

REGELBASIERTE KANAL- NETZREGELUNG UND NALA

OPTIMIERUNG DES ENTWÄSSERUNGSSYSTEMS DER ERZO ARA

Die regeltechnische Bewirtschaftung von Kanalnetzen kann dazu beitragen, Mischabwasserentlastungen in die Gewässer zu reduzieren. Doch welche Regelung bringt wieviel? Braucht es überall digitale Zwillinge? Ein umgesetztes Projekt der erzo ARA liefert Antworten.

*Robin Aerts, Holinger AG
Matthias Stähle, Holinger AG
Michael Brögli, Holinger AG
Adrian Burkart, erzo ARA*

RÉSUMÉ

RÉGULATION DU RÉSEAU DE CANALISATIONS BASÉE SUR DES RÈGLES ET NALA POUR LA STEP ERZO

La *STEP* erzo traite chaque année environ 6 millions de m³ d'eaux usées provenant des 6 communes associées, à savoir Brittnau, Oftringen, Reiden, Strengelbach, Wikon et Zofingen. En vue d'évaluer un nouveau bassin d'eaux pluviales (RÜB Wiggermatten), un modèle de charge détaillé est créé dans SIMBA et complété par le nouveau système de vérification des immissions NALA. NALA calcule la concentration d'ammoniac à long terme dans les eaux réceptrices à partir de données de mesure provenant du réseau de canalisations et des eaux, ce qui permet une évaluation écologique fondée. NALA permet d'élaborer un état visé qui répond aux exigences de la protection des eaux. Dans une étape ultérieure, une régulation du réseau de canalisations basée sur des règles est simulée, avec des écoulements d'étranglement dynamiques, etc. La meilleure variante choisie réduit la charge annuelle d'ammonium de 10 à 20% et répond à toutes les exigences cantonales en matière de protection des eaux. Des simulations à long terme confirment une réduction significative des décharges en quantité et en pourcentages, spécifiques au cours d'eau. La nouvelle régulation exploite de manière optimale le volume de stockage existant et améliore durablement la protection des eaux. D'autres étapes d'extension sont en cours de planification. Un contrôle complet des résultats sera effectué 2 ans après la mise en œuvre.

EINLEITUNG

Die Abwasserreinigungsanlage *erzo ARA* reinigt pro Jahr ca. 6 Mio. m³ Abwasser von rund 37 000 angeschlossenen Personen sowie der ansässigen Industrie der Verbandsgemeinden Brittnau, Oftringen, Reiden, Strengelbach, Wikon und Zofingen. Das Kanalnetz verfügt über elf Regenüberlaufbecken (RÜB) und 24 Regenüberläufe (RÜ) mit einem Gesamtspeichervolumen von ca. 15 000 m³. Das spezifische Speichervolumen (Verhältnis von Speichervolumen zu reduzierter Fläche) beträgt 38 m³/ha_{red}. Das wichtigste Einleitgewässer ist die Wigger mit einem mittleren Gewässerabfluss (MQ) von 4,1 m³/s.

Um deren Wasserqualität, insbesondere bei starken Niederschlägen, zu verbessern, sieht der Generelle Entwässerungsplan für den Abwasserverband (VGEP) von 2011 den Bau eines zusätzlichen Regenüberlaufbeckens (RÜB Wiggermatten) mit 3000 m³ Speichervolumen vor der ARA vor.

FRACHTMODELLIERUNG MIT SIMBA

Um zu prüfen, ob diese Massnahme nach VSA-Richtlinie «Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter» (2019) notwendig ist, wurde ein Frachtmodell in der Simulationssoftware *Simba (ifak)* aufgebaut und mittels der vorhandenen Niveau- und Durchfluss-

