

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Dezember 2024 (12.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251714 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C02F 1/32 (2023.01) B01J 35/39 (2024.01)
B01J 8/00 (2006.01) C02F 1/72 (2023.01)
B01J 19/12 (2006.01) B01J 8/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/065289

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Juni 2024 (04.06.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 114 872.9
06. Juni 2023 (06.06.2023) DE

(71) Anmelder: AMS-OSRAM INTERNATIONAL GMBH
[DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

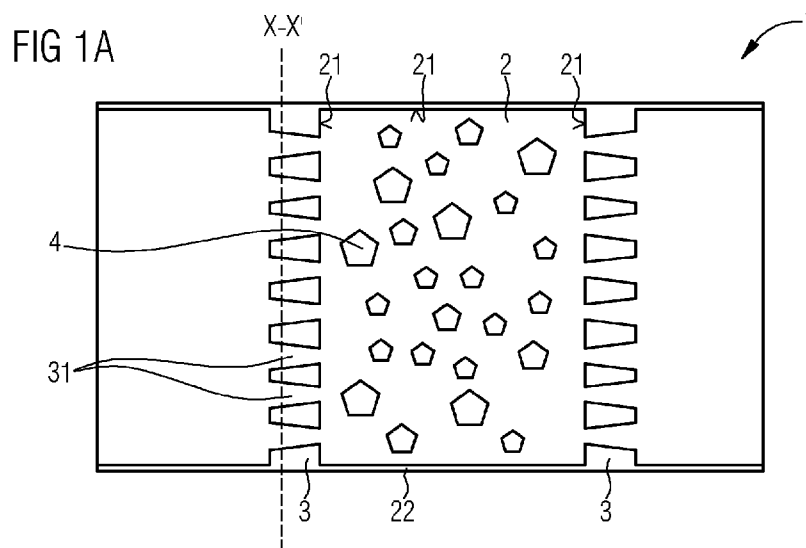
(72) Erfinder: RICHTER, Daniel; Hebbergring 1, 93077 Bad
Abbach (DE).

(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-
WALTSGESELLSCHAFT MBH; Schlossschmidstr. 5,
80639 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) Title: PHOTOACTIVE CONSTRUCTION ELEMENT, PHOTOACTIVE SYSTEM, METHOD FOR CLEANING A MEDIUM
AND METHOD FOR SEPARATING A COMPONENT OF A MEDIUM

(54) Bezeichnung: PHOTOAKTIVES BAUELEMENT, PHOTOAKTIVES SYSTEM, VERFAHREN ZUR REINIGUNG EINES
MEDIUMS UND VERFAHREN ZUR SPALTUNG EINES BESTANDTEILS EINES MEDIUMS



(57) Abstract: The invention relates to a photoactive construction element. According to one embodiment, the photoactive construction element comprises a spatial volume which is delimited by side faces, wherein at least one side face comprises a semipermeable membrane, and photocatalytic particles in the spatial volume, wherein the photocatalytic particles can move freely in the spatial volume. In particular, the photoactive construction element has an internal radiation source which comprises a micro-LED or a micro-LED arrangement. Also disclosed is a photoactive system comprising an external radiation source which in particular comprises a micro-LED or a micro-LED arrangement. Also disclosed are a method for cleaning a medium and a method for separating a component of a medium.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine photoaktives Bauelement angegeben. Gemäß einer Ausführungsform umfasst das photoaktive Bauelement ein Raumvolumen, das von Seitenflächen begrenzt ist, wobei zumindest eine Seitenfläche eine semipermeable Membran

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

umfasst, und photokatalytische Partikel in dem Raumvolumen, wobei die photokatalytischen Partikel in dem Raumvolumen frei beweglich sind. Insbesondere weist das photoaktive Bauelement eine interne Strahlungsquelle auf, die eine Mikro-LED oder eine Mikro-LED-Anordnung umfasst. Weiterhin wird ein photoaktives System umfassend eine externe Strahlungsquelle, die insbesondere eine Mikro-LED oder eine Mikro-LED-Anordnung umfasst, angegeben. Weiterhin werden ein Verfahren zur Reinigung eines Mediums und ein Verfahren zur Spaltung eines Bestandteils eines Mediums angegeben.

- 1 -

Beschreibung

PHOTOAKTIVES BAUELEMENT, PHOTOAKTIVES SYSTEM, VERFAHREN ZUR
REINIGUNG EINES MEDIUMS UND VERFAHREN ZUR SPALTUNG EINES
5 BESTANDTEILS EINES MEDIUMS

Es wird ein photoaktives Bauelement angegeben. Ferner werden
ein photoaktives System, ein Verfahren zur Reinigung eines
Mediums und ein Verfahren zur Spaltung eines Bestandteils
10 eines Mediums angegeben.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein photoaktives
Bauelement mit einer erhöhten Effizienz anzugeben. Weitere
Aufgaben sind, ein photoaktives System mit einer erhöhten
15 Effizienz sowie ein Verfahren zur effizienten Reinigung eines
Mediums und ein Verfahren zur effizienten Spaltung eines
Bestandteils eines Mediums bereitzustellen.

Es wird ein photoaktives Bauelement angegeben. Das
20 photoaktive Bauelement ist insbesondere dazu eingerichtet,
einen Bestandteil eines Mediums, das das photoaktive
Bauelement durchströmt, unter Einwirkung elektromagnetischer
Strahlung aus diesem zu entfernen. Dies geschieht
beispielsweise durch Zersetzung, Spaltung und/oder
25 Desaktivierung des Bestandteils im photoaktiven Bauelement.
Dabei kann ein Reaktionsprodukt, insbesondere eine chemische
Verbindung wie beispielsweise Wasserstoff, Sauerstoff
und/oder Stickstoff entstehen. Beispielsweise ist das
photoaktive Bauelement ein Filterelement zur Reinigung eines
30 Mediums oder eine Photolysezelle zur Spaltung eines
Bestandteils des Medium. Das Medium ist insbesondere ein
Fluid, beispielsweise eine Flüssigkeit oder ein Gas. Das
Medium kann weitere Bestandteile wie Verunreinigungen,

- 2 -

beispielsweise in Form von Partikeln, Keimen, Schadstoffen und/oder Mikroplastik, aufweisen oder frei von Verunreinigungen sein. Beispielsweise ist das Medium Ammoniak, Wasser, verunreinigtes Wasser oder verunreinigte Luft.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive Bauelement ein Raumvolumen, das von Seitenflächen begrenzt ist. Das Raumvolumen ist insbesondere ein dreidimensionaler Raum, der von Seitenflächen umgeben ist. Die Seitenflächen können Seitenwände und/oder Begrenzungen umfassen, die teilweise oder vollständig die Seitenflächen abdecken. Alternativ können die Seitenflächen auch teilweise oder vollständig frei von Seitenwänden und/oder Begrenzungen sein. Insbesondere umfassen alle Seitenflächen Seitenwände und/oder Begrenzungen, die vollständig die Seitenflächen abdecken. Beispielsweise ist eine Form des Raumvolumens so gewählt, dass Flusseigenschaften des Mediums, das das Raumvolumen durchströmt, optimiert sind.

Hier und im Folgenden ist unter einer Seitenwand eine physische Abgrenzung zu verstehen, die vollständig undurchlässig für das Medium und seine Bestandteile ist. Hier und im Folgenden ist unter einer Begrenzung eine physische Abgrenzung zu verstehen, die im Gegensatz zu einer Seitenwand nicht notwendigerweise vollständig undurchlässig für das Medium und seine Bestandteile ist. Beispielsweise ist unter einer Begrenzung vorliegend eine Schicht, die Öffnungen oder Größenperforierungen wie beispielsweise Poren aufweist, zu verstehen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst zumindest eine Seitenfläche eine semipermeable Membran. Insbesondere ist die

- 3 -

semipermeable Membran eine Begrenzung, die die zumindest eine Seitenfläche teilweise oder vollständig abdeckt.

Eine Membran ist eine Schicht eines Materials, die den Stofftransport durch diese Schicht beeinflusst. Eine

5 semipermeable Membran weist die Eigenschaft auf, halbdurchlässig oder teilweise durchlässig zu sein. Mit anderen Worten lässt eine semipermeable Membran nur ein Teil eines auf sie auftreffenden Gemisches durch und hält den restlichen Teil des Gemisches zurück. Insbesondere ist eine
10 semipermeable Membran nur durchlässig für Moleküle unterhalb einer bestimmten Molmasse oder für Kolloide oder Partikel unterhalb einer bestimmten Größe. Beispielsweise ist eine semipermeable Membran für das Medium und seine Bestandteile durchlässig, nicht aber für sich in dem photoaktiven
15 Bauelement befindende Partikel.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive Bauelement photokatalytische Partikel in dem Raumvolumen.

Insbesondere sind die photokatalytischen Partikel in dem
20 Raumvolumen lokalisiert. Photokatalytische Partikel sind Partikel, die eine durch elektromagnetische Strahlung ausgelöste chemische Reaktion beschleunigen können. Mit anderen Worten handelt es sich um Partikel, die als Katalysator für eine chemische Reaktion fungieren, die durch
25 Anregung mit elektromagnetische Strahlung induziert wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die photokatalytischen Partikel in dem Raumvolumen frei beweglich. Mit anderen Worten können sich die

30 photokatalytischen Partikel in dem Raumvolumen frei bewegen und ihre Position relativ im Raumvolumen verändern. Insbesondere sind die photokatalytischen Partikel nicht auf Oberflächen, beispielsweise auf Oberflächen von Seitenwänden

- 4 -

und/oder Begrenzungen, fixiert. Mit anderen Worten liegen die photokatalytischen Partikel im Raumvolumen exponiert vor.

Insbesondere liegt eine Oberfläche, insbesondere die gesamte Oberfläche, der photokatalytischen Partikel vollständig frei
5 zugänglich vor.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktives Bauelement ein Raumvolumen, das von Seitenflächen begrenzt ist, wobei zumindest eine Seitenfläche
10 eine semipermeable Membran umfasst, und photokatalytische Partikel in dem Raumvolumen, wobei die photokatalytischen Partikel in dem Raumvolumen frei beweglich sind.

Einem solchen photoaktiven Bauelement liegt die Idee
15 zugrunde, photokatalytische Partikel im Raumvolumen zu exponieren. Die Exposition der photokatalytischen Partikel im Raumvolumen maximiert die Wechselwirkung zwischen den photokatalytischen Partikeln und Bestandteilen des Mediums. Die freie Beweglichkeit der photokatalytischen Partikel im
20 Raumvolumen führt dazu, dass die photokatalytischen Partikel bei Verwendung des photoaktiven Bauelements vollständig vom Medium, das das photoaktive Bauelement durchströmt, umgeben sind und dadurch ein hocheffizienter Wirkungsquerschnitt erreicht wird. Dadurch, dass die photokatalytischen Partikel
25 im Raumvolumen exponiert vorliegen, steht die Oberfläche der photokatalytischen Partikel vollständig als Interaktionsfläche mit den Bestandteilen des Mediums zur Verfügung.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Raumvolumen die Form eines Zylinders auf. Insbesondere weist das Raumvolumen die Form eines Kreiszylinders auf. Zumindest eine der Seitenflächen des Kreiszylinders umfasst eine

semipermeable Membran. Beispielsweise umfasst die Grundfläche und/oder die Deckfläche eine semipermeable Membran.

Alternativ oder zusätzlich zur Grundfläche und/oder

Deckfläche umfasst die Mantelfläche eine semipermeable

5 Membran. Beispielsweise handelt es sich bei dem photoaktiven Bauelement um ein Rohr oder ein Rohrstück, dass das Raumvolumen umgibt. Dabei kann eine Außenwand des Rohrs oder Rohrstücks eine Seitenfläche oder einen Teil einer
10 Seitenfläche des Raumvolumens, insbesondere der Mantelfläche, als Seitenwand begrenzen. Ein photoaktives Bauelement mit einem Raumvolumen in der Form eines Zylinders lässt sich besonders einfach als Einbau-Element ausbilden, das mit einem bestehenden Rohrsystem verbunden werden kann, beispielsweise mithilfe eines Flansches.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist eine Ausdehnung des Raumvolumens eine Funktion einer Anzahl der photokatalytischen Partikel. Mit anderen Worten ist die Anzahl der photokatalytischen Partikel abhängig von der
20 Ausdehnung des Raumvolumens. Die Ausdehnung des Raumvolumens ist insbesondere der Durchmesser oder die Höhe eines zylinderförmigen Raumvolumens. Je größer die Ausdehnung des Raumvolumens ist, desto größer ist beispielsweise die Anzahl an photokatalytischen Partikeln im Raumvolumen.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Filterelement ein Gehäuse auf. Das Gehäuse kann die Form eines Rohrs aufweisen. Das Gehäuse kann einen Strömungskanal radial umgeben oder definieren, durch den das Medium strömen kann.

30 Insbesondere ist das Raumvolumen, beispielsweise vollständig, innerhalb des Gehäuses angeordnet. Beispielsweise weist das Gehäuse ein oder mehrere Seitenwände auf oder besteht daraus. Die Seitenwände des Gehäuses können Seitenflächen des

- 6 -

Raumvolumens zumindest teilweise bedecken. Alternativ können eine oder mehrere Seitenwände des Gehäuses beabstandet zum Raumvolumen angeordnet sein. Das Gehäuse kann undurchlässig für das Medium sein. Das Gehäuse kann Metall oder Kunststoff aufweisen oder daraus bestehen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfassen zumindest zwei Seitenflächen des Raumvolumens eine semipermeable Membran. Die Seitenflächen, die jeweils eine semipermeable Membran umfassen, können benachbart zueinander angeordnet sein und/oder einander gegenüberliegen. In diesem Zusammenhang bedeutet benachbart, dass die beiden Seitenflächen eine gemeinsame Kante aufweisen. Gegenüberliegen bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Ebenen der Seitenflächen parallel sind. Insbesondere ist eine erste semipermeable Membran so an einer ersten Seitenfläche angeordnet, dass das Medium durch sie in das Raumvolumen hineinströmt, und eine zweite semipermeable Membran ist so an einer zweiten Seitenfläche angeordnet, dass das Medium durch sie aus dem Raumvolumen hinausströmt. Mit semipermeablen Membranen an zumindest zwei Seitenflächen des Raumvolumens wird vorteilhafterweise ein gleichmäßiger Durchfluss des Mediums durch das photoaktive Bauelement ermöglicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die laterale Beweglichkeit der photokatalytischen Partikel durch die semipermeable Membran begrenzt. Insbesondere ist die semipermeable Membran nicht durchlässig für die photokatalytische Partikel, sodass die photokatalytischen Partikel die semipermeable Membran nicht passieren können. Somit sind die photokatalytische Partikel innerhalb des Raumvolumens lokalisiert und können sich lediglich innerhalb des Raumvolumens, nicht aber außerhalb des Raumvolumens frei

bewegen. Mit anderen Worten ist das Raumvolumen ein Bereich mit einer hohen Dichte an photokatalytischen Partikel, während Bereiche außerhalb des Raumvolumens keine oder nur eine sehr geringe Dichte an photokatalytischen Partikeln

5 aufweisen. Die semipermeable Membran ist insbesondere durchlässig für das Medium, sodass die laterale Beweglichkeit des Mediums nicht durch die semipermeable Membran begrenzt wird. Folglich kann das Medium das Raumvolumen mit dem darin angeordneten photokatalytische Partikeln durchströmen, sodass
10 vorteilhafterweise eine Wechselwirkung zwischen dem Medium und den photokatalytische Partikeln ausschließlich innerhalb des Raumvolumens stattfindet. Mit anderen Worten ist die Wirkung der photokatalytischen Partikel im Raumvolumen lokalisiert.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die semipermeable Membran aus einem Metall, einer strukturierten Keramik, einem Glas wie beispielsweise einem Silikatglas, oder einem Polymer oder Kunststoff wie beispielsweise Polyethylen hoher Dichte
20 (engl. high-density polyethylene, HDPE). Insbesondere ist die Membran aus einem Metall, beispielsweise aus Edelstahl.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die semipermeable Membran eine Dicke von einschließlich 50 μm bis
25 einschließlich 1 mm, insbesondere von einschließlich 100 μm bis einschließlich 300 μm , auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die semipermeable Membran Poren auf. Unter Poren werden in diesem Zusammenhang
30 Größenperforierungen oder Öffnungen in der Membran verstanden. Insbesondere weisen die Poren einen Durchmesser von einschließlich 500 nm bis einschließlich 150 μm , beispielsweise von einschließlich 1 μm bis einschließlich 150

µm oder von einschließlich 5 µm bis einschließlich 30 µm, auf. Insbesondere weisen die Poren in einer semipermeablen Membran aus Metall oder einer strukturierten Keramik einen Durchmesser von einschließlich 1 µm bis einschließlich 150 µm, beispielsweise von einschließlich 5 µm bis einschließlich 30 µm, auf. Die Poren in einer semipermeablen Membran aus einem Glas können einen geringeren Durchmesser aufweisen, insbesondere einen Durchmesser von weniger als 1 µm, beispielsweise einen Durchmesser von 500 nm.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die photokatalytischen Partikel einen Durchmesser von einschließlich 50 nm bis einschließlich 5 mm, insbesondere von einschließlich 5 µm bis einschließlich 50 µm, auf.

