

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **715 708 B9**

(51) Int. Cl.: **C02F** **3/00** (2023.01)
H01M **8/16** (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(15) Korrekturinformation:
Korrigierte Fassung Nr. 1
Gesamtes Dokument

(21) Anmeldenummer: 000553/2020

(22) Anmeldedatum: 17.08.2018

(43) Anmeldung veröffentlicht: 16.05.2019

(30) Priorität: 09.11.2017
CN 201711097903.6

(24) Patent erteilt: 28.04.2023

(45) Patentschrift veröffentlicht: 28.04.2023

(48) Berichtigung veröffentlicht: 30.06.2023

(73) Inhaber:
SHANDONG UNIVERSITY,
No. 27 Shanda South Road Licheng District, Jinan
250100 Shandong (CN)

(72) Erfinder:
Chenglu Zhang, 250100 Shandong (CN)
Jian Zhang, 250100 Shandong (CN)
Xiaotong Shen, 250100 Shandong (CN)

(74) Vertreter:
Mervelix Sàrl, Rue de Monthoux 55
1201 Genève (CH)

(86) Internationale Anmeldung:
PCT/CN 2018/101127

(87) Internationale Veröffentlichung:
WO 2019/091178

(54) **Verfahren zur Verfüllung einer auf Biomassenzirkulation basierten Pflanzenkläranlage.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verfüllung einer auf Biomassenzirkulation basierten Pflanzenkläranlage, welche mit einer Aktivkohleschicht verfüllt wird, deren Aktivkohle durch Karbonisieren von Pflanzenresten oder/und Tierresten aus der Pflanzenkläranlage hergestellt wird. Die Rückgewinnung verwelkter Feuchtgebietspflanzen und verrottender Tierreste aus der Pflanzenkläranlage zur Herstellung von Aktivkohle und das Verfällen der hergestellten Aktivkohle in die Pflanzenkläranlage können einerseits das Problem lösen, dass Biomasse wie Pflanzenreste, Tierreste und dergleichen leicht zu einer Verstopfung der Füllstoffe in der Pflanzenkläranlage führen und somit die Fähigkeit der Pflanzenkläranlage zur Behandlung von organischem Abwasser verringern, womit die Nutzungseffizienz der Pflanzenkläranlage verbessert wird. Andererseits kann das Problem gelöst werden, dass Biomasse wie Pflanzen- und Tierreste beim Fäulnis- und Abbauprozess zahlreiche Schadstoffe erzeugen und eine sekundäre Verschmutzung des organischen Abwassers verursachen. Drittens wird die Aktivkohle in die Pflanzenkläranlage verfüllt, sodass gegenüber der Aktivkohle aus anderen Quellen ein stärkerer Adsorptionseffekt für zu behandelnde Schadstoffe erzielt wird.

rend bei einer horizontal durchströmten Untergrundpflanzenkläranlage die Verfüllmethoden der Aktivkohleschicht die modulare Methode und die Schwimmkugel-Methode umfassen.

[0009] Ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass bei der direkten Misch- und Zugabemethode die jeweilige Aktivkohle nach Mischen mit einem Bodenschlamm verfüllt wird, um eine gemischte Schicht aus Aktivkohle und Bodenschlamm zu erhalten, wobei über der gemischten Schicht eine Deckschicht und unter der gemischten Schicht eine Bodenschlamm-schicht vorgesehen ist. Durch Verhüllen der Aktivkohle nach Mischen mit Bodenschlamm wird die Stabilität der Aktivkohle erhöht und das Schweben oder Dispergieren weitgehend verhindert.

[0010] Noch ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Dicke der Deckschicht 4 bis 8 cm, die Dicke der gemischten Schicht 25 bis 40 cm und die Höhe der Wasserschicht 30 bis 50 cm beträgt, wobei vorzugsweise die Dicke der Deckschicht 5 bis 6 cm, die Dicke der gemischten Schicht 26 bis 35 cm und die Höhe der Wasserschicht 35 bis 45 cm beträgt.

[0011] Aufgrund der geringen Dichte schwebt die Aktivkohle beim Füllen in den Bodenschlamm. Die Deckschicht wird flach auf die gemischte Schicht ausgelegt, um diese abzudecken und das Herausschwimmen der Aktivkohle zu verhindern. Um eine Beeinträchtigung des Adsorptionseffekts zu verhindern, ist die Dicke der Deckschicht auf 4 bis 8 cm begrenzt. Wenn die Dicke/Höhe der Deckschicht, der gemischten Schicht und der Wasserschicht so eingestellt wird, hat die Aktivkohle in der gemischten Schicht einen besseren Behandlungseffekt für organisches Abwasser in der Wasserschicht.

[0012] Noch ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass das Massenverhältnis der Aktivkohle zu dem Bodenschlamm in der gemischten Schicht 1 : 0,8-1,2 beträgt.

[0013] Noch ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Substanz in der Deckschicht Bodenschlamm ist.

[0014] Ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass bei der modularen Methode ein mit Aktivkohle gefüllter Tankkörper in einem Bodenschlamm oder Füllstoff vergraben wird, wobei die Aktivkohle in dem Tankkörper in zwei Schichten unterteilt ist, wobei die obere Schicht stückige Aktivkohle mit einer Korngröße von 7 bis 8 cm und die untere Schicht Aktivkohle mit einer Korngröße von 10 bis 20 Maschen enthält, wobei sowohl der Umfang als auch der Boden des Tankkörpers gleichmäßig gebohrt sind.

[0015] Die feinkörnige Aktivkohle schwimmt im Bodenschlamm oder im Füllstoff leicht auf. Durch Decken der feinkörnigen Aktivkohle mit stückiger Aktivkohle kann zum einen die feinkörnige Aktivkohle gepresst werden, um ein Aufschwimmen zu vermeiden, wobei andererseits die Aufgabe zum Stützen erfüllt und der Flusskanal des Abwassers erweitert wird, sodass das Oberflächenströmungsabwasser schnell den unteren feinkörnigen Aktivkohlebereich erreicht und somit der Adsorptionsbehandlungseffekt bei gleicher Verweilzeit verbessert und der Behandlungseffekt organischen Abwassers erhöht wird. Drittens kann die obere stückige Aktivkohle feste Verunreinigungen im organischen Abwasser blockieren und herausfiltern, um eine Blockierung der feinkörnigen Aktivkohleschicht zu vermeiden und die Lebensdauer der Aktivkohle zu verlängern.

