



SPEZIFISCHE ERKENNUNG VON KONTAMINATIONEN

AUTOMATION FÜR DIE BEURTEILUNG VON ALARMEN

Die Online-Überwachung der Trinkwasserqualität stellt hohe Anforderungen an die Messsysteme und den Betreiber. Wann handelt es sich um eine echte Verunreinigung/Kontamination und um welche? Bei der Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid ist seit 2012 ein System im Einsatz, das auf diese Fragen Antworten liefert.

Martina Hofer, unimon GmbH*

Guido Marty, Rittmeyer AG

Dieter Börlin, Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid

Volker Döltzsch, Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid

RÉSUMÉ

SPEZIFISCHE ERKENNUNG VON KONTAMINATIONEN IM TRINKWASSER – AUTOMATION FÜR DIE BEURTEILUNG VON ALARMEN

Die Notwendigkeit der permanenten Qualitätsüberwachung von Wasserfassungen wird mit steigendem Siedlungsdruck zunehmen. Dabei ist die frühzeitige Erkennung einer Kontamination des Wassers die zentrale Aufgabe der eingesetzten Online Qualitätsmesssysteme. Dem Betreiber steht eine Vielzahl von möglichen Messparametern zur Verfügung. In der Regel werden sogenannte Summenparameter wie Leitfähigkeit, SAK254, pH etc. gemessen. Diese lassen einen Rückschluss zu, um welche Art einer Verunreinigung es sich handelt (z.B. organische Belastung bei erhöhtem SAK254). Doch die Herausforderung im Betrieb ist, ab wann es sich tatsächlich um einen echten Alarm handelt. Je nachdem in welcher Verdünnung eine Kontamination ins Wasser eingetragen wird, reagieren die Online Messsysteme mit nur sehr kleinen Veränderungen. Liegt eine echte Kontamination vor, wenn sich beispielsweise der Wert einer Leitfähigkeitsmessung von 432 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf 437 $\mu\text{S}/\text{cm}$ verändert? Bei der isolierten Betrachtung dieses einen Messwerts ist keine Aussage möglich. Es kommt darauf an, in welchem Zeitraum sich der Messwert verändert und vor allem, ob sich dabei andere Messwerte auch verändern. Es wird schnell offensichtlich, dass es neben einer zeitabhängigen auch eine globalere Betrachtung der Situation an einer Wasserfassung bedarf.

EINLEITUNG

Der Einsatz der Online-Messtechnik für die Früherkennung von Kontaminationen (Verunreinigungen) im Trinkwasser ist heute in vielen Wasserversorgungen Stand der Technik. Je nachdem, welche und wie viele potenzielle Gefahrenquellen im Einzugsgebiet einer Wasserfassung sind, verändern sich die Anforderungen an die Art und Anzahl der gemessenen Parameter. Um den vollen Nutzen aus dem Einsatz der Online-Qualitätsmesstechnik zu schöpfen, bedarf es auch eines entsprechenden Alarmkonzeptes. Von Seiten eines Betriebes werden mehrere Ansprüche an ein solches System gestellt:

- hohe Sensitivität auf Veränderungen in der Wasserqualität
- Selektivität (Um was für eine Kontamination handelt es sich?)
- Nachvollziehbarkeit (Warum wird ein Alarm ausgegeben?)
- spezifisch (minimale Anzahl an Fehlalarmen)

Um möglichst allen diesen Anforderungen gerecht zu werden und ein optimales Kosten/Nutzen-Verhältnis zu erhalten, muss ein systematisches Vorgehen gewählt werden; beispielsweise wie folgt:

- a) Analyse der möglichen Gefahrenquellen im Einzugsgebiet der Wasserfassung

* Kontakt: m.hofer@unimon.ch

- b) Definition von Kontaminations-Szenarien
- c) Definition der Messverfahren
- d) Erarbeitung der Abhängigkeiten/Programmierung
- e) Test im Feld und Einstellen der Alarmierungskriterien

Nach dem oben beschriebenen Vorgehen wurde bei der Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid (WGB) im Jahre 2012 eine Kontaminationsüberwachung implementiert, die spezifisch die Eintragung von Gülle ins Quellwasser detektiert. Der Fall bei der WGB zeigt beispielhaft den Alltag des Betreibers auf. Vor der Optimierung des Alarmsystems war es für den Betrieb eine Herausforderung, die online gemessene Qualität zu beurteilen und die Grenzwerte für die Alarmierung optimal einzustellen. So wurde beispielsweise bei der Kontamination des Quellwassers in Blattenheid durch Gülle der Trübungsgrenzwert kurzzeitig überschritten, das Wasser war über die Stunden zuvor aber schon verunreinigt worden (bei Messwerten < 1 FNU). Dennoch hätte diese Kontamination durch die Verknüpfung der einzelnen gemessenen Online-Parameter Trübung, Leitfähigkeit und Redoxpotenzial spezifisch erkannt werden können.

