

# SCHLAMMGRANULIERUNG AUF SCHWEIZER ARA

## UMRÜSTUNG VON KONVENTIONELLEN BELEBTSCHLAMM- VERFAHREN AUF GRANULIERTEN SCHLAMM

**Das Belebtschlammverfahren ist für die Abwasserbehandlung in der Schweiz von zentraler Bedeutung. Wegen höheren Qualitätsanforderungen, Bevölkerungswachstum und Platzmangel steht das Verfahren jedoch unter Druck. Eine Lösung bietet das granulierte Belebtschlammverfahren. Ergebnisse zeigen, dass sich die Granulierung durch eine reduzierte Rücklaufschlammrate und intermittierendes Rühren steigern lässt, um stabile Werte des Schlammvolumenindexes von unter 80 ml/g zu erreichen.**

*Gabriel Erni Cassola; Noah Joller; Alexandra Fumasoli,  
Hunziker Betatech AG*

### RÉSUMÉ

#### GRANULATION DES BOUES DANS LES STATIONS D'ÉPURATION SUISSES

Le procédé conventionnel à boues activées est à la base du traitement biologique des eaux usées en Suisse. Les exigences croissantes relatives à la qualité des eaux usées traitées, la croissance démographique et l'espace limité pour les agrandissements mettent ce système sous pression. Une variante utilisant des boues densifiées, dites granulées, constitue une évolution de ce procédé. Il n'existe cependant pas de valeurs empiriques de longue date sur l'implémentation de ce procédé en Suisse. L'article montre que la densification des boues peut être améliorée grâce à des ajustements ciblés du procédé, même si l'on peut s'attendre à des équilibres différents selon les installations en ce qui concerne la proportion de boues granulées. Les conditions ont été améliorées, entre autres, par une réduction du débit des boues recirculées et par un brassage intermittent dans la première zone biologique. Cela permet d'augmenter le gradient de composés organiques facilement biodégradables à l'entrée du procédé biologique. Sur la base de ces données, on considère la valeur-cible idéale de boue granulée entre 40-60% afin d'obtenir un indice stable de volumes des boues de <80 ml/g.

### EINFÜHRUNG

Seit Jahrzehnten bildet das konventionelle Belebtschlammverfahren die Grundlage der biologischen Abwasserbehandlung. Zunehmend treten jedoch Nachteile dieses Verfahrens zutage. Gründe dafür sind das Bevölkerungswachstum und die strenger werdenden Anforderungen an die Ablaufqualität. Zu den zentralen Einschränkungen zählt der Bedarf an grossen Reaktorvolumen bei begrenztem Raumangebot. Aufgrund von häufig saisonal auftretenden schlechten Absetzeigenschaften des Schlamms können die vorhandenen Beckenvolumen nicht ideal ausgenutzt werden.

Als Reaktion auf schlechte Absetzeigenschaften hat sich das Verfahren mit granuliertem Belebtschlamm in den letzten Jahren als vielversprechende Weiterentwicklung des konventionellen Belebtschlammverfahrens erwiesen [1-3]. Dieses Verfahren nutzt die Fähigkeit von Mikroorganismen, grössere und dichtere Biofilmaggregate zu bilden, sogenannte Granulen. Im Vergleich zu den Belebtschlammflocken zeichnen sich Granulen durch hervorragende Absetzeigenschaften aus. Eine zentrale Herausforderung besteht jedoch darin, dass die Bildung von Granulen deutlich langsamer verläuft als diejenige von Flocken. Um dieses Problem zu überwinden und das Verfahren erfolgreich zu

*Kontakt: G. Erni, gabriel.erni@hunziker-betatech.ch*

implementieren, wurden in der Literatur verschiedene Ansätze vorgestellt [1, 3, 4]. In kontinuierlich durchflossenen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) wird granulierter Belebtschlamm über eine gezielte Schlammselektion mittels Hydrozyklon im System zurückgehalten. Dabei wird typischerweise ein Teilstrom des Rücklaufschlamms dem Hydrozyklon zugeführt, der diesen in einen Unter- und einen Oberlauf trennt. Im Vergleich zum Oberlauf, enthält der Unterlauf die dichtenen und besser absetzbaren Schlamm- partikel (Granulen). Entsprechend wird der Unterlauf als Rücklaufschlamm in den Reaktor zurückgeführt, während der Oberlauf als Überschusschlamm abgezogen wird. Um jedoch eine ausreichend hohe Granulierung zu erreichen, die den Schlammvolumenindex (SVI) nachhaltig verbessert, sind zusätzliche verfahrenstechnische Anpassungen erforderlich. Gemäss der Fachliteratur wird die Bildung und Stabilität aerober Granulen durch ein komplexes Zusammenspiel physikalischer und biologischer Faktoren beeinflusst. So fördern beispielsweise die Scherkräfte im Hydrozyklon die Bildung kompakter, klar definierter Granulen. Ebenso spielen die Beschickungsstrategie und die Substratverfügbarkeit eine entscheidende Rolle: wechselnde Phasen von Substratüberschuss und -mangel, so genannte *Feast-Famine*-Bedingungen, begünstigen die Selektion von Mikroorganismen, die Substrate rasch aufnehmen und intern speichern können. Im Vergleich zu Ländern, in denen dieses Verfahren bereits erfolgreich implementiert