[0016] Wenn die Aktivkohle in dem Tankkörper die Adsorptionsobergrenze erreicht, kann der Tankkörper als Ganzes herausgenommen werden, um die Rückgewinnung und die Auswechslung der Aktivkohle zu erleichtern.

[0017] Noch ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Abstand zwischen der Oberseite des Tankkörpers und der Oberseite des Bodenschlammes oder des Füllstoffs 4 bis 20 cm beträgt. Hier gibt es Wurzeln von Wasserpflanzen und die organische Substanz in der Nähe der Wurzeln fördert das Anhaften und das Wachstum von Mikroorganismen auf der Oberfläche der Aktivkohle und verbessert die Adsorptionsbehandlungsfähigkeit der Aktivkohle.

[0018] Noch ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Durchmesser der Bohrung an dem Tankkörper kleiner als der Teilchendurchmesser der feinkörnigen Aktivkohle ist. Somit wird verhindert, dass die feinkörnige Aktivkohle aus dem Tankkörper austritt.

[0019] Noch ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Dicke der oberen Schicht stückiger Aktivkohle 7 bis 8 cm und die Dicke der unteren Schicht feinkörniger Aktivkohle 8 bis 10 cm beträgt.

[0020] Ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass bei der Schwimmkugel-Methode mit Aktivkohle gefüllte Hohlkugeln in einem Bodenschlamm oder Füllstoff vergraben und die Hohlkugeln durch Seile miteinander verbunden und befestigt werden, wobei an jeder der Hohlkugeln mehrere Durchgangslöcher ausgebildet sind.

[0021] Noch ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Durchmesser der Aktivkohle in den Hohlkugeln in der Nähe eines Wassereinlasses der Pflanzenkläranlage 5 bis 8 cm beträgt, während der Durchmesser der Aktivkohle von dem Wassereinlass zu dem Wasserauslass der Pflanzenkläranlage hin allmählich abnimmt.

[0022] Organisches Abwasser tritt über den Wassereinlass ein, fließt aus dem Wasserauslass aus und fließt dabei der Reihe nach durch Aktivkohle mit allmählich abnehmender Korngröße. Der Adsorptionseffekt der Aktivkohle wird allmählich verstärkt. Zudem kann eine Verstopfung in der Nähe des Wassereinlasses vermieden werden, was sich günstig auf die Verbesserung des Behandlungsergebnisses auswirkt.

[0023] Wenn die Aktivkohle die Obergrenze der Luftflotation erreicht, werden die Hohlkugeln herausgezogen, um die Rückgewinnung und die Auswechslung der Aktivkohle zu erleichtern.

[0024] Noch ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Durchmesser der Hohlkugel 10 bis 15 cm und der Durchmesser des Durchgangslochs 1 bis 2 cm beträgt.

[0025] Gegenstand der Erfindung ist auch ein Kopplungssystem, das eine wie oben beschrieben verfüllte Pflanzenkläranlage und eine mikrobielle Brennstoffzelle umfasst, wobei die mikrobielle Brennstoffzelle eine Anode, eine Kathode und einen Leitungsdraht umfasst, wobei die Anode in der Aktivkohleschicht vergraben und die Kathode in einem sauerstoffauflösenden Bereich einer Wasserschicht der Pflanzenkläranlage befestigt ist, und wobei die Anode und die Kathode durch den Leitungsdraht miteinander verbunden sind.

[0026] Vorzugsweise sind die Tierreste Garnelen- und Krabbenschalen oder Fischschuppen.

[0027] Vorzugsweise werden die Pflanzenreste in einer Nichtwachstumsperiode der Pflanzen geerntet und unter Verwendung der hydrothermalen Karbonisierungstechnik in Kombination mit einem neuartigen Aktivierungsmittel in Aktivkohle umgewandelt.

[0028] Mit der vorliegenden Erfindung werden die folgenden vorteilhaften Auswirkungen erzielt:

- 1) Im Vergleich zur herkömmlichen Abwasserbehandlungstechnologie für Pflanzenkläranlagen wird Biomasse als Füllstoff recycelt und zurück in die Pflanzenkläranlage verfüllt, um Materialrecycling zu realisieren, eine Sekundärverschmutzung zu vermeiden und gleichzeitig eine Verstopfung der Pflanzenkläranlage zu verhindern.
- 2) Die Rückgewinnung der Aktivkohle kann durch Verwendung von einem Tank und Schwimmkugeln oder dergleichen als Träger für die Zugabe von Aktivkohle realisiert werden.
- 3) Durch Zugabe der Biomassen-Aktivkohle in das Kopplungssystem einer Pflanzenkläranlage und einer mikrobiellen Brennstoffzelle wird neben verringerten Kosten die Stromerzeugung erhöht.

