(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
21. November 2019 (21.11.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/219106 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
C02F 1/24 (2006.01) *C02F 1/54* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2019/000137

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Mai 2019 (14.05.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
DE 10 2018 111 465.6
14. Mai 2018 (14.05.2018) DE

(71) Anmelder: **ZAHNEN TECHNIK GMBH** [DE/DE]; Bahnhofstraße 24, 54687 Arzfeld (DE).

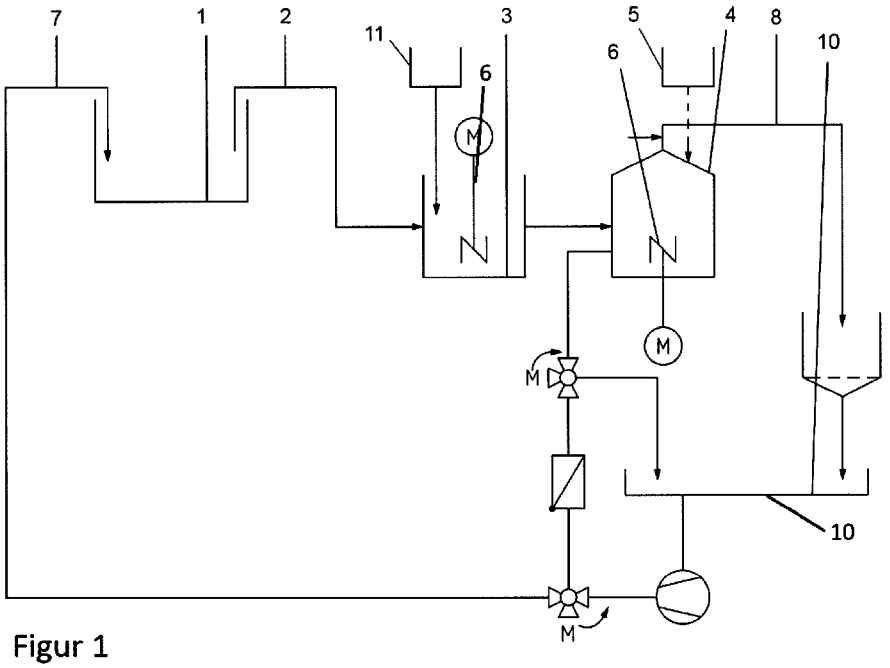
(72) Erfinder: **ZAHNEN, Herbert**; Industriestraße 1, 54687 Arzfeld (DE). **NEY, Benedikt**; Kapellenstraße 32, 54313 Zemmer (DE). **HERBORT, Adrian, Frank**; Weißer Weg 32, 37339 Leinefelde-Worbis (DE). **SCHUHEN, Katrin**; Neufeldstraße 17a-19a, 76187 Karlsruhe (DE).

(74) Anwalt: **WAGNER, Jörg**; trierpatent, Monaiser Straße 21, 54294 Trier (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,

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR WATER TREATMENT, PARTICULARLY FOR REMOVING ANTHROPOGENIC IMPURITIES IN THE FORM OF MICROPLASTIC AND/OR DISSOLVED ORGANIC-CHEMICAL MICROPOLLUTANTS

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND ANLAGE ZUR WASSERAUFBEREITUNG, INSBESONDERE ZUR ENTFERNUNG VON ANTHROPOGENEN VERUNREINIGUNGEN IN FORM VON MIKROPLASTIK UND/ODER GELÖSTEN ORGANISCH-CHEMISCHEN MIKROSCHADSTOFFEN



Figur 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method and a reactor for water treatment and to the use of inorganic-organic hybrid silicic acid material. In a method according to the invention, agglomerates rising to the surface are mechanically separated, preferably by skimming and/or separation in a sand trap. According to the invention, a mixing container is used as a fourth stage or as a separate separation unit, such that a concentration of agglomerates in a central region serves as removal region in the mixing container. A water treatment reactor according to the invention can be operated using a method according to the invention. When hybrid silicic acid material is used

WO 2019/219106 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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.

(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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

according to the invention, the hybrid silicic material is combined with activated carbon and mixed into the water to be treated.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und einen Reaktor zur Wasseraufbereitung sowie eine Verwendung von anorganisch-organischem Hybridkieselsäurematerial. Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren werden aufschwebende Agglomerate mechanisch abgetrennt, bevorzugt abgeschöpft und/oder in einem Sandfang abgetrennt. Erfindungsgemäß wird als vierte Stufe oder als separates Trennaggregat ein Mischbehälter eingesetzt, sodass eine Aufkonzentration von Agglomeraten in einem zentralen Bereich als eine Entnahmeregion im Mischbehälter genutzt wird. Ein erfindungsgemäßer Reaktor zur Wasseraufbereitung ist nach einem erfindungsgemäßen Verfahren betreibbar. Bei einer erfindungsgemäßen Verwendung von Hybridkieselsäurematerial wird das Hybridkieselsäurematerial mit Aktivkohle kombiniert in das aufzubereitende Wasser eingemischt.

Bezeichnung: Verfahren und Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere zur Entfernung von anthropogenen Verunreinigungen in Form von Mikroplastik und/oder gelösten organisch-chemischen Mikroschadstoffen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Wasseraufbereitung, insbesondere zur Aufbereitung von Abwasser, Grundwasser, Oberflächenwasser, Brackwasser oder Meerwasser und insbesondere zur Entfernung von anthropogenen Verunreinigungen in Form von Mikroplastik und/oder gelösten organisch-chemischen Spurenstoffen, sowie eine Verwendung von anorganisch-organischem Hybridkieselsäurematerial.

Ein anorganisch-organische Hybridkieselsäurematerial ist als eine Silizium-basierte Mischungsverbindung zu verstehen, bei welcher der anorganische Anteil durch den Siliziumanteil und der organische Anteil durch organische Reste beschrieben werden. Das Hybridkieselsäurematerial kann einen flüssigen oder festen Aggregatzustand einnehmen. Das Reaktionsprodukt aus Mikroschadstoff und Hybridkieselgel wird als Agglomerat beschrieben.

Zur Reinigung von Abwässern, insbesondere zum Entfernen von groben Feststoffen und zur Beschleunigung chemischer

Zersetzungsprozesse sind verschiedene technische Vorrichtungen bekannt. Stand der Technik in Deutschland sind beispielweise drei Reinigungsstufen mechanisch - biologisch - chemisch.

(Mikro-)Plastik, deren chemische Zusatzstoffe, Pestizide, Pharmazeutika und deren Abbauprodukte / Transformationsprodukte, erreichen über verschiedene Eintrag- und Transportwege das Abwasser einer Kläranlage. Aktuelle Studien bestätigen, dass die Konzentrationen an verschiedenen Mikroschadstoffen in den vergangenen Jahren stetig angestiegen sind und die Komplexität zunimmt und dass die Verfahren, des Stands der Technik seine Limitierungen in der Wasserreinigung erreicht.

DE19905633C1 beschreibt beispielsweise eine Lufteinblasung in eine zu klärende Flüssigkeit zur Durchführung einer aeroben Reinigung.

DE3884956T2 beschreibt ein Rührwerk, welches auch zur gleichmäßigen Einmischung von Flockungsmitteln in das Abwasser genutzt wird.

DE2359656 beschreibt eine Abschöpfvorrichtung um Schwimmstoffe von der Abwasseroberfläche zu entfernen.

Aus DE 10 2010 048 530 A1 ist bekannt, wie ein organisches Polymer wiedergewonnen werden kann.

EP3395766A1 beschreibt die Reinigung wässriger Fluide durch Klärung und Adsorption an pulverisierter Aktivkohle unter Nutzung eines Fließbettes aus einem gemischten Schlamm aus Metallhydroxid und pulverisierter Aktivkohle. Soweit die Kontamination des Aktivkohlepulvers mit dem verwendeten Metallhydroxid dies zulässt, ist in diesem Verfahren ein Recyclen des verwendeten Aktivkohlepulvers möglich.

WO2016166219A1 beschreibt einen möglichen Aufbau eines anorganisch-organischen Hybridkieselsäurematerials insbesondere Hybridkieselgels. Die beschriebenen

Hybridkieselgele verbinden sich mit anthropogenen Verunreinigungen in einem wässrigen Medium. Diese Verbindungen können je nach Art der Hybridkieselgele durch Ionenbindung, kovalente Bindung, adsorptive Bindung oder Sol-Gel-Vernetzung entstehen.