wurde, wie z.B. Österreich oder Frankreich, weist das kommunale Abwasser in der Schweiz typischerweise tiefere Temperaturen und geringere Konzentrationen an organischen Stoffen auf [5]. Dies erschwert eine direkte Übertragung bestehender Betriebskonzepte und macht eine vertiefte Untersuchung der notwendigen Anpassungen und Optimierungsschritte erforderlich. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Granulierung von Belebtschlamm in acht Schweizer Abwasserreinigungsanlagen mit konventionellen Belebtschlammverfahren untersucht. Die Anlagen befanden sich in unterschiedlichen Stadien der Prozessumsetzung. Ziel war es, den Stand der Granulierung zu ermitteln und günstige Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Implementierung zu identifizieren. Dabei wurden folgende Fragen gestellt:

- (I) Wie lange dauert die Umwandlung des Schlamms?
- (II) Welcher Anteil an granuliertem Schlamm wird erreicht?
- (III) Welche Schlammvolumenindices können erreicht werden?
- (IV) Welche gemeinsamen Faktoren lassen sich in Anlagen mit erfolgreicher Umsetzung erkennen?

## METHODEN UND MESSUNGEN

Im Rahmen dieses Projekts wurde die Granulierung im Belebtschlamm für alle Kläranlagen mit Ausnahme von der ARA Gossau-Grüningen (*Tab. 1*) durch Größenfraktionierung untersucht. Da-

bei wurden Granulen als Partikel mit Durchmesser >200 µm definiert [6]. Die Fraktionierung erfolgte mit einem geologischen Sieb mit einer definierten Maschenweite von 200 µm, auf das einzelne Schlammproben aufgebracht wurden. Die Trennung der grösseren Schlamm- partikel von der Gesamtprobenmasse erfolgte dann durch homogenes Waschen der Probe über dem Sieb. Um eine Überladung des Siebs zu vermeiden und die Vergleichbarkeit zwischen den Proben zu gewährleisten, wurde eine Beladung mit 0,5 g Trockensubstanz (TS) angestrebt und das Probenvolumen entsprechend gewählt. Der Wasserfluss für das Waschen der Probe wurde über einen Durchflussmesser gesteuert und auf 0,5 l/min eingestellt; die Gesamtwaschzeit betrug acht Minuten pro Probe. Alle weiteren Daten wurden von den jeweiligen Kläranlagen- betreibern bereitgestellt. Die Granulierung in Gossau-Grüningen wurde nach einem vergleichbaren Protokoll gemessen, jedoch mit einer Maschenweite von 250 µm [7].

Die Datenanalysen konzentrierten sich auf die Faktoren, die allgemein als entscheidend für die erfolgreiche Implementierung dieses Verfahrens angesehen werden. Zu diesen zählen alle Faktoren, die zu einer Aufrechterhaltung steiler Gradienten organischer Stoffe (gemessen als chemischer Sauerstoffbedarf; CSB) im Zulaufbereich der biologischen Behandlungszone beitragen. Daher wurden die CSB-Konzentrationen im Ablauf der Vorklärung sowie das Verhältnis des Rücklaufschlamms zum Zulauf unter-

ARA	Implementierung	Technologie	Betrieb Biologie	Einlaufzone Biologie	Zugabe Hydrozyklon-Unterlauf	Volumenanteil der 1. Zone von gesamter Biologie	Kohle
Blindei	Teilstrom	S::Select®	intermittierende Belüftung	Einlaufkasten (RLS und Ablauf VKB)	direkt in Biologie	40%	keine
Glärnerland	Vollstrom	S::Select®	intermittierend, seit 2025 A/I	keine	in Zulauf Biologie	91%	keine
Gossau-Grüningen	Pilot (Teilstrom)	inDENSE®	zeitweise intermittierend, zeitweise konventionell	Umlaufbecken	direkt in Biologie	14%	Pulveraktivkohle
Höfe	Pilot (Teilstrom)	inDENSE®	konventionell	Einlaufkasten (RLS und Ablauf VKB)	in Einlaufkasten (vorher direkt in Biologie)	21%	keine
Laufäcker	Pilot (Teilstrom)	inDENSE®	A/I	Umlaufbecken	in Rücklaufschlamm-Leitung	19%	keine
Morgental	Vollstrom (in Realisierung)	S::Select®	konventionell	keine	in Zulauf Biologie	25%	keine
Rorbas	Vollstrom (in Realisierung)	inDENSE®	konventionell; nach Umbau A/I	keine	direkt in Biologie	16% (Umbau); 12% (nach Umbau)	keine
Untermarch	Vollstrom	inDENSE®	konventionell	keine	in Zulauf Biologie	31%	Pulveraktivkohle

