

(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
02. Januar 2020 (02.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/003039 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61L 2/14 (2006.01)

A23L 3/3409 (2006.01)

(72) Erfinder: NETTESHEIM, Stefan; Hadamarstraße 3a,
93051 Regensburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2019/054898

(74) Anwalt: REICHERT & LINDNER PART-
NERSCHAFT PATENTANWÄLTE; Bismarckplatz 8,
93047 Regensburg (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

12. Juni 2019 (12.06.2019)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2018 115 300.7

26. Juni 2018 (26.06.2018)

DE

(71) Anmelder: RELYON PLASMA GMBH [DE/DE]; Oster-
hofener Straße 6, 93055 Regensburg (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, CZ, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ASSEMBLY AND METHOD FOR DECONTAMINATING OBJECTS

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR DEKONTAMINATION VON OBJEKTEN

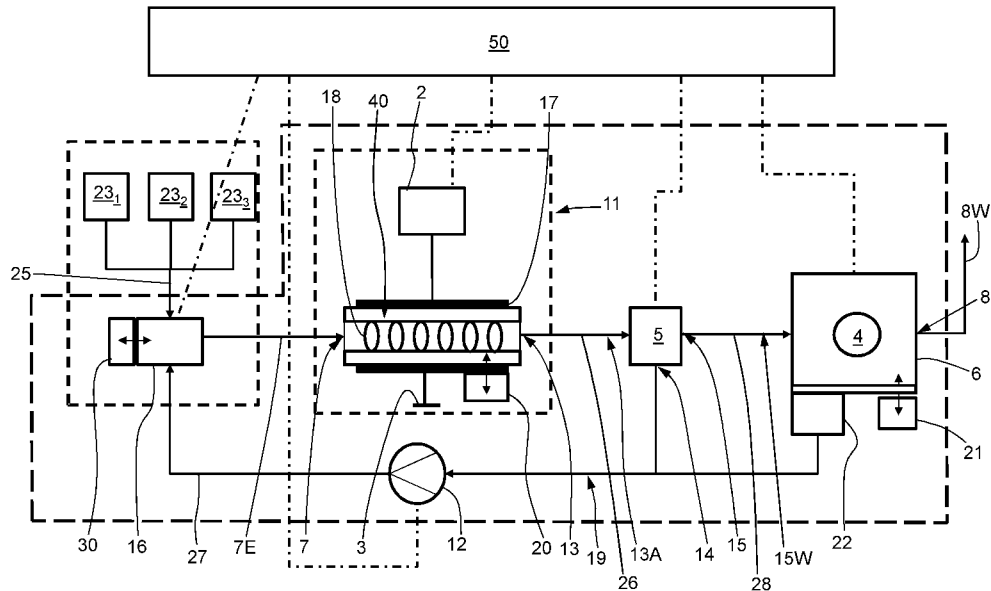


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to an assembly (1) and to a method for completely sterilizing at least one object (4). For this purpose, a chamber (6) is provided, in which the object (4) is sterilized. A plasma system (11) for producing reactive species is associated with the chamber (6). A pumping device (12) is arranged in such a way that a circulation mass flow (19) leads through the plasma system (11) and over at least one object (4) through the chamber (6) and back to the pumping device (12). An outlet (8) is fluidically associated with the chamber (6) such that an effective mass flow (8W) can be led out of the chamber.

(57) Zusammenfassung: Es ist eine Anordnung (1) und ein Verfahren zur vollständigen Sterilisation von mindestens einem Objekt (4) offenbart. Hierzu ist eine Kammer (6) vorgesehen, in der die Sterilisation des Objekts (4) erfolgt. Ein Plasmasystem (11) zur Erzeugung

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)
- mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1

von reaktiven Spezies ist der Kammer (6) zugeordnet. Ein Fördermittel (12) ist derart angeordnet, dass ein Zirkulationsmassenstrom (19) durch das Plasmasystem (11) und über mindestens ein Objekt (4) durch die Kammer (6) und zurück zum Fördermittel(12) führt. Ein Auslass (8) ist der Kammer (6) fluide zugeordnet, so dass aus der Kammer (6) ein Wirkmassenstrom (8W) abgeführt werden kann.

Anordnung und Verfahren zur Dekontamination von Objekten

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Dekontamination von mindestens einem Objekt. Die Anordnung umfasst eine Kammer in der das
5 mindestens eine zu behandelnde Objekt platziert ist. Ein Plasmasystem ist fluide mit der Kammer für das zu behandelnde Objekt verbunden.

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Dekontamination von mindestens einem Objekt.

Industriell werden Plasmaverfahren derzeit u. a. in der Medizintechnik, der
10 Werkstoffherstellung und der Beleuchtungstechnik eingesetzt. Die Anwendung von Plasma erlaubt prinzipiell eine Reduktion mikrobieller Kontaminanten bei geringen Temperaturen, wobei die Wirkung primär auf den Oberflächen erzielt wird. Erste Versuchsreihen im Labormaßstab zur Plasmaanwendung im Lebensmittelbereich untersuchen hauptsächlich Möglichkeiten zur Inaktivierung unerwünschter
15 Mikroorganismen bei hitzeempfindlichen Lebensmitteln, da herkömmliche thermische Dekontaminationsverfahren bei Produkten, wie bspw. frischem Obst und Gemüse, Fleisch oder Eiern, nicht oder nur begrenzt einsetzbar sind. Die Plasmaanwendung gilt auch als potenzielle Alternative zu anderen chemischen (z. B. Chloreinsatz) oder physikalischen Verfahren (z. B. Hochdruck-, Hochspannungsimpulse, ionisierende
20 Bestrahlung). Als Vorteile des Plasmaverfahrens gelten u. a. eine hohe Wirksamkeit bei niedrigen Temperaturen (i. d. R. $< 70\text{ }^{\circ}\text{C}$), gezielte und verbrauchsgerechte Bereitstellung, geringe Beeinflussung der inneren Produktmatrix, wasser- bzw. lösemittel- und rückstandsfreie sowie ressourceneffiziente Anwendung. Andere Verfahren, wie Hochdruck und/oder ionisierende Strahlung sind komplex oder
25 kostspielig. Die Dekontamination mit UV-Licht ist oft nicht wirksam und durch Schatteneffekte eingeschränkt.

Die internationale Patentanmeldung WO 1995/009256 A1 befasst sich mit der Behandlung, insbesondere der Reinigung, von Oberflächen, insbesondere Folien- und Metalloberflächen. Die Reinigung wird dadurch erreicht, dass eine dielektrisch
30 behinderte Entladung auf die Oberfläche des Folienbandes einwirkt. Durch Einwirkung hochenergetischer geladener Teilchen und durch Einwirkung von Photonen aus dem

UV-Spektralbereich wird, z. B. der Öl- bzw. Fettfilm, bereits nach kurzer Zeit so weit entfernt, dass eine Weiterverarbeitung möglich ist.

In dem europäischen Patent EP 1 337 281 B1 wird eine Verstärkung der reinigenden Wirkung von Plasma beschrieben. Die Verstärkung der indirekten Wirkung auf die zu
5 reinigende oder zu sterilisierende Oberfläche wird durch Zumischen von additiven Gaskomponenten, wie z. B. Sauerstoff, Wasserdampf oder auch Edelgasen, erreicht.

Die deutsche Offenlegungsschrift DE 100 36 550 A1 betrifft ein Sterilisationsverfahren, bei dem die zu behandelnde Oberfläche einer Gasentladung ausgesetzt wird. Die Sterilisation wird in einer wasserstoff- und sauerstoffhaltigen
10 Gasatmosphäre bei einem bestimmten Druck durchgeführt. Ein Wirkungsoptimum wird insbesondere durch angefeuchtete Luft ($N_2 + O_2 + H_2O$) erreicht.

Die US-Patentanmeldung US 2015/0038584 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Plasmabehandlung von Oberflächen von Objekten. Es ist dabei eine räumliche und zeitliche Trennung des Plasmaprozesses und der Exposition des zu
15 reinigenden/sterilisierenden Objektes beschrieben.

Die US-Patentanmeldung US 2016/0220714 A1 offenbart eine Desinfektionsvorrichtung zur Plasmadesinfektion von Oberflächen mit einem Plasmagenerator. Zur Erzeugung eines desinfizierenden Plasmagasstroms steht der Plasmagasstrom mit dem Plasmagenerator in kommunizierender Verbindung. Es ist
20 mindestens ein teilweise geschlossener Desinfektionsbereich vorgesehen, der zur Aufnahme der zu desinfizierenden Oberfläche ausgebildet ist. Die Desinfektionsvorrichtung besitzt einen Aerosolgenerator zur Erzeugung eines wässrigen Partikels enthaltenen Aerosolstroms. Der Aerosolgenerator steht mit dem Plasmagenerator in kommunizierender Verbindung, um den mit dem Aerosolstrom
25 vermischten Plasmagasstrom im Desinfektionsbereich auf die zu desinfizierende Oberfläche zu leiten.

Zu diesem aktivierten Wasser können, je nach Prozess für die Sterilisation, noch zusätzliche Additive, wie z. B. Peressigsäure oder Wasserstoffperoxid, hinzugesetzt werden.

Die US-Patentanmeldung US 2003/0133832 A1 offenbart die Verwendung von freien Hydroxylradikalen zur Sterilisation bzw. Dekontamination. Die Hydroxylradikale weisen ein besonders hohes Oxidationspotential auf. Die Hydroxylradikale werden durch die photolytische Reaktion von Ozon mit Wasser unter UV-Licht gebildet.

- 5 Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2008 037 898 A1 betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Desinfektion oder Sterilisation von Verpackungsmaterial und/oder Behältern und/oder Filtermaterial, wobei das Material bzw. der Behälter mit einem in einem Plasmareaktor erzeugten Gas behandelt wird.

- Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2015 119 369 A1 betrifft eine Vorrichtung
10 sowie ein System und ein Verfahren zur Behandlung eines Gegenstandes, insbesondere eines oder mehrerer Freiformkörper, mit Plasma. Die Vorrichtung dient zur Behandlung eines Gegenstandes mit Plasma und umfasst eine Hülleinrichtung, mit der ein im Wesentlichen gasdichter Aufnahmeraum ausgebildet oder ausbildbar ist, in den ein zu behandelnder Gegenstand aufgenommen werden kann. Des
15 Weiteren umfasst die Vorrichtung eine erste Elektrode sowie eine zweite Elektrode, wobei die beiden Elektroden in Bezug zur Hülleinrichtung derart angeordnet sind, dass bei Anlage einer elektrischen Potenzialdifferenz an den Elektroden, ein Plasma im Aufnahmeraum der Hülleinrichtung erzeugbar ist.

- Die US-Patentanmeldung US 2017/112157 A1 offenbart ein Verfahren zur
20 Behandlung einer Oberfläche mit einem reaktiven Gas. Das reaktive Gas wird aus kaltem Plasma bei Hochspannung aus einem Arbeitsgas (HVCP) hergestellt.

- Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2014 213 799 A1 offenbart ein
Haushaltskältegerät mit einer Lebensmittel-Behandlungseinheit sowie ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Haushaltskältegeräts. Das Haushaltskältegerät ist mit
25 einem Innenraum zur Aufnahme von Lebensmitteln versehen, der durch Wände eines Innenbehälters begrenzt ist. Ferner ist eine Lebensmittel-Behandlungseinheit vorgesehen, wobei die Lebensmittel-Behandlungseinheit zur Einwirkung auf eine Oberfläche von den im Lagerbereich eingebrachten Lebensmitteln, in dem Haushaltskältegerät angeordnet und so ausgebildet ist, dass das Einwirken eine
30 Dekontamination von Pestiziden und/oder Schwermetallen im Lebensmittel ist.

Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2005 061 247 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Entkeimen von Lebensmitteln. Das Lebensmittel wird mit mindestens einem atmosphärischen Plasmastrahl beaufschlagt. Durch die im Plasmastrahl enthaltene Energie wird die Entkeimung der Oberfläche des

5 Lebensmittels durchgeführt.

Die US Patentanmeldung US 2004/002673 A1 offenbart ein Sterilisationsverfahren, das nicht im Vakuum durchgeführt wird. Zunächst erfolgt das Einführen eines Oxidationsmittels in einem gasförmigen Zustand in eine Sterilisationskammer oder einen zu sterilisierenden Bereich. Ebenso wird ein Gasplasma in die

10 Sterilisationskammer oder den zu sterilisierenden Bereich eingeführt.

Die US Patent US 6,228,330 B1 offenbart eine Dekontaminations- /

Sterilisationskammer für Atmosphärendruck-Plasma. Mit der Dekontaminations- /

Sterilisationskammer erfolgt die Dekontamination empfindlicher Geräte und

Materialien wie z. B. Elektronik, Optik und nationaler Schätze, die mit chemischen und

15 / oder biologischen Kampfstoffen, wie Milzbrand oder Senfblisten, kontaminiert

wurden. Die Vorrichtung kann auch zur Sterilisation in der Medizin- und

Lebensmittelindustrie verwendet werden. Gegenstände, die dekontaminiert oder

sterilisiert werden sollen, werden in der Kammer abgelegt. Reaktive Gase, die

atomare und metastabile Sauerstoffspezies enthalten, werden durch eine

20 Atmosphärendruck-Plasmaentladung in einem He / O₂-Gemisch erzeugt und in den

Bereich dieser Gegenstände geleitet, was zu einer chemischen Reaktion zwischen

den reaktiven Spezies und organischen Substanzen führt. Die Plasmagase werden

durch ein geschlossenes Kreislaufsystem zurückgeführt, um den Heliumverlust und

die Möglichkeit des Austritts von aerosolen Schadstoffen zu minimieren.

25 Die US Patentanmeldung US 2014/0322096 A1 offenbart eine Desinfektionsstation

mit einer Fluidquelle und einem oder mehreren Plasmaerzeugern zum Erzeugen von

nichtthermischem Plasma. Eine oder mehrere Düsen sprühen einen Nebel oder einen

Fluidstrom durch Plasma, das von dem einen oder den mehreren Plasmaerzeugern

erzeugt wird, um das Fluid zu aktivieren. Die Flüssigkeit wird dann verwendet, um ein

30 Objekt zu sterilisieren.

Die internationale Patentanmeldung WO 2008/126068 A1 offenbart ein Plasmasystem mit einer Einsteckpatrone und mit einem Paar von identischen gegenüberliegenden Elektrodenblöcken. Es gibt einen Einlassverteiler für Prozessgas. Das Prozessgas, wie Luft, wird in einer Strömung in den Verteiler gesaugt und strömt in einer

5 Strömungsrichtung entlang des Pfades, auf dem es ionisiert wird. Die ionisierte Luft tritt in einer Strömung in die Behandlungsleitung aus, wo sie auf die zu behandelnde Probe auftrifft.

Die US Patentanmeldung US 2013/0071286 A1 offenbart ein Sterilisationsgerät mittels kaltem Plasma zur Sterilisation von Gegenständen, wie z. B. medizinische

10 Instrumente. Das Gas wird einer Plasmakammer zugeführt, wo es durch eine oder mehrere mit einer Impulsquelle gekoppelte Elektroden angeregt wird, um dadurch ein kaltes Plasma innerhalb der Plasmakammer zu erzeugen. Eine dielektrische Barriere ist zwischen der Gaskammer und den Elektroden angeordnet, um eine Entladungsvorrichtung für eine dielektrische Barriere zu bilden. Innerhalb der

15 Plasmakammer halten ein oder mehrere leitende Ständer, die mit dem Boden verbunden sind, das zu sterilisierende Objekt. Das kalte Plasma verlässt die Plasmakammer, wo es zur weiteren Verwendung als Plasmaquelle in nachfolgenden Zyklen zurückgeführt wird.

Alle nicht thermischen Verfahren (chemisch, plasmachemisch, physikalisch oder

20 optisch) sind umso wirkungsvoller, je höher die Konzentration der wirksamen Spezies ist und je höher die Expositionszeit der kontaminierten Oberfläche ist. Dabei werden bei mikrobiologischen Organismen oft Schwellwerte beobachtet, unterhalb derer auch bei längerer Exposition die Wirkung verschwindet. Eine vollkommene Dekontamination kann dadurch nicht erreicht werden.

Bei einer direkten Behandlung mit chemischen Gasmischungen oder Flüssigkeiten, wie z. B. Etylenoxid oder H_2O_2 , kann die Konzentration in einem weiten Bereich frei an den Prozess angepasst werden. Allerdings müssen dann gegebenenfalls gesundheitsgefährdende Konzentrationen sicher gehandhabt werden.

25

Bei UV- oder Entladungsverfahren ist die Konzentration der erzeugten Spezies stark

30 abhängig von der Leistung und der Leistungsdichte, die nicht beliebig zu steigern ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung für die Dekontamination oder Sterilisation von Objekten zu schaffen, mittels der die Dekontamination oder Sterilisation in möglichst kurzer Zeit effektiv und ressourcenschonend durchgeführt werden kann.

- 5 Die obige Aufgabe wird durch eine Anordnung zur Dekontamination bzw. Sterilisation von mindestens einem Objekt gelöst, die die Merkmale des Anspruchs 1 umfasst.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, ein automatisches und gesteuertes Verfahren zur Dekontamination oder Sterilisation von Objekten bereitzustellen, wobei die Dekontamination oder Sterilisation in möglichst kurzer Zeit effektiv und

- 10 ressourcenschonend durchgeführt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Dekontamination von Objekten gelöst, das die Merkmale des Anspruchs 9 umfasst.

- Eine mögliche Ausführungsform der Anordnung zur Dekontamination von mindestens einem Objekt zeichnet sich dadurch aus, dass eine Kammer vorgesehen ist, die mit
15 einem Plasmasystem fluide verbunden ist. In der Kammer befindet sich das zu behandelnde Objekt. Eine Mischkammer ist dem Plasmasystem vorgeordnet. Über eine Leitung ist die Mischkammer mit einem Einlass einer Entladungskammer des Plasmasystems verbunden, so dass der Entladungskammer der Plasmasystems ein Eingangsmassenstrom zugeführt werden kann. Ein Fördermittel ist in einer zweiten
20 Zuleitung aus der Kammer zu der Mischkammer angeordnet. Mit dem Fördermittel kann ein Zirkulationsmassenstrom aus der Kammer zurück zur Mischkammer geführt werden. Bevorzugt ist das Fördermittel als Pumpe ausgebildet.

- Der Vorteil der Anwendung des Zirkulationsmassenstroms ist, dass reaktive Stoffe bzw. Substanzen immer wieder durch die Entladungskammer des Plasmasystems
25 gefördert werden, so dass deren Konzentration mit jedem Durchlauf bis zu einem bestimmen Gleichgewicht zunimmt. Dadurch kann man mit einer relativ kurzen bzw. nicht zu langen Entladungskammer des Plasmasystems die für eine effektive Dekontamination bzw. Sterilisation erforderliche Konzentration erhalten. Die Entladungskammer des Plasmasystems ist als ein Durchflussreaktor ausgebildet, der
30 mit einem Gasgemisch beschickt wird. In diesem Durchflussreaktor wird eine Entladung gezündet. So entstehen je nach Intensität der Gasentladung, der

Gaszusammensetzung und weiterer Prozessparameter, wie z. B. Durchflussrate, Temperatur oder Druck, eine Zusammensetzung von Produkten (reaktiven Substanzen oder Stoffe) mit unterschiedlicher Lebensdauer und Reaktivität. In der chemischen Verfahrenstechnik wird ein solcher Durchflussreaktor auch als

5 kontinuierlicher Rührkesselreaktor (oder Continuous stirred-tank reactor: CSTR) bezeichnet.

