

Vortragsforum KOMMUNAL 4.0

Digitalisierung für Kläranlagen

IFAT 2018, München, 16. Mai 2018

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Wiese

Hochschule Magdeburg-Stendal

Email: juergen.wiese@hs-magdeburg.de

Mobil: 0151-62461999

URL: www.hs-magdeburg.de/abwassergruppe

Gliederung

1. Einführung
2. Big Data – Aus Daten wird Wissen
3. Mensch-Maschine-Zusammenarbeit
4. Zustandsbezogene Wartung
5. Zusammenfassung und Ausblick

Abschnitt: Einführung

Veranlassung für eine verstärkte Digitalisierung

- Moderne Kläranlagen basieren auf zahlreichen chemischen, physikalischen und biologischen Verfahren und produzieren aus Abwasser
 - sauberes Wasser,
 - Energie (z. B. Strom, Wärme, BioErdgas) und
 - Rohstoffe (z. B. Phosphor).
- Abwässer sind inhomogene Vielstoffgemische und enthalten Stör- und Schadstoffe; das Abwasseraufkommen unterliegt zudem großen Schwankungen (z. B. Regen-/Trockenwetter, Sommer/Winter).
- Die Grenzwerte für Emissionen werden immer strenger.
- Der Fachkräftemangel wird ein immer größeres Problem.
- **Postulat:** Moderne Kläranlagen sind komplexe Fabriken, deren Betrieb immer anspruchsvoller wird! → Industrie 4.0 ist ein Lösungsansatz!

Ziele der Digitalisierung von Kläranlagen (Auswahl)

- **„Die gläserne Kläranlage“**
 - Messtechnik für Umwelтанlagen
 - Computergestützte Simulation
- **„Die intelligente Kläranlage“**
 - Data Mining von Betriebsdaten
 - Belastungsabhängige Steuerungs-/Regelungskonzepte
- **„Die zuverlässige Kläranlage“**
 - Zustandsbezogene Wartung und Reparatur
 - Qualitätssicherung von Messdaten und Produkten
 - Entscheidungsunterstützende Systeme
- ...

Postulat: Manchmal sehen wir den Wald vor lauter Bäumen nicht!

