

---

# Funktionsmerkmale der S::Select<sup>®</sup>-Technologie

---

## 1. Einführung

Die S::Select<sup>®</sup>-Technologie ist ein patentiertes Verfahren, um bei der weitergehenden biologischen Abwasserreinigung die üblichen Belebtschlammverfahren durch den Aufbau eines aerob granularen Schlammsystems deutlich zu verbessern. Wo heute vielfach noch Grundlagenforschung betrieben wird und nur wenige, im Anwendungsspektrum eingeschränkte Verfahren auf dem Markt erste Schritte gehen, bietet die bereits gut etablierte S::Select<sup>®</sup>-Technologie charakteristische, eigene Vorteile.

Das S::Select<sup>®</sup>-Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass:

- die Granulen in einer Startphase aktiv aufgebaut werden.
- gezielt Biofilm-Granulen erzeugt und erhalten werden
- biologisch hoch aktive Granulen mit bis zu doppelter Umsatzrate aufgebaut werden
- speziell die Nitrifikanten auf den Granulen angereichert werden
- keine Bio-P Bedingungen vorliegen müssen
- der Granulenschlamm sich sehr schnell in der Nachklärung absetzt
- in der Nachklärung ein sehr stabiler, kompakter Schlammfilter entsteht
- in SBR-Anlagen die Absetzphasen deutlich kürzer werden
- das Verfahren sowohl auf kontinuierlich betriebenen Anlagen wie auch SBR-Anlagen verwendet werden kann
- meist nur geringe bauliche Arbeiten nötig sind
- die Anlagentechnik solide ausgeführt und sehr wartungsarm ist
- das Verfahren und die Steuerung transparent und vom Betreiber direkt steuerbar sind, und
- mittlerweile auf mehr als 20 Kläranlagen unterschiedlicher Verfahrensführung weltweit der Erfolg der S::Select<sup>®</sup>-Technologie täglich unter Beweis gestellt wird.

Die Summe dieser spezifischen Vorteile macht die S::Select<sup>®</sup>-Technologie zur perfekten Lösung, wenn:

- der Frachtzulauf ohne bauliche Maßnahmen vergrößert werden soll
- besonders strenge Vorschriften für Gesamtstickstoff im Ablauf eingehalten werden müssen
- in der Nachklärung Schlammabtrieb droht, z. B. bei Starkregen
- die Nachklärung zu klein ist, z. B. bei schlecht absetzendem Schlamm

Diese Vorteile und Charakteristika lassen sich letztlich auf drei Eigenschaften zurückführen. Zum einen ist S::Select® nahezu unabhängig von vielen Randbedingungen auf der Kläranlage. Die biologischen Vorteile ergeben sich, weil in den kompakten Biofilmgranulen aktive Biomasse mit unterschiedlichsten Bakterien die Abbauprozesse mit kurzen Transportwegen ermöglicht. Und die Vorteile durch besseres Absetzen ergeben sich aus der höheren spezifischen Dichte, welche die Biomasse in den Biofilmgranulen gegenüber frei suspendierten Flocken hat.

Ein detaillierter Blick auf die einzelnen Verfahrensschritte und die entsprechenden betrieblichen Ergebnisse sowie begleitende Untersuchungen in Fachlaboren und Hochschulen oder Universitäten erklären und beweisen, wie und warum sich mit dem S::Select®-Verfahren diese positiven Effekte und erfolgreichen Änderungen auf jeder Kläranlage erreichen lassen.

## **2. Gezielter, aktiver Aufbau der Biofilmgranulen im S::Select®-Verfahren**

### **2.1 Startphase: Granulenzwachstum initiieren**

Wenn eine Kläranlage auf das S::Select®-Verfahren umgestellt wird, beginnt dies mit einer aktiven Phase der Erzeugung dieser Biofilmgranulen. Diese werden dann im weiteren Verlauf im System gehalten und bilden ein sich selbst erhaltendes System.

Dies ist charakteristisch gegenüber anderen Verfahren. Solche sind entweder darauf angewiesen, dass Granulen an anderer Stelle der Kläranlage gebildet werden können, oder dass aus der Masse der suspendierten Flocken die zufällig größeren oder kompakteren „aussortiert“ werden können. Die Bedingungen für diese „Bildungsmechanismen“ können aber im Laufe des Jahres schwanken und so die Stabilität des entsprechenden Granulensystems schwächen.

Das S::Select®-Verfahren nutzt ganz gezielt die allgemeine Eigenschaft von Bakterien, sich in Biofilmen zu organisieren. Man kennt dies z. B. von Oberflächen in Belebungsbecken oder Kanälen. Der Effekt, dass auch durch Hinzufügen geeigneter Starthilfen ein entsprechender Biofilm in Form von Biofilmgranulen erzeugt werden kann, wurde von EssDe GmbH bei Versuchen beobachtet. Es sollte durch Zugabe von Planctomyceten-Granulen aus einer Deammonifikation in das Belebungsbecken der Effekt auf Nitrifikation und Denitrifikation beobachtet werden. Obwohl sich die Planctomyceten nicht dauerhaft in der Belebung halten konnten, wurde doch die Nitrifikation/Denitrifikation verbessert. Es zeigte sich, dass die Dosierung der Planctomyceten-Granulen die Bildung von Biofilmgranulen initiiert hatte, welche dauerhaft im System gehalten werden konnten und die Verbesserung bewirkten.

Heute werden sogenannte MIMICS® dosiert, um diesen Effekt zu erzielen. Nach ca. drei Monaten stellte sich dann ein stabiles Schlammsystem ein, welches etwa zur Hälfte Biofilmgranulen enthält und weiterhin auch einen Anteil von freisuspendiertem Schlamm.

Die Entwicklung der Granulen ist in nachstehender Bildfolge sehr gut zu beobachten, die auf der Kläranlage Viby vom Betreiber Aarhus Vand in der Startphase aufgenommen wurde:

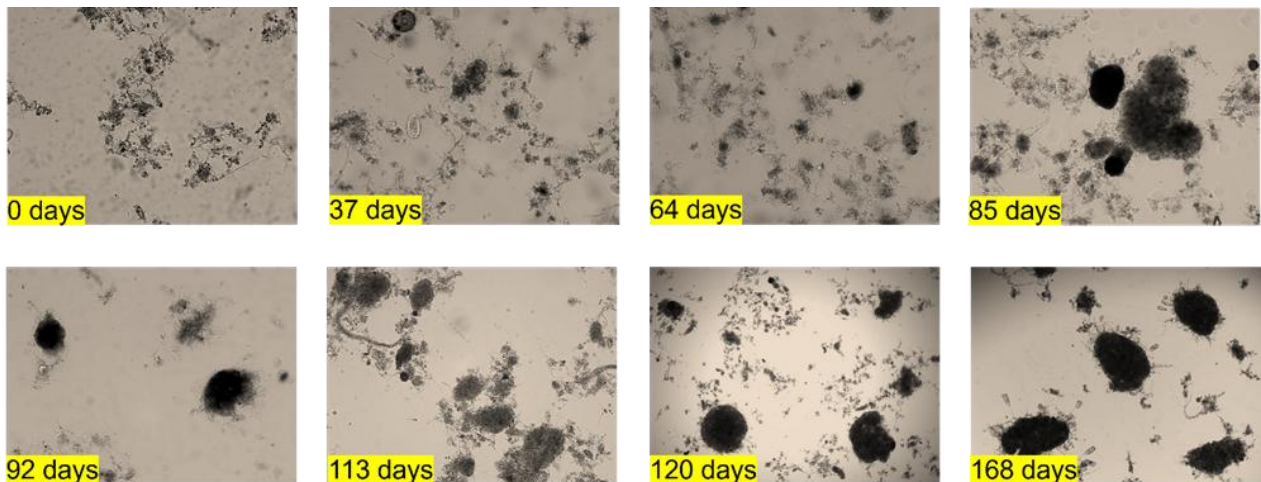


Bild: Entwicklung der Biofilmgranulen in der Startphase, beobachtet von Aarhus Vand, Kläranlage Viby/DK

## 2.2 Dauerhaft: Granulen im System halten

Die Biofilmgranulen müssen allerdings auch im System der Belebung gehalten werden. Ein Aus-  
trag über die Nachklärung erfolgt dabei nicht, weil sich die Biofilmgranulen sehr schnell und gut  
absetzen.

