Fräser in der Fixierplatte 31 ausgebildet. Alternativ kann die Fixierplatte 31 mit der Nut hergestellt werden.

[0071] In der Figur 5 sind zwei Beispiele einer formschlüssigen Fixierung des Linearbegasers 30 in einer Nut 52, 53 dargestellt. Dabei ist die Aufnahme des Linearbegasers 30 in einer Nut mit kreisbogenförmigen Querschnitt 53 sowie mit trapezförmigen Querschnitt 52 dargestellt. Der Formschluss ist bei beiden Querschnittsformen durch eine Verengung der Nut 52, 53 zur Oberfläche 35 der Fixierplatte 31 realisiert. Dabei bildet die Nut 52, 53 in der Ebene der Oberfläche 35 eine engste Stelle 502. Es gilt, dass die Breite der Nut 52, 53 an der engsten Stelle 502 geringer ist als der Durchmesser des Linearbegasers 30, sodass dieser fest in der Nut 52, 53 gehalten wird und nicht herausrutschen kann. An der engsten Stelle 502 bildet die Nut 52, 53 zwei Lippen 520, 530 aus.

[0072] Die Nut 52, 53 weist eine Breite und eine Tiefe auf. Die Tiefe der Nut 52, 53 entspricht dem kleinsten Abstand zwischen dem tiefsten Punkt 501 der Nut 52, 53 und der Erstreckungsebene der Oberfläche 35 der Fixierplatte 31. Die Breite der Nut 52, 53 wird durch den Abstand zweier gleich tiefer Punkte in einer quer zur Erstreckungsrichtung der Nut verlaufenden Richtung definiert und ist dementsprechend höhenabhängig.

[0073] Der Linearbegaser 30 wird durch ein Rohr 1 gebildet, bei dem Material von einem Teil der Rohrwand an der Außenseite 11 des Rohres 1 abgetragen ist, sodass eine ebene Fläche 95 an der Außenseite 11 des Rohres 1 gebildet ist. Dabei ist der Linearbegaser 30 so in der Nut 52, 53 angeordnet, dass die ebene Fläche 95 sich parallel zur Oberfläche 35 der Fixierplatte erstreckt und gegenüber dieser vorsteht.

[0074] Weitergehend sind zwei Eintragsöffnungen 4 in der jeweiligen Querschnittsdarstellung des Linearbegasers 30 dargestellt, welche jeweils Teil einer in Verlaufsrichtung des Linearbegasers 30 verlaufenden Reihe an Eintragsöffnungen 4 im Linearbegaser 30 sind. In diesem Zusammenhang wird auf die in den Figuren 6 bis 13 dargestellten Ausführungsbeispiele verwiesen, insbesondere auf die Figur 12, in der diesem Ausführungsbeispiel entsprechend eine ebene Fläche 95 sowie zwei Reihen parallel verlaufender Eintragsöffnungen 4 dargestellt sind.

[0075] Es ist vorgesehen, dass die ebene Fläche 95

von der Oberfläche 35 der Fixierplatte 31 hervorsteht. Es gilt für die Tiefe der Nut 52, 53, dass diese geringer ist als der Außendurchmesser des Linearbegasers 30. Auch bei Verwendung eines Linearbegasers mit einem in anderer Weise ausgebildeten abgetragenen Bereich und einer dadurch bereitgestellten ebenen Fläche 95, beispielsweise entsprechend den Figuren 7-9 und 13, kann vorgesehen sein, dass die ebene Fläche 95 gegenüber der Oberfläche 35 der Fixierplatte 31 absteht.

[0076] Zum Einsetzen des Linearbegasers 30 in die Nut 52, 53 kann vorgesehen sein, dass die Fixierplatte 31 aus einem Material besteht, das eine ausreichende Flexibilität besitzt, damit der Linearbegaser 30 unter elastischer Verformung der Lippen 520, 530 beim Einsetzen des Linearbegasers 30 aufgebogen wird. Für diesen Fall besitzt das Material der Fixierplatte 31 eine größere Elastizität als das Material, aus dem der Linearbegaser 30 gebildet ist. Alternativ kann vorgesehen sein, dass der Linearbegaser 30 derart zusammengedrückbar ist, dass sich der Linearbegaser 30 an der engsten Stelle 502 vorbei in die Nut 52, 53 einsetzen lässt. In diesem Fall besitzt das Material, aus dem der Linearbegaser 30 besteht, eine größere Elastizität als das Material der Fixierplatte 31.

[0077] Das Ausführungsbeispiel der Figur 5 kombiniert die Vorteile der Anordnung des Linearbegasers in Nuten einer Fixierplatte mit den Vorteilen eines Linearbegasers, der im Bereich der Eintragsöffnungen abgetragen ist und dort eine reduzierte Wanddicke und eine entsprechend reduzierte Strömungskanalänge der Eintragsöffnungen aufweist.

[0078] Insbesondere ermöglicht die Fixierung des Linearbegasers in den Nuten einer Fixierplatte eine exakt horizontale Ausrichtung der Fixierplatte und des Linearbegasers, so dass an den Eintragsöffnungen im Wesentlichen der identische hydrostatische Druck herrscht und dementsprechend das aus den Eintragsöffnungen austretende Gas in gleichem Maße über die Länge des Linearbegasers austritt.

[0079] Die Figuren 6 bis 13 zeigen im Querschnitt verschiedene Beispiele eines Linearbegasers, welcher in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten eingesetzt werden kann.

[0080] Das in Figur 6 dargestellte Beispiel eines Linearbegasers weist ein Rohr 1 mit der Außenseite 11 und einem Außenradius R1 sowie eine Innenseite 12 mit einem Innenradius R2 auf. Die Differenz zwischen dem Außenradius R1 und dem Innenradius R2 definiert eine Wanddicke S des Rohres 1. Das Rohr 1 weist beispielsweise einen Innendurchmesser von 4 mm bei einer Wanddicke S von 1 mm auf. Alternative, nicht dargestellte Ausführungsbeispiele sehen einen Innendurchmesser im Bereich von 2 mm bis 6 mm, insbesondere 3,5 mm bis 5,5 mm und eine Wanddicke S im Bereich von 0,2 mm bis 2,0 mm, insbesondere von 0,3 bis 1,1 mm vor. Eine Vielzahl an Eintragsöffnungen 4 ist dabei in das Rohr 1 eingelassen, durch die das Gas aus dem Innenraum 2 in das umgebene flüssige Medium geleitet wird.

[0081] Die Eintragsöffnungen 4 können synonym als

Austrittsöffnungen bezeichnet werden und bilden einen Strömungskanal, der sich von der Innenseite 12 zur Außenseite 11 des Rohres erstreckt und der eine Länge aufweist.

[0082] In dieser Querschnittsdarstellung ist jeweils nur eine Eintragsöffnung 4 dargestellt, wobei weitere Eintragsöffnungen entlang einer Linie/Reihe entlang der Längsachse des Rohres angeordnet sind. Die Eintragsöffnung 4 weist ein an der Innenseite 12 angeordnetes inneres Ende 5 und ein an der Außenseite 11 angeordnetes äußeres Ende 6 auf. Dementsprechend definiert der Abstand zwischen dem inneren Ende 5 und dem äußeren Ende 6 die Länge des Strömungskanals.

[0083] Die Rohre sind beispielsweise aus Polyamid 6 (PA 6) gefertigt. In alternativen Ausführungsformen können auch andere Materialien, insbesondere andere Kunststoffe verwendet werden.