$Q, NH_4-N, NO_3-N, PO_4-P/P_{ges}, SAK, Trübung, O_2, eLF, pH, T$

Die gläserne Kläranlage

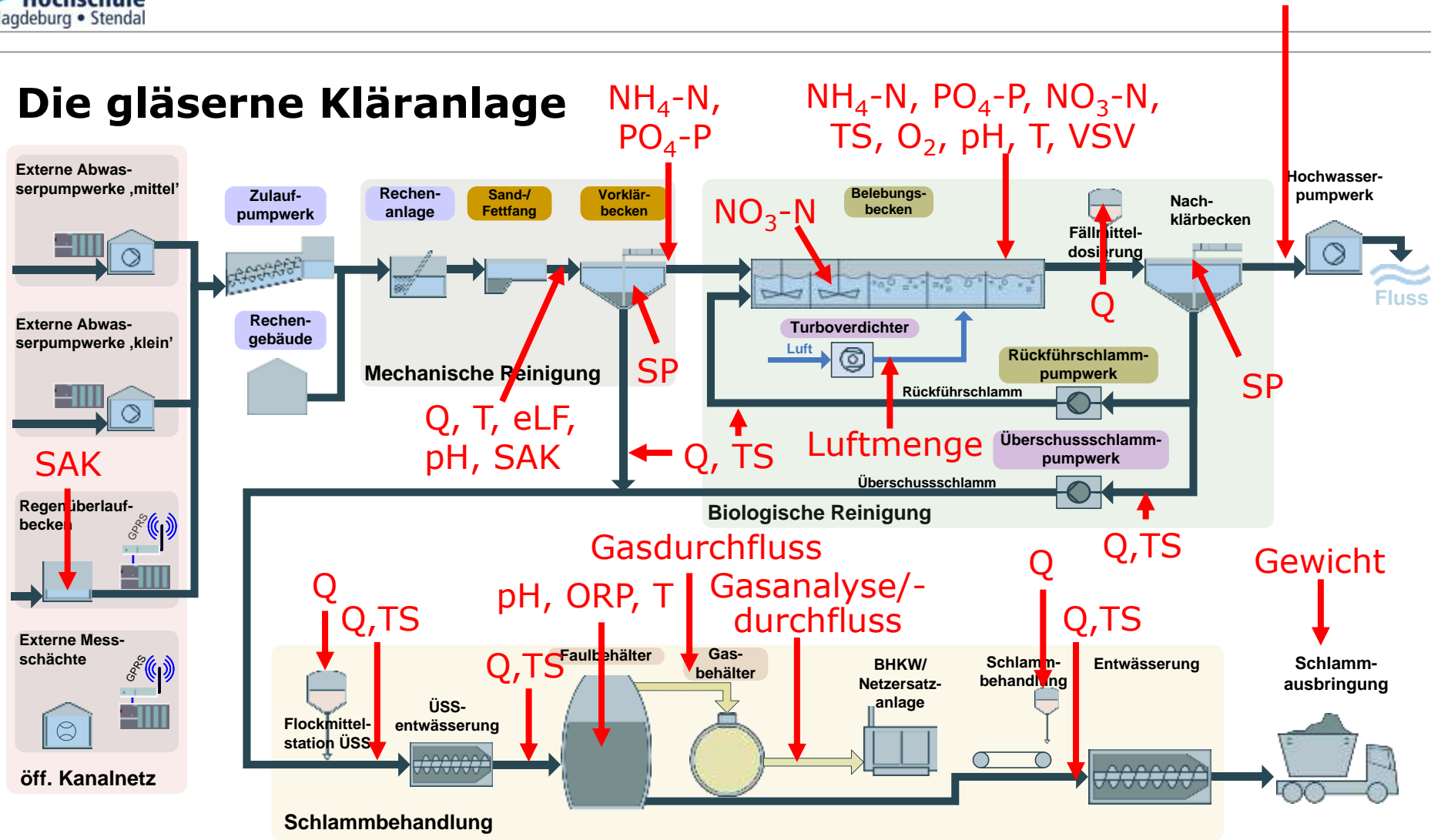


Bild: Fließschema einer anaerob stabilisierenden Kläranlage (Bildquelle: Siemens A&D [2008] ergänzt um eigene Informationen)

Status Quo: Dominanz lokaler Regelkonzepte

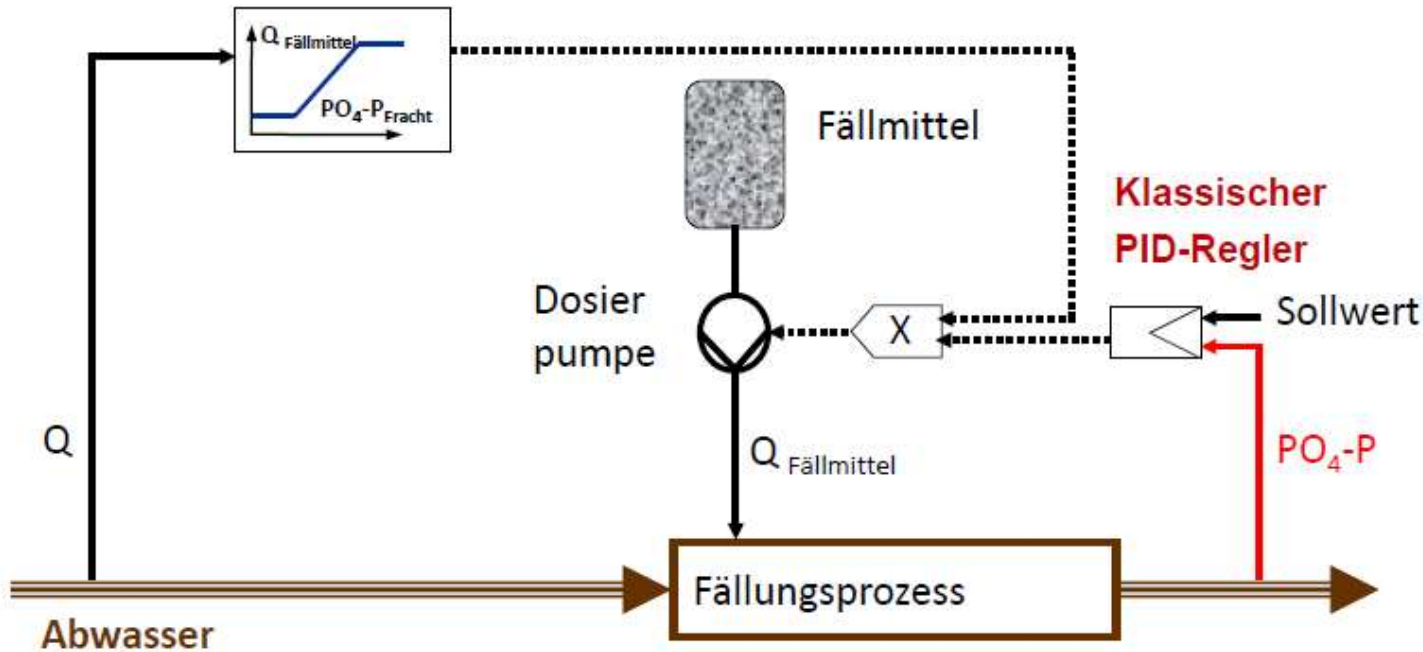


Bild: Regelkonzept für eine Fällmitteldosierung (Bildquelle: Fa. HACH)

Postulat: Wir sind noch weit entfernt vom Industrie 4.0-Gedanken der Vernetzung des Gesamtprozesses!