Seit der Implementierung der automatischen Kontaminationsüberwachung sind schon mehrere Alarme auf Grund von Eintragungen durch Gülle ausgelöst worden. Dies wurde durch die erhöhten Keimzahlen nach Kontaminationsereignissen bestätigt. Bei der WGB wurde dem Betrieb durch ein systematisches Vorgehen in der Ermittlung der potenziellen Gefahrenquellen, der Kombination von Parametern und den auszugehenden spe-

zifischen Alarmierungen ermöglicht, das Optimum aus den Online-Messsystemen herauszuholen. Im Wesentlichen sind die Abläufe in der Interpretation von Messdaten automatisiert worden, die sonst eine erfahrene Fachperson visuell macht. Das Betriebspersonal kann somit auf spezifische Alarmierungen reagieren und die Ursache eines Alarms nachvollziehen. Somit steigt das Vertrauen in die Systeme, die Alarme und der Einsatz von Online-Qualitätsmesssystemen erlangt eine höhere Bedeutung als Frühwarnsystem zur Erkennung von Kontaminationen im Trinkwasser.

WASSERVERSORGUNG GEMEINDEVERBAND BLATTENHEID

Die Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid (WGB) versorgt 18 Verbandsgemeinden mit Trink- und Brauchwasser. Zudem wird an fünf Standorten mit Trinkwasserkraftwerken Strom erzeugt.

Die WGB fasst das Wasser in den Quellgebieten Blattenheid und Oberstocken sowie in den Grundwasserpumpwerken Oberstocken und Kiesen (Fig. 1).

Die Quellen im Gebiet Blattenheid wurden im Jahr 1913 erschlossen; das Wasser wird ins Reservoir Blumenstein geleitet. Im Jahr 2012 sind die Fassungen der Quellen im Gebiet Oberstocken/Bachalp erneuert worden. Die beiden Quellgebiete der Wasserversorgung Blattenheid liegen auf einer Höhe von ca. 1200–1500 m in der Stockhornkette in einem Karstgebiet. Die Felsen weisen viele Spalten auf, wodurch das Quellwasser