Tab. 1 Charakteristiken der betrachteten Abwasserreinigungsanlagen (ARA).

sucht. Dabei wurde die Konfiguration im Zulaufbereich der biologischen Behandlung miteinbezogen. Die Verdichtung des Schlamms wurde als erfolgreich erachtet, wenn sich eine nachhaltige Verbesserung der Absetzbarkeit eingestellt hat.

## RESULTATE UND DISKUSSION

Die Granulierung des Schlamms konnte ab dem ersten Tag der Implementierung

dieses Verfahrens in drei Kläranlagen mittels Schlammfraktionierung überwacht werden (ARA Rorbas, ARA Höfe und ARA Gossau-Grüningen durch die Eawag [5]). Die Daten zeigten, dass ein erster Spitzenwert des prozentualen Anteils an verdichtetem Schlamm zwischen 200 und 300 Tagen erreicht wurde (Fig. 1). Der Anteil an granuliertem Schlamm unterschied sich jedoch stark zwischen den Anlagen, mit einem Maxi-

um von ca. 40% auf der ARA Gossau-Grüningen, während die beiden anderen Anlagen etwa die Hälfte davon erreichten. Werden die Beobachtungen auf Kläranlagen erweitert, bei denen sich dieser Prozess voraussichtlich bereits im Gleichgewichtszustand befand (> 8 Monate [6]), so zeigte sich ebenfalls, dass die Anteile an granuliertem Schlamm, die erreicht wurden, zwischen den Kläranlagen stark variieren. Beispielsweise wurden auf der ARA Glarnerland Anteile zwischen 20 und 40% und in der ARA Blindei Anteile zwischen 40 und 70% erreicht. Ferner ist interessant anzumerken, dass auf der ARA Blindei selbst die Referenzstrasse, die nicht mit einem Hydrozyklon ausgestattet war, bis zu 25% verdichteten Schlamm aufwies. Dies deutet darauf hin, dass einige Kläranlagen insgesamt günstigere Bedingungen aufweisen und somit unter Gleichgewichtszuständen einen höheren Anteil an granuliertem Schlamm aufweisen können.

Interessanterweise wiesen alle beobachteten Kläranlagen einen saisonal bedingten Rückgang des Anteils von granuliertem Schlamm auf. Dieser Anteil hatte zu Beginn des Jahres Spitzenwerte erreicht und war im Juni und Juli auf einen Tiefpunkt gesunken. Anschliessend erholtete er sich wieder und erreichte etwa das vorherige Niveau. Der Grund für diese Beobachtung ist noch unklar. Ergebnisse einer Laborstudie, in der die Granulatenbildung und -stabilität bei niedrigen und hohen Temperaturen verglichen wurden (10 °C und 25 °C), zeigten, dass die bei 10 °C gebildeten Granulaten stabiler waren als die bei 25 °C gebildeten. Yuan *et al.* (2023) [7] kamen zu Schluss, dass dieser Effekt durch Veränderungen in der Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft verursacht wurde.

Ein weiterer Index für den Granulierungs- zustand, der ursprünglich vom *inDENSE*®-Verfahrenslieferanten stammt, bildet das TS-Verhältnis von Belebtschlamm aus dem Hydrozyklon-Unterlauf zum -Oberlauf. Die Messdaten zeigen, dass dieses Verhältnis bei Anlagen mit höheren Anteilen an verdichtetem Schlamm über 3 lag (Fig. 2). Mit zunehmender Granulierung steigt auch die Belebtschlammfracht an, die über die Hydrozykloneinheit im System zurückgehalten wird. Ein zu hoher Anteil an granuliertem Schlamm, wie er beispielsweise im Januar 2025 mit etwa 70% im Belüftungsbecken der ARA Blindei angetroffen wurde, kann zu Schwie-