15 Beispielsweise weisen photokatalytische Partikel, die aus einem photoaktiven Material bestehen, einen Durchmesser von 50 nm auf. Insbesondere handelt es sich bei den photokatalytischen Partikeln um Cluster aus Partikeln aus einem photoaktiven Material oder um mit einem photoaktiven Material beschichtete Grundkörper. Durch die Größe des Grundkörpers kann der Durchmesser der photokatalytischen Partikel definiert und adaptiert werden. Beispielsweise weisen die photokatalytischen Partikel, die Cluster oder beschichtete Grundkörper sind, einen Durchmesser von 20 einschließlich 5 µm bis einschließlich 50 µm auf.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist ein Durchmesser der Poren kleiner als ein Durchmesser der photokatalytischen Partikel. Mit anderen Worten sind die photokatalytischen Partikel größer als die Poren der semipermeablen Membran. Insbesondere ist der Durchmesser der größten Pore kleiner als der Durchmesser des kleinsten photokatalytischen Partikels. Dadurch wird eine Lokalisation der photokatalytischen

30

Partikel im Raumvolumen erreicht. Insbesondere ist der Durchmesser der Poren eine Funktion des Durchmessers der photokatalytische Partikel derart, dass der Durchmesser der photokatalytische Partikel den Durchmesser der Poren für eine
5 Lokalisation der photokatalytische Partikel im Raumvolumen bedingt. Je kleiner die photokatalytischen Partikel sind, desto kleiner sind die Poren in der semipermeable Membran, damit die photokatalytischen Partikel die semipermeable Membran nicht passieren können. Ist ein Durchmesser der Poren
10 kleiner als ein Durchmesser der photokatalytischen Partikel, tritt kein oder nahezu kein Verlust der photokatalytische Partikel aus dem Raumvolumen auf. Somit wird vorteilhafterweise die Lebensdauer des photoaktiven Bauelements verlängert.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfassen die photokatalytischen Partikel ein photoaktives Material oder bestehen daraus. Insbesondere ist das photoaktive Material ein Halbleitermaterial, in dem einfallende elektromagnetische
20 Strahlung Elektron-Loch-Paare erzeugt, sofern die Energie der einfallenden Photonen größer ist als die Bandlücke E_g des Halbleitermaterials. Die Elektronen oder Löcher können im Halbleitermaterial an die Oberfläche diffundieren und erzeugen dort Radikale, die zur Zersetzung von Bestandteilen
25 des Mediums führen. Insbesondere die Löcher haben eine hohe oxidative Wirkung. So werden beispielsweise OH-Radikale aus Wasser (H_2O) gebildet. Die Bestandteile des Mediums können dadurch zersetzt werden. Endprodukte sind in vielen Fällen CO_2 , Wasser, Wasserstoff, Stickstoff oder Sauerstoff.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfassen die photokatalytischen Partikel jeweils einen Grundkörper, auf dessen Außenflächen ein photoaktives Material aufgebracht

- 10 -

ist. Der Grundkörper ist beispielsweise mit Glas gebildet. Der Grundkörper kann als Hohlkörper ausgeführt sein. Das photoaktive Material ist insbesondere in Form von Partikeln auf dem Grundkörper angeordnet. Alternativ kann das
5 photoaktive Material als Schicht auf dem Grundkörper angeordnet sein. Zwischen dem Grundkörper und dem photoaktiven Material ist insbesondere eine Haftschrift angeordnet. Die Haftschrift ist insbesondere dazu eingerichtet, eine Haftung des photoaktiven Materials auf dem
10 Grundkörper zu erhöhen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photokatalytisch aktive Material Titandioxid, Halbleitermaterialien basierend auf d0-

15 Übergangsmetallkationen und/oder metallorganische Gerüste. Titandioxid wird insbesondere in Anatas-Form verwendet. In dieser Kristallstruktur weist Titandioxid eine besonders hohe photokatalytische Aktivität auf. Die Bandlücke E_g von Anatas liegt bei 3,2 eV. Dies entspricht einer Wellenlänge von etwa
20 390 nm. Bei der weniger effizienten Kristallstruktur Rutil des Titandioxids liegt die Bandlücke E_g bei etwa 3,0 eV. Insbesondere ist das Titandioxid dotiert mit einem Metall, wie Ag, Pt, Fe, Cr, Co, Mo oder V, oder mit einem Nichtmetall, wie B, C, N, S oder F. Mittels einer Dotierung
25 kann ein Anregungsspektrum vorteilhaft vergrößert werden. Als d0-Übergangsmetallkationen werden beispielsweise Ta^{5+} oder Nb^{5+} , Nitride oder Oxide von Ga^{3+} , In^{3+} oder Bi^{3+} eingesetzt. Metallorganische Gerüste (englisch: Metal Organic Frameworks, kurz MOFs) sind beispielsweise MOF-5, UiO-66 oder UiO-
30 66(NH₂).

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst zumindest ein photokatalytisches Partikel eine Oberflächenmodifikation.

Insbesondere beinhaltet die Oberflächenmodifikation eine Veränderung der Oberfläche des photokatalytischen Partikels, die dessen Eigenschaften beeinflusst. Beispielsweise handelt es sich bei der Oberflächenmodifikation um eine Beschichtung

5 mit einer Fluorverbindung. Insbesondere ist die Oberflächenmodifikation dazu eingerichtet, eine Separierung von einzelnen photoaktiven Strukturen zu begünstigen, um ein Aufschwimmen in einem Lösungsmittel zu erleichtern. Fluorchemische Beschichtungen erzeugen beispielsweise eine

10 mechanische Spannung zwischen den photoaktiven Strukturen und einem sie umgebenden Matrixmaterial. Fluorchemische Beschichtungen erhöhen beispielsweise die Hydrophobie von retroreflektierenden Mikrokugeln. Photokatalytische Partikel mit einer Oberflächenmodifikation weisen vorteilhafterweise

15 eine verbesserte Beweglichkeit im Raumvolumen auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst zumindest ein photokatalytisches Partikel einen Co-Katalysator.

Insbesondere umfasst zumindest ein photokatalytisches

20 Partikel ein photoaktives Material und einen Co-Katalysator. Der Co-Katalysator beeinflusst die Aktivität oder Selektivität des photokatalytischen Partikels, insbesondere des photoaktiven Materials. Insbesondere wirken das photoaktive Material und der Co-Katalysator während der

25 Verwendung des photoaktiven Bauelements derart zusammen, dass die photokatalysierte Reaktion, beispielsweise die Geschwindigkeit der photokatalysierten Reaktion, verbessert wird. Der Co-Katalysator kann in Partikelform vorliegen. Der Co-Katalysator kann an dem photoaktiven Material und/oder

30 einem Grundkörper angeordnet sein. Beispielsweise ist der Co-Katalysator im direkten physikalischen Kontakt mit dem photoaktiven Material und/oder einem Grundkörper angeordnet. Insbesondere wird ein photokatalytischer Partikel mit einem

- 12 -

Co-Katalysator für photoaktive Bauelemente, die eine Photolysezelle sind, verwendet. Das photokatalytische Partikel mit dem Co-Katalysator ermöglicht dabei die photokatalytisch moderierte Spaltung eines Bestandteils des Mediums. Insbesondere umfasst das photoaktive Material ein Metalloxid und der Co-Katalysator umfasst ein Metall oder ein Metalloxid. Beispielsweise ist das photoaktive Material lanthandotiertes KTaO_3 und der Co-Katalysator ist NiO oder das photoaktive Material ist GaN:ZnO und der Co-Katalysator ist chromdotiertes RhO_x .

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Raumvolumen eine Struktur. Mit anderen Worten ist die Struktur, insbesondere vollständig, innerhalb des Raumvolumens angeordnet. Insbesondere ist die Struktur ein länglicher Körper, der sich entlang einer Mittellinie erstreckt. Die Mittellinie kann eine gerade oder eine gekrümmte Linie sein. Eine maximale Ausdehnung der Struktur senkrecht zur Mittellinie ist kleiner, zum Beispiel höchstens halb so groß oder höchstens $1/4$ so groß oder höchstens $1/10$ so groß wie die Länge der Struktur, also ihrer Ausdehnung entlang der Mittellinie. Der Querschnitt der Struktur bei einem Schnitt senkrecht zur Mittellinie ist beispielsweise rund, oval, rechteckig, quadratisch oder hexagonal. Eine oder mehrere semipermeable Membrane können an Stirnflächen an den längsseitigen Enden der Struktur angeordnet sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Struktur eine Vielzahl von Durchführungen. Insbesondere ist die Struktur von den Durchführungen durchdrungen. Beispielsweise sind die Durchführungen länglich ausgebildet. Insbesondere erstreckt sich eine Mittellinie der Durchführungen parallel zur Mittellinie der Struktur. Die Durchführungen können

- 13 -

radial vollständig von der Struktur umgeben sein. Eine Länge der Durchführungen, gemessen entlang der Mittellinie, ist beispielsweise größer, zum Beispiel zumindest doppelt oder zumindest zehnmal so groß, wie ihre maximale Ausdehnung
5 senkrecht zur Mittellinie. Die Durchführungen können paarweise parallel zueinander verlaufen. Mit anderen Worten bilden die entsprechenden Mittellinien Parallelkurven. Die Durchführungen sind zum Beispiel äquidistant zueinander angeordnet. Beispielsweise sind die Durchführungen in einem
10 Rechteckmuster oder in einem hexagonalen Muster (Honigwabenmuster) angeordnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Durchführungen zur Durchströmung mit dem Medium eingerichtet. Das heißt, der
15 Durchmesser der Durchführungen ist groß genug gewählt, dass das Medium hindurchströmen kann. Beispielsweise ist der Durchmesser zumindest 0,5 mm oder zumindest 1mm und/oder höchstens 10 mm oder höchstens 5 mm. Die Durchführungen weisen beispielsweise einen runden, ovalen, rechteckigen,
20 quadratischen oder hexagonalen Querschnitt auf. Der Querschnitt meint hier einen Schnitt senkrecht zu einer Mittellinie der Durchführung. Eine Vielzahl von Durchführungen, die zur Durchströmung mit dem Medium eingerichtet sind, bewirken vorteilhafterweise eine laminare
25 Strömung des Mediums durch das photoaktive Bauelement.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die photokatalytischen Partikel in den Durchführungen angeordnet. Insbesondere sind die photokatalytischen Partikel in den
30 Durchführungen frei beweglich. Insbesondere sind in jeder der Durchführungen photokatalytische Partikel angeordnet. Die Lokalisation von den photokatalytischen Partikeln in den Durchführungen führt dazu, dass die photokatalytischen

- 14 -

Partikel in dem Raumvolumen in mehreren, durch die Durchführungen definierten Bereichen angeordnet sind. Dadurch kann vorteilhafterweise erreicht werden, dass ein Großteil oder das gesamte das Raumvolumen durchströmende Medium in
5 direkten Kontakt mit den photokatalytischen Partikeln gelangt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Struktur transparent für elektromagnetische Strahlung. Insbesondere
10 ist die Struktur transparent für UV-Strahlung, zum Beispiel UVA- und/oder UVB- und/oder UVC-Strahlung, und/oder elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich. Hier und im Folgenden gilt als UV-Strahlung der Spektralbereich von 10 nm bis 380 nm und als
15 elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich der Spektralbereich von 380 nm bis 780 nm. Zum Beispiel umfasst oder besteht die Struktur aus einem oder mehreren der folgenden Materialien: Glas, UV(A,B,C)-stabiles Polymer, Quarzglas (englisch: fused silica). Die
20 Struktur kann zusätzlich mit einem semitransparenten Material beschichtet sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Struktur ein Wellenleiter. Insbesondere ist der Wellenleiter ein optischer
25 Wellenleiter zur Führung von elektromagnetischer Strahlung. Der Wellenleiter kann für die Führung von UV-Strahlung, zum Beispiel UVA- und/oder UVB- und/oder UVC-Strahlung, und/oder für die Führung von elektromagnetischer Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich eingerichtet sein.
30 Beispielsweise ist der Wellenleiter transparent für die genannte(n) Strahlung(en). Zum Beispiel umfasst oder besteht der Wellenleiter aus einem oder mehreren der folgenden Materialien: Glas, UV(A,B,C)-stabiles Polymer, Quarzglas

- 15 -

(englisch: fused silica). Insbesondere weist der Wellenleiter eine Auskoppelfläche zur lateralen Auskopplung von Strahlung aus dem Wellenleiter auf. Eine als Wellenleiter ausgebildete Struktur führt vorteilhafterweise dazu, dass

5 elektromagnetische Strahlung im Raumvolumen gleichmäßig bereitgestellt werden kann.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist eine reflektierende Schicht auf einer dem Raumvolumen zugewandten Seite der
10 semipermeablen Membran angeordnet. Insbesondere bedeckt die reflektierende Schicht die semipermeable Membran vollständig. In diesem Zusammenhang ist vollständig so zu verstehen, dass die Poren der semipermeablen Membran frei von der reflektierenden Schicht sind. Eine reflektierende Schicht
15 kann den Wirkungsquerschnitt des photoaktiven Bauelements vorteilhafterweise dadurch erhöhen, dass elektromagnetische Strahlung über Reflexion an der reflektierenden Schicht das Raumvolumen mehrfach durchläuft.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind alle Seitenflächen des Raumvolumens zumindest teilweise von der reflektierenden Schicht bedeckt. Mit anderen Worten sind die Innenbereiche der Seitenflächen des Raumvolumens zumindest teilweise mit einer reflektierenden Schicht beschichtet. Insbesondere sind
25 reflektierende Schichten auf der dem Raumvolumen zugewandten Seite der semipermeablen Membranen und auf allen Seitenwänden des Raumvolumens angeordnet. Beispielsweise sind alle Seitenflächen des Raumvolumens vollständig von der reflektierenden Schicht bedeckt. In diesem Zusammenhang ist
30 vollständig so zu verstehen, dass Bereiche der Seitenflächen des Raumvolumens, die zur Bereitstellung von elektromagnetischer Strahlung in dem Raumvolumen eingerichtet sind, frei von der reflektierenden Schicht sein können. Eine

- 16 -

reflektierende Schicht auf allen Seitenflächen des Raumvolumens kann den Wirkungsquerschnitt des photoaktiven Bauelements vorteilhafterweise weiter erhöhen.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die reflektierende Schicht aus einem reflektierenden Material. Insbesondere ist das reflektierende Material dazu eingerichtet, elektromagnetische Strahlung zu reflektieren. Beispielsweise reflektiert das reflektierende Material UV-Strahlung, zum
- 10 Beispiel UVA- und/oder UVB- und/oder UVC-Strahlung, und/oder elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich. Zum Beispiel umfasst oder besteht das reflektierende Material aus einem oder mehreren der folgenden Materialien: Aluminium oder einem Fluorpolymer wie
- 15 beispielsweise Polytetrafluorethylen (PTFE). Eine reflektierende Schicht aus Aluminium oder PTFE ist vorteilhafterweise zur Reflexion von UVC-Strahlung geeignet.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die
- 20 reflektierende Schicht eine Dicke von einschließlich 100 nm bis einschließlich 10 µm, insbesondere von einschließlich 100 nm bis einschließlich 500 nm, oder von einschließlich 50 µm bis einschließlich 100 µm auf. Beispielsweise ist die reflektierende Schicht eine Aluminiumschicht mit einer Dicke
- 25 von einschließlich 100 nm bis einschließlich 10 µm, insbesondere von einschließlich 100 nm bis einschließlich 500 nm. An die Aluminiumschicht kann sich eine Passivierungsschicht anschließen, die dazu eingerichtet ist, das Aluminium vor Oxidation zu schützen. Insbesondere weist
- 30 die Passivierungsschicht eine Dicke von einschließlich 100 nm bis einschließlich 500 nm, beispielsweise von 200 nm, auf. Beispielsweise ist die Passivierungsschicht eine SiO₂-Schicht. Alternativ kann die reflektierende Schicht eine

