

Der iSBR[®]/iGSR[®]-Prozess – INVENTs moderne Interpretation des Sequencing-Batch-Reactor-Verfahrens

Von Dr. rer. nat. Peter Huber, Marcel Huijboom und Dr.-Ing. Marcus Höfken,
INVENT Umwelt- und Verfahrenstechnik AG, Deutschland



Abbildung 1: Abwasserreinigungsanlage in Israel mit iSBR[®]

Seit Beginn unserer Geschäftstätigkeit in den frühen 1990er Jahren hat sich **INVENT** intensiv mit dem sogenannten Sequencing-Batch-Reactor-Verfahren (SBR) für die biologische Reinigung kommunaler und industrieller Abwässer beschäftigt. Batchverfahren haben die Vorteile, dass das Reaktorverhalten definiert ist, die Randbedingungen konstant bleiben und unvorhergesehene Ereignisse während des Behandlungszyklus ausgeschlossen werden können.

Das **HYPERCLASSIC**[®]-Rühr- und Begasungssystem war von Anfang an der Kern aller von **INVENT** entwickelten und gebauten SBR-Anlagen. Das System ermöglicht sowohl einen effektiven Rührbetrieb ohne Belüftung als auch eine effiziente Belüftung und Durchmischung der Biomasse. Damit ist es die ideale Basis für SBR und alle zyklischen oder intermittierenden Verfahren.

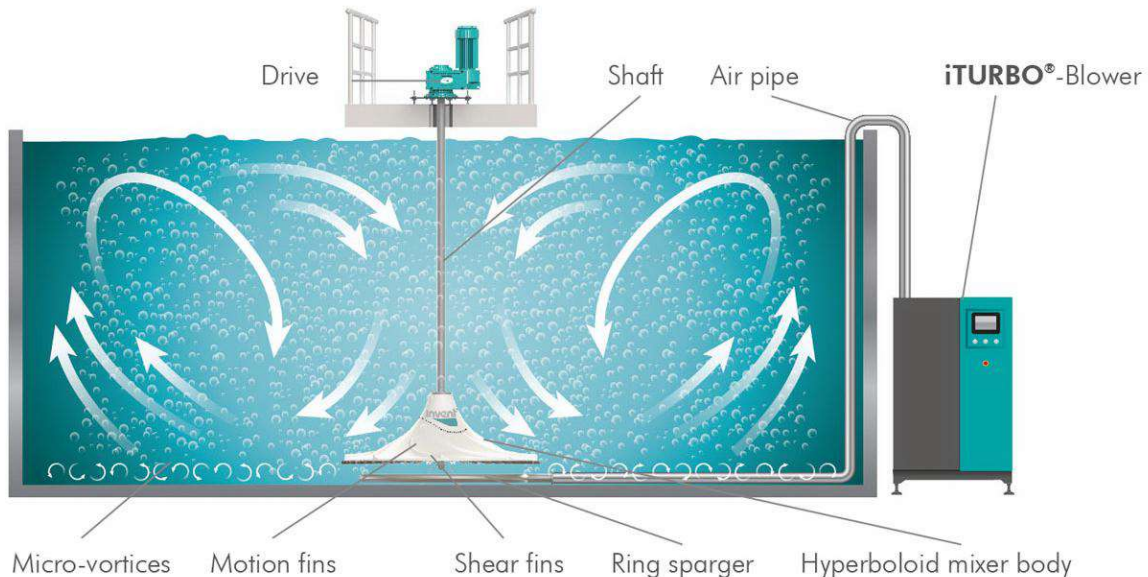


Abbildung 2: Schematische Darstellung des **HYPERCLASSIC**[®]-Rühr- und Begasungssystems

INVENTs Kernkompetenz war immer das umfassende Verständnis strömungsmechanischer und verfahrenstechnischer Zusammenhänge und die Nutzung dieses Verständnisses für die Entwicklung herausragender Produkte und Prozesse für die Wasser- und Abwasserindustrie.

Der Fokus unserer Tätigkeiten liegt auf den folgenden Einheitsprozessen:

- Rühren und Mischen
- Stofftransport
- Fest/Flüssigtrennung

In diesen Bereichen können eine exzellente strömungsmechanische Auslegung und Design einen großen Unterschied machen und somit die Prozesseffizienz erhöhen sowie Energie einsparen. So wurden im Laufe der Zeit ganze Produktfamilien fortschrittlicher Rührsysteme, hocheffizienter Begasungssysteme, leistungsstarker Dekanter und innovativer Filter entwickelt.