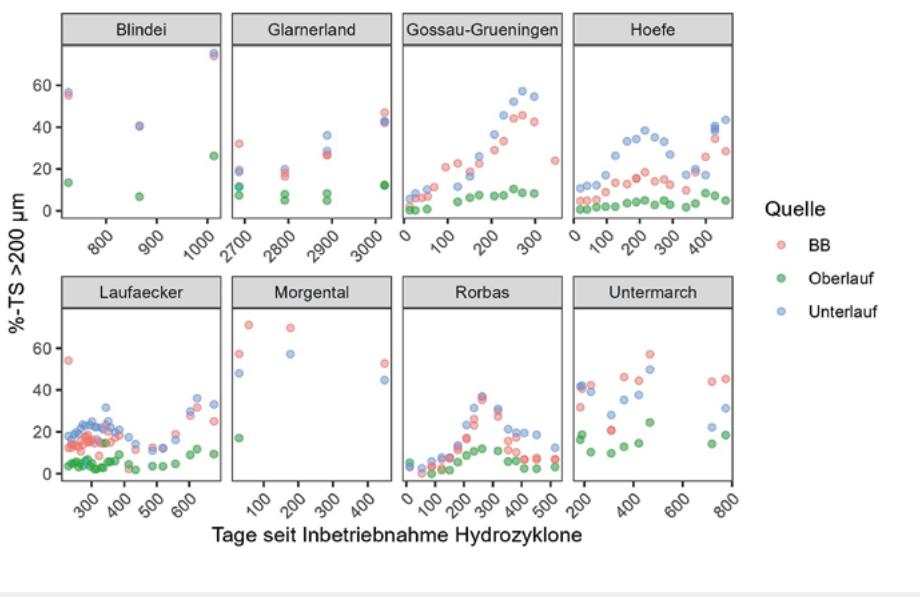


Fig. 1 Anteil Schlammpartikel >200 µm in Belebtschlammproben aus dem Belüftungsbecken (BB) und Hydrozyklon Unter- bzw. Oberlauf auf verschiedenen Abwasserreinigungsanlagen. ARA Gossau-Grüningen: Daten von Eawag [8].

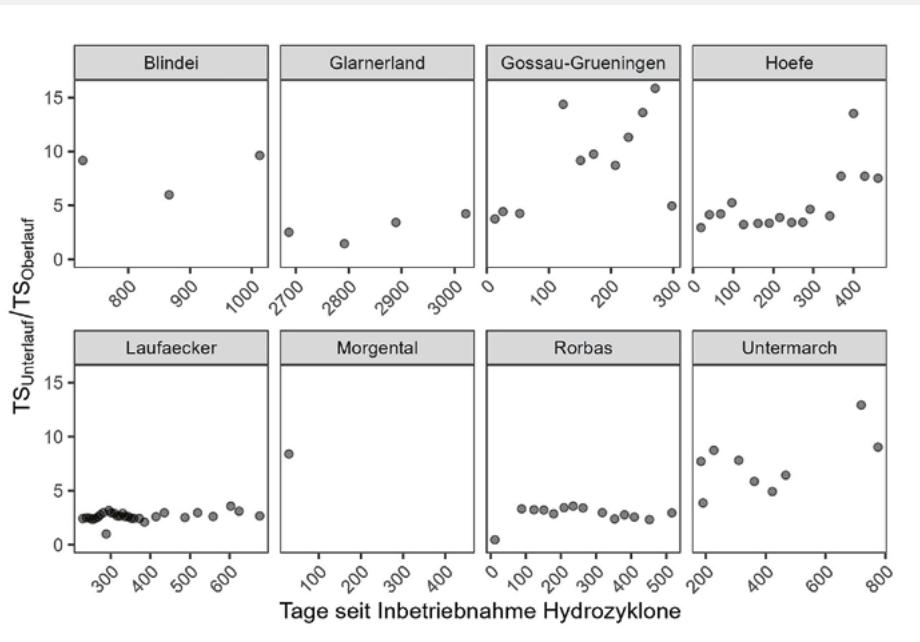


Fig. 2 Verhältnis der Trockensubstanz (TS) des Belebtschlamm aus dem Unterlauf und Oberlauf der Hydrozykloneinheit über die Zeit auf verschiedenen ARA. Ein höheres Verhältnis weist auf eine stärkere Granulierung hin.

rigkeiten beim Abzug von Überschusschlamm über den Hydrozyklon führen. Um das TS-Verhältnis wieder zu reduzieren, muss der Überschusschlamm auf konventionelle Weise abgezogen werden, wodurch die Granulen aus dem System entfernt werden.

