

FREMDWASSER- ÜBERWACHUNG

VON DER MESSKAMPAGNE ZUR ÜBERWACHUNG – FALLBEISPIEL IM EINZUGSGEBIET DER ARA UNTERMARCH

Eine zentrale Herausforderung zur Reduzierung des Fremdwassers sind die aufwendigen und oft wenig repräsentativen Messkampagnen. Ein neues Konzept – kontinuierliche Fremdwasserüberwachung statt isolierte Messkampagnen – soll Transparenz in die täglich im Einzugsgebiet anfallende Fremdwassermenge bringen und eine verursachergerechte Kostenteilung ermöglichen. Am Fallbeispiel der ARA Untermarch wird die Implementierung und Betriebsdatenauswertung der neuen Langzeitmessung diskutiert.

Adrian Sigrist, Hunziker Betatech AG; Manuela Kaufmann, Rittmeyer AG
Flurina Schneider; Markus Gresch, Hunziker Betatech AG*

RÉSUMÉ

EAU PARASITE: DE LA CAMPAGNE DE MESURE À LA SURVEILLANCE – ÉTUDE DE CAS DANS LE BASSIN VERSANT DE LA STEP D'UNTERMARCH

Trop d'eau parasite problématique coule encore par les réseaux de canalisation vers les STEPs. Afin d'identifier la provenance de cette eau et de déterminer la nécessité d'agir dans le réseau des eaux usées, des campagnes de mesure individuelles sont réalisées. En raison de la variabilité temporelle de l'eau parasite, de la complexité croissante des systèmes d'eaux usées et de l'incertitude dans l'interprétation, ces campagnes de mesure sont souvent peu pertinentes tout en impliquant une charge de travail élevée. Ainsi, nous proposons la surveillance de l'eau parasite comme système de mesure (partiellement) automatisé et continu. L'étude de cas de la STEP d'Untermarch (SZ) dont le bassin versant comporte de nombreuses pompes aborde le potentiel de la surveillance de l'eau parasite mise en place. Sur la base de l'infrastructure de mesure existante (mesures du débit et du niveau), la surveillance de l'eau parasite a pu être intégrée dans Ritune, le logiciel d'analyse et d'optimisation déjà utilisé de la STEP. Les avantages notables suivants méritent d'être mentionnés: L'interprétation gagne en précision et en transparence car de nombreux effets et causes de l'eau parasite sont uniquement visibles par le biais de longues séries de mesures (plusieurs jours jusqu'à plusieurs années). Grâce à l'utilisation de l'infrastructure de mesure existante,

EINLEITUNG

Es fließt zu viel problematisches Fremdwasser durch die Kanalanetze. Bei vielen Kläranlagen wird der nach VSA [1] kritische Fremdwasseranteil >30% noch immer überschritten. Fremdwasser ist im Kanalnetz und auf der ARA unerwünscht, weil es den Wirkungsgrad der ARA reduziert, höhere Kosten für die Abwasserreinigung verursacht und zu einer erhöhten Schmutzstoffbelastung der Gewässer führt. Fremdwasser kann aus unterschiedlichen Quellen in das Kanalnetz gelangen (Tab. 1).

Erst wenn die Menge und die Quellen des Fremdwassers in einem Einzugsgebiet bekannt sind, lässt sich der Handlungsbedarf ermitteln. Um die Fremdwasserquellen zu eruieren und Massnahmen im Abwassernetz zu bestimmen, werden normalerweise einzelne isolierte Messkampagnen durchgeführt. Diese sind jedoch aufwendig und oft nur wenig aussagekräftig, was an der zeitlichen Variabilität des Fremdwassers der immer komplexeren Abwassersysteme und an der Unsicherheit in der Interpretation liegt.

Um diese Situation zu ändern, schlagen die Autoren einen neuen Ansatz vor: die kontinuierliche, (teil)automatisierte Fremdwasserüberwachung. Eine solche Langzeitmessung bildet die räum-

* Kontakt: adrian.sigrist@hunziker-betatech.ch

Ursache	Punktuell	Diffus
niederschlagsabhängig	Fehlanschluss von Regenabwasserleitungen an Schmutzwasserkanalisation	Wasser aus Sicker- und Drainageleitungen
niederschlagsunabhängig	Angeschlossene: – Laufbrunnen – Trinkwasserleitungen – Brauch- und Kühlwasserleitungen – Quellwasseranschluss – Bachwasser (eingedolte Bäche) – Überschusswasser aus Reservoiren	Grundwassereintritt durch undichte Schächte und Kanäle

Tab. 1 Fremdwasserquellen

liche und zeitliche Variabilität des Fremdwasseranfalls ab. Die Interpretation wird präziser und transparent, da viele Effekte und Ursachen des Fremdwassers nur über längere Messreihen (mehrere Tage bis mehrere Jahre) sichtbar werden. Im Idealfall basiert die Fremdwasserüberwachung auf bereits bestehenden Messinstallationen.

