

Der Nereda® Prozess – Abwasserreinigung mit aerober granularer Biomasse

Einführung

Einer der kritischsten Aspekte des Belebtschlammverfahrens ist seit jeher die Trennung von Biomasse und gereinigtem Abwasser. Neben der Entwicklung von physikalischen Trennverfahren (Membranbioreaktoren) war vor allem die Verbesserung der Sedimentationseigenschaften des Belebtschlammes immer ein wichtiges Forschungsthema. Grundvoraussetzung für eine Biomasse mit guten Sedimentationseigenschaften ist eine granulare Struktur, basierend auf kompakten, dichten, großen Teilchen mit einem hohen spezifischen Gewicht.

Die sogenannte aerobe granulare Biomasse wurde 1995 entdeckt und durch Mark van Loosdrecht von der TU Delft (DUT) weiter entwickelt. Durch Royal HaskoningDHV einem international operierenden niederländischen Ingenieurbüro wurde die Technologie für kommerzielle Anwendungen in den Großmaßstab überführt und als Nereda® Technologie vermarktet.

Die Nereda® Technologie ist bereits in Industrie und Kommune im Einsatz und konnte hier ihre Robustheit und Stabilität unter Beweis stellen. Die ersten umfassenden industriellen Anwendungen reichen zurück bis ins Jahr 2005, während die Technologie parallel für die kommunale Anwendung hochskaliert wurde. Nach der Installation und Inbetriebnahme von Demonstrationsanlagen in Südafrika und Portugal wurde im Jahr 2011 eine komplette kommunale Nereda® Anlage auf der Kläranlage Epe (59.000 EW) in den Niederlanden in Betrieb genommen, gefolgt von der Kläranlage Garmerwolde (140.000 EW). Auf beiden Anlagen konnten erhebliche Verbesserungen in Bezug auf Prozessstabilität, Abwasserqualität (z.B. Epe $N_{Ges} < 5 \text{ mg/L}$, $P_{Ges} < 0,3 \text{ mg/L}$) und Energieeinsparung ($> 30 \%$) im Vergleich zu herkömmlichen Belebtschlammverfahren realisiert werden. Inzwischen sind insgesamt 25 Nereda® Anlagen und 8 Demonstrationen mit Kapazitäten von 15.000 bis 950.000 EW im Betrieb oder in der Planung.

Aerobe Granulare Biomasse

Das Design und die Kontrollmechanismen des Nereda®-Prozesses fördern die Bildung von granularen Partikeln anstelle von herkömmlichen Schlammflocken. Aerobe granulare Partikel sind definiert als „Aggregate mikrobiellen Ursprungs, welche bei reduzierten hydrodynamischen Scherkräften nicht koagulieren und daher signifikant schneller sedimentieren als Schlammflocken“*. Die wichtigsten Merkmale aerober Partikel sind ein Minimaldurchmesser von 0,2 mm und ein 5 Minuten Schlammvolumenindex (SVI5) der dem 30 Minuten Schlammvolumenindex (SVI30) von normalem aktiviertem Schlamm entspricht.

Aerobe granulare Biomasse hat mehrere Vorteile gegenüber herkömmlichen Schlammflocken. Das gute Sedimentationsverhalten führt zu einem besseren Rückhalteverhalten und einer höheren Konzentration an Biomasse. Des Weiteren stellen die Partikel eine strukturierte Matrix für das Biomassewachstum dar. Die Partikel enthalten Schichten mit anaeroben, aeroben und anoxischen Bedingungen welche von verschiedenen Mikroorganismen bevölkert werden. Diese beinhalten Phosphat-akkumulierende Organismen, Nitrifikanten, Denitrifikanten und Glykogen-akkumulierende Organismen.

Hierdurch können alle Prozesse, die für einen Nährstoffabbau notwendig sind, parallel ablaufen, was die Voraussetzung für die Einfachheit und den minimalen Platzbedarf des Prozesses ist.

* First Aerobic Granule Workshop 2004, München

Der Nereda® Prozess

Der Nereda® Prozess basiert auf einem optimierten „sequencing batch reactor“ (SBR) Prozess in welchem die 4 Schritte eines typischen SBR-Zyklus auf 3 Schritte reduziert wurden (Abbildung 1):

1. Gleichzeitiges Füllen und Leeren: In diesem Schritt wird unbehandeltes Abwasser in den Reaktor gepumpt, während gleichzeitig das gereinigte Abwasser abgezogen wird.
2. Belüftung: Während der Belüftungsphase finden die biologischen Abbauprozesse statt. Die äußere Schicht der Partikel ist aerob und es siedeln sich Nitrifikanten an. Das gebildete Nitrat wird im anoxischen Kern der Partikel denitrifiziert. Außerdem findet hier die Phosphataufnahme statt.
3. Sedimentierung: Nach Abschluss der biologischen Prozesse findet die zur Trennung des geklärten Abwassers und des Schlammes notwendige Sedimentierung statt. Die hierfür benötigte Zeit ist aufgrund der hervorragenden Sedimentationseigenschaften des Schlammes sehr kurz. Danach ist das System bereit für einen neuen Start des Zyklus.

