

VERFAHREN MIT GRANULIERTEM SCHLAMM

ARA BLINDEI: ERKENNTNISSE AUS DER PROJEKT-AUSFÜHRUNG, INBETRIEBNAHME UND EINFahrPHASE

Die ARA Blindei in Wolhusen musste für den Anschluss der ARA Ruswil mit einer dritten biologischen Reinigungsstrasse erweitert werden (+ 6000 EW). Aufgrund der engen Platzverhältnisse wurde ein kompaktes Verfahren mit granulierter Biomasse gewählt. Die Anlage wurde im Juli 2022 in Betrieb genommen und mit granuliertem Schlamm angeimpft. Bis zum Anschluss der ARA Ruswil Ende Januar 2023 wurde die Anlage eingefahren. Die ersten Betriebserfahrungen und die Reinigungsleistung der Anlage sind insgesamt sehr gut.

Samuel Twerenbold; Flavia Gretener; Markus Mandler; Nadia Jensen, Hunziker Betatech AG

RÉSUMÉ

PROCÉDÉ RELATIF AUX BOUES GRANULAIRES – STEP DE BLINDEI CONCLUSIONS TIRÉES DE LA RÉALISATION DU PROJET, DE LA MISE EN SERVICE ET DE LA PHASE DE RODAGE

Depuis la mise hors service de la STEP de Ruswil fin janvier 2023, les eaux usées ont été détournées vers la STEP de Blindei à Wolhusen. La STEP de Blindei avait jusqu'alors exploité deux voies biologiques conventionnelles. Sa capacité a été augmenté par la construction d'une troisième voie d'eaux usées. En raison du faible espace disponible, il a été opté pour un procédé compact avec biomasse granulaire. Des boues granulaires d'une autre STEP ont été inoculées. Cela s'est avéré suffisant et aucun germe de croissance artificiel en plastique n'a dû être ajouté. La croissance des granules et l'exploitation des hydrocyclones fonctionnent parfaitement depuis le début. Les propriétés de sédimentation des boues granulaires sont bonnes et constantes et ne présentent aucune valeur aberrante. Les valeurs de rejet ont répondu aux attentes dès la mise en service, au milieu de l'hiver. Les valeurs de la voie 3 sont en général meilleures que celles des voies conventionnelles 1 et 2. Des dépassements des conditions de déversement se sont produits. Ceux-ci sont cependant imputables à des erreurs lors du dosage des eaux usées et lors du réglage de la régulation d'aération et de conditions spéciales par la vidange de la STEP de Ruswil et ils ont pu être maîtrisés.

AUSGANGSLAGE

Die ARA Ruswil wurde im Januar 2023 aufgehoben und das Abwasser wird seither zur ARA Blindei in Wolhusen abgeleitet. Auf der ARA Blindei wurden bis anhin zwei konventionelle Biologiestrassen betrieben. Die Kapazität der ARA musste für den Anschluss der ARA Ruswil erhöht werden, wozu eine dritte Abwasserstrasse erstellt wurde. Aufgrund der engen Platzverhältnisse kam nur ein kompaktes Verfahren, entweder ein Hybridwirbelbett oder granuliert Biomasse [1], infrage. Das Ausbauziel 2047 wurde auf 14 700 EW festgelegt. Aufgrund von Betriebserfahrungen mit granulierter Biomasse auf der ARA Glarnerland [2] und da es keine problematischen Industrieeinleiter im Einzugsgebiet der ARA Blindei gibt, wurde ein Verfahren mit granulierter Biomasse gewählt. Eine Vorortbesichtigung auf der ARA Glarnerland überzeugte die Entscheidungsträger und das Betriebspersonal der ARA Blindei vom gewählten Verfahren. Es wurde auf der ARA Blindei kein Pilotversuch mit granulierter Biomasse durchgeführt, wie dies z.B. für die ARA Gossau-Grünigen durchgeführt worden war [3]. Für den Fall, dass das Verfahren dennoch nicht funktioniert hätte, wurde bei der Planung die Möglichkeit eines Umbaus auf ein Wirbelbett-Hybridverfahren mitberücksichtigt.