Kontakt: R. Aerts, robin.aerts@holinger.com

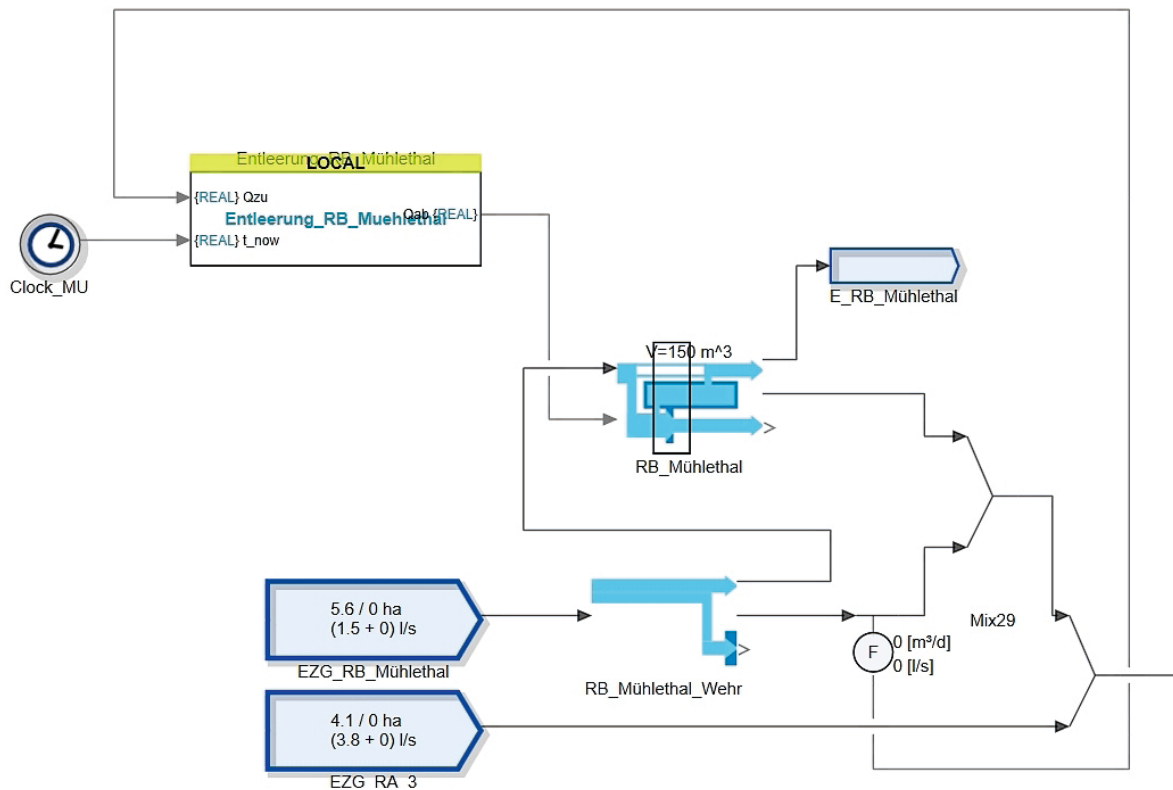


Fig. 1 Ausschnitt aus dem Simba-Modell (11 RÜB, 24 RÜ, 36 Teileinzugsgebiete, diverse Auswertungs- und Regelungsblöcke) des Ist-Zustands.

messungen über zwei Jahre kalibriert. *Figur 1* zeigt den blockweisen Aufbau des Modells anhand eines Ausschnitts.

Anders als im Plan-Zustand, bei dem Bevölkerungs- sowie Flächenwachstum miterücksichtigt wurde, zeigen die Resultate im Ist-Zustand keine Überschreitung des Orientierungswerts der gewässerspezifischen Entlastungsfracht nach VSA-Richtlinie.

Parallel zum Simulationsmodell wurde während eines mehrmonatigen Probetriebs der maximale ARA-Zulauf von 600 l/s auf 700 l/s erhöht, was zu einer erheblichen Reduktion der Mischabwasserentlastungen führte.

Bei der Frachtmodellierung zur Bestimmung des notwendigen Speichervolumens des letzten zu bauenden RÜB vor der ARA, des RÜB Wiggermatten, wurde erstmals die Methodik *NALA* (eigens entwickelt) für den Immissionsnachweis angewandt.