Abschnitt:

Big Data – Aus Daten wird Wissen

Aus Datenfriedhöfen müssen Wissensschatztruhen werden!

- Wir erfassen heute auf modernen Kläranlagen in Echtzeit eine Vielzahl von Messwerten, hinzu kommen zahlreiche Laboranalysen.
- Wir nutzen diese Daten aber meist nur, um
 - Steuerungen und Regelungen mit Messdaten zu versorgen oder
 - Betriebsdaten für Dokumentationspflichten zu sammeln.
- In den Betriebsdaten steckt aber jede Menge an Informationen, denn sie spiegeln die „Lebenserfahrung“ der Kläranlage wieder!
- **Postulat:** Es macht Sinn, diese Daten intelligent auszuwerten, um sich dieses Erfahrungswissen nutzbar zu machen.

Beispiel: Prognose einer Tagesganglinie im Zulauf

- Für eine Vielzahl von Applikationen wäre es hilfreich, im Voraus den Zulauftagesgang zu wissen, um z. B.
 - Rückschlüsse auf die stoffliche Belastung zu ziehen (z. B. vorausschauende Anpassung von Belüftungsregelungen bei Pfropfenstromreaktoren),
 - Aufstau-Belebungsanlagen (SBR) hydraulisch zu bewirtschaften,
 - Pufferbehälter zu bewirtschaften,
 - Regenbecken nach Ende eines Regenereignis effizient zu entleeren.
- Einige Anlagenbauer und Betreiber hinterlegen daher in ihren Leit-systemen einen „typischen Trockenwettertagesgang“. → Die Praxis zeigt, dass es typische Tagesgänge aber oft nicht gibt!