Es muss daher erreicht werden,  
dass auch mit dem Überschuss-  
schlamm keine Biofilmgranulen  
ausgetragen werden. Dazu setzt  
die EssDe GmbH im patentierten  
S::Select®-Verfahren Hydrozyklone  
ein. Dabei wird der leichte, frei-  
suspendierte Schlamm als Über-  
schussschlamm ausgetragen, wäh-  
rend die schwerere Fraktion mit  
den Biofilmgranulen separiert  
wird und in die Belebung zurück-  
geführt wird.

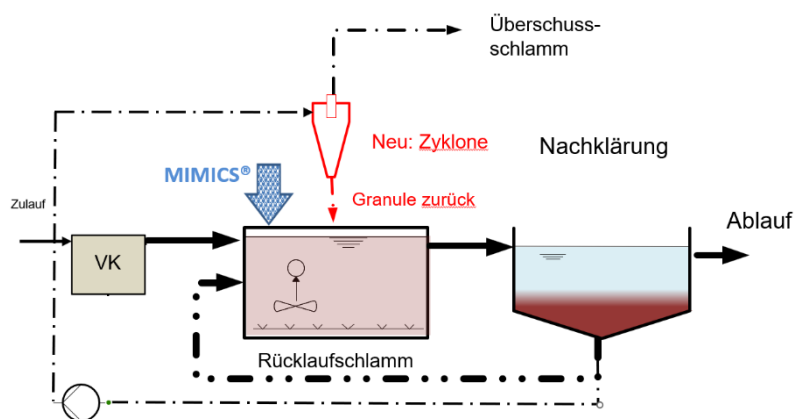


Bild: Schema S::Select®-Verfahren mit Dosieren der  
MIMICS in der Startphase

Vorteile durch Verwendung der Hydrozyklone sind zum einen auch der Rückhalt kleiner Biofilm-  
granulen, da auch diese die höhere Dichte haben. Darüber hinaus werden die Granulen bei der  
Passage durch die Hydrozyklone mechanisch belastet. Dies reinigt einerseits die Oberfläche und  
sorgt so für immer gute Bedingungen für den Stoffaustausch zwischen Wasserphase und den  
Bakterien in der Biofilmgranule. Ab einer bestimmten Größe werden die Biofilmgranulen dann  
aber auch gebrochen, wodurch Wachstumskeime für die nächste Generation Biofilmgranulen  
entstehen. Dies erklärt warum nur in der Startphase die MIMICS® dosiert werden müssen.

### 3. Gesteigerte Umsatzrate in den Biofilmgranulen

In den Biofilmgranulen sind die Bakterien in enger räumlicher Nähe stark vergesellschaftet. Das stellt bei den Abbauprozessen im Abwasser einen deutlichen Vorteil dar. Für den mehrstufigen Prozess des Abbaus von Schadstoffen und beispielsweise Stickstoff sind also alle beteiligten Bakterien nahe beieinander und es gibt kaum nennenswerte Transportwege für Ausgangsstoffe und Zwischenprodukte.

Diese eher bildliche Vorstellung der optimierten Stofftransporte und Abbauprozesse wird aber auch durch exakte Labormessungen bestätigt. Die Einführung der S::Select®-Technologie auf der ARA Glarnerland konnte intensiv messtechnisch begleitet werden.

Sie bot den zusätzlichen Vorteil, dass die mehrstrahlige Anlage anfangs nicht gleich komplett auf S::Select® umgestellt wurde, und somit ein perfekter Vergleich der neuen S::Select®-Technologie gegenüber dem klassischen Belebungsverfahren mit dem selben Abwasser möglich war.



Im Labor wurden detaillierte Messung zur Umsatzrate der Nitrifikation und der Denitrifikation durchgeführt. Unter diesen Bedingungen wurde ermittelt, dass das S::Select®-Schlammsystem fast doppelte Umsatzraten erzielen konnte, wobei sich diese Angabe auf die aktive vorhandene Biomasse bezieht.

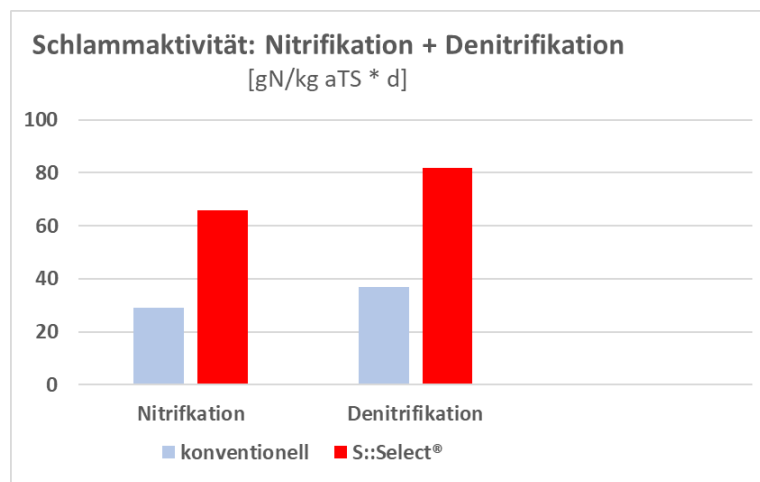


Bild: Höhere Schlammaktivität S::Select® gegenüber konventionell

Es ist damit gezeigt worden, dass mit der gleichen Menge an Schlamm in der Belebung im gleichen Volumen ein deutlich höherer Umsatz erreicht werden kann, wenn es ein S::Select®-Schlamm mit Biofilmgranulen ist. So ist z. B. eine Erweiterung der Zulauffracht ohne bauliche Maßnahmen möglich.

## 4. Anreicherung von Nitrifikanten auf Biofilmgranulen

Eine Erklärung für die gesteigerte Nitrifikations- und Denitrifikationsleistung liefern weitere Untersuchungen, die sich speziell auf die Anwesenheit von Nitrifikanten beziehen.

Es ist auf Kläranlagen nicht unüblich, mit Blick auf die Nitrifikanten einen hohen  $TS_B$ , also eine hohe Schlammkonzentration in der Belebung, und ein hohes Schlammalter einzustellen. Hintergrund ist das relativ langsame Wachstum der Nitrifikanten, die so in möglichst großer Menge vorhanden sein sollen, um auch bei Stoßbelastungen ausreichende Reinigungsleistung zu erzielen.

Im S::Select®-Verfahren werden die Granulen durch die Selection im Hydrozyklon immer aus dem ÜSS abgetrennt und in die Belebung zurückgeführt. Die übliche Ermittlung des Schlammalters über die Menge TS in der Belebung gegenüber der abgezogenen Tagesmenge TS im ÜSS gilt somit für die Granulen nicht. Vielmehr erlangen sie durch die stete Rückführung ein extrem hohes Schlammalter. Die genannte Rechnung muss für die Granulen gesondert gemacht werden. Bei 1 bis 2 Prozent Verlust der Granulen mit dem ÜSS ergibt sich dann ein Schlammalter von 50 bis 100 Tagen.

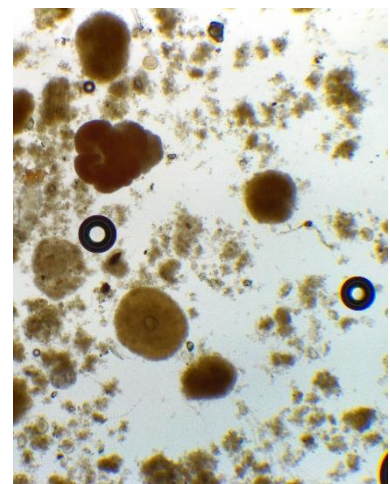
Dieses hohe Schlammalter bietet deutliche Vorteile für langsamer wachsende Bakterien wie die Nitrifikanten. Sie können sich auf den Granulen ansiedeln und damit unabhängig vom „üblichen“ Schlammalter in ausreichender Menge im Schlamm vorhanden sein. Sofern die Schlammkonzentration in der Belebung maßgeblich bestimmt ist über die gewünschte Menge Nitrifikanten, kann im S::Select®-Verfahren also mit weniger Schlamm in der Belebung gearbeitet werden.

### 4.1 Nachweis der angereicherten Nitrifikanten auf Biofilmgranulen mit qPCR

Mit modernen biochemischen und genanalytischen Verfahren können sehr spezifische Analysen über die Art und die Anzahl von Bakterien im Abwasser gemacht werden.