Herbort und Schuhen zeigen in ihrem Fachartikel „Zwei Betrachtungswinkel - Kunststoffe - die Alltagshelfer oder Mikroplastik - das Umweltproblem?" veröffentlicht in Mitt Umweltchem Ökotox 23. Jahrg. 2017, Nr.4, S. 111-114 die Möglichkeit auf, Hybridkieselsäurematerialien zur Entfernung anthropogener Verunreinigungen zu nutzen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Ziel der Erfindung ein verbessertes, in industriellem Maßstab wirtschaftlich sinnvoll anwendbares Verfahren und die zur Anwendung notwendige Anlagentechnik zur Reinigung von Wässern, insbesondere auch zur Reinigung dieser Abwässer von anthropogenen Verunreinigungen, bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass anorganisch-organisches Hybridkieselsäurematerial in einem von anderen Wasseraufbereitungsschritten separaten Verfahrensschritt dem zu behandelnden Wasser zudosiert wird, wie in den unabhängigen Patentansprüchen beschrieben.

Im Fall einer ansonsten konventionellen Abwasseraufbereitung geschieht dies in einer vierten Klärstufe.

Die Materialien kommen zum Einsatz bei der hier vorgeschlagenen mechanischen Verfahrenstechnik im Sinne der Patentanmeldung. Die verschiedenen Ausführungsformen des anorganisch-organischen Hybridkieselsäurematerials sind als Beispiele zu verstehen, um das Trennergebnis näher zu beschreiben.

Das als eine vorteilhafte Ausführungsform verwendete Hybridkieselsäurematerial in hochviskoser Darstellung bildet in vorteilhaften Ausführungsformen der hier vorgeschlagenen

Anlagentechnik kleine Konzentrationszentren, in die beispielsweise die abzutrennenden Mikroplastikpartikel eingebunden oder agglomeriert werden. Eine Agglomeration solcher Art gelingt nicht bei jeder Art der Zugabe und schon gar nicht in realistisch zügiger Verfahrensdauer.

Gemäß einem bevorzugten Verfahren wird das Hybridkieselsäurematerial in hochviskoser Form verwendet und eingemischt, vorzugsweise eingerührt.

Es kommt zu erheblichen Reduzierungen von Haltezeiten und zur Steigerung der Prozesssicherheit. Der Trennprozess wird in seinem Erfolg eindeutiger, die hier vorgeschlagene Wasseraufbereitung wirtschaftlicher.

Das Einmischen des Hybridkieselsäurematerials nach bevorzugten Ausführungsformen führt zügig dazu, dass das Hybridkieselsäurematerial gemeinsam mit abzutrennenden Mikropartikeln Agglomerate bilden, die im Mischbehälter aufschwimmen, sodass der störende Stoff abtrennbar geworden ist.

Vorteilhafte Ausführungsformen sind in jeweiligen Unteransprüchen beschrieben und sind wie die Beschreibung in den Hauptansprüchen auch, neben der Schutzbereichsbeanspruchung auch als Teil der Beschreibung anzusehen.

Bevorzugt werden Hybridkieselsäurematerialien eingesetzt, insbesondere Hybridkieselgele, welche aus einer Siliziumdioxid-Einheit, einem Bestandteil von Sand gewonnen werden, und dem vorgereinigten Abwasser als viskose Flüssigkeit zudosiert werden, nachdem das Abwasser konventionell zunächst mechanisch, biologisch und chemisch gereinigt wurde. Die Trennung kann nach Zudosierung des Hybridkieselsäurematerials mittels eines Verfahrens der mechanischen Verfahrenstechnik realisiert werden.

Ein Erfolg des erfindungsgemäßen Verfahrens wie auch der erfindungsgemäßen Anlage ist es, dass eine simultane Entfernung von Mikroplastik und gelösten organisch-chemischen Mikroschadstoffen gelingt.

Als Mischbehälter werden rotierende Trommel, Strömungsmischer oder Rührmischer bevorzugt eingesetzt, besonders bevorzugt auch kombiniert in Reihe oder im Verfahrensablauf gestuft/überlappend parallel.

Gute Erfolge sind mit Rührmischern erzielt worden, weil ein zentrales Abschöpfen besonders aufkonzentriert gelungen ist. Vorher wurden fünf Zyklen mit Rührmischern gefahren, wobei in jedem Zyklus nach unten Klarwasser ausgeleitet werden konnte. Die „Kugeln" wurden gesammelt, bis in dem fünften Zyklus ein konzentriertes Abschöpfen gelungen ist.

In der konventionellen dreistufigen Abwasserreinigung (mechanisch, biologisch, chemisch) wurden bisher weder Plastikreste noch pharmazeutische Rückstände gezielt entfernt. In einer nach dem Stand der Technik entwickelten sogenannten vierten Reinigungsstufe werden derzeit in Prozessen wie Aktivkohle, Ozonierung, Advanced Oxidation Process oder Membranverfahren eingesetzt. Auch Prozesse im Bereich der Biologie sind derzeit in Erprobung. Alle bisher getesteten Verfahren haben limitierende Faktoren, denen das hier vorgestellte Verfahren entgegenarbeitet.

Das neue Verfahren ist kostengünstig und verursacht kaum bauliche Veränderungen in den Anlagen. Weiterhin werden die abzutrennenden Stoffe nicht im Klärschlamm gebunden, sondern schwimmen auf der Oberfläche und können effizient ausgetragen werden. Der Ansatz, die der Erfindung zugrundeliegende Trennaufgabe in eine separate Stufe des Aufbereitungsverfahrens zu verorten, bedeutet einerseits neue Anlagentechnik, vermeidet andererseits ein Überlagern von Wirkprinzipien, insbesondere Trennprinzipien.

Das Hybridkieselsäurematerial verbindet sich in der im Fall einer konventionellen Abwasseraufbereitung erfindungsgemäß vorgesehenen vierten Stufe mit den verbliebenen abzutrennenden Stoffen im Wasser, verändert seine Dichte, schwimmt auf, und wird bevorzugt nach Aufkonzentration in oberen Behälterbereichen ausgeleitet oder abgeschöpft. Die Abfallprodukte gelangen nicht mehr oder zumindest nicht im bisherigen Ausmaß in den (Klär-) Schlamm und benötigen kein aufwendiges Trennkonzept.

Mit einem darüber hinaus sehr kompakten System (Container) einer vorteilhaften Ausführungsform, beispielsweise als separate Stufe in der Salzwasserreinigung, konnte überraschend erfolgreich eine erhebliche Wasserqualitätssteigerung erzielt werden.

In einem vorteilhaften erfindungsgemäßen Trennverfahren werden Aufschwimmtendenzen der Partikel, insbesondere durch Flotation unterstützt.

Eine vorteilhafte Trennvorrichtung schöpft aufschwimmende Partikel aus dem Abwasser ab. So kann verhindert werden, dass die abgeschöpften Partikel mit den darin gesammelten Schadstoffen oder Mikroplastikpartikeln in den Klärschlamm geraten, soweit nicht schon in vorangehender Reinigungsstufe als Klärschlamm abgetrennt, wobei bevorzugt auf ein aufwendiges Trennkonzept verzichtet wird. Es schließt sich nach einer vorteilhaften Ausführungsform ein Stofftransport der abgeschöpften Partikel in eine Sekundärstoffverwertung an.

Als Anlage werden erfindungsgemäß betrachtet: Zugabeeinrichtungen als Mikroschadstoff-adaptierte/modulare Add-On Anlagen- oder Nachrüst-Lösungen in variablen wässrigen Umgebungen (Süss-/Salzwasser), insbesondere Anlagen zum Aufbau von vierten Reinigungsstufen in Kläranlagen, wobei die vierte Reinigungsstufe skalierbar ist. Die Anlage ist mit einer durch chemische Prozesse induzierten Separationstechnik zur

Entfernung von gelösten und ungelösten/suspendierten Mikroschadstoffe ausgestattet.

In anderen Anwendungsbeispielen, beispielsweise der Trinkwasseraufbereitung, wird erfindungsgemäß ein von sonstigen Aufbereitungsschritten separater Verfahrensschritt für die Zudosierung des Hybridkieselsäurematerials und die Abtrennung der Mikroschadstoffe nach einer Haltezeit nach oben gestaltet.

Als Anlagentechnik wird in einer vorteilhaften Ausführungsform ein Rührreaktor verwendet, der zusätzlich mit einem Lufteintragssystem ausgestattet ist. Durch kombiniertes Rühren und Belüften werden abzutrennende Partikel, die schneller aufschwimmen, prozesssicher zentriert.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform erfolgt zunächst die Dosierung des Hybridkieselsäurematerials und es folgt eine Verweilzeit. Dabei bilden sich Agglomerate, welche aufschwimmen. Vorteilhafte Verweildauern in Schwebe liegen zwischen 10 Sekunden und 10 Minuten, besonders bevorzugt zwischen 20 Sekunden und 90 Sekunden. Schon Bewegungen der Agglomerate nur tendenziell nach oben können zum nötigen Verfahrenserfolg führen.