In diesem Artikel wird die Fremdwasserüberwachung am Fallbeispiel der ARA Untermarch in Lachen SZ vorgestellt und diskutiert. Weiter wird das Potenzial der Fremdwasserüberwachung dem klassischen Verfahren der Messkampagne gegenübergestellt sowie Nutzen und Aufwand für zukünftige Anwendungen abgeschätzt.

FALLBEISPIEL ARA UNTERMARCH

Im Einzugsgebiet der ARA Untermarch wurden alle 10 bis 15 Jahre klassische Messkampagnen zur Bestimmung des Fremdwasseranfalls durchgeführt. Die vielen Pumpwerke im Einzugsgebiet machten die Kampagnen aufwendig und teuer, zudem

war die Interpretation der Messresultate schwierig. So waren beispielsweise Veränderungen gegenüber vorangehenden Messungen nicht zu begründen. Deshalb hat der Zweckverband ARA Untermarch entschieden, neue Wege zu gehen und eine kontinuierliche Fremdwasserüberwachung zu implementieren.

EINZUGSGEBIET ARA UNTERMARCH

Das Einzugsgebiet der ARA Untermarch (Kt. SZ) entlang des Zürich-Obersees setzt sich aus den fünf Verbandsgemeinden Altendorf, Galgenen, Lachen, Schübelbach (Teil Siebnen) und Wangen SZ zusammen (Fig. 1). Die Siedlungszentren liegen teilweise in unmittelbarer Nähe zum See, entsprechend muss das Abwasser in vielen Teilgebieten zur ARA gepumpt werden.

Kennzahlen des Einzugsgebiets

- 21 öffentliche Pumpstationen (Schmutz-/Mischabwasser)
- 11 Regenüberlaufbecken
- 4 Durchflussmessstationen (davon 2 auf der ARA)
- 35 000 Einwohnergleichwerte (2017)