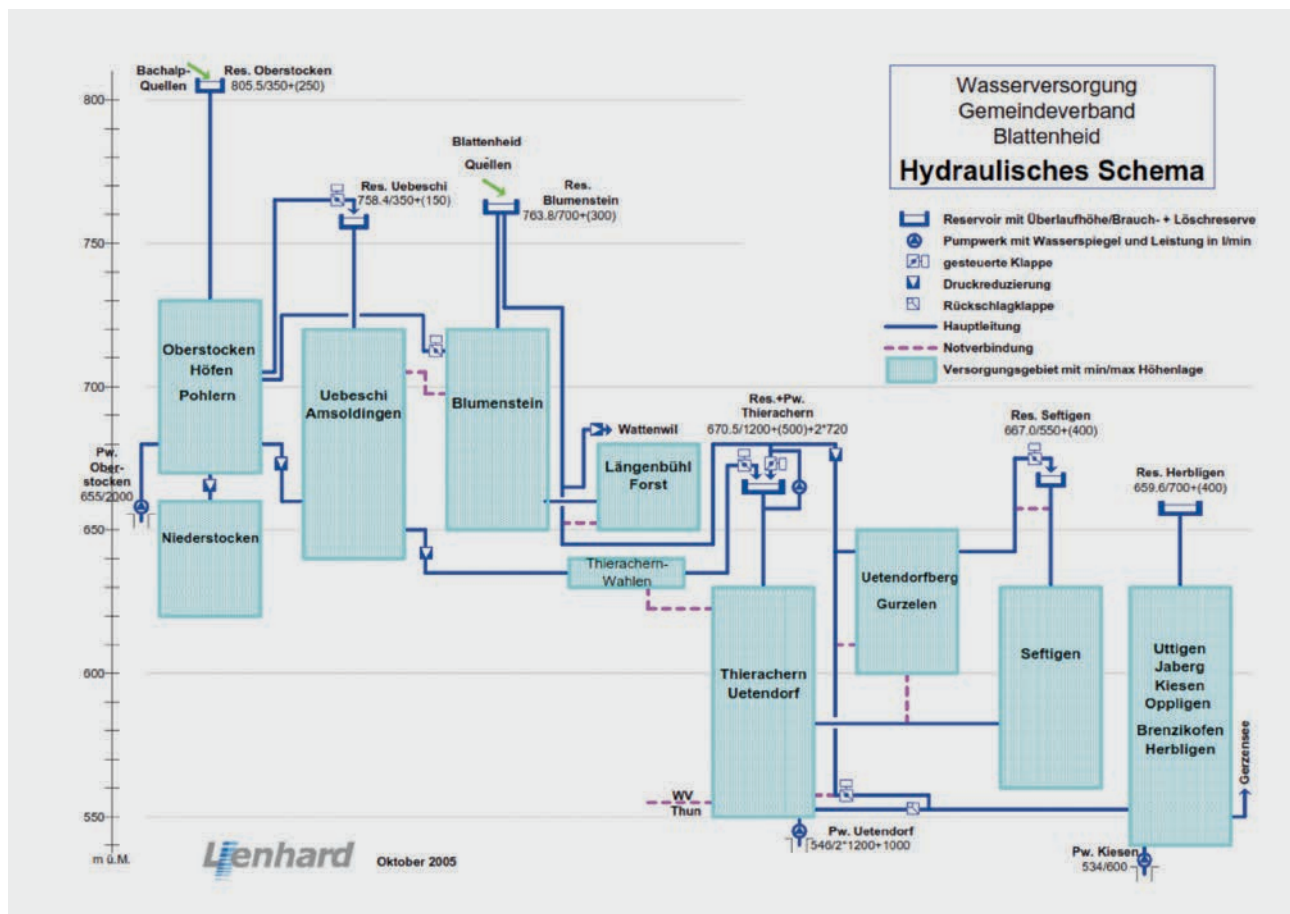


Fig. 1 Hydraulisches Schema der Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid (WGB)

Franz. Legende

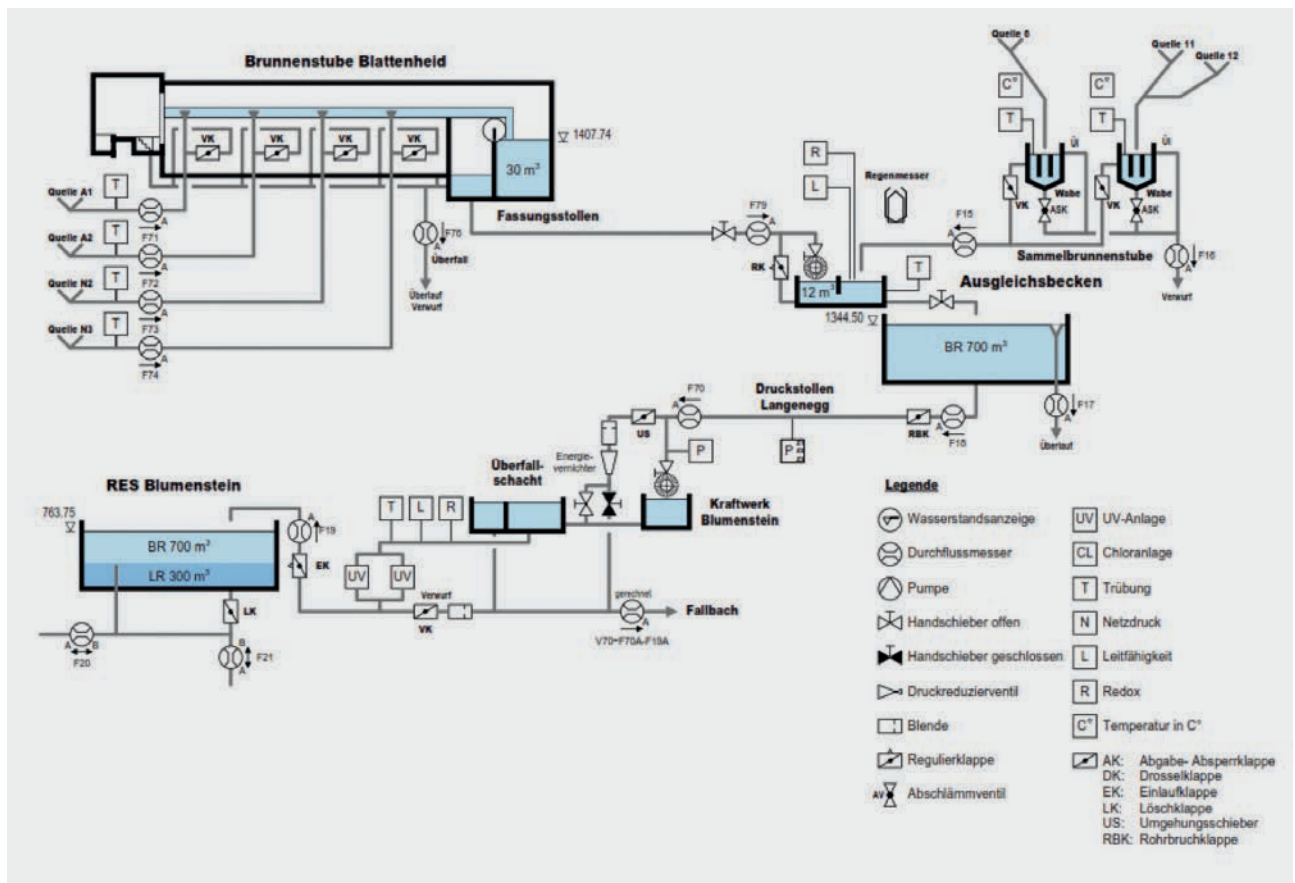


Fig. 2 Hydraulische Situation Quellgebiet Blattenheid
Franz. Legende

z. T. nur ungenügenden Schutz gegenüber dem Eindringen des Oberflächenwassers bietet. Die umliegenden Bergweiden werden als Sömmerungsgebiet durch verschiedene Alpen genutzt. Die Abgrenzung der Schutzzonen ist durch den Interessenkonflikt Alpwirtschaft und Trinkwasserfassung nicht einfach.