Die Belüftung erfolgt in Eintragsmengen von 0-10 l/min, besonders bevorzugt sind 4 - 8 l/min. Es werden bevorzugt Mikroblasen im Mikrometerbereich eingeblasen. Jede Oberfläche weist mikroskopisch kleine Vertiefungen auf, in denen diese Luftblasen bestehen bleiben und die Partikel so an die Oberfläche befördern.

Die Entfernung der Mikroschadstoffe aus dem System gelingt anstelle eines bisher notwendigen separaten Schrittes (bspw. Filtration und Schlammbehandlung) nun gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform in einem Sandfang nach Koagulation / nach Agglomeration und / oder Kristallisation.

Angestrebt ist ein kontinuierlicher Prozess mit stetigem Austrag. Wo die Erfindung eine Diskontinuität vorschlägt, sind vorteilhaft sich überschneidende Parallelschaltungen von Mischbehältern mit etwa bis zu 2 m Durchmesser vorgesehen, von denen immer bei wenigstens einem Klarwasser im unteren Behälterbereich abgelassen wird. Dabei kommt es bei vorteilhaften Fahrweisen lediglich zu einem Materialverbrauch von je ca. 0,1 mg/l bis 100 g/l, besonders bevorzugt 0,1 mg/l bis 1,5 mg/l Hybridkieselsäurematerial sowie Aktivkohle.

Es entsteht nach dieser vorteilhaften Ausführungsform ein Agglomerat (Produkt) aus Mikroschadstoff-Hybridkieselsäurematerial-Verbindungen.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des Trennverfahrens ist, dass es statt vor oder bevorzugt während der Zugabe des Hybridkieselgels pulverisierte Aktivkohle (PAK) dosiert, besonders bevorzugt im selben Reaktor.

Für die PAK-Dosierung wird ein Inlinemischer verwendet, alternativ erfolgt die Zudosierung im Reaktor, wie oben erwähnt. In dieser Ausführungsform konnten PAK-Plastik-Agglomerate mittels des zudosierten Hybridkieselsäurematerials erfolgreich abgetrennt werden.

Die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt, nach einer besonders vorteilhaften Verwendung von Hybridkieselsäurematerial in einer vierten Wasserreinigungsstufe, in einer Containerlösung, welche problemlos an jedem Ort aufgestellt und betrieben werden kann.

Eine solche Containerlösung kann auf Kläranlagen als oft sogenannte Add-on-Lösung in Form der vierten Reinigungsstufe oder als Einzelbaustein zur Trink-, Brunnen- oder Oberflächenwasseraufbereitung eingesetzt werden.

Mit Add-on Lösung ist ein separat aufsetzbarer Verfahrensschritt gemeint, den man beispielsweise nachrüsten

oder bei nach und nach höheren Belastungen parallel verstärkend hinzurüsten kann.

Die Figuren zeigen:

Figur 1 - ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Reaktors in einer schematischen Darstellung,

Figur 2 - ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Reaktors als Anlage der mechanischen Verfahrenstechnik in einer schematischen Darstellung

Figur 3a - eine Seitenansicht eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Reaktors als mobile Containerinstallation

Figur 3b - eine als Schnittdarstellung ausgeführte Draufsicht des dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Reaktors als mobile Containerinstallation

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Reaktors zur Wasseraufbereitung, insbesondere zum Einsatz als vierte Reinigungsstufe einer Kläranlage, mit einer Eintrittsleitung 2, bevorzugt einem aus einem Nachklärbecken 1 zuleitenden Eintrittsrohr, die an einen Mischbehälter 4 angeschlossen ist, mit einer Dosiereinrichtung 5 für ein Zudosieren von anorganisch-organischen Hybridkieselsäurematerialien in den Mischbehälter 4, mit einer oberen Entnahmeeinrichtung 8 zum Abführen von Agglomeraten aus dem Mischbehälter 4.

Dem Mischbehälter 4 vorangeschaltet ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel, welches den Schutzumfang nicht einschränken soll, eine PAK-Dosierung 11 mittels eines weiteren Rührreaktors 3 vorgesehen.

Der Rührreaktor 3 und der Mischbehälter 4 sind jeweils mit Rührwerken 6 ausgestattet.

Die Entnahmeeinrichtung 8 berücksichtigt eine für die Agglomeration ausreichende Verweilzeit und/oder eine Trübungsmessung und / oder eine Feststoffmessung, um den Abtransport der Agglomerate oben aus dem Mischbehälter 4 in eine Filtratvorlage 10 zu steuern oder zu regeln.

Die Agglomerate passieren während des Durchlaufens der Entnahmeeinrichtung 8 ein Abscheidebecken, welches die festen Bestandteile auffängt und die flüssigen Bestandteile an die Filtratvorlage weiterführt.

In dem Mischbehälter 4 werden während des erfindungsgemäß laufenden Prozesses unter langsamem Rühren und Nachfüllen von Filtrat als Rückführung aus der Filtratvorlage 10 Schmutzansammlungen mit den Agglomeraten nach oben quasi herausgedrückt (Aufschwimmen). Das Filtrat kann in der gezeigten Ausführungsform aus der Filtratvorlage 10 alternativ oder als Teilstrom über eine Fitratrückführung 7 ins Nachklärbecken 1 zurückgeführt werden, beispielsweise um die Schadstoffkonzentration im Nachklärbecken 1 zu regulieren.

Die Ableitung gereinigten Abwassers aus der Anlage erfolgt über einen nicht sichtbar dargestellten Klarwasserabfluss aus der Filtratvorlage 10. Regelmäßig hat die Erfindung funktioniert, wenn die Leitung für die optionale Filtratrückführung 7 geschlossen blieb.

Figur 2 zeigt in einer schematischen Ansicht den Aufbau eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Reaktors

zur Wasseraufbereitung, insbesondere zum Einsatz als vierte Reinigungsstufe einer Kläranlage für Abwässer.

Aus einem in Figur 1 sichtbar dargestellten Nachklärbecken 1 wird mittels einer Zuführeinheit 20, welche bevorzugt als Pumpe ausgeführt ist, mechanisch und biologisch vorgeklärtes Abwasser oder Meerwasser oder industrielles Abwasser über eine Eintrittsleitung 2' einem Reaktor 40 zugeführt.

Die Regelung bzw. Steuerung der zugeführten Abwassermenge erfolgt im gezeigten Ausführungsbeispiel über eine nicht sichtbar dargestellte Anlagensteuerung und zumindest einen Zulaufdurchflussmesser 21, zumindest einen Zulaufdruckmesser 22 und zumindest ein Zulaufventil 23, welche in die Eintrittsleitung 2' integriert sind.

Die zumindest eine Durchflussmessung wird bevorzugt als magnetisch-induktive Messung ausgeführt.

Die zumindest eine Druckmessung wird vorzugsweise über Druckmesszellen ausgeführt.

Das zumindest eine Zulaufventil 23 ist bevorzugt als Magnetventil ausgeführt.

Dem Abwasser wird vor der Einleitung in einen Mischbehälter 4' des Reaktors 40 Pulveraktivkohle, im Folgenden als PAK bezeichnet, mittels einer PAK Dosierung 11' zugesetzt.

Die PAK Dosierung 11' zweigt dabei als Bypass von der Eintrittsleitung 2' ab.

Die Menge des durch den Bypass geführten Abwassers wird durch ein Bypassventil 30 und einen Bypassdruckmesser 31 geregelt bzw. gesteuert.

Das Bypassventil 30 ist bevorzugt als Magnetventil ausgeführt.

Der Bypassdruckmesser ist bevorzugt als Druckmesszelle ausgeführt.

Über eine, im gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel in den Bypass integrierte PAK Dosiereinheit 32, wird dem durch die PAK-Dosierung 11' geleiteten Abwasser eine definierte Menge PAK zugesetzt.

Der Bypass der PAK Dosierung 11' leitet das mit PAK angereicherte Abwasser in den Mischbehälter 4' des Reaktors 40 weiter.

Der Mischbehälter 4' ist dabei mit mehreren nicht sichtbar dargestellten Prozessanschlüssen ausgestattet welche bevorzugt vertikal übereinander angeordnet sind um beispielsweise zur Prozessoptimierung den Abwasserzulauf in den Mischbehälter 4' in der Höhe variieren zu können. Weiterhin sind die zusätzlichen Prozessanschlüsse auch zur Probenentnahme vorgesehen.

Ein Mischbehälterfüllstandsmesser 44 erfasst den Füllstand des Mischbehälters 4' zur Prozessüberwachung und ist bevorzugt als berührungslos messende Radarmessonde ausgeführt.

