

Neuartiger Reaktor zur biologischen Reinigung von kommunalen Abwässern (Pat. 2247538)

1. Ziele und Anforderungen

Die zunehmend angewandte dezentrale Abwasserbehandlung im ländlichen Raum verlangt nach Klärwerken von kleiner und mittlerer Größe die in der Lage sind den Abfluss von Kanalnetzen die im Mischsystem betrieben werden zu behandeln. Die zur Klärung von Mischwasser benötigten Anlagen müssen hydraulisch stark belastbar sein, sollen eine hohe Reinigungsleistung garantieren um eventuell schwachen Vorflutern Rechnung zu tragen und einfach und sicher zu betreiben sein bei niedrigem Kostenpunkt, sowohl in der Konstruktion wie im Betrieb und wenig Energie verbrauchen. Diesen Anforderungen entspricht der hier vorgestellte biologische Reaktor, der eine neuartige Anwendung des Belebungsverfahrens darstellt. Durch seinen unkomplizierten, betriebssicheren und sehr energiesparenden Prozess entspricht er den gestellten Anforderungen und ist in der Lage strengen Ablaufvorschriften gerecht zu werden bei einem Kostenpunkt pro Kubikmeter behandeltem Abwasser, der im Vergleich zu bekannten Verfahren spürbar günstiger ist.

2. Reaktorkonzept

Der entwickelte biologische Reaktor vereinigt Belegung und Nachklärung in einem prismatischen Bauwerk mit polygonalem Querschnitt das durch Trennwände in verschiedene Räume aufgeteilt ist. Der größere Teil dieser Räume bildet die Belebungszone, der kleinere Teil die Nachklärzone.

- **Die Belebungszone**
Die Sauerstoffzufuhr erfolgt an der Sohle durch konventionelle feinblasige Begasung, jedoch wird die pneumatische Energie der eingeblasenen Luft durch einen Airlift-Effekt zur Umwälzung des Belebtschlammes genutzt an Stelle von Rührwerken.
- **Die Nachklärzone**
Die Trennung von Belebtschlamm und Klarwasser wird erreicht durch die Gestaltung des Trennraumes in einer Form die gewisse spezifische Eigenschaften von Belebtschlammflocken ausnutzt (siehe 4.) und zusätzlich eine integrierte

Schwerkraftrückführung des abgetrennten Belebtschlammes in die Belebungszone ohne Rücklaufschlammsystem ermöglicht.

Das Konzept unterscheidet sich auch von bekannten Systemen durch die räumliche Trennung von Belüftungsprozess und Abbauprozess in einer Form die die Anwendung eines Airlifteffektes zur Umwälzung ermöglicht sowie durch eine integrierte Nachklärung in der die Trennung von Belebtschlamm und Klarwasser nicht wie üblich in einem Absetzvorgang erfolgt sondern in einem Filtrervorgang durch ein selbstaufbauendes poröses Belebtschlammgebilde.

3. Aufbau des Reaktors

Der nach dem beschriebenen Konzept ausgelegte Reaktor ist in Abb. 1 im Schnitt schematisch dargestellt.