PTFE-Schicht mit einer Dicke von einschließlich 50 µm bis einschließlich 100 µm sein.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive Bauelement ferner zumindest eine interne Strahlungsquelle, die dazu eingerichtet ist, elektromagnetische Strahlung zu emittieren. Insbesondere emittiert die zumindest eine interne Strahlungsquelle UV-Strahlung, zum Beispiel UVA- und/oder UVB- und/oder UVC-Strahlung, und/oder elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich. Beispielsweise emittiert die zumindest eine interne Strahlungsquelle UVC-Strahlung oder sichtbare Strahlung im blauen und/oder grünen Wellenlängenbereich, insbesondere Strahlung zwischen 380 nm und 550 nm. Die zumindest eine interne Strahlungsquelle kann eine Leuchtdiode (engl. „light-emitting diode“, LED) oder eine Gasentladungslampe sein. Beispielsweise ist die interne Strahlungsquelle eine LED oder eine Gasentladungslampe, die eine Wellenlänge von 254 nm emittiert.
- Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive Bauelement eine Vielzahl von internen Strahlungsquellen, die jeweils dazu eingerichtet sind, elektromagnetische Strahlung zu emittieren. Insbesondere umfasst das photoaktive Bauelement zumindest zwei interne Strahlungsquellen, beispielsweise zehn oder mehr interne Strahlungsquellen. Insbesondere ist die Anzahl der Strahlungsquellen proportional zur Anzahl an Durchführungen der Struktur, beispielsweise ein Vielfaches davon. Beispielsweise umfasst das photoaktive Bauelement eine oder mehrere interne Strahlungsquellen, die UV-Strahlung, insbesondere UVC-Strahlung, emittieren, und eine oder mehrere interne Strahlungsquellen, die elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich emittieren.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die zumindest eine interne Strahlungsquelle innerhalb des Raumvolumens angeordnet. Insbesondere ist die zumindest eine interne Strahlungsquelle so angeordnet, dass die von ihr emittierte elektromagnetische Strahlung in dem Raumvolumen bereitgestellt wird. Beispielsweise ist die zumindest eine interne Strahlungsquelle an einer Seitenfläche des Raumvolumens angeordnet. Die zumindest eine interne Strahlungsquelle kann so angeordnet sein, dass sie elektromagnetische Strahlung senkrecht zur Durchströmungsrichtung des Mediums durch das photoaktive Bauelement emittiert. Alternativ oder zusätzlich kann zumindest eine interne Strahlungsquelle so angeordnet sein, dass sie elektromagnetische Strahlung in und/oder entgegengesetzt zur Durchströmungsrichtung des Mediums durch das photoaktive Bauelement emittiert. Durch eine interne Strahlungsquelle oder eine Vielzahl von internen Strahlungsquellen, insbesondere von Strahlungsquellen, die elektromagnetische Strahlung unterschiedlicher Wellenlängenbereiche emittieren, innerhalb des Raumvolumens kann effizient elektromagnetische Strahlung im Raumvolumen bereitgestellt werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die zumindest eine interne Strahlungsquelle eine Mikro-LED oder eine Mikro-LED-Anordnung. Mikro-LEDs können eine Breite, eine Länge, eine Dicke und/oder einen Durchmesser kleiner als oder gleich 100 μm , insbesondere kleiner als oder gleich 60 μm , beispielsweise kleiner als oder gleich 50 μm aufweisen. Insbesondere weisen Mikro-LEDs, beispielsweise rechteckige Mikro-LEDs, eine Kantenlänge, insbesondere in Draufsicht auf die Schichten des Schichtstapels, einer Leuchtfläche kleiner

als oder gleich 60 μm , beispielsweise kleiner als oder gleich 50 μm auf. Eine Mikro-LED ist beispielsweise eine Leuchtdiode, bei der ein Aufwachssubstrat entfernt ist, so dass eine Dicke der Mikro-LED beispielsweise im Bereich von
5 1,5 μm einschließlich bis 10 μm einschließlich liegt. Eine Mikro-LED-Anordnung umfasst insbesondere eine Vielzahl von Mikro-LEDs, beispielsweise vier, acht oder zwölf Mikro-LEDs.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die zumindest eine
10 interne Strahlungsquelle innerhalb der Struktur angeordnet. Gemäß dieser Ausführungsform ist die Struktur ein Wellenleiter. Insbesondere umfasst das photoaktive Bauelement eine Vielzahl von internen Strahlungsquellen, die jeweils innerhalb der Struktur angeordnet sind. Die zumindest eine
15 interne Strahlungsquelle kann so angeordnet sein, dass sie elektromagnetische Strahlung parallel zur Mittellinie der Struktur emittiert. Die elektromagnetische Strahlung kann über die Auskoppelflächen des Wellenleiters in dem Raumvolumen bereitgestellt werden. Eine interne
20 Strahlungsquelle innerhalb des Wellenleiters kann vorteilhafterweise effizient Strahlung im Raumvolumen bereitstellen und somit den Wirkungsquerschnitt des photoaktiven Bauelements erhöhen.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist in jeder Durchführung der Struktur zumindest eine interne Strahlungsquelle angeordnet und alle Seitenflächen des Raumvolumens und alle Oberflächen der Struktur sind zumindest teilweise, insbesondere vollständig, von einer
30 reflektierenden Schicht bedeckt. Mit anderen Worten sind die Innenbereiche jeder Durchführung reflektierend ausgebildet, so dass die elektromagnetische Strahlung, die von der internen Strahlungsquelle in der Durchführung emittiert wird,

- 20 -

über Reflexion an der reflektierenden Schicht das Volumen der Durchführung mehrfach durchläuft. Die Struktur kann in dieser Ausführungsform aus einem strahlungsundurchlässigen Material sein, dessen Oberflächen vollständig von einer

5 reflektierenden Schicht bedeckt sind. Insbesondere sind zumindest zwei, beispielsweise vier, interne Strahlungsquellen in jeder Durchführung angeordnet. Beispielsweise sind die internen Strahlungsquellen Mikro-LEDs. Durch eine Vielzahl von internen Strahlungsquellen in

10 reflektierend ausgebildeten Durchführungen der Struktur kann vorteilhafterweise erreicht werden, dass ein Großteil des oder das gesamte das Raumvolumen durchströmende Medium in direkten Kontakt mit den photokatalytischen Partikeln gelangt und zudem effizient elektromagnetische Strahlung in den

15 Durchführungen bereitgestellt wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive Bauelement ferner zumindest ein Fenster in zumindest einer Seitenfläche des Raumvolumens. Insbesondere ist das Fenster

20 in einer Seitenwand des Raumvolumens angeordnet. Das photoaktive Bauelement kann mehrere Fenster an einer Seitenfläche des Raumvolumens und/oder jeweils ein Fenster an mehreren Seitenflächen des Raumvolumens aufweisen. Beispielsweise sind mehrere Fenster beanstandet voneinander

25 in der als Mantelfläche ausgeformten Seitenwand des Raumvolumens angeordnet. Hier und im Folgenden ist unter einem Fenster eine Ausnehmung in der Seitenfläche, insbesondere der Seitenwand, des Raumvolumens zu verstehen, die ein Material aufweist, das undurchlässig für das Medium

30 und seine Bestandteile und durchlässig für elektromagnetische Strahlung, insbesondere für UV-Strahlung und/oder elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich ist. Mit anderen Worten ist das Fenster

transparent für auftreffende elektromagnetische Strahlung. Beispielsweise transmittiert das Fenster zumindest 80 %, insbesondere zumindest 90 %, beispielsweise 95 % oder 99 % der auftreffenden elektromagnetischen Strahlung.

- 5 Beispielsweise ist das Fenster aus Glas. Über ein Fenster kann effizient elektromagnetische Strahlung im Raumvolumen bereitgestellt werden.

- Es wird weiterhin ein photoaktives System enthaltend ein
10 photoaktives Bauelement angegeben. Vorzugsweise ist das oben beschriebene photoaktive Bauelement zur Verwendung in dem hier beschriebenen photoaktiven System geeignet und vorgesehen. Merkmale und Ausführungsformen, die in Verbindung mit dem photoaktiven Bauelement beschrieben sind, gelten auch
15 für das photoaktive System und umgekehrt.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive System ein photoaktives Bauelement. Das photoaktive Bauelement umfasst ein Raumvolumen, das von Seitenflächen
20 begrenzt ist, wobei zumindest eine Seitenfläche eine semipermeable Membran umfasst, photokatalytische Partikel in dem Raumvolumen, wobei die photokatalytischen Partikel in dem Raumvolumen frei beweglich sind, und ein Fenster in zumindest einer Seitenfläche des Raumvolumens. Zusätzlich kann das
25 photoaktive Bauelement jedes der oben im Zusammenhang mit dem photoaktiven Bauelement angegebenen Merkmale aufweisen.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive System zumindest eine externe Strahlungsquelle, die dazu
30 eingerichtet ist, elektromagnetische Strahlung zu emittieren. Die zumindest eine externe Strahlungsquelle des photoaktiven Systems unterscheidet sich von der zumindest einen internen Strahlungsquelle des photoaktiven Bauelements insbesondere

lediglich in ihrer Anordnung außerhalb des photoaktiven Bauelements. Insbesondere weist die externe Strahlungsquelle die gleichen Eigenschaften und Ausgestaltungen wie die interne Strahlungsquelle auf. Merkmale und Ausführungsformen, die in Verbindung mit der internen Strahlungsquelle beschrieben sind, gelten auch für die externe Strahlungsquelle und umgekehrt. Beispielsweise emittiert die externe Strahlungsquelle UV-Strahlung, insbesondere UVC-Strahlung.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die zumindest eine externe Strahlungsquelle so außerhalb des Raumvolumens angeordnet, dass die elektromagnetische Strahlung durch das zumindest eine Fenster in dem Raumvolumen bereitgestellt wird. Mit anderen Worten wird die elektromagnetische Strahlung der externen Strahlungsquelle durch das Fenster in das Raumvolumen eingekoppelt.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive System ein photoaktives Bauelement, das ein Raumvolumen, das von Seitenflächen begrenzt ist, wobei zumindest eine Seitenfläche eine semipermeable Membran umfasst, photokatalytische Partikel in dem Raumvolumen, wobei die photokatalytischen Partikel in dem Raumvolumen frei beweglich sind, und ein Fenster in zumindest einer Seitenfläche des Raumvolumens umfasst, und eine externe Strahlungsquelle, die dazu eingerichtet ist, elektromagnetische Strahlung zu emittieren, wobei die externe Strahlungsquelle so außerhalb des Raumvolumens angeordnet ist, dass die elektromagnetische Strahlung durch das zumindest eine Fenster in dem Raumvolumen bereitgestellt wird.

20

25

30

Einem solchen photoaktiven System liegt die Idee zugrunde, effizient elektromagnetische Strahlung einer externen Strahlungsquelle in dem Raumvolumen bereitzustellen, um die frei beweglichen photokatalytische Partikel im Raumvolumen zu aktivieren. Dadurch wird ein erhöhter Wirkungsquerschnitt für photokatalytische Reaktionen, die im photoaktiven Bauelement des photoaktiven Systems ablaufen, erreicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive System zumindest zwei externe Strahlungsquellen. Die zumindest zwei externen Strahlungsquellen können elektromagnetische Strahlung desselben Wellenlängenbereichs oder elektromagnetische Strahlung unterschiedlicher Wellenlängenbereiche emittieren. Die elektromagnetische Strahlung der zumindest zwei externen Strahlungsquellen kann über dasselbe Fenster in das Raumvolumen eingekoppelt werden. Alternativ kann das photoaktive Bauelement zwei oder mehr Fenster aufweisen und durch jedes Fenster kann die elektromagnetische Strahlung einer externen Strahlungsquelle in das Raumvolumen eingekoppelt werden. Insbesondere sind die Fenster an unterschiedlichen Seitenflächen oder beabstandet voneinander an der gleichen Seitenfläche des Raumvolumens angeordnet. Dadurch kann eine effiziente Verteilung der elektromagnetischen Strahlung im Raumvolumen erreicht werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das photoaktive Bauelement des photoaktiven Systems zumindest eine interne Strahlungsquelle. Merkmale und Ausführungsformen der zumindest einen internen Strahlungsquelle sind bereits im Zusammenhang mit dem photoaktiven Bauelement beschrieben. Die interne Strahlungsquelle kann elektromagnetische Strahlung desselben Wellenlängenbereichs wie die externe Strahlungsquelle oder elektromagnetische Strahlung eines

anderen Wellenlängenbereichs emittieren. Durch eine externe und eine interne Strahlungsquelle kann eine effiziente Verteilung der elektromagnetischen Strahlung im Raumvolumen erreicht werden.

5

Es wird weiterhin ein Verfahren zur Reinigung eines Mediums angegeben. Für das hier beschriebene Verfahren ist ein oben beschriebenes photoaktives Bauelement oder ein oben beschriebenes photoaktives System geeignet und vorgesehen. Es
10 gelten insbesondere alle für das photoaktive Bauelement und für das photoaktive System gemachten Ausführungen auch für das Verfahren zur Reinigung eines Mediums und umgekehrt.

Insbesondere ist das Verfahren zur Reinigung eines Mediums
15 dazu eingerichtet, Bestandteile, insbesondere Verunreinigungen wie Partikel, Keime, Schadstoffe und oder Mikroplastik, aus einem Medium, insbesondere aus Gasen wie Luft und/oder Flüssigkeiten wie Wasser zu entfernen. Die Verunreinigungen können Krankheitserreger wie Bakterien,
20 Viren und Pilze und zum anderen für den menschlichen Körper schädliche Stoffe wie volatile organische Verbindungen (VOCs) oder auch Ammoniak, NO_x oder SO_x sein. Alternativ oder zusätzlich können mit dem Verfahren zur Reinigung eines Mediums Mikroplastikrückstände in Wasser mittels
25 photokatalytischer Wirkketten zersetzt werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren zur Reinigung eines Mediums das Führen des Mediums durch ein hier beschriebenes photoaktives Bauelement. Das photoaktive
30 Bauelement kann jedes der oben im Zusammenhang mit dem photoaktiven Bauelement angegebenen Merkmale aufweisen. Insbesondere ist das photoaktive Bauelement ein Filterelement. Das Führen des Mediums durch das photoaktive

Bauelement entspricht dem Durchströmen des photoaktiven Bauelements durch das Medium. Die Strömung des Mediums durch das photoaktive Bauelement kann laminar oder turbulent sein. Beispielsweise ist die Strömung laminar.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren das Bestrahlen des Mediums im Raumvolumen mit elektromagnetischer Strahlung. Insbesondere ist die elektromagnetische Strahlung UVC-Strahlung. UVC-Strahlung ist beispielsweise dazu geeignet, Bakterien, Viren und Pilze unschädlich zu machen. Die elektromagnetische Strahlung kann durch zumindest eine interne und/oder zumindest eine externe Strahlungsquelle im Raumvolumen bereitgestellt werden. Merkmale und Ausführungsformen der zumindest einen internen Strahlungsquelle sowie der zumindest einen externen Strahlungsquelle sind bereits im Zusammenhang mit dem photoaktiven Bauelement und dem photoaktiven System beschrieben.

10

15

20

25

30

Gemäß mit einer Ausführungsform sind die photokatalytischen Partikel vollständig von dem Medium umgeben. Insbesondere sind die photokatalytischen Partikel während des Bestrahlens des Mediums im Raumvolumen mit elektromagnetischer Strahlung vollständig von dem Medium umgeben. Mit anderen Worten liegt eine vollständige Immersion der photokatalytischen Partikel in dem zu reinigenden Medium vor. Beispielsweise zirkulieren die photokatalytischen Partikel durch die Strömung des Mediums durch das photoaktive Bauelement in dem Raumvolumen. Mit anderen Worten verteilen sich die photokatalytischen Partikel aufgrund der Strömung des Mediums durch das photoaktive Bauelement in dem Medium innerhalb des Raumvolumens.