Beispiel: Prognose einer Tagesganglinie im Zulauf

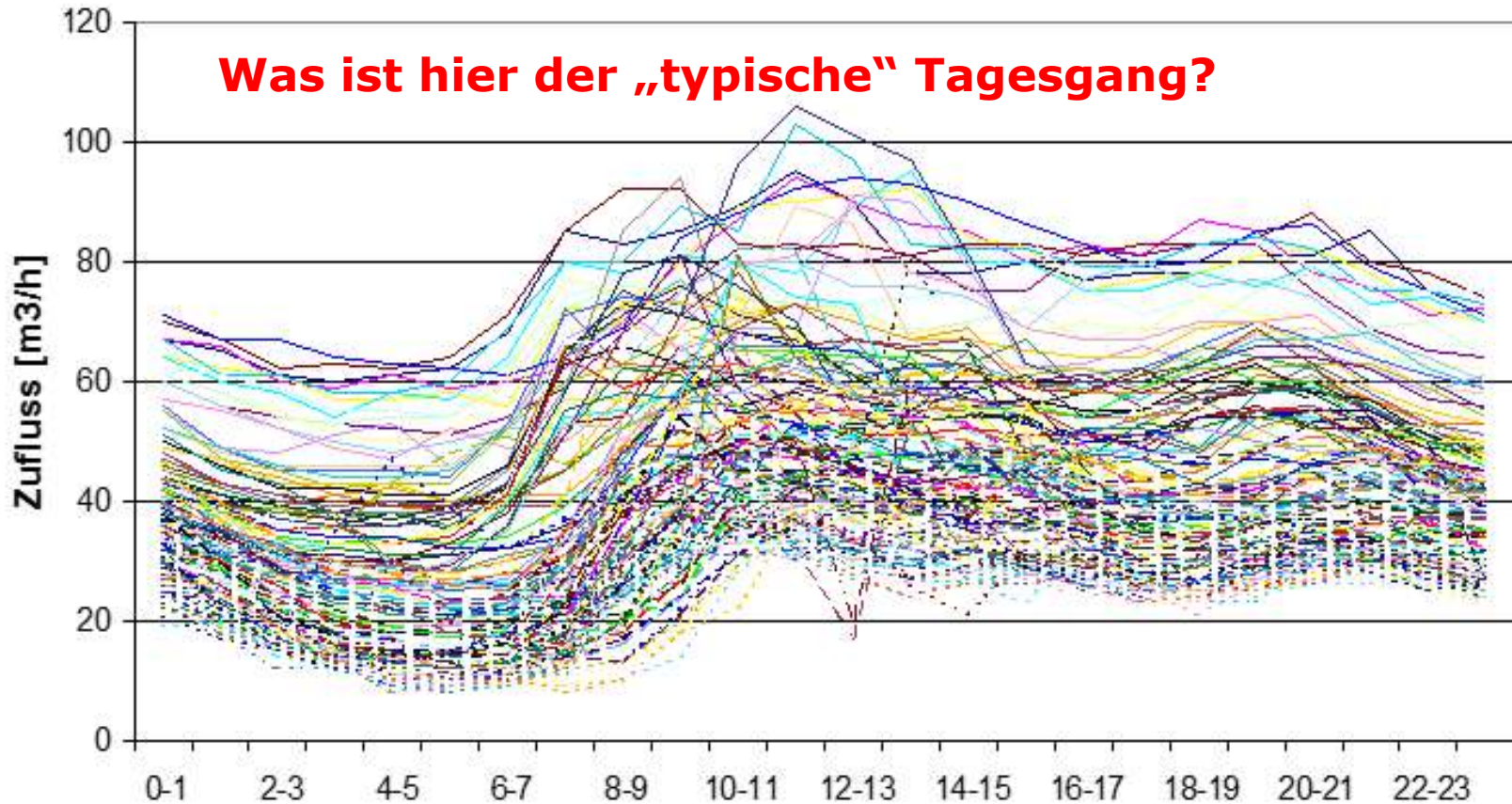


Bild: Trockenwettertagesgänge einer Kläranlage mit 4.000 EW
(Bildquelle: Wiese et al. [2005])

Was ist CBR?