QUALITÄTSÜBERWACHUNGSKONZEPT

In der Figur 2 ist die hydraulische Situation im Quellgebiet Blattenheid abgebildet. Diese zeigt die Brunnenstube Blattenheid mit den vier Quellen und dem Fassungstollen, dem Ausgleichsbecken mit den Quellen sowie dem Reservoir Blumenstein. Aufgrund der potenziellen Gefahrenquellen Starkregen und Eintragung von Gülle wurde bereits im Jahr 2003 ein Qualitätsüberwachungskonzept erarbeitet. Seither wird an verschiedenen Stellen die Wasserqualität online überwacht. Mit der Installation dieser Qualitätssysteme sollte die Eintragung von Gülle in die Quellen möglichst schnell und spezifisch erkannt werden. Zum Schutz des Wassers im Reservoir Blumenstein sind zwei UV-Anlagen in Betrieb. Diese töten bei unbeabsichtigtem Eintrag von Gülle

Ort	Messstelle	Messverfahren	Erkennbare Kontaminationen
Brunnenstube Blattenheid	Quelle A1, A2, N2, N3	Trübungssonden 90° Streulicht	Durchbruch Schmutz nach Starkregen, Abwasser/Gülle
	Ausgleichsbecken (früher im Fassungstollen)	Trübungssonde 90° Streulicht	Durchbruch Schmutz nach Starkregen, Abwasser/Gülle
		Leitfähigkeit	Ionen (Salze), Abwasser
		Redox-Sonde	Oxidationseigenschaften des Wassers/organische Substanzen
Reservoir Blumenstein	Vor UV- Anlagen	Trübungsmessgerät 90° Streulicht	Durchbruch Schmutz nach Starkregen, Abwasser/Gülle
		Redox-Sonde	Oxidationseigenschaften des Wassers/organische Substanzen
		Leitfähigkeit	Ionen (Salze), Abwasser

Tab. 1 Installierte Messverfahren je Messstelle und damit erkennbare Kontaminationen Stand Jahr 2011 (blau) und zusätzliche Sensoren ab 2013 (grün)
Franz. Legende

die Fäkalbakterien ab, der sensorisch wahrgenommene Geschmack des Wassers nach Gülle hingegen bleibt bestehen. Das Überwachungskonzept der gesamten Wasserversorgung wurde anlässlich der Neuerschliessung der Quellen in Oberstocken im Jahr 2012 und aufgrund eines Kontaminationsereignisses mit Gülle im Jahr 2009 überarbeitet. Bei der Beurteilung des bestehenden Überwachungs-

konzepts konnte mit den vorhandenen Online-Daten eine Analyse und Beurteilung der Möglichkeiten zur Erkennung von potenziellen Verunreinigungen gemacht werden. Die Erkenntnisse flossen direkt in die Planung für die Ausrüstung der Quellwasserfassungen Oberstocken und Blumenstein ein. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die installierte Basis im Quellgebiet Blatten-

heid zum Zeitpunkt der Beurteilung des Qualitätsüberwachungskonzepts (blau) und die zusätzlich implementierten Messsysteme nach dessen Optimierung (grün). Beim Quellgebiet Oberstocken wurde das Konzept analog demjenigen in Blattenheid umgesetzt.

GÜLLENKONTAMINATION IM JULI 2009

Im Juli 2009 gab es eine Kontamination mit Gülle im Quellgebiet Blattenheid, die trotz der installierten Online-Messsysteme zu spät einen Alarm ausgelöst hatte. Eine detaillierte Analyse der Online-Daten zeigte jedoch, dass die Messsysteme auf den Eintrag des Schmutzwassers reagiert hatten (Fig. 3).

Zwischen dem 18. und 19. Juli 2009 wurden hohe Trübungswerte in allen Quellen sowie im Fassungsstollen detektiert. Das Wasser wurde aufgrund dieser hohen Werte vor dem Reservoir Blumenstein in den Verwurf geleitet. Am 21. Juli 2009, also am Tag der Kontamination mit Gülle, reagierten sowohl die Trübung, als auch die Parameter Leitfähigkeit und Redox. Bei einem Streulicht-Messwert >1 FNU wird das Trinkwasser verworfen, dennoch wurde das Wasser im Reservoir durch Gülle kontaminiert, d.h. während den Stunden zuvor bei FNU-Werten <1. Der üble Güllegeruch konnte trotz einwandfreier Bakteriologie von den Besuchern wahrgenommen werden.