Ein Fördermittel, das z. B. als Pumpe oder Gebläse ausgestaltet ist, ist derart angeordnet, dass ein Zirkulationsmassenstrom durch die Entladungskammer des Plasmasystems und über mindestens ein Objekt in der Kammer (und zurück) geführt

10 wird. Ein Auslass ist der Kammer fluide zugeordnet, so dass aus der Kammer ein Wirkmassenstrom abführbar ist. Für den Fall, dass das Fördermittel eine Pumpe ist, kann diese als Membranpumpe ausgebildet sein.

Durch die mittels des Fördermittels initiierte Rezirkulation kann die Ausbeute der Entladungskammer des Plasmasystems bzw. der erfindungsgemäßen Anordnung

15 erheblich gesteigert werden. Die Zusammensetzung der Produkte, die auf das Objekt einwirken, kann in einem weiten Bereich eingestellt werden. Als Entladungstyp wird im Plasmasystem bzw. in der Entladungskammer eine dielektrische Barrierenentladung eingesetzt. Dadurch kann die Leistung niedrig gehalten werden. Gemäß einer möglichen Ausführungsform kann in der Entladungskammer des Plasmasystems

20 mindestens ein piezoelektrischer Transformator vorgesehen sein. Der piezoelektrische Transformator ist mit der Spannungsquelle des Plasmasystems zur Erzeugung von Plasma und den reaktiven Spezies verbunden.

Gemäß einer möglichen Ausführungsform der Erfindung können die Entladungskammer des Plasmasystems und die Kammer mit dem Objekt räumlich

25 voneinander getrennt sein.

Die verschiedenen Ausführungsformen der Anordnung unterscheiden sich bei gleichem Grundkonzept nur durch den Integrationsgrad der verschiedenen Komponenten (Kammer, Mischkammer, Rezirkulationsweiche, Fördermittel, Wärmequellen/Wärmesenken, Dosiereinheiten, etc.) und die Details der

30 Prozessführung (Entladungsleistung, Temperaturen und Masseströme).

In der einfachsten Ausführungsform kann die Anordnung aus einer Kammer bestehen, in der die Entladung brennt. Innerhalb der Kammer wird eine rezirkulierende Strömung aufrechterhalten. Innerhalb einer bestimmten Zeit stellt sich bei festgehaltenen Randbedingungen ein Gleichgewicht der Konzentrationen ein. Ko-existieren in der

5 Kammer eine flüssige/wässrige Phase und eine gasförmige Phase (Luft) und sinkt in der flüssigen/wässrigen Phase der pH-Wert in den sauren Bereich, steigt die Konzentration von Wasserstoffperoxid bis zu einem gegebenen Gleichgewichtswert. Durch das Zuführen und Erneuern von Luft und Wasser in geeignetem Verhältnis wird aus dem geschlossenen Reaktor ein Durchflussreaktor.

- 10 Im einfachsten Fall kann sogar die Pumpe entfallen. Das Fördermittel bildet sich somit alleine durch den Leistungseintrag der Entladung aus, so dass eine Konvektionsströmung in der Kammer angetrieben wird.

Eine Rezirkulationsweiche ist zwischen dem Plasmasystem und der Kammer vorgesehen. Die Rezirkulationsweiche ist über eine Leitung fluide mit einem Ausgang

15 des Plasmasystems bzw. der Entladungskammer verbunden. Ein erster Ausgang der Rezirkulationsweiche ist fluide mit dem Zirkulationsmassenstrom und ein zweiter Ausgang der Rezirkulationsweiche über eine Leitung fluide mit der Kammer verbunden.

- Ein Einlass der Entladungskammer ist dem Plasmasystem fluide zugeordnet, so dass
- 20 dem Plasmasystem ein Eingangsmassenstrom zuführbar ist. Bei dem Plasmasystem kann das Verhältnis aus frisch zugeführten Medien (Eingangsmassenstrom) und zurückgeführten Produkten (Rezirkulationsverhältnis) eingestellt werden. Hierzu ist eine Steuer- und Messeinheit vorgesehen. Das Rezirkulationsverhältnis liegt zwischen 1:10 und 10:1, typischerweise aber bei 1:3. Zur Einstellung des
- 25 Rezirkulationsverhältnisses ist, gemäß einer möglichen Ausführungsform, eine Rezirkulationsweiche zwischen dem Plasmasystem und der Kammer vorgesehen.

Zur Temperaturüberwachung und/oder Temperatureinstellung kann eine Wärmequelle/Wärmesenke dem Plasmasystem zugeordnet sein. Ebenso kann zur Temperaturüberwachung und/oder Temperatureinstellung der Kammer eine

30 Wärmequelle/Wärmesenke zugeordnet sein. Zusätzlich kann der Kammer ein Kondensatabscheider zugeordnet sein.

Zur Zuführung von Substanzen in die Entladungskammer des Plasmasystems kann eine Mischkammer fluide über den Einlass mit dem Plasmasystem verbunden sein.

Die Mischkammer kann als Verdampfer oder Befeuchter ausgelegt sein. Der Mischkammer kann auch eine Wärmequelle/Wärmesenke zugeordnet sein. Die

- 5 Mischkammer selbst ist über eine erste Zuleitung mit mindestens einer Dosiereinheit und über eine zweite Zuleitung mit dem Fördermittel verbunden. Die aus den Dosiereinheiten frisch zugeführten Substanzen können Prozessgas, z. B. Luft oder befeuchtete Luft, sein. Als zusätzliches Prozessgas kann z. B. Wasserdampf oder Sauerstoff, Wasserstoffperoxid oder ein organischer Dampf eingesetzt werden.
- 10 Zur Prozessführung ist der Anordnung eine Steuer- und Messeinheit zugeordnet, die kommunikativ mit Elementen der Anordnung verbunden ist. Elemente der Anordnung sind z. B. die Spannungsquelle, die Rezirkulationsweiche, die Kammer, das Plasmasystem, das Fördermittel, die Mischkammer, die Wärmequellen/Wärmesenken oder die mindestens eine Dosiereinheit.
- 15 Die in der Vorrichtung zur Dekontamination bzw. Sterilisation verwendeten Wärmequellen oder Wärmesenken können auf verschiedene Weise realisiert werden. So kann z. B. der Plasmaprozess bzw. die Entladungskammer selbst eine Wärmequelle sein. Die damit gewonnene Wärme kann dazu genutzt werden eine flüssige Komponente zu verdampfen. Der Verdampfungsprozess ist folglich eine
- 20 Wärmesenke. Dieser Zusammenhang hat den Vorteil, dass die Entladungskammer bzw. der Plasmareaktor durch die Verdampfung gekühlt wird. Ebenso braucht keine zusätzliche Heizleistung zum Verdampfen eines flüssigen Mediums (z. B. Wasser) aufgewendet werden. In analoger Weise kann dieses Prinzip auch bei der Wärmequelle/Wärmesenke der Mischkammer und/oder der
- 25 Wärmequelle/Wärmesenke der Rezirkulationsweiche und/oder Wärmequelle/Wärmesenke der Kammer selbst angewendet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Dekontamination von Objekten, zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:

- dass eine Entladungskammer eines Plasmasystems über eine Leitung mit einem Gasgemisch aus mindestens einer Mischkammer beschickt wird;
- 30

- dass in der Entladungskammer des Plasmasystems eine Entladung mit dem Gasgemisch gezündet wird;
 - dass aus der Entladungskammer einer Kammer über Leitungen ein Wirkmassenstrom zugeführt wird;
- 5 • dass mit einem Fördermittel in einer zweiten Zuleitung ein Rezirkulationsmassenstrom von der Kammer zu der Mischkammer geführt und über die Entladungskammer des Plasmasystems der Kammer erneut zugeführt wird, so dass ein die Entladungskammer verlassender Wirkmassenstrom eine erhöhte Konzentration an reaktiven Stoffe besitzt; und
- 10 • dass eine Steuer- und Messeinheit zur Prozessführung zumindest eine Spannungsquelle der Entladungskammer des Plasmasystems, die Mischkammer und das Fördermittel steuert und zumindest von der Entladungskammer des Plasmasystems, der Mischkammer und dem Fördermittel Daten erhebt, die zur Steuerung der Prozessführung beitragen.
- 15 Der Mischkammer wird aus mindestens einer Dosiereinheit über eine erste Zuleitung ein gegebenes Gemisch aus frischen Substanzen und über die zweite Zuleitung vom Fördermittel der Rezirkulationsmassenstrom zugeführt.
- Aus der Entladungskammer des Plasmasystems wird ein Ausgangsmassenstrom einer Rezirkulationsweiche zugeführt, wobei die Rezirkulationsweiche den
- 20 Ausgangsmassenstrom in einen Wirkmassenstrom und den Rezirkulationsmassenstrom aufteilt. Mittels der Steuer- und Messeinheit wird die Rezirkulationsweiche überwacht und in Abhängigkeit von der Prozessführung geregelt.
- Mittels der Steuer- und Messeinheit wird die Temperatur in der Mischkammer, des
- 25 Plasmasystems bzw. der Entladungskammer und der Kammer überwacht und in Abhängigkeit von der Prozessführung geregelt. Mittels der Steuer- und Messeinheit wird eine Spannungsquelle des Plasmasystems bzw. der Entladungskammer überwacht und geregelt. Ebenfalls werden mittels der Steuer- und Messeinheit die Mischkammer und die Kammer überwacht und geregelt.

Die erfindungsgemäße Anordnung kann zur Dekontamination bzw. zum Sterilisieren von Objekten, zum Reinigen von Objekten, zum Abbau von schädlichen Substanzen und zum Abbau von schädlichen Substanzen, wie z. B. organischer Dämpfe, verwendet werden.