Die Kläranlage Bickenbach arbeitet seit 2015 mit dem S::Select®-Verfahren. Im Oktober 2025 wurden Schlammanalysen nach dem qPCR-Verfahren durchgeführt. Dabei werden gezielt bestimmte Bakterien oder Bakterienarten markiert und nach Anzahl und Aktivität bestimmt. In der Bewertung der Analysen der Nitrifikanten schreibt das Labor (DyeNA, Schweinfurt):

*„Der Anteil lebender Zellen ist bei den AOB und NOB als sehr gut zu bewerten, was auf eine **hohe Aktivität der Nitrifikanten** sowie auf aktuell günstige Lebensbedingungen schließen lässt. Entsprechend ist auch **die Ammonium- und Nitritoxidationskapazität als sehr gut einzustufen**, was sich in den vorliegenden Ablaufwerten bestätigt.“*  
(Hervorhebungen durch EssDe GmbH)



Auch für die Denitrifikanten stellt diese Untersuchung fest: „Der prozentuale Anteil lebender Zellen ist insgesamt als relativ gut einzustufen, ...“, und schließt für diese Bakteriengruppe ab mit dem Fazit, die Anlage sei insgesamt: „... als funktionell ausgeglichen und mit **guten Rahmenbedingungen für die Denitrifikation zu bewerten.**“

## 4.2 Nachweis der Nitrifikanten auf Biofilmgranulen mit Gen-Sonden-Analyse

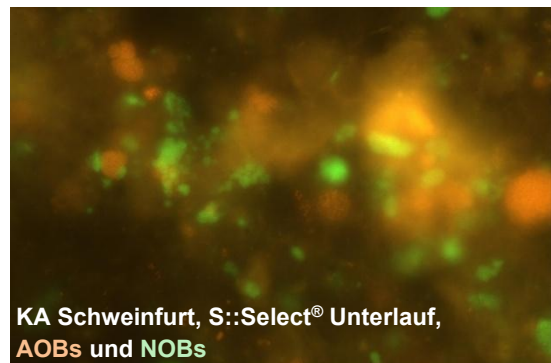
Die Kläranlage Schweinfurt hat das S::Select<sup>®</sup>-Verfahren seit 2019 installiert. Neben stabil guten Anlaufwerten sticht hier auch der Effekt der besonders guten Absetzbarkeit deutlich heraus.

Bei Untersuchungen mit der VIT-Gensondentechnologie (Vermicon, Halbergmoos) konnten einige der besonderen Eigenschaften des S::Select<sup>®</sup>-Verfahrens mit beeindruckenden Zahlen und Bildern belegt werden.

Die Anreicherung der Nitrifikanten im Unterlauf, also der in die Belebung zurückgeführten Fraktion, wird mit nebenstehenden Bildern anschaulich deutlich. Dabei sind AOB und NOB in unterschiedlichen Farben markiert.

Für die Unterlaufprobe hält der Bericht fest, dass die Probe hohe prozentuale Anteile an AOB und NOB enthielt, wobei ihre Signalstärke auch eine hohe Aktivität anzeigt. Eine enge räumliche Vergesellschaftung beider Populationen konnte beobachtet werden.

Einstufung: AOBs und NOBs: sehr hohe Aktivität und sehr hoher Grad an Vergesellschaftung.



Für die Oberlaufprobe ist deutlich erkennbar, dass eine wesentlich geringere Aktivität und Vergesellschaftung der Nitrifikanten vorliegt. Diese Fraktion wird als ÜSS aus dem System entnommen. Sie enthält den feinen, suspendierten Schlamm.

Es ist daher belegt, dass sich die Nitrifikanten auf den Granulen anreichern, die mit dem Unterlauf in die Belebung zurückgeführt werden.



### 4.3 Nitrifikantenanteil:

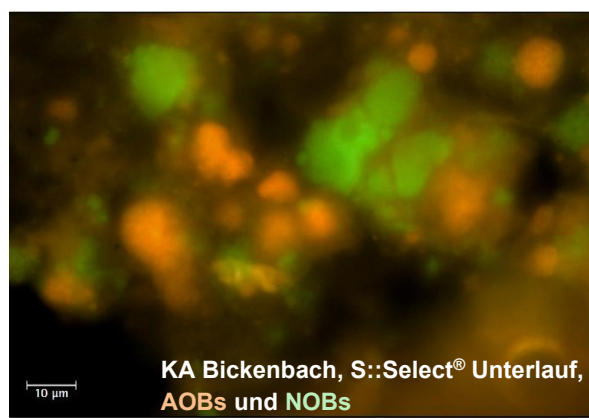
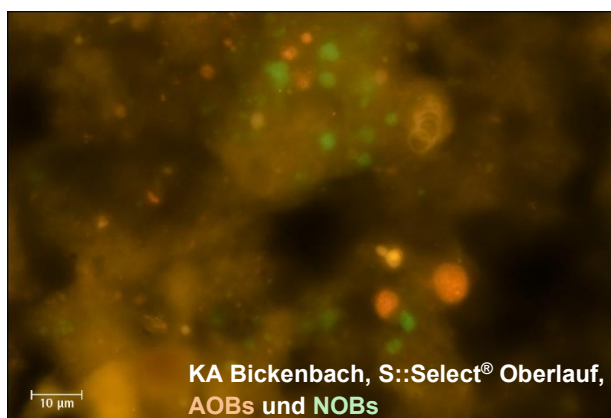
#### Vergleich mehrerer Biofilmgranulen und einer Bio-P-Granule

Ebenfalls mit der VIT-Gensondenanalyse wurden vergleichende Messungen vorgenommen. Dabei konnten vier Kläranlagen mit S::Select®-Verfahren und eine Kläranlage mit Bio-P-Granulen einge-zogen werden. Zu den S::Select®-Anlagen lagen Proben von Oberlauf und Unterlauf vor, zu der Bio-P-Anlage stand nur die Unterlauf-Probe zur Verfügung.

Der Vergleich der S::Select®-Anlagen zeigt zuerst einmal, dass die Werte der unter-schiedlichen Anlagen unter-einander recht gut korres-pondieren. Es zeigt ferner klar, dass die Nitrifikanten

VIT-Gensondenanalyse	Oberlauf		Unterlauf	
	AOB Anteil	NOB Anteil	AOB Anteil	NOB Anteil
Kläranlage				
Morgental, S::Select®	4,8%	5,1%	8,0%	12,1%
Wiggertal, S::Select®	4,9%	7,5%	8,8%	17,1%
Schweinfurt, S::Select®	5,0%	5,3%	7,1%	15,0%
Bickenbach, S::Select®	5,2%	5,8%	10,4%	15,7%
Bio-P-Granulen	-	-	2,8%	2,5%

im Unterlauf angereichert sind. Die Anreicherungsfaktoren liegen im Bereich von 1,4 bis 2,0 für die AOBs und im Bereich von 2,3 bis 2,8 für die NOBs.



Der deutlich geringere Anteil von Nitrifikanten bei den Bio-P-Granulen ist sehr auffällig. Hier muss aber mit weiteren Proben Signifikanz hergestellt werden.

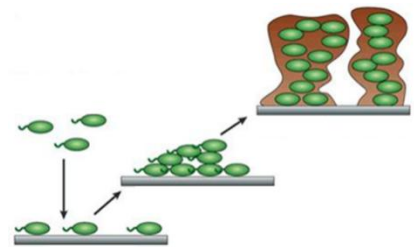
Eine weitere Einzelprobe konnte aus einer LINPOR-Anlage untersucht werden. Hier hätte im Auf-wuchs auf den Träger-Körpern eine ähnliche Anreicherung erwartet werden können, wie sie auf den Granulen gegeben ist. Sowohl die Träger-Körper wie auch die Granulen bleiben lange bis sehr lange im Belebungsbecken. Es konnte aber keine Anreicherung im Aufwuchs gegenüber dem frei suspendierten Schlamm festgestellt werden. Im Gegenteil waren die AOBs sogar deutlich abge-reichert.

Die deutlich höhere Aktivität und der Anreicherungseffekt bei den S::Select®-Biofilmgranulen kön-nen durch die „Pflege“ im Hydrozyklon erklärt werden. Dadurch werden die Granulen nicht zu groß (ca. 150 – 250 µm), und sind im vollen Volumen biologisch aktiv und können dort mit Nähr-stoffen versorgt werden.