[0084] In dem in Figur 6 dargestellten Ausführungsbeispiel eines Linearbegasers weist sowohl die Innenseite 12 als auch die Außenseite 11 des Rohres 1 einen kreisförmigen Querschnitt auf. Der durch die Eintragsöffnung 4 gebildete optimierte Strömungskanal 4 erstreckt sich in radialer Richtung. Die durch den Abstand des inneren Endes 5 und des äußeren Ende 6 definierte Länge Strömungskanals entspricht der Wanddicke S des Rohres.

[0085] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele erörtert, die anders als bei der Figur 6 einen Materialabtrag des Rohres 1 an dessen Außenseite 11 vorsehen.

[0086] Die Figur 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen Linearbegaser, bei dem Material von einem Teil der Rohrwand an der Außenseite 11 des Rohres 1 abgetragen ist. Ein Abtragen des Material von der Rohrwand kann beispielsweise durch Fräsen, Hobeln oder mit einer vergleichbaren spanabhebenden Vorrichtung geschehen. Durch das Abtragen ist ein abgetragener Bereich 8 gebildet, der einen hinsichtlich des Außenradius R1 reduzierten Bereich darstellt und durch den die Wanddicke S im Bereich des Abtrags um bis zu 99%, insbesondere um 50% bis 80% reduziert ist.

[0087] In diesem Ausführungsbeispiel ist durch den abgetragenen Bereich 8 eine ebene Fläche 9 an der Außenseite 11 des Rohres 1 gebildet. Die Eintragsöffnung 4 ist an der Stelle in dem abgetragenen Bereich 8 angeordnet, an dem die Wanddicke S am geringsten ist und der Strömungskanal erstreckt sich in radialer Richtung von dem an der Innenseite 12 angeordneten inneren Ende 5 zur an der Außenseite 11 angeordneten äußeren Ende 6 der Eintragsöffnung 4. Somit ist die durch den Abstand zwischen dem äußeren Ende 6 und dem inneren Ende 5 gebildete Länge des Strömungskanal im Vergleich zum in Figur 6 gezeigten Beispiel verringert und demnach optimiert.

[0088] Grundsätzlich gilt für die Durchströmung eines Fluides durch einen Strömungskanal (hier: die Eintragsöffnung 4), dass der dabei entstehende Druckverlust abhängig von der Länge des Strömungskanals ist: Je länger der Kanal, desto größer der entstehende Druckverlust. Diesem Prinzip entsprechend tritt ein Druckverlust beim

Durchströmen des Strömungskanals an den Eintragsöffnungen 4 zwischen dem inneren Ende 5 und dem äußeren Ende 6 auf. Durch den Materialabtrag an der Außenseite 11 des Rohres 1 und damit der Reduzierung der Länge des Strömungskanals ist somit der Druckverlust beim Durchtreten des Gases durch die Eintragsöffnung 4 reduziert und der Strömungskanal strömungstechnisch optimiert. Dementsprechend ist durch Verkürzung der Länge ein reibungsreduzierter und so optimierter Strömungskanal durch die Rohrwand ausgebildet, der im Weiteren auch als optimierter Strömungskanal bezeichnet wird. Dies spielt insbesondere eine große Rolle bei einer großen Anzahl der Eintragsöffnung und einem geringen Durchmesser der Eintragsöffnung, der vorliegend bei maximal 100 μm liegt.

[0089] Bei dem dargestellten Linearbegaser weisen die durch die Eintragsöffnung 4 gebildeten Strömungskanäle einen Durchmesser im Bereich von 10 μm bis 30 μm auf. In alternativen Ausführungsformen können die Durchmesser zwar größer sein, jedoch nicht größer als 100 μm . Durch die geringen Strömungsdurchmesser steigt entsprechend der Druckwiderstand beim Durchströmen des Strömungskanals. Insbesondere bei solch kleinen Durchmessern stellt eine Reduzierung des Druckwiderstands durch Verkürzung der Länge des Strömungskanals eine effektive Verbesserung der Funktionsweise eines Linearbegasers und einer eine Mehrzahl an Linearbegasern umfassende Begasungsvorrichtung dar.

[0090] Der abgetragene Bereich 8 erstreckt sich in dem Ausführungsbeispiel über die gesamte Längsachse bzw. Längserstreckung des Rohres. In alternativen Ausführungsbeispielen kann der abgetragene Bereich 8 jedoch auch nur entlang eines Rohrabschnittes oder entlang mehrerer Rohrabschnitte ausgebildet sein.

[0091] Die Figur 8 zeigt ein der Figur 7 entsprechendes weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem im Vergleich zu Figur 7 jedoch deutlich mehr Material vom Rohr 1 abgetragen ist, sodass die Länge der durch die Eintragsöffnung 4 gebildeten Strömungskanäle 4 deutlich geringer ist und der Druckverlust beim Durchströmen jedes Strömungskanals weiter optimiert, weil verringert ist.

[0092] Die Figur 9 stellt eine weitere Variante eines Rohres 1 für einen Linearbegaser dar. Dabei ist, wie in den Figuren 7 und 8 dargestellt, eine ebene Fläche 9 durch den abgetragenen Bereich 8 gebildet. Im Gegensatz zu den bisher genannten Ausführungsbeispielen ist der optimierte Strömungskanal der Eintragsöffnung 4 in diesem Ausführungsbeispiel nicht in radialer Richtung und nicht senkrecht zur ebenen Fläche 9 angeordnet. Auf diese Weise bildet der Strömungskanal 4 nicht die kürzeste mögliche Verbindung zwischen Innenseite 12 und Außenseite 11 des Rohres 1. Dennoch ist durch den abgetragenen Bereich 8 die Länge des Strömungskanals 4 im Vergleich zu dem in der Figur 6 dargestellten Ausführungsbeispiel eines unbehandelten Rohres 1 verringert und demnach optimiert.

[0093] Figur 10 stellt ein Rohr mit zwei abgetragenen

Bereichen 81, 82 dar, die jeweils eine ebene Fläche 91, 92 an der Außenseite des Rohres bilden und in die jeweils Eintragsöffnungen 4 mit optimierten Strömungskanälen entlang einer Linie eingelassen sind. In diesem Beispiel treffen die beiden ebenen Flächen 91, 92 aufeinander. In weiteren Ausführungsbeispielen kann alternativ vorgesehen sein, dass sich die ebenen Flächen 91, 92 nicht gegenseitig berühren, sodass dass sie jeweils bis zum Außenradius R1 des Rohres 1 verlaufen.

[0094] Die beiden abgetragenen Bereiche 81, 82 und die jeweils an den ebenen Flächen 91, 92 angeordneten optimierten Strömungskanäle sind dabei symmetrisch zueinander angeordnet, wobei die Symmetrieachse 10 durch den nicht dargestellten Mittelpunkt des Rohres und den Berührungspunkt der ebenen Flächen 91, 92 verläuft. Die optimierten Strömungskanäle der Eintragsöffnungen 4 können, wie hier dargestellt, parallel zu der Symmetrieachse 10 und dementsprechend auch parallel zueinander verlaufen. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die Strömungskanäle an beiden abgetragenen Bereichen 81, 82 die gleiche Länge aufweisen können und somit der Druckwiderstand in den optimierten Strömungskanälen gleich sein kann. Bei gleichem Druckwiderstand wird somit erreicht, dass der durch die einzelnen Eintragsöffnungen 4 tretende Gasstrom gleich groß sein kann.

[0095] Die Ausgestaltung gemäß der Figur 10 ist geeignet für Linearbegaser, bei denen die Rohre mindestens zwei Reihen von Eintragsöffnung aufweisen können.