Darstellung der Erfindung

[0029] Die beiliegenden Zeichnungen, die einen Bestandteil der Anmeldung darstellen, dienen zum besseren Verständnis der vorliegenden Anmeldung. Die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Anmeldung und deren Beschreibung dienen zur Erläuterung der Anmeldung, ohne die Erfindung auf unangemessene Weise einzuschränken. Darin zeigen

- | | |
|-------|---|
| FIG 1 | eine auf Biomassenzirkulation basierte Freiwasserpflanzenkläranlage und ein zugehöriges Verfahren zur verstärkten Entfernung von Schadstoffen nach der vorliegenden Erfindung in einer Gerätezeichnung, |
| FIG 2 | den Tank bei der auf Biomassenzirkulation basierten Freiwasserpflanzenkläranlage und dem zugehörigen Verfahren zur verstärkten Entfernung von Schadstoffen nach der vorliegenden Erfindung in einer Gerätezeichnung, |
| FIG 3 | die Schwimmkugel bei der auf Biomassenzirkulation basierten Freiwasserpflanzenkläranlage und dem zugehörigen Verfahren zur verstärkten Entfernung von Schadstoffen nach der vorliegenden Erfindung in einer Gerätezeichnung, |
| FIG 4 | eine auf Biomassenzirkulation basierte horizontal durchströmte Untergrundpflanzenkläranlage und ein zugehöriges Verfahren zur verstärkten Entfernung von Schadstoffen nach der vorliegenden Erfindung in einer modularen Gerätezeichnung, |
| FIG 5 | die Schwimmkugel bei der auf Biomassenzirkulation basierten horizontal durchströmten Untergrundpflanzenkläranlage und dem zugehörigen Verfahren zur verstärkten Entfernung von Schadstoffen nach der vorliegenden Erfindung in einer Gerätezeichnung, |
| FIG 6 | die Verwendung der auf Biomassenzirkulation basierten Pflanzenkläranlage nach der vorliegenden Erfindung in Kombination mit einer mikrobiellen Brennstoffzelle in einer Gerätezeichnung. |

[0030] Darin stehen 1 für Bodenschlammschicht, 2 für gemischte Schicht aus Aktivkohle und Bodenschlamm, 3 für Deckschicht, 4 für Wasserschicht, 5 für Hydrilla, 6 für Wasserauslass, 7 für Wassereinlass, 8 für Myriophyllum, 9 für Tankkörper, 10 für Aktivkohle, 11 für Ceratophyllum demersum, 12 für Bodennadel, 13 für Typha orientalis, 14 für Seil, 15 für Schwimmkugel, 16 für grobe Substratschicht, 17 für feine Substratschicht, 18 für Kiesschicht, 19 für Füllkugel, 20 für Schilf, 21 für Oberflächenbodenschicht, 22 für Anode, 23 für Kathode, 24 für Titandraht und 25 für äußeren Widerstand.

Konkrete Ausführungsformen

[0031] Es ist anzumerken, dass die folgende detaillierte Beschreibung beispielhaft ist und eine weitere Erklärung für die vorliegende Anmeldung liefern soll. Soweit nicht anders angegeben, sollen alle technischen und wissenschaftlichen Begriffe, die hierbei verwendet werden, die gleichen Bedeutungen wie nach dem allgemeinen Verständnis der Durchschnittsfachleute auf diesem Gebiet haben.

[0032] Dabei ist zu beachten, dass die hier verwendeten Begriffe nur einer Beschreibung konkreter Ausführungsformen dienen, ohne die beispielhaften Ausführungsformen nach der vorliegenden Anmeldung einzuschränken. Soweit in dem Zusammenhang nicht ausdrücklich anders angegeben, sollen die Bezüge auf die Singularform auch die Pluralform umfassen, wobei zudem es sich versteht, dass der in der Beschreibung verwendete Begriff „umfassen“ und/oder „enthalten“ auf Merkmale, Schritte, Vorgänge, Elemente, Komponente und/oder ihre Kombinationen verweist.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0033] Wie sich aus FIG 1 ergibt, umfasst die Freiwasserpflanzenkläranlage von unten nach oben der Reihe nach jeweils eine Bodenschlammsschicht 1, eine gemischte Schicht aus Aktivkohle und Bodenschlamm 2, eine Deckschicht 3, eine Wasserschicht 4, Hydrilla 5 und Myriophyllum 8. Die Pflanzenkläranlage wird intermittierend durchströmt und die hydraulische Verweilzeit liegt bei 3 Tagen. Die Bodenschlammsschicht 1 ist durch vollflächiges Auslegen von Bodenschlamm gebildet, der aus einer Tiefe von etwa 10 cm unter der Oberfläche der Bodenschlammsschicht und einer Entfernung von etwa 5 m vom Ufer entnommen und durch ein 200-Mesh-Sieb zur Entfernung von Verunreinigungen gefiltert wird. Die Dicke dieser Schicht beträgt ca. 25 cm. Die Aktivkohle wird aus einer Mischung von Hydrilla und Garnelen hergestellt, nach Mahlen zur Pulver mit dem Bodenschlamm im Verhältnis 1: 1 gemischt und auf der Bodenschlammsschicht 1 flach ausgelegt. Die Dicke dieser Schicht liegt bei etwa 30 cm. Die Deckschicht 3 hat die gleiche Zusammensetzung wie die Bodenschlammsschicht 1 und wird flach auf die gemischte Schicht 2 aus Aktivkohle und Bodenschlamm gelegt und somit deckt diese ab, um das Herausschwimmen der Aktivkohle und eine dadurch verursachte Beeinträchtigung des Adsorptionseffekts zu verhindern. Die Dicke dieser Schicht liegt bei etwa 5 cm. Die Wasserschicht 4 ist durch Schadstoffe verschmutzt und hat eine Höhe von ca. 40 cm. Als untergetauchte Pflanzen werden Hydrilla 5 und Myriophyllum 8 im Verhältnis von 1: 1 abwechselnd gepflanzt. Für Hydrilla 5 werden gut wachsende Pflanzen mit einer Länge von etwa 30 cm gewählt, die durch Stecklingsmethode mit Wurzeln in ein Substrat eingesteckt werden, wobei der Hauptkörper der Pflanze sich im Wasser befindet. Für Myriophyllum 8 werden Pflanzen mit einer Länge von 7 bis 10 cm gewählt und durch Stecklingsmethode in den Bodenschlammsschicht 1 gepflanzt.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0034] Wie aus FIG 2 zu entnehmen ist, wird für die Freiwasserpflanzenkläranlage der einfachste Aufbau verwendet, der aus einer Bodenschlammsschicht 1, einer Wasserschicht 4 und Ceratophyllum demersum 11 besteht. Die Pflanzenkläranlage wird intermittierend durchströmt und die hydraulische Verweilzeit liegt bei 3 Tagen. Die Bodenschlammsschicht besteht aus Bodenschlamm, der aus einer Tiefe von etwa 10 cm unter der Oberfläche der Bodenschlammsschicht und einer Entfernung von etwa 5 m vom Ufer entnommen, durch ein 200-Mesh-Sieb zur Entfernung von Verunreinigungen und groben Teilchen gefiltert und flach auf die unterste Schicht ausgelegt wird. Die Dicke dieser Schicht beträgt ca. 25 cm. Die Aktivkohle wird aus einer Mischung von Ceratophyllum demersum und Krabbenchalen hergestellt. Ceratophyllum demersum wird durch Stecklingsmethode in den Bodenschlamm gepflanzt.

