

## Virtuelle Inbetriebnahme einer SBR-Anlage

Ein digitales Anlagenmodell kann eine Kläranlage durch alle Lebensphasen hindurch begleiten. Das Modell erlaubt die konsistente Beschreibung eines Prozesses über dessen Lebenszeit und ermöglicht die konstruktive Diskussion zwischen den beteiligten Akteuren. Der Entwurf und die Erweiterungsplanung von Prozess-, Anlagen- und Steuerungskonzepten oder die Analyse von Ausfällen (offline) ist genauso möglich wie die virtuelle Inbetriebnahme der Automatisierung oder der modellbasierte Betrieb und Steuerung (online).

In dem vorgestellten Projekt wurde die Automatisierungslösung für eine SBR-Anlage mithilfe eines Digitalen Zwillings virtuell in Betrieb genommen und anschließend an die reale Anlage angeschlossen. Automatisierungsprogramme für Kläranlagen, Wasserwerke und Industrieanlagen stellen sehr individuelle Anforderungen an SPSen, Prozessleitsysteme, Anlagenbus-Systeme, Protokolliersysteme, Fernalarmerung, usw., da ein Ausfall für Mensch und Umwelt erhebliche Folgen haben kann. Innerhalb der Kläranlagenwelt benötigen die im Batchverfahren betriebenen SBR-Anlagen (SBR = Sequencing Batch Reactor) besonders komplex Automatisierungslösungen, da die Zyklusphasen Befüllen, Belüften/Reaktionszeit, Absetzen und Klarwasserabzug zeitlich aufeinander folgend in einem Reaktorvolumen stattfinden, gleichzeitig jedoch oft die Zyklen mehrerer Reaktoren zeitlich koordiniert werden müssen. Die Besonderheit der hier betrachteten SBR-Anlage (120.000 EW) ist die Nutzung der SBR-Becken als Pufferbiologie vor einer nachgeschalteten Festbettanlage. Diese setzt – für eine SBR-Anlagen eher ungewöhnlich – einen kontinuierlichen Ablauf aus den SBR-Becken voraus. Bei komplexen Automatisierungslösungen ist es in anderen Branchen üblich, die Automatisierungssysteme mit den Steuer- und Regelungsfunktionen bereits in der Entwicklungsphase zu testen, bevor die reale Inbetriebnahme vor Ort beginnt. Da auf Kläranlagen das Automatisierungssystem auf Informationen zugreift, die von den biochemischen und physikalischen Prozessen der Abwasserreinigung abhängen, müssen diese für eine virtuelle Inbetriebnahme ebenfalls simuliert werden.

Die Programme für die SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) und das Leitsystem wurden mit dem SV-Toolkit der Firma Stausberg & Vosding entwickelt. Das Toolkit generiert Programme mit einem sehr hohen Vollständigkeitsgrad für die verschiedenen Einheiten. Grundfunktionen wie HAND/AUTO-Umschaltungen, eine umfassende Störmeldeverarbeitung, eine systematische farbige Aggregatedarstellung, umfangreiche einheitliche PopUps, usw. werden ohne individuelle Programmierung erstellt. Zusätzlich erzeugt das SV-Toolkit per Knopfdruck ein SPS-Simulationsprogramm, das in der Entwicklungsphase in die SPS geladen wird. Das Tool kann jedoch nur die direkten Funktionen und Schaltzusammenhänge simulieren. Um auch die verfahrenstechnischen Prozesse für den virtuellen Test abbilden zu können wurde an dieser Stelle auf das dynamische Simulationswerkzeug SIMBA<sup>#</sup> zurückgegriffen. Mithilfe einer Simulationsstudie wurde zunächst die Plausibilität der Bemessungswerte und der komplexen, geplanten Betriebsweisen überprüft. Die Erkenntnisse aus der Studie und die Visualisierung des dynamischen Zusammenspiels der Betriebsphasen mehrerer Reaktoren flossen in die Formulierung des Lastenhefts für die Automatisierung ein.

