

# ONLINE-DURCHFLUSSZYTOMETRIE IN DER PRAXIS

## FENSTER IN DIE WELT MIKROBIOLOGISCHER DYNAMIKEN IN WASSER – VON DER QUELLE BIS ZUM WASSERHAHN

**Der Einsatz der Online-Durchflusszytometrie eröffnet neue spannende Einblicke in mikrobiologische Dynamiken auf kurzen Zeitskalen in natürlichen sowie technischen Wassersystemen. In Trinkwassersystemen treten solche Dynamiken sowohl im Rohwasser als auch am Wasserhahn auf. Das mit solchen neuen Methoden generierte Wissen über kurzzeitige Schwankungen der mikrobiologischen Wasserqualität eröffnet eine neue Dimension im gezielten Management von Wasserressourcen.**

*Michael D. Besmer; Jürg A. Sigrist, Frederik Hammes\*, Eawag Dübendorf  
Adrian Auckenthaler, Amt für Umweltschutz und Energie BL*

### RÉSUMÉ

#### PRATIQUE EN LIGNE DE LA CYTOMÉTRIE DE FLUX – OUVERTURE SUR LE MONDE DES DYNAMIQUES MICROBIOLOGIQUES DANS L'EAU

Beaucoup d'événements et processus qui ont lieu dans les systèmes d'eau potable ne se produisent que sur des échelles de temps très courtes (heures – semaines). Pour autant, ils influent sur la qualité de l'eau et constituent des risques de contamination. Certaines mesures en ligne de modifications de valeurs physiques et chimiques (p. ex. le pH, la conductivité du courant, la turbidité) sont certes reconnues aujourd'hui, mais cela n'a longtemps pas été le cas en matière de microbiologie. Les méthodes de placage traditionnelles ne permettent la réalisation de mesures ni à haut débit ni à bref temps d'analyse. La cytométrie de flux s'étant établie comme une méthode rapide, fiable et extrêmement quantitative dans l'eau, ces problèmes peuvent désormais être résolus. L'IFAPE a construit avec succès et mis en œuvre de manière intensive des prototypes de cytométrie de flux en ligne. Dans tous les systèmes étudiés d'eau brute comme d'eau potable, des dynamiques intéressantes, souvent inattendues, ont été mises au jour. Ces nouvelles connaissances pourront être utilisées dans le cadre d'une gestion microbiologique ciblée des ressources en eau.

### DYNAMIKEN IN TRINKWASSERSYSTEMEN

Viele Ereignisse und Prozesse in Trinkwassersystemen – vom Rohwasser bis zum Verbraucher – treten auf kurzen Zeitskalen (Stunden bis Wochen) auf und beeinflussen so die Wasserbeschaffenheit. Beispiele dafür sind natürliche Ereignisse wie Niederschläge und Schneeschmelze sowie betriebliche Aktivitäten wie das Rückspülen von Aufbereitungsanlagen oder Verbrauchsspitzen. Solche Veränderungen können mikrobiologische Risiken mit sich bringen (z. B. Eintrag von pathogenen Mikroorganismen) oder erhöhte Anforderungen an den Betrieb einer Aufbereitungsanlage stellen (z. B. erhöhter Chlor-/Ozon-Bedarf, schnelleres Verstopfen von Filtern).

Um solche Fluktuationen in der Wasserbeschaffenheit zu erkennen und allfälligen negativen Auswirkungen auf die Wasserqualität und -versorgung vorzubeugen, werden chemische und physikalische Online-Messungen eingesetzt (z. B. elektrische Leitfähigkeit, Trübung,  $SAK_{254}$ , pH, Temperatur). Diese Messungen dienen einerseits direkt der Steuerung von Aufbereitungsanlagen – beispielsweise beim Rohwasserverwurf bei erhöhter Trübung vor der UV-Behandlung, um die Effektivität der Aufbereitung sicherzustellen. Andererseits werden zunehmend automatisierte Überwachungssysteme eingesetzt, bei de-