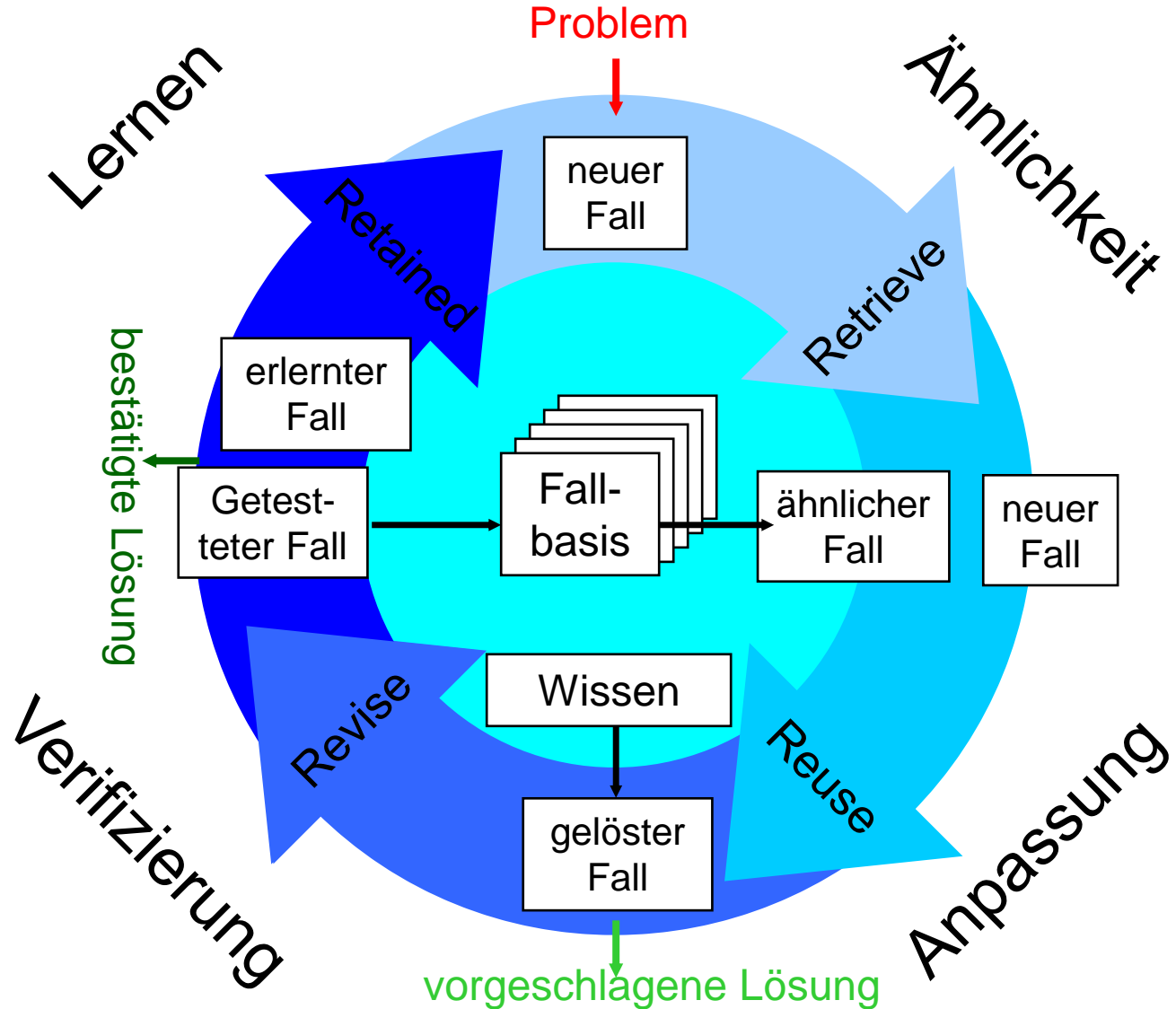
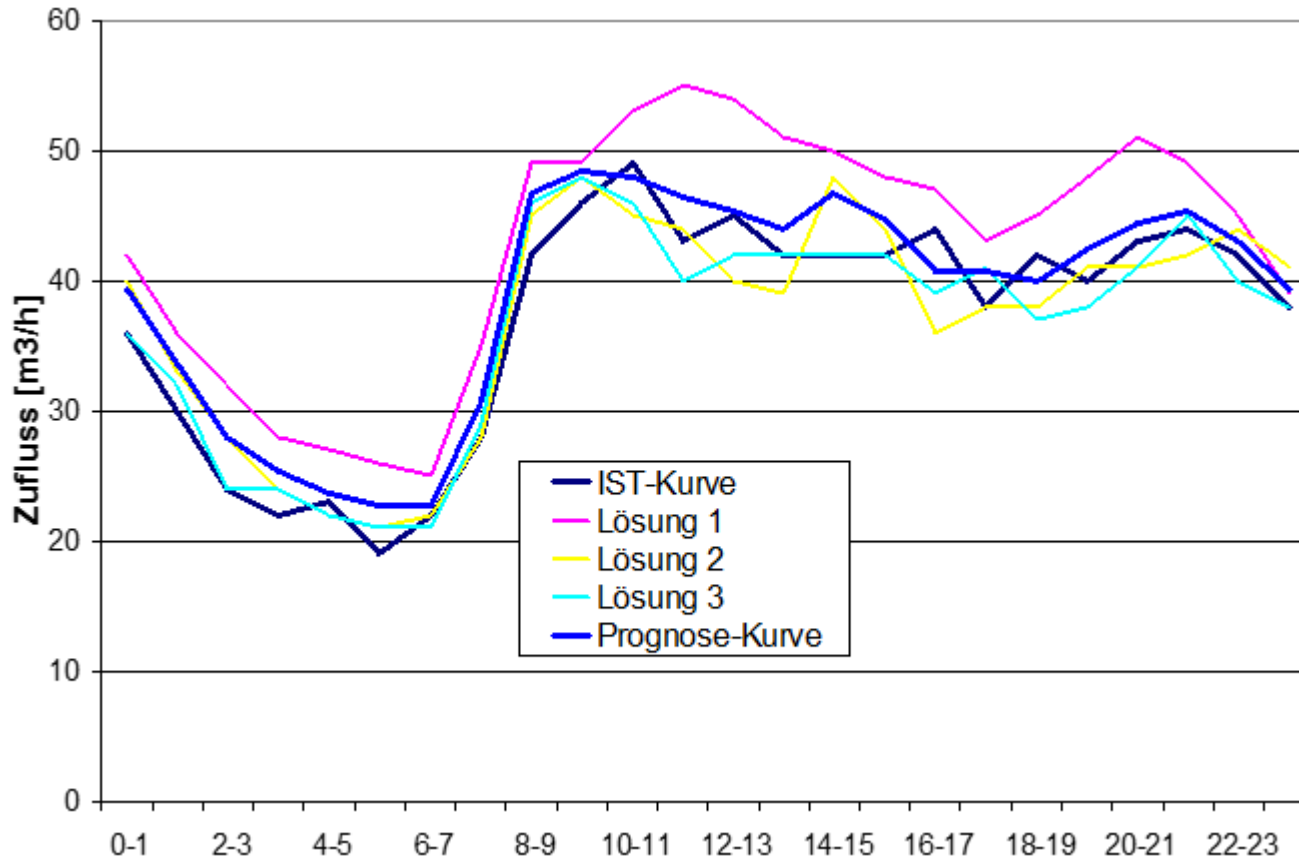


Bild: Prinzip des CBR
 (Bildquelle:
 nach Aamodt
 und Plaza
 [1994])

Beispiel: Prognose einer Tagesganglinie im Zulauf



Hinweis: Hier erfolgte eine Prognose u.a. anhand des Wochentags sowie des 21-Tage-Zufluss-minimums

Bild: Beispielhaftes Ergebnis einer CBR-basierten Prognose eines Zuflusstagesgang (Bildquelle: Wiese et al. [2005])