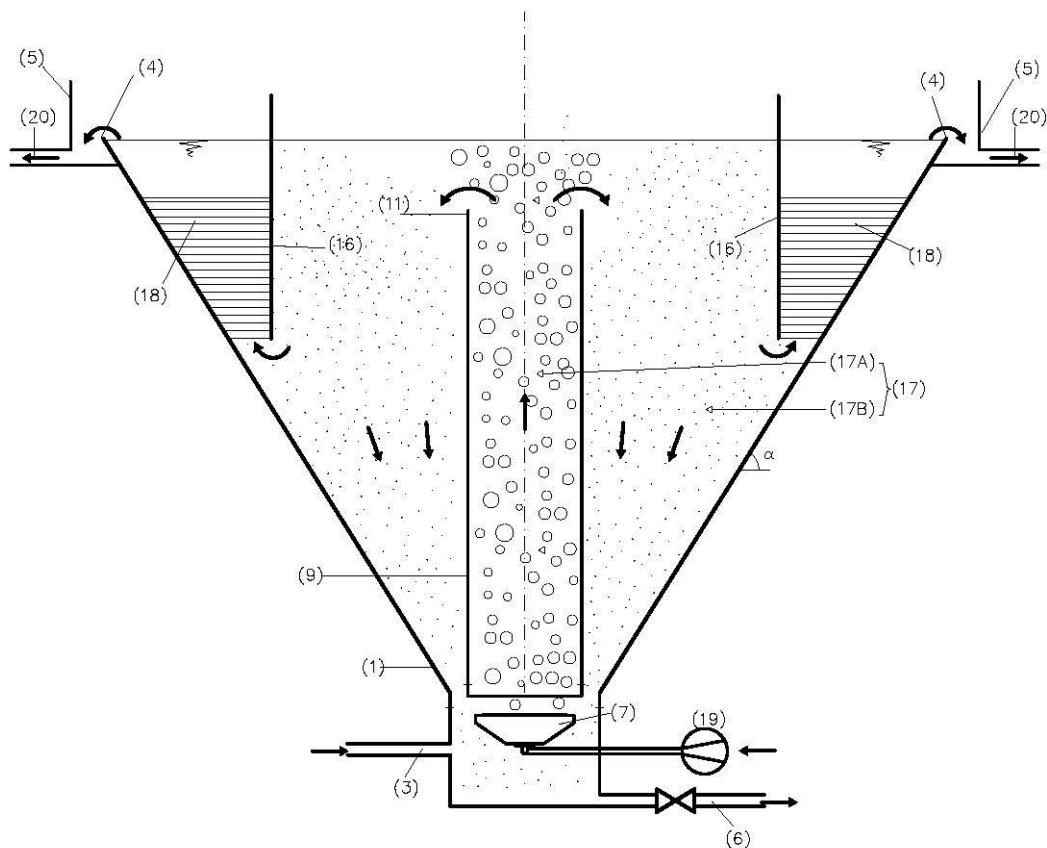


Abb. 1

Im Fuß der um 58° geneigten Außenschale 1 befinden sich die Membranbelüfter 7 und hier mündet das Abwasserzulaufrohr 3, sowie das Schlammabzug- und Entleerungsrohr 6. Über

den Belüftern befindet sich der Belüftungs- und Mischraum 17A, in Form eines senkrechten Schachtes 9, der nach oben hin offen ist und dessen Rand eine Überlaufkante 11 bildet. Der große durch die Außenschale 1 einerseits und die Wände des Belüftungs/Mischraumes 17A andererseits begrenzte Raum ist der Reaktions- und Dämpfungsraum 17B, der nach oben hin durch die Trennwand 16 begrenzt ist. Diese Tauchwand 16 zusammen mit der Außenschale 1 bildet den Trennraum 18, dessen oberer Rand als Überlaufkrone 4 dient zum angrenzenden Sammelkanal 5, der mit dem Klarwasserablaufrohr 20 versehen ist.

Die mechanische Ausrüstung des Reaktors besteht einzig und allein aus der außenstehenden Gebläseeinheit 19.

4. Prozessablauf

4.1. Hydraulischer Prozess

Die Füllung des Reaktors mit von Grobstoffen und Sand befreitem Abwasser ergibt einen Wasserspiegel, der durch die Lage der Überlaufkrone 4 des Trennraumes 18 begrenzt ist. Wird durch das Zulaufrohr 3 weiteres Abwasser eingeführt, dann strömt die gleiche Menge durch Verdrängung unter der Tauchwand 16 hindurch in den Trennraum 18, über dessen Überlaufkrone 4 in den Sammelkanal 5 und von dort in das Ablaufrohr 20.

Schaltet man nun die Belüftung ein, dann entsteht ein Airlift-Effekt. Durch die Luftblasen verliert die im Belüftungs/Mischraum 17A enthaltene Wassersäule an Dichte und wird durch die im Reaktions/Dämpfungsraum 17B enthaltene Wassermasse hochgehoben. Das ist der bekannte Pumpeffekt des Airlifts (Mammutpumpe).