\* Kontakt: [Frederik.Hammes@eawag.ch](mailto:Frederik.Hammes@eawag.ch)

nen die genannten Messungen als Indikatoren für nicht direkt messbare Einflüsse verwendet werden (z. B. Eintrag von Oberflächenwasser, organische Substanzen aus Kontaminationen) [1]. Die Messung von Mikroorganismen erfolgt grösstenteils auch heute noch mit den über 100-jährigen Kultivierungsmethoden (Agar-Platten). Aufgrund des hohen Arbeitsaufwands und der beschränkten Sensitivität dieser klassischen mikrobiologischen Messmethoden ist über mikrobiologische Dynamiken auf den genannten kurzen Zeitskalen nur wenig bekannt.

## ENTWICKLUNG DER ONLINE-DURCHFLUSSZYTOMETRIE

Im Verlauf der letzten zehn Jahre hat sich die Durchflusszytometrie (DZ) als leistungsstarke und schnelle mikrobiologische Analyseverfahren zunehmend in Forschung und Praxis im Wasserbereich etabliert [2–6]. Als robuste, schnelle und sensitive Alternative (insbesondere zur traditionellen Plattierung der aeroben mesophilen Keimzahl [AMK]) wird die DZ im Schweizerischen Lebensmittelbuch als standardisierte Methode aufgeführt [2, 7].

Die DZ basiert auf einem spezifischen Markierstoff für DNA und RNA in den Bakterienzellen. Dieser Markierstoff gibt bei der Anregung mit einem Laserstrahl im Messgerät ein Fluoreszenzsignal ab, wodurch Bakterien von den übrigen Partikeln unterschieden werden können. Über das simple Messen der Totalzellkonzentration hinaus kann die DZ mit verschiedenen weiteren Färbemethoden kombiniert werden (z. B. Bestimmung der intakten Zellkonzentration mit Propidiumiodid [3, 4]). Zusätzlich können die «Fingerabdrücke» der Fluoreszenz und Lichtstreuung rasch einfache Informationen bezüglich der Zusammensetzung der Bakterienpopulation liefern [2]. Dadurch erhält man mit der DZ mit wenig Zusatzaufwand mehrdimensionale Datensätze.

Die technischen Eigenschaften der Methode (einfache Handhabung, schnelle Messung) und die Qualität der Messungen (hohe Reproduzierbarkeit, tiefe Detektionsgrenze, grosser linearer Messbereich, hohe Sensitivität) erfüllen alle Voraussetzungen für ein automatisiertes System zur zeitlich hochaufgelösten Messung von mikrobiologischen Dynamiken. An der Eawag wurden in den letzten fünf Jahren diverse automatisierte DZ-



Fig. 1 Vollautomatisiertes Online-Durchflusszytometrie-System bestehend aus einem BD Accuri C6 Durchflusszytometer (rot/weiss) und dem selbst entwickelten Automations-Modul (blau)

Système entièrement automatisé de cytométrie de flux en ligne, composé d'un de cytomètre de flux BD Accuri C6 (rouge/blanc) et d'un module d'automatisation développé en propre (bleu)

Messsysteme entwickelt und ausführlich getestet [8–10]. Mit Hilfe der resultierenden Messinstrumente (Fig. 1) entstanden führende Forschungsarbeiten in der Detektion und Interpretation von mikrobiologischen Dynamiken in Labor und Feld auf den Zeitskalen Sekunden bis Monate und Totalzellkonzentrationen von  $10^3$  bis  $10^7$  Zellen  $\text{ml}^{-1}$  [9, 11–13].

## PRAKTISCHE ANWENDUNG IN FELDESTUDIEN

In den vergangenen drei Jahren wurden die automatisierten Durchflusszytometer in mehreren Feldstudien in verschiedenen natürlichen und technischen Systemen sowie in Labor-Experimenten eingesetzt (Fig. 2). Dieser Artikel illustriert die Vielfalt von mikrobiologischen Dynamiken an verschiedenen Punkten im Trinkwassersystem (vom Rohwasser bis zum Verbraucher) und zeigt das Potenzial solcher Online-Messungen für verschiedene Anwendungen auf. Die ersten beiden Beispiele stammen aus einer kürzlich veröffentlichten Publikation zum Potenzial der Online-Durchflusszytometrie [9]. Das Hauptbeispiel beschreibt eine Messkampagne einer Quelle im Kanton Basel-Landschaft (Box).

