

## Qualitätskontrolle durch den PAMAS WaterViewer

Der Partikelzähler PAMAS WaterViewer ist ein Online-Partikelanalysesystem für die kontinuierliche Qualitätskontrolle von Wasser. Das System kann für den Dauereinsatz an mehreren Messpunkten ausgelegt werden. Mit der optionalen Multiplexer-Einheit kann das Gerät an bis zu 32 Messstellen angeschlossen werden. Der PAMAS WaterViewer ist zudem mit der automatischen Sensorspüleinheit PAMAS SFU (Sensor Flushing Unit) ausgerüstet, die chemische Ablagerungen (beispielsweise aus Mangan, Kalk oder Eisen) an den optischen Fenstern der Sensormesszelle verhindert, sodass der Laserstrahl nicht zu stark abgeschwächt wird. Auf diese Weise wird das Gerät ständig betriebsbereit gehalten, und das ohne zusätzlichen Personalaufwand. Die im Lieferumfang enthaltene Software programmiert den Messvorgang vor und ermöglicht die Auswertung der Messdaten. So werden zeitliche Ereignisse und Trends der Partikelgrößenverteilung in der Probenflüssigkeit im Handumdrehen sichtbar. Der PAMAS WaterViewer

funktioniert im Onlinebetrieb auch ohne PC und Software. Der Download der Messdaten kann auch nach der Messung über eine Plug-and-Play-Schnittstelle erfolgen. Der PAMAS WaterViewer kann auch digitale Daten von anderen Sensoren ablesen und diese per Analogsignal an eine externe SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) übertragen. Der PAMAS WaterViewer kann auch bi-direktional über eine Modbus-Schnittstelle gesteuert werden.

### Turbidimeter vs. Partikelzähler

Oftmals wird nach dem Unterschied zwischen dem Trübungsgrad und der Partikelanzahl gefragt. Der Trübungsgrad ist eine optische Messgröße, bei der das Messsignal von der Gesamtheit der enthaltenen Partikel abhängt. In vielen Anwendungen ist nachgewiesen worden, dass die Partikelzählung ein vielschichtigeres und differenzierteres Ergebnis bietet als die Trübungsmessung: Bei der optischen Partikelzählung hängt das Messsignal nicht von der Gesamtheit, sondern von jedem einzelnen Partikel ab, weil

jeder einzelne Partikel der Partikelpopulation gezählt und ausgemessen wird.

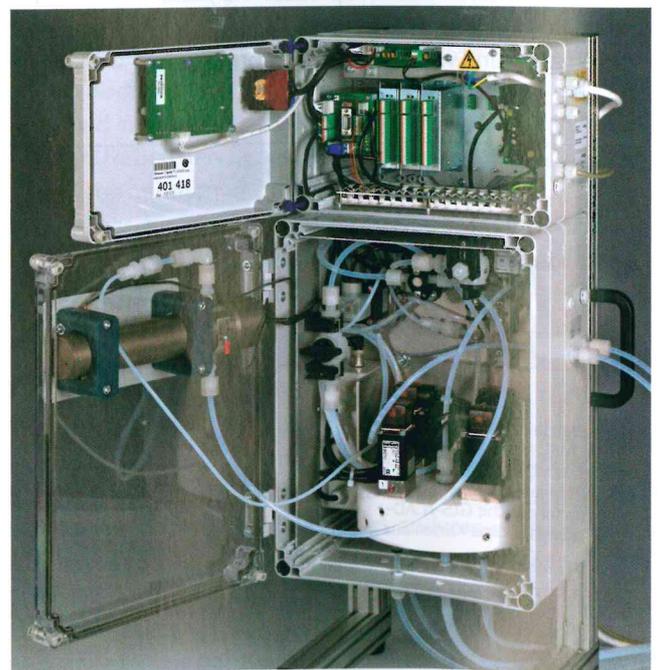
### Ermittlung des Beta-Wertes mit der PAMAS WVBeta-Software

Eine weitere besondere Anwendung ist die Ermittlung des Beta-Wertes: Hierfür werden zwei PAMAS WaterViewer mit der PAMAS WVBeta-Software verbunden. Die Ermittlung des Beta-Wertes gewinnt in Anlagen zur Trinkwasserfiltration mehr und mehr an Bedeutung. So gibt es Anwendungsbeispiele für den Einsatz von PAMAS WaterViewer-Systemen, die die logarithmische Reduktion von Partikeln auf Membranfiltern nachweisen.