## 5. Prozessstabilisierung durch Biofilmbildung

Wie in Kapitel 2.1 bereits beschrieben, nutzt die S::Select®-Technologie das Bestreben von Bakterien, sich zum eigenen Vorteil in großen Populationen zu organisieren: in Biofilmen. Dafür werden die MIMICS® gezielt als Besiedlungsfläche angeboten, um Biofilmgranulen zu erhalten.

Die Vorteile, welche Bakterien in Biofilmen gegenüber unorganisiert lebenden Bakterien haben, sind zahlreich in Fachpublikationen und Lehrbüchern beschrieben. Ebenso die Bildungsmechanismen eines Biofilms, beginnend mit Einzelbesiedlung über Aggregation bis hin zur Bildung der extrazellulären Polymere, die letztendlich viele der Biofilmeigenschaften ermöglichen.



An dieser Stelle seien daher einfach die relevanten Vorteile genannt, welche zu den Vorteilen der Biofilmgranulen gegenüber frei suspendierten Bakterien führen:

- *Kooperation im Metabolismus der mehrstufigen Abbaureaktionen:*  
Der Biofilm hat einen heterogenen Aufbau mit unterschiedlichen Bakterien. So liegen gerade bei den mehrstufigen Abbauprozessen die beteiligten Prozesspartner sehr dicht beieinander. Stoffe können auf kürzesten Wegen ausgetauscht werden. Die Prozesse können schneller ablaufen.
- *Optimierte Versorgung mit Substrat und Sauerstoff:*  
Neben der räumlichen Nähe werden auch faszinierende Phänomene der Selbstorganisation beobachtet. So berichtet das Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme im Forschungsbericht 2012 bereits über das mögliche Auftreten von Kanälen für gezielten Stofftransport. Vorausgesetzt, die Biofilmaggregate sind im gesamten Volumen biologisch aktiv, erklären solche Vorgänge eine besondere Bevorzugung der Bakterien im Biofilm. S::Select®-Granulen sind recht klein (typische Durchmesser: 150 – 250 µm) und damit im gesamten Volumen biologisch aktiv, können also diese Vorteile uneingeschränkt nutzen.
- *Speicherung von Substrat im Polymerfilm:*  
Dies kann in den extrazellulären Polymerschichten geschehen. So können Phasen schlechter Nährstoffversorgung schadlos überstanden werden.
- *Schutz vor stoßartigen Schadstoffbelastungen:*  
In den Biofilmstrukturen sind die Bakterien nicht im direkten Kontakt mit der umgebenden Wasserphase. Sollten kritische Schadstoffe im Wasser auftreten, wirken diese daher nicht sofort störend oder gar toxisch auf die Bakterien. Kurzfristige Schadstoffstöße können die Bakterien im Biofilm oft schadlos überstehen. In jedem Fall sind sie deutlich besser geschützt als frei suspendierte Bakterien.
- *Die Struktur ist mechanisch stabil:*  
Diese Eigenschaft sorgt insbesondere für die Langlebigkeit der Biofilmgranulen. Auch die Passage durch Pumpen und die Hydrozyklone zerstört die Struktur nicht. Vorteilhafterweise werden aber „zu große“ Aggregate aufgebrochen und die entstehenden kleineren Aggregate sind wiederum mechanisch stabil.

Die resultierende Prozessstabilisierung in der Belebung hat z. B. die Kläranlage Bickenbach veranlasst, sich für das S::Select<sup>®</sup>-Verfahren zu entscheiden. Das zufließende Abwasser ist dort maßgeblich durch einen Industrieabwasseranteil beeinflusst. Dadurch liegt häufig schwankende Abwasserqualität vor, mit zum Teil kurzfristig starken Belastungsschüben. Die S::Select<sup>®</sup>-Biofilmgranulen können die kurzfristigen Belastungen deutlich besser ausgleichen und stabil abbauen, als dies zuvor gelang. Mit dem S::Select<sup>®</sup>-Verfahren und der neuen, langfristig stabilen Abbauleistung konnte anschließend sogar eine höhere Kapazität der Kläranlage belegt werden.

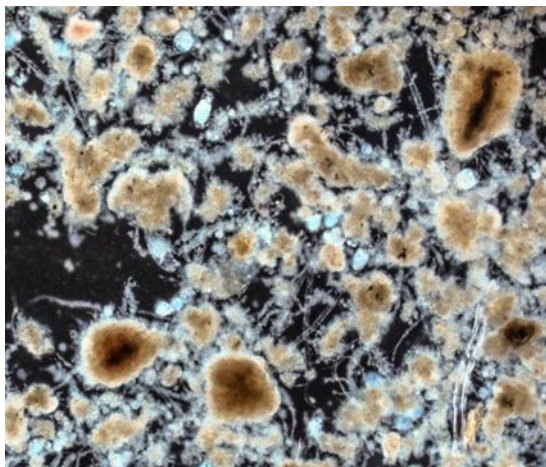
## **6. Granulenbildung ohne Bio-P-Bedingungen**

Die an der Abwasserreinigung beteiligten Bakterien sind für gewöhnlich im Abwasser frei suspendiert und dabei teilweise zu losen Flocken oder flockigen Strukturen aggregiert. Die Bildung von granularen Strukturen ist zuerst bei anaeroben Abwasserreinigungsprozessen beobachtet worden.

Bei aeroben Abwasserreinigungsanlagen wird es nur beobachtet, wenn bestimmte verfahrenstechnische Bedingungen oder Betriebsweisen eingehalten werden. Dazu zählt das aktive Betreiben eines Bio-P-Beckens im Laufe der Kläranlage. Auf solchen Anlagen sind teilweise granuläre Strukturen beobachtet worden. Allerdings erfordert der Betrieb einer Bio-P-Zone eine strikt anaerobe Zone mit klarer Trennung von den aeroben Bereichen. Zusätzlich benötigen die Bakterien ausreichend leicht abbaubares Substrat als Kohlenstoffquelle. Auf vielen Kläranlagen sind diese Bedingungen nicht gegeben oder nicht dauerhaft gegeben.

Von all diesen betrieblichen Bedingungen ist das S::Select<sup>®</sup>-Verfahren gänzlich unabhängig!

Es wird, wie schon beschrieben, die Neigung der Bakterien zur Bildung von Biofilmen genutzt und die dafür nötige Oberfläche mit den MIMICS<sup>®</sup> zur Verfügung gestellt. Die dann gebildeten Biofilmgranulen sind stabil, auch im Winter.



Bilder: Beispiele für S::Select<sup>®</sup>-Biofilmgranulen

## 7. Schnelleres Absetzen der Biofilmgranulen, stabile Nachklärung

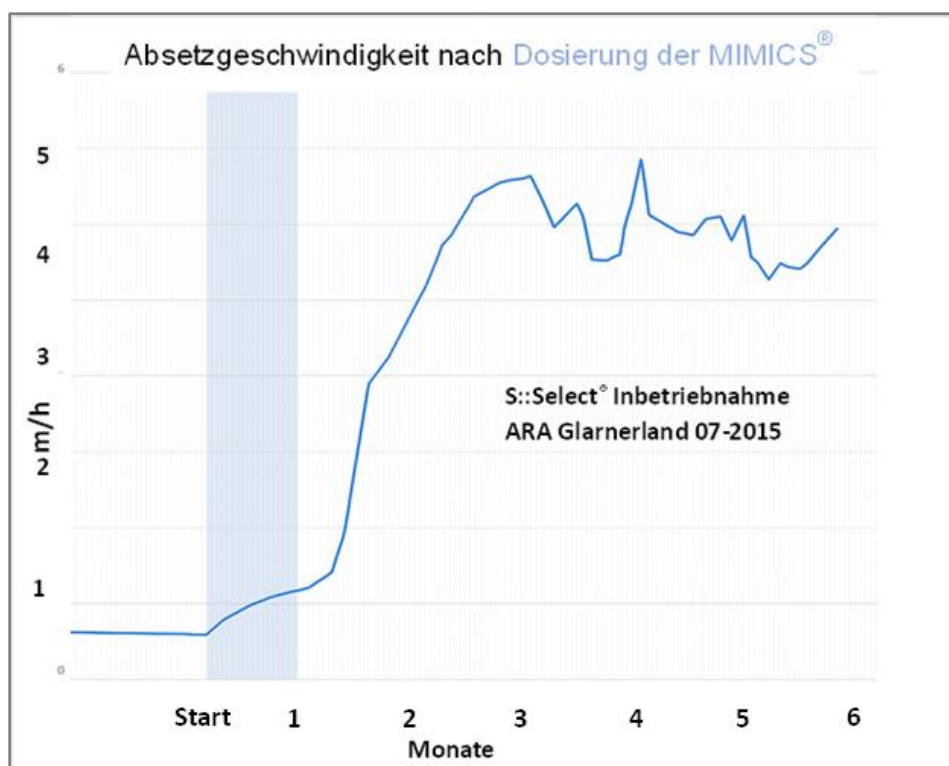
Die Bakterien sind in den Biofilmgranulen sehr kompakt organisiert, besonders im Vergleich zu frei suspendierten Flocken. Diese Biofilmgranulen haben dadurch eine höhere Dichte als der frei suspendierte Schlamm, was ja auch schon in den Hydrozyklonen zur Abtrennung als schwere Fraktion genutzt wird.