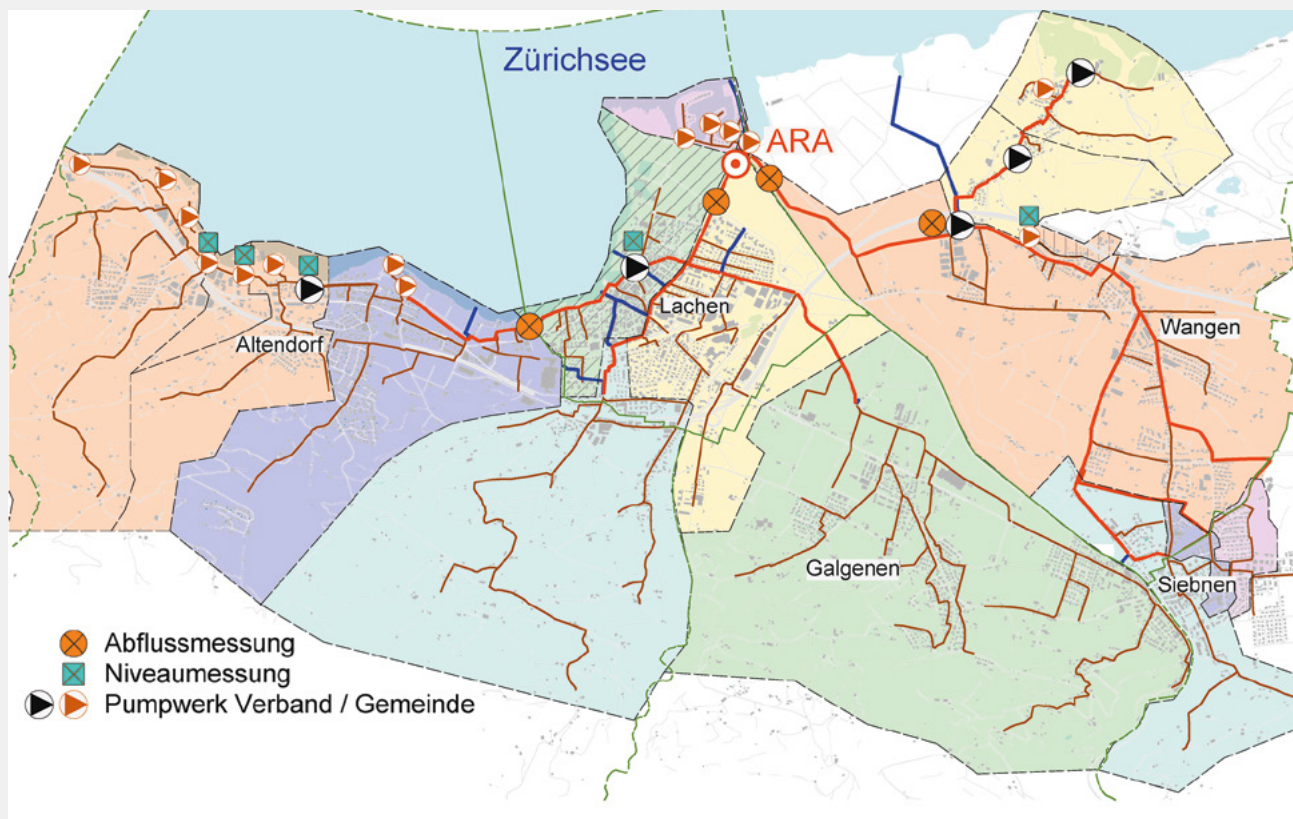


Fig. 1 Übersichtsplan des Einzugsgebietes der ARA Untermarch. Die farbigen Flächen stellen die Teileinzugseinteilung für die Fremdwasserüberwachung dar.

RAHMENBEDINGUNGEN

In einem ersten Schritt hat der beratende Ingenieur zusammen mit dem Abwasserzweckverband folgende Anforderungen an die Fremdwasserüberwachung definiert:

- Nutzung bestehender Messstellen und Infrastruktur, geringe Investitionen
- automatische Datenaufzeichnung und Fremdwasserberechnung
- einfache und wiederholbare Messungen
- Fokussierung auf die Veränderung des Fremdwasseranfalls
- Zuordnung der Fremdwassermengen auf die Verbandsgemeinden

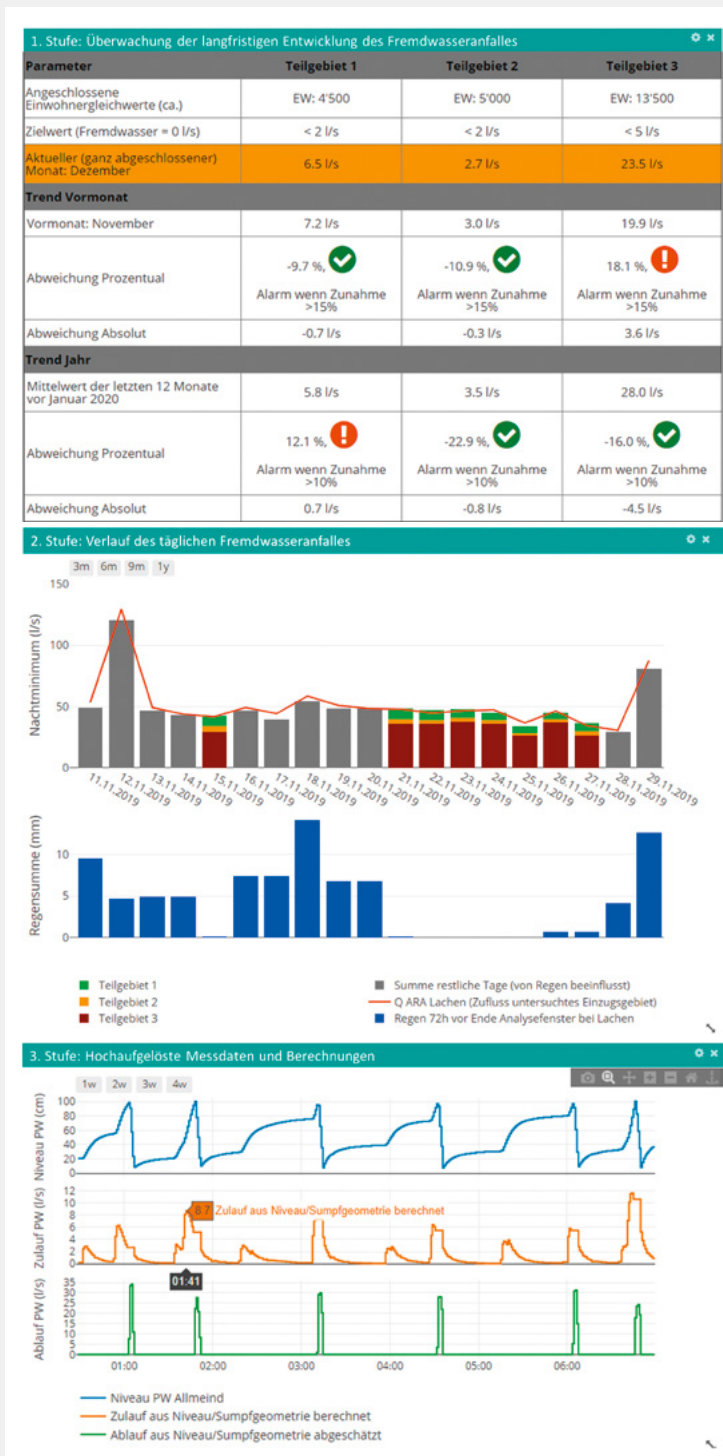


Fig. 2 Dreistufiger Aufbau der Fremdwasserüberwachung in Ritune

Die bestehende Messinfrastruktur ermöglicht die Fremdwasserüberwachung von vier grossen Teileinzugsgebieten. Als Messeinrichtung dienen sowohl Durchflussmessungen (Venturikanal) als auch Niveaumessungen. Über die bei den Pumpwerken installierten Niveaumessungen kann die Niveauänderung anhand der exakten Pumpensumpfgeometrie in die Zu-/Abflussmenge für das gewünschte Zeitfenster umgerechnet werden.