Wo hat sich der Einsatz des PAMAS WaterViewer bewährt? Wer setzt das Gerät tatsächlich ein? Alle beschriebenen Beispiele aus den Jahren 2004 bis 2012 sind von Anwendern in der Praxis erprobt und getestet worden. Der Einsatz des PAMAS WaterViewers hat sich in den folgenden Fällen bewährt:



Der PAMAS WaterViewer für die Onlinemessung von Wasser.



PAMAS WaterViewer mit Multiplexer.

## Praktische Anwendungsbeispiele

### Ahlstrom Glassfibre Oy, Karhula/Finnland

#### *PAMAS WaterViewer in einer Filtrationsanlage für Industrierwasser in Finnland*

Bei der Filtrierung von Industrierwasser erwies sich der Einsatz des PAMAS WaterViewer als vorteilhaft: Die Angabe der Partikelkonzentration in den verschiedenen Größenklassen ermöglichte in diesem Fall die automatische Unterscheidung zwischen Rückstau und Normalbetrieb. Als Dauerläufer für die Filtrationsüberwachung trug der Einsatz des PAMAS WaterViewer beim Einsatz in der finnischen Filtrationsanlage auch dazu bei, Abläufe zu optimieren und Energie, Zeit und Geld einzusparen.

[Referenz: Ahlstrom Glassfibre Oy, Plant Services, Karhula/Finnland. Cf. Poster von Dr. Henry Jenderek und Franz Ganster: Particle Counting after Membranes. Das Poster wurde am 27.11.2008 auf dem 21. Aachener Kolloquium für Abfallwirtschaft vorgestellt.]

### Electrabel GDF Suez, Tihange/Belgien

#### *Partikelmessung für die Filterkontrolle bei der Stromerzeugung*

Der belgische Stromproduzent Electrabel GDF Suez verwendet den PAMAS WaterViewer für die Filterkontrolle im zweiten Kühlwasserkreislauf der Atomkraftanlage von Tihange 3 in Belgien.

[Referenz: Electrabel GDF Suez, Tihange/Belgien]

### Fachklinik Bad Bentheim, Deutschland

#### *PAMAS WaterViewer als Nachweisinstrument bei der Schwimmbadwasseraufbereitung in Deutschland*

Mithilfe des Partikelzählers PAMAS WaterViewer konnten drei Ingenieure von der Paul Niederberghaus & Partner GmbH in Ibbenbüren, vom Rheinisch-Westfälischen Institut für

Wasserforschung (IWW) in Mülheim an der Ruhr sowie vom Ingenieurbüro für Wassertechnik (IWT) in Hannover nachweisen, dass die Filtrationsgeschwindigkeit von 30 m/h im Schwimmbad einer Klinik in Bad Bentheim ausreicht, um das Schwimmbadwasser zu filtrieren und aufzubereiten.

Der Untersuchung war eine Änderung der Verordnungen für die Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser vorausgegangen. Die Verordnungen zwangen den Bäderbetrieb, die Filtrationsgeschwindigkeit auf 20 m/h herabzusetzen. Grund für die Änderung der Rahmenbedingungen war die Annahme, dass die Partikelabscheidung bei einer beschleunigten Filtration zu gering sei und das Schwimmbadwasser folglich nicht ausreichend filtriert werden würde. Die Herabsetzung der Geschwindigkeit hätte für den Betrieb jedoch zu erheblichen finanziellen Nachteilen geführt. Um die Notwendigkeit der verminderten Filtrationsgeschwindigkeit zu überprüfen, war die Studie in Auftrag gegeben worden. Im Test zeigte sich, dass eine Filtrationsgeschwindigkeit von 30 m/h ausreicht, um das Schwimmbadwasser zu filtrieren. Eine Herabsetzung der Geschwindigkeit auf 20 m/h erwies sich als nicht notwendig. Die Messergebnisse des PAMAS WaterViewer bescheinigten eine gute Filtratqualität. Nach der Filtration betrug der durchschnittliche Messwert 50 Partikel/mL für Partikelgrößen > 1 µm. Der Partikelzähler von PAMAS trug somit wesentlich zu einer Kostenreduzierung des Schwimmbadbetriebs bei.