Abschnitt:

Mensch-Maschine-Zusammenarbeit

Mensch-Maschine-Zusammenarbeit

- Es gab in der Vergangenheit viele Fälle, bei denen ein grenzenloses Vertrauen in die Automatisierung zu großen Problemen geführt hat.
- Trotz des technischen Fortschritts ist der Mensch der Maschine noch in vielen Fällen überlegen (z. B. Geruch).
- Die Praxis zeigt zudem, dass viele Automationskonzepte dauerhaft nicht den gewünschten Erfolg bringen, weil es nicht gelingt, die Menschen (von Anfang an) zu integrieren und es den Lösungen an Transparenz mangelt (z. B. Neuronale Netze).
- **Postulat:** Eine Herausforderung der Digitalisierung unserer Kläranlagen ist auch die Integration des Menschen in die neuen Automationskonzepte und die Nachvollziehbarkeit der Lösung.

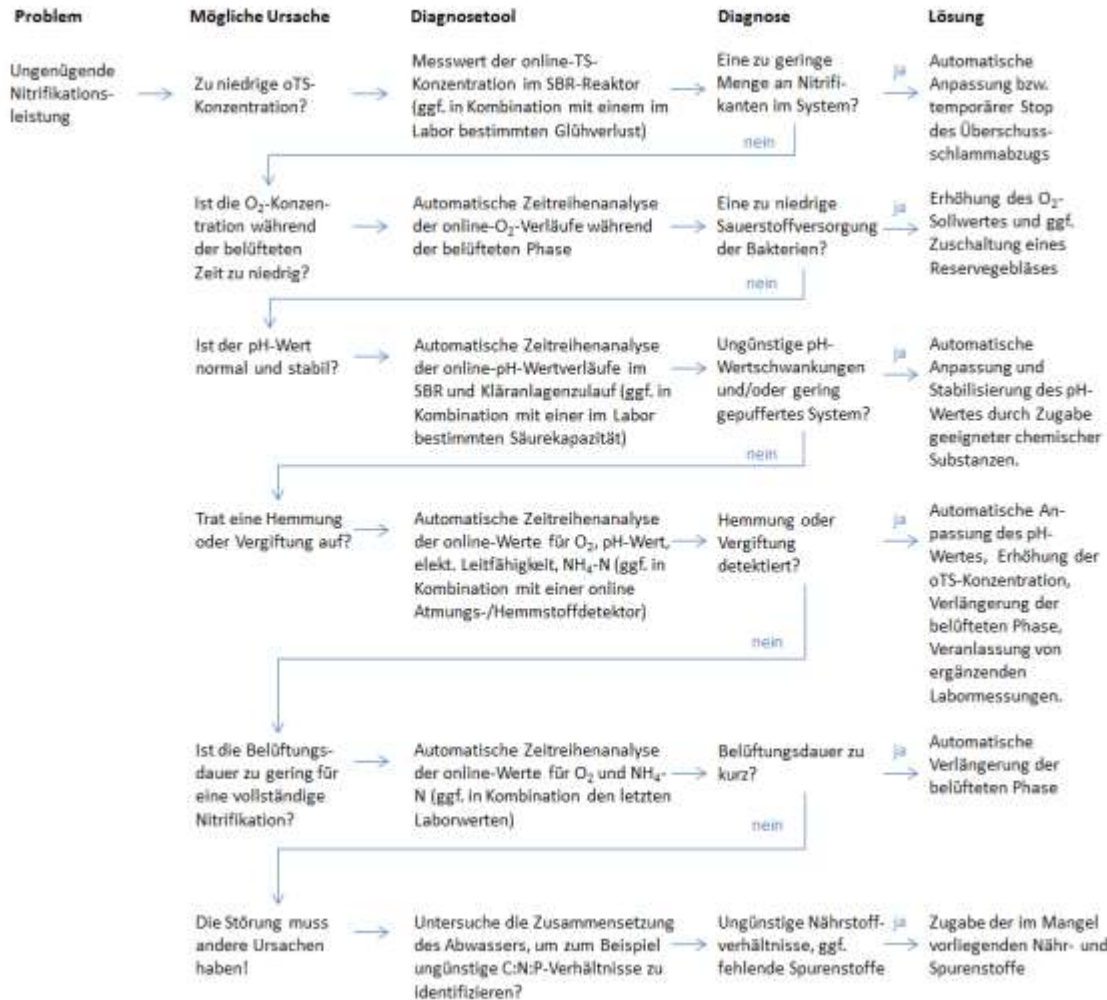
Postulat: Die Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation – wie hier – kann nur der erste Schritt sein!