- 26 -

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren zur Reinigung eines Mediums

- Führen des Mediums durch ein hier beschriebenes photoaktives Bauelement, und

- 5 - Bestrahlen des Mediums im Raumvolumen mit elektromagnetischer Strahlung, wobei die photokatalytischen Partikel vollständig von dem Medium umgeben sind.

Einem solchen Verfahren liegt die Idee zugrunde, für den menschlichen Körper schädliche Verbindungen aus einem Medium zu entfernen und dabei einen hocheffizienten Wirkungsquerschnitt bei der Reinigung des Mediums zu erreichen, indem die photokatalytischen Partikel vollständig von dem Medium umgeben sind und somit die Oberfläche der photokatalytischen Partikel vollständig als Interaktionsfläche mit den Bestandteilen des Mediums zur Verfügung steht.

Das hier beschriebene Verfahren zur Reinigung eines Mediums macht unter anderem von der Idee Gebrauch, mehrere Wirkmechanismen in einem Reinigungsverfahren zu kombinieren, um das Medium besonders wirksam von Verunreinigungen zu befreien. Durch Bereitstellen von elektromagnetischer Strahlung in einem Raumvolumen eines photoaktiven Bauelements findet zum einen eine direkte Zersetzung von Verunreinigungen durch die elektromagnetische Strahlung statt. Durch die photokatalytischen Partikel im Raumvolumen des photoaktiven Bauelements findet zudem eine photokatalytisch moderierte Zersetzung von Verunreinigungen statt. Insbesondere ist die Transmission von Wasser im sichtbaren Wellenlängenbereich und im UV-Bereich außerordentlich hoch, wodurch den photokatalytischen Partikeln die aktivierende Strahlung effizient zugeführt werden kann, wenn Wasser als Medium

verwendet wird. Das photoaktive Bauelement beeinträchtigt die laterale Beweglichkeit des zu reinigenden Mediums nicht, wohingegen die laterale Beweglichkeit der photokatalytischen Partikel auf das Raumvolumen begrenzt ist. Durch die freie
5 Beweglichkeit der photokatalytischen Partikel und die vollständige Immersion in dem zu reinigenden Medium ist der Wirkungsquerschnitt signifikant erhöht.

Es wird weiterhin ein Verfahren zur Spaltung eines
10 Bestandteils eines Mediums angegeben. Für das hier beschriebene Verfahren ist ein oben beschriebenes photoaktives Bauelement oder ein oben beschriebenes photoaktives System geeignet und vorgesehen. Es gelten insbesondere alle für das photoaktives Bauelement und für das
15 photoaktive System gemachten Ausführungen auch für das hier beschriebene Verfahren und umgekehrt. Merkmale oder Ausführungsformen, die in Verbindung mit dem Verfahren zur Reinigung eines Mediums beschrieben sind, gelten auch für das Verfahren zur Spaltung eines Bestandteils eines Mediums und
20 umgekehrt.

Das hier beschriebene Verfahren ist insbesondere dazu eingerichtet, aus einem Bestandteil des Mediums ein elementares Gas oder mehrere elementare Gase zu erzeugen.
25 Dieses Gas oder diese Gase können dann als Reaktionsprodukte abgeschieden werden. Insbesondere ist das hier beschriebene Verfahren zur Spaltung von Bestandteilen eingerichtet, die kovalent gebundenen Wasserstoff enthalten. Als Reaktionsprodukt kann dann Wasserstoff (H_2) abgeschieden
30 werden. Neben Wasserstoff können weitere Reaktionsprodukte wie beispielsweise Sauerstoff (O_2) oder Stickstoff (N_2) entstehen und abgeschieden werden.

- 28 -

Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Verfahren zur Spaltung eines Bestandteils eines Mediums

- Führen des Mediums enthaltend den Bestandteil durch ein hier beschriebenes photoaktives Bauelement, und

5 - Bestrahlen des Mediums und des Bestandteils im Raumvolumen mit elektromagnetischer Strahlung, wobei die photokatalytischen Partikel vollständig von dem Medium umgeben sind.

10 Merkmale und Ausführungsformen der Verfahrensschritte des Führens des Mediums und des Bestrahlen des Mediums sind bereits im Zusammenhang mit dem Verfahren zur Reinigung eines Mediums beschrieben.

15 Das photoaktive Bauelement kann jedes der oben im Zusammenhang mit dem photoaktiven Bauelement angegebenen Merkmale aufweisen. Insbesondere ist das photoaktive Bauelement eine Photolysezelle.

20 Einem solchen Verfahren liegt die Idee zugrunde, ein Bestandteil eines Mediums zu spalten und ein Reaktionsprodukt, insbesondere Wasserstoff, zu erzeugen und dabei einen hocheffizienten Wirkungsquerschnitt bei der Spaltung des Bestandteils des Mediums zu erreichen, indem die
25 photokatalytischen Partikel vollständig von dem Medium umgeben sind und somit die Oberfläche der photokatalytischen Partikel vollständig als Interaktionsfläche mit den Bestandteilen des Mediums zur Verfügung steht. Die photokatalytischen Partikel sind dabei dazu eingerichtet, die
30 Spaltung des Bestandteils photokatalytisch zu moderieren. Mit anderen Worten findet eine photokatalytische moderierte Spaltung des Bestandteils statt. Die Funktion der photokatalytischen Partikel besteht dabei in der

Lichtabsorption, der Ladungstrennung und der Katalyse der Spaltung.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Bestandteil

5 Wasser oder Ammoniak. Bei einer photokatalytisch moderierten Spaltung von Wasser entsteht insbesondere Wasserstoff und Sauerstoff. Beispielsweise läuft die Wasserspaltung gemäß folgender Reaktionsgleichung ab: $2 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{h\nu} 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$. Bei einer photokatalytisch moderierten Spaltung von Ammoniak entsteht
10 insbesondere Wasserstoff und Stickstoff. Beispielsweise läuft die Ammoniakspaltung gemäß folgender Reaktionsgleichung ab:

$2 \text{NH}_3 \xrightarrow{h\nu} 3 \text{H}_2 + \text{N}_2$. Wasser und Ammoniak sind vorteilhafterweise dazu geeignet, in einer photokatalytische moderierten Spaltung Wasserstoff zu erzeugen.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst zumindest ein photokatalytisches Partikel ein Co-Katalysator. Das photokatalytische Partikel mit dem Co-Katalysator ermöglicht die photokatalytisch moderierte Spaltung eines Bestandteils
20 des Mediums. Merkmale und Ausführungsformen eines photokatalytische Partikel umfassend einen Co-Katalysator sind bereits im Zusammenhang mit dem photoaktiven Bauelement beschrieben.

25 Weitere vorteilhafte Ausführungsformen, Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Bauelements und des Verfahrens zur Herstellung eines Bauelements ergeben sich aus den folgenden, in Verbindung mit den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen.

30

Die Figuren 1A und 1B, 5A und 5B, 6, 7, 8A und 8B, 9, 10 sowie 11, zeigen jeweils eine schematische Schnittansicht

eines photoaktiven Bauelements gemäß verschiedenen Ausführungsformen,

die Figuren 2A-N zeigen jeweils eine schematische
5 Schnittansicht eines photokatalytischen Partikels gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

Figur 3 zeigt schematisch ein Verfahren zur Reinigung eines Mediums gemäß einer Ausführungsform,

10

Figur 4 zeigt schematisch ein Verfahren zur Wasserspaltung gemäß einer Ausführungsform, und

Figur 12 zeigt eine schematische Schnittansicht eines
15 photoaktiven Systems gemäß einer Ausführungsform.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten
20 Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente, insbesondere Schichtdicken, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

25 Figur 1A zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photoaktiven Bauelements 1 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Figur 1B zeigt eine schematische Schnittansicht des photoaktiven Bauelements 1 des ersten Ausführungsbeispiels entlang der Linie X-X' der Figur 1A.

30

Das photoaktive Bauelement 1 kann ein Filterelement oder eine Photolysezelle sein. Das photoaktive Bauelement 1 umfasst ein Raumvolumen 2, das von Seitenflächen 21 begrenzt ist. In dem

- 31 -

ersten Ausführungsbeispiel umfassen zwei der Seitenflächen 21 jeweils eine semipermeable Membran 3, die Poren 31 aufweist. Das Raumvolumen 2 weist die Form eines Zylinders auf, wobei die semipermeablen Membranen 3 kreisförmig ausgebildet sind
5 und die Grundfläche und die Deckfläche des Raumvolumens bilden. Die weitere Seitenfläche 21, die der Mantelfläche des Raumvolumens 2 entspricht, umfasst eine Seitenwand 22, beispielsweise die Seitenwand 22 eines Gehäuses. Ein solches photoaktives Bauelement 1 ist insbesondere dazu geeignet, in
10 ein bestehendes Rohrsystem eingesetzt zu werden.

Beispielsweise sind die semipermeablen Membranen 3 aus einem Metall wie Edelstahl und weisen jeweils eine Dicke von einschließlich 50 μm bis einschließlich 1 mm, insbesondere
15 von einschließlich 100 μm bis einschließlich 300 μm , auf. Die Poren 31 weisen beispielsweise einen Durchmesser von 1 μm bis einschließlich 150 μm , beispielsweise von einschließlich 5 μm bis einschließlich 30 μm , auf.

20 Das photoaktive Bauelement 1 umfasst ferner photokatalytische Partikel 4 in dem Raumvolumen 2. Die photokatalytischen Partikel 4 weisen beispielsweise einen Durchmesser von einschließlich 50 nm bis einschließlich 5 mm, insbesondere von einschließlich 5 μm bis einschließlich 50 μm , auf. Die
25 photokatalytischen Partikel 4 sind in dem Raumvolumen frei beweglich. Durch die freie Beweglichkeit der photokatalytischen Partikel 4 wird der Wirkungsquerschnitt des photoaktiven Bauelements 1 signifikant erhöht.

30 Insbesondere ist die laterale Beweglichkeit der photokatalytischen Partikel 4 durch die semipermeablen Membranen 3 begrenzt. Die Begrenzung der lateralen Beweglichkeit der photokatalytische Partikel 4 kann dadurch

gewährleistet werden, dass die Poren 31 der semipermeablen Membranen 3 einen Durchmesser aufweisen, der kleiner ist als der Durchmesser der photokatalytische Partikel 4.

Insbesondere wird lediglich die laterale Beweglichkeit der photokatalytische Partikel 4 durch die semipermeablen Membranen 3 begrenzt, während die laterale Beweglichkeit eines Mediums, das das photoaktive Bauelement 1 in der Anwendung durchströmen kann, nicht oder nur in sehr geringem Maße beeinträchtigt wird.

10

Figur 2A zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Das photokatalytische Partikel 4 umfasst einen Grundkörper 41 und ein photoaktives Material 42. Insbesondere ist das photoaktive Material 42 Titandioxid, beispielsweise Anatas, ein Halbleitermaterial basierend auf d0-Übergangsmetallkationen und/oder ein metallorganisches Gerüst. Das photoaktive Material 42 ist auf einer Außenfläche des Grundkörpers 41 angeordnet. Der Grundkörper 41 ist aus einem strahlungsdurchlässigen Material, beispielsweise aus Glas gebildet. Der Grundkörper 41 ist kugelförmig ausgebildet. Das photoaktive Material 42 ist insbesondere in Form von einzelnen Partikeln auf dem Grundkörper 41 angeordnet.

25

Figur 2B zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Das zweite Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2A gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterscheid zu dem ersten Ausführungsbeispiel ist das photoaktive Material 42 in Form einer zusammenhängenden Schicht auf der Außenfläche des Grundkörpers 41 angeordnet. Insbesondere ist die Außenfläche

30

des Grundkörpers 41 vollständig von dem photoaktiven Material 42 bedeckt.

Figur 2C zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
5 beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem
dritten Ausführungsbeispiel. Das dritte Ausführungsbeispiel
entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2A gezeigten
ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterscheid zu dem ersten
Ausführungsbeispiel ist zwischen dem Grundkörper 41 und dem
10 photoaktiven Material 42 eine Haftschrift 43 angeordnet. Die
Haftschrift 43 ist insbesondere dazu eingerichtet, eine
Haftung des photoaktiven Materials 42 auf dem Grundkörper 41
zu erhöhen.

15 Figur 2D zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem
vierten Ausführungsbeispiel. Das vierte Ausführungsbeispiel
entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2A gezeigten
ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterscheid zu dem ersten
20 Ausführungsbeispiel ist der Grundkörper 41 als Hohlkörper
ausgeführt. Der Grundkörper 41 ist kugelförmig ausgebildet
und weist einen Hohlraum auf. Vorteilhaft kann der
Grundkörper 41 mit weniger Materialeinsatz hergestellt
werden.

25

Figur 2E zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem
fünften Ausführungsbeispiel. Das fünfte Ausführungsbeispiel
entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2B gezeigten
30 zweiten Ausführungsbeispiel. Im Unterscheid zu dem zweiten
Ausführungsbeispiel ist der Grundkörper 41 als Hohlkörper
ausgeführt.

Figur 2F zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel. Das sechste Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2C gezeigten dritten Ausführungsbeispiel. Im Unterscheid zu dem dritten Ausführungsbeispiel ist der Grundkörper 41 als Hohlkörper ausgeführt.

Figur 2G zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel. Das photokatalytische Partikel 4 umfasst ein photoaktives Material 42, das als kugelförmiger Hohlkörper ausgebildet ist. Vorteilhaft kann so auf einen Grundkörper 41 verzichtet werden.

Figur 2H zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem achten Ausführungsbeispiel. Das photokatalytische Partikel 4 umfasst ein photoaktives Material 42, das als kugelförmiger Vollkörper ausgebildet ist. Vorteilhaft kann so auf einen Grundkörper 41 verzichtet werden.

Figur 2I zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel. Das neunte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2E gezeigten fünften Ausführungsbeispiel. Im Unterscheid zu dem fünften Ausführungsbeispiel umfasst das photokatalytische Partikel 4 eine Oberflächenmodifikation 44 an der dem Grundkörper 41 abgewandten Außenfläche des photoaktiven Materials 42. Die Oberflächenmodifikation 44 ist hydrophob ausgebildet. Beispielsweise enthält die Oberflächenmodifikation 44 Fluor. Fluorchemische Beschichtungen erhöhen beispielsweise die

Hydrophobie der photokatalytischen Partikel 4. Insbesondere ist die Oberflächenmodifikation 44 dazu eingerichtet, eine Separierung von einzelnen Partikeln der photokatalytischen Partikel 4 zu begünstigen, um ein Aufschwimmen in dem Medium 5 zu erleichtern.

Figur 2J zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel. Das zehnte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2I gezeigten neunten Ausführungsbeispiel. Im Unterscheid zu dem neunten Ausführungsbeispiel ist das photoaktive Material 42 als kugelförmiger Vollkörper ausgebildet. Auf einen Grundkörper 41 kann vorteilhaft verzichtet werden.

Figur 2K zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem elften Ausführungsbeispiel. Das elfte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in Figur 2H gezeigten achten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem achten Ausführungsbeispiel ist ein Co-Katalysator 45 an dem als Vollkörper ausgebildeten photoaktiven Material 42 angeordnet. Der Co-Katalysator 45 ist als Vollkörper ausgebildet. Auf einen Grundkörper 41 kann vorteilhaft verzichtet werden. Beispielsweise ist das photoaktive Material 42 lanthandotiertes KTaO_3 und der Co-Katalysator 45 ist NiO oder das photoaktive Material 42 ist GaN:ZnO und der Co-Katalysator 45 ist chromdotiertes RhO_x .

Figur 2L zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem zwölften Ausführungsbeispiel. Das zwölfte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in Figur 2K gezeigten elften

Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem elften Ausführungsbeispiel liegen das photoaktive Material 42 und der Co-Katalysator 45 in Form von einzelnen Partikeln vor, die einen Cluster bilden. Auf einen Grundkörper 41 kann
5 vorteilhaft verzichtet werden.