IMPLEMENTIERUNG IN RITUNE

Die Fremdwasserüberwachung wurde durch die Autoren gemeinsam in die Software *Ritune* der Firma *Rittmeyer AG* integriert. Die Verwendung von *Ritune* zur Betriebsdatenauswertung war naheliegend, da die Software bereits für die Prozessoptimierung und das Dashboarding [2] von der ARA genutzt wird. Folgende Randbedingungen und Anforderungen sind in der Fremdwasserüberwachung berücksichtigt:

- Das Fremdwasser wird auf Basis des Nachtminimums des Durchflusses bestimmt.
- Das Nachtminimum wird während 2,5 Stunden gemessen (02.30–05.00 Uhr auf der ARA Untermarch).
- Das Fremdwasser eines Teileinzugsgebiets wird mittels Bilanzierung ermittelt. Bei Pumpstationen ist der Zufluss zum Pumpwerk und die Pumpenfördermenge aus dem Pumpwerk hinaus in der Bilanzierung zu unterscheiden, da diese beiden Grössen aufgrund des Pumpenregimes im Betrachtungszeitraum stark abweichen können.
- In Teileinzugsgebieten mit oberliegenden Pumpwerken und entsprechend stossweisem Anfall des Fremdwassers sind für die Bilanzierung des Fremdwasseranfalls die Fliesszeiten im Einzugsgebiet zu berücksichtigen.
- Der Fremdwasseranfall wird nur für gemessene Regensummen < 1 mm innerhalb der letzten 72 Stunden berechnet.
- Die Rohdaten und die berechneten Daten werden gespeichert und sind rückwirkend zur Analyse verfügbar.

Die Messdaten und Auswertungen werden in Dashboards von *Ritune* in den folgenden drei Detaillierungsstufen visualisiert (Fig. 2):

1. Stufe: Langfristige Analysen auf Basis von Monatsmittelwerten
 - Ermittlung von Trends
 - Alarmierung bei kritischen Abweichungen
2. Stufe: Automatisch berechnete Tagesdaten
 - monatliche Kontrolle empfohlen
 - Analyse der Tagesdaten bei kritischen Abweichungen
3. Stufe: Hochaufgelöste Messdaten und Berechnungen
 - Detailanalysen bei kritischen Abweichungen

In *Ritune* bestehen für den Anwender zahlreiche weitere Möglichkeiten für die Datenanalyse: z.B. Erstellung von eigenen Visualisierungen, Implementierung von Alarmen, Datenexport und Weiterbearbeitung in anderen Programmen. Für Externe, beispielsweise einen beratenden Ingenieur, kann ein Fernzugriff eingerichtet werden.

RESULTATE

Der berechnete monatliche Fremdwasseranfall – in *Figur 3* als relativer Jahresverlauf für zwei ausgewählte Teileinzugsgebiete

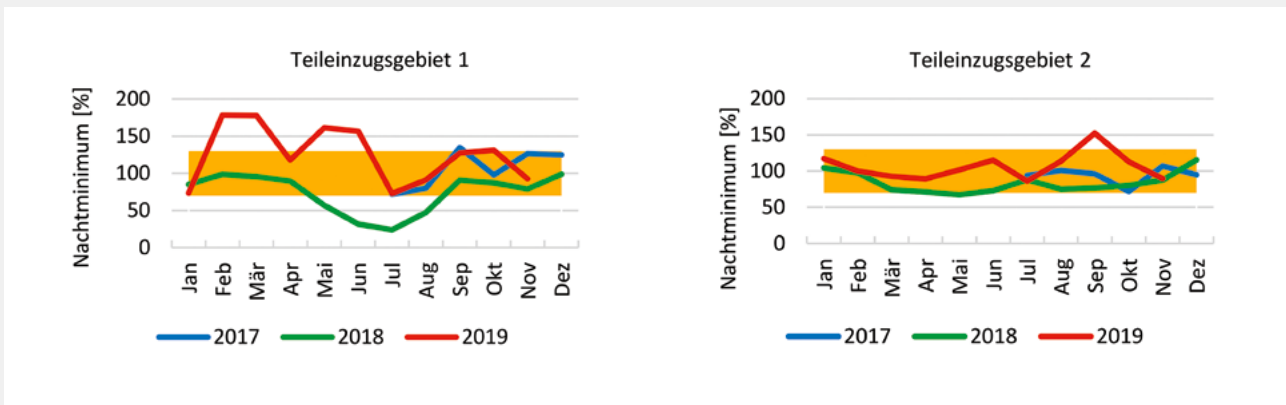


Fig. 3 Relativer Jahresverlauf der Teilgebiete 1 und 2. (100% entspricht dem Mittelwert über alle 3 Jahre). Die gelben Balken stellen ein Band von $\pm 30\%$ dar.

