

# Zu diesem Dokument

## Motivation

Die heutige Abwasserreinigung in der Schweiz ist sehr erfolgreich. Unter anderem durch den Einsatz biologischer Prozesse stellt sie sicher, dass unsere Flüsse und Gewässer sauberes Wasser führen und die Flusslandschaften und Seen nach wie vor einen grossen Erholungswert für die Bevölkerung aufweisen. Mit zunehmender Verdichtung und Industrialisierung nehmen die Anforderungen an die Reinigungsleistung allerdings zu und es müssen bei der Abwasserbehandlung immer mehr Optimierungsziele berücksichtigt werden. Dies erfordert auf der einen Seite zunehmend mehr Prozessschritte, auf der anderen Seite aber auch eine erhöhte Kontrolle über den Reinigungsprozess.

Der immer grösseren Anzahl von Optimierungskriterien steht stets eine starke Variation der Zusammensetzung des Abwassers aus den Siedlungsgebieten und der Industrie gegenüber, die bei der Optimierung des Reinigungsprozesses berücksichtigt werden muss. Abwasserreinigungsanlagen (ARA) weisen zudem eine Vielzahl an Stellgrössen auf, die für eine Optimierung der Reinigung variiert werden können (vgl. Abbildung 1).

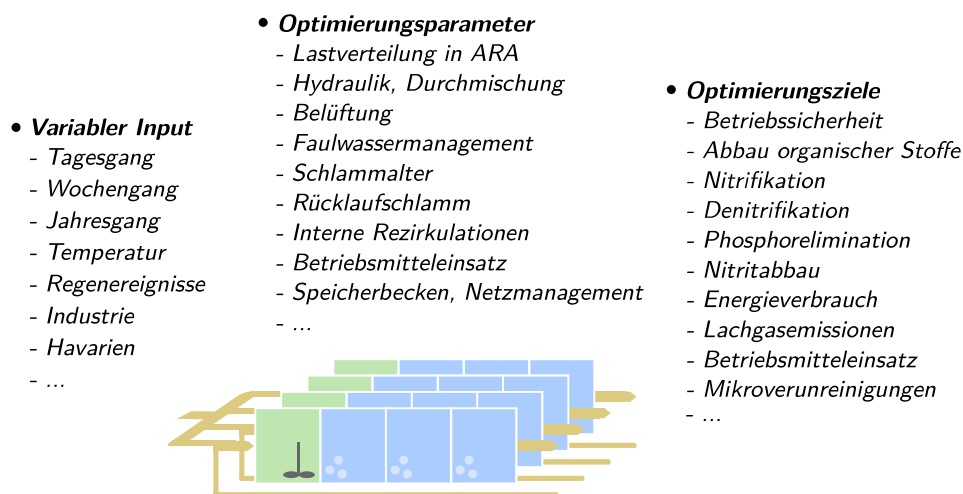


Abbildung 1: Komplexität der Betriebsoptimierung einer biologischen Abwasserreinigungsstufe.

Diese Optimierungsparameter automatisch an den Lastzustand der ARA anzupassen, ist nach wie vor eine Herausforderung, da die zu lösenden praktischen Probleme häufig interdisziplinären Charakter haben. Bau-, Umwelt- und Elektroingenieure müssen eng mit Automationsfachleuten und Messtechnikern zusammenarbeiten. Die beiden letztgenannten Berufsgruppen erlangen mit den zunehmenden Möglichkeiten der modernen Mess- und Regelungstechnik eine immer wichtigere Rolle bei der Konzeption der Regelung von Kläranlagen. Zudem stehen Prozessregelung und Prozessüberwachung in einer engen Verbindung, für die Überwachung von Prozessen müssen nämlich sehr ähnliche Modelle und Gedanken gemacht werden wie bei deren Regelung. Ausserdem weiss der Regelungstechniker im Normalfall, auf welche Regelgrössen der Betreiber speziell achten muss, damit er den Prozess optimal kontrollieren kann. Ziel dieses Leitfadens ist es daher, die Zusammenhänge, welche für die Konzeption von Regelung und Überwachung einer biologischen Abwasserreinigungsstufe wichtig sind, möglichst präzise darzustellen, ohne allzu viel theoretischen Ballast,

aber mit dem nötigen interdisziplinären Charakter. Letzteres auch mit dem Ziel, dass die Kommunikation der beteiligten Betreiber, Automations- und Messtechniker sowie den Ingenieuren erleichtert werden kann.