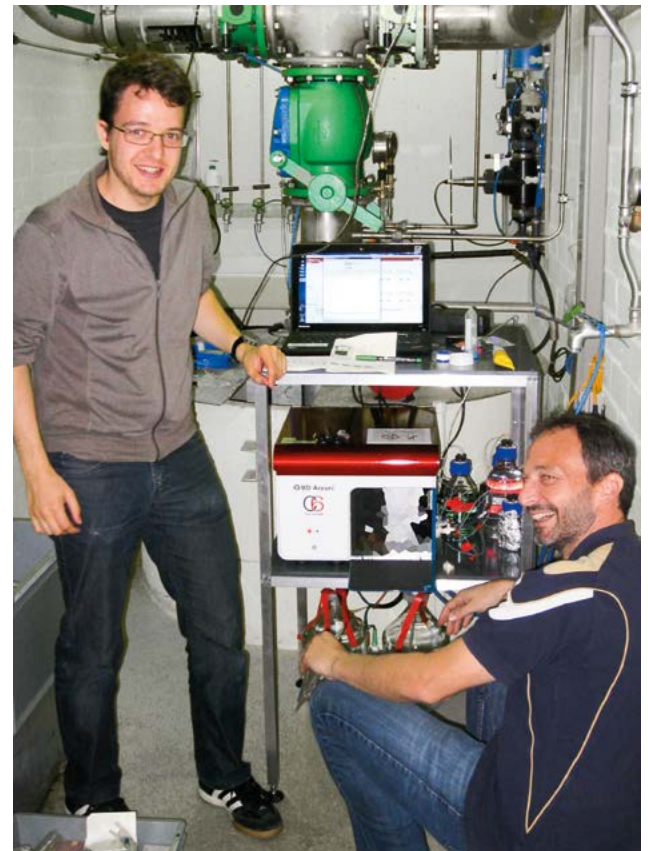


Fig. 2 Aufbau des Online-Durchflusszytometers in einer Wasserfassung  
Construction du cytomètre de flux en ligne, version hydraulique

### BEISPIEL 1: HAHNENWASSER

Das erste Beispiel behandelt den Endpunkt eines Trinkwassersystems – den Wasserhahn beim Verbraucher. Der Wasserhahn war konstant geöffnet und wurde automatisch alle 15 Minuten beprobt und die Totalzellkonzentration bestimmt [9]. Die durchschnittliche Konzentration lag bei rund  $110$  Zellen  $\mu\text{l}^{-1}$  (zu erwarten in Hahnenwasser). Auffallend ist die moderate (weniger als  $\pm 20\%$ ), aber sehr regelmässige Tagesfluktuation (Fig. 3).

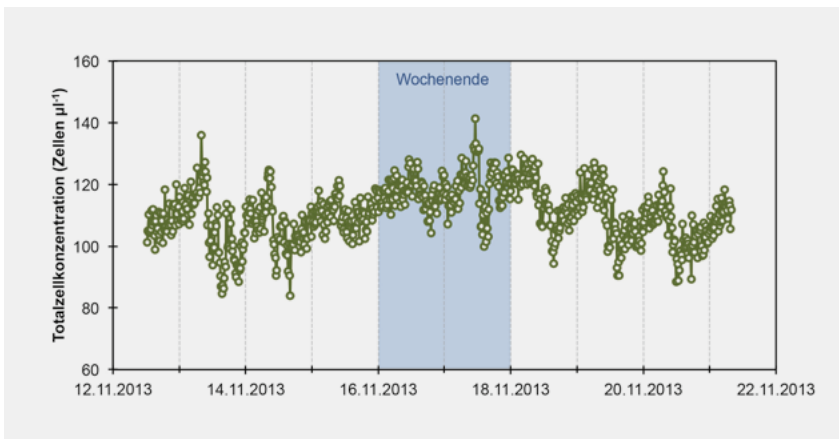


Fig. 3 Kontinuierliche Online-Messung der Totalzellkonzentration (grün) im Hahnenwasser alle 15 Minuten während 9 Tagen ( $n = 818$ ) (verändert aus [9])