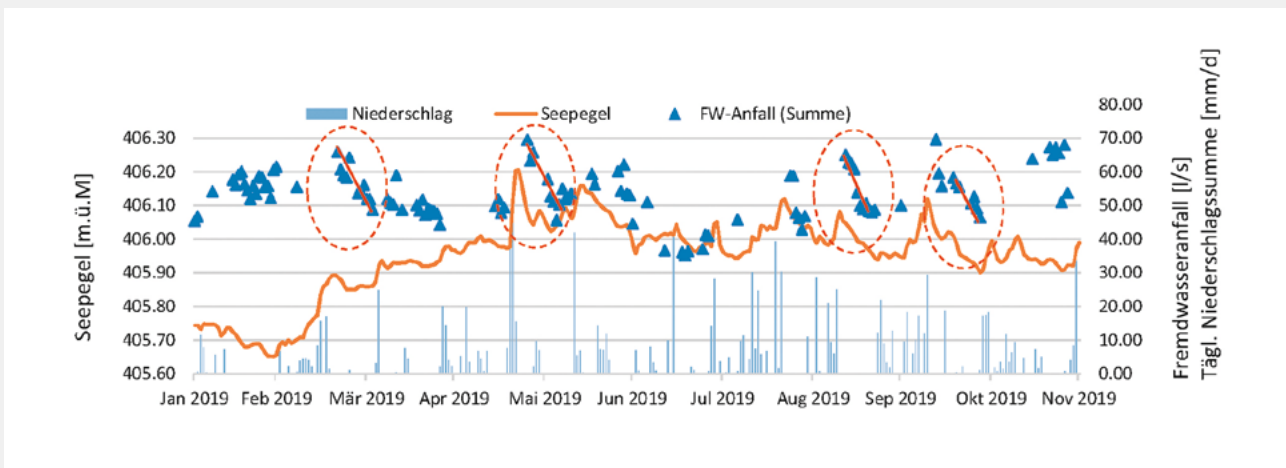


Fig. 4 Tagesdaten des Fremdwasseranfalls (Summe aller Teilgebiete) im Vergleich mit Wasserspiegel des oberen Zürichsees und der täglichen Niederschlagssumme für das Jahr 2019. Rot markiert sind die abnehmenden Fremdwassermengen für längere Trockenperioden.

te dargestellt – zeigt sowohl saisonale als auch jährliche Schwankungen. Im extrem trockenen Sommer 2018 liegt der gemessene Fremdwasseranfall in beiden abgebildeten Teilgebieten insgesamt deutlich unter dem Mittelwert der verfügbaren Messreihe. Auffallend ist die unterschiedliche Ausprägung der klimatischen und saisonalen Abhängigkeiten in den beiden Teileinzugsgebieten: Im Gebiet 1 variieren die Monatsmittel sehr stark ($\pm 75\%$), folgen aber jedes Jahr dem gleichen Muster mit einem ausgeprägten Minimum im Sommer. Im Gebiet 2 bewegen sich praktisch alle Werte innerhalb eines $\pm 30\%$ -Bandes, folgen aber jedes Jahr einem anderen Muster. Solche Befunde sind nur durch mehrjährige Messreihen möglich.

Die berechneten Monatsmittel der Fremdwassermenge korrelieren nicht mit dem Monatsmittel des Seepegels oder der Niederschlagssumme. Um die Fremdwasserquellen zu eruieren oder Abhängigkeiten zu erkennen, ist die Analyse von Tagesdaten notwendig. In *Figur 4* ist ersichtlich,

dass die gemessene Fremdwassermenge oft davon abhängt, wie lange das letzte Niederschlagsereignis zurückliegt. Mit jedem weiteren Trockenwettertag wird der Fremdwasseranfall tendenziell reduziert. Allerdings ist dieser Effekt nicht nach allen Niederschlagsereignissen gleich ausgeprägt. Auch der Einfluss des Seepegels kann nicht abschliessend bestimmt werden. Aus den Tagesdaten schliessend, verändert sich der Fremdwasseranfall häufig parallel mit dem Seepegel. Jedoch wurden in den Wintermonaten (Jan./Feb.) auch bei tiefem Seewasserstand hohe Fremdwassermengen gemessen. Eine räumlich detailliertere Auswertung kann einige dieser uneinheitlichen Zusammenhänge erklären und bringt weitere Erkenntnisse zu den Fremdwasserquellen. Trotz (oder gerade wegen) der nicht einheitlichen Korrelationen lässt diese lange Zeitreihe viel mehr Zusammenhänge erkennen, als durch eine oder wenige Einzelmessungen möglich wäre.