Nach den statischen Tests mit dem SV-Toolkit wurde die SPS mithilfe des freiverfügbaren Werkzeugs ifakFAST an den Digitalen Zwilling gekoppelt und übernahm dort in Echtzeit die Steuerung der virtuellen Kläranlage. Die offene Plattform ifakFAST (Framework für integrierte Automation und Simulationstechnologien) unterstützt die Realisierung von Lösungen, die auf die Überwachung und Betriebsoptimierung

von technischen Prozessen im Bereich wasserwirtschaftlicher Anlagen gerichtet sind und steht als Open Source zur Verfügung (<https://fast.ifak.eu>).

Das Zulaufmodell ermöglichte es, das Verhalten der Steuerung für diverse Szenarien, wie beispielsweise starke Mischwasserereignisse oder den Ausfall einzelner Reaktoren und Aggregate, zu testen. Nach erfolgreich abgeschlossenen Tests wurde die SPS an die reale Kläranlage angeschlossen. Nach der Inbetriebnahme wurden weiterhin kleinere Änderungen am Programm zuerst am dynamischen Modell getestet, bevor sie in der Anlage aufgespielt wurden.

Die virtuelle Inbetriebnahme der SBR-Steuerung zeigte einige Vorteile gegenüber der Inbetriebnahme vor Ort. Die Visualisierungsmöglichkeiten des Simulationstools unterstützte die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Betrieb, Automatisierung und Verfahrenstechnik. Eine differenzierte Diskussion über die geplanten Betriebsweisen wurde erst durch die Simulationsstudie möglich. Das Anlagenmodell konnte risikofrei in Extremsituation gefahren werden, die auf einer realen Anlage nicht oder nur selten eintreten dürfen. Dadurch wurde die Qualität des Programms deutlich verbessert. Durch die zuvor am Schreibtisch effizient durchgeführten Tests konnte die Arbeitszeit auf der Anlage deutlich verkürzt werden, was den vorherigen Mehraufwand für die Erstellung, Validierung und Szenariensimulation des Anlagenmodells aufwiegt. Die reale Inbetriebnahme verlief auf den SBR-Prozess bezogen reibungslos. Das vorhandene Anlagenmodell kann zusammen mit einer zweiten SPS und dem echten Leitsystem zu Trainingszwecken des Betriebspersonals eingesetzt werden.

Die positiven Ergebnisse lassen sich auf künftige Anwendungen übertragen. Das Programm kann zum Beispiel für eine Kläranlage mit schlecht eingestellter intermittierender Belüftung aus der realen Steuerung heruntergeladen und an ein validiertes Anlagenmodell angeschlossen werden. Dort werden Szenarien untersucht und der Prozess optimiert, bevor das Programm wieder auf die Anlage zurückgespielt wird, ohne dass der reale Prozess unterbrochen werden muss oder die Prozessstabilität gefährdet wird.

**Autoren:**

Frau Leonie Förster, M.Sc., ifak e.V.  
leonie.foerster@ifak.eu

Herr Theo Vosding, Dipl. Ing., Stausberg & Vosding GmbH  
t.vosding@stausberg-vosding.de