Kontakt: samuel.twerenbold@hunziker-betatech.ch

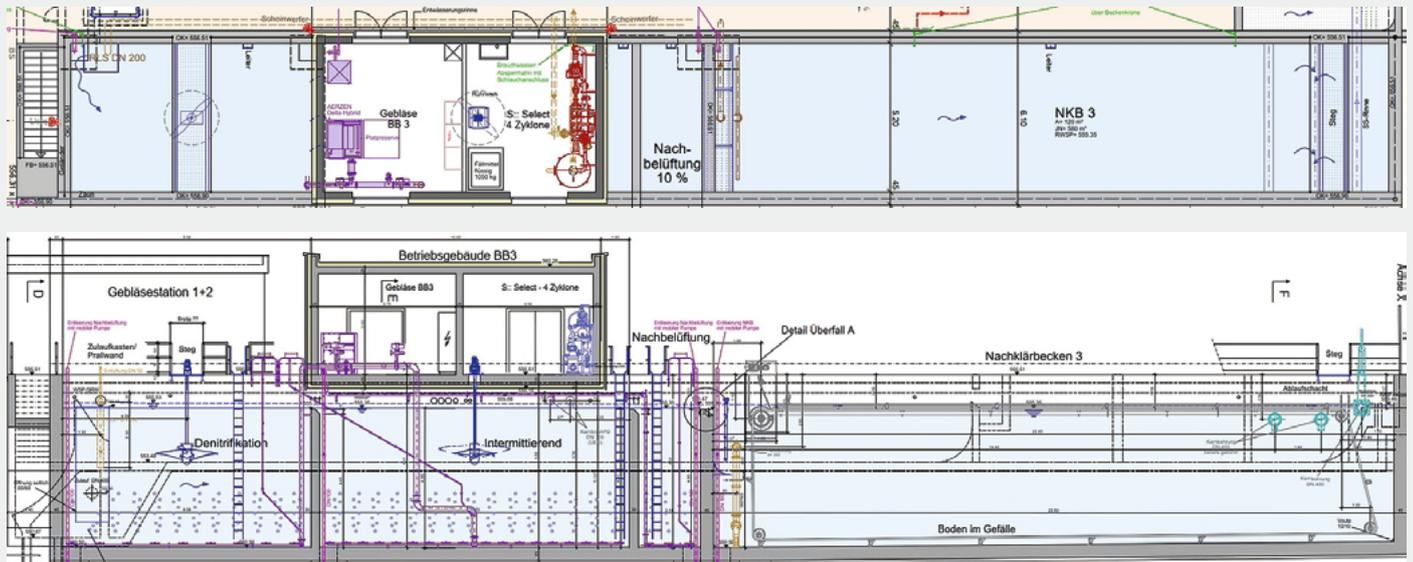


Fig. 1 Grundriss und Längsschnitt der Biologiestrasse 3.

VERFAHRENSBESCHREIB

ANLAGEN-LAYOUT

Das vorgeklärte Wasser wird auf der ARA Blindel bei 60% auf die Biologiestrasse 1 und 2 (je 370 m³) sowie zu 40% auf die neue Biologiestrasse 3 (540 m³) aufgeteilt. Die Biologiestrasse werden wie folgt betrieben:

Biologie 1+2: Konventionelles Belebtschlammverfahren

Den Biologiebecken 1 und 2 ist ein unbelüftetes Anoxbecken für die Denitrifikation vorgeschaltet. Die Biologiebecken 1 und 2 werden konventionell betrieben mit nachfolgenden Nachklärbecken. Der Rücklaufschlamm wird aus der Nachklärung abgezogen und in das gemeinsame Anoxbecken zurückgefördert. Ein Teil des Rücklaufschlammes wird als Überschussschlamm dem System entnommen und in der Überschussschlammentwässerung eingedickt.

Biologie 3: Verfahren mit granuliertem Belebtschlamm

Die neue Biologiestrasse 3 verfügt über drei Zonen (Fig. 1). Die Betriebsart der Zonen wird je nach Jahreszeit, Zulaufbelastung und Qualität der Ablaufwerte gewählt (Tab. 1). Im Sommer wird die erste Zone (40% von Biologie 3) ausschliesslich für die Denitrifikation genutzt und die zweite Zone (50% von Biologie 3) wird intermittierend belüftet. Im Winter oder bei schlechten Ablaufwerten wird die erste Zone intermittierend belüftet und die zweite Zone dauerbelüftet. Die dritte Zone (10% von Biologie 3) ist als Nachbelüftung

| | Zone 1 | Zone 2 | Zone 3 |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------|
| Sommer / gute Ablaufwerte | Denitrifikation | Intermittierend | Belüftet |
| Winter / schlechte Ablaufwerte | Intermittierend oder belüftet | Belüftet | Belüftet |

Tab. 1 Betriebsarten der drei Zonen in Biologie 3.



Fig. 2 Foto des Grobfilters (links, grün), der vier Hydrozyklone (rot) und des ÜSS-Vorlagebehälters (rechts).

ausgerüstet und wird dauerhaft belüftet. Dem Biologiebecken folgt ein Nachklärbecken.

