

## Regelbasierte Kanalnetzregelung und NALA für erzo ARA

Robin Aerts<sup>1</sup>, Matthias Stähle<sup>1</sup>, Michael Brögli<sup>1</sup>, Adrian Burkart<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HOLINGER AG, Winterthur, Schweiz

<sup>2</sup> erzo ARA, Oftringen, Schweiz

### Kurzfassung:

Die Abwasserreinigungsanlage erzo ARA reinigt jährlich rund 6 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser aus den sechs Verbandsgemeinden Brittnau, Oftringen, Reiden, Strengelbach, Wikon und Zofingen. Zur Bewertung eines geplanten Regenüberlaufbeckens (RÜB Wiggermatten) wird ein detailliertes Frachtmodell in SIMBA erstellt und mit dem neu entwickelten Immissionsnachweis NALA ergänzt. NALA berechnet anhand von Messdaten aus Kanalnetz und Gewässer die langzeitliche Ammoniakkonzentration im Gewässer und ermöglicht so eine fundierte ökologische Bewertung. Dank NALA kann ein SOLL-Zustand erarbeitet werden, welcher den Anforderungen des Gewässerschutzes gerecht wird. In einem weiteren Schritt wird eine regelbasierte Kanalnetzregelung mit dynamischen Drosselabflüssen und koordinierter Beckenentleerung simuliert. Die gewählte Bestvariante reduziert die jährliche Ammoniumfracht um 10–20 % und erfüllt alle kantonalen Anforderungen an die Gewässerschutzrichtlinien. Langzeitsimulationen bestätigen zudem eine signifikante Verringerung der gewässerspezifischen Entlastungsfrachten und Entlastungsanteile. Die neue Regelung nutzt das vorhandene Speichervolumen optimal aus und verbessert den Gewässerschutz nachhaltig. Weitere Ausbauschritte sind in Planung. Eine umfassende Erfolgskontrolle erfolgt zwei Jahre nach Umsetzung.

**Key-Words:** Mischabwasser, Kanalnetzregelung, Ammoniak, SIMBA, NALA, Gewässerschutz

## 1 Einleitung

Die Abwasserreinigungsanlage erzo ARA reinigt pro Jahr ca. 6 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser von rund 37'000 angeschlossenen Einwohner:innen sowie der ansässigen Industrie der Verbandsgemeinden Brittnau, Oftringen, Reiden, Strengelbach, Wikon und Zofingen. Das Kanalnetz verfügt über 11 Regenüberlaufbecken (RÜB) und 24 Regenüberläufe (RÜ) mit einem Gesamtspeichervolumen von ca. 15'000 m<sup>3</sup>. Das spezifische Speichervolumen (Verhältnis von Speichervolumen zu reduzierter Fläche) beträgt 38

$\text{m}^3/\text{ha}_{\text{red}}$ . Das wichtigste Einleitgewässer ist die Wigger mit einem mittleren Gewässerabfluss (MQ) von  $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Der VGEP (2011) sieht den Bau eines zusätzlichen RÜB (RÜB Wiggermatten) mit  $3000 \text{ m}^3$  Speichervolumen vor der ARA vor.

## 2 Frachtmodellierung mit SIMBA

Zur Prüfung der Notwendigkeit dieser Massnahme nach VSA-Richtlinie Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter (2019) wird ein Frachtmodell in SIMBA aufgebaut und mittels der vorhandenen Niveau- und Durchflussmessungen über 2 Jahre kalibriert. Die Resultate zeigen im Ist-Zustand keine Überschreitung des Orientierungswerts der gewässerspezifischen Entlastungsfracht nach VSA-Richtlinie, im Plan-Zustand hingegen aufgrund des angenommenen Bevölkerungs- und Flächenwachstums schon. Abbildung 1 zeigt den blockweisen Aufbau des Modells in SIMBA.

