

Abwasserreinigungsanlage in Israel mit Sequencing-Batch-Reactor-Verfahren.

# Granulärschlamm-Prozess für die biologische Abwasserbehandlung

## Moderne Interpretation des Sequencing-Batch-Reactor-Verfahrens



### Keywords

- **Sequencing-Batch-Reactor, SBR**
- **Abwasser**
- **Granulärschlamm**

Sich mit dem Sequencing-Batch-Reactor-Verfahren (SBR) für die biologische Reinigung kommunaler und industrieller Abwässer zu beschäftigen, kann sich lohnen. Batch-Verfahren haben die Vorteile, dass das Reaktorverhalten definiert ist, die Randbedingungen konstant bleiben und unvorhergesehene Ereignisse während des Behandlungszyklus ausgeschlossen werden können.

Das Reaktordesign für Granulärschlamm basiert auf mehreren, hintereinander geschalteten, komplett durchmischter Zonen in einem Reaktormodul, die in Reihe positioniert werden. Dieses Design wird durch die Eigenschaften eines hyperboloiden Rühr- und Begasungssystems möglich und erlaubt die Realisierung eines erweiterten SBR-Prozesses mit kaskadiertem Reaktordesign, im Dauerbetrieb und mit zyklischem Betrieb.

Im Reaktor erzeugt jedes Rühr- und Begasungssystem eine virtuelle Wand und somit eine vollständig durchmischte Zone. Diese Zonen werden über das gesamte Reaktormodul kaskadiert. Das erlaubt eine wesentlich höhere Prozessflexibilität, da während eines Zyklus in den einzelnen Zonen mit unterschiedlichen Betriebs- und Prozessparametern gear-

beitet werden kann. Beispielsweise können die ersten Zonen als Selektor fungieren, während in der letzten Zone dekantiert wird.

### Die einzelnen Schritte des Granulärschlamm-Prozesses

Unterschieden werden fünf verschiedene Prozessphasen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in vier oder mehr verschiedenen räumlichen Zonen (Zonen 1–4) stattfinden. Der kontinuierliche Zufluss und die Aufteilung des Reaktors in verschiedene Zonen erlauben eine verbesserte Prozessauslegung. Abgebildet sind die fünf grundlegenden Phasen des Granulärschlamm-Prozesses schematisch. Nach Phase 5 beginnt der Zyklus erneut mit Phase 1. Was in den einzelnen Phasen geschieht, wird im Folgenden erläutert.

#### ■ Phase 1 Befüllen/Rühren (FM)

In dieser Phase arbeitet das Rühr- und Begasungssystem mit reduzierter Drehzahl und sorgt für Durchmischung ohne Belüftung. Die kontinuierliche Befüllung mit Abwasser erzeugt in den Zonen 1 und 2 anaerobe Bedingungen, während in Zonen 3 und 4 überwiegend anoxyische Bedingungen herrschen. In den Zonen 3 und 4 werden die notwendigen anaeroben Bedingungen für einen teilweisen Abbau organischer Verbindungen, die unter rein aeroben Bedingungen möglicherweise nicht abgebaut würden, sowie für die biologische Phosphatelimination geschaffen.

#### ■ Phase 2 Befüllen/Rühren/Belüften (FMA)

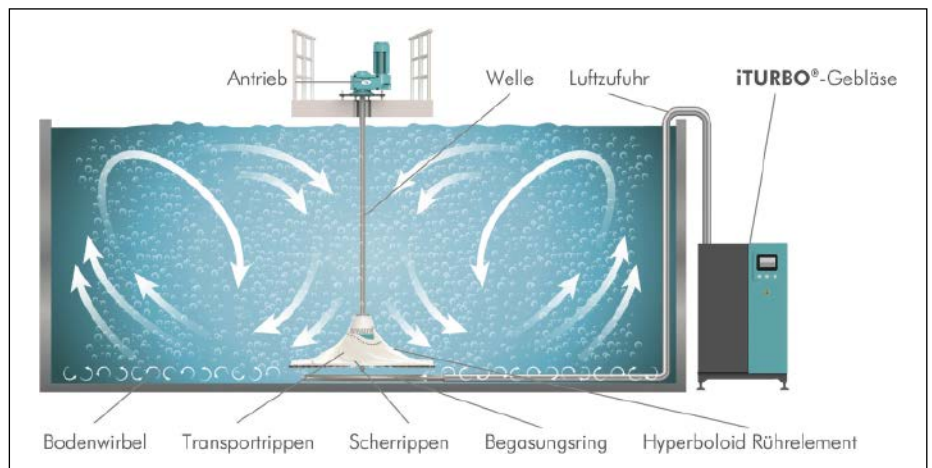
Während des Belüftungszyklus wird die Belüftung fortgesetzt und das Rühr- und Bega-