Der dynamische Betrieb mit intermittierender Belüftung erlaubt eine Anpassung an die schwankenden Belastungen im Tagesverlauf. Zudem kann durch einen Wechsel der Betriebsart auf schlechte Ablaufwerte reagiert werden. Die intermittierende Betriebsweise und die damit verbundenen Einstellungsmöglichkeiten erfordern vom Betriebspersonal etwas mehr Aufmerksamkeit. Zudem ist die Ausrüstung umfassender, da in den ers-

ten beiden Zonen sowohl Rührwerke als auch separat zuschaltbare Belüftungsregister benötigt werden.

Der Rücklaufschlamm wird aus der Nachklärung abgezogen und in die erste Zone der Biologie zurückgefördert. Der Überschussschlamm wird dem Rücklaufschlamm entnommen und auf die Schlammselektionsanlage, bestehend aus vier Hydrozyklonen, gefördert (Fig. 2). In den Hydrozyklonen wird die granuliert Biomasse abgetrennt und in die zweite Zone der Biologie zurückgeleitet. Der Oberlauf aus den Hydrozyklonen wird

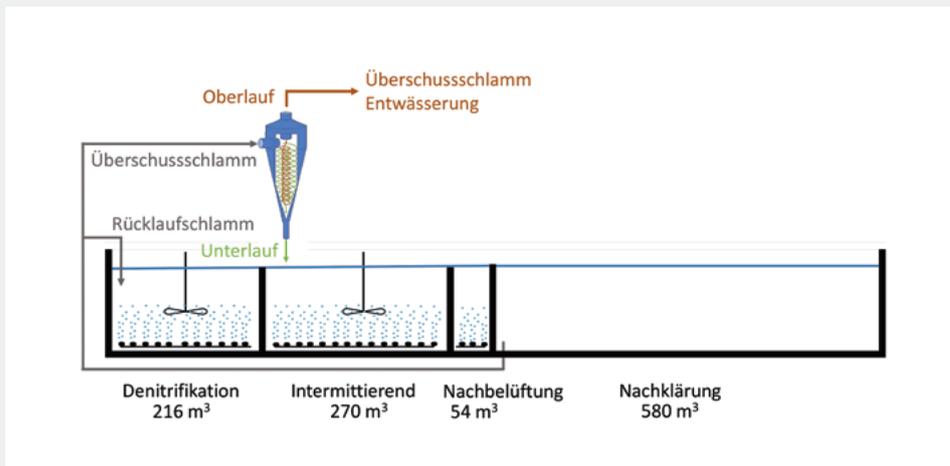


Fig. 3 Schema der Biologiestrasse 3 mit Schlammselektion.

als Überschussschlamm dem System entnommen.

In den vier Hydrozyklonen des S:Select®-Verfahrens wird der Schlamm aufgrund unterschiedlicher Absetzeigenschaften separiert (Fig. 3): Im Unterlauf wird der Granulenhaltige Schlamm mit höherer Dichte abgeschieden. Über den Oberlauf wird der Schlamm mit geringerer Dichte und somit schlechteren Absetzeigenschaften abgegeben. Die Hydrozyklone sind über dem Biologiebecken 3 aufgebaut, sodass der Unterlauf direkt ins Biologiebecken zurückgeleitet werden kann. Der Oberlauf wird als Überschussschlamm über die Schlammverdickungsanlage der Faulung zugeführt.

EINFAHREN MIT GRANULIERTER BIOMASSE

Im Sommer 2022 wurde die Biologiestrasse 3 fertiggestellt und in Betrieb genommen. Auf diese Weise stand bis zum Anschluss der ARA Ruswil ein halbes Jahr zur Verfügung, um die neue Abwasserstrasse einzufahren und die Granulumbildung zu beobachten. Um im Einfahrbetrieb die Bildung von Granulen zu initiieren, war vom Lieferanten die Zugabe von Wachstumskeimen aus Kunststoff vorgesehen. Es wurde jedoch entschieden, auf die Zugabe zu verzichten und stattdessen auf eine Animpfung mit granuliertem Schlamm aus der ARA Oberes Wiggertal zu setzen. Auf dieser ARA war eine Versuchsanlage des gleichen

Lieferanten in Betrieb, woraus granulierter Schlamm bezogen werden konnte. Es wurden zwei Tanklastwagen-Ladungen angeliefert. Zusätzlich wurde Schlamm aus den beiden konventionell betriebenen Strassen 1 und 2 zugegeben.