## Die Vielfalt der Anlagen in der Schweiz

Betrachtet man die Kläranlagen in der Schweiz, zeigt sich ein sehr heterogenes Bild. Einerseits haben sich in Bezug auf die technische Umsetzung des Belebtschlammverfahrens in der Vergangenheit verschiedene Verfahrenstypen entwickelt, welche die biologischen Prozesse auf unterschiedliche Weise einsetzen. Andererseits unterscheiden sich in der Schweiz auch Anlagen, welche denselben Verfahrenstyp aufweisen, zuweilen recht stark. Die Gründe liegen in der langen Zeitspanne, welche die Entwicklung der Siedlungsentwässerung in der Schweiz hinter sich hat, sowie darin, dass die Anlagen im Normalfall nicht von Anfang an in der heute bestehenden Form geplant wurden. Platzverhältnisse und wirtschaftliche Überlegungen führen im Allgemeinen dazu, bestehende Anlagen bei Bedarf zu erweitern, umzurüsten oder beides zugleich. Dies hat zur Folge, dass jede Anlage eine eigene Geschichte hat. Hinzu kommen zudem die unterschiedlichen Ausbaugrößen der Anlagen.

Aufgrund dieser vielfältigen Ausgangslage sind die im vorliegenden Dokument ausgearbeiteten Vorschläge nicht eins zu eins auf jede ARA umsetzbar. Es lassen sich jedoch insbesondere drei Verfahrenstypen identifizieren, welche

- sich als typische Verfahren in der Schweiz etabliert haben,
- relativ unabhängig von der Anlagengröße eingesetzt werden,
- nicht an einen einzelnen Ausrüster gebunden sind
- und sich regelungstechnisch grundlegend voneinander unterscheiden.

Diese drei Anlagentypen, welche in diesem Dokument eingehend behandelt werden, sind konventionelle Anlagen, SBR-Anlagen und A/I-Anlagen. Die angestellten Überlegungen sind dennoch zum Teil auch über diesen abgesteckten Bereich hinaus anwendbar. Dies trifft insbesondere bei den Reglerstrukturen für die Belüftungsregelung zu.

## Definition und Ziel der dynamischen Regelung

Unter einer dynamischen Regelung wird in diesem Dokument ein den variierenden Zuflussbedingungen angepasster Betrieb verstanden. Dabei sind insbesondere Steuerungs- und Regelungsvorgänge gemeint, welche den Betrieb der Anlage automatisiert an den Tagesgang und an Lastspitzen, d. h. an Regenereignisse, anpassen. Für die entsprechende Betriebsadaptation bedarf es auf der einen Seite eine angepasste Anzahl Sensoren und ein robustes Messkonzept, um die aktuelle Belastung sowie den Zustand der Anlage erfassen zu können. Auf der anderen Seite muss eine Rückfallebene definiert sein, damit ein sicherer Betrieb auch bei Ausfällen dieser Sensoren gewährleistet ist. Die in diesem Dokument angedachte automatisierte Betriebsanpassung fokussiert vor allem auf die folgenden Stellglieder einer Biologie:

- Betrieb von bivalenten Zonen bei konventionellen Anlagen
- Phasenlängen und Beschickungsintervalle bei SBR- und A/I-Anlagen
- Sauerstoffsollwerte und Luftbeaufschlagung
- Austauschvolumen und Füllhöhen bei SBR-Anlagen
- Rückführungen bei konventionellen und A/I-Anlagen
- Faulwasserdosierung

Die dynamische Regelung bewegt sich auf einer Zeitskala, welche kleiner als 24 Stunden ist. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass auch ein Grossteil der ablaufenden Prozesse eine zeitliche Dynamik von weniger als einem Tag aufweisen. Eine optimale Anpassung des Schlammalters wird in diesem Dokument nicht behandelt, da sich die charakteristische Zeit auf einer wesentlich grösseren Skala bewegt.