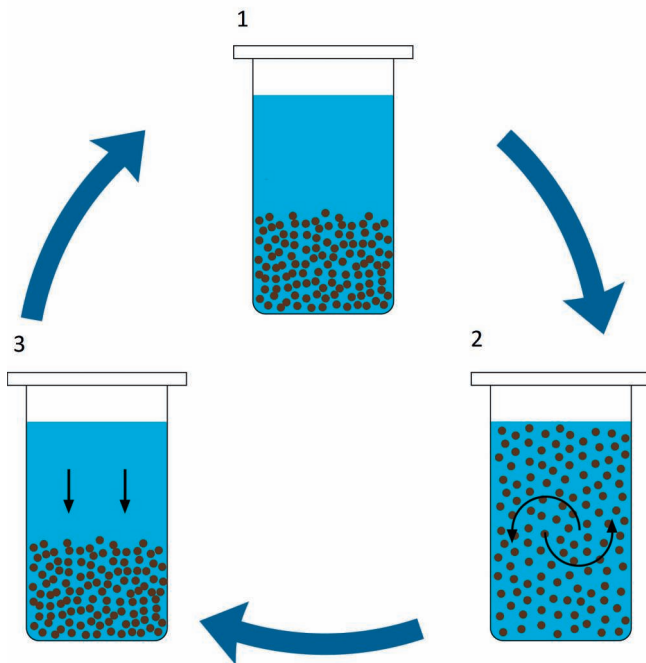


Abbildung 1: Der Nereda® Zyklus: 1. Gleichzeitiges Füllen und Leeren, 2. Belüftung, 3. Sedimentierung

Die Vorteile von Nereda®:

Kosteneffizienz

- Kompakter und einfacher Aufbau der Reaktoren
- Weniger mechanische Bauteile
- Keine zusätzlichen Nachklärbecken notwendig

Einfacher Betrieb

- Robuster und verlässlicher Prozess
- Vollautomatisierter Betrieb der Anlage möglich

Nachhaltig

- Hervorragende Ablaufwerte und effiziente Nährstoffreduktion
- Kein oder nur minimaler Einsatz von Chemikalien notwendig
- Signifikant geringerer Energieverbrauch

Die Kontrolle des Nereda® Prozesses

Je nach angestrebten Ablaufwerten wird der Nereda® Prozess auf Basis von Messwerten für Ammonium, ortho-Phosphat, gelöstem Sauerstoff und dem Redox-Potenzial optimiert.

Nur bei weniger strengen Grenzwerten im Ablauf genügen zur Prozesskontrolle die Messwerte für Sauerstoff und das Redox-Potenzial. In jedem Fall ist eine hohe Verlässlichkeit der Messwerte unabdingbar.

Auf der Kläranlage Epe wird die Verlässlichkeit der Messwerte für Ammonium, Phosphat, Nitrat und Sauerstoff durch das vorausschauende Diagnosesystem Prognosys sichergestellt. Dieses überwacht und interpretiert interne Signale der Messgeräte und informiert den Anwender über den Gerätestatus. So wird dem Anwender mit einem gewissen Vorlauf aufgezeigt, ob Wartungsschritte anstehen, bevor die Messungen fragwürdig werden und den Prozess beeinträchtigen können.

Ammonium und Phosphat werden mit dem Amtax sc (NH_4^+) bzw. dem Phosphax sc (PO_4^{3-}) Analysator gemessen. Diese Analysatoren messen nicht direkt im Prozessmedium sondern werden von einem selbstreinigenden Modul über einen Schlauch mit der vorgefilterten Probe ($<0,45 \mu\text{m}$) versorgt. Beide Analysatoren liefern alle 5 Minuten einen Messwert. Die Sensoren für Sauerstoff (LDO sc) und pH/Redox (pHD-S sc) können direkt im Medium platziert werden und liefern Messwerte in Echtzeit.

In Abbildung 2 sind die Ganglinien der verschiedenen Messwerte dargestellt. Während des Belüftungsschrittes wird die Konzentration an gelöstem Sauerstoff konstant gehalten, während die Konzentrationen an von Ammonium und Phosphat abnehmen. Das Redox-Potenzial nimmt in Übereinstimmung mit dem steigenden Verhältnis von oxidierten zu reduzierten Spezies zu.

Der kritischste Parameter auf den Kläranlagen Epe und Garmerwolde ist der Ammonium-Messwert der durch den Amtax sc Analysator geliefert wird. Die Verlässlichkeit der Ammonium- und anderer Messungen wird permanent von Prognosys überwacht und in Prozentwerten auf dem Messwertindikator dargestellt. Sinkt der Wert ausgehend vom Normalzustand (100 %), bleibt immer noch genug Zeit, Maßnahmen zu ergreifen bevor der Messwert fragwürdig wird. Sollte der Wert doch einmal unter 50 % fallen, wird als Rückfallebene automatisch eine alternative Steuerstrategie für die Belebung aktiviert, die auf den Werten des Redox-Sensors basiert.