Eine weitere Kernkompetenz ist **INVENTs** verfahrenstechnisches Verständnis sowie das Wissen und die Erfahrung unsere Produkte optimal in die Prozesse der Anlagen zu integrieren. Dies führte unausweichlich zu einem umfassenden Verständnis der speziellen Anforderungen von SBRs und zu einer spezifischen Produktfamilie für dieses besondere Abwasserreinigungsverfahren.

Dazu gehören:

- Zuflussverteilungssystem
- **HYPERCLASSIC**®-Rühr- und Begasungssystem
- **idec**®-SBR Dekantiersystem
- iSBR®-Überschussschlammabzugssystem
- **itURBO**®-Highspeed-Turbogebälde
- **ifILT**®-Rautenfilter
- SBR® -Mess-, Steuer- und Regelsystem

Jedes dieser Produkte kann an die individuelle Anlage und Anwendung angepasst und entsprechend dimensioniert werden, damit es genau den Anforderungen und Spezifikationen des Kunden entspricht. Möchte der Kunde von unserer Erfahrung profitieren und sich unsere Expertise zunutze machen, kann er zusätzlich zu unseren Hardware-Paketen ein Design- und Engineering-Paket in Auftrag geben. Dieses integrierte Hard- und Software-Paket können wir mit Montageüberwachung, Inbetriebsetzung der Anlage und Schulung des Personals zu einem vollständigen SBR-Paket ergänzen. Wir nennen das im Falle einer konventionellen Prozessauslegung **iSBR**® und bei einem Granularschlammverfahren **iGSR**®. Diese Komplettsysteme können in allen gängigen Abwasserreinigungsanwendungen eingesetzt werden, beispielsweise für

- die kommunale Abwasserreinigung
- die industrielle Abwasserreinigung
- Deammonifikation oder
- das Granularschlammverfahren

Die vier wesentlichen Bereiche, in denen wir Verbesserungen gegenüber den herkömmlichen Systemen am Markt erzielt haben, sind

- die maschinentechnischen Komponenten,
- das Reaktordesign,
- die Prozessauslegung und
- die strömungsmechanische Auslegung.

Reaktordesign

Das **iSBR®/iGSR®**-Reaktordesign basiert auf mehreren, hintereinander geschalteten komplett durchmischter Zonen in einem Reaktormodul, die in Reihe positioniert werden. Dieses Design, das nur dank der besonderen Eigenschaften des **HYPERCLASSIC®**-Rühr- und Begasungssystems möglich ist, erlaubt die Realisierung eines erweiterten SBR-Prozesses mit

1. kaskadiertem (cascaded) Reaktordesign,
2. Dauerbetrieb (continuous) und
3. zyklischem (cyclic) Betrieb.

Wir nennen das den **iC³**-Prozess.

Kaskadiertes Reaktordesign

Jedes **HYPERCLASSIC®**-Rühr- und Begasungssystem erzeugt 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 gearbeitet werden kann. Beispielsweise können die ersten Zonen als Selektor fungieren, während in der letzten Zone dekantiert wird.

Die einzelnen Schritte des **iSBR®/iGSR®**-Prozesses

Unterschieden werden fünf verschiedenen Prozessphasen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in vier oder mehr verschiedenen räumlichen Zonen (Zonen 1–4) stattfinden. Diese Zonen werden definiert durch die vier räumlichen Zonen gleicher Größe, in die wir jeden SBR-Tank unterteilen können.

Prozessauslegung

Der kontinuierliche Zufluss und die Aufteilung des Reaktors in verschiedene Zonen erlauben eine verbesserte Prozessauslegung, die in diesem Abschnitt erläutert wird.

In Abbildung 3 werden die fünf grundlegenden Phasen des **iSBR®/iGSR®**-Prozesses schematisch dargestellt. Nach Phase 5 beginnt der Zyklus erneut mit Phase 1. Was in den einzelnen Phasen geschieht, wird im Folgenden erläutert.