Die drei Strassen wurden zu Beginn parallel betrieben, bis festgestellt wurde, dass die Anzahl Granulen mit der Zeit eher abnahm. Es ist anzunehmen, dass aufgrund der tiefen Belastung und der daraus folgend tiefen Überschussschlamm-Produktion keine ausreichende Schlammselektion über die Hydrozyklone erreicht wurde und so auch flockenförmige Biomasse einwachsen konnte. Daher wurde nach rund zwei Monaten eine der beiden konventionell betriebenen Biologiestrassen (Biologie 1) ausser Betrieb genommen. Danach konnte ein Zuwachs der Granulen festgestellt werden. Kurz vor Anschluss der ARA Ruswil wurden wieder alle drei Strassen in Betrieb genommen, um genügend Reinigungskapazität zur Verfügung zu stellen.

Mikroskopische Bilder des Schlammes aus den drei Biologiestrassen (Fig. 4a-e) zeigen, dass die Schlammflocken in Biologie 3 deutlich grösser und kompakter sind als in Biologie 1 und 2. Im Unterlauf der Hydrozyklone sind die Granulen gut zu erkennen. Im Gegensatz dazu enthält der schlechter absetzbare Schlamm im Oberlauf praktisch keine Granulen.

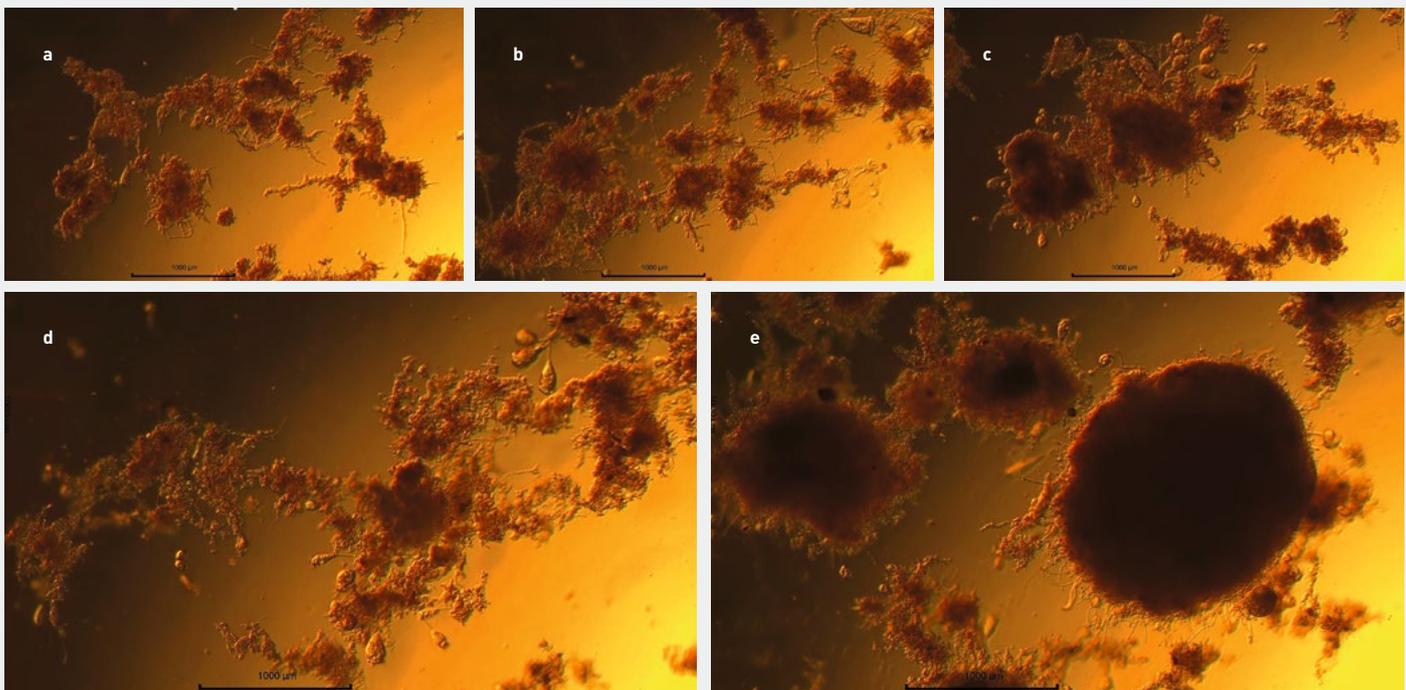


Fig. 4 Schlamm aus den drei Biologiestrassen der ARA Blindei unter dem Lichtmikroskop: a) Schlamm aus Biologie 1; b) Schlamm aus Biologie 2; c) Schlamm aus Biologie 3; d) Schlamm aus dem Oberlauf der Zyklone; e) Schlamm aus dem Unterlauf der Zyklone. Die Aufnahmen wurden am 29. November 2023 gemacht. Der schwarze Balken entspricht einem Millimeter.