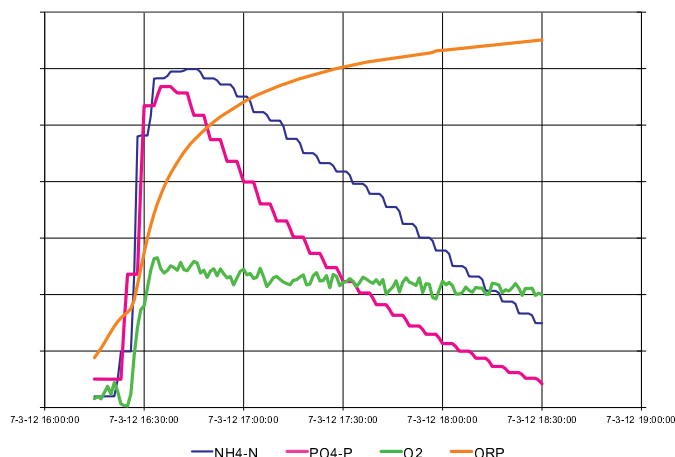


Abbildung 2: Ganglinien der verschiedenen Messungen während des Belüftungsschrittes des Nereda® Prozesses

Datentransfer und Kommunikation

Alle Messsignale eines Reaktors werden an einem SC1000 Controller zusammengeführt. Die Kommunikation zwischen Controller und der AquaSuite® Nereda® SPS basiert auf TCP/IP. Über das Netzwerk ist auch eine Fernüberwachung des Controllers und aller angeschlossenen Geräte möglich. Hierbei können sowohl Messwerte, als auch der, durch das Diagnosesystem Prognosys analysierte Gerätestatus, abgerufen werden. Darüber hinaus können Wartungsschritte wie zum Beispiel eine Reinigung oder Kalibrierung per Fernzugriff gestartet werden.

Ergebnisse von der Kläranlage Epe, Niederlande

Die Kläranlage Epe ist eine Nereda® Anlage im Großmaßstab, die durch Royal HaskoningDHV im Jahre 2010-2011 geplant und gebaut wurde und seit September 2011 in Betrieb ist. In der Anlage finden die folgenden Hauptprozesse statt: Zulauf mit Rechen und Sandfang, gefolgt von drei Nereda® Reaktoren und einem Sandfilter im Ablauf. Die Nereda® Reaktoren sind für einen durchschnittlichen täglichen Zulauf von 8.000 m³ und eine Spitzenbelastung von 36.000 m³ pro Tag ausgelegt. Der Überschussschlamm wird durch eine Bandfilterpresse eingedickt und zur Verwertung abtransportiert. Die Reinigungsleistung der Anlage ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Kläranlage Epe – Reinigungsleistung während der Prozess-Verifizierungs-Phase März – Mai 2012

Parameter	Zulauf [mg/L]	Ablauf – Durchschnitt [mg/L]	Ablauf (95 %il)
CSB	879	27	32
BSB	333	<2,0	<2,0
Kjeldahl-Stickstoff	77	1,4	1,8
NH ₄ -N	54	0,1	0,1
N-Total		<4,0	5,1
P-Total	9,3	0,3	0,34
Feststoffe	341	<5,0	<6,0

Ein großer Vorteil von Nereda® ist der reduzierte Energieverbrauch. In Epe betrug der ursprüngliche Energieverbrauch 3.500 kWh/d. Mit Nereda® beträgt der durchschnittliche tägliche Verbrauch nur noch 2.000 kWh – 2.500 kWh. Dies sind etwa 35 % weniger, als konventionelle Kläranlagen ähnlicher Größe in den Niederlanden verbrauchen.

Schlussfolgerung

Die existierenden Nereda® Anlagen haben gezeigt, dass die Technologie in der Lage ist, Abwasser im Hinblick auf geltende, und sogar mögliche zukünftige, durch die Wasserrahmenrichtlinie auferlegte Grenzwerte für Ammonium, Gesamtstickstoff und Phosphat zu reinigen. Bemerkenswert ist, dass die Technologie diese Behandlungsstandards mit deutlich geringerem Kapitaleinsatz und niedrigeren Betriebskosten als konventionelle Technologien erreicht.

Autoren:

Andreas Giesen

Royal HaskoningDHV, PO Box 1132, 3800 BC Amersfoort, NL

Für weitere Informationen: Nereda@rhdhv.com

Andreas Schroers

Hach, Willstätterstraße 11, 40549 Düsseldorf, DE

Referenzen:

Giesen A. and Thompson A., (2013) *Aerobic granular biomass for cost-effective, energy efficient and sustainable wastewater treatment*, 7th European Waste Water Management Conference