Neben einem Anstieg der Trübung, konnte auch ein Anstieg der Leitfähigkeit und eine Absenkung des Redox-Potenzials beobachtet werden. Betrachtet man die Funktionsweise der eingesetzten Messverfahren und die Ursache der Kontamination kann dieses Verhalten wie in Tabelle 2 dargestellt begründet werden. Ergänzende Datenanalysen und Versuche haben bestätigt, dass ein entsprechendes Verhalten der Online-Messsysteme mit dem Eintrag von Gülle ins Wasser korreliert. Die Herausforderung bestand nun darin, eine geeignete Einstellung für die Alarmierung zu finden, damit bei einem entsprechenden «Zustand» der Messsysteme in einem definierten Zeitfenster das Wasser frühzeitig in den Verwurf geleitet werden kann.

SPEZIFISCHE ALARMIERUNG DURCH KOMBINATIONSANALYSEN

Die frühzeitige Erkennung einer Kontamination hängt von den eingesetzten Online-Messsystemen, deren Nachweisgrenze und der Einstellung für die

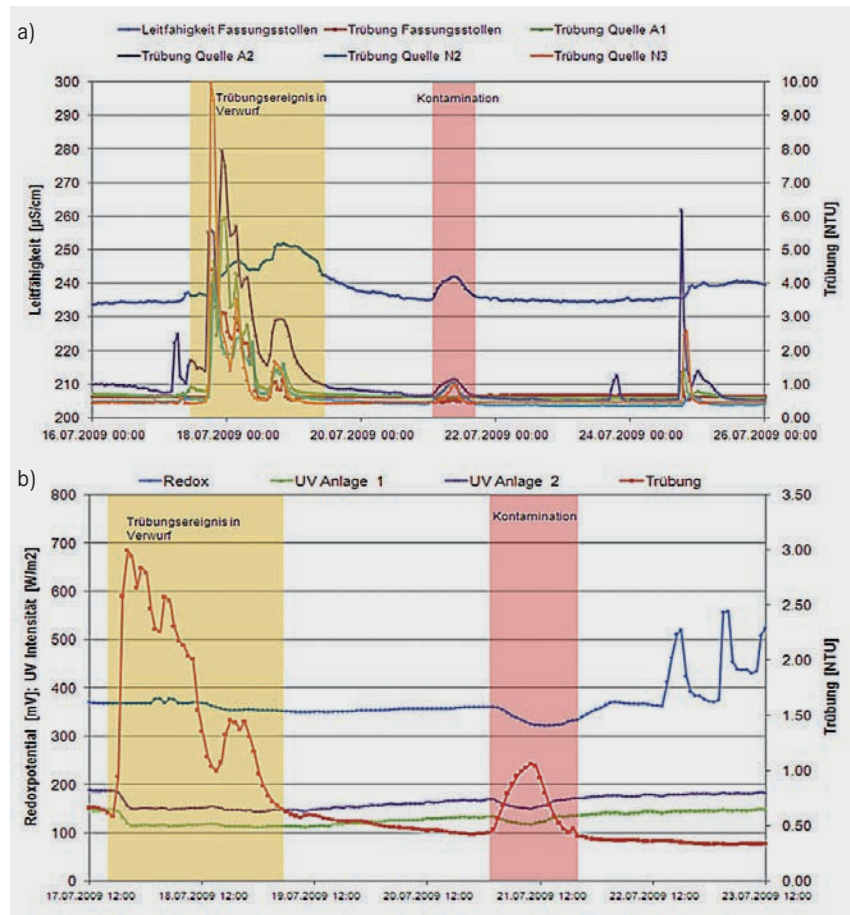


Fig. 3 Ganglinien während Güllekontamination

- a Ganglinien der Qualitätsmesssysteme in der Brunnenstube und Fassungsstollen Blattenheid
- b Ganglinien der Qualitätsmesssysteme vor dem Reservoir Blumenstein

Franz. Legende

Messstelle	Messparameter	Reaktion auf Kontamination	Erklärung
Quellfassungen	Trübung	Anstieg	Anstieg durch Schmutz- und Fäkalpartikel sowie Bakterien
	Leitfähigkeit	Anstieg	Harnstoff, Salze in festen Ausscheidungen
Fassungsstollen	Trübung	Anstieg	Anstieg durch Schmutz- und Fäkalpartikel sowie Bakterien
	Redox	Absenkung	Organische Bestandteile im Wasser wirken reduzierend d.h. Sauerstoff zehrend und führen dazu, dass z.B. Harnstoff in Ammoniak und Nitrit umgewandelt wird (das Vorhandensein organischer Stoffe führt zur Fäulnisbildung)

Tab. 2 Reaktion der Parameter auf die Güllekontamination im Juli 2009

Franz. Legende

Alarmierung ab. Wird beim Quellgebiet Blattenheid der Alarmgrenzwert auf einen Fixwert je Parameter z.B. für Leitfähigkeit 250 µS/cm und Trübung 1 FNU gesetzt, hat dies folgende Nachteile:

- Die Messwerte für Leitfähigkeit sind bei Regenwetter, Schneeschmelze und

in langen Trockenperioden im Sommer unterschiedlich (Fig. 4).