[0096] Die Figur 11 stellt eine weitere Ausführungsform eines Rohres 1 für einen Linearbegaser dar, bei dem zwei Bereiche 83, 84 abgetragen sind. Die beiden abgetragenen Bereiche 83, 84 sind einander gegenüber angeordnet, sodass die durch die beiden Bereiche 83, 84 gebildeten ebenen Flächen 93, 94 zueinander parallel verlaufen. Dabei ist ein erster Bereich 83 stärker abgetragen als ein zweiter Bereich 84, sodass auch die Länge des optimierten Strömungskanals 4 an dem ersten Bereich 83 kürzer ist und damit auch der Druckwiderstand in diesem ersten Bereich 83 geringer ist.

[0097] Diese Anordnung ermöglicht, dass bei niedrigerem Druck das Gas nur aus dem kürzeren optimierten Strömungskanal und bei höherem Druck gleichzeitig auch aus dem längeren optimierten Strömungskanal in das umgebende flüssige Medium gefördert werden kann, womit diese Betriebsweise die Anpassung der erforderlichen Gasvolumenstroms an die erforderliche Eintragsmenge mit nur einem Rohr eines Linearbegasers zulässt.

[0098] Die Ausgestaltung der Figur 11 ist ein Beispiel dafür, dass die Eintragsöffnung nicht notwendigerweise in vertikaler Richtung verlaufen müssen, sondern auch dann radial ausgerichtet sein können, wenn sie sich nicht in der 12:00 Uhr Position des abgelegten Rohres befinden und wie durch diese Ausführungsvariante eine bedarfsgerechte Eintragssteuerung erreichbar ist. Diese Ausgestaltung ist allerdings nur dann für die Anordnung in einer Nut geeignet, wenn noch ausreichend Abstand

zur Nutwand besteht, damit das Gas aus der Nut in die Flüssigkeit austreten kann. Dies kann z.B. in Ausgestaltungen der Fall sein, in denen der Linearbegaser in die Nut eingeklebt ist.

[0099] Die Figur 12 zeigt eine weitere Ausgestaltung des Linearbegasers. Dabei ist ein Bereich 85 an der Oberseite des Rohres abgetragen, welcher dem abgetragenen Bereich 8 des in Figur 7 gezeigten Ausführungsbeispiels entspricht. Im Gegensatz zur Figur 7 sind in dem abgetragenen Bereich 85 zwei parallele Reihen an Eintragsöffnung 4 eingelassen. Dabei sind die beiden Eintragsöffnungen 4 so weit voneinander beabstandet, dass Gasblasen 3, die aus den Eintragsöffnungen 4 strömen, im flüssigen Medium nicht koalieren können. Ähnlich wie beim in der Figur 10 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Linearbegaser symmetrisch, wobei die Symmetrieachse 10 mittig zwischen den Eintragsöffnungen 4 und durch den nicht dargestellten Mittelpunkt des Rohres 1 verläuft. Die beiden Strömungskanäle der Eintragsöffnungen 4 verlaufen dabei parallel zueinander und parallel zur Symmetrieachse 10.

[0100] Zusätzlich ist ein abgetragener Bodenbereich 86 für eine erhöhte Lagestabilität ausgebildet. Der abgetragene Bodenbereich 86 stellt eine Unterseite des Linearbegasers dar, sodass der Linearbegaser gegen einen flachen Boden plan aufliegen kann.

[0101] Die Figur 13 stellt eine weitere Ausführungsform eines Linearbegaser dar. Dabei sind zwei abgetragene Bereiche 87, 88 ausgebildet, in denen jeweils Eintragsöffnungen 4 mit optimierten Strömungskanälen angeordnet sind. Im Gegensatz zu den vorherigen Ausführungsbeispielen ist die Außenseite des Linearbegasers am abgetragenen Bereich 87, 88 nicht durch eine einzige, durchgängige, ebene Fläche gebildet, sondern stufig gestaltet. Dabei wird jeweils eine Ecke durch eine ebene Fläche 97, 98 und eine senkrechte Wandung 11, 12 gebildet. Die senkrechte Wandung 11, 12 erstreckt sich dabei jeweils von der ebenen Fläche 97, 98 in senkrechter Richtung hin zur Außenseite 11. Dabei liegen die ebenen Flächen 97, 98 in einer gemeinsamen Ebene. Die beiden senkrechten Wandungen 11, 12 bilden einen radialen Vorsprung zwischen den ebenen Flächen 97, 98.

[0102] Auf diese Weise ist zwischen den abgetragenen Bereichen 87, 88 ein verbleibender Bereich ohne Materialabtrag ausgebildet. Dadurch weist das Rohr 1 eine größere mechanische Gesamtstabilität auf. Darüber hinaus schützen die senkrechten Wände 11, 12 teilweise die in das flüssige Medium eingebrachten Gasblasen 3, indem sie, beispielsweise bei einer seitlichen Strömung der Flüssigkeit verhindern, dass die Blasen 3 unmittelbar zur benachbarten Eintragsöffnung 4 strömen und dort gegebenenfalls mit weiteren Blasen 3 koalieren.

[0103] Die senkrechten Wandungen 11, 12 sind in diesem Ausführungsbeispiel parallel zueinander ausgebildet. In weiteren Ausführungsvarianten kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die senkrechten Ebenen 11, 12 nicht senkrecht zu den ebenen Flächen 97, 98 und/oder parallel zueinander, sondern beliebig winkelig ausgebil-

det sind.

[0104] Ferner ist in dem Beispiel ein der Figur 13 ebenfalls ein abgetragener Bodenbereich 86 ausgebildet.

[0105] Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist und verschiedene Modifikationen und Verbesserungen vorgenommen werden können, ohne von den hier beschriebenen Konzepten abzuweichen. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass zusätzlich weitere abgetragene Bereiche mit jeweils dort angeordneten Eintragsöffnungen 4 mit optimierten Strömungskanälen vorgesehen sind. Auch kann beispielsweise ein abgetragener Bodenbereich 86 auch in Kombination mit den in den Figuren 1 bis 11 gezeigten Ausführungsbeispielen vorgesehen sein. Ferner kann in sämtlichen Ausführungsbeispielen vorgesehen sein, dass die optimierten Strömungskanäle sich in radialer oder nicht in radialer Richtung erstrecken.

[0106] Es wird darauf hingewiesen, dass beliebige der beschriebenen Merkmale separat oder in Kombination mit beliebigen anderen Merkmalen eingesetzt werden können, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen. Die Offenbarung dehnt sich auf alle Kombinationen und Unterkombinationen eines oder mehrerer Merkmale aus, die hier beschrieben werden und umfasst diese. Sofern Bereiche definiert sind, so umfassen diese sämtliche Werte innerhalb dieser Bereiche sowie sämtliche Teilbereiche, die in einen Bereich fallen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Begasung von Flüssigkeiten, die aufweist,
 - mindestens einen Linearbegaser (30) zur Eintragung von Gas in eine Flüssigkeit, wobei der Linearbegaser (30) mindestens ein Rohr (1) mit mindestens einer Eintragsöffnung (4) aufweist,
 - eine Fixierplatte (31) mit einer planen Oberseite (35),
 - mindestens eine Nut (50, 51, 52, 53), die in die Oberseite (35) der Fixierplatte (31) eingelassen ist und in die zumindest ein Abschnitt des Linearbegasers (30) aufgenommen und fixiert ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Linearbegaser (30) entlang seines gesamten Verlaufs durch die Nut (50, 51, 52, 53) fixiert ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung mehrere Fixierplatten (310, 311) aufweist, die jeweils Abschnitte des Linearbegasers (30) fixieren.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fi-