Insgesamt wurden in den Kläranlagen Verbesserungen des Schlammvolumen-indexes als Reaktion auf höhere Anteile an verdichtetem Schlamm beobachtet (Fig. 3). Die grösste Verbesserung trat bei einem Anteil an granuliertem Schlamm ab ca. 40% auf. Bei niedrigem Granulanteil (<20%) wurden erwartungsgemäss stark variierende SVI-Werte beobachtet (Fig. 3B). Ab einem Granulanteil von 20–40% haben sich die SVI-Werte auf ca. 50–100 ml/g stark reduziert. Die Anlagen mit der höchsten Granulierung (>40%) hatten die tiefsten und stabilsten Indices erreicht (deutlich <80 ml/g; ARA Untermarch, ARA Gossau-Grüningen, ARA Blindei). Letzteres stellt eine Verbesserung um 50% gegenüber der üblichen Auslegung mit einem SVI von 120 ml/g dar [9]. Auf der ARA Blindei, wo die Asetzeigenschaften ohnehin gut sind, weist die Strasse mit granuliertem Schlamm in der Nebensaison weniger starke Schwankungen der SVI-Spitzen auf. Ähnliche Beobachtungen von stärkeren, relativen Verbesserungen des SVI bei widrigen Bedingungen wurden beispielsweise während der Pilotierung auf der ARA Neugut gemacht [10]. Hervorzuheben ist ausserdem, dass selbst ein Gleichgewichtszustand mit einem SVI von 100 ml/g, wie er auf der ARA Glarnerland beobachtet wurde, eine signifikante Verbesserung gegenüber einem SVI von >200 ml/g darstellt, der in Glarnerland ohne granulierten Schlamm regelmässig erreicht wurde.

Im Vergleich zu den Daten aus der Referenzstudie in der Wasseraufbereitungsanlage von Dijon [6] wurde insgesamt ein ähnliches Verhalten des Schlammvolumenindex in Abhängigkeit vom Granulierungsgrad beobachtet (Fig. 3B). Allerdings wurden auf der ARA Morgen-tal Abweichungen bei hohem ausgewiesenen Granulierungsgrad festgestellt. Punktuell traten aber auch auf anderen ARA Abweichungen auf, unabhängig vom Granulierungsgrad. Dies hängt zum Teil mit der Methodik zur Fraktionierung des Schlammes in Kombination mit den anlagenspezifischen Schlammeigenschaften zusammen. Während der Schlamm an

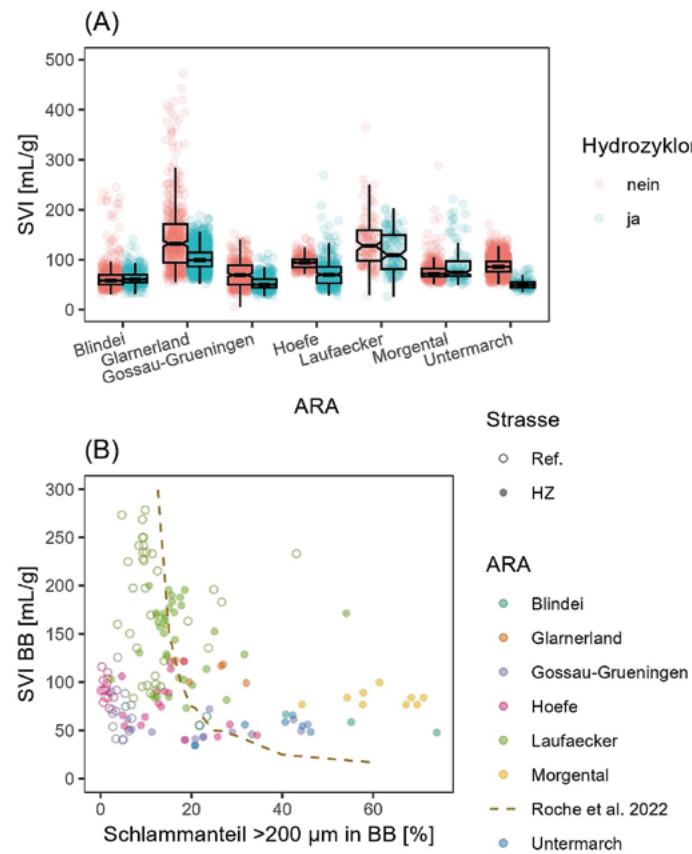


Fig. 3 Schlammvolumenindex (SVI) auf Abwasserreinigungsanlagen (ARA). (A) SVI des Belebtschlammes mit und ohne Granulierung (Hydrozyklon). Wegen Implementierung auf gesamter Biologie, wurden für ARA Glarnerland, Morgental und Untermarch SVI-Daten aus vorangehenden Jahren genommen, auf den restlichen ARA von der Referenzstrasse. (B) SVI in Abhängigkeit des Anteils grösserer Schlammteilikel („Granulen“) im Belebtschlamm aus Belüftungsbecken (BB). Datenpunkte entsprechen einer jeweiligen Messung. Strasse: wo gegeben, Daten aus der Referenzstrasse (Ref.) und der Strasse mit Hydrozyklon (HZ). Die gestrichelte Linie entspricht der Referenzstudie von der ARA Dijon [6].