[0035] Insbesondere gibt es in diesem Ausführungsbeispiel zwei Möglichkeiten, Aktivkohle zuzugeben. Eine Möglichkeit ist die modulare Methode. Dabei besteht ein Modul aus einem PVC-Tankkörper 9, der sowohl am Umfang als auch am Boden gleichmäßig gebohrt ist. Auf die untere Schicht wird feinkörnige Aktivkohle mit einer Korngröße von 10 bis 20 Maschen ausgelegt und die obere Schicht wird mit stückiger Aktivkohle bedeckt (Korngröße: 7 bis 8 cm). Der Tankkörper 9 ist etwa 5 cm unter der Oberfläche der Bodenschlammsschicht 1 angeordnet, wo sich die Wurzeln von Ceratophyllum demersum 11 befinden. Die organische Substanz in der Nähe der Wurzeln fördert das Anhaften und das Wachstum von Mikroorganismen auf der Oberfläche der Aktivkohle und verbessert die Adsorptionsbehandlungsfähigkeit. Die obere Schicht stückiger Aktivkohle ermöglicht das Gelangen des Abwassers der Oberflächenströmung schnell in den feinkörnigen Aktivkohlenbereich im unteren Teil, womit der Adsorptionsbehandlungseffekt verbessert und das Problem der Verstopfung der oberflächennahen Schicht der Freiwasserpflanzenkläranlage verringert wird. Wenn die Aktivkohle eine Adsorptionsobergrenze erreicht, wird der ganze Tank entnommen und ausgewechselt, was für komfortable Bedienung sorgt.

[0036] FIG 3 zeigt eine andere Zugabemethode, nämlich die Schwimmkugelmethode. Verwendet wird eine Polyethylen-Schwimmkugel 15 mit einem Durchmesser von etwa 12 cm. Die Kugel ist gleichmäßig mit Bohrungen mit einem Durchmesser von etwa 1,5 cm versehen und kleine Aktivkohlepartikel mit einer Korngröße von 10 bis 20 Maschen werden in die Schwimmkugel eingebracht. Die Schwimmkugeln 15 sind durch Seile 14 miteinander verbunden und etwa 5 cm unter der Oberfläche der Bodenschlammsschicht 1 angeordnet. Die Anzahl der zuzugebenden Aktivkohlen-Schwimmkugeln kann je nach Schadstoffkonzentration und Fläche der Pflanzenkläranlage flexibel ausgewählt werden. Das Anfangsende und das Schwanzende des gesamten Satzes von Schwimmkugeln sind durch Seile 14 mit den Bodennägeln 12 verbunden, welche Bodennägel 12 am Ufer der Pflanzenkläranlage befestigt werden. Wenn die Aktivkohle die Adsorptionsobergrenze erreicht, kann sie herausgenommen und als Ganzes ersetzt werden. Als Pflanzen sind Ceratophyllum demersum 11 und Typha orientalis 13 gleichmäßig im Verhältnis 1: 1 gepflanzt. Bei naturnahen Feuchtgebieten, die Freiwasserpflanzenkläranlagen ähneln, können dieselbe Zugabemethode verwendet werden.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0037] Wie in FIG 4 dargestellt, besteht eine durchströmte Untergrundpflanzenkläranlage aus einer groben Substratschicht 16, einer feinen Substratschicht 17 und Typha orientalis 13. Die Aktivkohle wird aus einer Mischung von Typha

orientalis und Regenwurm hergestellt. Die Aktivkohle wird modular zugegeben. Sowohl der Umfang als auch der Boden des Edelstahltankkörpers 9 sind gleichmäßig gebohrt. Am vorderen Ende wird stückige Aktivkohle und am hinteren Ende kleine Teilchen mit einer Korngröße von 10 bis 20 Maschen eingefüllt. Der Tankkörper 9 ist etwa 15 cm vom Oberflächenfüllstoff entfernt angeordnet.

[0038] Das Abwasser fließt über den Wassereinlass ein, durchströmt zunächst die Pflanzen, die zur Filtration und Adsorption dienen, und dann den stückigen Aktivkohlenbereich am vorderen Ende. Große stückige Aktivkohle kann nicht nur Schadstoffe adsorbieren und behandeln, sondern auch das Abwasser schnell durchlassen, um Verstopfungen am vorderen Ende zu vermeiden. Kleinkörnige Aktivkohle am hinteren Ende verstärkt den Adsorptionseffekt. Bei anderen Ausführungsformen kann die Anzahl der zuzugebenden Module flexibel gemäß der Fläche der Pflanzenkläranlage und der Schadstoffkonzentration ausgewählt werden. Die Aktivkohle kann bei Erreichen der Adsorptionsobergrenze als Ganzes ersetzt werden.