[Referenz: Fachklinik Bad Bentheim. Cf. Forschungsbericht von Dipl.-Ing. Bernhard Bergjan, Dr.-Ing. Andreas Nahrstedt und Dipl.-Ing. Gerhard Willert: „Partikelzählung als Nachweisinstrument der Verfahrenseffektivität“. Erschienen in: A.B. Archiv des Badewesens, Ausgabe 3/2008, März 2008, S. 130–141]

### Het Waterlaboratorium (HWL), Haarlem/Niederlande

#### *Selbst-Reinigungseffekte und Desinfizierungsvermögen von Feuchtbiotopen*

Im Auftrag der niederländischen Wasserwerke Waternet untersuchte das Labor HWL die Abnahme von Krankheitserregern in künstlich angelegten Feuchtbiotopen. Mithilfe des PAMAS WaterViewers stellte das Labor fest, dass der Partikelgehalt im Wasser mit der Zeit abnimmt. Durch Faktoren wie Sedimentierung, natürliches Absterben, UV-Desinfizierung infolge von Sonneneinstrahlung sowie durch die Bildung von Biofilmen sind Feuchtbiotope in der Lage, ihre Wasserspeicher selbst zu reinigen. Der PAMAS WaterViewer war für diese spezielle Anwendung mit dem Lichtabschattungssensor PAMAS HCB-LD-100 ausgestattet worden. Gemessen wurden Partikelgrößen von 2 bis 500 µm.

[Referenz: Bram T. M. Mulling / Yolanda Dullemont / Daan Mes / Anne de Valença / Ron van der Oost: "Factors determining the disinfection capacity of constructed wetlands". Published in: Foekema E. M. (Editor): De invloed van moerassystemen op de milieukwaliteit van rwzi effluent en aanbevelingen tot optimalisering. IMARES rapport C005/12 (rapportage bestaat uit een samenvattend rapport met losse bijlagen A en B), 2012.]

### Polska Grupa Energetyczna (PGE) in Belchatow, Polen

#### *Einsatz eines PAMAS WaterViewer bei der Stromerzeugung*

Die Firma PGE ist der größte Stromproduzent in Polen und betreibt in Belchatow das größte Wärmekraftwerk Europas. In den Turbinen des Kraftwerks wird Heißdampf zur Stromgewinnung eingesetzt. Für den Heißdampf muss äußerst reines, gefiltertes Wasser verwendet werden, das möglichst partikelfrei ist. Für die Reinheitskontrolle des Wassers sind bei PGE seit 2008 sechs Geräte des PAMAS WaterViewer im Einsatz.

[Referenz: Polska Grupa Energetyczna (PGE), Belchatow, Polen]



**PWN Water Company North-Holland in den Niederlanden**  
*Ermittlung des optimalen Aufbaus von Wasserleitungssystemen*

Im Auftrag der niederländischen Wasserwerke PWN untersuchte Loet Rosenthal die Anforderungen an den Rohrbau von Wasserleitungssystemen. Mithilfe des PAMAS WaterViewer führte Rosenthal Messungen in Rohrsystemen mit unterschiedlichem Durchmesser durch. Seine Untersuchungen führten zu der Erkenntnis, dass sich in schmalen Rohren generell weniger Partikel ablagern als in breiteren Rohren. Wenn schmale Rohre ausgespült werden, ist die Partikelmenge der Spülflüssigkeit geringer als in breiteren Rohren. Loet Rosenthal leitete aus dieser Erkenntnis ab, dass Rohrleitungen mit einem kleineren Durchmesser einen selbstreinigenden Effekt haben. Für Wasserleitungssysteme sind Rohrleitungen mit kleinerem Durchmesser somit am besten geeignet.

[Referenz: Loet Rosenthal: „Distribution network design at PWN Water Company North-Holland“. Erschienen in: Compendium of Best Practices in Water Infrastructure Asset Management, Compiled and edited by Jay Bhagwan, Global Water Research Coalition, November 2009, S. 30–34.]

**Sam Bo Scientific Co. Ltd., Seoul/Südkorea**

*PAMAS WaterViewer in einer Trinkwasseraufbereitungsanlage in Südkorea*

Die Online-Instrumente PAMAS FSA-2002 und PAMAS WaterViewer werden in Südkorea von vielen Trinkwasserherstellern verwendet. Während der PAMAS FSA-2002 der Überprüfung der Flockungsgröße in Flockungsbecken dient, wird der PAMAS WaterViewer zur Kontrolle der verschiedenen Filterarten eingesetzt.