xierplatte (31) dazu vorgesehen und ausgebildet ist, mehrere parallele Abschnitte (32) des Linearbegasers (30) aufzunehmen.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Linearbegaser (30) mäanderförmig zwischen zwei seitlichen Endbereichen (40) verläuft.
6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nut (52) im Querschnitt trapezförmig oder kreisförmig oder rechteckig ausgebildet ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nut (50, 51, 52, 53) dazu ausgebildet und vorgesehen ist, den Linearbegaser (30) formschlüssig und/oder kraftschlüssig zu fixieren.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nut (50, 52, 53) sich zur Oberseite (35) der Fixierplatte (31) im Querschnitt verengt.
9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nut (50, 51, 52, 53) eine Nuttiefe aufweist, die geringer ist als der Außendurchmesser des Linearbegasers (30), sodass der Linearbegaser (30) in die Nut eingesetzten Zustand gegenüber der Oberseite (35) teilweise vorsteht.
10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (1) des Linearbegasers (30) zumindest abschnittsweise an seiner Außenseite (11) im Bereich der Eintragsöffnungen (4) abgetragen ist und dort einen abgetragenen Bereich (8) bildet, wobei das Rohr (1) im abgetragenen Bereich (8) eine reduzierte Wanddicke (S) und eine entsprechend reduzierte Strömungskanallänge der Eintragsöffnungen (4) aufweist.
11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, in einem Klärbecken in horizontaler Ausrichtung in Bodennähe angeordnet zu sein.
12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fixierplatte im Vergleich zum Material des Linearbegasers aus einem elastischeren Material besteht.
13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an mindestens einer Stirnseite (311) der Fixierplatte (31)

ein Verteilerrohr (100) angeordnet ist, das entlang der Stirnseite (311) verläuft, wobei mindestens ein Rohr (1) des Linearbegasers (30) mit dem Verteilerrohr (100) strömungstechnisch verbunden ist.

5

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Rohr (1) des Linearbegasers (30) gebogen ausgebildet ist, wobei die zwei Enden (33) des Rohrs (1) beide an der Stirnseite (311) mit dem Verteilerrohr (100) verbunden sind.

10

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verteilerrohr (100) Öffnungen mit darin eingesetzten Dichtungen (101) aufweist, wobei das mindestens eine Rohr an mindestens einem Ende in eine solche Dichtung 101 eingesteckt ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

