

# Weiterbildungskurse 2018



[www.brunnenmeister.ch](http://www.brunnenmeister.ch)

## Online Messungen – Monitoring – Kombinatorik -

Von:

Stefan Vogel  
Endress+Hauser (Schweiz) AG  
Kägenstrasse 2  
4153 Reinach

und Mitarbeitenden der Firmen



# Online Messungen – Monitoring - Kombinatorik

## 1. Einleitung

Die Qualität des Trinkwassers lässt sich durch physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter bestimmen.

Es können grundsätzlich drei Messkonzepte in Anlehnung an das Konzept des VSA unterschieden werden (siehe auch «Messtechnik in der Siedlungsentwässerung. Fachdokumentation für die Planung, die Einrichtung und den Betrieb von Messstellen in Kanalisation und Kläranlagen»):

- Inline-Messung von Qualitätsparametern, kontinuierliche Messungen mit Messsonden direkt im Prozess. Beispiel Trübungsmessung: Der Sensor ist direkt in die Leitung eingebaut.
- Online-Messung von Qualitätsparametern:
  - Kontinuierliche Probenahme über einen Bypass, Messung direkt vor Ort. Bei Bedarf kann das Wasser noch zusätzlich aufbereitet werden. Beispiel Trübungsmessung: Ein Teilstrom des Wassers wird der Leitung entnommen, entgast und dem Sensor zugeführt. Das Wasser wird anschliessend verworfen.
  - Diskontinuierliche Probenahme über einen Bypass, Messung direkt vor Ort. Bei Bedarf kann das Wasser noch zusätzlich aufbereitet werden. Beispiel Online-Flowzytometrie: Ein Teilstrom des Wassers wird der Leitung entnommen, das Gerät wird stossweise mit Wasserproben beschickt.
- Offline-Messung von Qualitätsparametern, Entnahme von Sammel- oder Stickproben und Messung im Labor. Die Proben werden meist händisch entnommen.

## 2. Analysemessungen

### 2.1. Informationen zur Bestimmung geeigneter Parameter

Die Messparameter und der Messort hängen von folgenden Voraussetzungen ab:

- Hydrogeologie im Einzugsgebiet (so unterscheiden sich beispielsweise Karst-Grundwasserleiter stark von Lockergesteins-Grundwasserleiter)
- Gefährdungspotential im Einzugsgebiet (z.B. Industrie, Verkehrswege, Landwirtschaft, Fliessgewässer etc.)
- Aufbereitung des Rohwassers (z.B. UV-Entkeimung, Filtration etc.)
- Wartungspersonal (Know-How und Zeitbudget für den Messstellenunterhalt)
- Budget (Anschaffungs- und Unterhaltskosten)

Qualitätsparameter können eine reine Überwachungsfunktion oder aber eine Steuer-/Regelfunktion übernehmen.

Anhand dieser Informationen können die geeigneten Parameter und der Messort bestimmt werden. Bei einer positiven Entscheidung sollte darum immer klar sein

warum gemessen wird und was mit dem Messwert gemacht wird (siehe auch W12 des SVGW).

## **2.2. Messprinzip typischer chemisch-physikalischer Parameter**

### Leitfähigkeit

Bei der Leitfähigkeitsmessung wird festgestellt, wie gut der elektrische Strom vom Wasser geleitet wird. Die Leitfähigkeit des Wassers hängt dabei von der Konzentration der Ionen ab (gelöstes Salz, Säuren und Basen): Je höher die Leitfähigkeit, desto höher die Ionenkonzentration. Je nach Einzugsgebiet bewegen sich die Leitfähigkeitswerte im Trinkwasser zwischen 100 und 1000 $\mu$ S/cm.

Eine Änderung des Leitfähigkeitsmesswertes ist guter ein Hinweis auf eine Änderung im Grundwasserleiter: Bei Hochwasser kann beispielsweise Flusswasser in den Grundwasserleiter eindringen, hier nimmt die Leitfähigkeit typischerweise ab; bei einer Havarie in einem Industriegebiet sind Säuren und Laugen ausgelaufen und in den Grundwasserleiter gelangt, hier nimmt die Leitfähigkeit zu.

Es gibt drei unterschiedliche Messprinzipien um die Leitfähigkeit zu bestimmen: konduktiv 2-Pol, konduktiv 4-Pol und induktiv. Grundsätzlich sind alle drei Messprinzipien für Trinkwasseranwendungen geeignet. Im unteren Messbereich sind konduktive Sensoren vorzuziehen.

In Rohwasser kann eine Verschmutzung (z.B. Biofilm) auf den konduktiven Sensoren zu einer Messwertdrift führen, eine regelmässige Reinigung ist hier unumgänglich. Induktive Sensoren sind hier weniger anfällig.