In der Nachklärung führt dies zu einem beschleunigten Absetzen des Schlammes und auch zu einer verbesserten Kompaktierung des Bodenschlammes im Nachklärbecken.

Dies äußert sich in verschiedenen Effekten. Zum einen kann die Sink- oder Absetzgeschwindigkeit des Schlammes direkt gemessen werden. Interessant ist dabei der Vergleich der Absetzgeschwindigkeit vor Einführung von S::Select® auf einer Kläranlage mit der Absetzgeschwindigkeit nach Einführung.

Für die Absetzgeschwindigkeit nach der Einführung garantiert EssDe GmbH in der Regel einen Wert von mindestens 3 m/h. Gemessen wird dies mit standardisierten Messzylindern der EssDe GmbH. Vor einer Umstellung auf S::Select® können die Fachleute von EssDe GmbH mit mobilen Messzylindern eine Messung vornehmen. Für weitere Messungen nach Installation wird mit jeder S::Select®-Anlage ein Messzylinder geliefert.

Mit dem Messzylinder kann auch die Entwicklung bzw. Steigerung der Absetzgeschwindigkeit nach Beginn des S::Select®-Verfahrens verfolgt und im weiteren Verlauf immer wieder kontrolliert werden.

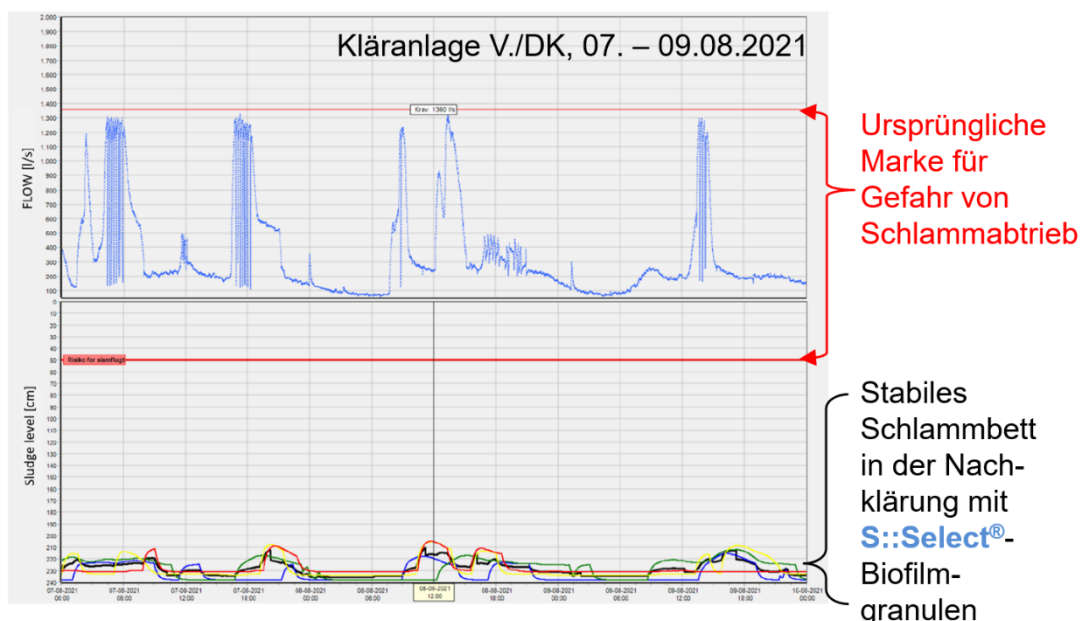


Das schnelle und gute Absinken des S::Select®-Schlammes führt auch zu einem verdichteten Schlammbett am Boden der Nachklärung. Messtechnisch kann dies als verbesserter Schlammindex ISV ermittelt werden.

Besonders positive Auswirkungen hat das dichtere und stabilere Schlammbett aber besonders bei steigender hydraulischer Belastung, wie sie beispielsweise bei Starkregenereignissen auftreten kann. Mehrere Kläranlagen mit Zufluss aus Mischkanalisation haben schon deutliche Verbesserungen bei solchen Belastungsstößen erzielt und können heute sehr viel entspannter bleiben bei Starkregenereignissen.

Ein sehr eindrucksvolles Beispiel ist die Kläranlage Viby (120.000 EW), wo besonders im Frühjahr bei den typischen starken Regenfällen in der Nachklärung ein Schlammabtrieb drohte. Das heißt, der Schlamm Spiegel in der Nachklärung stieg soweit an, dass nur noch 0,5 m Klarwasserzone gegeben war (in der folgenden Grafik untere Darstellung: 0,5 m rote Linie). Dieser kritische Zustand wurde erreicht, wenn der Zulauf zur Kläranlage einen bestimmten Wert überstieg (in der folgenden Grafik obere Darstellung: rote Linie ist die kritische Zulaufmenge).

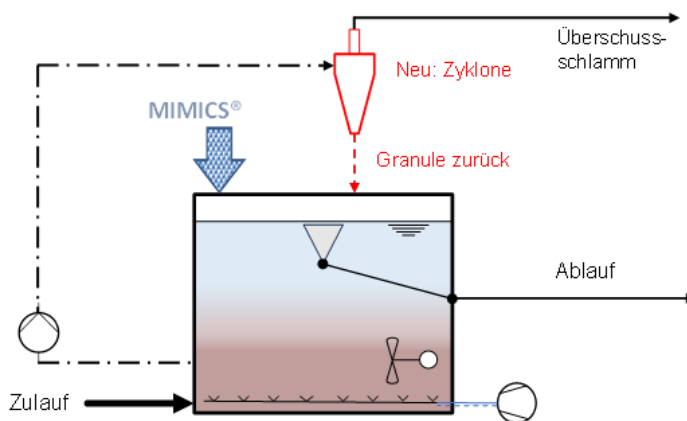
Die dargestellten Kurven wurden ca. 2 Jahre nach Einführung des S::Select®-Verfahrens aufgezeichnet. Man erkennt, dass es im dargestellten Zeitraum 5 mal einen derart hohen Zufluss zur Kläranlage gab, bei dem die alte kritische Marke fast erreicht war. Der S::Select®-Schlamm in der Nachklärung war aber so stabil, dass die Höhe des Schlammbettes nur sehr wenig reagiert hat. Die geringfügigen Erhöhungen waren immer weit von der kritischen Marke entfernt. Seit Einführung der S::Select®-Technologie gab es auf dieser Kläranlage keine kritischen Situationen bezüglich Schlammabtrieb mehr.



## 8. Einsatz auf SBR-Anlagen

Viele der Beschreibungen in diesem Dokument weisen auf Charakteristika einer klassischen Durchlaufanlage mit Vorklärung, Belebung und Nachklärung. Es ist aber auch genauso gut möglich, das S::Select®-Verfahren für Kläranlagen nach dem SBR-Verfahren einzusetzen. Dies wurde so auch schon realisiert.

Auch bei SBR-Anlagen wird der Selector mit den Hydrozyklonen in den ÜSS-Abzug eingefügt. Auch dort werden die Biofilmgranulen aus dem ÜSS selektiert und in den SBR-Tank zurückgeführt, während der ÜSS nahezu frei von Granulen ist und der vorhandenen ÜSS-Behandlung unterliegt. Zum Abzug des Klarwassers kann die vorhandene Abzugseinrichtung weiter genutzt werden.