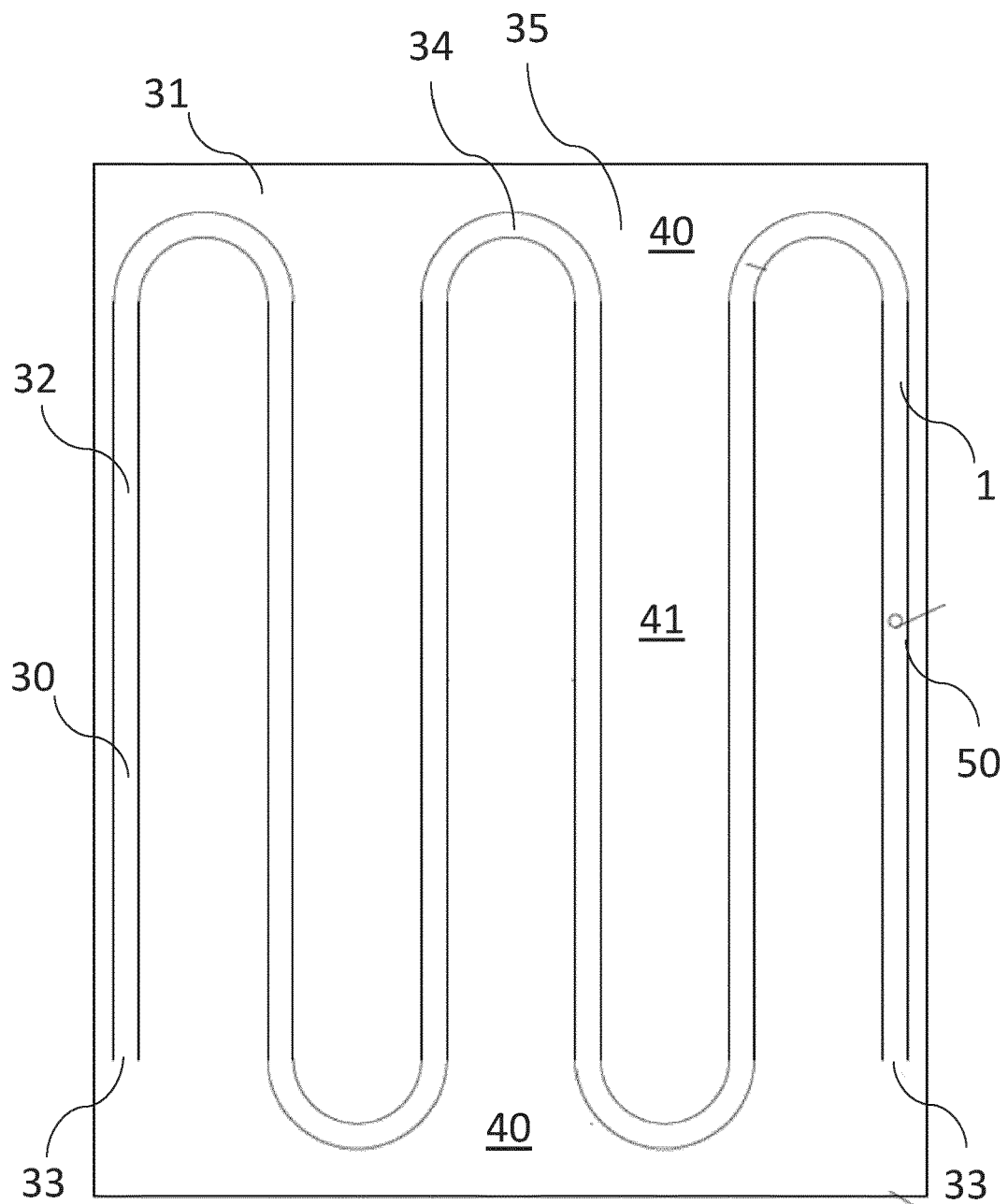


Fig. 1

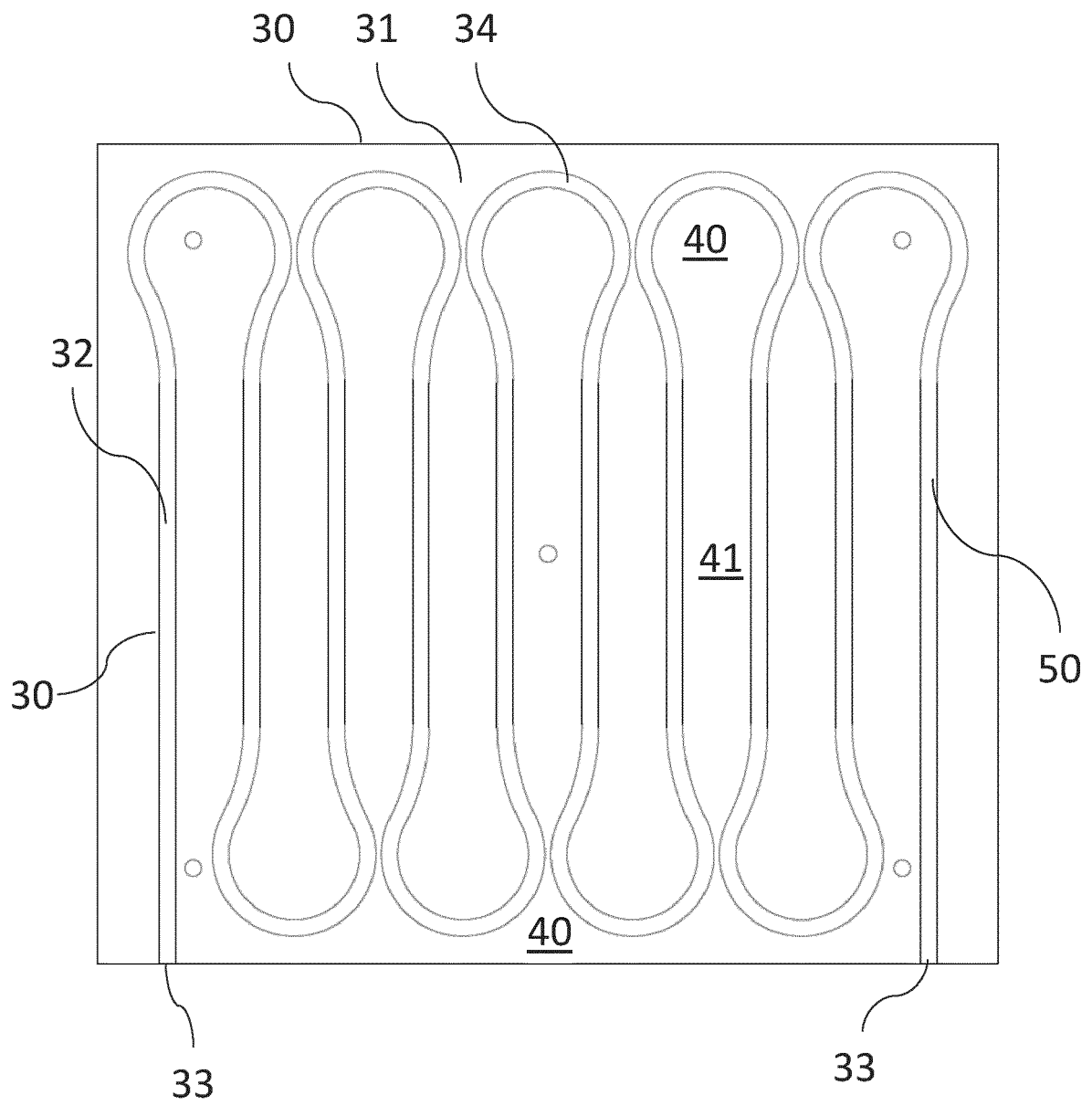


Fig. 2

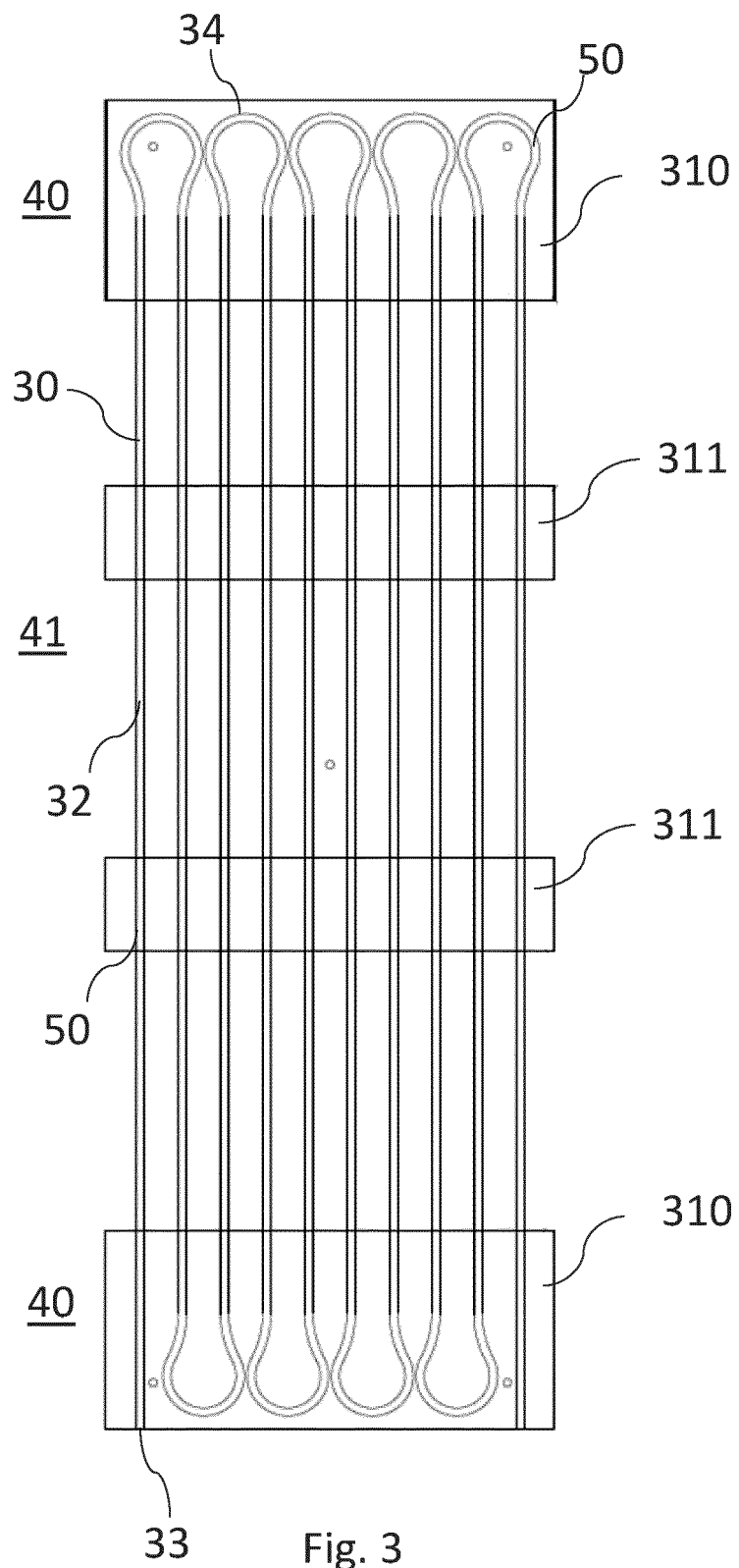


Fig. 3

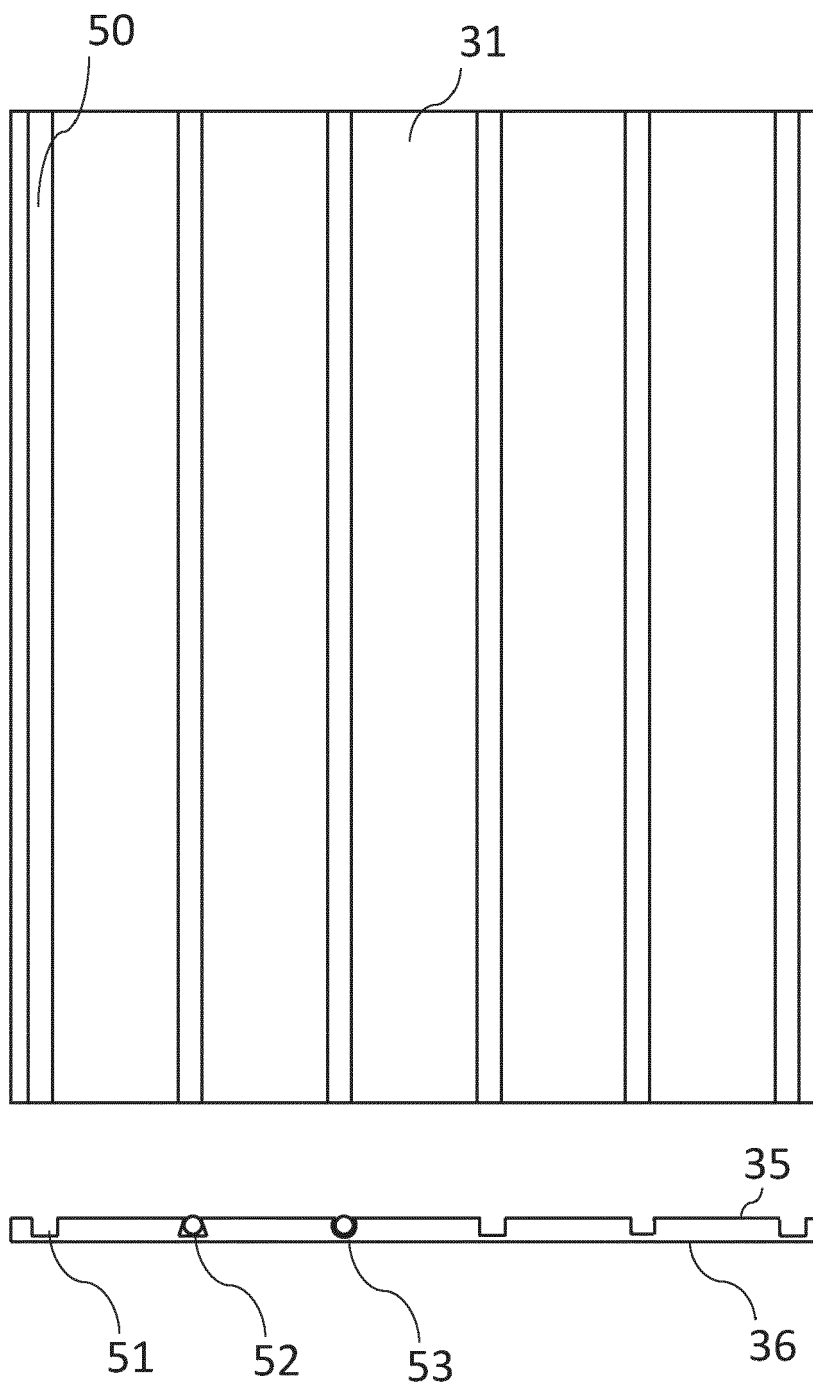


Fig. 4

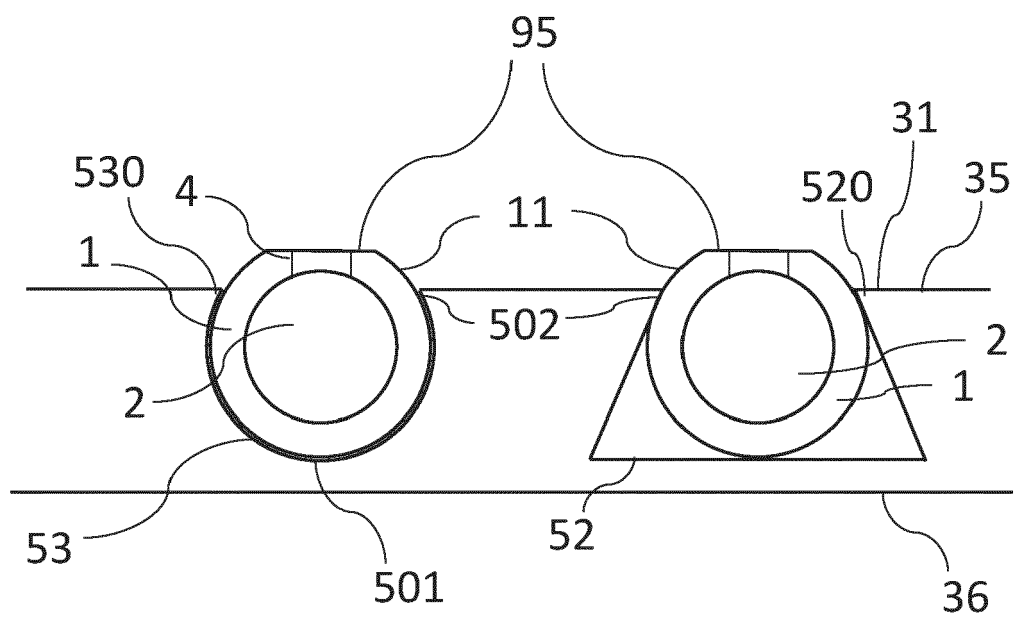