Figur 2M zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem dreizehnten Ausführungsbeispiel. Das dreizehnte
10 Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in Figur 2A gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel sind das photoaktive Material 42 und der Co-Katalysator 45 in Form von einzelnen Partikeln auf dem Grundkörper 41 angeordnet.

15 Figur 2N zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photokatalytischen Partikels 4 gemäß einem vierzehnten Ausführungsbeispiel. Das vierzehnte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in Figur
20 2D gezeigten vierten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem vierten Ausführungsbeispiel sind das photoaktive Material 42 und der Co-Katalysator 45 in Form von einzelnen Partikeln auf dem als Hohlkörper ausgeführten Grundkörper 41 angeordnet.

25 Figur 3 zeigt das Verfahren zur Reinigung eines Mediums 5 in einer schematischen Schnittansicht des photoaktiven Bauelements 1 gemäß dem in den Figuren 1A und 1B gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Das photoaktive Bauelement 1 ist
30 als Filterelement ausgebildet. Das Medium 5, beispielsweise Wasser oder Luft, das eine Verunreinigung 51, beispielsweise einen Keim, einen Schadstoff oder Mikroplastik, enthält, wird entlang der Pfeilrichtung durch das photoaktiven Bauelement 1

- 37 -

geführt. Das Medium 5 und die Verunreinigung 51 können die Poren 31 der semipermeable Membran 3 passieren und gelangen in das Raumvolumen 2. Im Raumvolumen 2 wird das Medium 5 mit elektromagnetischer Strahlung 6 bestrahlt. Dies kann über
5 eine interne Strahlungsquelle 10 und/oder eine externe Strahlungsquelle 110 erfolgen (hier nicht gezeigt). Durch das Bestrahlen des Mediums 5 mit elektromagnetischer Strahlung 6 findet zum einen eine direkte Zersetzung der Verunreinigung 51 statt (Wirkmechanismus B in Figur 3). Zudem zirkulieren
10 die frei beweglichen photokatalytischen Partikel 4 durch die Strömung des Mediums 5 durch das photoaktive Bauelement 1 in dem Raumvolumen 2 und kommen so in Kontakt mit der Verunreinigung 51 und der elektromagnetischen Strahlung 6. Dabei findet eine photokatalytisch moderierte Zersetzung der
15 Verunreinigung 51 statt (Wirkmechanismus A in Figur 3). Bei der Zersetzung der Verunreinigung 51 gemäß einer der beiden Wirkmechanismen A oder B entsteht eine deaktivierte Verunreinigung 52. Das Medium 5 und die deaktivierte Verunreinigung 52 können die Poren 31 der zweiten
20 semipermeable Membran 3 passieren und das Raumvolumen verlassen. Durch die Zersetzung der Verunreinigung 51 zu der deaktivierten Verunreinigung 52 wird das Medium 5 gereinigt.

Figur 4 zeigt das Verfahren zur Spaltung eines Bestandteils
25 53 eines Mediums 5 in einer schematischen Schnittansicht des photoaktiven Bauelements 1 gemäß dem in den Figuren 1A und 1B gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Das photoaktive Bauelement 1 ist als Photolysezelle ausgebildet. Das Medium 5, das einen Bestandteil 53, beispielsweise Wasser oder
30 Ammoniak, enthält, wird entlang der Pfeilrichtung durch das photoaktiven Bauelement 1 geführt. Das Medium 5 und der Bestandteil 53 können die Poren 31 der semipermeable Membran 3 passieren und gelangen in das Raumvolumen 2. Im Raumvolumen

- 38 -

2 wird das Medium 5 und der Bestandteil 53 mit elektromagnetischer Strahlung 6 bestrahlt. Dies kann über eine interne Strahlungsquelle 10 und/oder eine externe Strahlungsquelle 110 erfolgen (hier nicht gezeigt). Die frei beweglichen photokatalytischen Partikel 4, die insbesondere ein photoaktives Material 42 und einen Co-Katalysator 45 umfassen, zirkulieren durch die Strömung des Mediums 5 durch das photoaktive Bauelement 1 in dem Raumvolumen 2 und kommen so in Kontakt mit dem Bestandteil 53 und der elektromagnetischen Strahlung 6. Dabei findet eine photokatalytisch moderierte Spaltung des Bestandteils 53 statt (Wirkmechanismus C in Figur 4).

Wirkmechanismus C in Figur 4 zeigt die photokatalytisch moderierte Spaltung am Beispiel der Wasserspaltung. Die photokatalytisch moderierte Spaltung ist ebenso auf die Spaltung von beispielsweise Ammoniak anwendbar. Bei der Spaltung des Bestandteils 53 entsteht Wasserstoff 54. Optional kann ein weiteres, insbesondere gasförmiges, Reaktionsprodukt 55 entstehen. Beispielsweise entsteht bei der Spaltung von Wasser Wasserstoff 54 und Sauerstoff. Beispielsweise entsteht bei der Spaltung von Ammoniak Wasserstoff 54 und Stickstoff. Das Medium 5, Wasserstoff 54 und weitere Reaktionsprodukte 55 können die Poren 31 der zweiten semipermeablen Membran 3 passieren und das Raumvolumen verlassen. Wasserstoff 54 und weitere gasförmige Reaktionsprodukte 55 werden über ein Abscheideelement 7 aus dem Medium 5 entfernt.

Figur 5A zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photoaktiven Bauelements 1 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Figur 5B zeigt eine schematische

Schnittansicht des photoaktiven Bauelements 1 des zweiten Ausführungsbeispiels entlang der Linie X-X' der Figur 5A.

Das zweite Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in den Figuren 1A und 1B gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel ist eine Struktur 8 mit einer Vielzahl von Durchführungen 81 im Raumvolumen 2 angeordnet.

Die Durchführungen 81 in der Struktur 8 sind so ausgebildet, dass ein Medium bei Verwendung des photoaktiven Bauelements 1 durch die Durchführungen 81 strömen kann. Beispielsweise ist der Durchmesser der Durchführungen 81 zumindest 0,5 mm oder zumindest 1 mm und/oder höchstens 10 mm oder höchstens 5 mm.

Die Durchführungen 81 sind paarweise parallel zueinander

angeordnet. Die Durchführungen 81 weisen einen hexagonalen Querschnitt auf, sodass die Durchführungen 81 in einem hexagonalen Muster (Honigwabemuster) angeordnet sind.

Alternativ können die Durchführungen einen runden, ovalen, rechteckigen oder quadratischen Querschnitt aufweisen und

beispielsweise in einem Rechteckmuster angeordnet sein (hier nicht gezeigt).

Die Struktur 8 ist insbesondere transparent für

elektromagnetische Strahlung 6, beispielsweise für UV-

Strahlung oder elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich. Beispielsweise ist die Struktur 8 ein optischer Wellenleiter zur Führung der elektromagnetischen Strahlung 6.

Die photokatalytischen Partikel 4 sind in den Durchführungen 81 angeordnet und darin frei beweglich. Insbesondere umfasst jede der Durchführungen 81 zumindest ein photokatalytisches

- 40 -

Partikel 4, beispielsweise eine Vielzahl von photokatalytischen Partikeln 4.

Figur 6 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
5 beschriebenen photoaktiven Bauelements 1 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel. Das dritte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in den Figuren 1A und 1B gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel ist eine reflektierende Schicht 9
10 auf einer dem Raumvolumen 2 zugewandten Seite der semipermeablen Membranen 3 angeordnet. Zudem bedeckt die reflektierende Schicht 9 die als Seitenwand 22 ausgebildete Seitenfläche 21 des Raumvolumens 2 zumindest teilweise, insbesondere vollständig. In dem dritten Ausführungsbeispiel
15 ist ein Bereich der als Seitenwand 22 ausgebildeten Seitenfläche 21 frei von der reflektierenden Schicht 9. In diesem Bereich kann beispielsweise eine interne Strahlungsquelle 10 oder ein Fenster 11 angeordnet sein. Beispielsweise ist die reflektierende Schicht eine
20 Aluminiumschicht mit einer Dicke von einschließlich 100 nm bis einschließlich 10 µm, insbesondere von einschließlich 100 nm bis einschließlich 500 nm, an die sich eine Passivierungsschicht aus SiO₂ mit einer Dicke von einschließlich 100 nm bis einschließlich 500 nm,
25 beispielsweise von 200 nm, anschließt. Alternativ kann die reflektierende Schicht eine PTFE-Schicht mit einer Dicke von einschließlich 50µm bis einschließlich 100 µm sein.

Figur 7 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
30 beschriebenen photoaktiven Bauelements 1 gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel. Das vierte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in den Figuren 1A und 1B gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem

ersten Ausführungsbeispiel ist eine interne Strahlungsquelle 10 innerhalb des Raumvolumens 2 angeordnet. Die interne Strahlungsquelle 10 ist dazu eingerichtet, elektromagnetische Strahlung 6, insbesondere UV-Strahlung und/oder

5 elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich, zu emittieren. Die Strahlungsquelle ist insbesondere an einer Seitenfläche 21, beispielsweise an einer Seitenwand 22, des Raumvolumens 2 angeordnet. Die interne Strahlungsquelle 10 emittiert somit die
10 elektromagnetische Strahlung 6 senkrecht zur Durchströmungsrichtung eines Mediums. Die interne Strahlungsquelle 10 dient dazu, elektromagnetische Strahlung 6 im Raumvolumen 2 bereitzustellen.

15 Figur 8A zeigt eine schematische Aufsicht auf ein hier beschriebenes photoaktives Bauelement 1 gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel. Figur 8B zeigt eine schematische Schnittansicht des photoaktiven Bauelements 1 des fünften Ausführungsbeispiels entlang der Linie X-X' der Figur 8A.

20

Das fünfte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in Figur 6 gezeigten vierten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem vierten Ausführungsbeispiel ist die interne Strahlungsquelle 10 an der Deckfläche des
25 Raumvolumens 2 angeordnet, während eine semipermeable Membran 3 an der Grundfläche des Raumvolumens 2 und eine weitere semipermeable Membran 3 an der Mantelfläche des Raumvolumens 2 angeordnet ist.

30 Figur 9 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photoaktiven Bauelements 1 gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel. Das sechste Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in den Figuren 5A und 5B

gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem zweiten Ausführungsbeispiel ist eine Vielzahl von internen Strahlungsquellen 10 so innerhalb der Struktur 8 angeordnet, dass sie elektromagnetische Strahlung 6 in die Struktur 8

5 emittieren. Die Struktur 8 des sechsten Ausführungsbeispiels ist ein Wellenleiter. Die elektromagnetische Strahlung 6 wird innerhalb der Struktur 8 geführt und über eine Auskoppelfläche, die einer Oberfläche 82 der Struktur 8 entspricht, ausgekoppelt. Dadurch kann die elektromagnetische

10 Strahlung 6 in den Durchführungen 81 bereitgestellt werden.

Figur 10 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photoaktiven Bauelements 1 gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel. Das siebte Ausführungsbeispiel

15 entspricht im Wesentlichen dem in den Figuren 5A und 5B gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem zweiten Ausführungsbeispiel ist in jeder Durchführung 81 der Struktur 8 zumindest eine, beispielsweise zwei, interne Strahlungsquelle 10 angeordnet. Die Strahlungsquellen sind so

20 angeordnet, dass die elektromagnetische Strahlung 6 in Durchströmungsrichtung eines Mediums emittiert wird. Zudem sind alle Seitenflächen des Raumvolumens 2 und alle Oberflächen 82 der Struktur 8 zumindest teilweise, insbesondere vollständig, von der reflektierenden Schicht 9

25 bedeckt. Beispielsweise sind lediglich die Bereiche der Oberflächen 82 der Struktur 8 frei von der reflektierenden Schicht, in denen eine interne Strahlungsquelle 10 angeordnet ist.

30 Figur 11 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen photoaktiven Bauelements 1 gemäß einem achten Ausführungsbeispiel. Das achte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in den Figuren 1A und 1B gezeigten ersten

Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel ist ein Fenster 11 in einer Seitenfläche 21 des Raumvolumens 2 angeordnet. Das Fenster 11 ist dazu eingerichtet, elektromagnetische Strahlung 6, die außerhalb
5 des photoaktiven Bauelements 1 erzeugt wird, in dem Raumvolumen 2 bereitzustellen. Beispielsweise ist das Fenster 11 in einer Seitenwand 22 angeordnet. Das Fenster 11 ist transparent für auftreffende elektromagnetische Strahlung 6. Beispielsweise transmittiert das Fenster 11 zumindest 80 %, 10 insbesondere zumindest 90 %, beispielsweise 95 % oder 99 % der auftreffenden elektromagnetischen Strahlung 6. Beispielsweise ist das Fenster 11 aus Glas.

Figur 12 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
15 beschriebenen photoaktiven Systems 100 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Das photoaktive System 100 umfasst ein photoaktives Bauelement 1 gemäß dem achten Ausführungsbeispiel der Figur 11. Zudem umfasst das photoaktive System 100 eine externe Strahlungsquelle 110, die
20 dazu eingerichtet ist, elektromagnetische Strahlung 6, insbesondere UV-Strahlung und/oder elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich, zu emittieren. Die externe Strahlungsquelle 110 ist so angeordnet, dass die emittierte elektromagnetische Strahlung 6 durch das Fenster
25 11 in dem Raumvolumen 2 des photoaktiven Bauelements 1 bereitgestellt wird.

Die in den in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Merkmale und Ausführungsbeispiele können gemäß weiteren
30 Ausführungsbeispielen miteinander kombiniert werden, auch wenn nicht alle Kombinationen explizit beschrieben sind. Weiterhin können die in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele alternativ oder zusätzlich

- 44 -

weitere Merkmale gemäß der Beschreibung im allgemeinen Teil aufweisen.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der
5 Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst
die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von
Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in
den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal
oder diese Kombination selbst nicht explizit in den
10 Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen
Patentanmeldung 10 2023 114 872.9, deren Offenbarungsgehalt
hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	photoaktives Bauelement
	2	Raumvolumen
5	21	Seitenfläche
	22	Seitenwand
	3	semipermeable Membran
	31	Poren
	4	photokatalytische Partikel
10	41	Grundkörper
	42	photoaktives Material
	43	Haftschicht
	44	Oberflächenmodifikation
	45	Co-Katalysator
15	5	Medium
	51	Verunreinigung
	52	deaktivierte Verunreinigung
	53	Bestandteil
	54	Wasserstoff
20	55	Reaktionsprodukt
	6	elektromagnetische Strahlung
	7	Abscheideelement
	8	Struktur
	81	Durchführung
25	82	Oberfläche
	9	reflektierende Schicht
	10	interne Strahlungsquelle
	11	Fenster
	100	photoaktives System
30	110	externe Strahlungsquelle
	A	photokatalytisch moderierte Zersetzung
	B	direkte Zersetzung
	C	photokatalytisch moderierte Spaltung

Patentansprüche

1. Photoaktives Bauelement (1) umfassend
- ein Raumvolumen (2), das von Seitenflächen (21) begrenzt
- 5 ist, wobei zumindest eine Seitenfläche (21) eine semipermeable Membran (3) umfasst, und
- photokatalytische Partikel (4) in dem Raumvolumen (2),
- wobei die photokatalytischen Partikel (4) in dem Raumvolumen (2) frei beweglich sind, und
- 10 wobei die photokatalytischen Partikel (4) in dem Raumvolumen (2) lokalisiert sind.
2. Photoaktives Bauelement (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch,
- 15 wobei zumindest zwei Seitenflächen (21) des Raumvolumens (2) eine semipermeable Membran (3) umfassen.
3. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 20 wobei die laterale Beweglichkeit der photokatalytischen Partikel (4) durch die semipermeable Membran (3) begrenzt ist.
4. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der vorhergehenden
- 25 Ansprüche,
- wobei die semipermeable Membran (3) Poren (31) aufweist und
- wobei ein Durchmesser der Poren (31) kleiner ist als ein Durchmesser der photokatalytischen Partikel (4).
- 30 5. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei die photokatalytischen Partikel (4) ein photoaktives Material (42) umfassen, und

- 47 -

wobei das photoaktive Material (42) Titandioxid, Halbleitermaterialien basierend auf d0-Übergangsmetallkationen und/oder metallorganische Gerüste umfasst.

5

6. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei zumindest ein photokatalytisches Partikel (4) eine Oberflächenmodifikation (44) umfasst.

10

7. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei zumindest ein photokatalytisches Partikel (4) einen Co-Katalysator (45) umfasst.