Mensch-Maschine-Kommunikation



Bild: Intelligenter Messumformer (Fa. Hach) für Ammonium (NH₄-N) und Nitrat (NO₃-N) mit integrierter Evaluierung des Messsignals (oberer Ampelbalken: Zuverlässigkeit des Messsignals, unterer Ampelbalken: Gerätezustand und Hinweise auf erforderliche Wartungsarbeiten) (Bildquelle: Wiese)

(Teil-)Automatisierte Fehlerdiagnose/-lösung



Beachte: Durch Kombination von menschlicher Erfahrung und konsequenter Datennutzung lassen sich (teil-)automatisierte, nachvollziehbare Diagnosen erstellen!

Bild: Schematischer Ablauf einer (teil-)automatisierten Fehlerdiagnose am Beispiel „Ungenügende Nitrifikationsleistung“ (Wiese [2014], modifiziert und erweitert nach einer Checkliste von Gerardi [2010])

Abschnitt: Zustandsbezogene Wartung

Zustandsbezogene Wartungskonzepte

- In der Abwassertechnik dominieren zurzeit noch die vorbeugende sowie die ausfallorientierte Wartung; diese Konzepte weisen aber verschiedene Nachteile auf.
- Der Trend zur Just-in-Time-Produktion führt dazu, dass für Ersatzteile und Aggregate heute Lieferzeiten von 8 bis 12 Wochen üblich sind; eine Lagerhaltung wichtiger Ersatzteile ist möglich, aber teuer.
- In vielen Industriebranchen findet daher die **zustandsbezogene Wartung (Condition Monitoring)** immer mehr Verbreitung, d. h. man orientiert sich bei der Wartung der Maschinen an den Betriebsdaten und ihren Veränderungen.

Überwachung von Pumpentechnik – Mehrere Daten nutzen!

Tab.: Zusammenhang zwischen Messwerten und Diagnosemöglichkeiten bei Pumpen – bereits mit wenigen intelligent ausgewerteten Messwerten kann eine Pumpstation effizient überwacht werden (Quelle: Siemens AG [2014])

| Problem | Messwerte |
|--|---|
| Blockade, Trockenlauf | Durchfluss & Wirkleistung |
| Gasmitförderung | Durchfluss & Druckdifferenz |
| Kavitation | Durchfluss, Temperatur, Eingangsdruck |
| Verschleiß und schlechter Wirkungsgrad | Durchfluss, Druckdifferenz & Wirkleistung |
| Überlast | Wirkleistung |

Hinweis: Manchmal sind diese Funktionen bereits für die gängigen Leitsysteme verfügbar (z. B. ConMon-Bibliothek für PCS7 von Siemens), werden aber – oft aus Unwissenheit – kaum benutzt!

Postulat: Auch beim Condition Monitoring ist es sinnvoll, nicht nur der Messung zu vertrauen, sondern auch den Menschen einzubinden!