Fig. 5

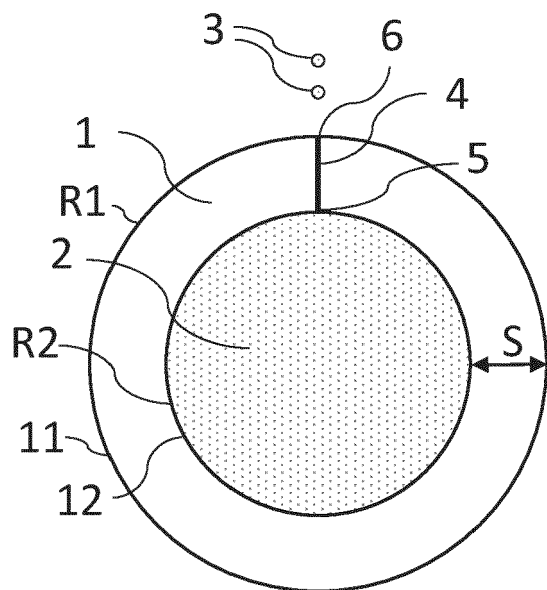


Fig. 6

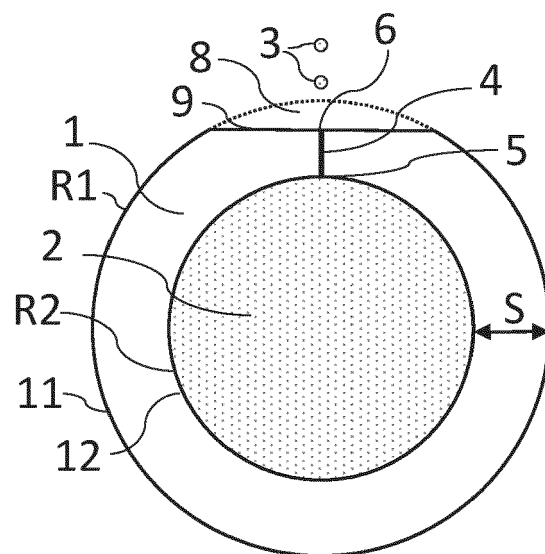


Fig. 7

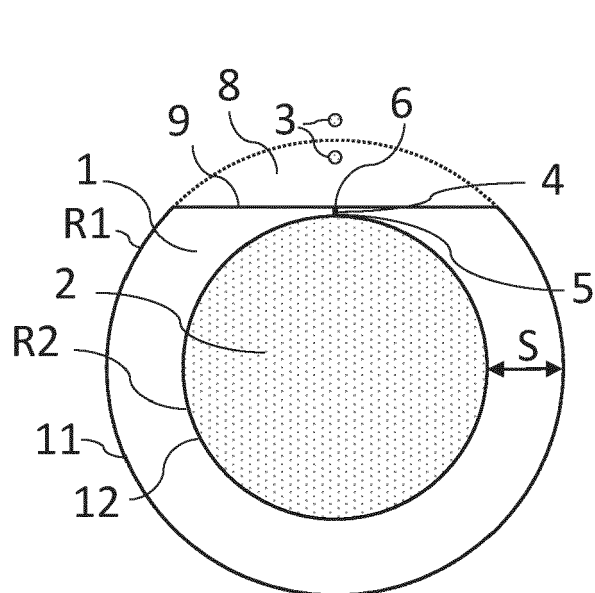


Fig. 8

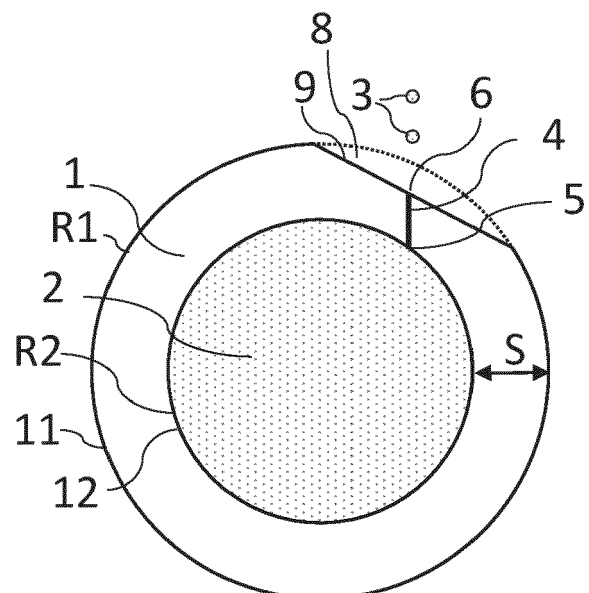


Fig. 9