- Je nach Konzentration korreliert eine Kontamination mit Gülle nicht zwingend mit einem Trübungsereignis > 1 FNU (so geschehen beim Ereignis im Juli 2009).

- Um ein möglichst sensitives Alarmsystem aufzubauen, müssen schon kleine Veränderungen in den Messdaten zu einer Alarmierung führen. Sind die Grenzen aber zu eng gesetzt, werden viele Fehlalarme generiert.
- Eine isolierte Betrachtung der einzelnen Parameter macht es schwierig, ein

komplexes Ereignis zu erfassen (Ansprechzeiten von Elektroden, Messintervalle u. a.).

Der Anspruch an eine selektive Alarmierung auf Gülle, die von reinen Trübungseignissen unterschieden werden können, bedingt die Parameter unterei-

ander in Beziehung zu setzen. Dieses Konzept (*uni-logIQ*[®]) wurde in Blattenheid für Regen- und Trockenweterszenarien in der Steuerung *Riflex*[®] und dem Leitsystem *Ritop*[®] umgesetzt (Fig. 5).

In einer einfachen und übersichtlichen Bedienoberfläche kann der Betrieb nun die Kriterien/Grenzwerte für die Alarmierung jederzeit einsehen und bei Bedarf anpassen (Fig. 6).

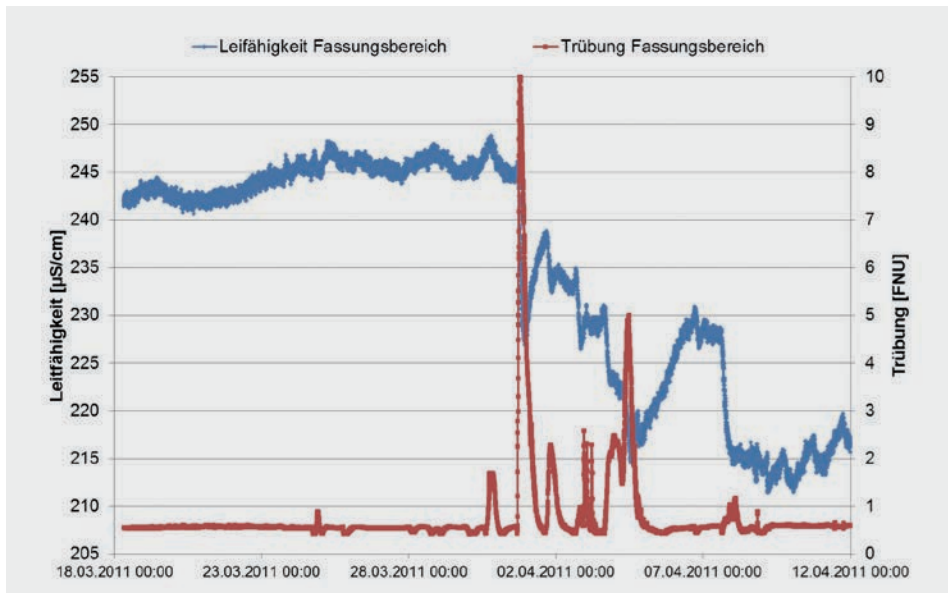


Fig. 4 Verlauf Leitfähigkeit und Trübung im Fassungsstollen während der Schneeschmelze Franz. Legende

PRAXISERPROBUNG

Das Überwachungssystem wurde im März 2013 abschliessend parametrieret. In Blattenheid ist am 29. Juli 2013 um 2:18 h ein Kontaminationsalarm im Ausgleichsbecken ausgelöst worden (Fig. 7).

Das kontaminierte Wasser wurde turbinert und vor dem Eintritt in das Reservoir Blumenstein verworfen. Die Ergebnisse aus der mikrobiologischen Laboranalytik hat eine Verunreinigung mit *E. Coli* von > 200 Keime/100 ml und Enterokokken von > 200 Keime/100 ml sowie eine Gesamtkeimzahl von > 400 Keime/100 ml ergeben. Das Ereignis hat aufgezeigt, dass mit dem Überwachungssystem die Kontaminationen durch Gülleintragung zuverlässig erkannt werden.