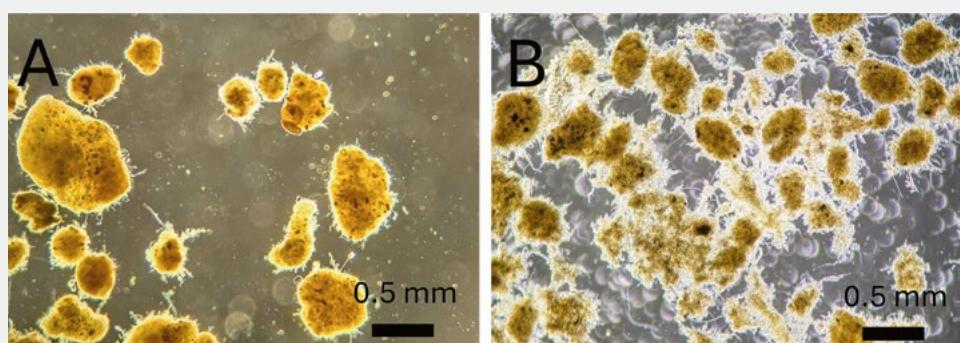


Fig. 4 Typisches Bild des Schlammanteils >200 μm von (A) gut und (B) schwieriger zu fraktionierendem Schlamm. (B): Zu beachten ist der grössere Anteil an flockenartigen Partikeln.

einigen Standorten gut fraktionierbar war und die Fraktion >200 μm fast ausschliesslich aus typischen Granulen bestand (Fig. 4A), wies der fraktionierte Schlamm anderer ARA, obwohl er bis zu einem gewissen Grad verdichtet war, ein flockenartigeres Aussehen auf (Fig. 4B).

Er war enger mit anderen Partikeln verflochten, was zu einer weniger klar definierten Fraktion und letztlich zu einem höheren Granulanteil im Vergleich zu den erstgenannten Schlämmen führte. Darüber hinaus tragen das saisonale Vorkommen und die unterschiedliche Vertei-

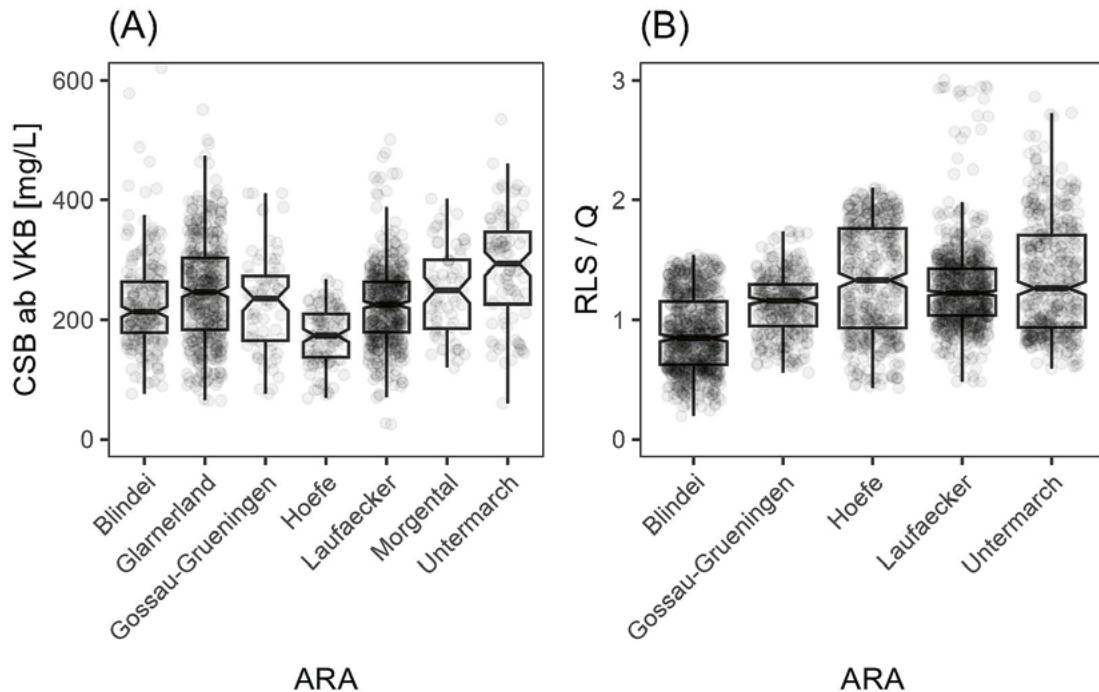


Fig. 5 Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) anhand wichtiger Parameter für Schlammgranulierung.