S::Select®-Verfahren im SBR, hier zum Ende oder nach Absetzphase, ÜSS-Abzug möglich

Der gesteigerte Umsatzrate für Nitrifikation und Denitrifikation (s. o.) wirkt sich auch im SBR positiv aus und ermöglicht entsprechend kürzere Zyklen. Die Schutzeigenschaften des Biofilms wirken auch hier und können instabile Abbauprozesse (z. B. bei stark variierenden Zuflüssen) deutlich stabilisieren. Durch das schnellere und insgesamt verbesserte Absinken des S::Select®-Schlammes verkürzen sich die Sedimentationszyklen deutlich und schaffen auch eine Möglichkeit für einen gesteigerten Durchsatz. Zusätzlich wird eine verbesserte Klarwasserqualität erzielt.

Siehe auch die Referenzen zu S::Select®-Verfahren in SBR-Anlagen.

## 9. Solide Ausführung, einfache Einbindung auf der Kläranlage

Zuverlässiger und wartungsarmer Betrieb, Bedienerfreundlichkeit, Langlebigkeit sowie eine schnelle und unkomplizierte Installation ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebs sind Ziele bei der Entwicklung der S::Select®-Komponenten gewesen.

Alle medienberührten Teile der S::Select®-Anlagen sind aus Edelstahl V4A (Werkstoffnummer 1.4571) oder aus PU (Hydrozyklone) hergestellt. Somit sind auch langfristig keine Probleme mit Korrosion oder Abrasion zu erwarten. Die Tragkonstruktion ist aus Edelstahl V2A (Werkstoffnummer 1.4301) hergestellt.



Es gibt nur wenige bewegte Teile (Pumpe, automatisch reinigender Filter), so dass sich die S::Select®-Anlage insgesamt als sehr wartungsarm darstellt.

Die Anlage ist soweit einfach zerlegbar oder über Öffnungen zugänglich, dass sämtliche Bereiche gut kontrolliert oder gereinigt werden können. Spülanschlüsse und Probenahmehähne sind an allen relevanten Stellen vorhanden.

Die Installation auf einer vorhandenen Kläranlage ist in der Regel sehr einfach machbar. Die Komponenten können sehr flexibel platziert werden. Von der Aufstellung im Freien (wenn Frostschutz gewährleistet ist) über fertig montiert im Maschinencontainer bis zur Aufstellung in einer vorhandenen Halle sind schon alle Varianten realisiert worden.



**S::Select®-Anlage KA Damhusaen (350.000 EW),  
installiert in einer Maschinenhalle**



**S::Select®-Anlage KA Borken  
(130.000 EW), fertig installiert im  
Container**



**S::Select®-Anlage KA Viby (120.000 EW),  
installiert im vorhandenen Gebäude**



**S::Select®-Anlage KA Oberes Wiggertal (62.000 EW),  
fertig installiert in zwei Containern, erst eine Straße,  
nach erfolgreichem Test -> Vollausbau mit 2. Container**

Wenn alle vorbereitenden Arbeiten erledigt sind, sind nur die eine zuführende und die beiden ableitenden Rohrleitungen anzuschließen. Dafür wird nur für einige Stunden der ÜSS-Abzug unterbrochen. Anschließend wird noch die Datenkommunikation zur übergeordneten Leitwarte geschaltet.



S::Select®-Anlage KA Borken (130.000 EW),  
Anschlussarbeiten Rohrleitungen,  
Container auf Fundamentplatte

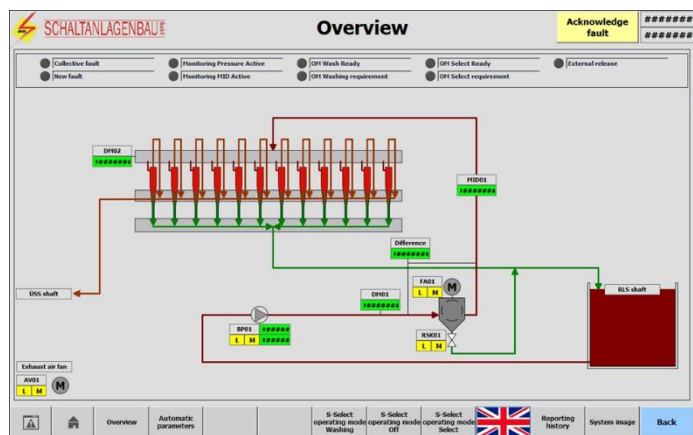


S::Select®-Anlage KA Schweinfurt (250.000 EW),  
Anschlussarbeiten Rohrleitungen, mit Betriebs-  
wasser, nur 2 Streifenfundamente

## 10. Transparentes Verfahren, transparente Steuerung

Die Einbindung einer S::Select®-Anlage auf einer Kläranlage ist auch auf Seiten der Steuerung einfach. In der Regel wird eine S::Select®-Anlage mit kompletter Steuerung als eigenständig funktionierende Einheit aufgebaut. Von der übergeordneten Steuerung in der Hauptwarte aus kann sie als Gesamtaggregat ein- und ausgeschaltet werden. Über die Laufzeit und die in der Anlage eingestellte Durchsatzleistung (entspricht der Anzahl der aktiven Hydrozyklone) kann die täglich abzuziehende Menge Überschussschlamm vorgegeben werden.

Es erfolgt kein Eingriff in die bestehende Steuerung der Gesamtanlage. Sämtliche Funktionen werden, wie gewohnt, vom Team der Kläranlage gesteuert und bestimmt.



Auf Kundenwunsch kann die Steuerung der S::Select®-Anlage in die bestehende Steuerung integriert werden. Dem zuständigen Programmierer wird dann ein entsprechendes Pflichtenheft übergeben. Auch so liegt die volle Kontrolle beim Personal des Betreibers.

## 11. Referenzen

Für sämtliche dargestellten Referenzen gilt, dass die S::Select®-Anlagen jeweils für die komplette Anlage mit ihrer Gesamtkapazität betrieben werden.

Versuchsanlagen oder Anlagen, welche nur einzelne Straßen erfassen, sind nicht dargestellt.

### 11.1 S::Select®-Einzelreferenz ARA Glarnerland

Die ARA Glarnerland in der Schweiz war weltweit die erste Kläranlage, die das S::Select®-Verfahren eingesetzt hat. Es wurde hier entwickelt.

Wie oben schon erwähnt, hatte der Versuch, die Deammonifikation in den Hauptstrom zu übertragen, zur S::Select®-Technologie geführt. Da eine Erweiterung der Kläranlage ohnehin gerade in Planung war, hatte man sich für einen Test entschieden.



Die Anlage war ausgelegt für 60.000 EW. Ein Teil des Zulaufes war Industrieabwasser aus Pharmazie und Papierindustrie. Die Anlage war aufgeteilt in 4 von einander unabhängige Straßen. Im Zuge der Erweiterung sollten 2 weitere Straßen errichtet werden. Damit sollte die nötige Kapazität erzielt werden, um einige umliegende Gemeinden mit anzuschließen und dem steigenden Zulauf aus Industrie und Kommunen gerecht zu werden.

Der Test mit der S::Select®-Technologie wurde in zwei Straßen durchgeführt, in den beiden anderen Straßen erfolgte weiterhin konventionelle Behandlung. Es konnte gezeigt werden, dass sich das Schlammsystem gezielt und erfolgreich auf Biofilmgranulen umstellen ließ und dass die Umsatzrate deutlich gesteigert wurde (laut EAWAG Labormessung fast um den Faktor 2, s. o.).



Der Test lief auch in der Praxis so erfolgreich, dass die komplette Anlage auf S::Select®-Technologie umgestellt wurde.

Dabei konnte die bauliche Erweiterung um zwei Belebungsbecken mit jeweils anschließender Nachklärung komplett entfallen!

Die S::Select®-Technologie ist dort seit 2014 für alle vier Straßen im Einsatz.

Heute wird für diese Anlage die Kapazität mit 105.000 EW angegeben. Die geplante Erweiterungsfläche konnte für den Bau der 4. Reinigungsstufe genutzt werden.

Als interessanter Langzeiteffekt zeigt sich ein leichtes, aber ständiges Sinken des Rest-CSB im Ablauf über einige Jahre, was auf die Anreicherung von spezialisierten Bakterien zum Abbau vom refraktärem CSB hinweist. Dies wird durch das hohe Schlammalter der Granulen möglich.