- 5 Objekte, Oberflächen oder auch organische gasförmige Spezies werden, sobald Sie in den Ausgangsstrom oder den Rezirkulationsstrom des Reaktors gebracht werden, einem sehr aggressiven und oxidierenden Regime ausgesetzt. Bei festen Objekten kann es je nach Prozessführung und Temperatur des Objektes zu einer Kondensation auf der Objektoberfläche kommen. In diesem Kondensatfilm herrschen hohe
- 10 Konzentrationen von H_2O_2 und ein niedriger pH-Wert. Solche Bedingungen sind bekannt dafür Keime abzutöten und organische Substanzen zu oxidieren. Ebenso wird dies in der Medizintechnik und Lebensmitteltechnologie zur Dekontamination bzw. zum Sterilisieren eingesetzt.

- Gemäß einer möglichen Ausführungsform der Erfindung wird Luft und Wasserdampf
- 15 in geeigneter Weise durch eine Entladekammer (dielektrische Barrierenentladung) des Plasmasystems geleitet. Dabei entstehen neben kurzlebigen Produkten (Ionen, Radikale, hochangeregte Moleküle) verschiedene stabile Spezies, wie z. B. Stickoxide, Ozon und Wasserstoffperoxid. Durch die Rezirkulation (Pumpen des
- 20 Ausgangs der Entladungskammer des Plasmasystems zum Eingang der Entladungskammer des Plasmasystems) steigen die Ozonkonzentration und die Konzentration von Wasserstoffperoxid an. Der pH-Wert im Kondensat sinkt in den sauren Bereich. Durch Rezirkulation werden bei einer gegebenen Ausgangsmenge von Wasser und Luft hohe Konzentrationen von stark oxidierenden Spezies und ein Säuregrad erreicht, der bei einem singulären Durchgang durch die Entladungskammer
- 25 der Plasmasystems nicht erreicht werden kann. Dieser in sich geschlossene Kreislauf kann durch Nachdosierung von Luft und Wasser und durch Auslass eines Teils des Massenstroms am Ausgang des Plasmasystems bzw. der Kammer geöffnet und so kontinuierlich betrieben werden.

Definition

- 30 Dekontamination, im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung, ist das Entfernen von gefährlichen oder schädlichen Verunreinigungen (Kontaminationen)

von Objekten, wie z. B. Lebensmitteln, Kleidungsstücken, Böden, Festkörpern, Flüssigkeiten.

Die schädlichen Verunreinigungen können dabei chemischer oder biologischer Natur sein. Unter den Begriff der schädlichen Verunreinigungen kann man Keime, Sporen, Pilze, Mikroorganismen aller Art (Viren, Bakterien, Pilze, Sporen, primitive Parasiten) sowie organische Schadstoffe, giftige organische Verbindungen oder Gifte verstehen. Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, dass die obige Aufzählung nicht abschließend ist.

Im Folgenden sollen Ausführungsbeispiele die Erfindung und ihre Vorteile anhand der beigefügten Figuren näher erläutern. Die Größenverhältnisse in den Figuren entsprechen nicht immer den realen Größenverhältnissen, da einige Formen vereinfacht und andere Formen zur besseren Veranschaulichung vergrößert im Verhältnis zu anderen Elementen dargestellt sind.

Dabei zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer möglichen Ausführungsform der Erfindung, wobei im einfachsten Fall die Entladung innerhalb der Kammer mit dem zu behandelnden Objekt brennt;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, wobei das Plasmasystem als Durchflussreaktor ausgestaltet ist;

Figur 3 eine schematische Darstellung einer noch weiteren Ausführungsform der Erfindung, wobei das Plasmasystem als Durchflussreaktor ausgestaltet ist und die Kammer vom Plasmasystem räumlich getrennt ist; und

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Flussdiagramms zur Durchführung eines Verfahrens zur Dekontamination bzw. Sterilisation von mindestens einem Objekt.

Für gleiche oder gleich wirkende Elemente der Erfindung werden identische Bezugszeichen verwendet. Ferner werden der Übersicht halber nur Bezugszeichen in den einzelnen Figuren dargestellt, die für die Beschreibung der jeweiligen Figuren erforderlich sind.

Figur 1 zeigt eine Anordnung 1 zur Dekontamination bzw. Sterilisation von

mindestens einem Objekt 4. Im einfachsten Fall kann die Anordnung 1, wie hier angedeutet, aus einer Kammer 6 bestehen, in der eine Entladung 9 brennt. Die

Entladung 9 brennt in einem Plasmasystem 11, das innerhalb der Kammer 6

5 angeordnet ist. Ebenso befindet sich in der Kammer 6 das mindestens eine zu

sterilisierende Objekt 4. Der Kammer 6 ist ein Einlass 7 zugeordnet, über den ein

Eingangsmassenstrom 7E in die Kammer 6 verbracht werden kann. Ferner ist der

Kammer 6 ein Auslass 8 zugeordnet, mittels dem ein Wirkmassenstrom 8W aus der

Kammer 6 abtransportiert werden kann. Innerhalb der Kammer 6 wird ein

10 Zirkulationsmassenstrom 19 ausgebildet, der über das Plasmasystem 11 und das zu

sterilisierende Objekt 4 führt. Der Zirkulationsmassenstrom 19 kann in der Kammer 6

über ein Fördermittel 12 eingestellt werden. Das Fördermittel 12 kann eine Pumpe

oder ein Umluftgebläse sein. Der Zirkulationsmassenstrom 19 wird durch das

Fördermittel immer über das Plasmasystem 11 geführt, um die Anteile der reaktiven

15 Stoffe für die Dekontamination bzw. Sterilisation des Objekts 4 zu erhöhen. Ebenso

kann gemäß einer weiteren Ausführungsform der Zirkulationsmassenstrom 19 über

Konvektion aufrechterhalten werden. Hierzu ist die Kammer 6 im Innern derart

ausgestaltet, dass sich eine gleichmäßige Konvektion ausbildet. Mittels der

Konvektion oder dem Fördermittel 12 ist sichergestellt, dass ein

20 Zirkulationsmassenstrom 19 mit reaktiven Stoffen nicht nur das zu dekontaminierende

bzw. sterilisierende Objekt 4 erreicht, sondern auch der Anteil der reaktiven Stoffe pro

Volumeneinheit erhöht. Das Plasmasystem 11 besitzt gemäß den baulichen

Gegebenheiten eine bestimmte Länge, entlang der dem Zirkulationsmassenstrom 19

reaktiven Stoffe aufgeprägt werden können. Die bei einem einmaligen Durchlauf durch

25 das Plasmasystem 11 erzielbare Konzentration reicht nicht aus um einer effektive

Dekontamination der Objekte 4 durchzuführen. Mittels mehrfachen Durchlaufs durch

das Plasmasystem 11 kann die Konzentration an reaktiven Stoffen gesteigert werden.

Innerhalb einer bestimmten Zeit stellt sich bei festgehaltenen Randbedingungen ein

Gleichgewicht der Konzentrationen der reaktiven Stoffe ein. Koexistieren in der

30 Kammer 6 eine flüssige/wässrige Phase und eine gasförmige Phase (Luft), sinkt in der

wässrigen Phase der pH-Wert in den sauren Bereich und die Konzentration von

Wasserstoffperoxid steigt bis zu einem gegebenen Gleichgewichtswert. Durch

Zuführen von Luft und Wasser in geeignetem Verhältnis über den Einlass 7 wird aus der Kammer 6 (geschlossener Reaktor) ein Durchflussreaktor.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, wobei das Plasmasystem 11 als Durchflussreaktor ausgestaltet ist und das Plasmasystem 11 von der Kammer 6 (hier nicht dargestellt) räumlich getrennt ist. Dem Plasmasystem 11 der Anordnung 1 kann mindestens ein Gemisch aus verschiedenen initialen fluiden und gasförmigen Komponenten zugeführt werden. Bei der in Figur 2 beschriebenen Darstellung ist eine einzige Dosiereinheit 23_1 vorgesehen, die mit einer Mischkammer 16 über eine erste Zuleitung 25 verbunden ist. Ferner ist die Mischkammer 16 über eine zweite Zuleitung 27 mit dem Fördermittel 12 verbunden. Obwohl bei der hier dargestellten Ausführungsform nur eine einzige Dosiereinheit 23_1 dargestellt ist, soll dies nicht als eine Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden. Wie anhand der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform ersichtlich ist, können mehr als eine Dosiereinheit $23_1, 23_2, \dots, 23_N$ der Mischkammer 16 zugeordnet sein.

Das Plasmasystem 11 besteht aus einer Spannungsquelle 2, die mit einer Entladungskammer 17 verbunden ist. Die Entladungskammer 17 ist mit einer Masseverbindung 3 verbunden. In der Entladungskammer 17 ist eine Entladungszone 18 ausgebildet, innerhalb der die reaktiven Spezies gebildet werden. Die Länge L der Entladungskammer 17 ist entscheidend für die Ausbildung des Anteils bzw. die Konzentration der reaktiven Stoffe, des die Entladungskammer 17 verlassenden Gemisches.

Aus der Mischkammer 16 kann über eine Leitung 24 einem Einlass 7 des Plasmasystem 11 bzw. der Entladungskammer 17 ein Gas- bzw. Stoffgemisch zugeführt werden. In der Entladungszone 18 der Entladungskammer 17 zündet eine Gasentladung. Je nach Intensität der Gasentladung, der Gaszusammensetzung und weiteren Prozessparametern, wie Durchflussrate, Temperatur oder Druck, entsteht eine konstante Zusammensetzung von Produkten (reaktive Stoffe) mit unterschiedlicher Lebensdauer und Reaktivität, die auf das Objekt 4 einwirken.