[Referenz: Kunde der koreanischen PAMAS-Vertretung Sam Bo Scientific Co. Ltd., Seoul/Südkorea.

Cf. Forschungsbericht von Mooyoung Han, J. S. Shim, Y. K. Chung und Y. H. Park: Diagnosing and optimizing water treatment processes by using Particle Counter – A case study in Korea, Water Science & Technology, Ausgabe 2/2002, Band 45(4–5), S. 511–518.

Cf. Poster von Dr. Henry Jenderek und Paul Pollmann: Particle Counting after Rapid Sand Filters. Das Poster wurde vom 13. bis 15. Juni 2005 auf der zweiten WEKNOW Konferenz in Bratislava in der Slowakei präsentiert.]

**SFC Umweltechnik GmbH, Salzburg/Österreich**

*PAMAS WaterViewer in einer Kläranlage in Österreich*

Während einer sechswöchigen Testphase wurde der PAMAS WaterViewer im Jahr 2008 eingesetzt, um den Membranfilter einer Kläranlage in Österreich permanent zu überwachen. Der PAMAS WaterViewer lieferte aufschlussreiche Informationen zum Filtrationsprozess. Die automatisierte Sensorreinigung sorgte für einen ununterbrochenen Systemablauf – auch im Falle von Bestandteilen wie Eisenoxid, Manganoxid oder Mikroorganismen, deren Auftreten normalerweise zu einer Verschmutzung des Sensors und damit zu einem Ausfall des Systems führt. Bei dieser Anwendung wurde der PAMAS WaterViewer als Prüfeinheit zur Integritätskontrolle eingesetzt, um eine gleichbleibende Wasserqualität und eine lückenlose Qualitätssicherung zu gewährleisten.

[Referenz: SFC Umweltechnik GmbH, Salzburg/Österreich

Cf. Poster von Dr. Henry Jenderek und Franz Ganster: Particle Counting after Membranes. Das Poster wurde am 27.11.2008 auf dem 21. Aachener Kolloquium für Abfallwirtschaft vorgestellt.]

**KTL Kansanterveyslaitos (finnisches Gesundheitsministerium)**

*Finnische Studien zur Partikelanalyse bakterieller Verschmutzung in Wasser*

a) Partikelanalyse bei unterschiedlicher Fließgeschwindigkeit

Im Jahr 2006 untersuchte eine Forschungsgruppe des finnischen Gesundheitsministeriums in Zusammenarbeit mit der Universität von Kuopio/Finnland die Auswirkung einer veränderten Fließgeschwindigkeit auf die Bildung von Bakterien und Biofilmen in Wasser-Rohrleitungen. Hierfür wurde das Spülwasser

nach der Rohrreinigung analysiert. Als Messinstrument für die Studie diente ein PAMAS WaterViewer. Der Partikelzähler analysierte die Partikelkonzentration (d.h. die Partikelanzahl pro Milliliter) und die Partikelgrößenverteilung. Der Partikelgehalt wurde im Versuch mit der Bakterienmenge gleichgesetzt.

Zur Versuchsanordnung: In drei Onlinemessungen wurde jeweils die Partikelanzahl pro Milliliter bei drei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten im Wasserrohr (bei 0,4 L/min, bei 0,8 L/min und bei 1,3 L/min) analysiert.

Die Messwerte des PAMAS WaterViewer ergaben, dass das Spülwasser bei einer höheren Fließgeschwindigkeit mehr Partikel, und somit mehr Bakterien enthält. Die Forschungsgruppe begründete dieses Ergebnis mit der Annahme, dass die Rohre bei einer schnellen Spülung gründlicher gereinigt werden als bei einer Spülung mit langsam fließendem Spülwasser.