## 11.2 S::Select®-Einzelreferenz PTAS Buin Maipo/Chile (SBR)

Die Erweiterung und Ertüchtigung der Kläranlage Buin Maipo hatte mehrere Gründe. Neben der reinen Kapazitätserweiterung sollte auch die Prozessstabilität verbessert werden, insbesondere das massive Schwimmschlammproblem sollte beseitigt werden. Auch eine Verbesserung der Ablaufqualität sollte erreicht werden.

Die Kläranlage Buin Maipo des Betreibers Aguas Andinas S. A. sollte daher von 4 SBR-Einheiten auf 6 Einheiten erweitert werden. Diese Maßnahme sollte begleitet werden von Erweiterungen im Bereich der Vorbehandlung (der Anteil Industrieabwasser ist sehr hoch) und der Schlammbehandlung. Der Umfang der Arbeiten wird in folgendem Bild durch die orangefarbenen Eintragungen verdeutlicht:



Durch die Umstellung auf das S::Select®-Verfahren konnte die Kapazität dieser SBR Kläranlage deutlich erweitert werden, ohne die Beckenvolumina baulich zu vergrößern.

Die verbesserten und stabilisierten biologischen Prozesse haben die Umsatzgeschwindigkeit verbessert und insgesamt hat die stark beschleunigte Absetzgeschwindigkeit einen klareren Überstand erzeugt und die Absetzzyklen wesentlich verkürzt. Ebenfalls konnte das massive Problem mit Schwimmschlamm erfolgreich gelöst werden. Die ehemals stabile Schwimmschlammsschicht konnte aufgelöst werden.

Der Betreiber Aguas Andinas S. A. selbst hat das Ergebnis nach drei Jahren Betrieb auf einer inter-amerikanischen Umweltfachkonferenz in Punta Cana/ Rep. Domenica vorgestellt.

Die neue Auslegung sollte von 63.600 EW auf 89.629 erfolgen, mit entsprechenden höheren Zu-  
laufmengen, höheren Konzentrationen der Schadstoffparameter und der Gesamt-BSB-Fracht.

### Cargas de Diseño

	Parámetro	Capacidad diseño 2007	Diseño expansión (2)
<b>Habitantes</b>	num.	63.600	89.629
<b>Caudal</b>	Promedio	137	160
	Max.Horario <sup>(1)</sup>	227	322
<b>Concentración mg/L</b>	DBO <sub>5</sub>	269	315
	DQO	591	659
	SST	322	347
	NTK	59	86
<b>Masa, Kg/día</b>	P	11	7,8
	DBO <sub>5</sub>	3.180	4.356

Parámetro	Unidad	Límite
DBO <sub>5</sub> , SST	mg/L	35
NTK	mg/L	50 (10°)
F.C.	NMP/100 ml	1.000

Notas:  
(1) Días sin precipitación.  
(2) Incluye la descarga de 40 camiones por día, lunes a sábado.

XXXXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de AIDIS

Die deutliche Erhöhung der Kapazität folgt aus Beschleunigungen in allen Teilzyklen des SBR-Prozesses: Reaktionsphase inkl. Befüllung von 168 auf 144 min, Sedimentation von 60 auf 18 min(!) und die Abzugsphase von 60 auf 54 min.

Insgesamt hat sich die biologische Reaktionszeit um 14 % verbessert und die volumetrische Kapazität hat sich um 33% verbessert.

### Incremento de la Capacidad por Aumento de Vs

**Carga Máscica (Cm):** SSLM  
 Diseño SBR convencional: 3,0 g/L  
 Diseño Lodo Granuloso: 4,4 g/L  
 Mantiene  $C_m = 0,07$  kgDBO<sub>5</sub>/kgSSV/d, con un incremento de 37% en la Carga de DBO<sub>5</sub>.

**Carga volumétrica y reacción:**

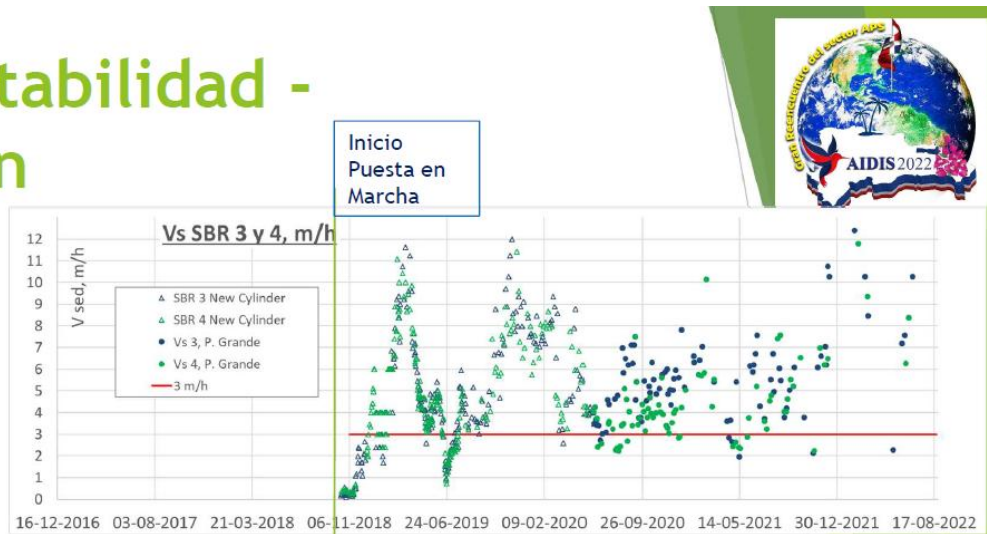
Subciclo	4 SBR convencional	4 SBR con hidrociclones
Reacción (aireación+mezcla) incluyendo llenado	168 min (72 min de llenado)	144 min (54 min de llenado)
Sedimentación	60 min	18 min
Descarga	60 min	54 min
<b>Total</b>	<b>4,8 horas</b>	<b>3,6 horas</b>

Incrementa el tiempo de reacción: **14 %**  $(=6,7 \cdot 144 / 5 / 168)$   
 Incrementa la capacidad volumétrica: **33 %**  $(=4,8 / 3,6)$

Als Detail wird insbesondere die beschleunigte Absetzgeschwindigkeit dokumentiert, die ursprünglich kaum besser war als 0,2 m/h. Nach Aufbau des S::Select®-Schlammsystem wurden fast immer Werte über 3 m/h erreicht, zum Teil wesentlich besser:

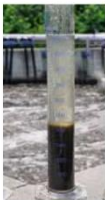
# Sedimentabilitad - Evolución

$V_s > 3 \text{ m/h}$

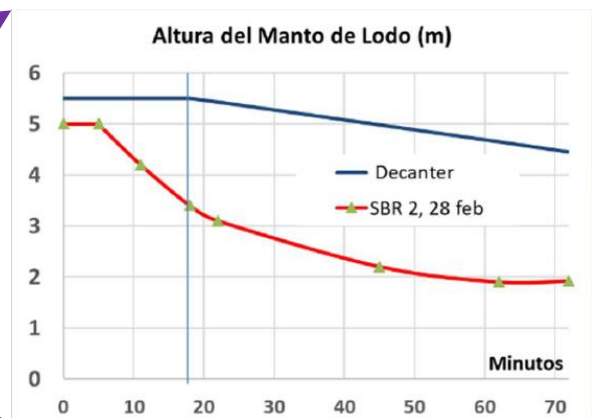
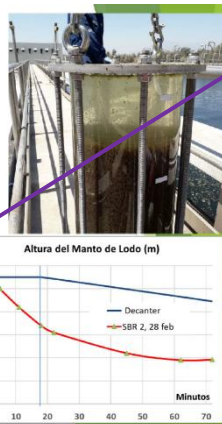
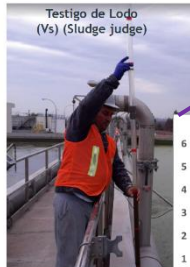


Entsprechend der guten Absetzgeschwindigkeit zeigt sich bei Messungen der Schlammspiegelhöhe das schnelle Absinken und das schnelle Erreichen einer tiefen Klarwasserzone. In der Auftragung von Füllhöhe und Schlammspiegelhöhe zeigt sich, dass bereits nach 18 min mit dem Abzug begonnen werden kann bei ca. 2 m Klarwasserzone. Die Höhe der Klarwasserzone bleibt über die Zeit des Abziehens nahezu konstant. So erklären sich dann die guten Ablaufwerte.