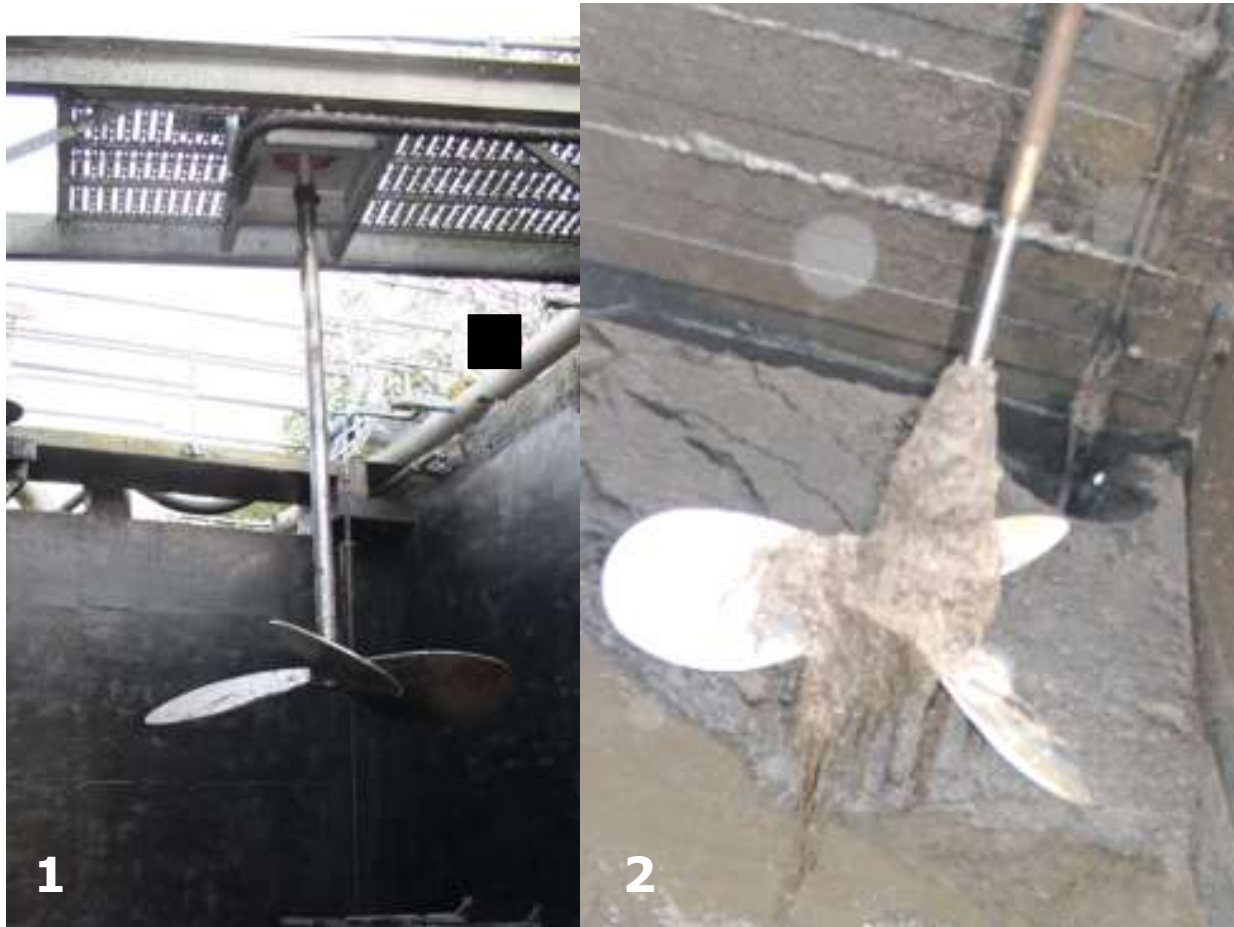
Verknüpfte Daten bringen Mehrwerte/Mehrwissen!



Beachte: Das Rührwerk mit der höheren Temperatur im Antriebsblock weist auch die höheren Vibrationen auf! → 2 Indikatoren deuten in die gleiche Richtung!

Bild: Kombination von Wärmebild- und Vibrationsmessungen zur Detektion von Rührwerksproblemen auf einer Kläranlage (Bildquelle: Wiese)

Verknüpfte Daten bringen Mehrwerte!



Bilder: 3-Flügel-Vertikalrührwerke in einem Deni-Becken nach (1) und vor (2) der Reinigung; deutlich erkennbar ist bei (2) eine massive Verzapfung des Rührwerks (Bildquelle: Wiese)

Abschnitt: Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

- Die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts stellen die Siedlungswasserwirtschaft vor große Herausforderungen!
- Um diese Herausforderungen wirtschaftlich umsetzen zu können, müssen wir auch beim Betrieb neue Wege beschreiten (Auswahl):
 - **Mess- und Automationstechnik** wird günstiger und leistungsfähiger → Neue Möglichkeiten der Optimierung!
 - **Effektive Nutzung aller vorhandenen Informationen** → Verbesserung der Entscheidungsgrundlagen!
 - **Zustandsbezogene Wartungskonzepte** → Reduzierung der Lebenszykluskosten!
- **Unser Angebot an Sie:** Wenn Sie Fragen oder Probleme haben, dann kontaktieren Sie uns!

Literaturverzeichnis

- Aamodt A. und Plaza E. [1994]: *Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches*, AI Communications, Vol. 7, No. 1, pp. 39-59, 1994, IOS Press, Niederlande
- Gerardi [2010]: Gerardi M. H., *Troubleshooting the Sequencing Batch Reactor*, Wastewater Microbiology Series, ISBN 978-0-470-05073-6 John Wiley & Sons Inc. Publication, Hoboken, USA
- Siemens A&D [2008]: Consultant DVD 2.2 für wasser- und abwassertechnische Anlagen, Siemens Automation and Drive, Deutschland
- Siemens AG [2014]: SIMATIC PCS 7 Condition Monitoring Library, Präsentation
- Wiese J., Stahl A. , and Hansen J. [2005]: *Applying and Optimizing Case-Based Reasoning for Wastewater Treatment Systems*. AI Communications - The European Journal on Artificial Intelligence, Vol. 18, No. 4, pp. 269 – 279
- Wiese J. [2014]: *Transparente Prozessüberwachung von Biogas- und Kläranlagen durch Einsatz moderner Mess- und Automationstechnik*, Habilitationsschrift, Fakultät Maschinenbau, Helmut-Schmidt-Universität

**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!**

Fragen?

Kritik?

Diskussion!