Der Korpus des Mischbehälters 4' ist bevorzugt aus Edelstahl V4A hergestellt und bildet bevorzugt einen aufrecht stehenden Zylinder mit einem gewölbten Klöpperboden. Die Ausformung des Bodens als Klöpperboden dient insbesondere dazu, verfahrenstechnisch vorteilhafte Strömungsverhältnisse im Inneren des Mischbehälters 4' zu erreichen.

Innerhalb des Mischbehälters 4' ist ein bevorzugt als Propellerrührer ausgeführtes Rührwerk 6' angeordnet, welches bevorzugt in einem Abstand von fünf bis zehn Zentimetern über dem Mischbehälterboden angeordnet ist und welches von einem bevorzugt unterhalb des Mischbehälters 4' angeordneten Rührwerkantrieb 41 in eine rotierende Bewegung gebracht werden kann.

In der gezeigten Ausführungsform ist der Mischbehälter 4' an seiner Innenseite mit nicht sichtbar dargestellten Stromstörern ausgestattet, welche als mechanische Elemente

ausgebildet sind, ein unerwünschtes Mitrotieren des Rührgutes verhindern und eine zusätzliche Turbulenz erzeugen.

Innerhalb des Mischbehälters 4' ist weiterhin eine Belüftungseinheit 43 angeordnet, zur Beaufschlagung des Mischbehälterinhaltes mit Druckluft.

Die Belüftungseinheit 43 besteht dabei bevorzugt aus drei oder mehr als drei konzentrisch am Mischbehälterboden angeordneten Ringen, bevorzugt Kunststoffringen, welche die zugeführte Druckluft durch geeignete Öffnungen in Form kleiner Luftblasen dem Mischbehälterinhalt zusetzen.

Zur Versorgung der Belüftungseinheit 43 mit Druckluft ist eine Zuluftpumpe 42 vorgesehen, welche im gezeigten Ausführungsbeispiel als Membranluftpumpe ausgeführt ist.

Bevorzugt oberhalb des Mischbehälters 4' verfügt der Reaktor 40 über zumindest eine Dosiereinrichtung 5' zur Einleitung von bevorzugt flüssigem Hybridkieselsäurematerial in den Mischbehälter 4'.

Das gezeigte Ausführungsbeispiel eines Reaktors 40 ist mit zwei Dosiereinrichtungen 5' ausgestattet, wobei zumindest eine Dosiereinrichtung 5' mit einer nicht sichtbar dargestellten Heizung, vorzugsweise einer Stehbegleitheizung, versehen ist.

Die zumindest eine Heizung dient zur Viskositätsoptimierung gelartiger Hybridkieselsäurematerialien.

Dem Reaktor 40 nachgeschaltet ist eine Ablaufeinheit 50, welche abzutrennende Agglomerate und bedauerlicherweise immer noch auch eine kleine gereinigte Abwasserfraktion abzuführen bestimmt ist. Der regelmäßige Abtransport des gereinigten Abwassers erfolgt über die Auslässe 54, 55.

Die Ablaufeinheit 50 schließt als Entnahmeeinrichtung 8' mit zumindest einer Agglomeratleitung 56 und zumindest einer Abwasserleitung 55 an den Mischbehälter 4' an.

Die Agglomeratleitung 56 ist bevorzugt im oberen Bereich des Mischbehälters 4' als an diesen angeschlossen.

Die Agglomeratleitung 56 ist mit einem Agglomeratablaufventil 51 versehen, welches den Durchgang durch die Agglomeratleitung 56 verfahrensabhängig öffnet oder schließt.

Das Agglomeratablaufventil 51 ist bevorzugt als pneumatischer Plattenschieber ausgeführt, welcher über einen Ablaufaktor 52, bevorzugt ausgeführt als Magnetventil, angesteuert wird.

Die Abwasserleitung 55 ist bevorzugt im unteren Bereich des Mischbehälters 4', besonders bevorzugt am Mischbehälterboden, an diesen angeschlossen.

Die Abwasserleitung 55 ist mit einem Abwasserablaufventil 54 versehen, welches den Durchgang durch die Abwasserleitung 55 verfahrensabhängig öffnet oder schließt.

Das Abwasserablaufventil 54 ist bevorzugt als pneumatischer Plattenschieber ausgeführt, welcher über einen Ablaufaktor 52, bevorzugt ausgeführt als Magnetventil, angesteuert wird.

Zum Antrieb des zumindest einen Agglomeratablaufventils 51 und des zumindest einen Abwasserablaufventils 54 ist ein Ablaufventilantrieb 53 vorgesehen, welcher bevorzugt als Luftkompressor ausgeführt ist.

Zur Beschleunigung der Entleerung des Mischbehälters 4' und zur Herstellung eines Vordruckes für eine nachgeschaltete Abwasserfiltratbehandlung 61 ist im dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel in der Abwasserleitung 55 eine Abwasserpumpe 60 integriert.

Die Abwasserleitung 55 leitet das gereinigte Abwasser in die Abwasserfiltratbehandlung 61 welche als Filtrations- und Separationseinheit ein Durchbrechen von Feststoffen in einen nachgeschalteten Klarwasserablauf 65 verhindert.

In der Abwasserfiltratbehandlung 61 aufgefangene Feststoffe werden einem Auffang Feststoffe 62 zugeführt.

Das gereinigte Abwasser wird nach dem Durchlaufen der Abwasserfiltratbehandlung 61 dem Klarwasserablauf 65 zugeleitet und über diesen aus der Anlage ausgeschleust.

Die Agglomeratleitung 56 leitet das aus dem Mischbehälter 4' abgeführte Mikroplastik-Agglomerat-Wasser-Gemisch einer Agglomeratfiltratbehandlung 63 zu.

Die Agglomeratfiltratbehandlung 63 ist als Filtrations- und Separationseinheit bevorzugt als rückspülbarer Sandfilter ausgeführt.

In der Agglomeratfiltratbehandlung 63 werden die Mikroplastik-Hybridkieselsäure-Agglomerate und ebenfalls über die Agglomeratleitung 56 zugeführtes Wasser weitgehend separiert.

Das separierte Wasser wird einem Klarwasserablauf 65 zugeführt und über diesen aus der Anlage herausgeführt.

Das separierte Agglomerat wird in einem Auffang Agglomerat 64 gesammelt zur weiteren Verwendung, beispielsweise als Zuschlagstoff in der Bauindustrie. Die Agglomeratbehandlung 63 ist beispielweise als ein Lochblech oder als ein rückspülbarer Sandfilter ausgeführt.

Bevorzugte Lochblechweiten liegen im Bereich von 0,1 bis 2,5 mm. Hier wird neben den Agglomeraten auch ein Teil Wasser/Abwasser transportiert.

Zweites verfahrentechnisches Ausführungsbeispiel

Aus einem Nachklärbecken wird über eine Zuführeinheit 20 einem Mischbehälter 4', welcher Bestandteil eines Reaktors 40 ist, eine definierte Menge vorgereinigtes Abwasser zugeführt.

Über eine PAK Dosierung 11' wird einem Teil des vorgereinigten Abwassers vor dem Eintritt in den Mischbehälter 4' Pulveraktivkohle (PAK) zudosiert.

Die Steuerung der Zuführeinheit 20 erfolgt über eine vorteilhafte Anordnung von Ventilen 23, 30, Druckmessern 22, 31 und zumindest einem Zulaufdurchflussmesser 21. Die Ventile 23, 30 sorgen, je nach Stellung, für die direkte Füllung des Mischbehälters 4' oder die Füllung über die Bypassleitung der PAK Dosierung 11'.

Ein Mischbehälterfüllstandmesser 44 zeigt der Anlagensteuerung den Füllstand des Abwassers in dem Mischbehälter 4' an.

Nach dem Erreichen der gewünschten Füllstandhöhe wird der Zufluss von Abwasser in den Mischbehälter 4' unterbrochen.

Zum Einsammeln / Aufkonzentrieren der Mikrokunststoffpartikel versetzt ein Rührwerk 6' das im Mischbehälter 4' befindliche Abwasser in eine axiale Strömung, worauf sich an der Abwasseroberfläche ein als Trombe bezeichneter tiefer Trichter/Strudel bildet. Die Drehzahl des Rührwerkantriebes 41 bewegt sich dabei bevorzugt in einem Bereich von 450 U/min bis 600 U/min.

Gleichzeitig wird über die Belüftungseinheit 43 Druckluft in das Abwasser eingebracht.

Die Kombination aus Rühren und gleichzeitiger feinblasiger Belüftung bewirkt ein schonendes Flotieren der Mikroplastikpartikel Und erhöht die Kontaktwahrscheinlichkeit

Nach einer Zeit von 10 bis 360 Sekunden wird die Drehzahl des Rührwerkantriebes 43 für eine Beruhigungsphase des Abwassers auf 225 U/min bis 375 U/min reduziert und die Lufteinblasung eingestellt.