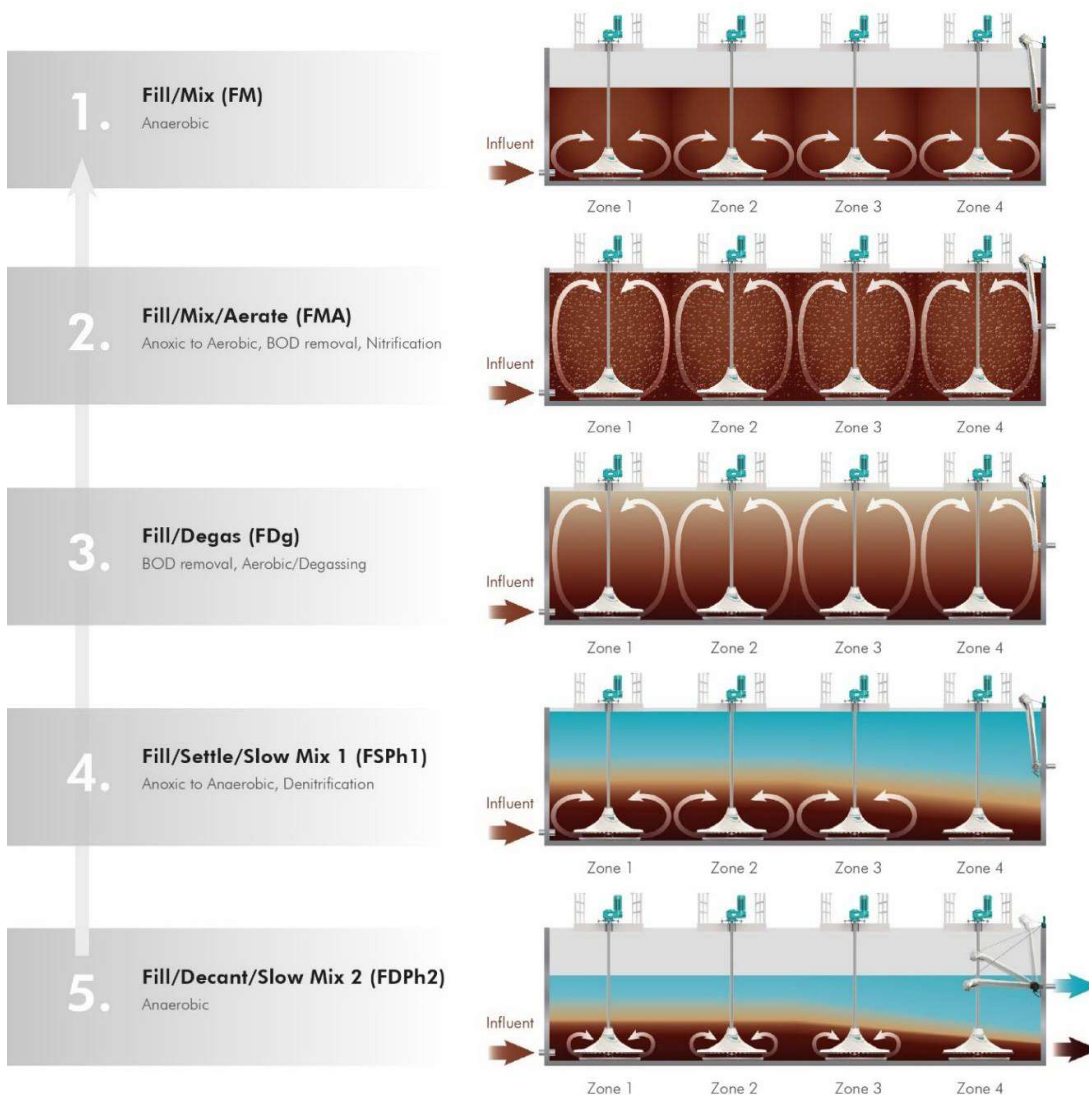


Abbildung 3: Die fünf Hauptzyklusphasen des **iSBR[®]/iGSR[®]**-Prozesses

1 Befüllen/Rühren (FM)

In dieser Phase arbeitet das **HYPERCLASSIC[®]**-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 anoxische 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.

2 Befüllen/Rühren/Belüften (FMA)

Während des Belüftungszyklus wird die Befüllung fortgesetzt und das **HYPERCLASSIC**®-Rühr- und Begasungssystem 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 α -Werte sowie eine hohe Sauerstoffzufuhr aufrechtzuerhalten und die notwendige Scherkräfte auf die granulare Biomasse auszuüben.

Das **HYPERCLASSIC**®-Rühr- und Begasungssystem ist eine bewährte Technologie für die Belüftung in Bioreaktoren mit granularem Schlamm. 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 des **iSBR**® bedingten hohen Sauerstoffbedarfs bleibt Zone 1 während dieser Phase überwiegend anoxisch.

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 **HYPERCLASSIC**®-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.

4 Befüllen/Absetzen/Langsames Rühren 1 (FSPH1)

Aufgrund der anoxischen Bedingungen während der Absetzphase finden in den ersten Zonen des **iSBR**® Denitrifikationsprozesse statt und das **HYPERCLASSIC**®-Rühr- und Begasungssystem verrührt am Zulauf des **iSBR**®/**iGSR**® 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 bCOD^1 in rbCOD^2 in der Zulaufzone (Zone 1) des **iSBR**®/**iGSR**® 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 Granularschlammes.