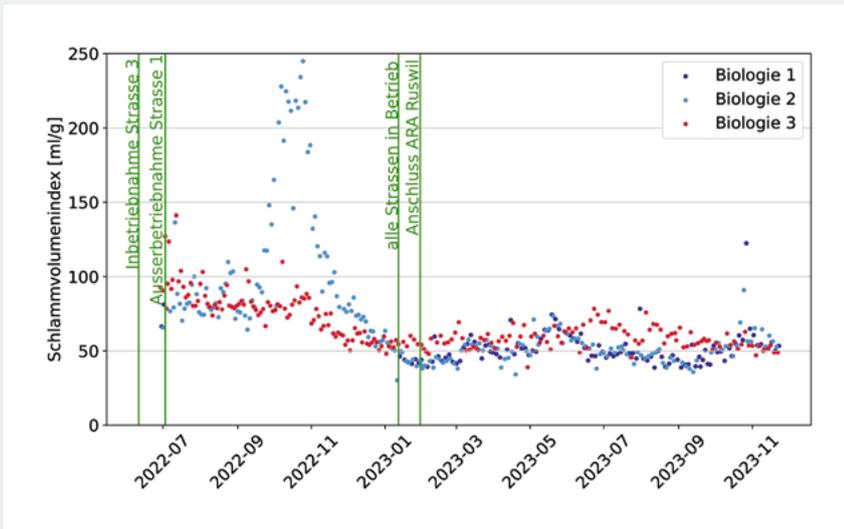


Fig. 5 Verlauf der Schlammvolumenindices seit Inbetriebnahme der Biologie 3.

| | Einleitbedingung [mg/l] | Messwert [90%-Quantil] [mg/l] | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------|
| | | Biologie 1+2 | Biologie 3 |
| GUS | 15 | 11,5 | 8,0 |
| CSB | 45 | 32,3 | 26,0 |
| NH ₃ /NH ₄ -N | 2,0 | 1,4 | 2,1 |
| NO ₂ -N | 0,3 | 1,1 | 0,4 |
| N _{ges} | - | 26,2 | 22,0 |

Tab. 2 Einleitbedingungen und Messwerte für die ARA Blindel nach Anschluss der ARA Ruswil.

DATENAUSWERTUNG

SCHLAMMVOLUMENINDEX

Der Schlammvolumenindex (SVI) wird in den drei Biologiestrassen rund alle drei Tage gemessen. Ein deutlicher Anstieg des SVI in Biologie 2 im Herbst 2022 ist in *Figur 5* zu erkennen, wohingegen in Biologie 3 ein stabiler SVI gemessen wurde. Dies zeigt, dass das Verfahren mit granulierter Biomasse und Selektion über Hydrozyklone hilft, um einen ganzjährig konstanten SVI zu erreichen.

ABLAUFWERTE

Für die ausgebaute ARA Blindel gelten die Einleitbedingungen gemäss erster Spalte in *Tabelle 2*. Die Messwerte des Auslaufs über die Zeitperiode vom 22. Juni 2022 bis 26. November 2023 sind als 90%-Quantil berechnet und ebenfalls dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass die Messwerte im Auslauf von Biologie 3 für die gesamten ungelösten Stoffe (GUS), den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB), Nitrit (NO₂) und den gesamten Stickstoff (N_{ges}) tiefer sind als im Ablauf von Biologie 1 und 2. Das 90%-Quantil der Ammoniumkonzentration (NH₄) ist im Ablauf von Biologie 3 höher als in Bio-

logie 1 und 2. Dies hat mit dem Finden der korrekten Einstellung für die intermittierende Belüftung zu tun.