IMMISSIONSBERECHNUNG MIT NALA

NALA steht für «Nachweis der aufnahmegewässergerechten langzeitlichen Ammoniakimmission». Dank dieser deterministischen Berechnung, die auf hochaufgelösten Messdaten sowohl für das Mischabwasser wie auch für das Gewässer beruht, kann der ökotoxikologische Nachweis erbracht werden, ob ein spezifisches Aufnahmegewässer bei der Mischabwasserentlastungsstelle kritische Ammoniakwerte in zu hoher Häufigkeit erreicht. Das fischtoxische Ammoniak (NH_3) befindet sich im Gewässer in einem Dissoziationsgleichgewicht mit Ammonium (NH_4^+). Je höher pH-Wert und Temperatur, desto mehr verschiebt sich dieses Gleichgewicht zugunsten des Ammoniaks.

Nachdem die Konzentrationen an gelösten Karbonaten sowohl für Gewässer als auch für das entlastete Mischabwasser auf Basis von möglichst vorhandenen Messungen berechnet sind, werden mittels Mischrechnung unter Annahme instantaner Volldurchmischung im Gewässer die Alkalinität und Konzentration an gelösten Karbonaten nach der Entlastung ermittelt. Anschliessend wird der pH-Wert im Gewässer nach Entlastung bestimmt. Die Säurekonstante, bzw. der pKS-Wert, wird in Abhängigkeit der Gewässertemperatur berechnet und bestimmt

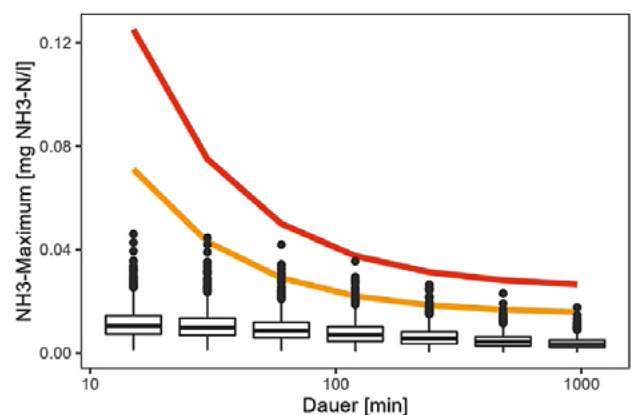


Fig. 2 NH₃-Maxima über 20 Jahre bei der Entlastungsstelle RÜB Wiggermatten bei verschiedenen Expositionsdauern im Vergleich mit Stufe 0 (LC0) in gelb und Stufe 1 (LC10) in rot.

das Verhältnis zwischen Ammoniak und Ammonium. Auf diese Weise können die Ammoniak-Konzentration und insbesondere die Ammoniak-Konzentrationspitzen im Gewässer deterministisch langfristig (bspw. 20–30 Jahre) berechnet und statistisch ausgewertet werden.

Figur 2 zeigt die Resultate der Immissionsberechnung bei der Entlastungsstelle des RÜB Wiggernmatten. Hierbei wird für jedes Entlastungsereignis die maximale Ammoniakkonzentration im Gewässer über sieben verschiedene Dauerstufen bestimmt, was die sieben Boxplots ergibt. Von Dauerstufe zu Dauerstufe verdoppelt sich jeweils die Expositionszeit, beginnend ab 15 Minuten. Die orangene und die rote Kurve repräsentieren die VSA-Immissionsrichtwerte Stufe 0 (LC0) respektive Stufe 1 (LC10).

Dank NALA kann ein Soll-Zustand erarbeitet werden, der den Anforderungen des Gewässerschutzes gerecht wird. Die vorhandenen und verwendeten Messdaten für das Kanalnetz und das Aufnahmegewässer ermöglichen deterministische Berechnungen zur Akuttoxizität.

KANALNETZREGELUNG

Wie in der VSA-Richtlinie «Bewirtschaftung des Gesamtsystems Kanalnetz-ARA-Gewässer» (2025) empfohlen wird, soll zusätzlich die Kanalnetzregelung der erzo ARA überarbeitet werden. Kanalnetzregelungen können zu einer teilweise deutlichen Reduktion der Mischabwasserentlastungen führen, und so den Gewässerschutz im Einzugsgebiet und im Speziellen für sensitive Aufnahmegewässer stärken.