Durch diesen Pumpeffekt wird nun die Überlaufkante 11 des Belüftungs/Mischwasserraumes 17A überströmt, wodurch das Wasser von oben in den Reaktions/Dämpfungsraum 17B eintritt, diesen anschließend sehr langsam durchläuft, dann unten verlässt um gleich danach im Belüftungs/Mischraum 17A wieder hochzusteigen. Diese interne Umwälzung, die wegen der geringen Reibungsverluste sehr intensiv ist, überlagert sich mit dem Zulaufstrom. Da dieser wesentlich geringer ist als die Umwälzung, nimmt der Zulaufstrom den Weg über den Belüftungs/Mischraum 17A. An der Unterkante der Tauchwand 16 spaltet sich der Zulaufstrom wegen dem Verdrängungsprinzip ab, fließt durch den Trennraum 18 zum Sammelkanal 5 und bildet den Ablaufstrom, der dem Zulaufstrom gleich ist.

Die im Belüftungs/Mischraum 17A eingetragene Luft tritt am Kopf dieses Raumes wieder aus. Falls erwünscht kann diese Luft mittels einer Abdeckung integral aufgefangen werden zwecks anschließender Behandlung. Wegen dem großen horizontalen Querschnitt am Kopf des Reaktions/Dämpfungsraumes 17B und der gleichmäßigen Verteilung des Wasserstromes sind die Turbulenzen im Bereich der Unterkante der Tauchwand 16 sehr gering und dadurch die Vorgänge im anschließenden Trennraum unbehindert.

4.2. Hydrobiologische Prozesse

Die hydrobiologischen Vorgänge laufen in Verknüpfung mit dem beschriebenen hydraulischen Prozess ab.

4.2.1. Kohlenstoffabbau/Nitrifikation

- Anreicherung des Belebtschlammgemisches an Sauerstoff durch feinblasige Belüftung, sowie intensive Durchmischung des Abwassers mit dem Belebtschlamm im Belüftungs/Mischraum 17A.
- Abbau der oxydierbaren Kohlenstoff/Stickstoffverbindungen (Nitrifikation) im Reaktions/Dämpfungsraum 17B, dem am Kopf permanent sauerstoffreiches Belebtschlammgemisch durch die Umwälzung zugeführt und am Fuß sauerstoffarmes wieder abgezogen wird und somit die Flocken sich dauernd in Schwebelage befinden.
- Trennung der Flocken vom Klarwasser im Trennraum 18 durch einen Filtrervorgang besonderer Art. Bedingt durch das physikalische Umfeld bildet sich hier ein poröses Gebilde bestehend aus Belebtschlammflocken, das weder Trägerstruktur noch Auflager benötigt, der sogenannte Filterkörper, der eine dichte aber poröse Struktur aufweist und vom Spannungsfeld an der Unterkante der Tauchwand 16 getragen wird. Der Filtrervorgang, der sich grundsätzlich von einem Absetzvorgang unterscheidet ist in der Trennschärfe dem Absetzvorgang überlegen da nicht absetzbare Flocken durch Koaleszenz aufgefangen werden. Der physikalische Mechanismus der dem Aufbau und dem Abbau des Filterkörpers sowie dem Filtrervorgang zu Grunde liegt ist im Beitrag „über die Nutzung der intrinsischen Eigenschaften von Belebtschlammflocken zur Abwasserbehandlung“ ausführlicher vorgestellt.
- Abzug von Überschussschlamm timergesteuert über das Rohr 6 am Fuß des Reaktors. Wegen der schwachen Schlammbelastung ist der Schlamm weitgehend stabilisiert und kann gespeichert werden.

4.2.2. Stickstoffabbau/Denitrifikation

Die Denitrifikation erfolgt intermittierend durch Belüftungspausen in denen der Belebtschlamm im Reaktionsraum 17B unter anoxen Bedingungen langsam absinkt und sich am Reaktorboden ansammelt und dann durch stoßartiges Einschalten der Belüftung wieder in den Umlauf gebracht wird was einer schädlichen Verdichtung des Belebtschlammes entgegenwirkt und die nötige Durchmischung und Abbauleistung sichert. Die Steuerung der Belüftungspausen und Durchmischphasen kann im einfachsten Fall durch einen Timer erfolgen.