## Inhaltsübersicht

Da in den letzten vierzig Jahren viele Fortschritte gemacht wurden im Verständnis, wie Bakterien die Schmutzstoffe des Abwassers abbauen, wird zunächst eine Zusammenfassung verfahrenstechnischer Grundlagen vorgestellt. Die internationale Literatur dazu ist sehr umfangreich, insbesondere auch im Bereich der Modellierung der biologischen Prozesse. Im Ingenieurwesen haben sich die sogenannten ASM-Modelle (Activated Sludge Models) etabliert. Diese können viele Prozesse recht gut vorhersagen. Ziel der verfahrenstechnischen Übersicht in **Kapitel 1** ist es, die wichtigsten Erkenntnisse dieser Modelle darzustellen und insbesondere zu erläutern, welche Bedeutung diese für die Regelungstechnik und den Betrieb einer ARA haben. Neben dem Verständnis der biologischen Prozesse ist bei der Abwasserreinigung auch hydraulisches Wissen gefragt. Fragen der Verteilung von Wasser und Luft auf die verschiedenen Strassen und Zonen sind von erheblicher Bedeutung. Zudem spielt die Mischung des Abwassers in den Belebungsbecken eine wichtige Rolle beim Abbau der Schmutzstoffe.

Regelungstechnisch relevante Informationen zur Anlagentechnik sind Inhalt von **Kapitel 2**. Ein zentraler Parameter des Reinigungsprozesses ist die Versorgung der Bakterien mit Sauerstoff. Diese wird bei modernen Anlagen über eine feinblasige Tiefenbelüftung vorgenommen. Die Belüftungselemente sind von grosser Relevanz, denn die eingeblasene Luft soll möglichst am richtigen Ort, feinblasig und flächig homogen eingetragen werden. Um dies zu gewährleisten müssen die eingesetzten Belüftungselemente mit der nötigen Sorgfalt geplant, gepflegt und überwacht werden. Wichtig für den Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen sind zudem auch Pumpen und deren aktuellen Förderleistungen.

Die Regelung von Abwasserreinigungsanlagen ist von messtechnischen Unsicherheiten geprägt. Umso wichtiger sind einfache und robuste Reglerstrukturen, die für den Betreiber nachvollziehbar sind. Daher gibt **Kapitel 3** eine Übersicht über die Grundlagen der Regelungstechnik, soweit diese für die Abwasserreinigung wichtig sind.

In den **Kapiteln 4 bis 7** befinden sich verfahrensspezifische Vorschläge für eine dynamische Regelung. Kapitel 4 fasst vorangehend die allgemeinen Grundlagen der anlagenspezifischen Kapitel zusammen, Kapitel 5 behandelt sodann die konventionellen Anlagen, Kapitel 6 SBR-Anlagen und Kapitel 7 A/I-Anlagen. Im weiteren enthalten die Kapitel 4 bis 7 auf die Anlagentypen abgestimmte Vorschläge für sinnvolle Sensorkombinationen, da die Prozessregelung und Prozessüberwachung eine adäquate Anzahl von Sensoren benötigen.

Natüremässig ist zu erwarten, dass mit mehr Sensoren eine feinere Prozessüberwachung erreicht werden kann. Zwingend notwendig ist jedoch eine gute und robuste Prozessregelung. Der Übergang von Regelkreisen, bei denen jedem Aktor ein einzelner Sensor zugewiesen wird, zu Sensornetzwerken, die bei guter Konzeption den Prozess sehr robust und genau regeln können, erfordert entsprechende Reglerstrukturen. Diese sind Inhalt von **Kapitel 8** und betreffen insbesondere Anlagen mit Druckluftverteilnetzen.

Bei einer robusten und dynamischen Betriebsweise, welche eine angebrachte Komplexität aufweist, enthalten die Betriebsdaten wertvolle Informationen über den Anlagezustand und die Leistungsreserven einer ARA. Das bedeutet, dass der Betreiber seine Anlage besser überwachen und aufgrund der vorhandenen Leistungsreserven eine langfristige Ausbaustrategie anstreben kann. Methoden und Beispiele hierfür werden in **Kapitel 9** aufgezeigt.

Schliesslich werden in **Kapitel 10** einige Gedanken zum Planungsablauf von Projekten im Zusammenhang mit der biologischen Reinigungsstufe von ARA formuliert. Regelungstechnische Aspekte sollten im Allgemeinen am Anfang der Planungsphase beachtet werden, um am Ende den angestrebten robusten und dynamischen Betrieb zu ermöglichen.