sungssystem arbeitet mit hoher Drehzahl im starken Rühr- und Belüftungsbetrieb. Es liefert auf effiziente Weise den nötigen Sauerstoff für die BSB- und CSB-Elimination und den Nitrifikationsprozess. Die wirksame mechanische Durchmischung während der Belüftung ist sehr wichtig, um hohe  $\alpha$ -Werte sowie eine hohe Sauerstoffzufuhr aufrechtzuerhalten und die notwendigen Scherkräfte auf die granulare Biomasse auszuüben. Die mechanische Durchmischung während der Belüftung ist außerdem sinnvoll, um Schaumbildung auf der Wasseroberfläche zu verhindern. Zudem sorgt die starke Durchmischung für aerobe Bedingungen und einen minimierten anaeroben Kern in den Schlammflocken.

Aufgrund des durch die Zufuhr von frischem Abwasser in Zone 1 prozessbedingten hohen Sauerstoffbedarfs bleibt Zone 1 während dieser Phase überwiegend anoxisch.

■ **Phase 3 Befüllen/Entgasen (FDg)**

Nachdem der Belüftungszyklus abgeschlossen ist und die Gebläse abgeschaltet wurden, setzt eine kurze Phase mit starkem Rühren bei erhöhter Drehzahl des Rühr- und Begasungssystems ein. Dadurch wird eine wirksame Entgasung der Schlammflocken erreicht. Dies verbessert die Absetzeigenschaften des Schlammes und verhindert die Schaumbildung auf der Wasseroberfläche.



Schematische Darstellung des Rühr- und Begasungssystems.

■ **Phase 4 Befüllen/Absetzen/ Langsames Rühren 1 (FSPH1)**

Aufgrund der anoxischen Bedingungen während der Absetzphase finden in den ersten Zonen des Reaktors Denitrifikationsprozesse statt und das Rühr- und Begasungssystem verrührt am Zulauf des Reaktors mit geringer Drehzahl sanft das frische Abwasser mit der zunehmenden Schlammdecke am Boden. Bei dieser geringen Drehzahl wird die Schlammdecke nicht aufgewühlt. Die Zufuhr von frischem Abwasser in die Schlammdecke

erzeugt nach einer kurzen anoxischen Phase anaerobe Bedingungen mit Bio-P-Freisetzung. Zusätzlich fördern diese anaeroben Bedingungen die Umwandlung von bCOD1 in rbCOD2 in der Zulaufzone (Zone 1) des Reaktors mit anaerober Aufnahme von rbCOD und/oder anoxischem Abbau desselben. Das minimiert die aerobe Aufnahme von rbCOD und schafft die optimalen biochemischen Bedingungen für die Zunahme des aeroben Granulärschlammes.

■ **Phase 5 Befüllen/Dekantieren/ Langsames Rühren 2 (FDPH2)**

Im letzten Schritt des SBR-Prozesses werden die Zufuhr von Abwasser in die Schlammdecke und der langsame Betrieb des Rühr- und Begasungssystems fortgesetzt. In der Schlammdecke werden nun die für Bio-P erforderlichen anaeroben Bedingungen geschaffen. In dieser letzten Phase beginnt das iDEC-Klarwasserabzugssystem den aufbereiteten Ablauf zu dekantieren, ohne die Schlammdecke aufzuwirbeln, und verhindert so die Verunreinigung des Ablaufs mit Schlamm. In dieser Phase wird der Überschussschlamm am Beckenboden entnommen, um die für die Prozessauslegung erforderliche Schlammbelastung aufrechtzuerhalten. Sobald der Dekantierzyklus abgeschlossen ist und das gewünschte Volumen dem Reaktor entzogen wurde, hebt sich der Dekanter in seine Ruheposition über der Wasseroberfläche und der Zyklus beginnt von vorne.