Der Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 ist eine Rezirkulationsweiche 5 nachgeordnet. Die Rezirkulationsweiche 5 ist fluide mit einem Ausgang 13 der Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 verbunden. Ein erster Ausgang 14 der

Rezirkulationsweiche 5 ist fluide mit dem Zirkulationsmassenstrom 19 verbunden. Ein zweiter Ausgang 15 der Rezirkulationsweiche 5 ist fluide über eine Leitung 28 mit der Kammer 6 (hier nicht dargestellt) verbunden. Durch die Rückführung des Zirkulationsmassenstroms 19 in die Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 kann die Konzentration der reaktiven Stoffe schrittweise erhöht werden.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung einer noch weiteren Ausführungsform der Erfindung. Die Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 ist als Durchflussreaktor ausgestaltet. Die Kammer 6 für die Behandlung der Objekte 4 ist von der Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 räumlich getrennt. Von der Kammer 6 mit dem Objekt 4 wird über den Auslass 8 ein Wirkmassenstrom 8W an die Umgebung abgegeben und die Kammer 6 wird von reaktiven Stoffen durchströmt.

Bei der hier dargestellten Ausführungsform sind drei Dosiereinheiten 23_1 , 23_2 , und 23_3 mit der Mischkammer 16 verbunden. Dabei kann die Temperatur in der Mischkammer 16 über eine Wärmesenke/Wärmequelle 30 eingestellt werden. Aus der Mischkammer 16 wird der Eingangsmassenstrom 7E dem Einlass 7 der Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 zugeführt. Ebenso kann der Plasmaprozess (erzeugen von Plasma in der Entladungskammer 17) selbst eine Wärmequelle 30 sein, der dazu genutzt wird, eine flüssige Komponente, die von mindestens einer der Dosiereinheiten 23_1 , 23_2 , und 23_3 zugeführt wird, in der Mischkammer 16 zu verdampfen. Dabei wäre dann der Verdampfungsprozess in der Mischkammer 16 eine Wärmesenke 30. Dieser Zusammenhang hat den Vorteil, dass ohne zusätzliche Heizleistung ein flüssiges Medium (z. B. Wasser bzw. Kondensat aus dem Rezirkulationsprozess) verdampft werden kann.

Typischerweise wird die Entladung in der Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 durch eine elektrische Anregung erzeugt, die über die Spannungsquelle 2 des Plasmasystems 11 gespeist wird. Zur Prozessführung kann die Entladungskammer 17 mittels einer Wärmequelle/Wärmesenke 20 beheizt oder gekühlt werden. Insbesondere kann der Plasmaprozess in der Entladungskammer 17 selbst eine Wärmequelle 20 sein, der dazu genutzt wird eine flüssige Komponente zu verdampfen. Dabei wäre dann der Verdampfungsprozess eine Wärmesenke 20. Dieser Zusammenhang hat den Vorteil, dass die Entladungskammer 17 durch Verdampfung gekühlt wird und ohne zusätzliche Heizleistung ein flüssiges Medium

(z. B. Wasser) verdampft werden kann. Der Ausgang 13 der Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 wird über eine Leitung 26 der Rezirkulationsweiche 5 zugeführt. Über eine zweite Leitung 27 und das Fördermittel 12 kann ein Rezirkulationsmassenstrom 19 von der Kammer 6 und der Rezirkulationsweiche 5 an die Mischkammer 16 zurückgeführt geführt werden.

Dabei hängt der Rezirkulationsmassenstrom 19 und damit das Rezirkulationsverhältnis von der Leistung des Fördermittels 12, der Einstellung der Rezirkulationsweiche 5 und den Einstellungen an den Dosiereinheiten 23₁, 23₂, und 23₃ ab. Der zweite Ausgang 15 der Rezirkulationsweiche 5 ist fluide über eine Leitung 28 mit der Kammer 6 verbunden, in der sich das zu behandelnde Objekt 4 befindet. Die Kammer 6 kann optional über eine Wärmequelle/Wärmesenke 21 auf einer konstanten Temperatur gehalten werden. Falls erforderlich, kann ein Teil des Wirkgases und des Kondensates aus der Kammer 6 über einen Kondensatabscheider 22 in den Zirkulationsmassenstrom 19 eingeschleust werden. Die Kammer 6 wird über den Auslass 8 zur Umgebung hin durchströmt.

Zur Prozessführung ist eine Steuer- und Messeinheit 50 vorgesehen, die kommunikativ (drahtgebunden und/oder drahtlos) mit den Elementen der Anordnung 1, wie z. B. der Spannungsquelle 2, der Rezirkulationsweiche 5, der Kammer 6, dem Plasmasystem 11, dem Fördermittel 12, der Mischkammer 16, den Wärmequellen/Wärmesenken 20, 21 oder der mindestens einen Dosiereinheit 23₁, 23₂, ..., 23_N verbunden sein kann. Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, dass die vorstehende Auszählung nicht abschließend ist. Je nach Bedarf können Elemente der Anordnung 1 hinzugeschaltet oder weggeschaltet werden.

Ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in **Figur 4** dargestellt. Gemäß der Erfindung wird ein Plasmasystem 11 bzw. eine Entladungskammer 17 (Durchflussreaktor) zumindest mit einem Gasgemisch bzw. Gemisch aus der mindestens einen Mischkammer 16 beschickt. In der Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 wird eine Entladung gezündet. Je nach Intensität der Gasentladung, der Gaszusammensetzung und weiterer Prozessparameter, wie z. B. Durchflussrate, Temperatur oder Druck, ergibt sich eine konstante Zusammensetzung von Stoffen (Produkten) mit unterschiedlicher Lebensdauer und Reaktivität.

Ein gegebenes Gemisch aus verschiedenen initialen fluiden und gasförmigen Komponenten aus verschiedenen Dosiereinheiten $23_1, 23_2, \dots, 23_N$ wird mit einer Mischkammer 16 aufbereitet. Dabei kann die Temperatur in der Mischkammer 16 über eine Wärmesenke/Wärmequelle 30 eingestellt werden. Der Eingangsmassenstrom 7E wird in die Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 eingespeist. In der Entladungskammer 17 des Plasmasystems 11 brennen in der Entladungszone 18 die Entladungen. Typischerweise wird die Entladung durch eine elektrische Anregung erzeugt, die über die Spannungsquelle 2 gespeist wird. Zur Prozessführung kann das Plasmasystem 11 bzw. die Entladungskammer 17 beheizt oder gekühlt werden. Bevorzugt wird die elektrische Entladung in der Entladungskammer 17 mittels mindestens eines piezoelektrischen Transformators 40 gezündet. Die Funktionsweise eines piezoelektrischen ist hinlänglich bekannt und braucht hier nicht noch einmal erläutert werden.

Der Ausgangsmassenstrom 13A wird über die Rezirkulationsweiche 5 und teilweise über ein Fördermittel 12 an die Mischkammer 16 zurückgeführt. Dabei hängt der Rezirkulationsmassenstrom 19 und damit das Rezirkulationsverhältnis von der Leistung des Fördermittels 12, der Einstellung der Rezirkulationsweiche 5 und den Einstellungen der Dosiereinheiten $23_1, 23_2, \dots, 23_N$ ab. Der Wirkmassenstrom 15W tritt vom zweiten Ausgang 15 der Rezirkulationsweiche 5 in eine Kammer 6 ein, in der sich das zu behandelnde Objekt 4 befindet. Die Kammer 6 kann optional über eine Wärmequelle/Wärmesenke 22 auf einer konstanten Temperatur gehalten werden. Falls erforderlich, kann ein Teil des Wirkgases und des Kondensates über einen Kondensatabscheider 22 in den Rezirkulationsmassenstrom 19 eingeschleust werden. Über einen Auslass 8 kann ein Wirkmassenstrom 8W an die Umgebung abgegeben werden.

Durch die Steuer- und Messeinheit 50 und das Prinzip der Rezirkulation kann die Ausbeute der in der Entladungskammer 17 der Plasmasystems 11 erzeugten reaktiven Spezies erheblich gesteigert werden. Die Zusammensetzung des Gemisches kann mittels der Mischkammer 16 in einem weiten Bereich eingestellt werden. Wird als Entladungstyp eine dielektrische Barriere-Entladung (piezoelektrischer Transformator 40) eingesetzt, kann die Leistung der dielektrischen Barriere-Entladungsvorrichtung niedrig gehalten werden.

Die Erfindung wurde in Bezug auf bevorzugte Ausführungsformen beschrieben. Es ist für einen Fachmann jedoch selbstverständlich, dass Änderungen und Abwandlungen gemacht werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Schutzansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste

	1	Anordnung
	2	Spannungsquelle
	3	Masseverbindung
5	4	Objekt
	5	Rezirkulationsweiche
	6	Kammer
	7	Einlass
	7E	Eingangsmassenstrom
10	8	Auslass
	8W	Wirkmassenstrom
	9	Entladung
	11	Plasmasystem
	12	Fördermittel
15	13	Ausgang
	13A	Ausgangsmassenstrom
	14	erster Ausgang
	15	zweiter Ausgang
	15W	Wirkmassenstrom
20	16	Mischkammer
	17	Entladungskammer
	18	Entladungszone
	19	Zirkulationsmassenstrom / Rezirkulationsmassenstrom
	20	Wärmequelle/Wärmesenke
25	21	Wärmequelle/Wärmesenke
	22	Kondensatabscheider
	23 ₁ , 23 ₂ , ..., 23 _N	Dosiereinheit
	24	Leitung
	25	erste Zuleitung
30	26	Leitung
	27	zweite Zuleitung
	28	Leitung

- 30 Wärmesenke/Wärmequelle
- 40 piezoelektrischer Transformator
- 50 Steuer- und Messeinheit
- L Länge

Patentansprüche

1. Anordnung (1) zur Dekontamination bzw. Sterilisation von mindestens einem Objekt (4), umfassend eine Kammer (6), in der das mindestens eine Objekt (4) vorgesehen ist und ein Plasmasystem (11), das fluide mit der Kammer (6) verbunden ist,

gekennzeichnet durch:

- eine Mischkammer (16), die dem Plasmasystem (11) vorgeordnet und über eine Leitung (24) mit einem Einlass (7) einer Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) verbunden ist, so dass der Entladungskammer (17) der Plasmasystems (11) ein Eingangsmassenstrom (7E) zuführbar ist; und
- ein Fördermittel (12), das in einer zweiten Zuleitung (27) aus der Kammer (6) zu der Mischkammer (16) angeordnet ist, um einen Zirkulationsmassenstrom (19) aus der Kammer (6) zurück zur Mischkammer (16) zu führen.