## Sedimentabilidad ( $V_s$ ) - Herramientas de Medición.



IVL (Probeta de 1 Lt)



Insgesamt erfüllt der Ablauf die geforderte Qualität problemlos.

# Calidad de Efluente

Bestehende Grenzwerte sind 35 mg/l für BSB<sub>5</sub> (DBO<sub>5</sub>) und Abfiltrierbare Stoffe (SST) sowie 50 mg/l für Gesamtstickstoff (NTK). Als Mittelwerte im Ablauf über 3 Jahre werden angegeben für BSB<sub>5</sub> 3,9 mg/l, für Gesamtstickstoff 3.1 mg/l und für Abfiltrierbare Stoffe 3,7 mg/l.

Enero 2019 a julio del 2022 (mg/L).

	DBO <sub>5</sub>	DQO	P	NKT	SST
Num. datos	76	76	75	76	76
Promedio	3,9	19,5	2,9	3,1	3,7
Perc. 50	3,0	18,0	3,0	2,3	3,5
Perc. 95	10,0	35,3	4,6	6,9	8,0
Máximo	27,0	68,0	7,9	14,0	11,0

### 11.3 S::Select®-Referenzen tabellarisch

## Referenzliste S::Select®



Stand: Dez 24

Schweiz	
<b>ARA Glarnerland; kommunale Kläranlage</b>	
<b>Prozess</b>	Belebtschlammverfahren. Einfluss von Industrieabwässern aus der Papier- und Textilindustrie
<b>EW</b>	90.000
<b>Inbetriebnahme</b>	2014
<b>Motivation</b>	Bedarf an mehr Kapazität und Verbesserung der Ablaufqualität, Blähschlamm
<b>Ergebnisse</b>	50 % mehr Kapazität und dadurch Vermeidung Neubau von 2 zusätzlichen Straßen, Absetzgeschwindigkeiten von > 5 m/h (vorher ca. 0,4 m/h), deutliche Reduzierung von (schwer abbaubaren) CSB, Gesamt-N und abfiltrierbaren Stoffen (und partikulär gebundenen Phosphaten) im Ablauf, kein Blähschlamm
Deutschland	
<b>Kommunale Kläranlage</b>	
<b>Prozess</b>	Belebtschlammverfahren, durch Industrieabwässer beeinflusst (Chemische Industrie)
<b>EW</b>	32.000
<b>Inbetriebnahme</b>	2015
<b>Motivation</b>	Blähschlamm (ISV ca. 180 ml/g), Bedarf an mehr Kapazität
<b>Ergebnisse</b>	Absetzgeschwindigkeit > 5 m/h (vorher ca. 0,2 m/h); mehr Kapazität (Berechnungen ergeben ein Ausbaugröße von 40 000 EW)
Deutschland	
<b>Kommunale Kläranlage</b>	
<b>Prozess</b>	Belebtschlammverfahren, beeinflusst durch sehr hohen Anteil von Industrieabwässer aus der Lebensmittelindustrie
<b>EW</b>	55.000
<b>Inbetriebnahme</b>	2016
<b>Motivation</b>	Blähschlammprobleme, Abwasserqualität, Prozesskosteneinsparungen, Kapazität
<b>Ergebnisse</b>	kein Blähschlamm, Absetzgeschwindigkeit > 3 m/h (vorher ca. 0,3 m/h), signifikante Einsparungen bei der Kalk-Dosierung (konnte eingestellt werden), 75 % höhere Behandlungskapazität
Chile	
<b>Kommunale Kläranlage</b>	
<b>Prozess</b>	SBR, Belebtschlammverfahren
<b>EW</b>	50.000
<b>Inbetriebnahme</b>	2018
<b>Motivation</b>	mehr Kapazität, gravierende Blähschlammprobleme
<b>Ergebnisse</b>	deutlich höhere Behandlungskapazität (Verkürzung des Reinigungszyklus um 40 %); → Neubau einer weiteren SBR-Anlage mit S::Select® im Verbandsgebiet geplant; kein Schwimm- und Blähschlamm, Absetzgeschwindigkeit > 6 m/h, verbesserte Ablaufqualität

Industrielle Abwasserreinigungsanlage		Deutschland
Prozess	Anaerobe Behandlung und Belebtschlammverfahren. Behandlung von Industrierwasser aus verschiedenen Quellen (Industriepark)	
EW	15.000 m <sup>3</sup> /d	
Inbetriebnahme	2019	
Motivation	Blähschlammprobleme, Abwasserqualität, Kosteneinsparungen bei Chemikalien	
Ergebnisse	Absetzgeschwindigkeit > 3 m/h, erhebliche Kosteneinsparungen für Spezialchemikalien zur Verbesserung der Schlammabsetzung, höhere Ablaufqualität und stabilerer Prozess	
Kommunale Kläranlage		Deutschland
Prozess	Belebtschlammverfahren; hoher Anteil von Industrieabwässern unterschiedlicher Herkunft	
EW	250.000	
Inbetriebnahme	2019	
Motivation	Schlammabtrieb, Ablaufqualität	
Ergebnisse	keine Probleme mit Schlammabtrieb, Absetzgeschwindigkeit > 5 m/h, höhere Kapazität und Ablaufqualität (C, insbes. schwer abbaubarer CSB, N, abfiltrierbare Stoffe, P), stabiler Prozess	
Kommunale Kläranlage		Dänemark
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	230.000	
Inbetriebnahme	2019	
Motivation	höhere Behandlungskapazität, Verbesserung der Schlammabsetzbarkeit	
Ergebnisse	deutlich mehr Kapazität, hohe Absetzgeschwindigkeit (> 5 m/h), Beendigung von hydraulischen Belastungsstressituationen	
Kommunale Kläranlage		Dänemark
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	120.000	
Inbetriebnahme	2019	
Motivation	höhere Behandlungskapazität	
Ergebnisse	hohe Absetzgeschwindigkeit (> 5 m/h), deutlich mehr Kapazität	
Kommunale Kläranlage		Schweiz
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	62.000	
Inbetriebnahme	2020	
Motivation	höhere Behandlungskapazität	
Ergebnisse	hohe Absetzgeschwindigkeit (> 4 m/h), deutlich mehr Kapazität (Vermeidung des Baus von zusätzlichen Becken); → Auftrag zur S::Select® zur Einbindung in 2. Straße	

Kommunale Kläranlage		Schweiz
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	15.000	
Inbetriebnahme	2022	
Motivation	höhere Behandlungskapazität	
Ergebnisse	höhere Kapazität; Verbesserung der Schlammsedimentation , Verbesserung der Ablaufqualität	
Kommunale Kläranlage		Deutschland
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	225.000	
Inbetriebnahme	2021	
Motivation	Kapazitätsgewinn, Verbesserung des Schlammabsetzverhaltens; Baustein in Konzept zur Reduzierung Energieverbrauch	
Ergebnisse	Verbesserung der Schlammsedimentation, höhere Kapazität, Verbesserung der Ablaufqualität	
Kommunale Kläranlage		Deutschland
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	130.000	
Inbetriebnahme	2022	
Motivation	Kapazitätsgewinn, Verbesserung des Schlammabsetzverhaltens	
Ergebnisse	höhere Kapazität, Verbesserung der Schlammsedimentation, bessere Ablaufqualität	
Kommunale Kläranlage		Dänemark
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	350.000	
Inbetriebnahme	2022	
Motivation	Kapazitätsgewinn, Verbesserung des Schlammabsetzverhaltens	
Ergebnisse	höhere Kapazität, Verbesserung der Schlammsedimentation, bessere Ablaufqualität	
Kommunale Kläranlage		Dänemark
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	130.000	
Inbetriebnahme	2022	
Motivation	Kapazitätsgewinn, Verbesserung des Schlammabsetzverhaltens	
Ergebnisse	höhere Kapazität, Verbesserung der Schlammsedimentation, bessere Ablaufqualität	
Kommunale Kläranlage		Schweiz
Prozess	Belebtschlammverfahren	
EW	77.000	
Inbetriebnahme	März 2024	
Motivation	Kapazitätsgewinn, Optimierung des Schlammabsetzverhaltens und der Ablaufqualität	
Ergebnisse		