15

8. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei das Raumvolumen (2) eine Struktur (8) umfasst,

wobei die Struktur (8) eine Vielzahl von Durchführungen (81)

20

umfasst, und

wobei die photokatalytischen Partikel (4) in den Durchführungen (81) angeordnet sind.

9. Photoaktives Bauelement (1) gemäß Anspruch 8,

25

wobei die Struktur (8) ein Wellenleiter ist.

10. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei eine reflektierende Schicht (9) auf einer dem

30

Raumvolumen (2) zugewandten Seite der semipermeablen Membran (3) angeordnet ist.

11. Photoaktives Bauelement (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch,
wobei alle Seitenflächen (21) des Raumvolumens (2) zumindest teilweise von der reflektierenden Schicht (9) bedeckt sind.

5

12. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend zumindest eine interne Strahlungsquelle (10), insbesondere umfassend eine Mikro-LED oder eine Mikro-LED-Anordnung, die dazu eingerichtet ist, elektromagnetische Strahlung (6) zu emittieren,
wobei die zumindest eine interne Strahlungsquelle (10) innerhalb des Raumvolumens (2) angeordnet ist.

10

13. Photoaktives Bauelement (1) gemäß Anspruch 9, ferner umfassend zumindest eine interne Strahlungsquelle (10), insbesondere umfassend eine Mikro-LED oder eine Mikro-LED-Anordnung, die dazu eingerichtet ist, elektromagnetische Strahlung (6) zu emittieren,
wobei die zumindest eine interne Strahlungsquelle (10) innerhalb der Struktur (8) angeordnet ist.

20

14. Photoaktives Bauelement (1) gemäß Anspruch 8, ferner umfassend eine Vielzahl von internen Strahlungsquellen (10), die jeweils dazu eingerichtet sind, elektromagnetische Strahlung (6) zu emittieren,
wobei in jeder Durchführung (81) der Struktur (8) zumindest eine der internen Strahlungsquellen (10) angeordnet ist, und wobei alle Seitenflächen (21) des Raumvolumens (2) und alle Oberflächen (82) der Struktur (8) zumindest teilweise von einer reflektierenden Schicht (9) bedeckt sind.

25

30

15. Photoaktives Bauelement (1) gemäß einem der
vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend
zumindest ein Fenster (11) in zumindest einer Seitenfläche
5 (21) des Raumvolumens (2).

16. Photoaktives System (100) umfassend
- ein photoaktives Bauelement (1) gemäß Anspruch 15, und
- zumindest eine externe Strahlungsquelle (110), insbesondere
10 umfassend eine Mikro-LED oder eine Mikro-LED-Anordnung, die
dazu eingerichtet ist, elektromagnetische Strahlung (6) zu
emittieren, wobei
die externe Strahlungsquelle (110) so außerhalb des
Raumvolumens (2) angeordnet ist, dass die elektromagnetische
15 Strahlung (5) durch das zumindest eine Fenster (11) in dem
Raumvolumen (2) bereitgestellt wird.

17. Verfahren zur Reinigung eines Mediums (5) umfassend
- Führen des Mediums (5) durch ein photoaktives Bauelement
20 (1) gemäß einem der Ansprüche 1-15, und
- Bestrahlen des Mediums (5) im Raumvolumen (2) mit
elektromagnetischer Strahlung (6),
wobei die photokatalytischen Partikel (4) vollständig von dem
Medium (2) umgeben sind.

25

18. Verfahren zur Spaltung eines Bestandteils (53) eines
Mediums (5) umfassend
- Führen des Mediums (5) enthaltend den Bestandteil (53)
durch ein photoaktives Bauelement gemäß einem der Ansprüche
30 1-15, und
- Bestrahlen des Mediums (5) und den Bestandteil (53) im
Raumvolumen (2) mit elektromagnetischer Strahlung (6),

- 50 -

wobei die photokatalytischen Partikel (4) vollständig von dem Medium (5) umgeben sind.

19. Verfahren gemäß Anspruch 18,

5 wobei der Bestandteil (53) Wasser oder Ammoniak ist.

20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 18 oder 19,

wobei zumindest ein photokatalytisches Partikel (4) einen Co-Katalysator (45) umfasst.