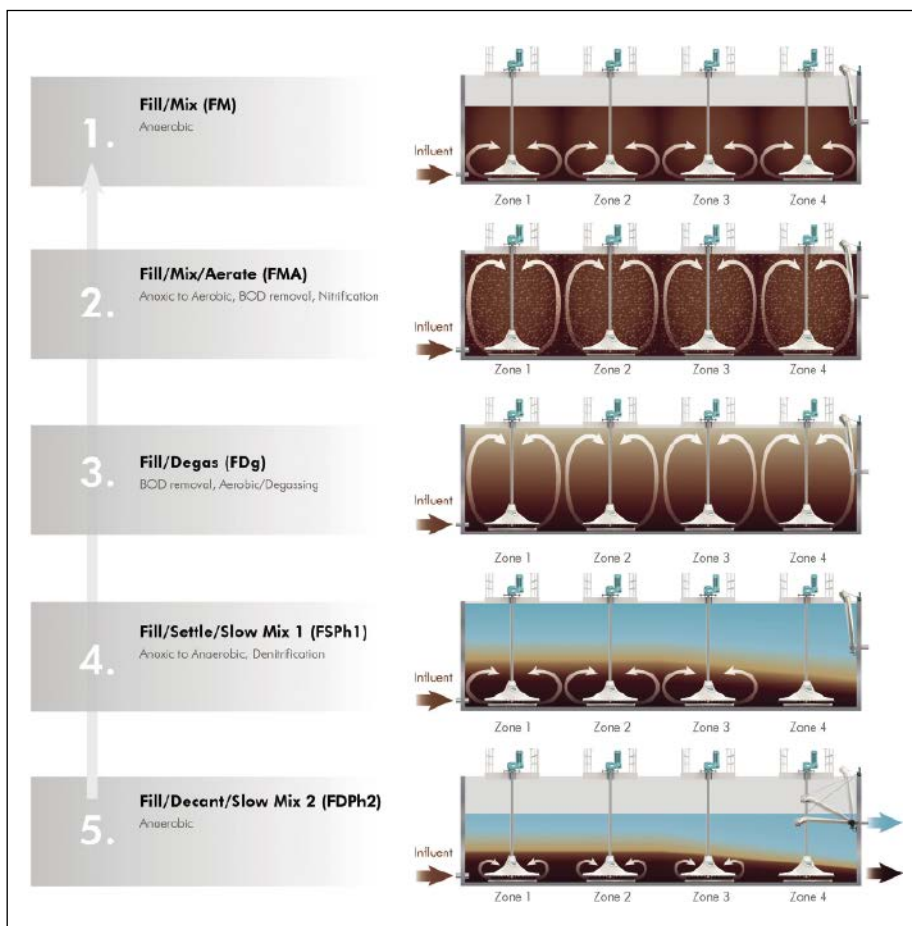
■ **Betrieb mit kontinuierlichem Durchfluss**

Der SBR-Prozess verbindet auf einzigartige Weise die Vorteile eines chargenweisen Betriebs mit einem herkömmlichen kontinuierlichen Durchfluss in der gesamten Anlage. Große Ausgleichsbecken vor den Bioreaktoren werden überflüssig und verringern somit den Platzbedarf der Anlage.

**Modulares Design**

Die SBR-Anlagen basieren auf einem modularen Design. Die einzelnen Module bestehen

**Die fünf Hauptzyklusphasen des Granulärschlamm-Prozesses.**



aus einem Einzel- oder Doppelstrang von Rührwerken/Belüftern sowie 3, 4, 5 oder mehr in Reihe. Die Größe der gewählten Grundmodule ist abhängig von der erforderlichen Gesamtkapazität der Anlage, den Bedingungen vor Ort und der allgemeinen Auslegung. Anlagendesigns mit mehreren individuellen Modulen bieten eine größere Flexibilität und höhere Betriebssicherheit.

■ **Reaktordesign**

Das Reaktordesign ist für diesen speziellen Prozess und die verwendete Ausrüstung optimiert. Es ermöglicht maximalen Stofftransport und optimales Reaktorverhalten, hat einen geringen Platzbedarf sowie eine hohe Betriebssicherheit und Leistung. Bei der Auslegung der Reaktoren einer Granulärschlammanlage kommen moderne strömungsmechanischen Simulationsinstrumente sowie dynamische Simulationsmodelle für die Optimierung der Gesamtprozessleistung und der spezifischen Belastungszustände zum Einsatz.

■ **Prozessauslegung**

Dieser Prozess ermöglicht die aerobe Erzeugung von Granulärschlamm bei kontinuierlichem Durchfluss. Dies gelingt nur mithilfe unabhängiger, nacheinander geschalteter

Rührzonen, wie sie mit dem Rühr- und Begasungssystem und den zyklischen Prozessbedingungen erzeugt werden können.

**Komplettangebot zur Abwasserreinigung**

Dank seinem verfahrenstechnischen Know-how kann Invent seine Produkte optimal in die Anforderungen der Anwender anpassen. Das Unternehmen bietet Zuflussverteilungssystem, Rühr- und Begasungssystem, SBR Dekantiersystem, Überschussschlammabzugssystem, Highspeed-Turbogebläse, Rautenfilter sowie Mess-, Steuer- und Regelsysteme. Jedes dieser Produkte kann an die individuelle Anlage und Anwendung angepasst werden. Ein umfassendes Hard- und Software-Paket kann mit Montageüberwachung, Inbetriebsetzung der Anlage und Schulung des Personals zu einem SBR-Paket vervollständigt werden. Der Anbieter nennt dies im Falle einer konventionellen Prozessauslegung iSBR und bei einem Granulärschlammverfahren iGSR. Diese Komplettsysteme können in allen gängigen Abwasserreinigungsanwendungen eingesetzt werden, bspw. für die kommunale oder industrielle Abwasserreinigung, die Deammonifikation oder das Granulärschlammverfahren.