Viertes Ausführungsbeispiel

[0039] Wie in FIG 5 dargestellt, besteht eine durchströmte Untergrundpflanzenkläranlage aus einer Kiesschicht 18, einer Oberflächenbodenschicht 21 und Schilf 20. Die Aktivkohle wird aus einer Mischung von Schilf und Fischschuppen hergestellt. Die Aktivkohle wird in eine Füllstoffkugel 19 mit einem Durchmesser von etwa 12 cm eingebracht. Die Schwimmkugel ist gleichmäßig mit Bohrungen mit einem Durchmesser von etwa 1,5 cm versehen. Die Füllstoffkugeln 19 sind direkt in den Zwischenraum der Kiese und in einem Abstand von etwa 15 cm von der Oberfläche der Füllstoffe angeordnet und durch Seile 14 miteinander verbunden. Beide Enden der Füllkugel 19 sind mit Seilen an den Bodennägeln 12 befestigt, die an dem Ufer der Pflanzenkläranlage befestigt sind. In der Füllstoffkugel 19 in der Nähe des Wassereinlasses 7 ist die Aktivkohle stückig ausgebildet und etwa 6 cm lang. Mit abnehmender Entfernung zu dem Wasserauslass nimmt die Korngröße der Aktivkohle in der Füllstoffkugel 19 ab. Abwasser tritt über den Wassereinlass ein und aus den Wasserauslässen 6 aus und fließt der Reihe nach durch immer kleinere Aktivkohle, wodurch der Adsorptionseffekt allmählich verstärkt und eine Verstopfung am vorderen Ende vermieden wird. Die Aktivkohle wird beim Erreichen der Adsorptionsobergrenze direkt zum Austausch herausgezogen.

Fünftes Ausführungsbeispiel

[0040] Wie aus FIG 6 zu entnehmen ist, besteht die Freiwasserpflanzenkläranlage aus einer Bodenschlammschicht 1, einer Wasserschicht 4 und Hydrilla 5. Die Pflanzenkläranlage wird intermittierend durchströmt und die hydraulische Verweilzeit liegt bei 3 Tagen. Die Bodenschlammschicht besteht aus Bodenschlamm des Xiaomei-Flusses, der aus einer Tiefe von etwa 10 cm unter der Oberfläche und einer Entfernung von etwa 5 m vom Ufer entnommen und durch ein 200-Mesh-Sieb zur Entfernung von Verunreinigungen und groben Teilchen gefiltert wird. Die Dicke beträgt ca. 25 cm. Die Aktivkohle wird aus einer Mischung von Hydrilla und Regenwurm hergestellt und mit dem Bodenschlamm im Verhältnis von 1: 1 gemischt. Die Wasserschicht 4 ist durch Schadstoffe verschmutzt und hat eine Höhe von ca. 40 cm. Als untergetauchte Pflanzen wird Hydrilla verwendet und dabei werden gut wachsende Pflanzen mit einer Länge von etwa 30cm gewählt, die durch Stecklingsmethode mit Wurzeln in den Bodenschlamm eingesteckt werden, wobei der Hauptkörper der Pflanze sich im Wasser befindet.

[0041] Mikrobielle Brennstoffzellen werden eingeführt und sowohl die Anode 22 als auch die Kathode 23 bestehen aus Kohlenstofffilz. Die Anode 22 ist in der gemischten Schicht 2 aus Aktivkohle und Bodenschlamm eingebettet. Die Kathode 23 schwimmt im Wasser. Die Kathode 23 und die Anode 22 sind über einen Titandraht 24 miteinander verbunden und an einen äußeren Widerstand 25 angeschlossen. Der Widerstand des äußeren Widerstands 25 beträgt ca. 1000 Ω . Die Zugabe der Aktivkohle kann den Schadstoffentfernungseffekt aus zwei Gesichtspunkten wirksam verbessern. Erstens wird der Adsorptionseffekt verbessert, um Schadstoffe durch Adsorption zu entfernen. Zweitens verbessert die Zugabe der Aktivkohle die Leitfähigkeit des Bodenschlammes und erhöht die Stromerzeugung des gesamten Systems. Somit kann die Anode mehr Schadstoffe abbauen, um einen besseren Entfernungseffekt zu erzielen.

[0042] Abwasser fließt in die Pflanzenkläranlage und die darin enthaltenen Schadstoffe werden in einem kleinen Anteil zunächst durch Pflanzen und Tieren in der Pflanzenkläranlage durch Absorption und Stoffwechsel entfernt. Anschließend dringt das Abwasser in den Bodenschlamm ein. Der Bodenschlamm hat eine stärkere Adsorptionswirkung für Schadstoffe und eine große Menge von Schadstoffen besteht im Wasser in Poren des Bodenschlammes. Pflanzen- und Tierreste werden zur Herstellung von Aktivkohle verwendet, die in Bodenschlamm verfüllt wird, um Schadstoffe im Porenwasser des Bodenschlammes zu adsorbieren und so eine Biomassenzirkulation zu realisieren. Zusätzlich werden die Schadstoffe im Porenwasser von den elektroerzeugenden Mikroorganismen auf der Anodenoberfläche genutzt, die Protonen und Elektronen freisetzen. Elektronen erreichen die Kathode durch einen externen Stromkreis und Protonen erreichen die Kathode durch den Bodenschlamm. An der Kathode werden Protonen, Elektronen und Sauerstoff reduziert, um den elektrischen Kreislauf der mikrobiellen Brennstoffzelle herzustellen. Die beiden Prozesse werden gleichzeitig durchgeführt, wodurch die Schadstoffentfernungsrates erheblich verbessert wird. Gleichzeitig kann somit Strom erzeugt und Energie gespart werden.

[0043] Bisher wurden lediglich bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Anmeldung erläutert, die keineswegs zur Einschränkung der Anmeldung dienen. Für Fachleute auf diesem Gebiet sind verschiedene Modifikationen und Änderungen an der vorliegenden Anmeldung möglich. Jegliche Modifikationen, gleichwertige Substitutionen und Verbesse-