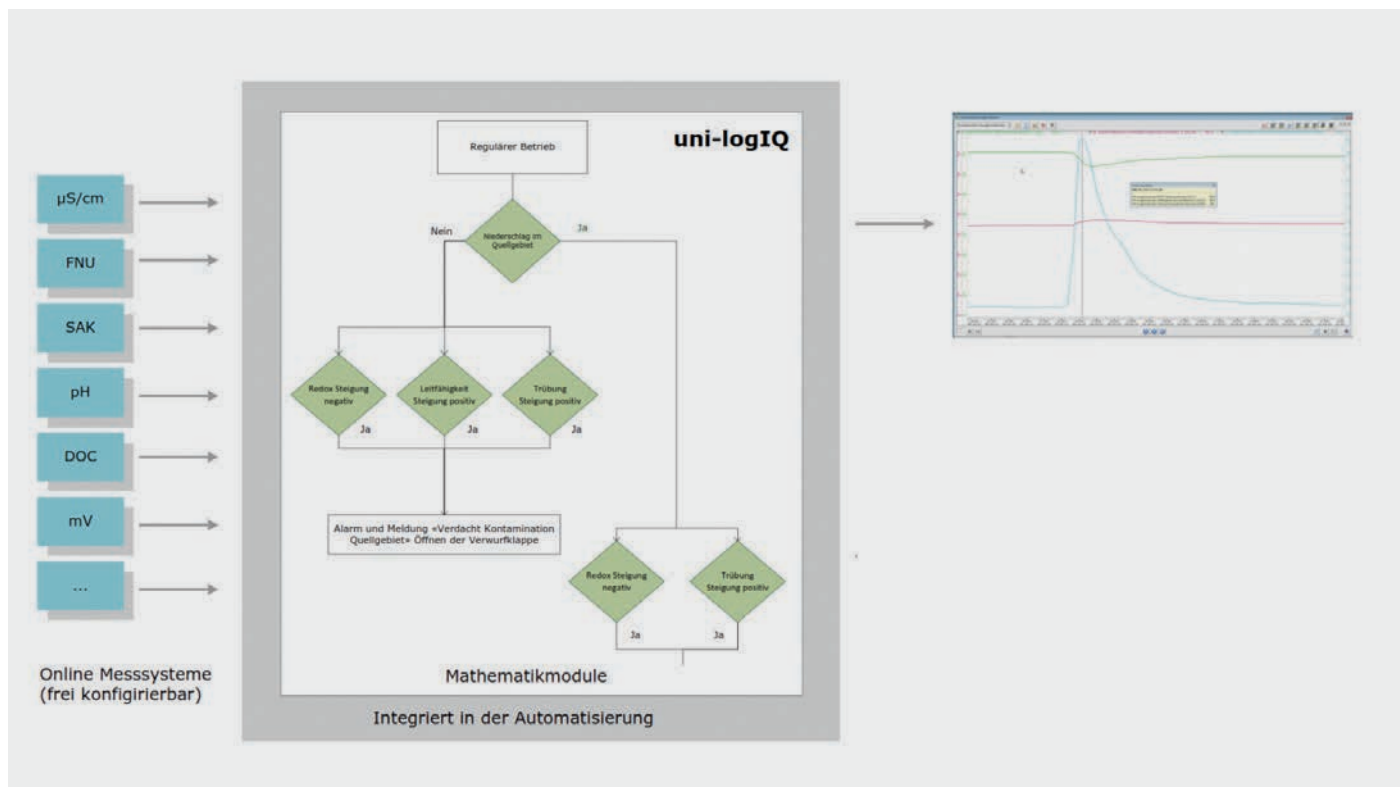


Fig. 5 Schematischer Aufbau Alarmierungskonzept mit Kombinationsanalytik. Das Konzept ist modular aufgebaut und kann jederzeit um zusätzliche Parameter erweitert werden