Im Mai 2016 wurde in einem Teileinzugsgebiet von einem Tag auf den anderen

eine starke Fremdwasserzunahme registriert. Im Gebiet befindet sich ein kleines Schmutzwasserpumpwerk. In *Figur 5* ist sichtbar, dass die berechnete mittlere Pumpenfördermenge in der Nacht (Nachtminimum) von annähernd null auf bis zu 5 l/s steigt. Selbst bei Trockenwetter wurden innerhalb von 2 Stunden bis zu 6 Pumpenzyklen registriert, unter Normalbetrieb lief maximal ein Zyklus ab. Die Ursache war eine undichte Stelle in der Schmutzwasserkanalisation. Bei hohem Grundwasserspiegel konnte Grundwasser dort infiltrieren. In der Folge wurde die undichte Stelle von der Gemeinde saniert. Der Zugriff auf hochaufgelöste Messdaten macht es somit möglich, eine Fremdwasserquelle rasch einzugrenzen und Massnahmen in die Wege zu leiten.

POTENZIAL UND GRENZEN DER FREMDWASSERÜBERWACHUNG

LANGE MESSREIHE

Ein zentraler Vorteil der Fremdwasserüberwachung liegt in der kontinuierli-

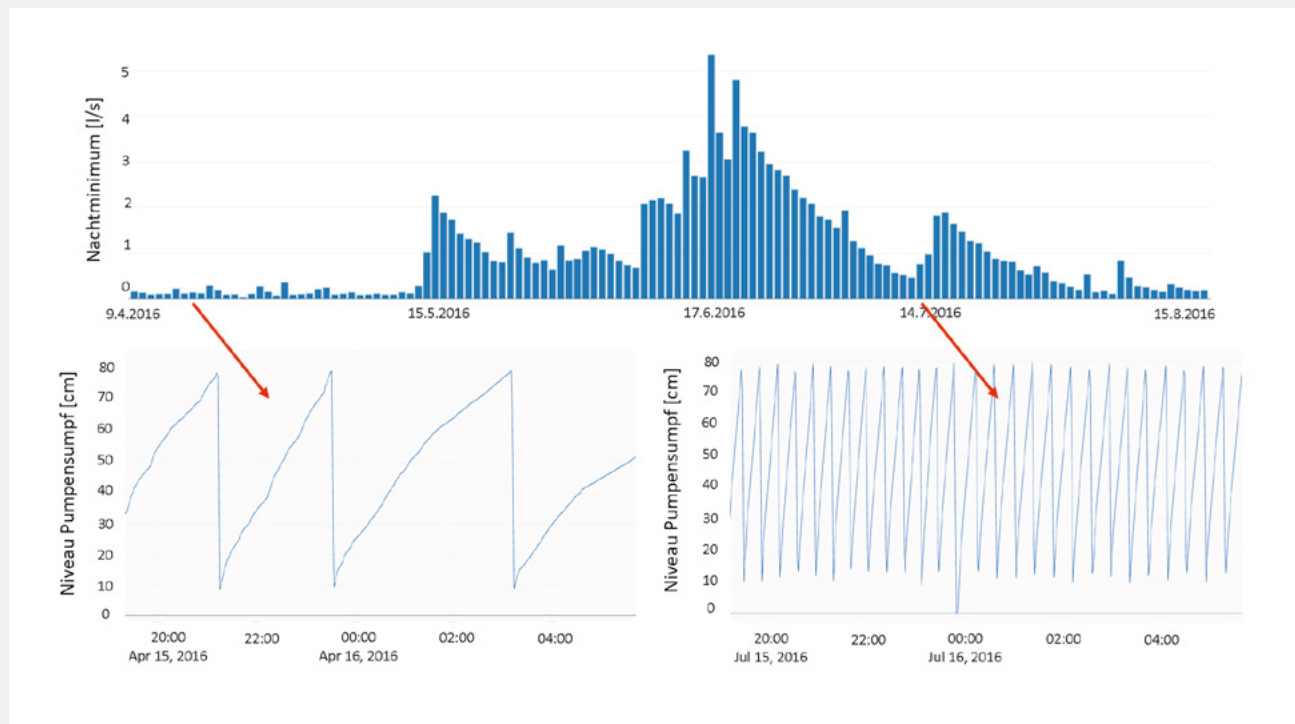


Fig. 5 Grundwasserinfiltration in Schmutzabwasserkanalisation. Oben: berechnetes Nachtmittimum beim Pumpwerk (Regen- und Trockenwetter). Unten links: Niveaumessung des Pumpwerks im April 2016 (Normalbetrieb). Unten rechts: Niveaumessung des Pumpwerks im Juli 2016 (hoher Fremdwasseranfall).