A: Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) im Ablauf der Vorklärung (VKB) ARA Untermarch: Konzentrationen berechnet unter angenommener Abscheideleistung nach DWA-A 131 (Probenahme nur im Rohabwasser, [9]);  
 B: Vergleich des Verhältnisses aus Rücklaufschlamm (RLS) zur Zulaufmenge (Q) auf Strassen mit Hydrozykoneinheiten.



Fig. 6 Einlauf-Tauchkasten in der unbelüfteten Zone der ARA Höfe für Zusammenführung von Zulauf und Rücklaufschlamm. Einlauf und Rücklaufschlammleitung durch Kasten verdeckt.

lung von Fadenbakterien zu einer stärkeren Verflechtung der Schlämme bei. Es soll deshalb hervorgehoben werden, dass eine Gesamtbeurteilung des Granulierungszustandes nicht nur den Anteil an granuliertem Schlamm, sondern auch das mikroskopische Bild sowie das Verhältnis von TS-Unterlauf zu TS-Oberlauf betrachten sollte.

Zu den wesentlichsten Faktoren, die die Schlammgranulierung beeinflussen, gehört die Zuflusskonzentration von CSB, insbesondere biologisch leicht abbaubare Formen wie flüchtige Fettsäuren. Letztere können in den Granulenkern diffundieren und somit das Bakterienwachstum in dichten Aggregaten besser gewährleisten [11, 12]. Daten aus den untersuchten Kläranlagen zeigen, dass die Konzentrationen an  $CSB_{tot}$  (gesamter CSB) ab der Vorklärung zwischen 170 und 284 mg/l lagen (Mittelwert: 238 mg/l; Fig. 5A). Überraschenderweise waren diese trotz der zuvor festgestellten Unterschiede im Granulierungsgrad in allen Kläranlagen vergleichbar. Detailliertere Analysen der verschiedenen CSB-Fraktionen ergaben, dass sich die Zusammensetzung im Zulauf verschiedener Schweizer ARA kaum unterscheidet [10]. Insgesamt entsprechen diese Werte den typischen Konzentrationen, die in kommunalen Abwassern in der Schweiz zu erwarten sind. Daher wird geschlussfolgert, dass in der Schweiz eine Kontrolle des CSB-Gradienten, dem granulierte Biomasse ausgesetzt wird, vor allem durch Anpassungen der Anlagenkonfiguration und der Prozessparameter erreicht werden muss.

Ein wichtiger Prozessparameter zur Steuerung der CSB-Konzentrationsgradienten in der ersten Zone der biologischen Behandlung bietet sich in der Rate, mit welcher der Rücklaufschlamm

im Verhältnis zum kommunalen Zufluss gefördert wird. Da der Rücklaufschlamm an organischen Stoffen verarmt ist, führen hohe Rücklaufraten zu einer Verdünnung des CSB im Zufluss, wodurch sich der CSB-Gradient abschwächt. Um dem entgegenzuwirken, beinhaltet die Umsetzung dieses Verfahrens oft die Reduzierung der Rücklaufschlammrate auf das <1-fache des Zuflusses, wobei ein idealer Zielwert bei ca. 0,5 liegt. Unter den untersuchten Kläranlagen, deren Daten zur Verfügung standen, blieben die Raten vergleichbar (Fig. 5B). Im Rahmen von Optimierungen wurde die Rate auf der ARA Glarnerland in Abhängigkeit der Zuflussmenge auf 0,6–0,75 eingestellt. Die ARA Höfe, die anfangs begrenzt erfolgreich granulierte, verzeichnete die höchste Rate. Insgesamt lässt sich in diesem Kontext allerdings nicht aufgrund eines bestimmten Verhältnisses auf den Granulierungsgrad des Schlamms schliessen. Neben der Anpassung des RLS/Zuflauf-Verhältnisses besteht zur Steuerung der CSB-Gradienten die Möglichkeit, die erste Zone der Biologie zu verkleinern.

übertraf damit den bisherigen Höchstwert von ca. 18% (Fig. 1). Gleichzeitig wurde eine deutliche Verbesserung der Absetzbarkeit des Schlammes beobachtet (SVI im Herbst ca. 55 ml/g; Fig. 7).