In der sich an der Abwasseroberfläche befindlichen, aufgrund der verringerten Drehzahl nun flacheren Trombe, sammeln sich die Mikroplastikpartikel in einem Bereich welcher nicht tiefer

als zwei bis drei Zentimeter im Sog des Rührwerkes 6' nach unten reicht.

Nach einer Dauer der Beruhigungsphase von etwa dreißig bis 360 Sekunden hat sich die Masse der Mikroplastikpartikel an der Abwasseroberfläche aufkonzentriert und es erfolgt die Zugabe einer definierten Menge von Hybridkieselsäurematerial aus zumindest einer Dosiereinrichtung 5' unmittelbar in das Zentrum der Trombe.

Das Hybridkieselsäurematerial kann dabei vollständig zugegeben werden, alternativ kann die Zugabe von Hybridkieselsäurematerial aber auch in zwei Schritten zu gleichen Teilen erfolgen.

Das Hybridkieselsäurematerial sammelt sich aufgrund seiner wasserähnlichen Dichte in der Trombe und lässt alle an sich anströmenden Mikroplastikpartikel anhaften und letztendlich agglomerieren.

Nach der Zudosierung von Hybridkieselsäurematerial verbleibt die Anlage für eine Reaktionszeit von zehn bis 360 Sekunden in den eingestellten Prozessparametern.

Nach dem Verstreichen dieser Reaktionszeit wird die Geschwindigkeit des Rührwerkes 6' wieder auf einen Wert zwischen 450 U/min bis 600 U/min erhöht und die Belüftungseinheit 43 zugeschaltet, um die an der Wasseroberfläche befindlichen Partikel in der Trombe zu fixieren, wodurch der Agglomerationsvorgang sichtbar einsetzt.

Im Falle einer Zugabe des Hybridkieselsäurematerials in zwei Schritten erfolgt nun die Zugabe des restlichen Hybridkieselsäurematerials.

Nach einer Zeitdauer von 30 bis 360 Sekunden ist der Vorgang der Agglomeration abgeschlossen.

Der gesamte Sammel-, Dosier- und Agglomerationsprozess kann damit innerhalb von zwei Minuten durchgeführt werden.

Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden, so dass eine hohe Eliminationseffizienz an Mikroschadstoffen erreicht wird.

Die obere, mit Verunreinigungen aufkonzentrierte Abwasserschicht verbleibt dabei im Mischbehälter 4'.

Der Mischbehälter 4' wird mit Abwasser aus dem Nachklärbecken bzw. je nach Anwendungsfall beispielsweise statt klassischem Abwasser Salzwasser oder Industriebrauchwasser wieder aufgefüllt und der beschriebene Vorgang so oft wiederholt, bis die Verunreinigungen im Abwasser, welches sich im Mischbehälter 4' befindet, so hoch ist, dass der normale Reinigungsprozess unter Zusatz von Hybridkieselsäurematerial sinnvoll durchlaufen werden kann.

Nach dem Abschluss der Agglomeration öffnet sich das Agglomeratablaufventil 51 und entlässt schlagartig eine große Menge Wasser mit den an der Wasseroberfläche befindlichen Agglomeraten durch die Agglomeratleitung 56 zur Agglomeratfiltratbehandlung.

Nach dem Ablauf der Agglomerate aus dem Mischbehälter 4' wird das von Mikroplastikpartikeln gereinigte noch im Mischbehälter 4' befindliche Abwasser, durch die Abwasserleitung 55 zur Abwasserfiltratbehandlung 61 zur Abscheidung letzter Feststoffe gepumpt.

Der Mischbehälter 4' ist damit leer und steht für neuerliche Befüllung mit vorgereinigtem Abwasser zur Verfügung.

Die Agglomeratfiltratbehandlung 63 ist als Filtrations- und Separationseinheit bevorzugt als rückspülbarer Sandfilter ausgeführt.

In der Agglomeratfiltratbehandlung 63 werden die Mikroplastik-Hybridkieselsäure-Agglomerate und ebenfalls über die Agglomeratleitung 56 zugeführtes Wasser weitgehend separiert.

Das separierte Wasser wird einem Klarwasserablauf 65 zugeführt und über diesen aus der Anlage herausgeführt.

Das separierte Agglomerat wird in einem Auffang Agglomerat 64 gesammelt zur weiteren Verwendung, beispielsweise als Zuschlagstoff in der Bauindustrie.

Figur 3a zeigt in einer Seitenansicht ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Reaktors als mobile Containerinstallation.

Eine Eintrittsleitung 2'', welche zur Zuführung von zu reinigendem Abwasser vorgesehen ist, durchtritt eine Außenwand eines Containers 70 und setzt sich in dessen Inneren bis zum Anschluss an einen Mischbehälter 4'' fort.

Die Eintrittsleitung 2'' ist mit einem Zulaufdurchflussmesser 21' ausgestattet, welcher im gezeigten Ausführungsbeispiel im Innenraum des Containers 70 kurz hinter dem Wanddurchtritt der Eintrittsleitung 2'' angebracht ist.

Von der Eintrittsleitung 2'' zweigt eine Bypassleitung ab, welche einen Teil des durch die Eintrittsleitung 2'' eingeleiteten Abwassers abzweigt und einer Pak Dosierung 11'' zuführt. In dieser Pak Dosierung 11'' wird dem hindurchgeführten Abwasser eine definierte Menge pulverisierte Aktivkohle (PAK) zugesetzt. Das mit PAK angereicherte Abwasser wird, über eine Fortsetzung des Bypasses ebenfalls dem Mischbehälter 4'' zugeführt.

Der Mischbehälter 4'' ist im gezeigten Ausführungsbeispiel als aufrecht stehender Zylinder ausgeführt.

Unterhalb des Mischbehälters 4'' ist ein Rührwerkantrieb 41' erkennbar dargestellt. Der Rührwerkantrieb 41' dient zum Antrieb eines in Figur 3b sichtbar dargestellten Rührwerkes 6'' und ist bevorzugt als frequenzgeregelter Elektromotor ausgeführt um verfahrenstechnisch vorteilhafte

Rührgeschwindigkeiten präzise und wiederholbar einstellen zu können.

Im oberen Bereich weist der Mischbehälter 4'' ein großformatiges Agglomeratablaufventil 51'' auf, welches im gezeigten Ausführungsbeispiel als pneumatisch betätigter Plattenschieber ausgeführt ist und die verfahrenstechnisch vorteilhafte schlagartige Ableitung der obersten Wasserschicht mit den darin gesammelten Agglomeraten in eine Agglomeratleitung 56' ermöglicht.

Zur Zudosierung von Hybridkieselsäurematerial in den Mischbehälter 4'' sind im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Dosiereinrichtungen 5'' seitlich oberhalb des Mischbehälters 4'' angeordnet. Die beiden Dosiereinrichtungen 5'' sind einerseits vorgesehen einen unterbrechungsfreien Dauerbetrieb der Anlage durch wechselseitiges Wiederbefüllen zu ermöglichen, als auch bei Bedarf die Zudosierung von zwei unterschiedlichen Zuschlagstoffen, insbesondere Hybridkieselsäurematerialen zu erlauben.

Im unteren Bereich des Mischbehälters 4'' führt eine Abwasserleitung 55', welche eine Abwasserpumpe 60' aufweist, die gereinigten Abwässer aus dem Mischbehälter 4'' einer nicht sichtbar dargestellten Abwasserfiltratbehandlung zu, in der letzte Feststoffe abgetrennt werden.

Zur Unterbringung der elektrischen und elektronischen Komponenten, insbesondere auch der Komponenten der Anlagensteuerung ist im Inneren des Containers 70 ein Schaltschrank 71 an der in der Ansicht rechten Stirnwand angebracht.

Figur 3b ist eine als Schnittdarstellung ausgeführte Draufsicht des dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Reaktors als mobile Containerinstallation.

Eine Eintrittsleitung 2'', welche zur Zuführung von zu reinigendem Abwasser vorgesehen ist, durchtritt eine Außenwand eines Containers 70 und setzt sich in dessen Inneren bis zum Anschluss an einen Mischbehälter 4'' fort.

Die Eintrittsleitung 2'' ist mit einem Zulaufdurchflussmesser 21' ausgestattet, welcher im gezeigten Ausführungsbeispiel im Innenraum des Containers 70 kurz hinter dem Wanddurchtritt der Eintrittsleitung 2'' angebracht ist.

Von der Eintrittsleitung 2'' zweigt eine Bypassleitung ab, welche einen Teil des durch die Eintrittsleitung 2'' eingeleiteten Abwassers abzweigt und einer Pak Dosierung 11'' zuführt. In dieser Pak Dosierung 11'' wird dem hindurchgeführten Abwasser eine definierte Menge pulverisierte Aktivkohle (PAK) zugesetzt. Das mit PAK angereicherte Abwasser wird, über eine Fortsetzung des Bypasses ebenfalls dem Mischbehälter 4'' zugeführt.