Das Konzept des Reaktors bietet den Vorteil dass die gesamte Belebtschlammmasse permanent für die Denitrifikation verfügbar ist (kein Verlust durch die Schlammmasse im Rücklaufschlammsystem)

4.2.3 Regeneration

Als Regeneration wird der Austausch des Flockenkörpers bezeichnet. Durch Abschalten der Belüftung sinken die Flocken in der Belebung ab wodurch das Spannungsfeld an der Unterkante der Tauchwand nicht mehr vorhanden ist. Die dann vorherrschenden Sedimentationsbedingungen bewirken das Absinken des Filterkörpers in den Reaktions/Dämpfungsraum 17B. Durch Einschalten der Belüftung füllt sich die Belebung wieder mit Flocken sodass das Spannungsfeld sich wieder herstellt sowie der Filterkörper. Da diese Ein/Ausschaltung der Belüftung in der Denitrifikationsphase vorliegt geschieht die Regeneration selbsttätig.

5. Besondere Merkmale des Reaktors

5.1. Konstruktive Aspekte

- Bauvolumen beschränkt auf 70% des konventionellen Kombireaktors
- Verzicht auf jegliche getauchten Aggregate sowie beweglichen Teile.
- Einziges Aggregat: die oberirdisch aufgestellte Gebläseeinheit deren Leistung allein durch den biologischen Sauerstoffbedarf bestimmt ist.
- Ressourcensparende Konstruktion und Ausrüstung.
- Vollständige Abdeckung des Belebungsraumes

5.2. Prozessbezogene Aspekte

- Verfahren geeignet für Kanalnetze im Mischsystem oder Trennsystem.
- Umwälzung der Belebung durch Belüftungsenergie, ohne Rührwerke.
- Schwerkraftrückführung des Belebtschlammes, daher kein Rücklaufschlammsystem.
- Minimaler Energieverbrauch der sich günstig auf eine Stromversorgung durch erneuerbare Energiequellen auswirkt.
- Hohe Abscheideleistung durch Filterkörper mit Retention von Mikroflocken.
- Stickstoffabbau durch intermittierende Denitrifikation.
- Konventionelle Phosphatfällung kombinierbar.
- Die Formgebung des Reaktors bewirkt dass Schlammansammlungen nicht möglich sind sodass Faulprozesse ausgeschlossen sind demnach Minimierung der Ausscheidung von Methangas und Lachgas.
- Der Prozess bewirkt eine aerobe Granulierung des Belebtschlammes (AGS) durch orthokinetische Flockung, arbeitet daher mit niedrigem Schlammvolumenindex ISV = (20-50).

5.3.Kostenspezifische Aspekte

- Wenig Geländeverbrauch
- Niedrige Baukosten
- Niedrige Energiekosten
- Niedrige Sachkosten/Wartung

7. Bauformen und Kapazitäten

Die wirtschaftlich sinnvolle Kapazität des Reaktors liegt zwischen 50 und 10 000 EW, je nach Größe und Anzahl der Straßen.

- Kapazitäten von 50 bis 250 EW
Für diese Größenordnung kommt sowohl eine Ausführung in Stahlbeton wie eine in Stahl als Container in Frage. Ein Stahlcontainer kann sowohl mobil und freistehend wie eingeeidet aufgestellt werden. Containeranlagen sind kostengünstig, haben eine sehr kurze Bauzeit und sind extrem platzsparend.
- Kapazitäten von 250 bis 10 000 EW
Für diese Größenordnung kommt nur eine Stahlbetonbauweise in Frage. Kostensparend im Vergleich zum klassischen Belebtschlammverfahren wirkt sich das reduzierte Bauvolumen (70%) aus. Durch die 58°- Neigung der 2 Seitenwände des Reaktors können die diesbezüglichen 2 Baugrubenwände als Böschung mit 58° Neigung angelegt werden wodurch ein großes Volumen an Erdaushub und Auffüllmaterial erspart werden kann.

Mersch, September 2022

A.Welter, Dipl.Ing. U.Lg