Ziel dieses Projekts ist die Ausarbeitung einer neuen, zeitgemässen Kanalnetzregelung für die erzo ARA. Zu diesem Zweck wird das bestehende Schmutzfrachtmodell verwendet und mit verschiedenen Berechnungsvarianten der Kanalnetzregelung versehen. Die Varianten basieren auf einem kalibrierten hydrologischen Modell und reichen von dynamischen Regelungen bis zu modellprädiktiven Regelungen. Diese sind in Tabelle 1 aufgeführt. Diese Varianten werden anschliessend in Bezug auf Entlastungsfracht (pro Bauwerk und in der Summe), gewässerspezifische Entlastungsfracht, Entlastungsanteil, Robustheit und Akzeptanz verglichen und beurteilt.

Die Varianten werden im bestehenden Frachtmodell mit der Software Simba

(ifak) implementiert und in einer Langzeitsimulation über 20 Jahre miteinander verglichen. Der Effekt der räumlichen Heterogenität des Niederschlags wurde in der Modellierung und bei der Wahl der Bestvariante ebenfalls berücksichtigt. Das Basismodul besteht aus koordinierter Entleerung und dynamischem Drosselabfluss. Die dynamische Regelung der Drosselabflüsse ist in dieser Variante als DFD-Regelung (Downstream Filling Degree, bzw. «Füllgradausgleich mit Nachbar Unterstrom») realisiert. Für

jedes Bauwerk sind drei Drosselabflüsse definiert:

- Minimaler Drosselabfluss $Q_{ab,min}$: Abfluss, der an 85% der Trockenwettertage zu jeder Tageszeit unterschritten wird. Damit soll ein zeitweiser Einstau von Schmutzabwasser verhindert werden.
- Maximaler Drosselabfluss $Q_{ab,max}$: $Q_{max}/Q_{voll} < 85\%$ gemäss VGEP-Modell
- Statisch optimierter Drosselabfluss $Q_{ab,norm}$: Drosselabfluss gemäss VGEP

| Variante | Vorteile | Nachteile |
|----------------------|---|---|
| Ausgangslage | keine Implementierungskosten + | keine optimale Ausnutzung der bestehenden Infrastruktur, kein ökologischer Mehrwert -- |
| Basismodul | robustes, dennoch innovatives System mit hoher Wirkung +++ | möglicherweise punktuelle Erhöhung der Entlastungsaktivität - |
| Regenprognose | Infrastruktur reagiert auf Prognose + | keine Verbesserung gemäss Simulation, Qualität Wetterprognose, Abhängigkeit Verfügbarkeit Wetterprognose --- |
| Ausreizung RÜB Wikon | maximale Ausnutzung an hydraulischem Engpass im Netz +++ | Risiko, Abhängigkeit Verfügbarkeit Niveaumessung - |

Tab. 1 Übersicht der geprüften Varianten mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen, gewichtet durch das Projektteam.