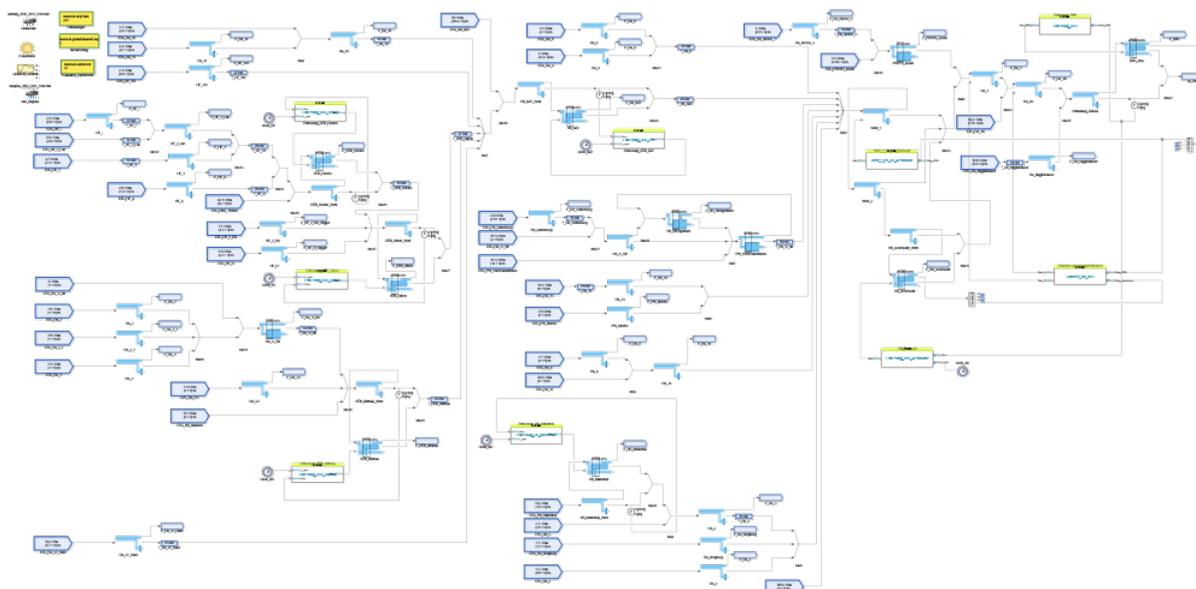


Abbildung 1: Screenshot aus dem SIMBA Modell (11 RÜB, 24 RÜ, 36 Teileinzugsgebiete, diverse Auswertungs- und Regelungsblöcke) des Ist-Zustands.

Parallel wird mittels eines mehrmonatigen Probetriebs der maximale ARA-Zulauf von  $600 \text{ l/s}$  auf  $700 \text{ l/s}$  erhöht, was zu einer erheblichen Reduktion der Mischabwasserentlastungen führt.

Bei der Frachtmodellierung zur Bestimmung des notwendigen Speichervolumens des letzten zu bauenden RÜB vor der ARA, des RÜB Wiggermatten, wird erstmals NALA (eigens entwickelt) für den Immissionsnachweis angewendet.

### 3 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 ( $\text{NH}_3$ ) befindet sich im Gewässer in einem Dissoziationsgleichgewicht mit Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). 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. Der pKs wird in Abhängigkeit der Gewässertemperatur berechnet und bestimmt das Verhältnis zwischen Ammoniak und Ammonium. Auf diese Weise können die Ammoniak-Konzentration und insbesondere die Ammoniak-Konzentrationsspitzen im Gewässer deterministisch langfristig (beispielsweise 20 – 30 Jahre) berechnet und statistisch ausgewertet werden.

Abbildung 2 zeigt die Resultate der Immissionsberechnung bei der Entlastungsstelle des RÜB Wiggerrmatten. Hierbei wird für jedes Entlastungsereignis die maximale Ammoniakkonzentration im Gewässer über 7 verschiedene Dauerstufen bestimmt, was die 7 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).

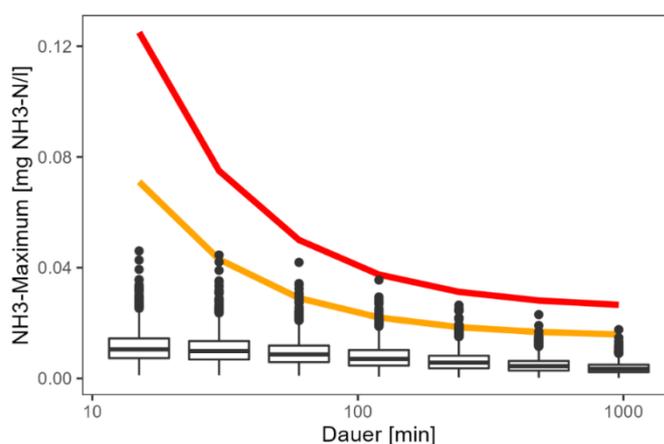


Abbildung 2:  $\text{NH}_3$ -Maxima über 20 Jahre bei der Entlastungsstelle RÜB Wiggerrmatten bei verschiedenen Expositionsdauern im Vergleich mit Stufe 0 (LC0) in gelb und Stufe 1 (LC10) in rot.