rungen im Rahmen der Grundideen und der Prinzipien der vorliegenden Anmeldung sollen von dem Schutzzumfang der Anmeldung umfasst sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verfüllung einer auf Biomassenzirkulation basierten Pflanzenkläranlage, dadurch gekennzeichnet, dass es die folgenden Schritte umfasst:
 - Rückgewinnen von Pflanzenresten und/oder Tierresten aus der Pflanzenkläranlage,
 - Karbonisieren der Pflanzenreste und/oder Tierreste zur Herstellung von Aktivkohle und
 - Verfüllen der Aktivkohle in den Bodenschlamm oder den Füllstoff der Pflanzenkläranlage.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass:
 - bei einer Freiwasserpflanzenkläranlage die Verfüllmethoden der Aktivkohleschicht eine direkte Misch- und Zugabemethode, eine modulare Methode und eine Schwimmkugel-Methode umfassen,
 - während bei einer horizontal durchströmten Untergrundpflanzenkläranlage die Verfüllmethoden der Aktivkohleschicht die modulare Methode und die Schwimmkugel-Methode umfassen, wobei:
 - bei der direkten Misch- und Zugabemethode die jeweilige Aktivkohle (10) nach Mischen mit einem Bodenschlamm verfüllt wird, um eine gemischte Schicht (2) aus Aktivkohle (10) und Bodenschlamm und eine Wasserschicht (4) zu erhalten, wobei über der gemischten Schicht (2) eine Deckschicht (3) und unter der gemischten Schicht eine Bodenschlammschicht (1) vorgesehen ist, wobei vorzugsweise die Dicke der Deckschicht (3) 4 bis 8 cm, die Dicke der gemischten Schicht (2) 25 bis 40 cm und die Höhe der Wasserschicht (4) 30 bis 50 cm beträgt, wobei vorzugsweise die Dicke der Deckschicht (3) 5 bis 6 cm, die Dicke der gemischten Schicht (2) 26 bis 35 cm und die Höhe der Wasserschicht (4) 35 bis 45 cm beträgt, wobei vorzugsweise das Massenverhältnis der Aktivkohle (10) zu dem Bodenschlamm in der gemischten Schicht (2) 1: 0,8-1,2 beträgt, und wobei vorzugsweise die Deckschicht (3) aus Bodenschlamm besteht;
 - bei der modularen Methode ein mit Aktivkohle (10) gefüllter Tankkörper in einem Bodenschlamm oder Füllstoff vergraben wird, wobei die Aktivkohle (10) in dem Tankkörper in zwei Schichten unterteilt ist, wobei die obere Schicht stückige Aktivkohle (10) mit einer Korngröße von 7 bis 8 cm enthält, wobei der Umfang des Tankkörpers gleichmäßig gebohrt sind, wobei vorzugsweise der Abstand zwischen der Oberseite des Tankkörpers und der Oberseite des Bodenschlammes oder des Füllstoffs 4 bis 20 cm beträgt, wobei vorzugsweise der Durchmesser der Bohrung an dem Tankkörper kleiner als der Teilchendurchmesser der Aktivkohle (10) der unteren Schicht ist und wobei vorzugsweise die Dicke der oberen Schicht stückiger Aktivkohle (10) 7 bis 8 cm und die Dicke der unteren Schicht Aktivkohle (10) 8 bis 10 cm beträgt, und
 - bei der Schwimmkugel-Methode mit Aktivkohle gefüllte Hohlkugeln in einem Bodenschlamm oder Füllstoff vergraben und die Hohlkugeln durch Seile miteinander verbunden und befestigt werden, wobei an jeder der Hohlkugeln mehrere Durchgangslöcher ausgebildet sind.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der Aktivkohle in den Hohlkugeln in der Nähe eines Wassereinlasses (7) der Pflanzenkläranlage 5 bis 8 cm beträgt, während der Durchmesser der Aktivkohle von dem Wassereinlass (7) zu dem Wasserauslass (6) der Pflanzenkläranlage hin abnimmt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der Hohlkugeln 10 bis 15 cm und der Durchmesser des Durchgangslochs 1 bis 2 cm beträgt.
5. Verfahren nach Anspruch einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Tierreste Garnelen- und Krabbenschalen oder Fischschuppen sind, wobei vorzugsweise die Pflanzenreste in einer Nichtwachstumsperiode der Pflanzen geerntet und unter Verwendung der hydrothermalen Karbonisierungstechnik in Kombination mit einem neuartigen Aktivierungsmittel in Aktivkohle umgewandelt werden.
6. Kopplungssystem dadurch gekennzeichnet, dass es eine nach einem der Ansprüche 1 bis 5 verfüllte Pflanzenkläranlage und eine mikrobielle Brennstoffzelle umfasst, wobei die mikrobielle Brennstoffzelle eine Anode, eine Kathode und einen Leitungsdraht umfasst, wobei die Anode in der Aktivkohleschicht vergraben und die Kathode in einem sauerstoffauflösenden Bereich einer Wasserschicht der Pflanzenkläranlage befestigt ist, und wobei die Anode und die Kathode durch den Leitungsdraht miteinander verbunden sind.