FIG 1A

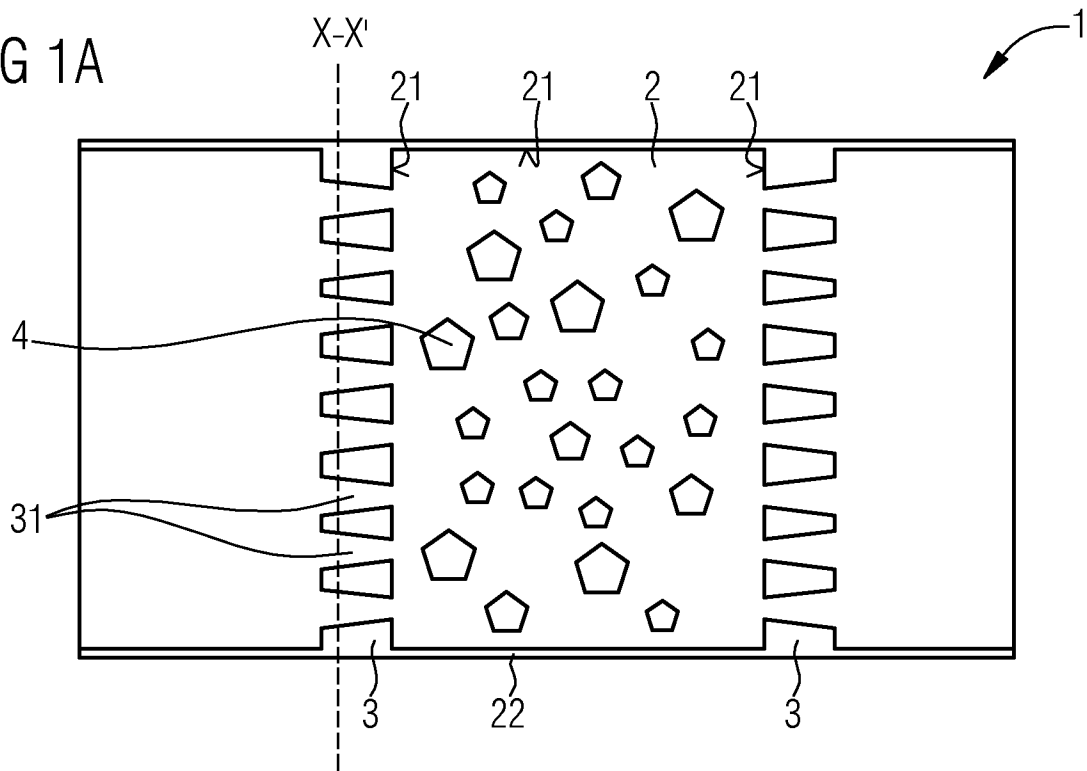


FIG 1B

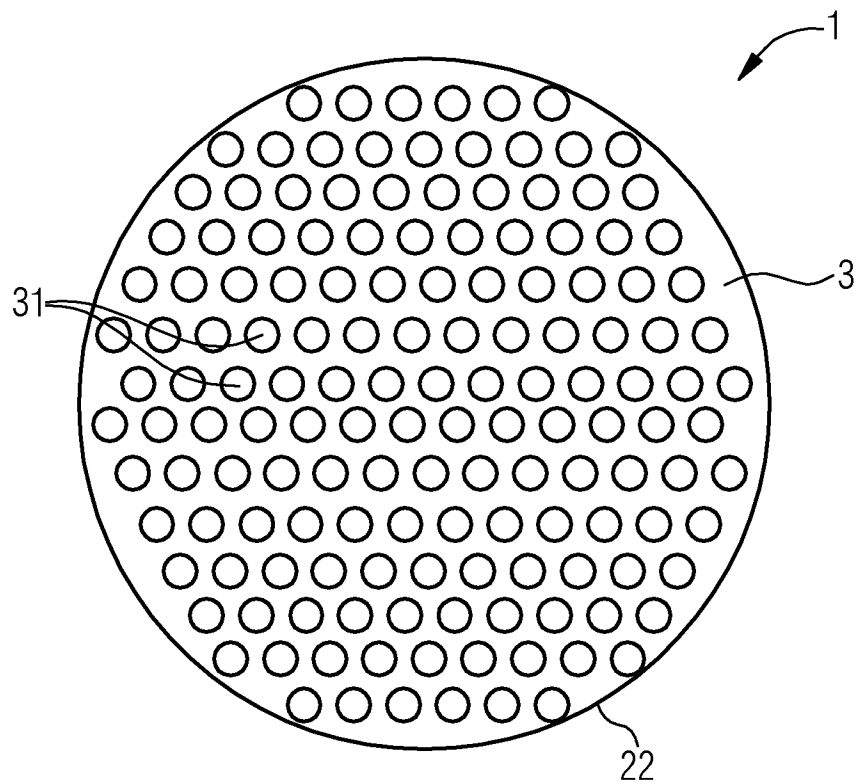


FIG 2A

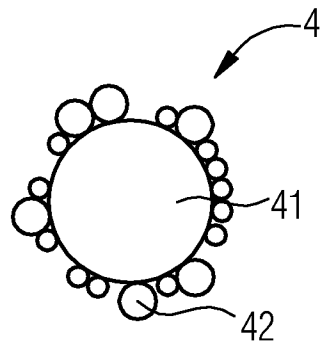


FIG 2B

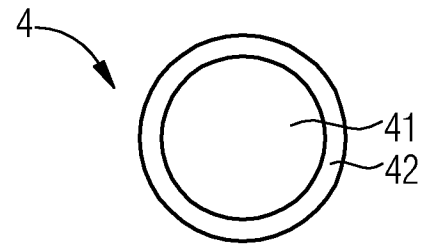


FIG 2C

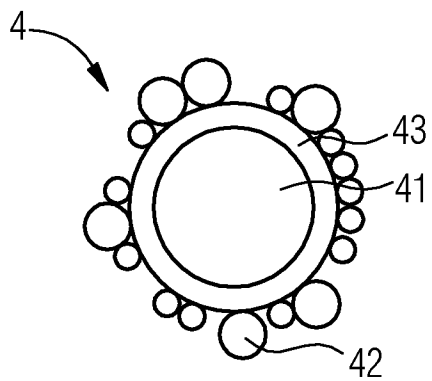


FIG 2D

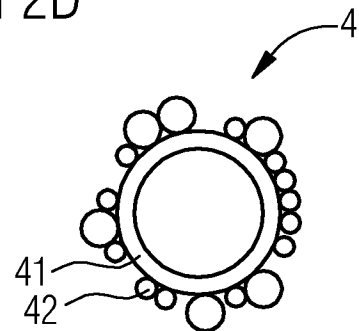


FIG 2E

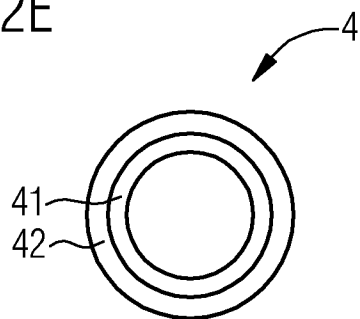


FIG 2F

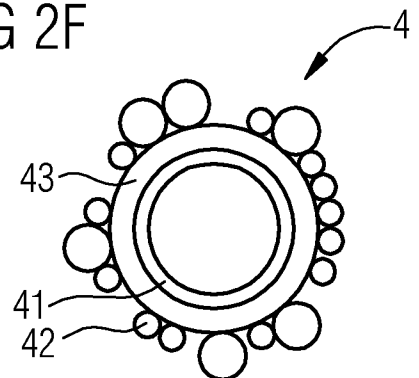


FIG 2G

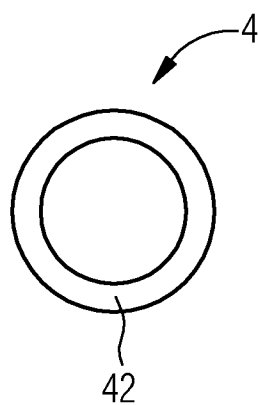


FIG 2H

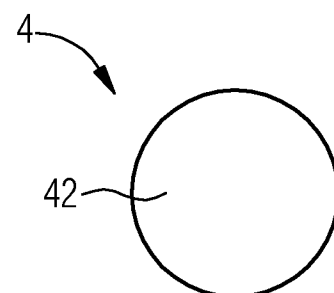


FIG 2I

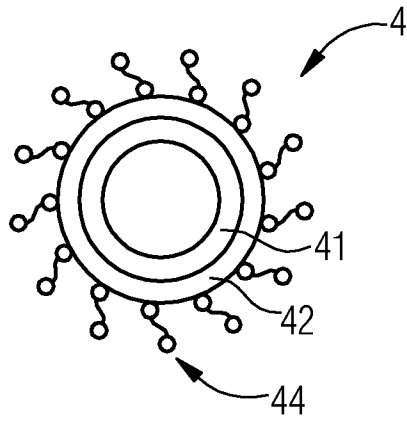


FIG 2J

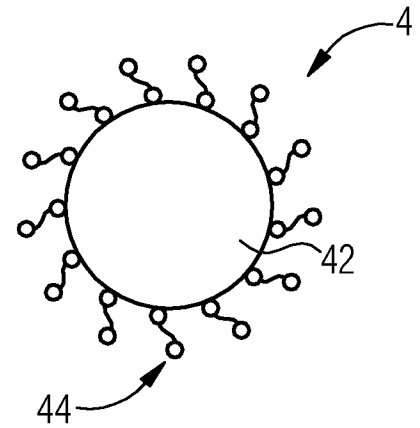


FIG 2K

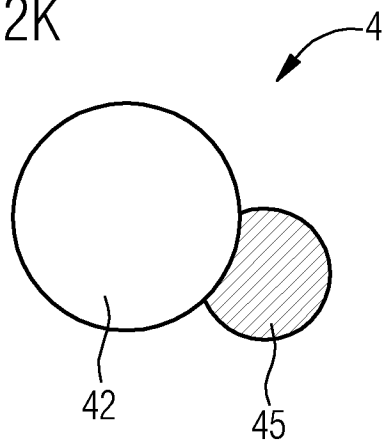


FIG 2L

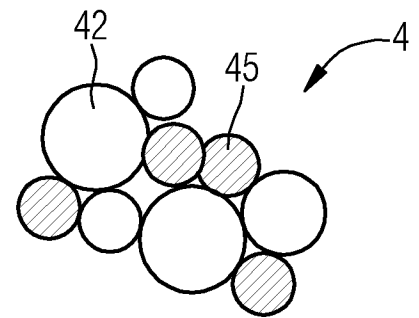


FIG 2M

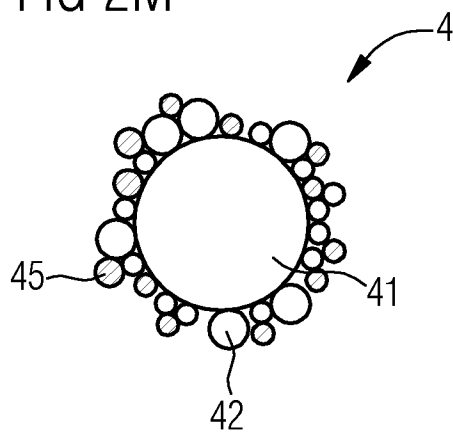


FIG 2N

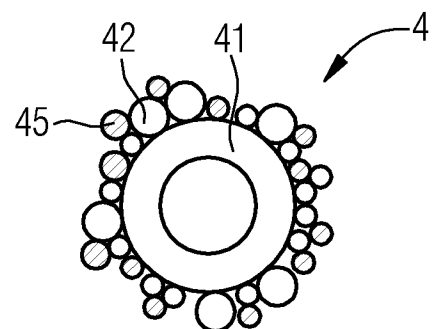


FIG 3

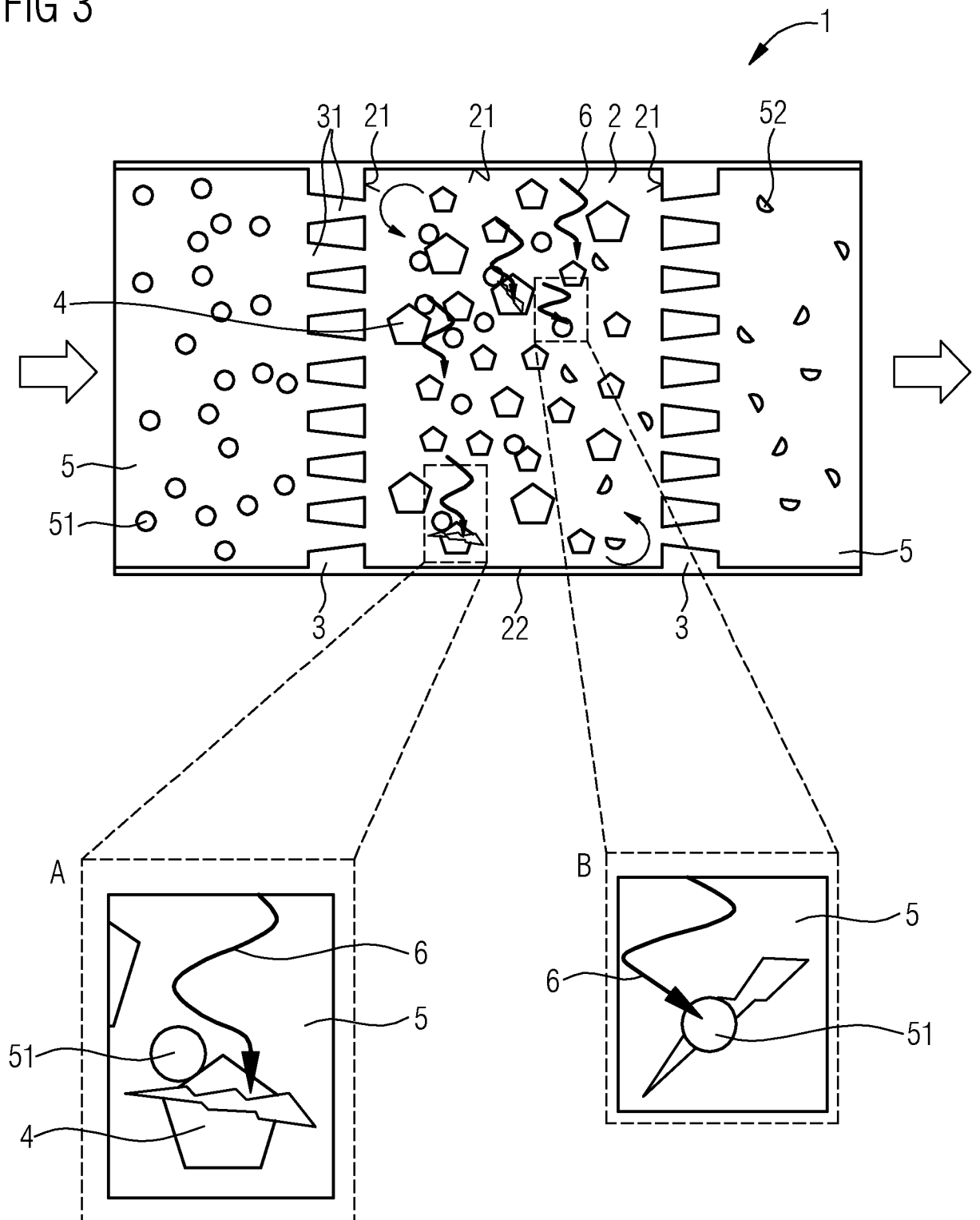


FIG 4

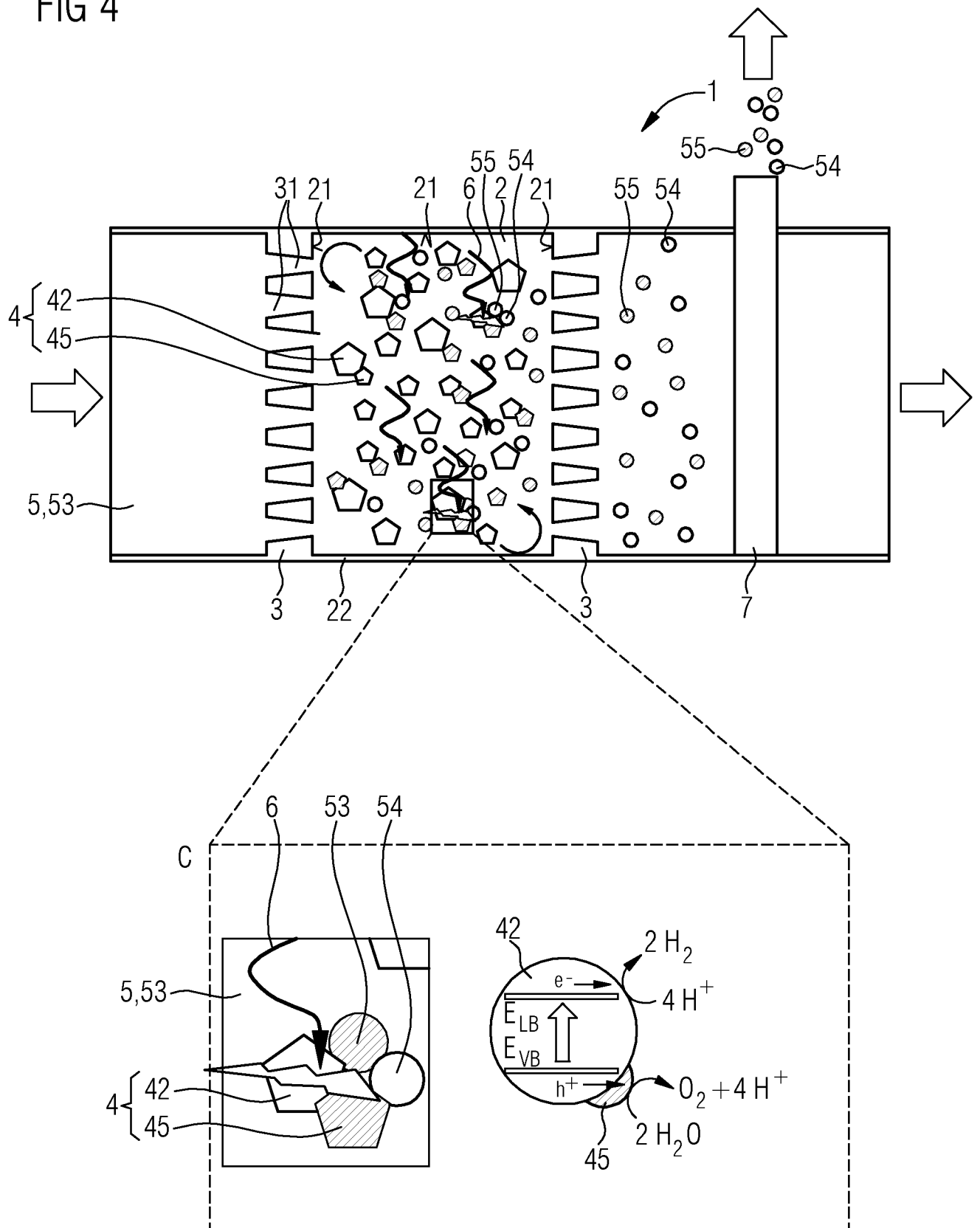


FIG 5A

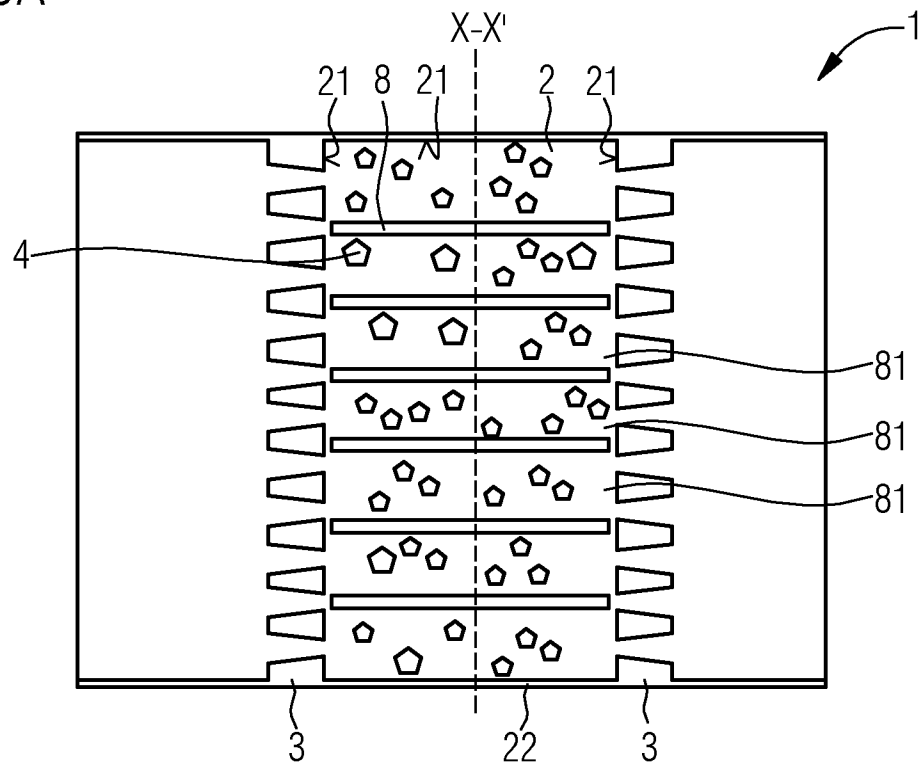


FIG 5B

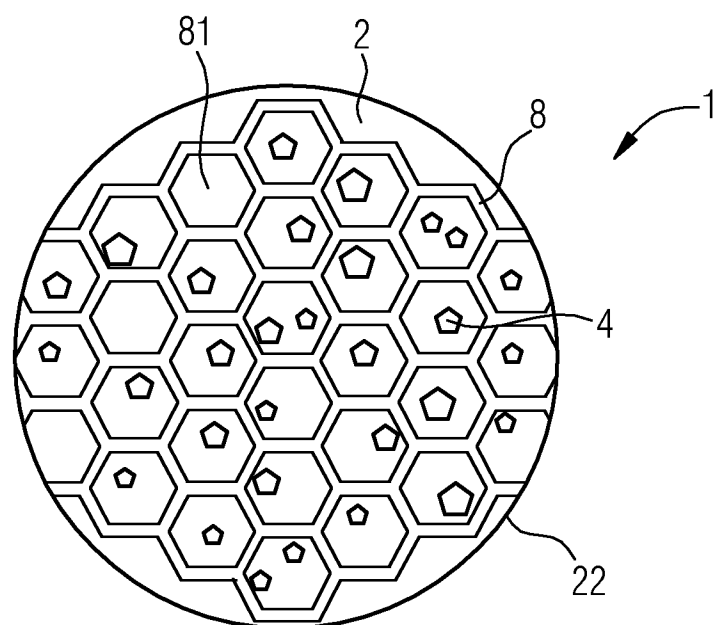


FIG 6

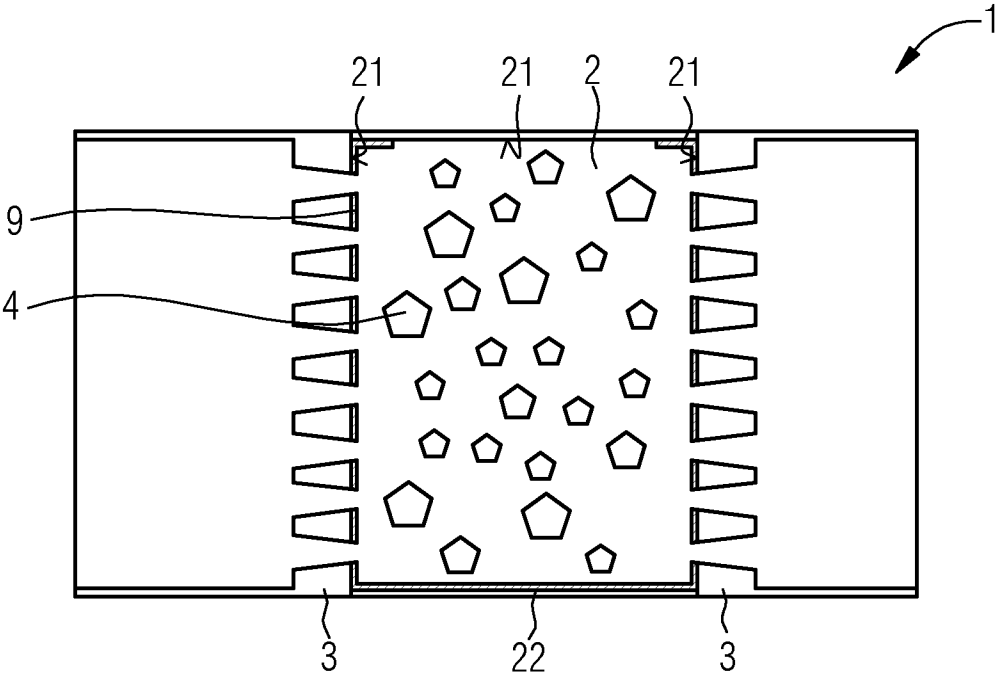


FIG 7

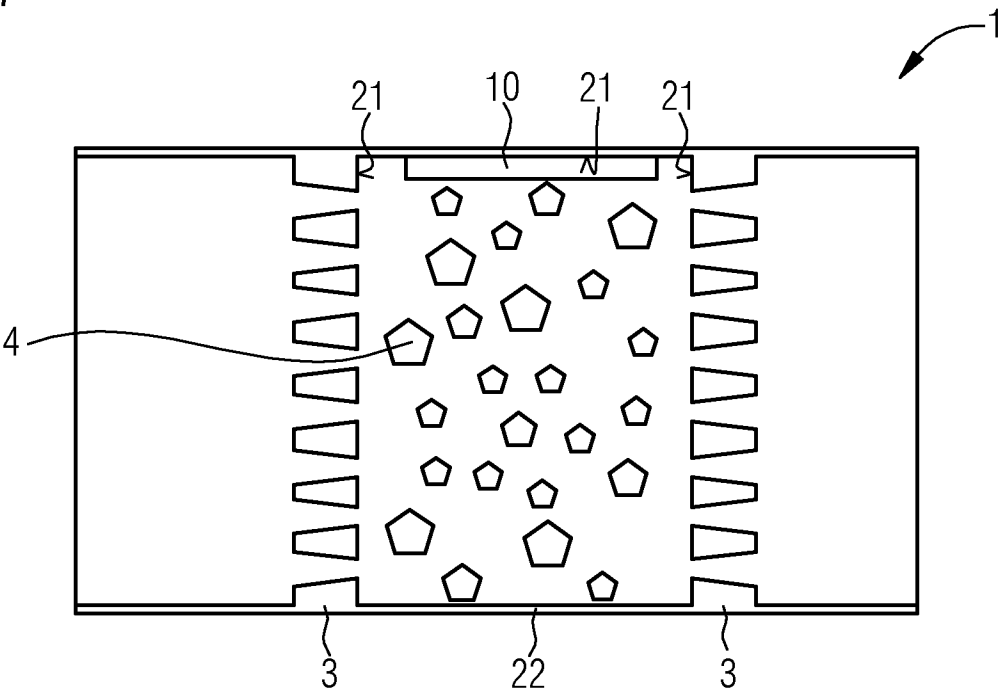


FIG 8A

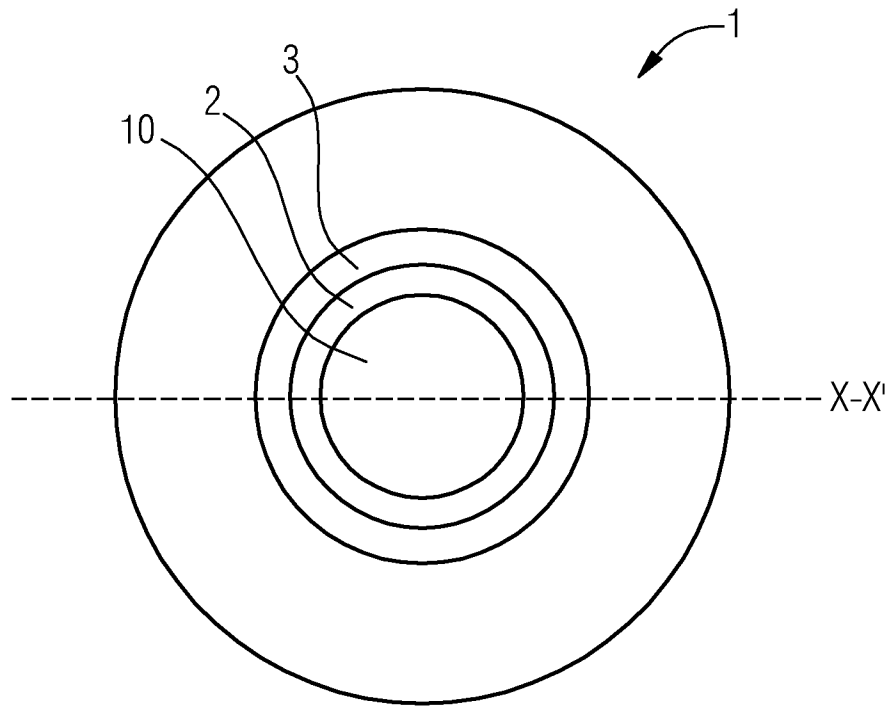


FIG 8B

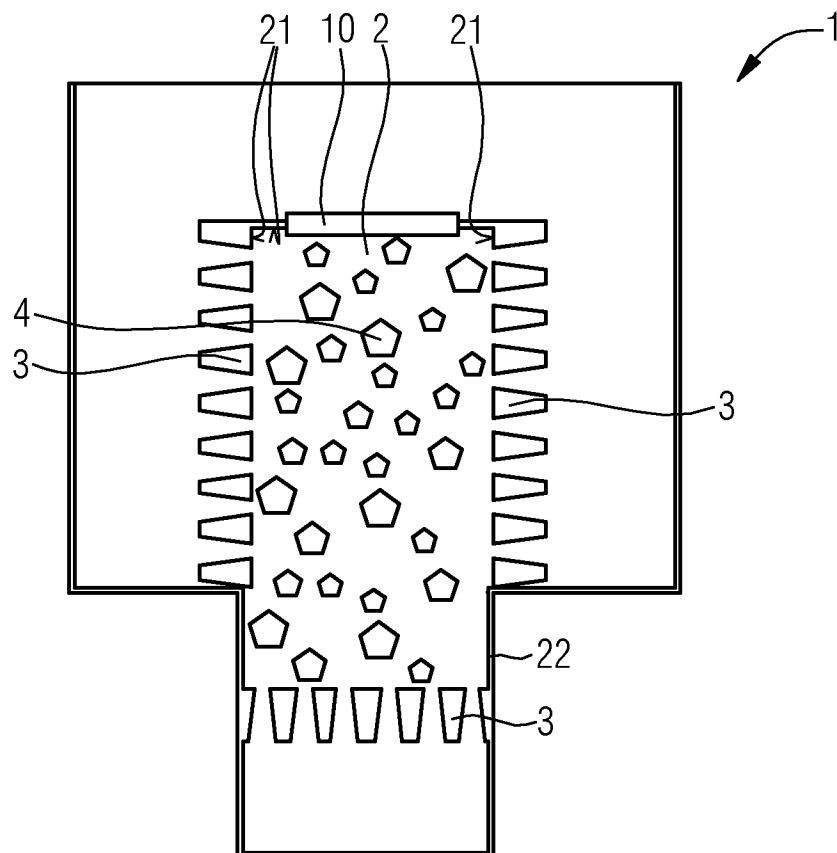


FIG 9

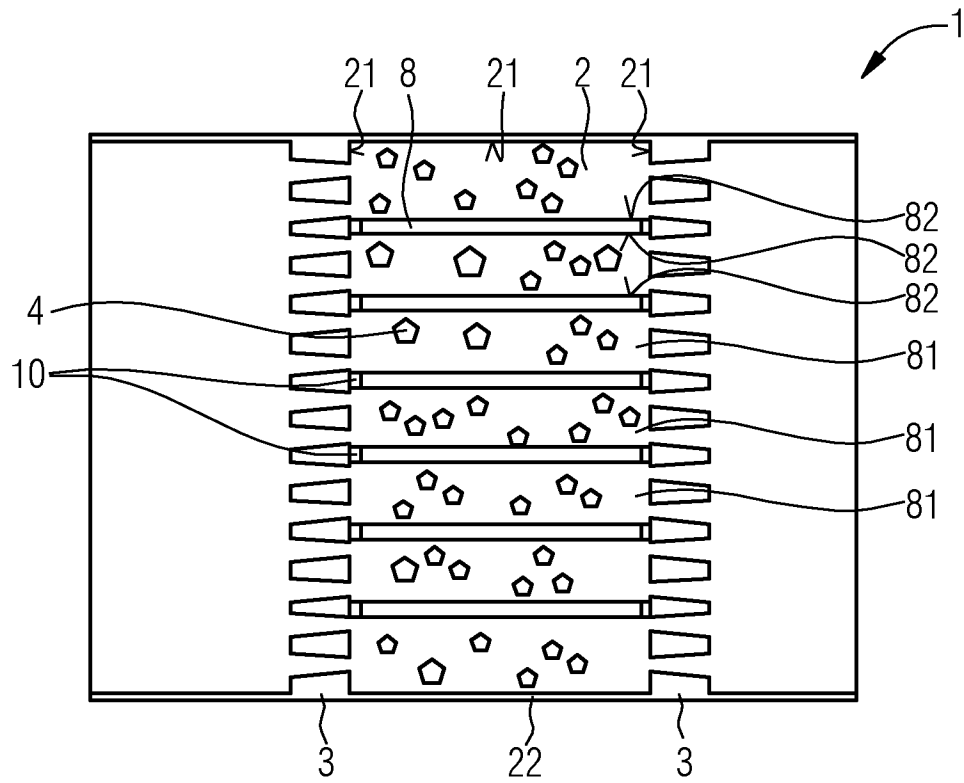


FIG 10

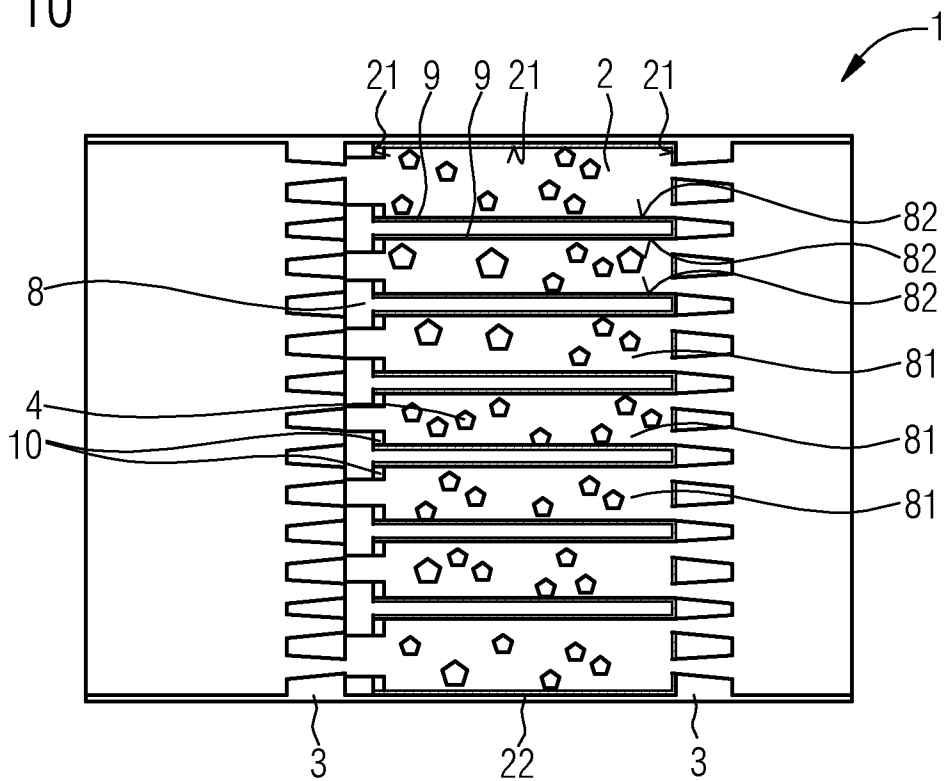


FIG 11

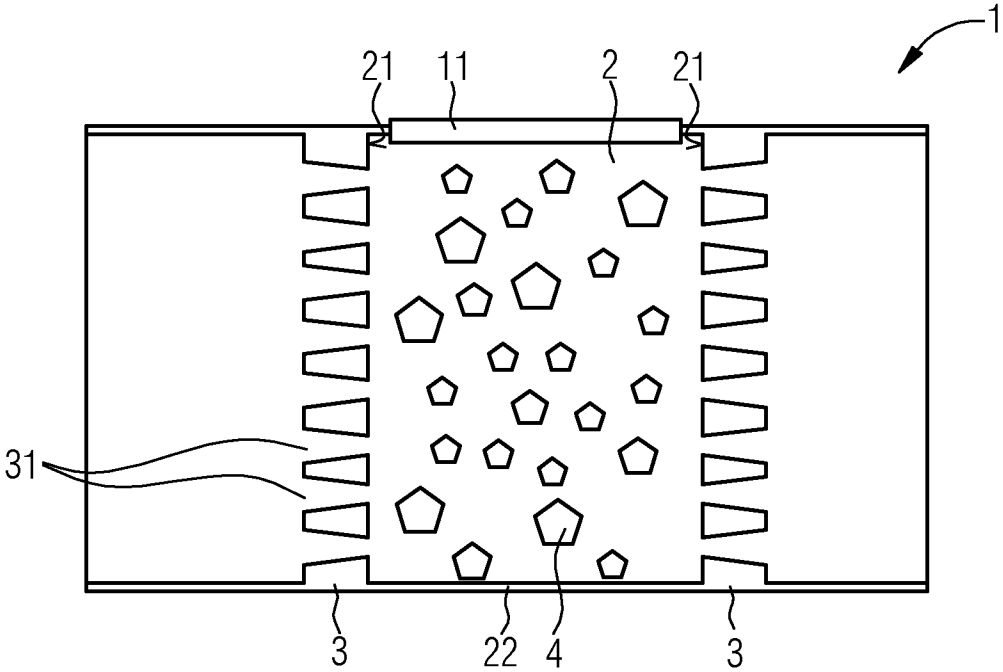
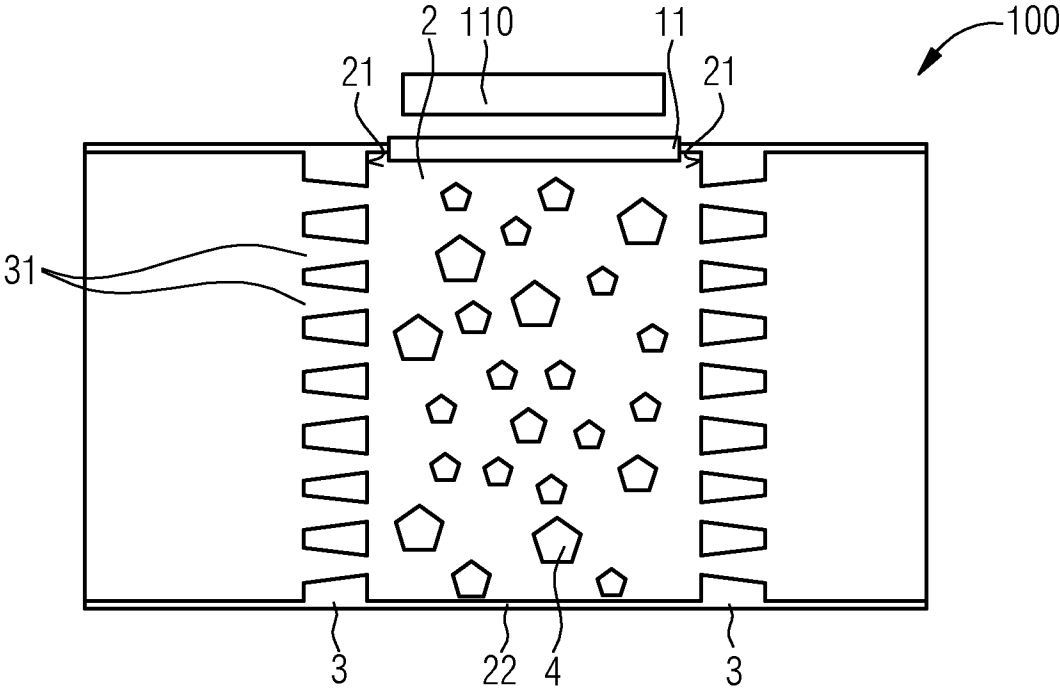


FIG 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/065289

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C02F 1/32 (2023.01)i; B01J 8/00 (2006.01)i; B01J 19/12 (2006.01)i; B01J 35/39 (2024.01)i; C02F 1/72 (2023.01)i; B01J 8/20 (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B01D; B01J; C02F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0590202 A1 (OESTE FRANZ DIETRICH [DE]; DIETRICH OLGA GEB LEYE [DE] ET AL.) 06 April 1994 (1994-04-06) page 2, lines 1-8 page 3, line 38 - page 4, line 17 page 4, lines 23-25 page 5, lines 42-44 page 6, line 36 page 7, lines 31-35 examples 1, 5 figure 7	1-7, 15-20
X	US 2020360857 A1 (VAN BUSKIRK PETER C [US] ET AL) 19 November 2020 (2020-11-19) paragraphs [0060] - [0072], [0114], [0119]; figure 1c	1-5,15-18