**bCSB:** biologisch abbaubarer chemischer Sauerstoffbedarf

**rbCSB:** biologisch leicht abbaubarer chemischer Sauerstoffbedarf

**Die Autoren**

**Dr. rer. nat. Peter Huber, Marcel Huijboom und Dr.-Ing. Marcus Höfken**, Invent Umwelt- und Verfahrenstechnik Deutschland

Bilder © Invent Umwelt- und Verfahrenstechnik

Wiley Online Library



**INVENT Umwelt- und Verfahrenstechnik, Erlangen**  
Tel.: +49 9131 69098 - 56  
aeisemann@invent-uv.de · www.invent-uv.de

**Gerüche wegfiltern**

Coalsi, eine Marke der Fritzscheer Umwelttechnik, stellt mit dem Volumenmax eine wirkungsvolle und wartungsarme Abhilfe bei besonders starken Geruchsbelastungen für kommunale und industrielle Großanlagen vor. Übel riechenden Gase werden damit zuverlässig abgesaugt, Geruchsbelastungen und Gesundheitsgefahren minimiert und zudem Korrosionsschäden vermieden. Bis zu 3.500 m<sup>3</sup> belastetes Rohgas werden pro Stunde abgesaugt und gereinigt. Einsatz findet der Hochleistungsfilter nicht nur bei Pumpstationen, Übergabepunkten oder Kanalschächten, sondern auch bei belasteten Rohgasen in der Industrie etwa bei Schlachthöfen oder Kläranlagen. Die Anlage mit einem Flächenmaß von nur 1,5 x 1,6 m wird direkt an den Luftraum angeschlossen, aus dem das Luftgasgemisch abgesaugt werden soll. Sie ist mit V4A-Edelstahl gefertigt und somit auch in aggressiver Umgebung widerstandsfähig. Für die elektrische Versorgung reicht eine 400 V-Leitung zum Schaltschrank. Die zu reinigende Absaugluft wird in der integrierten, selbstregulierenden Heizung erwärmt und mit dem Sog der Lüftereinheit durch die Filterelemente gezogen. Plissierte Filtermatten (135 m<sup>2</sup>) übernehmen die Rohgasreinigung. Adsorptiv und katalytisch wirkende Aktivkohle filtern die Geruchsmoleküle mechanisch und chemisch heraus. Anhaftende Bakterien, die typische Geruchsbildner wie Schwefelwasserstoff und Ammoniak verstoffwechseln, übernehmen den biologischen Reinigungspart. Sensoren überwachen den Prozess, manuelles Justieren entfällt. Das gereinigte Luftgasgemisch wird dann über das Gerätedach ins Freie befördert.



[www.coalsi.com](http://www.coalsi.com)

**Mit Kerzen filtern**

Reichelt Chemietechnik hat eine Vielzahl verschiedenster Filterelemente und Filtergehäuse im Sortiment. Bei der Oberflächenfiltration werden die Partikel aufgrund ihrer Größe festgehalten, wie im Falle von Sieb- und Filtergeweben. Bei der Tiefenfiltration werden sie im Inneren des Filters adsorbiert. Häufig findet sich auch eine Kombination aus beiden Mechanismen. Filter mit unterschiedlicher Geometrie, Material oder Porengröße filtern grobe bis feinsten Verunreinigungen aus flüssigen und gasförmigen Medien. Von Vorteil ist eine abnehmende Porengröße vom Äußeren ins Innere der Filterkerze, denn dadurch wird bei einer breiten Größenverteilung der zu filtrierenden Partikel das Filtermedium langsamer blockiert und die Durchsatzleistung entsprechend erhöht. Um eine langfristig gleichbleibende Filterleistung zu erzielen, können die Filterelemente periodisch im Ultraschall-Bad oder durch Rückspülung regeneriert werden. Filterkerzen bestehen häufig aus Borosilikatglas, Edelstahl oder bestimmten Kunststoffen, welche die Prozessmedien als thermisch beständige und chemisch weitgehend inerte Materialien nicht kontaminieren. Die Werkstoffe kommen gesintert und porös oder zu Fasern verarbeitet als Gewebe zum Einsatz. Entscheidend ist die Porengröße. Polyamidmembranen mit Porengrößen zwischen 40 µm und 350 µm vermögen nur größere Partikel zurückzuhalten, gewährleisten dafür aber auch recht hohe Durchflussraten mit 800 l/h bei Raumtemperatur und einem Druckgradienten von 0,2 bar. Dagegen filtern Hochleistungsfilterkerzen aus gesintertem PE mit geringerer Porengröße bereits Teilchen ab einer Größe von 5 µm,



© RCT Reichelt Chemietechnik

[www.rct-online.de](http://www.rct-online.de)