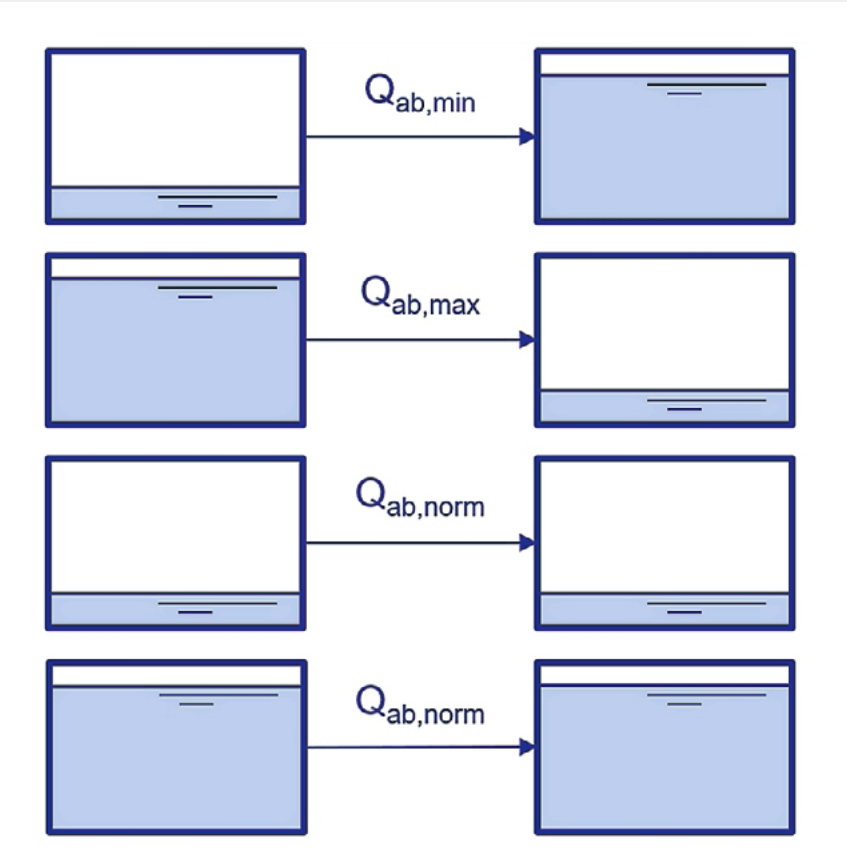


Fig. 3 Gewählte Bestvariante: Füllgradausgleich durch dynamische Drosselabflüsse unter Berücksichtigung der Gewässersensitivität.

Je nach Differenz der Niveaus zwischen einem Becken und dem in Fliessrichtung nächsten Becken wird ein unterschiedlicher maximaler Drosselabfluss eingestellt, vgl. *Figur 3*. Die koordinierte Beckenentleerung verhindert eine Entlastung des durch Entleerungspumpen in das Entwässerungsnetz zurückgeführte Mischabwasser in nachfolgenden RÜB oder vor der ARA. Die dynamische Regelung der Drosselabflüsse wurde gewählt, um eine möglichst gute Ausnutzung des gesamten im Netz zur Verfügung stehenden Speichervolumens, unter Berücksichtigung der Gewässersensitivität, während eines Regenereignisses zu erreichen. Dieser Nutzen verstärkt sich bei ungleichmässiger Niederschlagsverteilung im ARA-Einzugsgebiet.

Eine weitere geprüfte Variante, die «Regenprognose», berücksichtigt aktiv Niederschlagsprognosen und priorisiert die Entleerung in Gebieten mit vorhergesagtem Regen. Aufgrund der aktuellen in der Schweiz verfügbaren Qualität der Niederschlagsprognosen, die insbesondere in den relevanten kurzen Dauerstufen und bei Gewitterereignissen noch zu schlecht ist, wurde diese Variante verworfen.

Es kann gefolgert werden, dass mit der Umsetzung der gewählten Bestvariante der Kanalnetzregelung zusammen eine Reduktion der jährlichen Ammonium-Entlastungsfrachten von rund 10–20% gegenüber dem heutigen Regelungsstand erwirkt werden kann.

Die gewässerspezifische Entlastungsfracht wird gemäss Simulation bei fast allen Becken relevant reduziert. Der Orientierungswert von 500 (kg NH₄-N/a)/(m³/s) wird überall eingehalten. Der Entlastungsanteil wird bei fast allen Becken ebenfalls deutlich reduziert. Die kantonale Mindestanforderung von 2% wird bei allen Sonderbauwerken eingehalten.

Figur 4 zeigt Messdaten aus dem Prozessleitsystem während eines ausge-

wählten Einzelereignisses (15.06.2025) mit bereits der inzwischen umgesetzten Kanalnetzregelung. Während dieses Ereignisses füllt sich das RÜB Aeschwuh, während das weiter oben situierte RÜB BZZ leer bleibt (vgl. stark vereinfachtes Einleitschema *Fig. 5*). Aus diesem Grund wird der Drosselabfluss des RÜB BZZ von den normalerweise eingestellten 330 l/s auf 160 l/s reduziert. Das übrige Mischabwasser wird im Stauraumkanal

vor dem RÜB BZZ eingestaut und führt schliesslich zu einer Befüllung des Zulaufpumpwerks zum RÜB BZZ.