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

## 4 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 verschiedenen Varianten basieren auf einem kalibrierten hydrologischen Modell und reichen von dynamischen Regelungen bis zu modellprädiktiven Regelungen und 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.

Tabelle 1: Übersicht der geprüften Varianten mit durch das Projektteam gewichtete Vor- und Nachteile.

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 -

Die Varianten werden im bestehenden Frachtmodell mittels 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 3 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

Je nach Differenz der Niveaus zwischen einem Becken und dem in Fließrichtung nächsten Becken wird ein unterschiedlicher maximaler Drosselabfluss eingestellt, vgl. Abbildung 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.

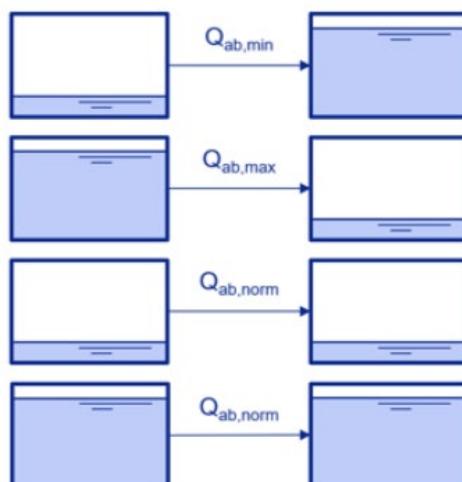


Abbildung 3: Gewählte Bestvariante: Füllgradausgleich durch dynamische Drosselabflüsse unter Berücksichtigung der Gewässersensitivität.

Eine weitere geprüfte Variante "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 Regelungszustand erwirkt werden kann.

Die gewässerspezifische Entlastungsfracht wird gemäss Simulation bei fast allen Becken relevant reduziert. Der Orientierungswert von 500 (kg NH<sub>4</sub>-N/a) / (m<sup>3</sup>/s) wird überall eingehalten. Der Entlastungsanteil wird bei fast allen Becken ebenfalls deutlich reduziert. Die kantonale Mindestanforderung von 2 % wird bei allen Sonderbauwerken eingehalten.

Abbildung 5 zeigt Messdaten aus dem Prozessleitsystem während eines ausgewählten Einzelereignisses (15.06.2025) mit bereits der inzwischen umgesetzten Kanalnetzregelung. Während dieses Ereignisses füllt sich das RÜB Aeschwuhr, während das weiter oben situierte RÜB BZZ leer bleibt (vgl. stark vereinfachtes Einleitschema in Abbildung 4). 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.

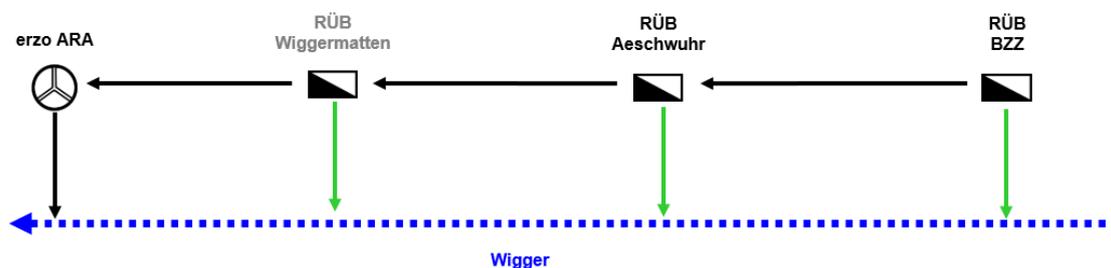


Abbildung 4: Stark vereinfachtes Einleitschema für die letzten RÜB der erzo ARA.