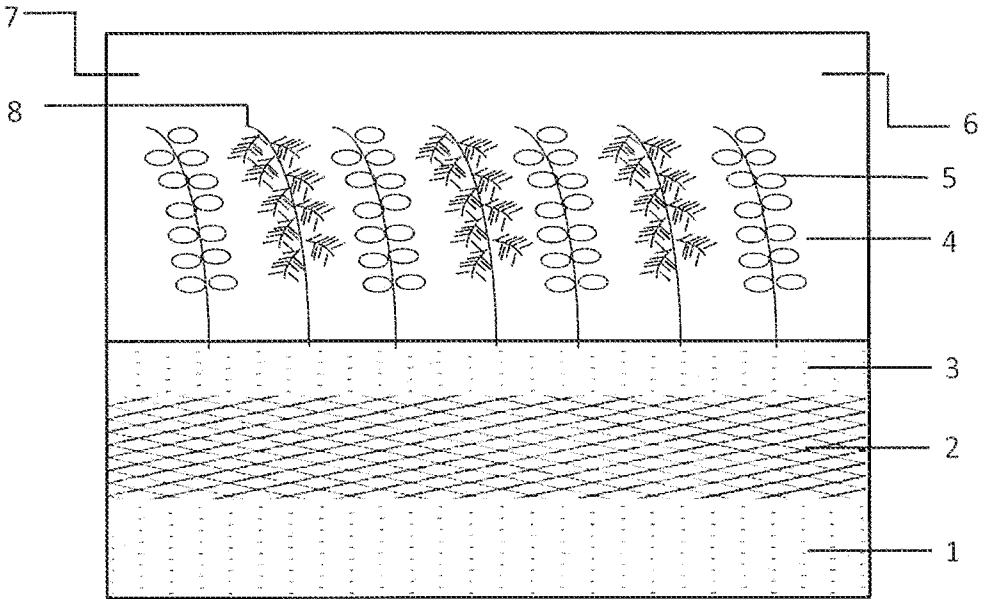


FIG 1

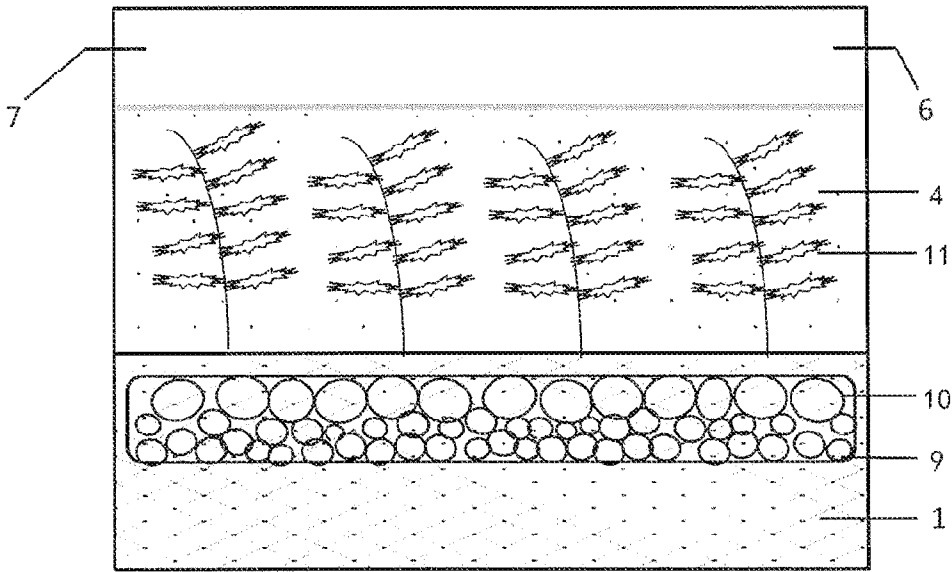


FIG 2

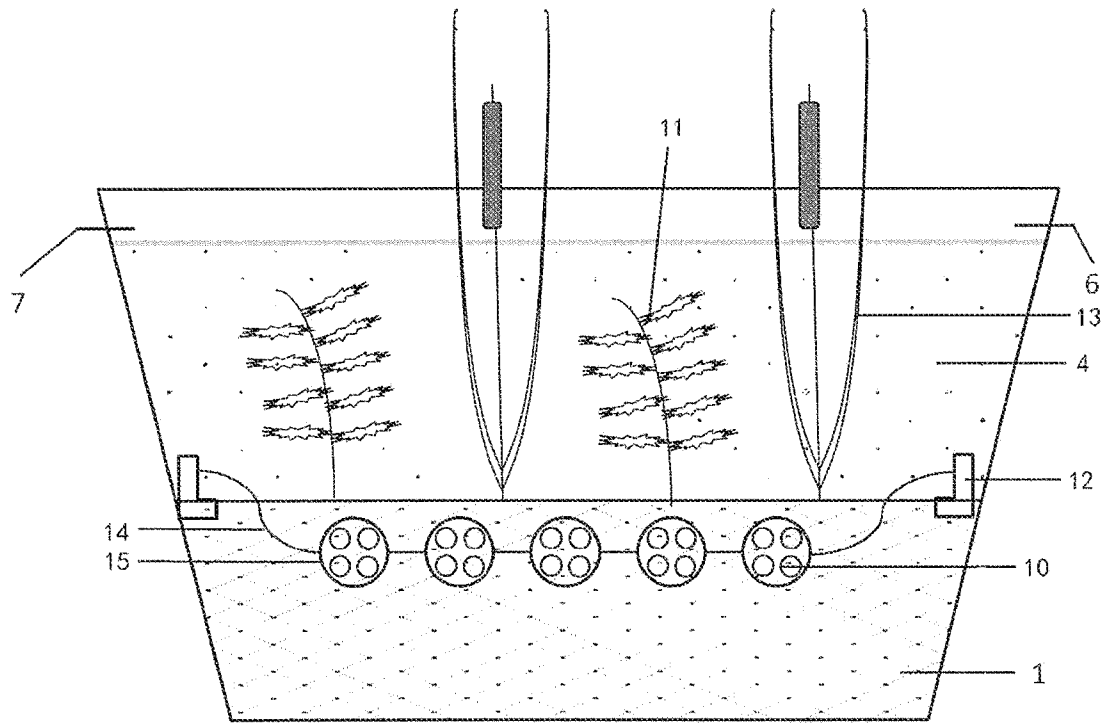


FIG 3