Es kam zu einzelnen Überschreitungen der Einleitbedingungen. Diese sind aber auf Probleme bei der Dosierung von Faulwasser, bei der Einstellung der Belüftungsregelung und auf spezielle Bedingungen durch die Entleerung der ARA Ruswil zurückzuführen. In *Figur 6* ist der Unterschied bezüglich Trübung im

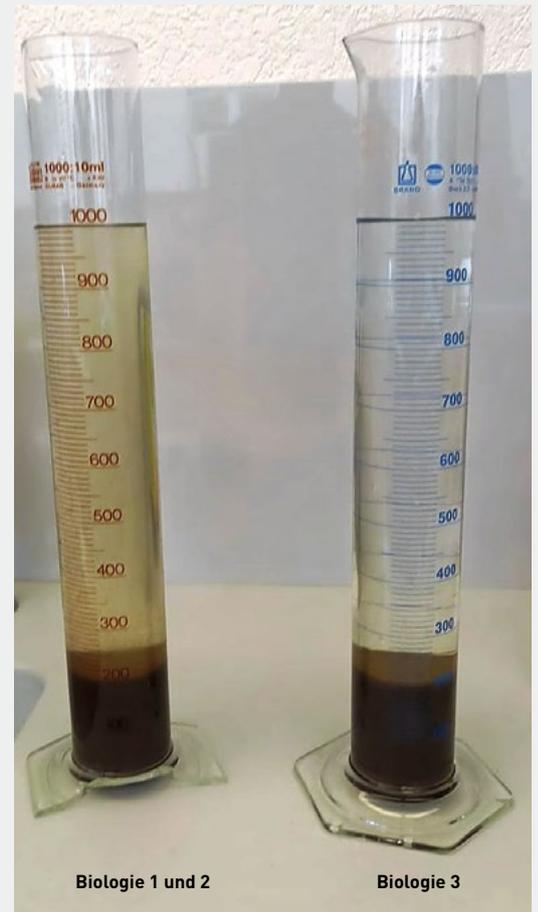


Fig. 6 Visueller Unterschied bezüglich Trübung im Ablauf (19. April 2023).

Ablauf von Biologie 1 und 2 gegenüber Biologie 3 gut sichtbar. renbold

STICKSTOFFELIMINATION

In *Figur 7* ist der jährliche Verlauf der Nitritkonzentration im Auslauf von Biologie 1 und 2 sowie von Biologie 3 dargestellt. Im Winter ist ein starker Anstieg in Biologie 1 und 2 festzustellen. Die

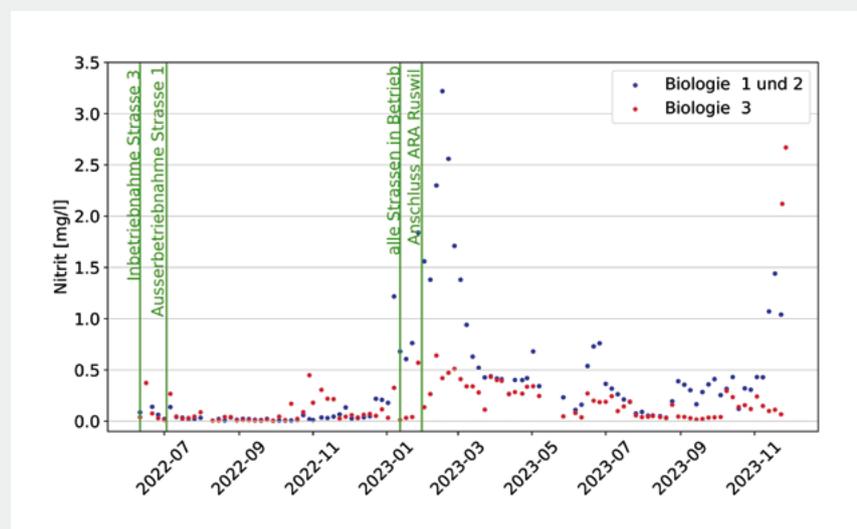


Fig. 7 Nitritkonzentrationen im Auslauf von Biologie 1 und 2 sowie von Biologie 3.

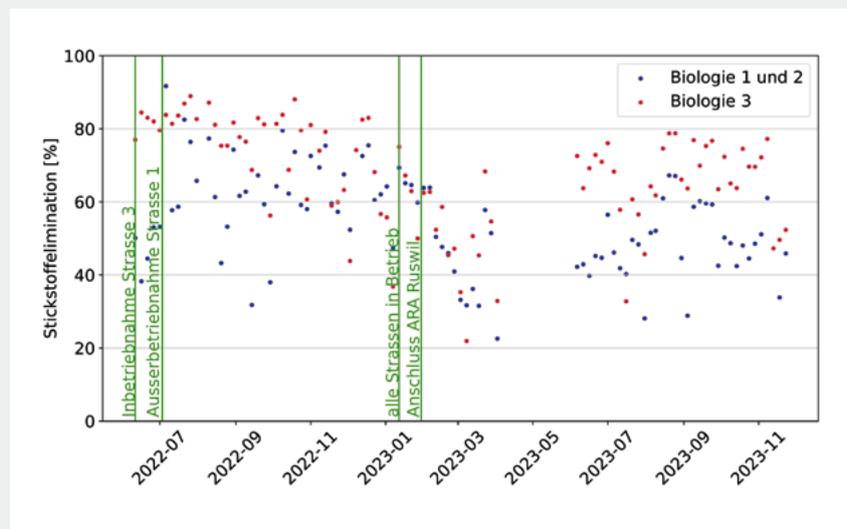


Fig. 8 Stickstoffelimination, bezogen auf Auslauf Vorklärung bis Auslauf Nachklärung für die Biologiestrassen 1 und 2 sowie 3.