2. Anordnung (1) nach Anspruch 1, wobei eine Rezirkulationsweiche (5) zwischen dem Plasmasystem (11) und der Kammer (6) vorgesehen ist, und wobei die Rezirkulationsweiche (5) über eine Leitung (26) fluide mit einem Ausgang (13) des Plasmasystems (11), ein erster Ausgang (14) der Rezirkulationsweiche (5) fluide mit dem Zirkulationsmassenstrom (19) und ein zweiter Ausgang (15) der Rezirkulationsweiche (5) über eine Leitung (28) fluide mit der Kammer (6) verbunden sind.

3. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Wärmequelle/Wärmesenke (20) dem Plasmasystem (11) und/oder eine Wärmequelle/Wärmesenke (21) der Kammer (6) zugeordnet ist.

4. Anordnung nach Anspruch 1, wobei ein Kondensatabscheider (22) der Kammer (6) zugeordnet ist und die zweite Zuleitung (27) vom Kondensatabscheider (22) zur Mischkammer (16) führt.

5. Anordnung (1) nach Anspruch 1, wobei die Mischkammer (16) über eine erste Zuleitung (25) mit mindestens einer Dosiereinheit ($23_1, 23_2, \dots, 23_N$) und über die zweite Zuleitung (27) mit dem Fördermittel (12) verbunden ist.
- 5 6. Anordnung (1) nach Anspruch 5, wobei der Mischkammer (16) eine Wärmequelle/Wärmesenke (30) zugeordnet ist.
7. Anordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Steuer- und Messeinheit (50) vorgesehen ist, die kommunikativ zumindest mit einer
10 Spannungsquelle (2) des Plasmasystems (11), der Rezirkulationsweiche (5), der Kammer (6), dem Fördermittel (12), der Mischkammer (16), den Wärmequellen/Wärmesenken (20, 21) oder der mindestens einen Dosiereinheit ($23_1, 23_2, \dots, 23_N$) verbunden ist.
- 15 8. Anordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Plasmasystem (11) eine Entladungskammer (17) umfasst, in der mindestens ein piezoelektrischer Transformator (40) vorgesehen ist, der mit der Spannungsquelle (2) der Plasmasystems (11) zur Erzeugung von reaktiven Spezies verbunden ist.
- 20 9. Verfahren zur Dekontamination bzw. Sterilisation von Objekten (4),
gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
- dass eine Entladungskammer (17) eines Plasmasystems (11) über eine
25 Leitung (24) mit einem Gasgemisch aus mindestens einer Mischkammer (16) beschickt wird;
 - dass in der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) eine Entladung mit dem Gasgemisch gezündet wird;
 - dass aus der Entladungskammer (17) einer Kammer (6) über Leitungen (26, 28) ein Wirkmassenstrom (15W) zugeführt wird;
 - 30 • dass mit einem Fördermittel (12) in einer zweiten Zuleitung (27) ein Rezirkulationsmassenstrom (19) von der Kammer (6) zu der Mischkammer

- (16) geführt und über die Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) der Kammer (6) erneut zugeführt wird, so dass ein die Entladungskammer (17) verlassender Wirkmassenstrom (15W) eine erhöhte Konzentration an reaktiven Stoffe besitzt; und
- 5 • dass eine Steuer- und Messeinheit (50) zur Prozessführung zumindest eine Spannungsquelle (2) der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11), die Mischkammer (16) und das Fördermittel (12) steuert und zumindest von der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11), der Mischkammer (16) und dem Fördermittel (12) Daten erhebt, die zur Steuerung der
- 10 Prozessführung herangezogen werden.
- 10.** Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Mischkammer (16) aus mindestens einer Dosiereinheit ($23_1, 23_2, \dots, 23_N$) über eine erste Zuleitung (25) ein vorgegebenes Gemisch und über die zweite Zuleitung (27) vom Fördermittel (12) den
- 15 Rezirkulationsmassenstrom (19) empfängt.
- 11.** Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 10, wobei aus der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) ein Ausgangsmassenstrom (13A) einer Rezirkulationsweiche (5) zugeführt wird, und wobei mit der
- 20 Rezirkulationsweiche (5) der Ausgangsmassenstrom (13A) in einen Wirkmassenstrom (15W) und den Rezirkulationsmassenstrom (19) aufgeteilt wird.
- 12.** Verfahren nach Anspruch 11, wobei mittels der Steuer- und Messeinheit (50) die
- 25 Rezirkulationsweiche (5) überwacht und geregelt wird.
- 13.** Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei mittels der Steuer- und Messeinheit (50) die Temperatur in der Mischkammer (16), in der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) und der Kammer (6)
- 30 überwacht und geregelt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei in der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) die Entladung mit dem aus der Mischkammer (16) zugeführten Gasgemisch mittels mindestens einem piezoelektrischen Transformator (40) gezündet wird.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

beim Internationalen Büro eingegangen am 04 Dezember 2019 (04.12.19)

1. Anordnung (1) zur Dekontamination bzw. Sterilisation von mindestens einem Objekt (4), umfassend eine Kammer (6), in der das mindestens eine Objekt (4) vorgesehen ist und ein Plasmasystem (11), das fluide mit der Kammer (6) verbunden ist,

gekennzeichnet durch:

- eine Mischkammer (16), die dem Plasmasystem (11) vorgeordnet und über eine Leitung (24) mit einem Einlass (7) einer Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) verbunden ist, so dass der Entladungskammer (17) der Plasmasystems (11) ein Eingangsmassenstrom (7E) zuführbar ist;
 - ein Fördermittel (12), das in einer zweiten Zuleitung (27) aus der Kammer (6) zu der Mischkammer (16) angeordnet ist, um einen Zirkulationsmassenstrom (19) aus der Kammer (6) zurück zur Mischkammer (16) zu führen; und
 - eine Rezirkulationsweiche (5), die zwischen dem Plasmasystem (11) und der Kammer (6) vorgesehen ist, wobei die Rezirkulationsweiche (5) über eine Leitung (26) fluide mit einem Ausgang (13) des Plasmasystems (11), ein erster Ausgang (14) der Rezirkulationsweiche (5) fluide mit dem Zirkulationsmassenstrom (19) und ein zweiter Ausgang (15) der Rezirkulationsweiche (5) über eine Leitung (28) fluide mit der Kammer (6) verbunden sind.
2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei eine Wärmequelle/Wärmesenke (20) dem Plasmasystem (11) und/oder eine Wärmequelle/Wärmesenke (21) der Kammer (6) zugeordnet ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1, wobei ein Kondensatabscheider (22) der Kammer (6) zugeordnet ist und die zweite Zuleitung (27) vom Kondensatabscheider (22) zur Mischkammer (16) führt.

4. Anordnung (1) nach Anspruch 1, wobei die Mischkammer (16) über eine erste Zuleitung (25) mit mindestens einer Dosiereinheit ($23_1, 23_2, \dots, 23_N$) und über die zweite Zuleitung (27) mit dem Fördermittel (12) verbunden ist.
- 5 5. Anordnung (1) nach Anspruch 4, wobei der Mischkammer (16) eine Wärmequelle/Wärmesenke (30) zugeordnet ist.
6. Anordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Steuer- und Messeinheit (50) vorgesehen ist, die kommunikativ zumindest mit einer
10 Spannungsquelle (2) des Plasmasystems (11), der Rezirkulationsweiche (5), der Kammer (6), dem Fördermittel (12), der Mischkammer (16), den Wärmequellen/Wärmesenken (20, 21) oder der mindestens einen Dosiereinheit ($23_1, 23_2, \dots, 23_N$) verbunden ist.
- 15 7. Anordnung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Plasmasystem (11) eine Entladungskammer (17) umfasst, in der mindestens ein piezoelektrischer Transformator (40) vorgesehen ist, der mit der Spannungsquelle (2) der Plasmasystems (11) zur Erzeugung von reaktiven Spezies verbunden ist.
- 20 8. Verfahren zur Dekontamination bzw. Sterilisation von Objekten (4),
gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
- dass eine Entladungskammer (17) eines Plasmasystems (11) über eine Leitung (24) mit einem Gasgemisch aus mindestens einer Mischkammer (16)
25 beschickt wird;
 - dass in der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) eine Entladung mit dem Gasgemisch gezündet wird;
 - dass aus der Entladungskammer (17) einer Kammer (6) über Leitungen (26, 28) ein Wirkmassenstrom (15W) zugeführt wird;

- dass mit einem Fördermittel (12) in einer zweiten Zuleitung (27) ein Rezirkulationsmassenstrom (19) von der Kammer (6) zu der Mischkammer (16) geführt und über die Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) der Kammer (6) erneut zugeführt wird, so dass ein die Entladungskammer (17) verlassender Wirkmassenstrom (15W) eine erhöhte Konzentration an reaktiven Stoffe besitzt;
 - dass aus der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) ein Ausgangsmassenstrom (13A) einer Rezirkulationsweiche (5) zugeführt wird, und wobei mit der Rezirkulationsweiche (5) der Ausgangsmassenstrom (13A) in den Wirkmassenstrom (15W) und den Rezirkulationsmassenstrom (19) aufgeteilt wird; und
 - dass eine Steuer- und Messeinheit (50) zur Prozessführung zumindest eine Spannungsquelle (2) der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11), die Mischkammer (16), das Fördermittel (12) steuert und zumindest von der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11), der Mischkammer (16) und dem Fördermittel (12) Daten erhebt, die zur Steuerung der Prozessführung herangezogen werden, wobei mittels der Steuer- und Messeinheit (50) auch die Rezirkulationsweiche (5) überwacht und geregelt wird.
- 20 **9.** Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Mischkammer (16) aus mindestens einer Dosiereinheit ($23_1, 23_2, \dots, 23_N$) über eine erste Zuleitung (25) ein vorgegebenes Gemisch und über die zweite Zuleitung (27) vom Fördermittel (12) den Rezirkulationsmassenstrom (19) empfängt.
- 25 **10.** Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 9, wobei mittels der Steuer- und Messeinheit (50) die Temperatur in der Mischkammer (16), in der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) und der Kammer (6) überwacht und geregelt wird.
- 30 **11.** Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei in der Entladungskammer (17) des Plasmasystems (11) die Entladung mit dem aus der Mischkammer (16)

zugeführten Gasgemisch mittels mindestens einem piezoelektrischen Transformator (40) gezündet wird.