5 Befüllen/Dekantieren/Langsame Rühren 2 (FDPh2)

Im letzten Schritt des **iSBR®/iGSR®**-Prozesses werden die Zufuhr von Abwasser in die Schlammdecke und der langsame Betrieb des **HYPERCLASSIC®**-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 **iSBR®/iGSR®** entzogen wurde, hebt sich der Dekanter in seine Ruheposition über der Wasseroberfläche und der Zyklus beginnt von vorne.

¹ bCSB: biologisch abbaubarer chemischer Sauerstoffbedarf

² rbCSB: biologisch leicht abbaubarer chemischer Sauerstoffbedarf

Vorteile von **iSBR®/iGSR®**

Betrieb mit kontinuierlichem Durchfluss

Der **INVENT iSBR®/iGSR®**-Prozess verbindet auf einzigartige Weise die Vorteile eines chargenweisen Betriebs mit einem herkömmlichen kontinuierlichen Durchfluss in der gesamten Anlage. Diese Errungenschaft macht große Ausgleichsbecken vor den Bioreaktoren überflüssig und trägt zu einer Verringerung des Platzbedarfs der Anlage bei.

Modulares Design

Unsere **INVENT iSBR®/iGSR®** -Anlagen basieren auf einem modularen Design. Die einzelnen Module bestehen aus einem Einzel- oder Doppelstrang von **HYPERCLASSIC®**-Rühr- und Begasungssystemen 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. Wir bevorzugen Anlagendesigns mit mehreren individuellen Modulen, da dies eine höhere Flexibilität und Betriebssicherheit bietet.

Einzigartiges Ausrüstungspaket

Das einzigartige Ausrüstungspaket von **INVENT**, das im **iSBR®/iGSR®**-Prozess zum Einsatz kommt, unterscheidet uns von allen anderen am Markt erhältlichen Ansätzen. Die Strömungsbedingungen, die wir mit dem **INVENT HYPERCLASSIC®**-Rühr- und Begasungssystem herstellen können, sind einmalig und machen diesen Prozess erst möglich. Der Effekt der virtuellen Wand gewährleistet das gewünschte Reaktorverhalten. Die vielfältigen Rührbedingungen ermöglichen die sichere Zunahme des Granularschlammes. Die hohe Belüftungsleistung und kurze Reaktionszeiten fördern eine zuverlässige Prozessregelung. Und das **HYPERCLASSIC®**-Rühr- und Begasungssystem liefert eine deutlich höhere Leistung unter Prozessbedingungen (α -Wert) als Membranbelüftungssysteme, die nach wie vor häufig eingesetzt werden. Vor allem aber altert es nicht und büßt im Laufe der Zeit nicht an Belüftungsleistung ein.

Unser **iDEC®**-SBR Dekantiersystem ermöglicht kurze Dekantierzeiten. Unser hocheffizientes **iTURBO®** Highspeed-Turbogebläse sorgt für eine weitere Verringerung des Energieverbrauchs und unser **iFILT®**-Rautenfilter kann den Schwebstoffgehalt im Ablauf weiter verringern, wenn das lokal erforderlich ist oder das Wasser z. B. zur Bewässerung wiederverwendet werden soll. Aber der Star ist das Team. Da wir alle diese Produkte selbst entwickelt haben, konnten wir sie alle für den Zweck und für den Einsatz in **INVENT SBR®**s und **GSR®**s auslegen. Sie arbeiten optimal zusammen und liefern bei jeder **INVENT** Anlage eine maximale Leistung.

Reaktordesign

Das **iSBR®/iGSR®**-Design ist für diesen speziellen Prozess und die verwendete Ausrüstung optimiert. Es ermöglicht maximalen Stofftransport und optimales Reaktorverhalten, hat einen geringen Platzbedarf und eine hohe Betriebssicherheit und Leistung. Bei der Auslegung der Reaktoren einer **iSBR®/iGSR®**-Anlage nutzen wir die modernsten strömungsmechanischen Simulationsinstrumente sowie dynamische Simulationsmodelle für die Optimierung der Gesamtprozessleistung und der spezifischen Belastungszustände.

Prozessauslegung

Der einzigartige **iSBR®/iGSR®**-Prozess ermöglicht die aerobe Erzeugung von Granularschlamm bei kontinuierlichem Durchfluss. Dies gelingt nur mithilfe unabhängiger, nacheinander geschalteter Rührzonen, wie wir sie mit dem **HYPERCLASSIC®**-Rühr- und Begasungssystem und den zyklischen Prozessbedingungen erzeugen können.