ABKÜRZUNGEN UND DEFINITIONEN

- ARA: Abwasserreinigungsanlage
 EW: Einwohnerwerte (= natürliche Einwohner plus Industrie)
 SVI: Schlammvolumenindex des Belebtschlammes im Biologiebecken
 TS: Trockensubstanzgehalt des Belebtschlammes im Biologiebecken

Konzentrationen im Auslauf von Biologie 3 sind geringer als in Biologie 1 und 2. Schon im ersten Winter nach der Inbetriebnahme konnten in Biologie 3 tiefere Werte erreicht werden, obwohl die Einstellungen noch nicht perfekt waren.

Die ausgewiesene Stickstoffelimination in *Figur 8* bezieht sich auf die Eliminationsleistung zwischen Ablauf Vorklärung und Ablauf Nachklärung, da keine Rohwassermessungen vorhanden sind. Im Ablauf der Vorklärung sind die Faulwasser-Rückläufe enthalten. In der Biologiestrasse 3 wurden im Sommer 2022 bei reduzierter Belastung Werte von 75–80% erreicht, im Sommer 2023 bei normaler Belastung rund 70%. Über das erste Betriebsjahr lag die mittlere Stickstoff-Ablaufkonzentration in Biologie 3 rund 30% tiefer als in Biologie 1 und 2. Dies lässt sich durch den intermittierenden Belüftungsbetrieb in Biologie 3 mit Nutzung des Denitrifikationspotenzials während der Schwachlastzeiten erklären. Wird das Biologiebecken 3 ebenfalls dauerbelüftet, ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Strassen 1 und 2 sowie 3 erkennbar. Dies war Anfang 2023 der

Fall, als wegen noch nicht optimaler Einstellungen Biologie 3 auf Dauerbelüftung umgestellt wurde.

BETRIEBSERFAHRUNGEN

Die Schlammigenschaften und insbesondere das Vorhandensein von granulierter Biomasse können unter dem Lichtmikroskop gut beurteilt werden. Wie in den Figuren *4a–e* aufgezeigt, sind die Unterschiede zwischen Ober- und Unterlauf aus den Hydrozyklonen markant. Ebenfalls zeigt der Schlamm im Becken 3 ein deutlich anderes Bild als jener aus den Becken 1 und 2.

Als weiterer Indikator für das Vorhandensein von granulierter Biomasse und das Funktionieren des Verfahrens kann mit einer am Belüftungsbecken 3 montierten Vorrichtung die Absetzgeschwindigkeit bestimmt werden. Durch den Lieferanten wird eine Absetzgeschwindigkeit von >3 Meter pro Stunde garantiert. Die Ablaufwerte entsprachen schon unmittelbar nach der Inbetriebsetzung mit den im Winter den Erwartungen. Die Ablaufwerte der Strasse 3 sind in der Regel besser als die Werte der Strassen 1 und 2 und die Betriebsbedingungen stabiler. So wird ein konstanter Schlammvolumenindex erreicht, womit der TS-Gehalt in der Biologie ganzjährig auf hohem Niveau gehalten werden kann.

FAZIT

Mit der ARA Blindei wurde in der Schweiz erstmals eine mittelgrosse ARA (rund 15 000 EW) mit einem Verfahren zur

Bildung von granulierter Biomasse ausgerüstet. Die Betriebserfahrungen sind durchwegs positiv, der Betriebsaufwand hält sich in Grenzen und das Betriebspersonal hat die Anlage im Griff. Bisher war in der Schweiz mit der ARA Glarnerland [2] nur eine deutlich grössere Anlage (105 000 EW) mit grösserem Personalpool mit diesem Verfahren in Betrieb.

Auf der ARA Blindei wurde bewusst auf einen Pilotbetrieb [3] für das Hydrozyklonverfahren zur Bildung von granulierter Biomasse verzichtet. Da im Einzugsgebiet wenig Industrie vorhanden und Abwasser damit häuslich geprägt ist, wurde das Risiko eines Misserfolges als klein eingestuft.