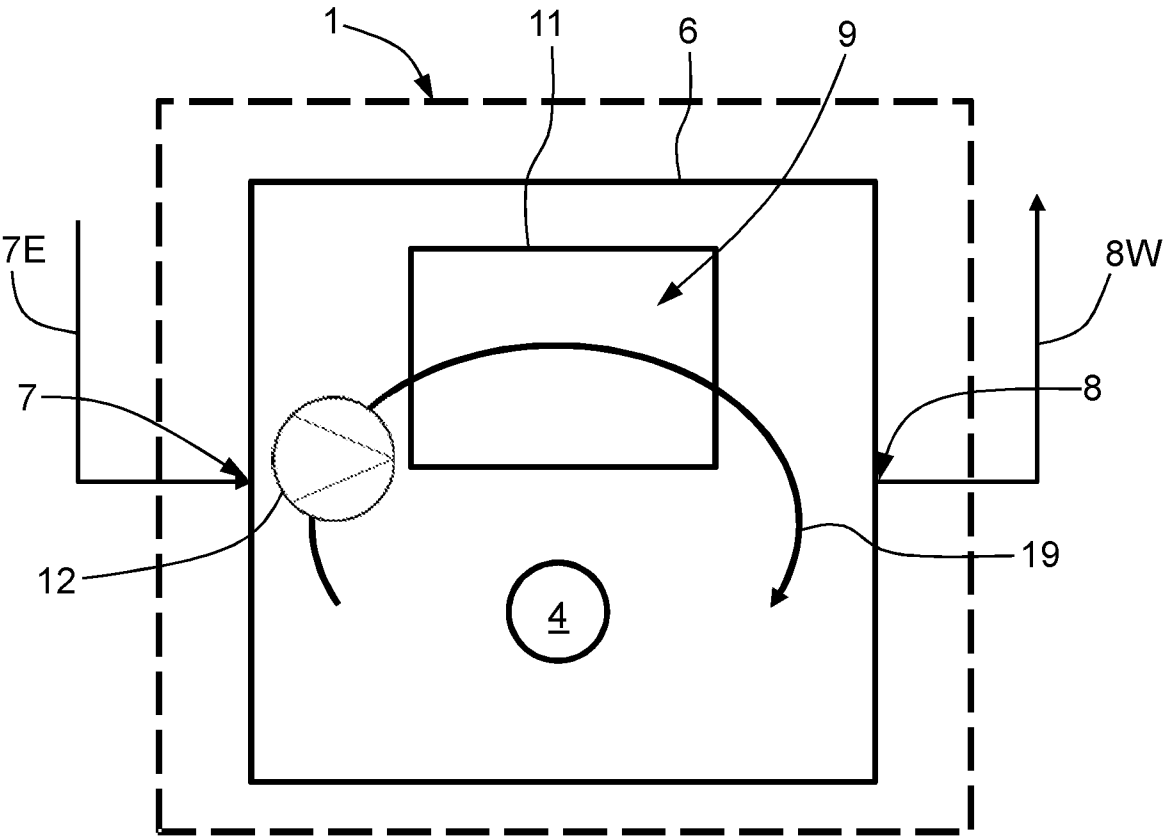


Fig. 1

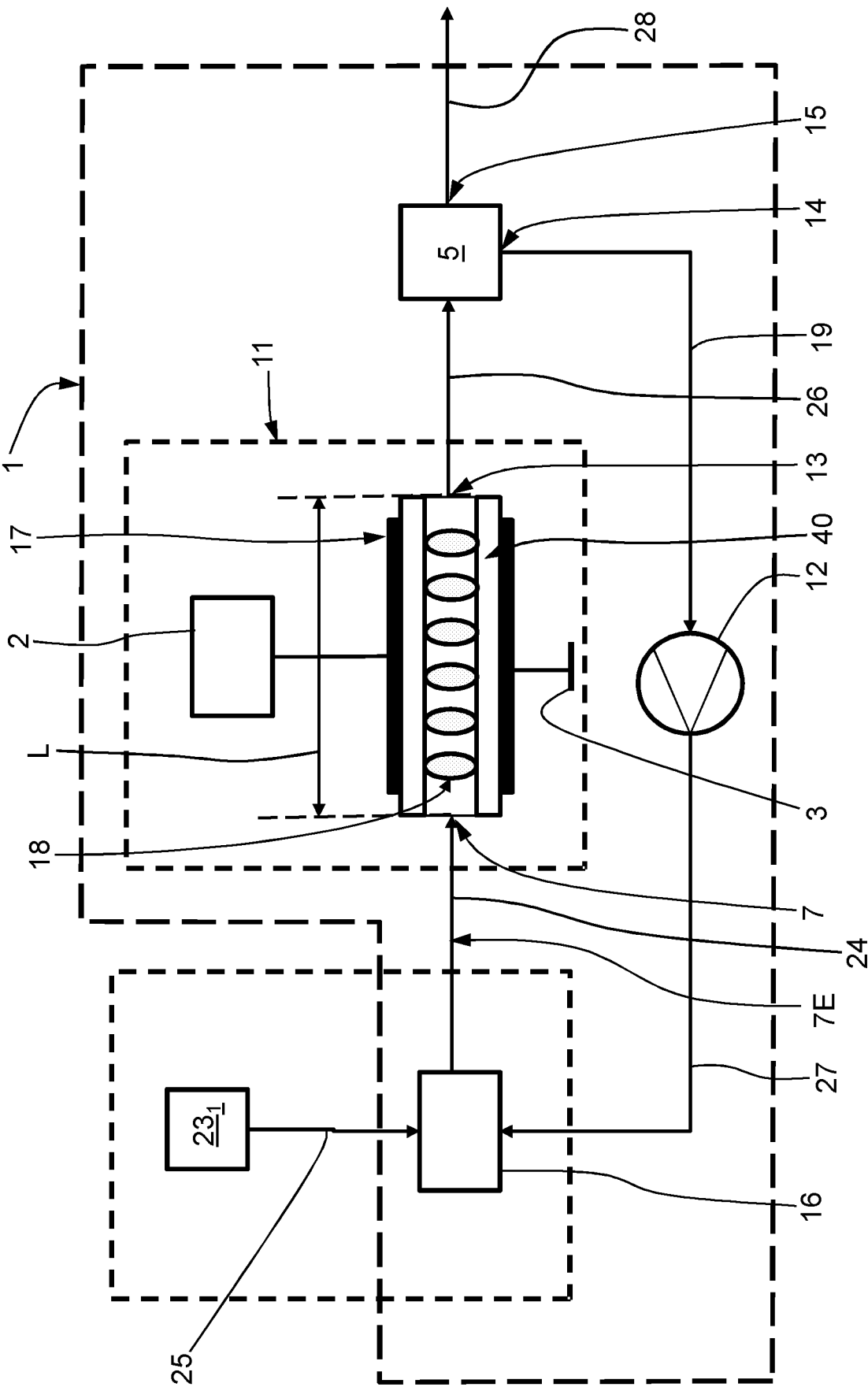


Fig. 2

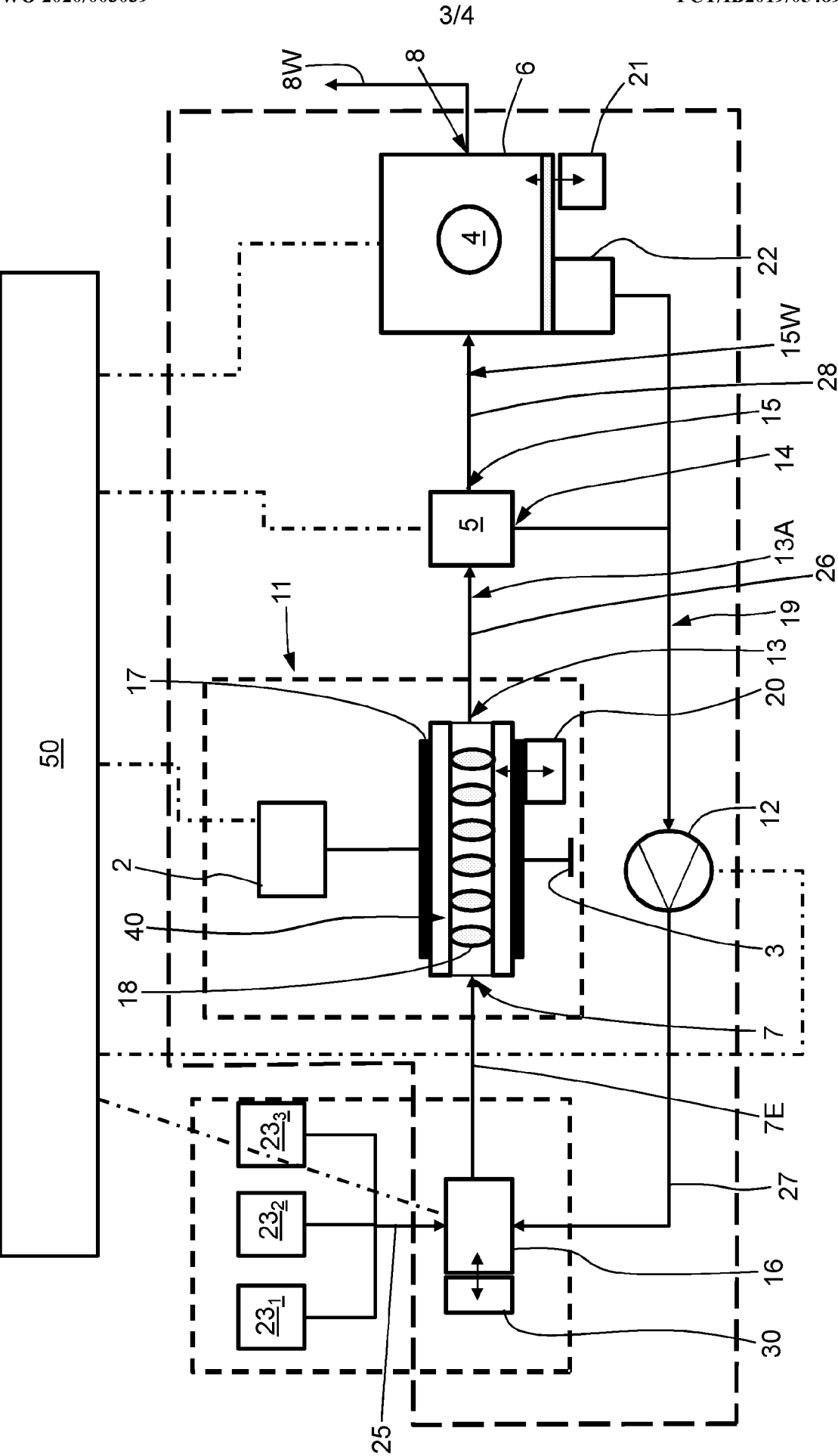


Fig. 3

4/4

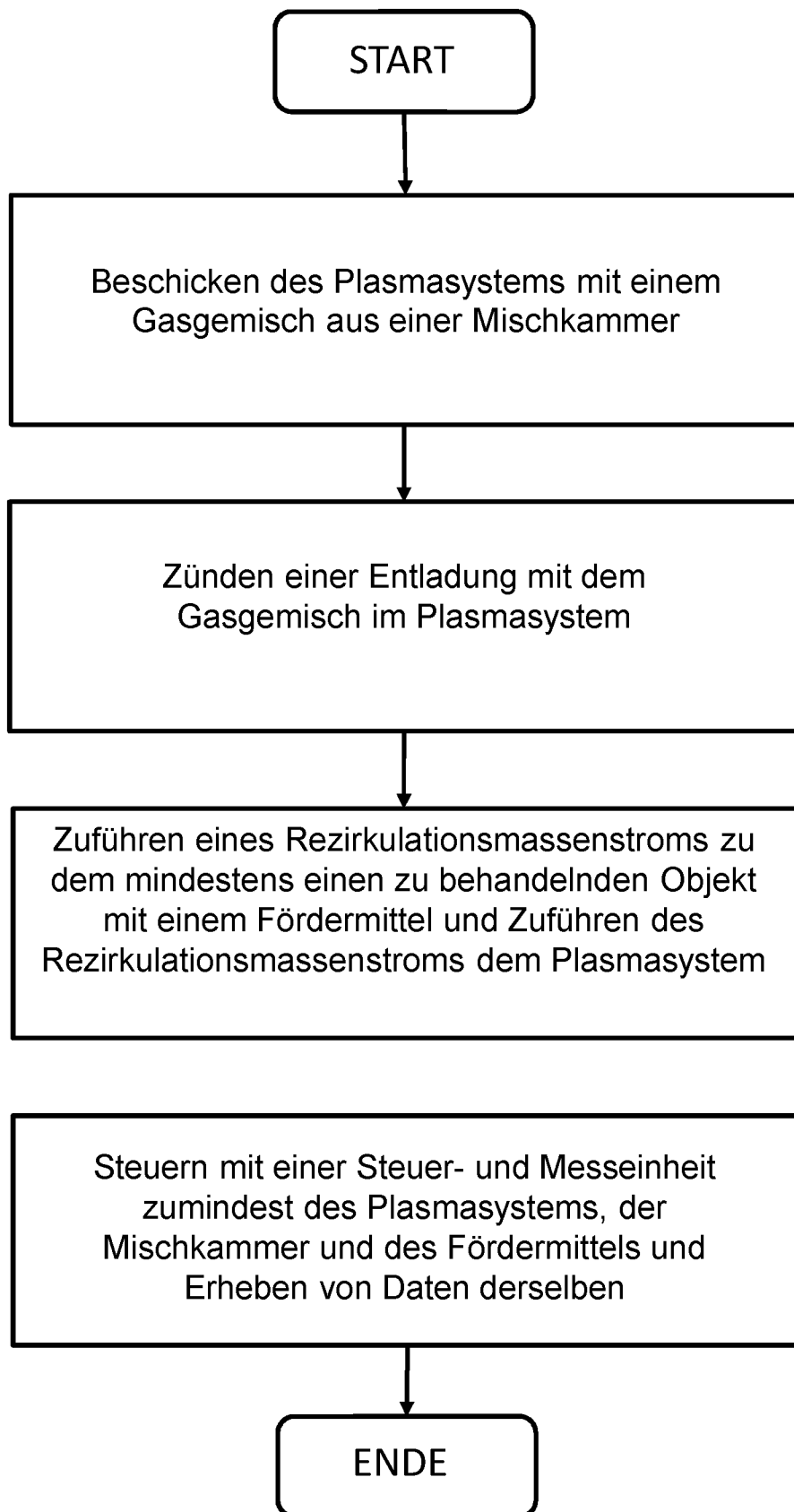


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2019/054898

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**A61L 2/14**(2006.01)i; **A23L 3/3409**(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)

A61L; H05H; A23B; A23L

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	US 8062590 B1 (RICCIARDI JONATHAN J [US] ET AL) 22 November 2011 (2011-11-22) figures column 20, lines 47-55 column 27, line 61 - column 28, line 15 column 40, lines 33-53 column 53, line 32 - column 54, line 67	1,3,5-10,13,14
X	WO 2017218832 A1 (STERIFRE MEDICAL INC [US]) 21 December 2017 (2017-12-21) figures paragraphs [0119], [0149], [0150], [0192], [0213], [0247]	1,3-10,13,14
X	WO 2011138463 A1 (INP GREIFSWALD LEIBNIZ INST FUER PLASMAFORSCHUNG UND TECHNOLOGIE E V [D]) 10 November 2011 (2011-11-10) figures paragraph [0026]	1,8
A	US 2009010835 A1 (IFLAND JEFF [US]) 08 January 2009 (2009-01-08) figures	2,11,12



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

21 October 2019

Date of mailing of the international search report

31 October 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Kleiminger, Lisa

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2019/054898

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010200947 A (NORITSU KOKI CO LTD) 16 September 2010 (2010-09-16) figures	2,11,12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2019/054898

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	8062590	B1	22 November 2011	NONE			
WO	2017218832	A1	21 December 2017	BR	112018076219	A2	18 June 2019
				CN	109862920	A	07 June 2019
				EP	3471782	A1	24 April 2019
				JP	2019523038	A	22 August 2019
				US	2019314535	A1	17 October 2019
				WO	2017218832	A1	21 December 2017
WO	2011138463	A1	10 November 2011	EP	2566524	A1	13 March 2013
				JP	2013537433	A	03 October 2013
				US	2013142694	A1	06 June 2013
				WO	2011138463	A1	10 November 2011
US	2009010835	A1	08 January 2009	NONE			