Mesure en ligne constante de la concentration totale (vert) dans l'eau du robinet, toutes les 15 minutes pendant 9 jours ( $n = 818$ ) (modifié à partir de [9])

Vertiefte Analysen haben gezeigt, dass sich die Tagesgänge an Werktagen und am Wochenende unterscheiden [9]. Dies weist darauf hin, dass der Tagesgang mit der Wassernutzung im gesamten Gebäude (nicht aber am individuellen Wasserhahn) zusammenhängt. Der Verlauf an Werktagen mit zunehmender Konzentration in der Nacht und einer raschen Absenkung am Morgen sind angesichts der Wassernutzung im untersuchten Büro- und Laborgebäude plausibel. Während der Nacht ist der Wasserverbrauch tief, bei (nahezu) stagnierenden Verhältnissen können Bakterien aufwachsen, sich vom Biofilm ablösen und sich so im Wasser anreichern. Bei Arbeitsbeginn steigt der Verbrauch sprunghaft an und frisches Wasser aus den Verteilleitungen strömt nach, wodurch die Totalzellkonzentration rasch sinkt. Am Wochenende ist dieser Effekt schwächer ausgeprägt, da nur wenige Leute das Gebäude nutzen. Dieses Beispiel zeigt auf, dass die Wassernutzung mikrobiologische Dynamiken zur Folge haben kann. Erst die wiederholte, hochaufgelöste Messung des Tagesganges machte diese Dynamik sicht- und quantifizierbar.

## BEISPIEL 2: FLUSSWASSER

Als Beispiel für ein natürliches System im oberen Messbereich dient hier ein kleiner Fluss (Chriesbach, Dübendorf). Dieser wurde automatisch alle 15 Minuten beprobt und die Totalzellkonzentration bestimmt [9]. Die durchschnittliche Konzentration von rund  $1000 \text{ Zellen } \mu\text{l}^{-1}$  wurde am zweiten Tag der Messung deutlich überschritten (Fig. 4, Maximum bei ca.  $2300 \text{ Zellen } \mu\text{l}^{-1}$ ). Dieses Ereignis konnte

dem moderaten Regenereignis ( $3,1 \text{ mm}$ ) in den Stunden zuvor zugeordnet werden. Zwar verdünnt das zusätzliche Regenwasser die Bakterienkonzentration, dennoch überwiegen der zusätzliche Eintrag durch den Oberflächenabfluss, das Aufwirbeln von Biofilmen und Sedimenten im Flussbett sowie allfällige

Mischwasserentlastungen. Nach dem Regenereignis war ein regelmässiger Tagesgang zu beobachten ( $\pm 15\%$ ) mit Höchstwerten in der Nacht und Tiefstwerten um die Mittagszeit (Fig. 4). Der hier beobachtete Tagesgang ist nicht identisch mit jenem im Hahnenwasser. Wie in [9] ausgeführt, ist der natürliche Zyklus der von der Sonne angetriebenen Photosynthese und deren indirekten Einfluss auf Bakterien eine plausible Erklärung für diese Beobachtungen. Angesichts des urbanen Einzugsgebiets des Flusses sind aber auch menschgemachte Einflüsse wie die Einleitung von Kühlwasser oder von gereinigtem Abwasser denkbar.