Der Mischbehälter 4'' ist im gezeigten Ausführungsbeispiel als aufrecht stehender Zylinder ausgeführt.

Ein in Figur 3a erkennbar dargestellter Rührwerkantrieb 41' dient zum Antrieb eines im Inneren des Mischbehälters 4'' angeordneten Rührwerkes 6''.

Das bevorzugt als Propellerrührer ausgeführte Rührwerk 6'' ist vorgesehen, den Inhalt des Mischbehälters 4'' in eine Rotationsbewegung zu versetzen und gleichzeitig eine Strömung in axialer Richtung zu erzeugen, wodurch eine Trombe, also ein Strudel oder Trichter an der Wasseroberfläche gebildet wird, welcher verfahrenstechnisch vorteilhaft eine Aufkonzentration von Verunreinigungen bewirkt und eine Anhaftung dieser Verunreinigungen an dem zuzusetzenden Hybridkieselsäurematerial unterstützt.

Im oberen Bereich weist der Mischbehälter 4'' ein großformatiges Agglomeratablaufventil 51'' auf, welches im gezeigten Ausführungsbeispiel als pneumatisch betätigter

Plattenschieber ausgeführt ist und die verfahrenstechnisch vorteilhafte schlagartige Ableitung der obersten Wasserschicht mit den darin gesammelten Agglomeraten in eine Agglomeratleitung 56' ermöglicht.

Zur Zudosierung von Hybridkieselsäurematerial in den Mischbehälter 4'' sind im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Dosiereinrichtungen 5'' seitlich oberhalb der Oberkante des Mischbehälters 4'' angeordnet.

Im unteren Bereich des Mischbehälters 4'' führt eine Abwasserleitung 55', welche eine Abwasserpumpe 60' aufweist, die gereinigten Abwässer aus dem Mischbehälter 4'' einer nicht sichtbar dargestellten Abwasserfiltratbehandlung zu, wo letzte Feststoffe abgetrennt werden.

Zur Unterbringung der elektrischen und elektronischen Komponenten, insbesondere auch der Komponenten der Anlagensteuerung ist im Inneren des Containers 70 ein Schaltschrank 71 an der in der Ansicht rechten Stirnwand angebracht.

Bezugszeichenliste:

1	Nachklärbecken
2	Eintrittsleitung
3	Rührreaktor
4	Mischbehälter
5	Dosiereinrichtung
6	Rührwerk
7	Filtratrückführung
8	Entnahmeeinrichtung
10	Filtratvorlage
11	PAK Dosierung
20	Zuführeinheit
21	Zulaufdurchflussmesser
22	Zulaufdruckmesser
23	Zulaufventil
30	Bypassventil
31	Bypassdruckmesser
32	PAK Dosiereinheit
40	Reaktor
41	Rührwerkantrieb
42	Zuluftpumpe
43	Belüftungseinheit
44	Mischbehälterfüllstandmesser
50	Ablaufeinheit
51	Agglomeratablaufventil
52	Ablaufaktor
53	Ablaufventilantrieb
54	Abwasserablaufventil
55	Abwasserleitung

56 Agglomeratleitung

60 Abwasserpumpe
61 Abwasserfiltratbehandlung
62 Auffang Feststoffe
63 Agglomeratfiltratbehandlung
64 Auffang Agglomerat
65 Klarwasserablauf

70 Container
71 Schaltschrank

Patentansprüche

1.Verfahren zur Wasseraufbereitung, insbesondere für Abwasser, Brunnen- oder Oberflächenwasser, welches

1.1 dem aufzubereitenden Wasser anorganisch-organisches Hybridkieselsäurematerial zudosiert,

wobei

die Zudosierung des zumindest einen Hybridkieselsäurematerials

1.1.1 in einer vierten Reinigungsstufe erfolgt, nach beispielsweise konventioneller Behandlung mechanisch, chemisch, biologisch, oder

1.1.2 in einer für eine Trennung nach einem Verfahren der mechanischen Verfahrenstechnik separat im zu behandelnden Stoffstrom einer Wasseraufbereitung angeordneten Trennaggregat, wobei

1.2 in der vierten Stufe oder dem separaten Trennaggregat nach einer Verweilzeit, Agglomerate in einen oberen Behälterbereich aufkonzentriert und abgetrennt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass aufschwebende Agglomerate mechanisch abgetrennt werden, bevorzugt abgeschöpft und/oder in einem Sandfang abgetrennt werden.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als vierte Stufe oder als separates Trennaggregat ein Mischbehälter, insbesondere ein Mischbehälter, eingesetzt wird, sodass eine Aufkonzentration von Agglomeraten in einem zentralen Bereich als eine Entnahmeregion im Mischbehälter genutzt wird, bevorzugt in einem oberen Bereich des Mischbehälters.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine kontinuierliche / diskontinuierliche Fahrweise in der vierten Reinigungsstufe oder dem separaten Trennaggregat umgesetzt ist, sodass nach einer Haltezeit unten unter Aufkonzentration in einem Behälter (40) taktweise unten eine gereinigte Fraktion entnommen wird, dies mehrfach als Aufkonzentration- Entnahme- Takt, bevor nach weiterer Haltezeit eine Schmutzstoffentnahme oben im Behälter (40) erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass nach einem beispielsweise fünften Entnehmen eine zusätzliche Hybridkieselsäurematerialzugabe erfolgt.

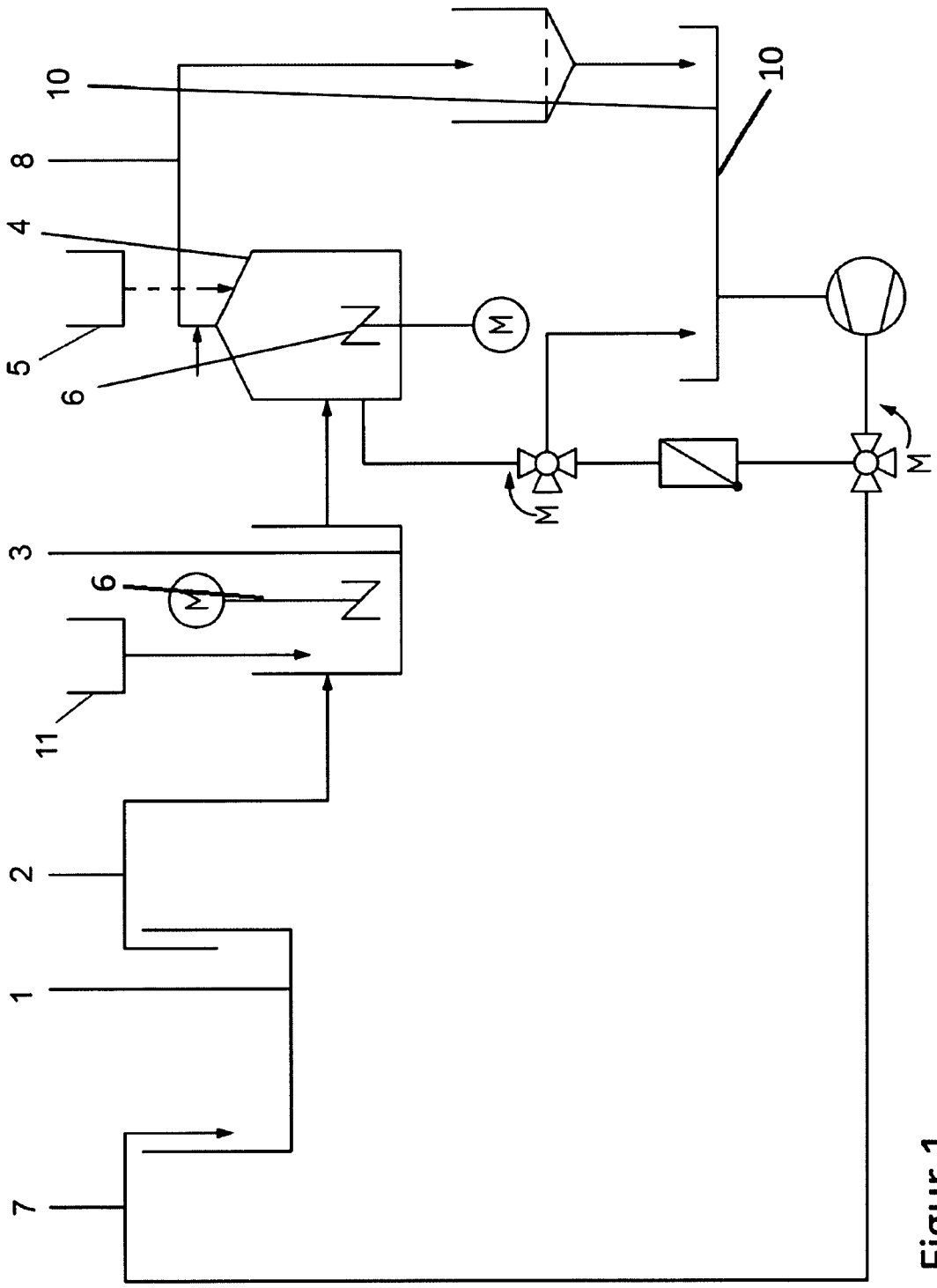
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während oder nach der Zugabe des Hybridkieselsäurematerials eine Belüftung mit feinen Luftblasen im Mischbehälter stattfindet.