JP	2010200947	A	16 September 2010	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB2019/054898

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. A61L2/14 A23L3/3409
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

A61L H05H A23B A23L

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-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	US 8 062 590 B1 (RICCIARDI JONATHAN J [US] ET AL) 22. November 2011 (2011-11-22) Abbildungen Spalte 20, Zeilen 47-55 Spalte 27, Zeile 61 - Spalte 28, Zeile 15 Spalte 40, Zeilen 33-53 Spalte 53, Zeile 32 - Spalte 54, Zeile 67 -----	1,3, 5-10,13, 14
X	WO 2017/218832 A1 (STERIFRE MEDICAL INC [US]) 21. Dezember 2017 (2017-12-21) Abbildungen Absätze [0119], [0149], [0150], [0192], [0213], [0247] ----- -/--	1,3-10, 13,14



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

21. Oktober 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/10/2019

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

Kleiminger, Lisa

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB2019/054898

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2011/138463 A1 (INP GREIFSWALD LEIBNIZ INST FUER PLASMAFORSCHUNG UND TECHNOLOGIE E V []) 10. November 2011 (2011-11-10) Abbildungen Absatz [0026] -----	1,8
A	US 2009/010835 A1 (IFLAND JEFF [US]) 8. Januar 2009 (2009-01-08) Abbildungen -----	2,11,12
A	JP 2010 200947 A (NORITSU KOKI CO LTD) 16. September 2010 (2010-09-16) Abbildungen -----	2,11,12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB2019/054898

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 8062590	B1	22-11-2011	KEINE
-----	-----	-----	-----
WO 2017218832	A1	21-12-2017	BR 112018076219 A2 18-06-2019
		CN 109862920 A	07-06-2019
		EP 3471782 A1	24-04-2019
		JP 2019523038 A	22-08-2019
		US 2019314535 A1	17-10-2019
		WO 2017218832 A1	21-12-2017
-----	-----	-----	-----
WO 2011138463	A1	10-11-2011	EP 2566524 A1 13-03-2013
		JP 2013537433 A	03-10-2013
		US 2013142694 A1	06-06-2013
		WO 2011138463 A1	10-11-2011
-----	-----	-----	-----
US 2009010835	A1	08-01-2009	KEINE
-----	-----	-----	-----
JP 2010200947	A	16-09-2010	KEINE
-----	-----	-----	-----