[Referenz: Markku J. Lehtola / Michaela Laxander / Ilkka T. Miettinen / Arja Hirvonen / Terttu Vartiainen / Pertti J. Martikainen: „The Effects of Changing Water Flow Velocity on the Formation of Bio-films and Water Quality in Pilot Distribution Systems Consisting of Copper or Polyethylene Pipes“. Erschienen in: Water Research Magazine, Band 40, Elsevier Publications, 2006, S. 2151–2160.]

b) Partikelanalyse bei plötzlicher Druckveränderung

Ein Jahr später widmete sich dieselbe Forschungsgruppe einer ähnlichen Studie und zog für die Messung ebenfalls den PAMAS WaterViewer heran. Diesmal wurde die Einwirkung einer plötzlichen Druckveränderung (pressure shock) auf die Bakterienmenge im Wasser untersucht. In Trinkwasserrohren sammeln sich Bakterien oft in Biofilmen, die sich an den Rohrwänden ablagern. Eine plötzliche Druckveränderung führt dazu, dass sich die Biofilme auflösen und dadurch mehr Partikel ins Trinkwasser gelangen. Bei diesen Partikeln handelt es sich nicht nur um Bakterien, sondern auch um Eisen- und Kupferpartikel der Rohre.

Ziel der Studie war es, die Partikelkonzentration vor und nach der Druckveränderung zu messen und zu vergleichen. Zur Versuchsanordnung: In unterschiedlichen Zeitintervallen wurde der Druck auf das Wasser abrupt verändert. Die Messwerte des PAMAS WaterViewer zeigten auch hier, dass eine plötzliche Druckveränderung (pressure shock) stets zu einem Anstieg der Wasserverschmutzung (d.h. der Partikelanzahl pro Milliliter) führt.

Der Online-Partikelzähler PAMAS WaterViewer erwies sich auch bei dieser Studie als zuverlässiges und präzises Messinstrument, das auch effizient für Forschungszwecke eingesetzt werden kann.

[Referenz: Markku J. Lehtola / Ilkka T. Miettinen / Arja Hirvonen / Terttu Vartiainen / Pertti J. Martikainen: Resuspension of biofilms and sediments to water from pipelines as a result of pressure shocks in drinking water distribution systems. Study Paper (Project No. 40407/04) published by the National Technology Agency of Finland, 2007.]

### **KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein** *PAMAS WaterViewer als Standardmessgerät bei der Partikelanalyse von Wasser*

Im Jahr 2005 testete das holländische KWR-Institut die Einsatzmöglichkeit aller auf dem Markt verfügbaren Partikelzählermodelle für Trinkwasseranwendungen und entschied sich letztendlich für den PAMAS WaterViewer, mit dem das Institut seither arbeitet. Beim KWR-Institut sind aktuell drei Systeme des PAMAS WaterViewer im Einsatz.

[Referenz: KWR Watercycle Research Institute (früher: Kiwa Water Research), Nieuwegein, The Netherlands]

### **Technische Universität Delft, Niederlande**

#### *Studien zur Trinkwasseraufbereitung in den Niederlanden*

An der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geowissenschaften der Technischen Universität Delft in den Niederlanden sind in den Jahren 2004 bis 2012 zahlreiche Studien

und Forschungsarbeiten zur Trinkwasseraufbereitung vorgelegt worden. Aufgrund seiner Zuverlässigkeit und Messgenauigkeit wurde der Online-Partikelzähler PAMAS WaterViewer dabei oft als Messinstrument eingesetzt. Die Messergebnisse des Partikelzählers lieferten dabei wesentliche Erkenntnisse für die Wissenschaft. Der PAMAS WaterViewer konnte hier zum Fortschritt in der Forschung zur Trinkwasseraufbereitung beitragen. Im Folgenden stellen wir einige der Forschungsarbeiten der Technischen Universität Delft vor, bei denen der PAMAS WaterViewer zum Einsatz kam.

**a) Messung von Eisenpartikeln bei der Trinkwasseraufbereitung**  
Bei der Trinkwasseraufbereitung muss u. a. auch enthaltenes Eisen aus dem Wasser entfernt werden. Die zulässige Höchstmenge für den Eisengehalt im Trinkwasser beträgt in den Niederlanden 0,2 mg/L. Grundwasser, das mehr Eisen enthält, muss aufbereitet werden, bevor es ins Trinkwasser geleitet wird. Mit unterschiedlichen Methoden, wie beispielsweise der Belüftung oder der schnellen Sandfiltration (Rapid Sand Filtration), wird sowohl gelöstes Eisen als auch als Feststoffpartikel enthaltenes Eisen aus dem Grundwasser filtriert.