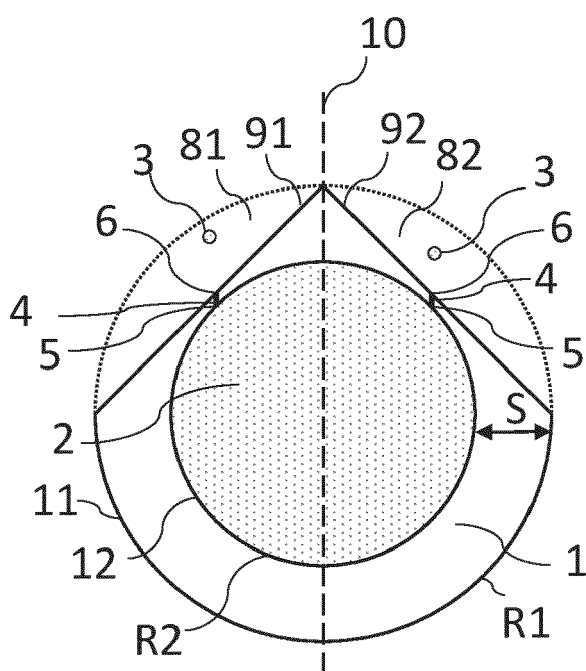


Fig. 10

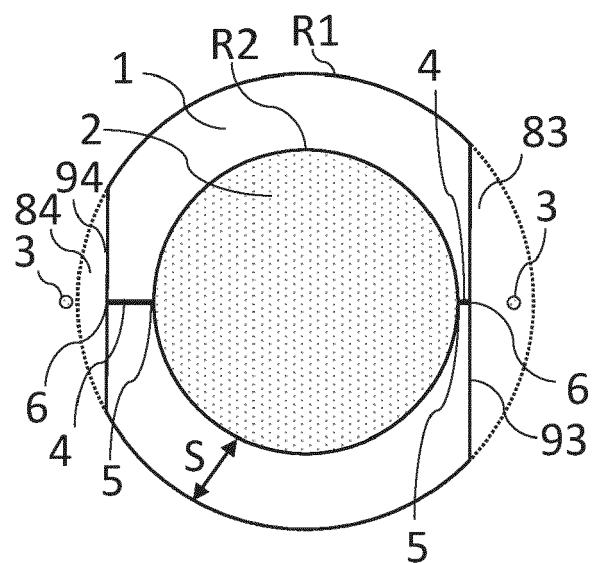


Fig. 11

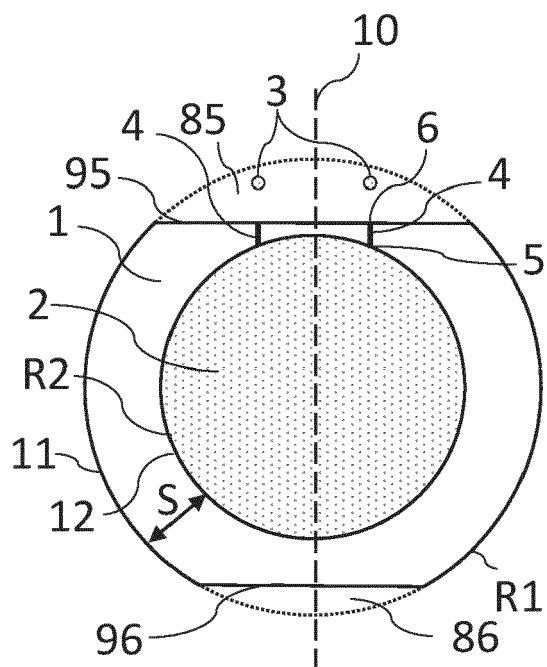


Fig. 12

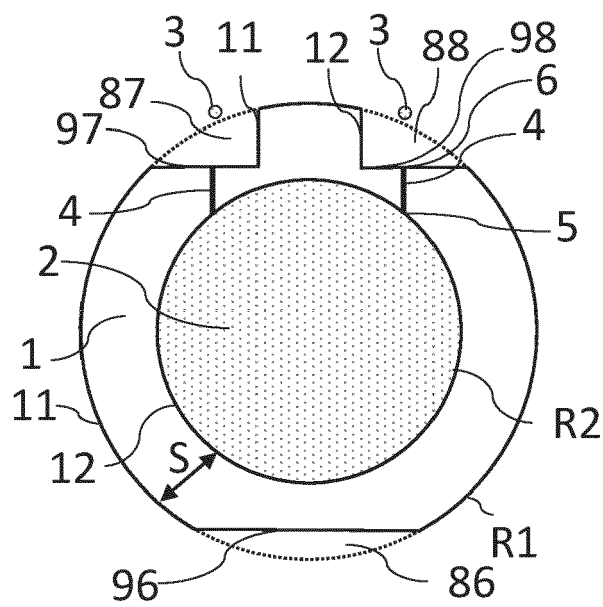
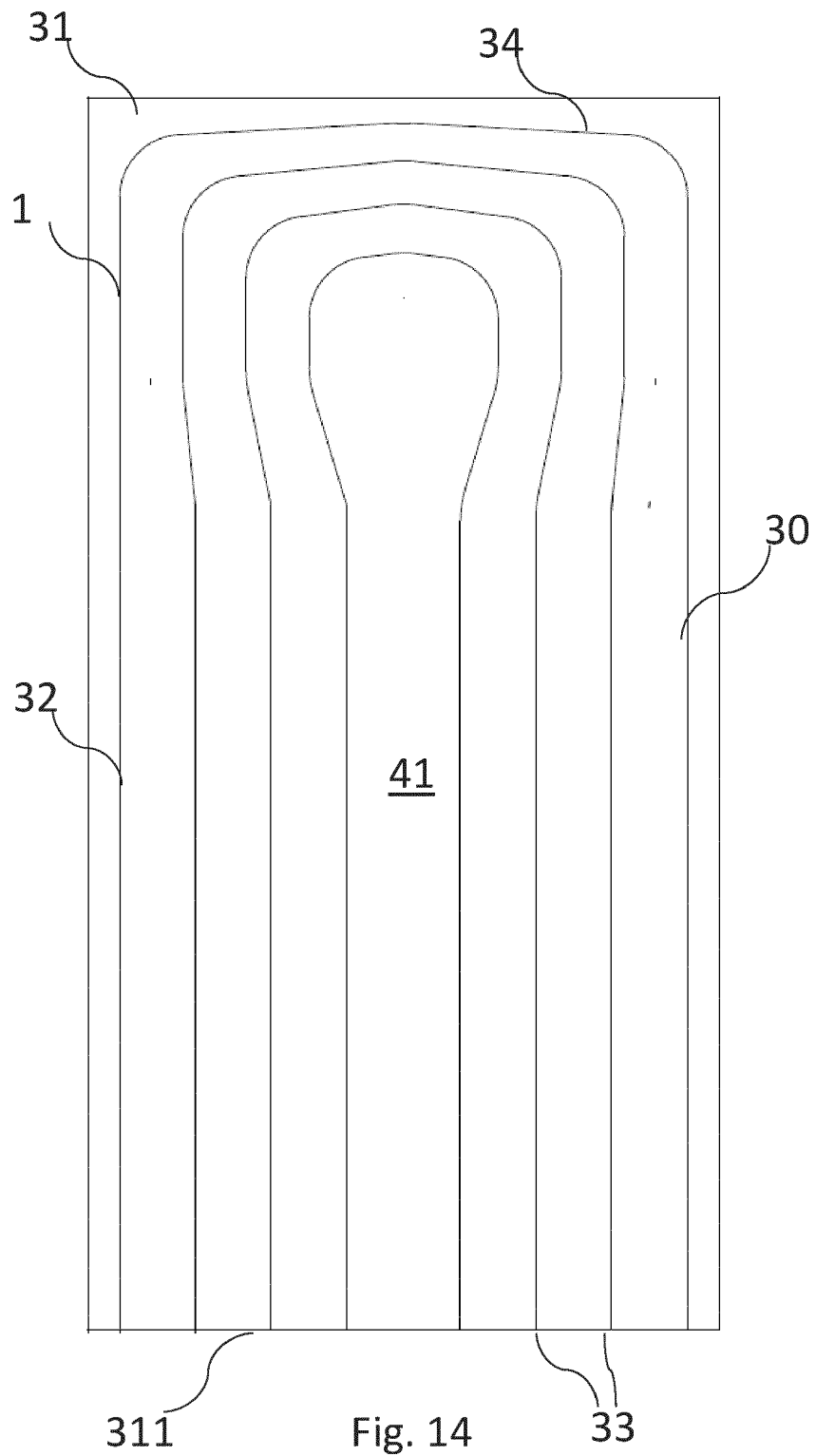