Der Vergleich mit der parallel gemessenen elektrischen Leitfähigkeit sowie den abiotischen Partikeln zeigt eine recht gute Übereinstimmung – insbesondere für das Regenereignis (Fig. 4). Unsere Erfahrung zeigt jedoch, dass abiotische Messungen je nach untersuchtem System und je nach Dynamik unterschiedlich stark mit der Totalzellkonzentration korrelieren. Einen einzelnen, verlässlichen abiotischen Indikator für mikrobiolo-

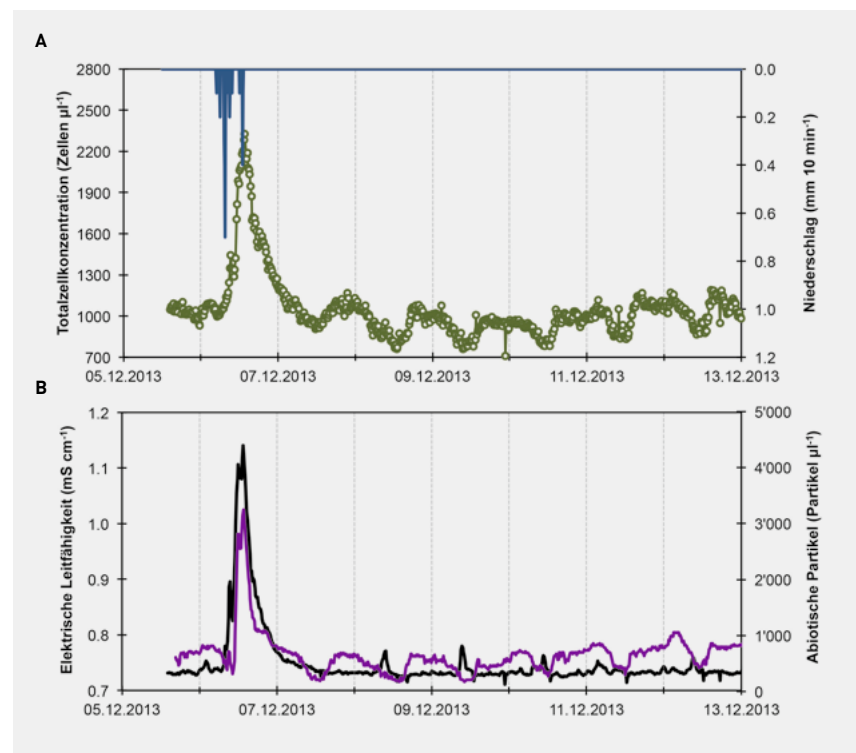


Fig. 4 Kontinuierliche Online-Messung der Totalzellkonzentration (A, grün) im Flusswasser alle 15 Minuten während 8 Tagen ( $n = 690$ ) und des Niederschlags in der Region (A, blau) sowie der elektrischen Leitfähigkeit (B, violett) und der Partikelkonzentration (B, schwarz) in Flusswasser (verändert aus [9])

Mesure en ligne constante de la concentration totale (A, vert) dans l'eau fluviale, toutes les 15 minutes pendant 8 jours ( $n = 690$ ), des précipitations dans la région (A, bleu), de la conductivité du courant (B, violet) et de la concentration des particules (B, noir), dans l'eau fluviale (modifié à partir de [9])

logische Kontaminationen konnte bisher nicht gefunden werden. Als Alternative wird die Kombination mehrerer Online-Messgrößen mittels Algorithmen geprüft [14]. Solche Ansätze lassen sich anhand von Messungen mit der Online-Durchflusszytometrie besser testen und verfeinern. Die beobachtete Überlagerung von regelmässigen Fluktuationen und gelegentlichen Spitzenwerten wirft auch die Frage auf, wie Dynamiken zu beurteilen sind. Ein Anstieg in der Bakterienkonzentration kann Routine sein, muss aber ab einem gewissen Ausmass als Abweichung aufgrund eines isolierten Ereignisses bewertet werden.