### Trübung

Die Trübung beschreibt den Verlust der Transparenz einer Flüssigkeit, verursacht durch ungelöste Stoffe: Trübung entsteht als optischer Eindruck, sobald Licht an Oberflächen von Partikeln gestreut wird. Die Menge des gestreuten Lichtes hängt von folgenden Faktoren ab: Wellenlänge der Lichtquelle, Grösse der Partikel, Form der Partikel und Oberflächenbeschaffenheit der Partikel. Je höher der Trübungswert, desto höher ist der Feststoffgehalt im Wasser. Da die meisten Systeme Licht im Infrarotbereich einsetzen, ist das Licht mit blossen Auge nicht sichtbar.

Trübstoffe können die Aufbereitung stören (UV-Desinfektion, Ozonung, Desinfektion mit Javelle etc.), hier kann die Trübungsmessung als prozessrelevanter Parameter eingesetzt werden (z.B. Steuerung der Verwurfsklappe).

Trübstoffe im Rohwasser können einen Hinweis auf eine Kontamination mit Krankheitserreger sein (Trübung als Information über Systemzustand). Eine Trübungsmessung kann aber nie einzelne Krankheitserreger detektieren.

Bei der Trübungsmessung führen Luftblasen im Wasser zu Fehlinformationen, da der Sensor das Streulicht aufgrund von Luftblasen oder aufgrund von Feststoffen nicht unterscheiden kann. Bei der Auslegung der Messstelle muss darum sichergestellt werden, dass das Wasser am Messort keine Luftblasen enthält.

In Abhängigkeit des Messprinzips können Verschmutzungen oder anorganische Ausfällungen (z.B. Kalk) zu einer Störung der Messung führen. Eine regelmässige Wartung ist darum zwingend.

Die Trübung wird meist in folgenden Einheiten angegeben:

- FNU: Formazine Nephelometric Units, Streulichtmessung (Winkel 90°) gemäss Vorschriften der Norm ISO7027
- NTU: Nephelometric Turbidity Unit, Streulichtmessung (Winkel 90°) gemäss Vorschriften der USA (EPA)
- FAU: Formazine Attenuation Units, Durchlichtmessung (Winkel 0°) gemäss den Vorschriften der Norm ISO7027

Allen Einheiten ist gemeinsam, dass sie sich auf eine Formazinlösung als Referenz beziehen. Für Formazinlösungen gilt darum immer: FNU = NTU = FAU, alle anderen Gemische liefern unterschiedliche Werte (Abhängig von Winkel und Lichtquelle). Je nach Gerät können darum kleine Abweichungen des Absolutwertes auftreten.

Trinkwasser sollte einen Trübungswert von <1FNU (respektive <0.5FNU) aufweisen.

### SAK254

Viele gelöste organische Substanzen wie beispielsweise Huminstoffe sorgen für eine Verfärbung des Trinkwassers. Die Farbe ist für das menschliche Auge nicht sichtbar, da sich die Verfärbung im ultravioletten Bereich befindet. Der Wert SAK254 quantifiziert die Verfärbung (SAK Spezifischer Absorptionskoeffizient bei der Wellenlänge 254nm): Hohe Werte treten bei hohen Konzentrationen auf. Aufbereitetes Trinkwasser bewegt sich im Bereich von ungefähr 0.5 bis 3m-1.

Neben gelösten Substanzen absorbieren auch Feststoffe und Luftblasen Licht. Aus diesem Grund ist für diese Messung zwingend eine Probenaufbereitung (Filtrierung) vorzusehen und darauf zu achten, dass es keine Luft im System hat.

Der SAK254 Wert ist ein guter Hinweis auf die Menge von organischem Kohlenstoff im System. Dies ist vor allem für Systeme relevant, wo komplett auf Netzschutz verzichtet wird: Der organische Kohlenstoff kann als Nahrungsgrundlage für Mikroorganismen dienen und zu einer Wiederverkeimung im Leitungsnetz führen.

Neben den oben genannten Parametern gibt es noch eine Vielzahl weiterer chemisch-physikalischer Parameter: pH, Sauerstoff, Redox, Öl in Wasser, Chlorid, Kalium, Ozon, Freies Chlor, Gesamtchlor, Chlordioxid, Nitrat, Ammonium, Wasserhärte, Arsen, Eisen, Mangan, TOC, Kohlenwasserstoffe etc.

### **2.3. Online-Messung der Mikrobiologie mittels Durchflusszytometrie**

Bei der Online-Durchflusszytometrie handelt es sich um eine diskontinuierliche Online-Messung: Das Gerät entnimmt der Leitung in regelmässigen Abständen Proben und analysiert diese (typischerweise in Intervallen von ca. 20min). Es handelt sich hier um eine Methode, welche im Labor bereits etabliert ist, aber im Feld erst seit kurzem eingesetzt wird.