X	EP 3488155 B1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 30 November 2022 (2022-11-30) paragraphs [0031] - [0055]; figures 1, 2, 3a, 3b paragraphs [0058] - [0061]; figure 4 paragraph [0113]; figure 10	1-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 August 2024		Date of mailing of the international search report 20 September 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Vaz, Miguel Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/065289

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	0590202	A1	06 April 1994	AT	E142898	T1	15 October 1996
				AU	657020	B2	23 February 1995
				CA	2085758	A1	22 June 1993
				CN	1076139	A	15 September 1993
				DE	4241451	A1	16 December 1993
				EP	0590202	A1	06 April 1994
				ES	2096013	T3	01 March 1997
				JP	H05337337	A	21 December 1993
				MY	109975	A	31 October 1997

US	2020360857	A1	19 November 2020	NONE			

EP	3488155	B1	30 November 2022	CN	109844411	A	04 June 2019
				EP	3488155	A1	29 May 2019
				KR	20180043163	A	27 April 2018

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	C02F1/32	B01J8/00
		B01J19/12
		B01J35/39
		C02F1/72
	B01J8/20	
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B01D B01J C02F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 590 202 A1 (OESTE FRANZ DIETRICH [DE]; DIETRICH OLGA GEB LEYE [DE] ET AL.) 6. April 1994 (1994-04-06) Seite 2, Zeilen 1-8 Seite 3, Zeile 38 - Seite 4, Zeile 17 Seite 4, Zeilen 23-25 Seite 5, Zeilen 42-44 Seite 6, Zeile 36 Seite 7, Zeilen 31-35 Beispiele 1, 5 Abbildung 7	1-7, 15-20
X	US 2020/360857 A1 (VAN BUSKIRK PETER C [US] ET AL) 19. November 2020 (2020-11-19) Absätze [0060] - [0072], [0114], [0119]; Abbildung 1c	1-5, 15-18
	- / - -	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. August 2024		20/09/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Vaz, Miguel

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 488 155 B1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 30. November 2022 (2022-11-30) Absätze [0031] - [0055]; Abbildungen 1, 2, 3a, 3b Absätze [0058] - [0061]; Abbildung 4 Absatz [0113]; Abbildung 10 -----	1 - 20

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/065289

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0590202	A1	06-04-1994	AT E142898 T1 15-10-1996
		AU 657020 B2 23-02-1995	
		CA 2085758 A1 22-06-1993	
		CN 1076139 A 15-09-1993	
		DE 4241451 A1 16-12-1993	
		EP 0590202 A1 06-04-1994	
		ES 2096013 T3 01-03-1997	
		JP H05337337 A 21-12-1993	
		MY 109975 A 31-10-1997	
US 2020360857	A1	19-11-2020	KEINE
EP 3488155	B1	30-11-2022	CN 109844411 A 04-06-2019
		EP 3488155 A1 29-05-2019	
		KR 20180043163 A 27-04-2018	