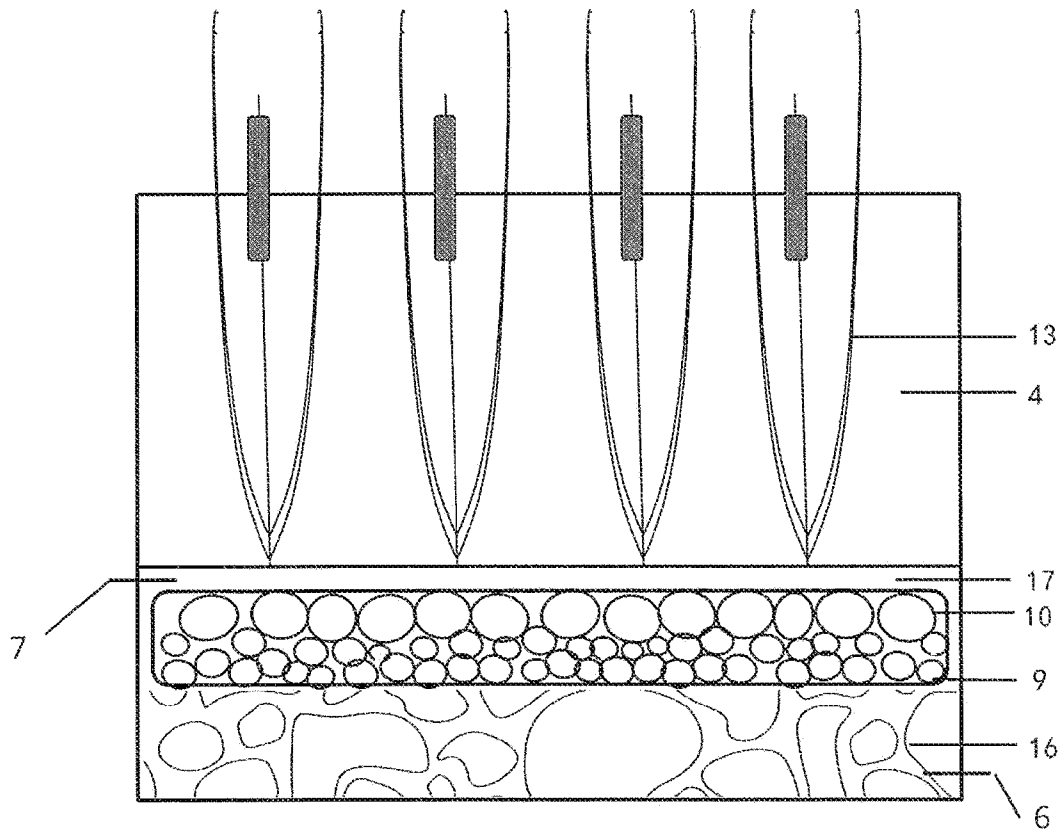


FIG 4

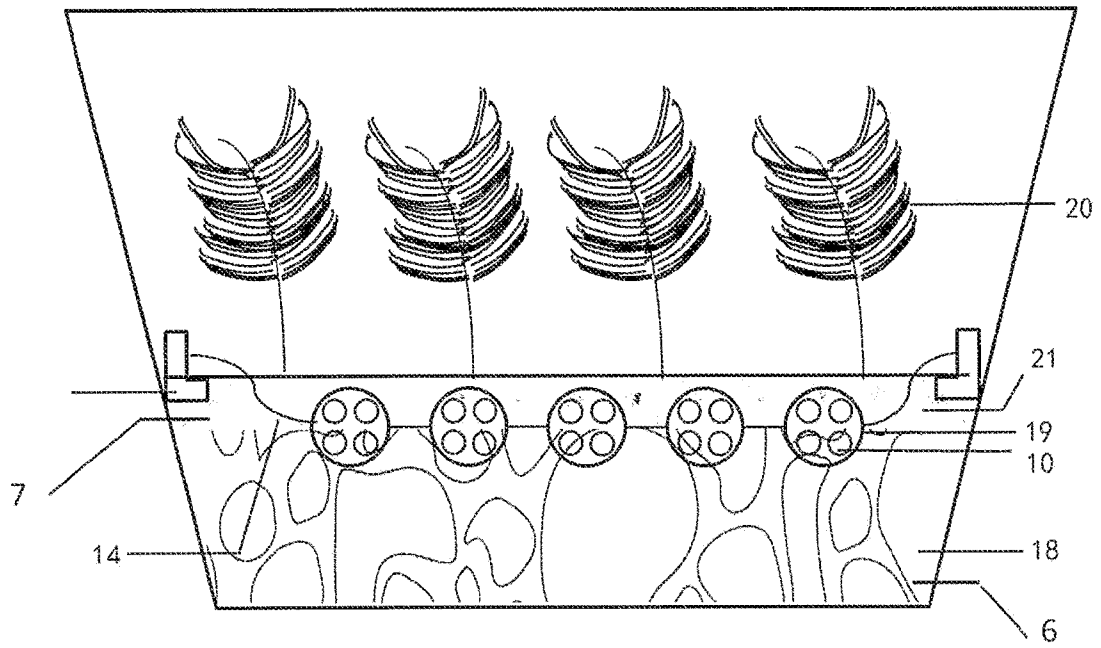


FIG 5

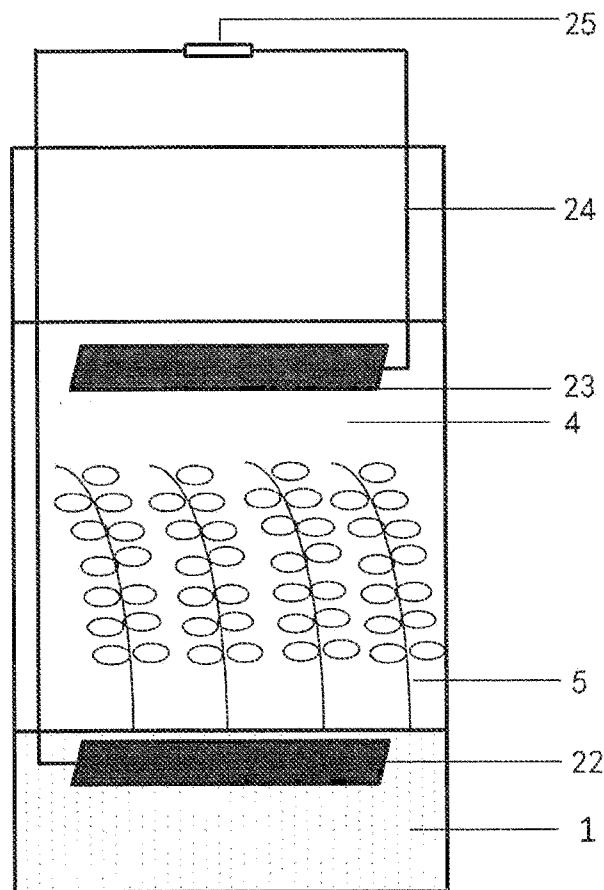


FIG 6