## FAZIT

Zusammenfassend zeigt diese Studie, dass das Verfahren mit verdichtetem Schlamm in der Schweiz erfolgreich in verschiedenen Kläranlagen umgesetzt werden konnte. Nach einer Einlaufzeit von sechs bis zwölf Monaten kann bei erreichtem Gleichgewichtszustand mit einem Anteil von 20 bis 60% granuliertem Belebtschlamm gerechnet werden. Dabei ist wichtig zu beachten, dass die erzielten Gleichgewichtszustände relativ zu den Startbedingungen zu sehen sind, und dass innerhalb eines Jahres saisonale Schwankungen auf allen Anlagen beobachtet wurden. Aufgrund der präsentierten Daten lässt sich schlussfolgern, dass bei Granulenanteilen zwischen 20 und 40% ein SVI zwischen 50 und 100 ml/g erreicht wurde. Bei höheren Anteilen an verdichtetem Belebtschlamm nimmt die Variabilität im SVI ab, wodurch ein stabiler SVI von <80 ml/g erzielt wurde. Theoretisch wirken granulierungsbe-

günstigende Faktoren über die Erstellung steiler CSB-Gradienten in der ersten Zone der Biologie. Anhand des Fallbeispiels auf der ARA Höfe, die bereits eine vergleichsweise kleine erste Zone in Kombination mit einer begünstigenden Einlasskonfiguration aufweist, konnte gezeigt werden, dass eine Optimierung der Verfahrensführung (Senkung des RLS/Zulauf-Verhältnisses, intermittierendes Rühren) von einem starken Wachstum des Anteils an granuliertem Schlamm gefolgt wurde.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Meyer, A.; Biermann, K. (2021): *Bessere Schlamm-eigenschaften mit S::Select®: Entwicklung und Betriebserfahrungen des neuen Verfahrens auf der ARA Glarnerland*. *Aqua & Gas* Nr. 9: 68-72
- [2] Twerenbold, S. et al. (2024): *Verfahren mit granuliertem Schlamm – ARA Blindei: Erkenntnisse aus der Projektausführung, Inbetriebnahme und Einfahrphase*. *Aqua & Gas* Nr. 1: 40-45
- [3] Fumasoli, A. et al. (2024): *InDense®-Verfahren für granulierten Schlamm – Erfahrungen und Erkenntnisse aus einem einjährigen Pilotversuch auf der ARA Gossau-Grüningen*. *Aqua & Gas* Nr. 1: 32-39
- [4] Baggenstos, M.; Joller, N. (2024): *Aerobier granulierter Schlamm mit Nereda: ARA Sarneraatal hat fünf Jahre Betriebserfahrung*. *Aqua & Gas* Nr. 4: 61-65
- [5] Pons, M.N. et al. (2004): *Wastewater Characteristics in Europe – A Survey*. *European Water Management Online*
- [6] Roche, C. et al. (2022): *Biological process architecture in continuous-flow activated sludge by gravimetry: Controlling densified biomass form and function in a hybrid granule-floc process at Dijon WRRD, France*. *Water Environ. Res.* 94: e1664
- [7] Yuan, C. et al. (2023): *Low-temperature-resistance granulation of activated sludge and the microbial responses to the granular structural stabilization*. *Chemosphere* 311: 137146
- [8] Rérolle, M. (2023): *Retrofitting conventional sludge WWTPs with hydrocyclones to extend their lifetime by densifying sludge*. *Master's thesis in Environmental Sciences and Engineering, EPFL und Eawag*
- [9] DWA-Regelwerk, *Arbeitsblatt DWA-A 131, Be-messung von einstufigen Belebungsanlagen vom Juni 2016*
- [10] Derlon, N. et al. (2026): *Boues densifiées - retour d'expérience de dix stations d'épuration suisses*. *Aqua & Gas* Nr. 2: 39-45
- [11] Layer, M. et al. (2019): *Organic substrate diffusibility governs microbial community composition, nutrient removal performance and kinetics of granulation of aerobic granular sludge*. *Water Res.* X. 4: 100033
- [12] van den Berg, L. et al. (2022): *Diffusion of Soluble Organic Substrates in Aerobic Granular Sludge: Effect of Molecular Weight*. *Water Res.* X. 16: 100148

**VSA-Fachkurs**

# Quellrevitalisierungen

## Mehr Werte für Mensch und Natur schaffen

 09.06.2026

 Hinterkappelen bei Bern

 **Anmeldung - Programm**



vsa.ch/bildung



# Nachwuchskräfte gewinnen

WETSCH  
AU DU  
S WASSER  
VON ERE ANDERE SITE  
KENNELEHRE?



## ZUKUNFTSTAGE

# SCHNUPPERLEHRE

PROBETAGE FÜR QUEREINSTEIGER

## SEMESTERARBEITEN

BETRIEBSBESICHTIGUNGEN PRAKTIKA

Unternehmen und Bildungsinstitutionen der Wasserbranche können neu ihre Angebote auf [wasser-berufe.ch](http://wasser-berufe.ch) erfassen und jederzeit anpassen!

Wir bringen Betriebe, Ver- & Entsorger, Hochschulen und junge Talente zusammen!



[wasser-berufe.ch/reg](http://wasser-berufe.ch/reg)