Ohne Kanalnetzregelung wären konstant 330 l/s weitergeleitet worden, was mutmasslich zu höheren Entlastungsmengen in die Wigger geführt hätte. Die implementierte Kanalnetzregelung verbessert damit den Gewässerschutz und optimiert die vorhandene Abwasserinfrastruktur.

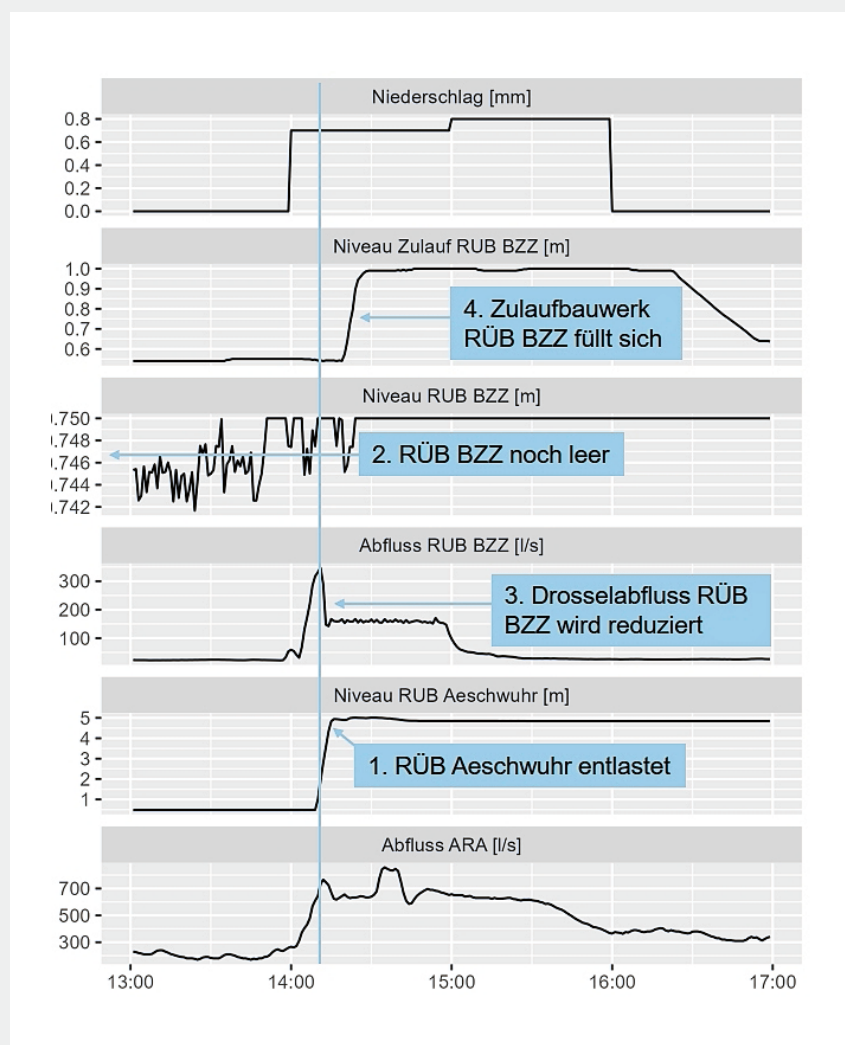


Fig. 4 Visualisierte Messdaten während eines ausgewählten Einzelereignisses mit aktiver Kanalnetzregelung (15.06.2025).