chen Messdatenaufzeichnung und -auswertung [3]. Damit steht eine lange und repräsentative Messreihe für die Interpretation zur Verfügung. Viele Effekte und Ursachen sind nur über eine mehrjährige Messreihe beziehungsweise über eine Analyse von zuordenbaren Einzelergebnissen ersichtlich. Das Fallbeispiel der ARA Untermarch zeigt deutlich, dass einzelne Messkampagnen nur schwierig zu interpretierende Momentaufnahmen zeigen können. Die zeitliche Variabilität, eine wichtige Eigenheit des Fremdwassers, wird mit der Einzel-Messkampagne nicht sichtbar. Die Fremdwasserüberwachung bietet dagegen ein Gesamtbild, das erst eine umfassende Auswertung verschiedener Effekte und Zeitskalen ermöglicht.

MESSEINRICHTUNGEN

Die Fremdwasserüberwachung benötigt fest installierte Messeinrichtungen im Abwassernetz. In vielen Aussenbauwerken sind bereits heute Messgeräte installiert, Tendenz zunehmend. Die Messdaten werden jedoch kaum genutzt. Die für die Fremdwasserüberwachung genutzten Messstellen können und sollen auch anderen Funktionen dienen. Dies ist besonders wichtig, falls neue Messstellen für die Fremdwassermessungen eingerichtet werden. Beispiele sind:

- Durchflussmessstationen werden für die dynamische Bewirtschaftung der oberhalb liegenden Regenüberlaufbecken genutzt.
- Niveaumessungen in den Pumpensämpfen dienen der Funktionsüberwachung der Pumpstationen.
- Eine Füllstandsmessung im Speicherkanal kann durch Einbau einer Venturischale so (um)gebaut werden, dass damit auch der Trockenwetterabfluss gemessen werden kann.

Die Mehrfachverwendung der Messeinrichtungen kann zudem den Anreiz für den Betrieb erhöhen, diese gut zu unterhalten.

Eine grobe Fremdwasserüberwachung des gesamten Einzugsgebiets der ARA ohne weitere räumliche Unterteilung lässt sich auf Basis der Zuflussmessung der ARA realisieren.

MESSGENAUIGKEIT

Die Messgenauigkeit spielt in der Fremdwasserüberwachung oft eine untergeordnete Rolle. Der Schwerpunkt der Interpretation liegt meist auf der Erkennung der relativen Veränderungen und nicht in den absoluten Fremdwassermengen. Die Genauigkeit oder zumindest Repräsentativität von sowohl relativen Veränderungen als auch absoluten Werten sind durch

eine lange Zeitreihe deutlich korrekter zu beurteilen als durch wenige Einzelmessungen. Als grösste Fehlerquelle im Fallbeispiel erwies sich der Pumpenbetrieb innerhalb des definierten Messfensters. Theoretisch könnte die verwendete Datenauswertungssoftware via Prozessleitsystem (PLS) aktiv ins Messsystem eingreifen, indem sie eine prognoseorientierte Pumpenentleerung aktiviert, um die Pumpenströme während des Messfensters zu minimieren. Für solche Visionen muss aber die Betriebssicherheit oberste Priorität haben.

AUTOMATISCHE DATENAUSWERTUNG UND VISUALISIERUNG

Die automatisierte Auswertung und das Aufzeigen von Trends bilden die Grundlage, dass mit der gesammelten Flut an Messdaten überhaupt gearbeitet werden kann. Dank der Alarmierung bei plötzlichen Veränderungen können Fehlschlüsse oder bauliche Mängel an der Infrastruktur rasch eruiert werden. Die effiziente Arbeitsweise mit grossen Datenmengen hilft, Fremdwasserquellen schneller einzugrenzen.

Vorteilhaft für die detaillierte Interpretation seitens des beratenden Ingenieurs sind insbesondere auch ein Fernzugriff in Echtzeit (allenfalls mit eigenen spezifischen Visualisierungen) sowie die

Möglichkeit, beliebige Daten und Berechnungsergebnisse zu exportieren.

SYSTEMVERSTÄNDNIS

Die Komplexität in der Dateninterpretation zeigt, dass eine vollautomatische Auswertung alleine nicht zielführend ist. System- und Ortskenntnisse sind entscheidend, um die richtigen Überwachungsregeln und -randbedingungen abzuleiten, und um aus den berechneten Trends und hochaufgelösten Tagesdaten die richtigen Schlüsse zu ziehen.

VORAUSSETZUNGEN

Damit eine Fremdwasserüberwachung erfolgreich wird, sollten nachfolgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Der Anlagenbetreiber hat ein langfristiges Interesse, die Entwicklung des Fremdwasseranfalls zu überwachen und die Ursachen zu erkennen.
- Es gibt ausreichende (möglichst bereits bestehende) Messeinrichtungen im Abwassernetz, die an das Prozessleitsystem der ARA eingebunden sind.
- Die Messeinrichtungen werden gut unterhalten und liefern plausible Werte.
- Das Projektteam und die Betriebsmitarbeiter arbeiten eng zusammen und ergänzen sich bei Planung, Umsetzung und Auswertung durch ihr jeweiliges Spezialwissen, Ortskenntnis und Systemverständnis.