Franz. Legende

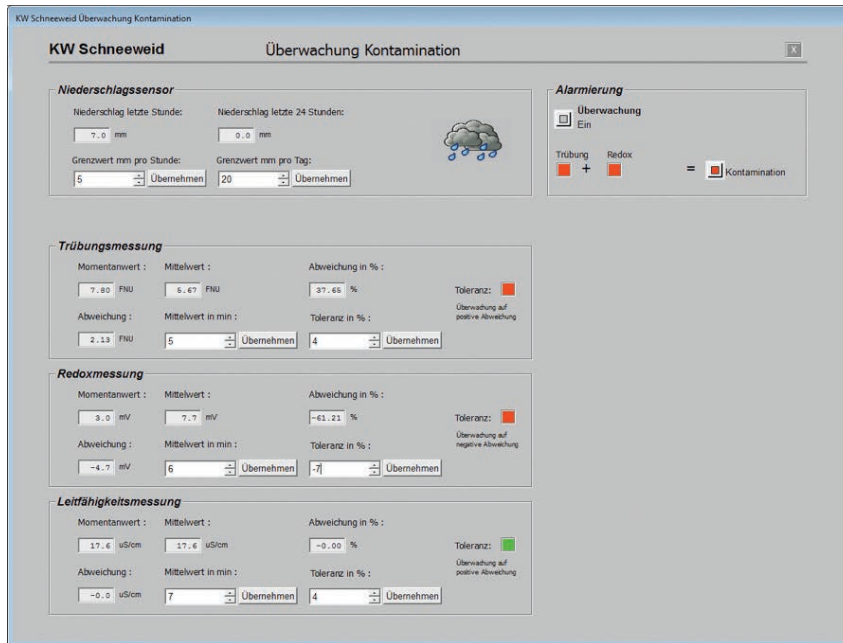


Fig. 6 Panel zur Parametrierung
Franz. Legende

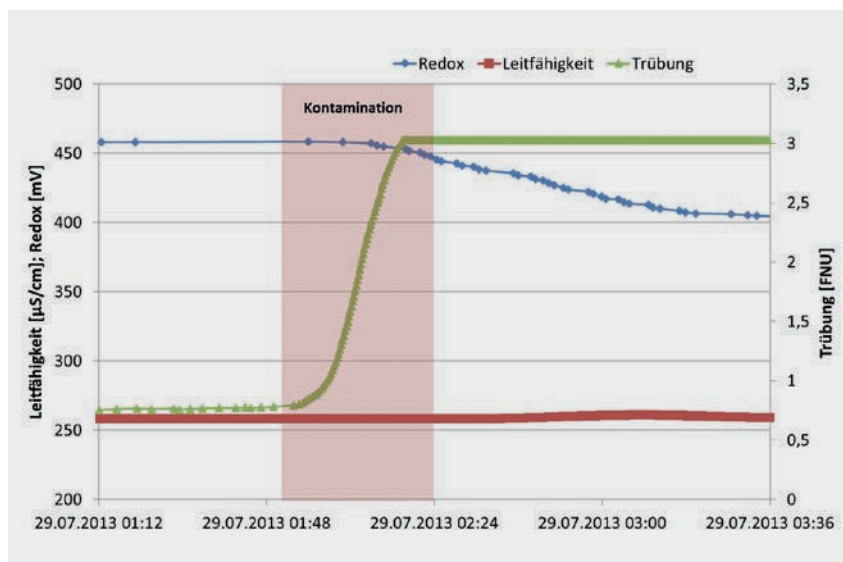


Fig. 7 Ganglinien Ausgleichsbecken während Kontaminationsereignis am 29. Juli 2013
Franz. Legende

FAZIT AUS SICHT WGB

Die Quelfassungen wurden in den letzten zehn Jahren umfassend saniert und z. T. neu gefasst und neue Anlagen zur Stromproduktion (vier Pelton-Turbinen) installiert. Im Rahmen dieser Erneuerungen sollte auch die Qualität des Trinkwassers besser überwacht werden; das Ziel war, einen Gülleeintrag von den Weiden oder durch Fehlmanipulationen

frühzeitig zu erkennen, um das Wasser dann in den Verwurf zu leiten. Mit der Online-Messung der relevanten Parameter wurde dies erreicht.

ONLINE-QUALITÄTSSICHERUNG DURCH KOMBINATIONSANALYSEN

Die eingesetzten Online-Messsysteme arbeiten zuverlässig und sind grösstenteils wartungsarm. Dies ist sehr wichtig, da insgesamt 17 Systeme im Einsatz sind

und ein hoher Wartungsaufwand für den Betrieb nicht praxistauglich wäre. Die Sonden werden durch das Betriebspersonal unterhalten. Einmal im Jahr wird durch den externen Partner eine Gesamtbeurteilung der Daten und Alarmierungskriterien sowie vor Ort eine Wartung der Sonden durchgeführt. Diese Vorgehensweise rundet das interne Qualitätssicherungssystem ab. Die gesamte Einstellung des Alarmierungssystems war ein laufender Prozess. Erst im Feldversuch konnte überprüft werden, ob das System auch auf externe Einflüsse, die nicht mit einer Kontamination zusammenhängen, korrekt reagiert. So war beispielsweise beim Ein- und Ausschalten der Turbinen während fünf Minuten die Alarmierungskriterien für die Kontamination erfüllt. Diese Erkenntnisse sind in den stetigen Optimierungsprozess eingeflossen und werden im Leitsystem *Ritop*[®] abgebildet. An diesem Beispiel ist ersichtlich, dass ein funktionierendes Alarmsystem immer eine Kombination aus Technik und Erfahrungen im Betrieb bedingt.

QUALIFIZIERTE ALARMIERUNG

Im Leitsystem sind die Alarme nun qualifiziert hinterlegt. Es wird unterschieden zwischen reinem Trübungsereignis (Starkregen) und einem Kontaminationsereignis durch Gülle. Seit der Inbetriebnahme des Alarmierungssystems vor zwei Jahren wurde so schon eine Kontamination registriert. Bei einer Kontamination wird automatisch der Pikettdienst der WGB alarmiert und das Quellwasser in den Verwurf geleitet. Bei einem Trübungsalarm auf Grund von starkem Regen (Abschwämmen der Weide), muss die Trübungsphase abgewartet werden und dann von Fall zu Fall entschieden werden, wann das Quellwasser wieder genutzt werden kann. Ist die Ursache unklar, muss vor Ort eine Abklärung mit Probenahmen zur bakteriologischen Untersuchung durchgeführt werden. Wenn die Situation geklärt ist, kann das Wasser wieder freigegeben werden. Der Einsatz der Online-Überwachung auf Güllekontamination hat sich in den letzten zwei Jahren bereits bewährt: Durch die frühzeitige Alarmierung konnten Verunreinigungen verhindert und die Sicherheit und Qualität des Lebensmittels Nr. 1 erhöht werden.