7. Reaktor zur Wasseraufbereitung, zum Entfernen von anthropogenen Verunreinigungen / gelösten und suspendierten Mikroschadstoffen in Wasser, mit einem zumindest eine Eintrittsleitung (2), aufweisenden Mischbehälter (4), mit einer Dosiereinrichtung (5) für ein Zudosieren von anorganisch-organischem Hybridkieselsäurematerial in den Mischbehälter (4), und mit einer oberen Entnahmeeinrichtung (8) zum Abführen von Agglomeraten aus dem Mischbehälter (4) und mit einer unteren Entnahmeeinrichtung zum Entnehmen einer Klarwasserfraktion.

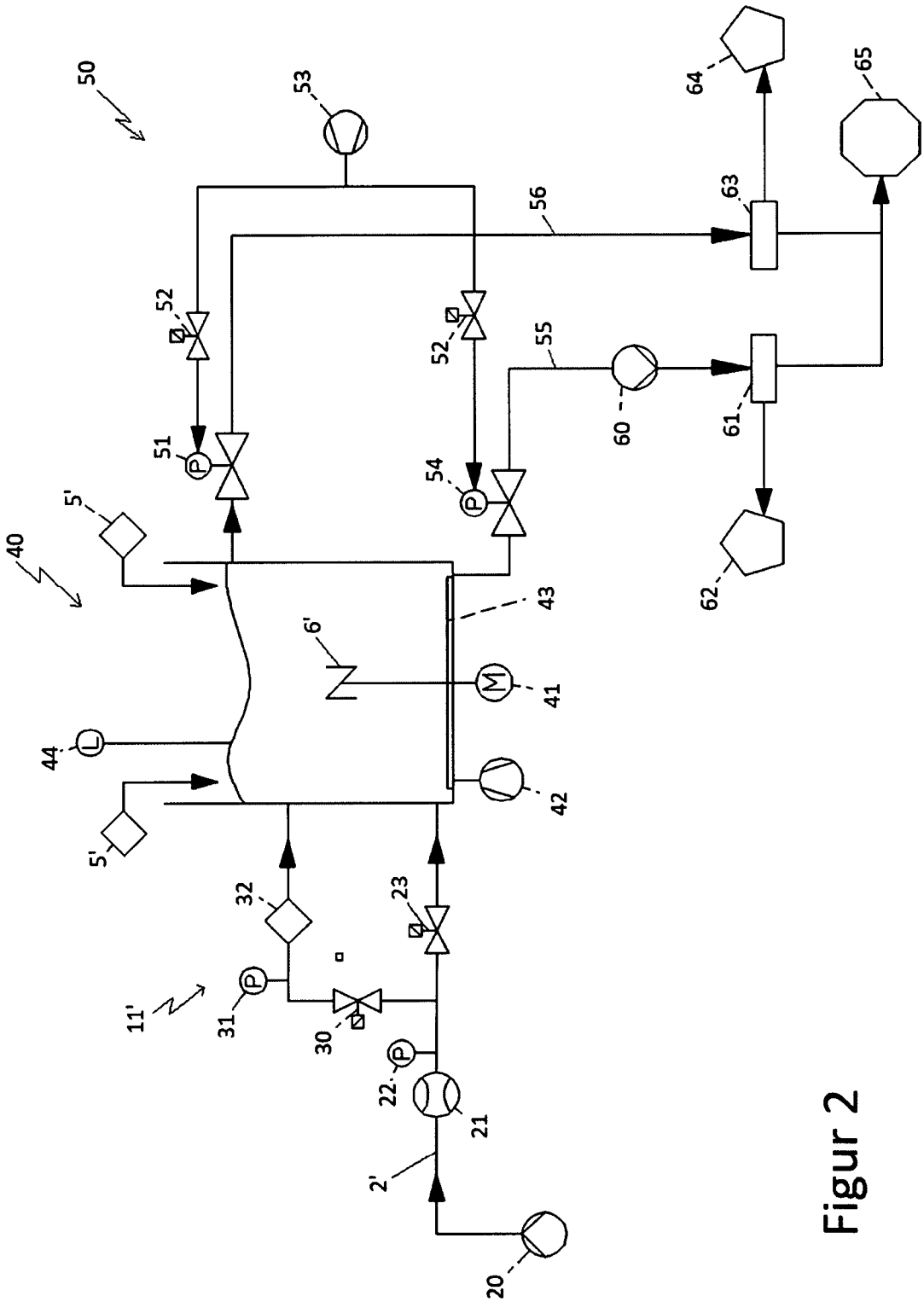
8. Reaktor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass er nach einem Verfahren der Ansprüche 1 bis 6 betreibbar ist.

9. Verwendung von anorganisch-organischen Hybridkieselsäurematerial in einer vierten Abwasserreinigungsstufe oder einem separaten Trennaggregat als durch chemische Prozesse induzierte mechanische Separationstechnik, umfassend eine Mischvorrichtung und/oder eine Luftblaseneintragseinrichtung.

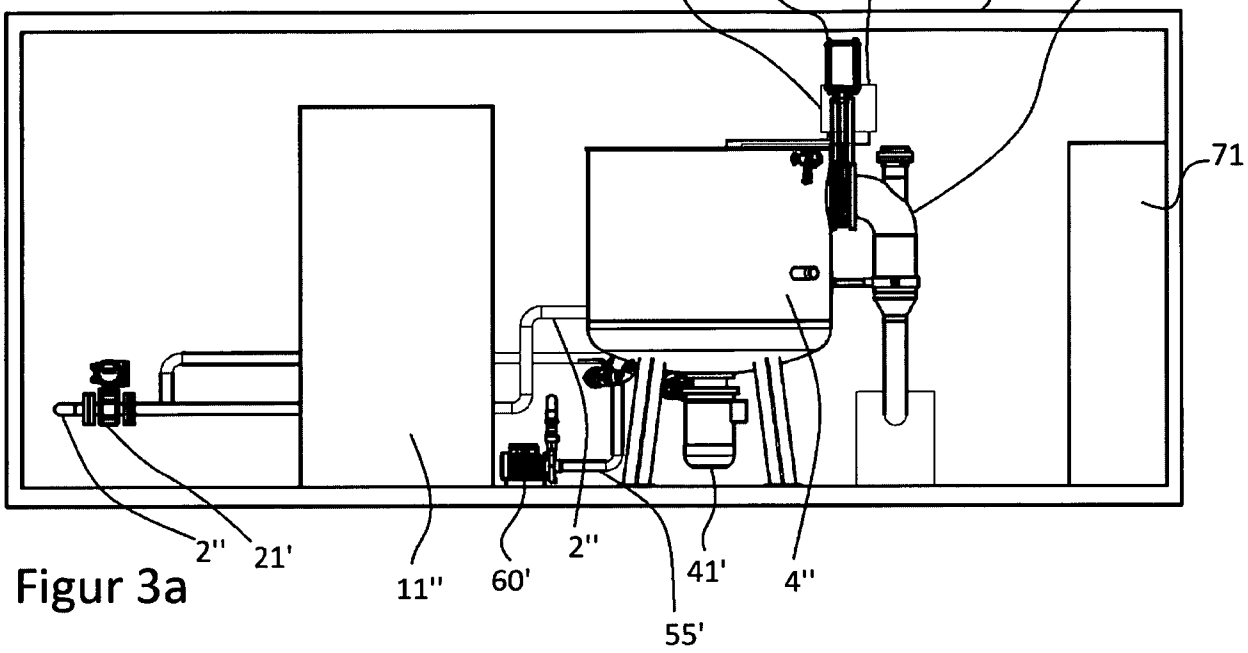
10. Verwendung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Hybridkieselsäurematerial mit Aktivkohle kombiniert in das aufzubereitende Wasser eingemischt wird.