FAZIT

Die Fremdwasserproblematik ist weiterhin aktuell. Ein Grund für die schleppende Verbesserung ist die Schwierigkeit der Messung. Die typischerweise angewandten einzelnen Fremdwassermesskampagnen sind aufwendig und liefern oft zu wenig repräsentative Informationen, um einzuangebietsspezifische Ursachen oder Fehlanschlüsse zu erkennen. Eine kontinuierliche Fremdwasserüberwachung hingegen produziert lange Zeitreihen, welche grössere Zusammenhänge erkennen lassen.

Ist eine Fremdwasserüberwachung somit die zu empfehlende Messmethode der Zukunft?

Für den Zweckverband ARA Untermarch waren die ersten Erfahrungen positiv. Die Fremdwasserüberwachung ist als Synergie von der geplanten dynamischen Bewirtschaftung der Aussenbauwerke (Messeinrichtungen) und der Prozessoptimierung auf der Kläranlage entstanden. Mit der Fremdwasserüberwachung wurde daher eine kostengünstige Lösung gefunden, um den Fremdwasseranfall in einem komplexen Abwassernetz zuverlässig zu ermitteln. Der Zweckverband hat sich daraufhin entschieden, das Messnetz auszubauen, um die Fremdwasserüberwachung an den Gemeindegrenzen im gesamten Einzugsgebiet zu ermöglichen.

Folgende Punkte sprechen dafür, dass Fremdwasserüberwachungen zukünftig vermehrt eingesetzt werden:

- Lange Messreihen zeigen relevante Mechanismen des Fremdwasseranfalls und mögliche Quellen auf, was isolierte Einzelmessungen nicht können.
- Kontinuierliche Messungen sind in Bezug auf Repräsentativität und verursachergerechte Kostenteilung fairer als Einzelmessungen.
- Die vorhandenen Messeinrichtungen sind häufig bereits vorhanden oder für andere Zwecke ohnehin in Planung.
- Bei einer kontinuierlichen Betriebsdatenauswertung werden Messausfälle und Unregelmässigkeiten schneller entdeckt. Insgesamt wird der Unterhalt der vorhandenen Messeinrichtungen verbessert.
- Für effiziente automatisierte Routineauswertungen, aussagekräftige Visualisierungen und allfällige Alarmierungen sind Software und Spezialisten verfügbar.

Eine Fremdwasserüberwachung gestaltet sich erfolgreich, wenn Datenanalyse-Know-how mit Systemverständnis und Ortskenntnis vereint werden. Dies erfordert eine enge, langfristige Zusammenarbeit des Projektteams und der Betreiber. Mit der Fremdwasserüberwachung wird zwar die Messkampagne, aber nicht die komplette Interpretation der Messresultate ersetzt. Es ist weiterhin Denkarbeit

DANK

Dieser Artikel ist dank der Unterstützung des Zweckverbands ARA Untermarch entstanden. Wir bedanken uns insbesondere bei *Noldi Kistler*, Betriebsleiter, sowie bei *Urs Reichmuth*, Aktuar, für ihr persönliches Engagement.

für Plausibilitätsprüfungen und Interpretation notwendig – neu aber mit einer viel aussagekräftigeren Datenbasis.

Wir hoffen, dass die Ergebnisse von vermehrten Fremdwasserüberwachungen genutzt werden, um faire verursachergerechte Anreizsysteme zur Fremdwasserreduktion zu etablieren und Fremdwasserquellen zu erkennen und schliesslich die Menge Fremdwasser nachhaltig zu reduzieren.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] VSA (2010): *GEP Musterpflichtenheft*
- [2] Kramer, S. et al. (2019): *Dashboards für Kläranlagen, Aqua & Gas, 12/19*
- [3] Schäfer, T. (2014): *Optimaler Mitteleinsatz in der Fremdwassermessung – Ein Erfahrungsbericht über den Vergleich von Einzel- und Kurzzeitmessungen, Springer-Verlag*
- [4] DWA (2012): *Merkblatt, DWA-M-182, Fremdwasser in Entwässerungssystemen ausserhalb von Gebäuden, April 2012*

> SUITE DU RÉSUMÉ

tante, aux données archivées à long terme et à l'évaluation automatisée des données, les avantages se révèlent importants par rapport à la charge de travail.

Certains éléments sont centraux pour la réussite de la surveillance de l'eau parasite: compréhension du système, connaissance du lieu, définition des contraintes et exigences et par conséquent une collaboration étroite entre les ingénieurs consultatifs, Data Scientist et exploitants de réseaux.