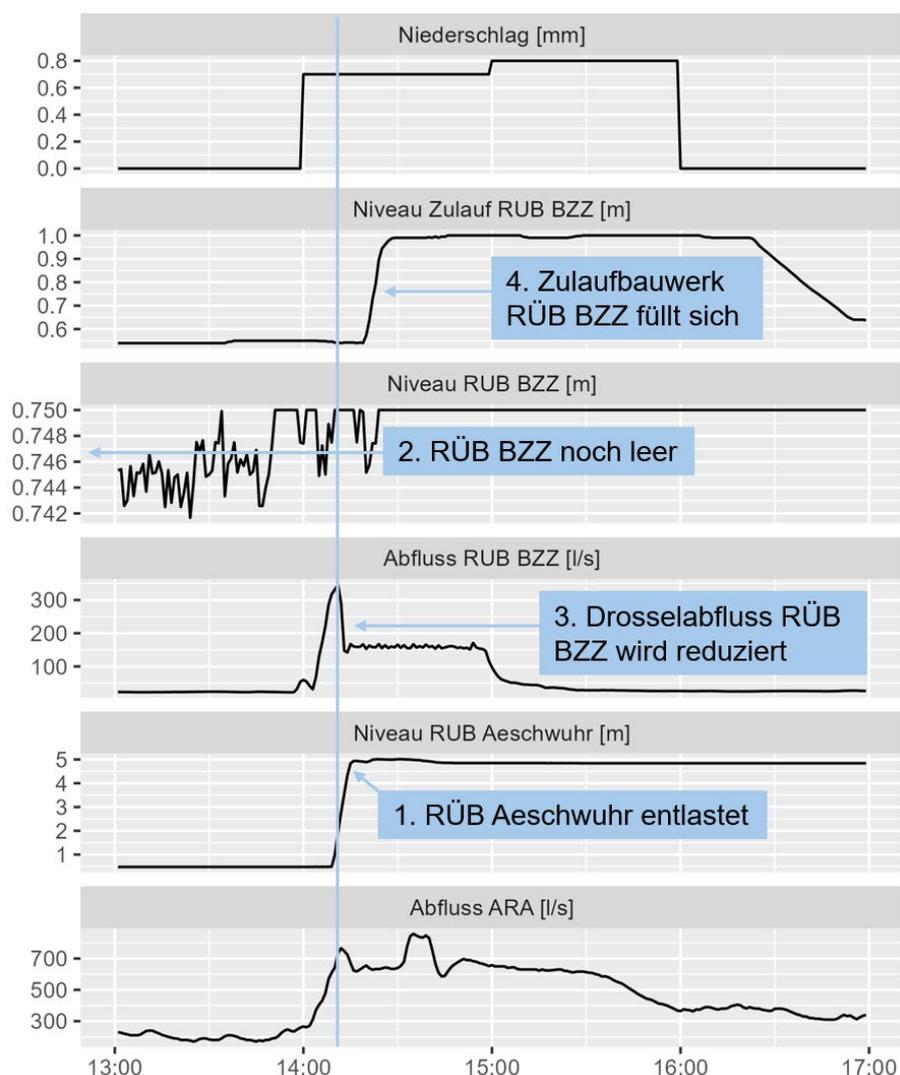


Abbildung 5: Visualisierte Messdaten während eines ausgewählten Einzelereignisses mit aktiver Kanalnetzregelung (15.06.2025).

## 5 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 Wiggermatten 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. Nach 2 Jahren nach Umsetzung ist eine umfassende Funktions- und Erfolgskontrolle geplant.

## 6 Literatur

- Aerts, R.; Blumensaat, F. (2021): Bewertung von Entwässerungssystemen – Herausforderungen emissionsbasierter Optimierungsstrategien. Aqua & Gas 10/2021
- Aerts, R. et al. (2023): Ammoniak-Immissionsberechnung – Tücken in der Planung und Beurteilung von Mischabwassereinleitungen in Fließgewässer. Aqua & Gas 09/2023
- Emerson, K. et al. (1975): Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. J. Fish Res. Bd. Can. 32: 2379 - 2389
- Kroll, A. (2022): Einschätzung zu VSA STORM NH<sub>3</sub>-Konzentration-Dauer-Kurven. Kurzbericht. Oekotoxzentrum, Eawag.
- Krejci, V. et al. (2004): Akute Ammoniak- und hydraulische Beeinträchtigungen. gwa 9/2004: 671-679
- 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

### Korrespondenz an:

Robin Aerts  
HOLINGER AG, Schützenstrasse 3, Winterthur, Schweiz  
Telefon: 052 267 09 47  
E-Mail: [robin.aerts@holinger.com](mailto:robin.aerts@holinger.com)