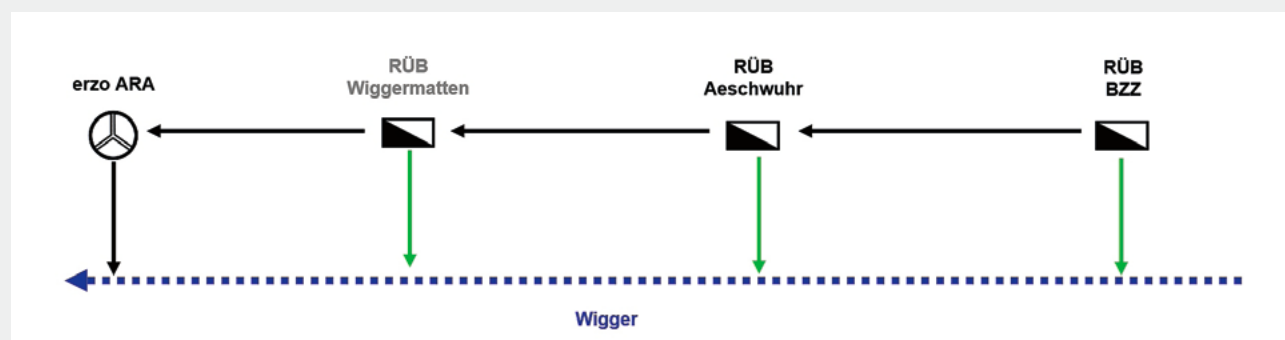


Fig. 5 Stark vereinfachtes Einleitschema für die letzten RÜB der erzo ARA.

AUSBLICK

Mit der Umsetzung der Kanalnetzregelung ist ein weiterer wichtiger Schritt für die Gesamtbewirtschaftung Kanalnetz – *erzo ARA* – Gewässer erfolgt. Die Ergebnisse legen die Grundlage für zukünftige Optimierungen.

In naher Zukunft sind die Anpassungen bei Inbetriebnahme des RÜB Wiggematten und weitere Erweiterungen der Regelung gewisser Sonderbauwerke geplant. Bei Letzterem geht es um die aktive Bewirtschaftung eines Engpasses im Kanalnetz über eine zukünftige

Niveaumessung im kritischen Bereich des Abschnitts, um in Abhängigkeit von den direkt entwässerten Flächen bzw. dem Teilfüllungsgrad im kritischen Abschnitt den Drosselabfluss des RÜB zwischen 140 und 300 l/s variieren zu können. Eine umfassende Funktions- und Erfolgskontrolle erfolgt zwei Jahre nach Umsetzung.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Aerts, R.; Blumensaat, F. (2021): Bewertung von Entwässerungssystemen – Herausforderungen emissionsbasierter Optimierungsstrategien. *Aqua & Gas* 10/21
- [2] Aerts, R. et al. (2023): Ammoniak-Immissions-

berechnung – Tücken in der Planung und Beurteilung von Mischabwassereinleitungen in Fließgewässer. *Aqua & Gas* 09/23

[3] Emerson, K. et al. (1975): Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J. Fish Res. Bd. Can.* 32: 2379 – 2389

[4] Kroll, A. (2022): Einschätzung zu VSA STORM NH₃-Konzentration-Dauer-Kurven. Kurzbericht. Oekotoxzentrum, Eawag

[5] Krejci, V. et al. (2004): Akute Ammoniak- und hydraulische Beeinträchtigungen. *gwa* 9/04: 671–679

[6] Whitelaw, K.; de L.G. Solbé J.F. (1989): River catchment management: an approach to the derivation of quality standards for farm pollution and storm sewage discharges. *Wat.Sci.Tech* 21: 1065–1076

ZÜRICH, SWITZERLAND
6 - 10 OCTOBER 2025



EUROPEAN
GEOTHERMAL
CONGRESS
2025



Will you join us in Zurich?
Book your ticket today!

www.europeangeothermalcongress.eu

SVGW-Fachtagung

Branchen-Update Gas



**Jetzt
anmelden!**



**23. Oktober 2025
Kongresshaus Biel**

Die Gasversorgungsbranche ist im Wandel. An der Fachtagung werden Lösungen zu den dringendsten Herausforderungen der Gasbranche vorgestellt:

- Gasinstallationen & Netze
- Einspeisung erneuerbarer Gase
- Ausserbetriebnahme von Netzen
- Methanemissionsvermeidung



SVGW

Association pour l'eau, le gaz et la chaleur
Associazione per l'acqua, il gas e il calore
Fachverband für Wasser, Gas und Wärme