Fig. 13



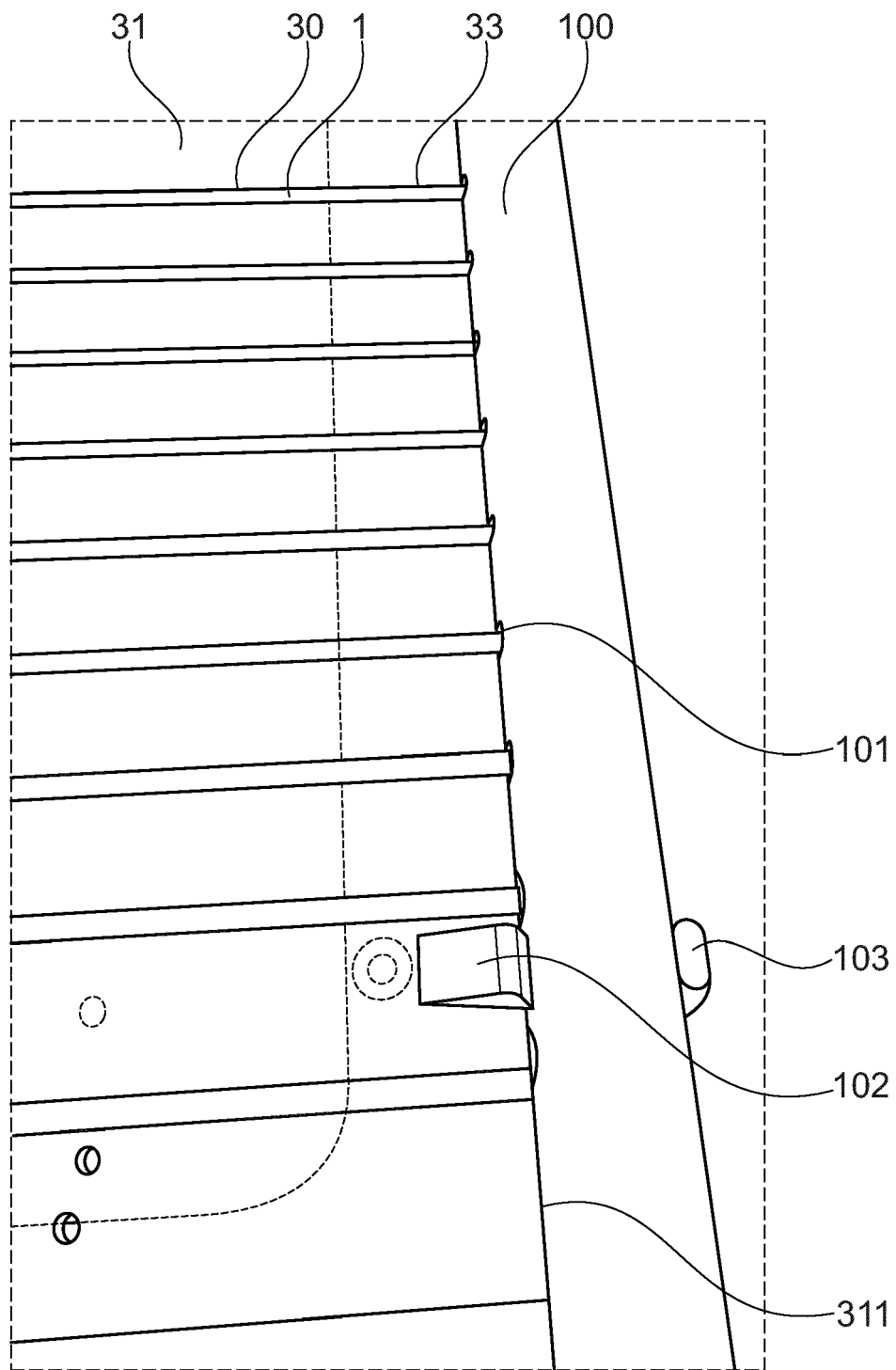


Fig. 15



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 21 5503

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 512 447 A1 (MESSER GRIESHEIM GMBH [DE]) 11. November 1992 (1992-11-11) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1-4 * * Spalte 3, Zeile 43 - Spalte 4, Zeile 23 *	1-15	INV. B01F23/231 ADD. B01F101/00
A	JP 2007 061774 A (BUSSAN NANOTECH RES INST INC) 15. März 2007 (2007-03-15) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 *	1-15	
A	CN 101 033 099 A (CHANGSHU FAN CO LTD [CN]) 12. September 2007 (2007-09-12) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1-4 *	1-15	
A	US 2012/037574 A1 (GARDINER JACK COLLIE [US] ET AL) 16. Februar 2012 (2012-02-16) * Zusammenfassung * * Abbildungen 2,3 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	DE 198 15 460 A1 (WEINHOLD GERD [DE]) 21. Oktober 1999 (1999-10-21) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 *	1-15	B01F C02F A01K B01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. Mai 2023	Prüfer Krasenbrink, B
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	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 21 5503

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

17-05-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0512447 A1	11-11-1992	AT 112755 T	15-10-1994
		DE 4115300 A1	12-11-1992
		EP 0512447 A1	11-11-1992

JP 2007061774 A	15-03-2007	KEINE	

CN 101033099 A	12-09-2007	KEINE	

US 2012037574 A1	16-02-2012	EP 2398742 A1	28-12-2011
		US 2012037574 A1	16-02-2012
		WO 2010096440 A1	26-08-2010

DE 19815460 A1	21-10-1999	KEINE	

EPO FORM P0461

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