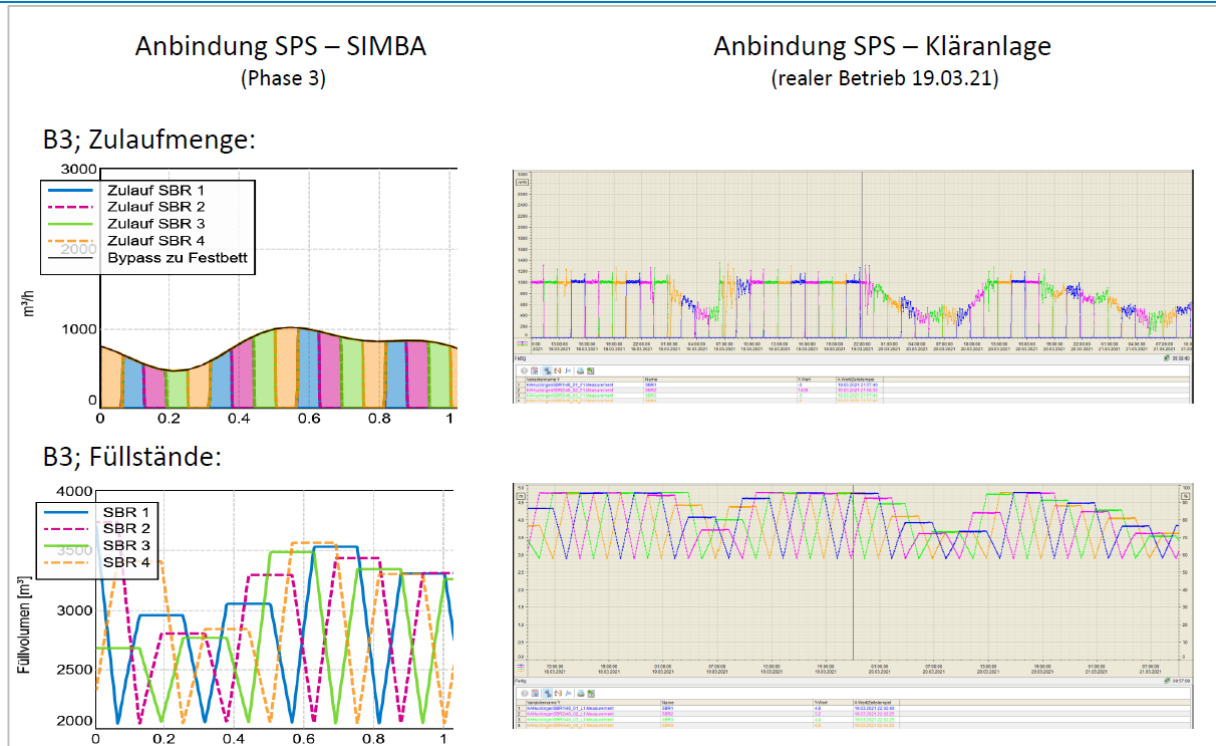


Bild: Vergleich von Simulation und realem Betrieb: Zulaufmengen und Füllstände für eine Trockenwetter-Betriebsweise

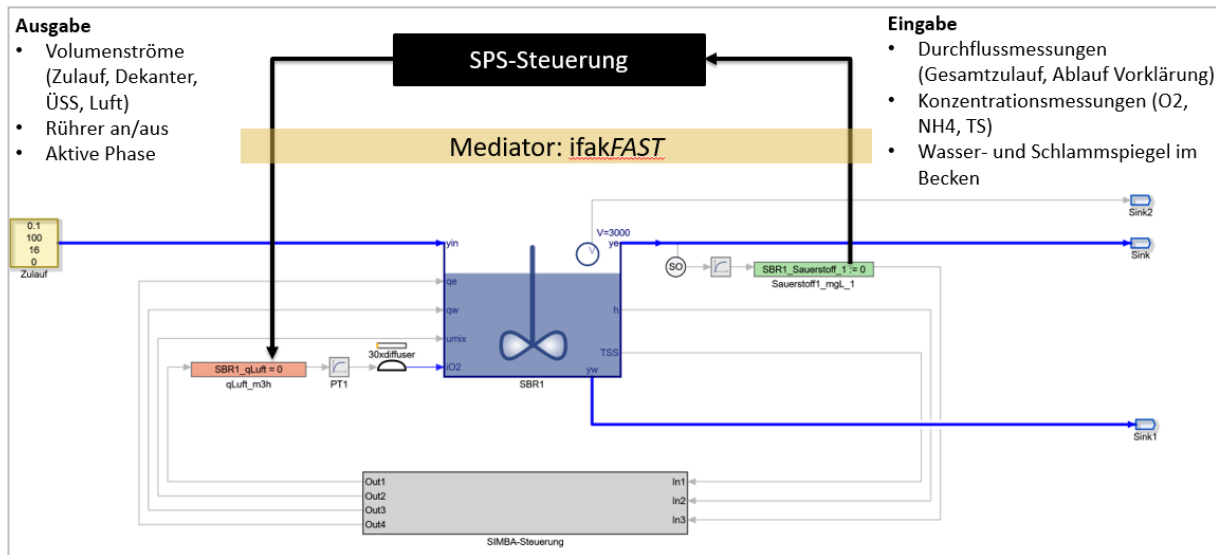


Bild: Schematische Darstellung der Kopplung der SPS an ein SIMBA-Modell mittels ifakFAST