### BEISPIEL 3: QUELLWASSER

Quellen sind klassische Trinkwasserressourcen, deren Vulnerabilität sich insbesondere in Karstsystemen von Standort zu Standort stark unterscheiden kann. Dynamische Veränderungen wie Regenfälle, Schneeschmelze oder punktuelle Verunreinigungen (z. B. Gülle) treten wiederholt auf und beeinflussen auch die Mikrobiologie. Das präsentierte Beispiel ist Teil mehrerer umfassender Feldstudien aus dem Teilprojekt «Trinkwasser aus Karstgebieten und mikrobiologische Trinkwassersicherheit», das im Rahmen des Projekts «Regionale Wasserversor-

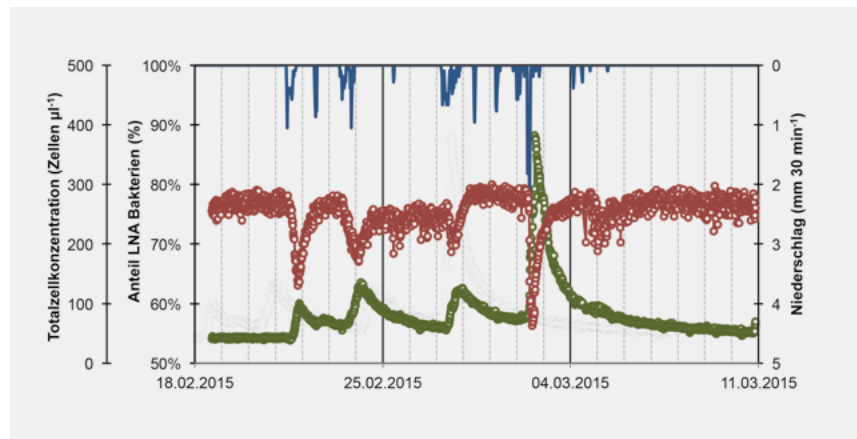


Fig. 5 Kontinuierliche Online-Messung der Totalzellkonzentration (grün) und des Anteils-LNA-Bakterien (rot) im Quellwasser alle 15 Minuten während 3 Wochen ( $n = 1854$ ) sowie des Niederschlags in der Region (blau)

Mesure en ligne constante de la concentration totale (vert), de la part des bactéries LNA (rouge) dans de l'eau de source, toutes les 15 minutes pendant 3 semaines ( $n = 1854$ ) et des précipitations dans la région (bleu)

gung Baselland 21» durchgeführt wurde (Box).

Eine Quelle in einer Flussebene mit hydraulischer Anbindung an das Karstsystem wurde während drei Wochen alle 15 Minuten automatisch beprobt und die Totalzellkonzentration gemessen. Diese war bei Trockenwetter sehr stabil und betrug rund 40 Zellen  $\mu\text{l}^{-1}$ . Im Messzeitraum zeichnete die in der Region installierte Meteo-Station mehrere Niederschlags-

ereignisse auf (Fig. 5). Diese resultierten in deutlich zu erkennenden Spitzen in der Totalzellkonzentration im Quellwasser (bis zu Faktor 8). Der Anstieg der Konzentration erfolgte jeweils wenige Stunden nach dem Regenereignis und das Abklingen dauerte danach wenige Tage (bei höherer Intensität des Ereignisses länger). Die Auswertung des Anteils von (kleinen) «Low Nucleic Acid (LNA) Content»-Bakterien [2] zeigt, dass deren Anteil bei Regenereignissen rasch absinkt und dann allmählich wieder ansteigt. Die Dynamik ist gegengleich zur Totalzellkonzentration. Dies weist darauf hin, dass verschiedene Prozesse die Konzentration von Bakterien im Quellwasser bestimmen. Neben dem Eintrag von Bakterien über den Boden und die ungesättigte Zone können auch Prozesse innerhalb des Aquifers die Bakterienkonzentration beeinflussen. Damit steht – ohne zusätzliche Messung – eine zweite Messgrösse für das Verfolgen von Dynamiken zur Verfügung.