Bei der Inbetriebnahme wurden zwei Tanklastwagen mit granulierter Biomasse aus einer anderen ARA zugegeben; so konnte auf den Einsatz von künstlichen Wachstumskeimen aus Kunststoff verzichtet werden. Die Anlage wurde rund ein halbes Jahr vor dem Anschluss der ARA Ruswil in Betrieb genommen, wodurch die Anlage vorgängig eingefahren und Betriebserfahrung gewonnen werden konnten.

Beim Einfahrprozess zeigte sich, dass eine genügend hohe Schlammbelastung vorliegen muss, damit die Granulen gut einwachsen. Deshalb wurde einige Wochen nach der Inbetriebnahme eines der beiden bisherigen, konventionell betriebenen Biologiebecken ausser Betrieb genommen. Nach einer kurzen Einfahrphase wurde ein stabiler Betrieb erreicht. Die Hydrozyklone für die Schlammseparierung wurden in einem Gebäude über den Biologiebecken untergebracht.

DANKSAGUNG

Ein grosser Dank geht an das Personal der ARA Blindei, *Franz Wicki*, *Christoph Burri* und *Martin Banz* für das grosse Interesse am neuen Verfahren und die Unterstützung beim Inbetriebnahmeprozess sowie für das Zurverfügungstellen von Betriebsdaten, Mikroskopaufnahmen und Informationen. Ebenfalls ein grosser Dank geht an den Gemeindeverband Abwasserreinigung Wolhusen-Werthenstein-Ruswil für die Offenheit, auf ein neues Reinigungsverfahren zu setzen. Speziell zu erwähnen ist die Gemeinde Ruswil, die als Anschlussgemeinde den Ausbau finanziert hat.

Diese Platzierung hat den Vorteil, dass der Unterlauf der Zykclone, welcher die Granulen enthält, direkt in das Becken zurückgeleitet werden kann. Die Aufstellungsart ist zudem platzsparend und kann auch auf bereits bestehenden Biologiebecken angewendet werden.

Die Aufteilung des Biologiebeckens in drei verschiedene Zonen, die individuell betrieben werden können, hat sich bewährt. So können die Zonen 1 und 2 saisonal unterschiedlich betrieben werden. Es wird intermittierend und angepasst an die Belastungssituation belüftet, um möglichst ideale Bedingungen zur Granulumbildung zu schaffen. Durch die optimale Nutzung der unbelüfteten Phasen

wird eine gute Stickstoffelimination erreicht.

Auf der ARA Blindei kann ein direkter Vergleich der Reinigungsleistung zwischen den konventionell betriebenen Biologiestrassen 1 und 2 und der mit granulierter Biomasse betriebenen Strasse 3 gemacht werden. Die geforderten Ablaufwerte können nach der Einfahrphase bei der neuen Strasse 3 problemlos eingehalten werden. Gegenüber den Strassen 1 und 2 weist sie insbesondere eine höhere Stickstoffelimination und weniger Trübung im Ablauf auf. Die stabilen Nitrit-Ablaufwerte zeigen, dass die Nitrifikation ganzjährig gut funktioniert. Einzelne Ausreisser sind der Einfahrphase mit Op-

timierung der Einstellungen geschuldet. Die ersten Betriebserfahrungen mit dem neuen Verfahren und die Reinigungsleistung der dritten biologischen Reinigungsstrasse sind insgesamt sehr gut.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DWA-Arbeitsgruppe KA-6.3 «Biofilmverfahren» (2021): *Aerobe Verfahren mit granuliertem Schlamm zur Abwasserbehandlung. Korrespondenz Abwasser Abfall* 68(4), 281–288
- [2] Meyer, A.; Biermann, K. (2021): *Bessere Schlamm-eigenschaften mit S::Select®, Entwicklung und Betriebserfahrungen des neuen Verfahrens auf der ARA Glarnerland. Aqua & Gas* 9/2021: 68–72
- [3] Fumasoli, A. et al. (2024) *inDENSE®-Verfahren für granulierten Schlamm. Aqua & Gas* 1/2024: 32–39



**SCHLAMM-
ENTWÄSSERUNGSPRESSE**
MEHR INFOS UNTER FREIWAG.CH

F W. FREI AG
CH-5313 Klingnau / AG
Kläranlagen-Ausrüstungen

WEGAS
Wasser | Elektrizität | Gas | Abwasser | Sanitär
Pressringe & Hauseinführungen

MTC2000
Halterungs-Systeme