Der Probe wird vollautomatisch ein Reagenz zugegeben, welches zu einer Verfärbung der Mikroorganismen führt, in einem zweiten Schritt werden die Mikroorganismen gezählt. Die Durchflusszytometrie erfasst alle Mikroorganismen, eine generelle Aussage über die Wasserqualität alleine aufgrund der Gesamtzellzahl ist nur bedingt möglich, da Krankheitserreger nicht selektiv erfasst werden. Eine Änderung der Gesamtzellzahl ist aber ein sehr guter Indikator für eine Kontamination des Trinkwassers.

Folgende Applikationen für Online-Durchflusszytometer sind denkbar:

- Ergänzung von bestehenden Online-Messungen (Echtzeitinfo zur Mikrobiologie)
- Online Überwachung von Desinfektionsprozessen
- Kontrolle von Verteilnetzen bei Kontamination
- Optimierung von Netzspülungen
- Überwachen von Hausinstallationen

Der Betrieb eines Online-Durchflusszytometers setzt ein gewisses Know-How bei der Datenanalyse und beim Unterhalt des Gerätes voraus.

#### **2.4. Offline-Messung der Mikrobiologie mittels Schnelltests**

Schnelltests produzieren einen Farbumschlag in der Handprobe: Ein spezifisches Substrat wird von Organismus-spezifischen Enzymen umgesetzt. Die Verstoffwechslung des Nährstoffindikators bewirkt eine Farbänderung in der Messküvette. Selektive Analyse auf bestimmte Organismen. Oder anders ausgedrückt: Die Mikroorganismen ernähren sich vom Substrat, der Verbrauch des Substrates wird durch einen Farbumschlag sichtbar.

Bei den Schnelltests handelt es sich um eine Offline-Messung mit vergleichsweise wenig Arbeitsaufwand. Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten müssen die Tests inkubiert werden (18 bis 24h): Lagerung bei einer bestimmten Temperatur für eine vorgeschriebene Zeit (so können die Mikroorganismen wachsen). Die Tests können qualitativ oder quantitativ durchgeführt werden.

Schnelltests reagieren selektiv auf bestimmte Krankheitserreger:

Coliforme und E. coli, Nachweisgrenze 1CFU pro 100mL (18h)

Enterkokken, 1CFU pro 100mL (24h)

Pseudomonas aeruginosa, 1CFU pro 100ml (24h)



Beispiel 1: Ja/Nein Aussage für E. coli. gelb = mind. 1 Coliformer Keim/ fluoreszierend = mind. 1 E. coli

Beispiel 2: Auszählung von Enterokokken (gelb bis grün)

### 3. Qualität und Nutzen von Analyse-Messungen

Neben der Sensor-Performance hängt die Qualität der erfassten Daten von zahlreichen weiteren Voraussetzungen ab:

- Einbau des Sensors oder Probenahme (Inline-/Online-/Offline-Messung)
- Störparameter im System (z.B. Luft bei Trübungsmessung)
- Wartung und Überprüfung der Messstelle (z.B. Reinigung und Kalibration)

Beim Entscheid für die Anschaffung eines Messsystems ist dem Messstellendesign eine grosse Aufmerksamkeit zu widmen:

Alle Parameter die genannt wurden, messen nur so gut wie sie gewartet werden. On-Line Analytik verleitet oft zu der Annahme sie braucht keine Wartung. Auch die neuste Technik braucht Unterhalt und Service. Wenn auch weniger als in der Vergangenheit.

Besonders im Bereich Trinkwasser mit Fassungen die nicht immer oder nur schwer zugänglich sind ist dies zu bedenken.

Dies beinhaltet eine Reinigung und eine Überprüfung der Sensoren – je nach Parameter, Messsystem und Prozessbedingungen können sich die Intervalle beträchtlich unterscheiden. Die Qualität der Daten hängt stark von der Wartung ab.

Zusätzlich müssen die Spezifikationen der Sensorik eingehalten werden (z.B. sterile Probenahme für Schnelltest der Mikrobiologie, keine Luftblasen für die Trübungsmessung etc.).

Für den Anlagenbetreiber muss klar sein, wie er im Falle einer Änderung der Analysemesswerte zu reagieren hat: Gibt es Grenzwerte? Was passiert, wenn diese Grenzwerte verletzt werden?

Besonders viele Möglichkeiten der Auswertung bietet die Verknüpfung von mehreren Messwerten. Je nachdem wie diese auf ein Ereignis reagieren und sich verändern kann auf die Ursache der Störung geschlossen werden.