Dieses Beispiel zeigt, dass mikrobiologische Dynamiken in Quellwasser häufig auftreten und die Veränderungen substantiell sein können. Dank der hochauflösenden Messung kann der Verlauf solcher Dynamiken nun genau verfolgt werden. Der sehr rasche Anstieg bereits kurz nach dem Regenereignis ist relevant für eine allfällige Verwurfspraxis. Ebenso hilft die Kenntnis über den Verlauf der Bakterienkonzentrationen zurück zu tieferen Konzentrationen bei der Evaluation von Zeitperioden mit erhöhten Risiken. Mit diesem Wissen lassen sich andere gemessene Grössen wie etwa die Trübung oder

### PROJEKT «REGIONALE WASSERVERSORGUNG BASELSTADT 21»

Das Projekt «Regionale Wasserversorgung Baselland 21» wurde in Zusammenarbeit des Kantons Basel-Landschaft mit der Eawag und der Uni Basel durchgeführt. Das Ziel des Projektes war, bestehende Belastungssituationen und Gefährdungen des Grund- und Trinkwassers sowie strukturelle Defizite in der Wasserversorgung an konkreten Modellregionen zu ermitteln und daraus spezifisch für den Kanton Basel-Landschaft angepasste Lösungen zur Sicherung der Trinkwasserqualität zu erarbeiten. In fünf Teilprojekten wurden die Themenbereiche Mikrobiologie, Hydrogeologie, Wasseraufbereitung, Mikroverunreinigungen und Wassermanagement bearbeitet.

Bezüglich Mikrobiologie untersuchte das Projekt insbesondere die Risiken im Zusammenhang mit dem karstigen Untergrund im ländlichen und hügeligen Kantonsteil. Karstsysteme weisen aufgrund ihrer dualen Fließsysteme in der Regel eine erhöhte Vulnerabilität für den Eintrag von Verschmutzungen bei Niederschlagsereignissen auf. Die Filterleistung des Bodens und des Karstsystems ist im Gegensatz zu Grundwasserleitern aus Lockergestein oftmals vermindert. Mit den neuen innovativen Werkzeugen wie der Online-DZ eröffnen sich interessante Möglichkeiten, die zeitliche Variabilität heterogener und vulnerabler Systeme und ihr Verhalten bei Niederschlags- und Hochwasserereignissen besser zu verstehen (zeitlicher Verlauf und Spitzenbelastungen). Dadurch lassen sich die Beprobung, das Monitoring und allfällige Massnahmen fallspezifisch beurteilen und entsprechend anpassen.

Dieses Projekt beinhaltet den weltweit ersten Einsatz der Online-DZ in genutzten Grundwassersystemen. Durch die Umsetzung dieser neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und Methoden in den Wasserversorgungen strebt der Kanton Basel-Landschaft ein optimiertes Wassermanagement an.

Das Projekt startete am 1. März 2013 und dauerte drei Jahre.

die Leitfähigkeit besser einschätzen. Ihr Wert als Indikatoren für Veränderungen der Bakterienkonzentrationen kann abgeschätzt werden und die optimale Kombination von Messungen für Frühwarnsysteme sowie das Auslösen von Alarmen oder Massnahmen zur Sicherung der Qualität fundiert beurteilt werden. Generell wird das Verständnis der Dynamiken in den meist komplexen hydrogeologischen Systemen erhöht und zielgerichtete Untersuchungen zu den verschiedenen Einflussfaktoren werden erleichtert.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

- Mit der automatisierten Online-Durchflusszytometrie ist es möglich, mikrobiologische Dynamiken mit sehr hoher zeitlicher Auflösung und in einer Vielzahl von technischen und natürlichen Systemen zu messen.
- Neben dem Trinkwasserbereich sind Oberflächengewässer, Prozesswasser, gereinigtes Abwasser und weitere Wasserbereiche mögliche Anwendungsgebiete. Auch die Messung von Algen und abiotischen Partikeln ist mit der DZ möglich.
- Der Einsatz unterschiedlicher Farbstoffe zur Markierung der Mikroorganismen erlaubt Aussagen über verschiedene Eigenschaften der Bakterien sowie umfangreiche quantitative und qualitative Messungen mit hohem wissenschaftlichem und praktischem Informationsgehalt.