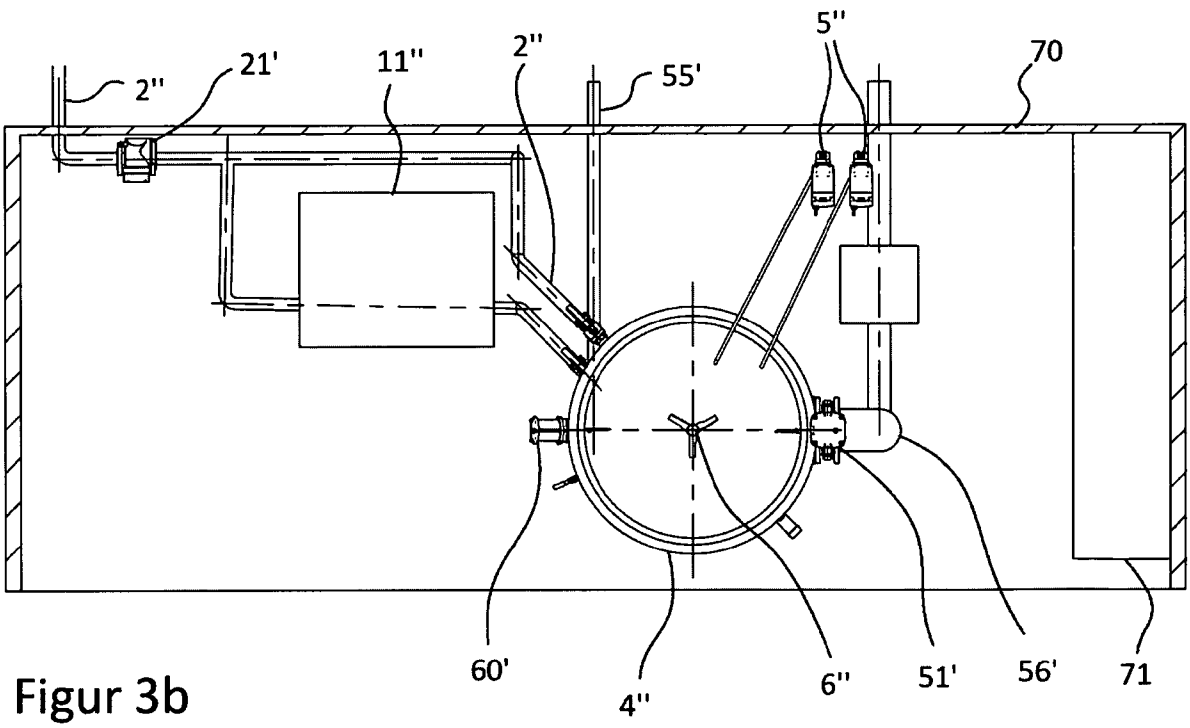
Figur 1


50
53
64
65
56
63
52
52
55
60
61
51
54
5'
40
43
6'
41
44
42
5'
32
23
11'
31
30
22
21
2'
20

Figur 2



Figur 3a



Figur 3b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE2019/000137

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F 1/24(2006.01)i; ***C02F 1/54***(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)

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	DE 102015211052 A1 (UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU [DE]) 22 December 2016 (2016-12-22) paragraphs [0005], [0288] - [0291]	1-10
X	A.F. Herbort ET AL. "Problem erkannt ... Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen nachhaltig entfernen" 23 June 2017 (2017-06-23), Retrieved from the Internet: https://www.laborpraxis.vogel.de/mikroplastik-in-kommunalen-klaeranlagen-nachhaltig-entfernen-a-617719/ [retrieved on 2019-07-26] XP055609113 the whole document	1-10

☑ 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	Date of mailing of the international search report
26 July 2019	**02 August 2019**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Wolf, Gundula** Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	A.F. Herbort ET AL. "Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen nachhaltig entfernen. Seite 2: Mikroplastik ist ein globales Problem" 23 June 2017 (2017-06-23), Retrieved from the Internet: https://www.laborpraxis.vogel.de/mikroplastik-in-kommunalen-klaeranlagen-nachhaltig-entfernen-a-617719/index2.html [retrieved on 2019-07-26] XP055609117 Chapter "Effizientes Verfahren zur Entfernung von Mikroplastik" ("Efficient Process for Removing Microplastics")	1-10
X	A.F. Herbort ET AL. "Problem erkannt ... Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen nachhaltig entfernen. Seite 3: Kostengünstige und universell implementierbare Lösung" 23 June 2017 (2017-06-23), Retrieved from the Internet: https://www.laborpraxis.vogel.de/mikroplastik-in-kommunalen-klaeranlagen-nachhaltig-entfernen-a-617719/index3.html [retrieved on 2019-07-26] XP055609119 Paragraph preceding the chapter "Kostengünstige und universell implementierbare Lösung" ("Cost-Effective and Universally Implementable Solution") and first paragraph of said chapter	1-10
A	EP 0265941 A1 (PREUSSAG AG BAUWESEN [DE]) 04 May 1988 (1988-05-04) column 1, line 55 - column 2, line 2	1-10
X	Herbort, A.F; Schuhen, K. "Mitt Umweltchem Ökotox Zwei Betrachtungswinkel: Kunststoffe - die Alltagshelfer oder Mikro- plastik - das Umweltproblem? Zusammenfassung des Forschungsstands des Projekts Wasser 3.0 PE-X (Partikelelimination)" 01 January 2017 (2017-01-01), Retrieved from the Internet: https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Umweltchemie_OEkotoxikologie/mblatt/2017/b3h417.pdf XP055609055 cited in the application Chapters "Material und Methoden" ("Materials and Processes"), "Ergebnisse aus der Konzeptumsetzung" ("Results from Concept Implementation") and "Zusammenfassung und Ausblick" ("Summary and Outlook")	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/DE2019/000137

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 102015211052 A1	22 December 2016	NONE	
EP 0265941 A1	04 May 1988	DE 3636993 C1	31 March 1988
		EP 0265941 A1	04 May 1988

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2019/000137

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C02F1/24 C02F1/54
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
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	DE 10 2015 211052 A1 (UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU [DE]) 22. Dezember 2016 (2016-12-22) Absätze [0005], [0288] - [0291] -----	1-10
X	A.F. Herbort ET AL: "Problem erkannt ... Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen nachhaltig entfernen", , 23. Juni 2017 (2017-06-23), XP055609113, Gefunden im Internet: URL:https://www.laborpraxis.vogel.de/mikroplastik-in-kommunalen-klaeranlagen-nachhaltig-entfernen-a-617719/ [gefunden am 2019-07-26] das ganze Dokument -----	1-10

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
26. Juli 2019	02/08/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Wolf, Gundula

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	A.F. Herbort ET AL: "Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen nachhaltig entfernen. Seite 2: Mikroplastik ist ein globales Problem", , 23. Juni 2017 (2017-06-23), XP055609117, Gefunden im Internet: URL:https://www.laborpraxis.vogel.de/mikroplastik-in-kommunalen-klaeranlagen-nachhaltig-entfernen-a-617719/index2.html [gefunden am 2019-07-26] Kapitel "Effizientes Verfahren zur Entfernung von Mikroplastik" -----	1-10
X	A.F. Herbort ET AL: "Problem erkannt ... Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen nachhaltig entfernen. Seite 3: Kostengünstige und universell implementierbare Lösung", , 23. Juni 2017 (2017-06-23), XP055609119, Gefunden im Internet: URL:https://www.laborpraxis.vogel.de/mikroplastik-in-kommunalen-klaeranlagen-nachhaltig-entfernen-a-617719/index3.html [gefunden am 2019-07-26] Absatz vor dem Kapitel "Kostengünstige und universell implementierbare Lösung" und erster Absatz selbigen Kapitels -----	1-10
A	EP 0 265 941 A1 (PREUSSAG AG BAUWESEN [DE]) 4. Mai 1988 (1988-05-04) Spalte 1, Zeile 55 - Spalte 2, Zeile 2 -----	1-10
X	Herbort, A.F; Schuhen, K: "Mitt Umweltchem Ökotox Zwei Betrachtungswinkel: Kunststoffe - die Alltagshelfer oder Mikro- plastik - das Umweltproblem? Zusammenfassung des Forschungsstands des Projekts Wasser 3.0 PE-X (Partikelelimination)", , 1. Januar 2017 (2017-01-01), XP055609055, Gefunden im Internet: URL:https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Umweltchemie_OEkotoxikologie/mblatt/2017/b3h417.pdf in der Anmeldung erwähnt Kapitel "Material und Methoden", "Ergebnisse aus der Konzeptumsetzung" und "Zusammenfassung und Ausblick" -----	1-10

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2019/000137

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102015211052 A1	22-12-2016	KEINE	
EP 0265941 A1	04-05-1988	DE 3636993 C1	31-03-1988
		EP 0265941 A1	04-05-1988