- Durch die flexible Verwendung von Farbstoffen, weiteren Chemikalien, der Messfrequenz sowie der Anzahl Beprobungsstellen ist die Technologie äusserst vielfältig einsetzbar – in Feld und Labor.
- In Verbindung mit abiotischen Online-Messungen eröffnen sich neue Möglichkeiten für Frühwarnsysteme und Prozess-Monitoring. Dadurch lassen sich die untersuchten Systeme besser charakterisieren und gezielt optimieren.
- Die grosse Anzahl und Vielfalt der beobachteten mikrobiologischen Dynamiken zeigt, dass offensichtlich sehr viele Systeme von solchen betroffen sind. Durch die laufenden Untersuchungen werden immer mehr dieser faszinierenden Dynamiken aufgedeckt und deren Ursachen können beschrieben werden.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Stadler, H. et al. (2010): *The spectral absorption coefficient at 254 nm as a real-time early warning proxy for detecting faecal pollution events at alpine karst water resources*, *Water Science and Technology*, 62(8): p. 1898–1906
- [2] Prest, E.I. et al. (2013): *Monitoring microbiological changes in drinking water systems using a fast and reproducible flow cytometric method*, *Water Research*, 47(19): p. 7131–7142
- [3] Vital, M. et al. (2012): *Flow cytometry and adenosine tri-phosphate analysis: Alternative possibilities to evaluate major bacteriological changes in drinking water treatment and distribution systems*, *Water Research*, 46(15): p. 4665–4676
- [4] Hammes, F.; Egli, T. (2010): *Cytometric methods for measuring bacteria in water: advantages, pitfalls and applications*, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397(3): p. 1083–1095

- [5] Hammes, F. et al. (2008): *Flow-cytometric total bacterial cell counts as a descriptive microbiological parameter for drinking water treatment processes*, *Water Research*, 42(1–2): p. 269–277
- [6] Kötzsch, S.; Sinreich, M. (2014): *Zellzahlen zum Grundwasser*, *Aqua & Gas* (3): p. 8
- [7] SLMB, *Method 333.1: Determining the total cell count and ratios of high and low nucleic acid content cells in freshwater using flow cytometry*. (Schweizerisches Lebensmittelhandbuch). Federal Office for Public Health, Editor. 2012: Berne, Switzerland
- [8] Hammes, F. et al. (2012): *Development and laboratory-scale testing of a fully automated online flow cytometer for drinking water analysis*, *Cytometry Part A*, 81a(6): p. 508–516
- [9] Besmer, M.D. et al. (2014): *The feasibility of automated online flow cytometry for in-situ monitoring of microbial dynamics in aquatic ecosystems*, *Frontiers in Microbiology*, 5
- [10] Helbing, J.; Hammes, F. (2012): *Online-Flowzytometrie in der Praxis*, *Aqua & Gas* (5): p. 6
- [11] Mimoso, J. et al. (2015): *Bacterial growth in batch-operated membrane filtration systems for drinking water treatment*, *Separation and Purification Technology*, 156: p. 165–174
- [12] Heck, T. et al. (2014): *Continuous Monitoring of Enzymatic Reactions on Surfaces by Real-Time Flow Cytometry: Sortase A Catalyzed Protein Immobilization as a Case Study*, *Bioconjugate Chemistry*, 25(8): p. 1492–1500
- [13] Arnoldini, M. et al. (2013): *Monitoring of Dynamic Microbiological Processes Using Real-Time Flow Cytometry*, *Plos One*, 8(11)
- [14] Page, R.; Huggenberger, P. (2013): *Adaptive Trinkwasserüberwachung*, *Aqua & Gas* (3): p. 6

Members only: [www.intranet.svgw.ch](http://www.intranet.svgw.ch)



## Service für SVGW-Mitglieder

SVGW-Mitglieder haben im Intranet Zugriff auf den Director's Blog, aktuelle Zirkulare, Tagungsdokumentationen, laufende Vernehmlassungen, Argumentarien oder die Medienbeobachtung.  
Zugangsdaten: → [kommunikation@svgw.ch](mailto:kommunikation@svgw.ch)