In ihrer Masterarbeit untersuchte Karin Teunissen die Beseitigung des Eisengehaltes an der Grundwasser-Pumpstation in Harderbroek in den Niederlanden. Ziel der Studie war es, den Aufbereitungsprozess und das Verfahren zur Eisenbeseitigung zu bewerten. Das Sandfilterungsverfahren analysierte Karin Teunissen mithilfe des Partikelzählers PAMAS WaterViewer. Die Messergebnisse des Partikelzählers bewiesen, dass das Rapid-Sand-Filterverfahren wesentlichen Einfluss auf die Reduzierung der Eisenmenge im Trinkwasser hat.

Der PAMAS WaterViewer wurde in der Anlage in Harderbroek im Filterabfluss installiert. Gemessen wurde also das vom Filter zurückgehaltene Wasser (und nicht das filt-

rierte Wasser). Unter Normalbedingungen und bei ausgeschaltetem Sandfilter betrug die im Trinkwasser gemessene Partikelkonzentration für den Größenkanal 1-2 µm 332 Partikel pro Milliliter. Sobald der Filter in Betrieb genommen wurde, stiegen die Partikelanzahlen erheblich an: Innerhalb der ersten Minuten wurden bereits 15% der enthaltenen Eisenpartikel herausgefiltert. Die Untersuchung zeigte ferner, dass nicht alle Partikelgrößen in gleichem Maße von der Filtrierung beeinflusst werden. Kleinere Partikelgrößen < 2 µm werden in geringerem Umfang filtriert als größere Partikelgrößen. Am meisten beeinträchtigt der Filtrierungsprozess die Partikelgrößen von 2 bis 10 µm.

[Referenz: Karin Teunissen: Iron removal at groundwater pumping station Harderbroek. TU Delft (Delft University of Technology), Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Water Management Sanitary Engineering Section, Delft, The Netherlands, May 2007.

Karin Teunissen / A. Abrahamse / H. Leijssen / L. Rietveld / H. van Dijk: "Removal of both dissolved and particulate iron from groundwater". Published in: Drinking Water Engineering and Science Discussions, Issue 1, Copernicus Publications on behalf of Delft University of Technology, 2008, pages 87-115.]

**b) Partikelanalyse von Grundwasser mit unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeit**

In seiner Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades widmete sich Cornelius G. E. M. van Beek den Ursachen der Versiegung von Brunnen, die Grundwasser förderten. Zu diesem Zweck untersuchte er die Partikelkonzentration sowie die Partikelgrößenverteilung mithilfe des PAMAS WaterViewer. Unter anderem stellte van Beek während der Untersuchung fest, dass die im Wasser enthaltene Partikelmenge von der Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers abhängt: Je schneller das Grundwasser fließt, desto mehr und desto größere Partikel befinden sich darin.

Das untersuchte Grundwasser in dieser Anwendung kann mit dem Spülwasser aus der finnischen



Untersuchung gleich gesetzt werden: Bei hoher Geschwindigkeit bzw. Druckeinwirkung löst das Grundwasser Partikelagglomerate von den Rohrwänden bzw. aus dem Gestein und erhält daher mehr Partikel als langsam fließendes Grundwasser.

[Referenz: Cornelius Gerardus Engelinus Maria van Beek, A. H. de Zwart, M. Balemans, J. W. Kooiman, C. van Rosmalen, H. Timmer, J. Vandersluys, P. J. Stuyfzand: "Concentration and size distribution of particles in abstracted groundwater". Erschienen in *Water Research*, Volume 44, Elsevier Publications, 2010, S. 868–878. Cornelius Gerardus Engelinus Maria van Beek: Cause and prevention of clogging of wells abstracting groundwater from unconsolidated aquifers. Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, December 2010.]

### c) Partikelanalyse in Trinkwassersystemen mit unterschiedlichem Rohrdurchmesser

Mit der Strömungsgeschwindigkeit von Wasser beschäftigte sich auch Jan Vreeburg in seiner Dissertation zur Verfärbung von Trinkwasser durch Partikeleintrag. Für seine praktischen Untersuchungen verwendete Jan Vreeburg zwei Modelle des Partikelzählers PAMAS WaterViewer und analysierte den Partikelgehalt im Wasser in den Partikelgrößen 1 bis 20 µm im Onlinebetrieb. Ziel der Studie war es u.a., die weit verbreitete These zu beweisen, dass eine schnelle Strömungsgeschwindigkeit Partikelablagerungen in Wasserrohren reduziert.

Zur Versuchsanordnung: Für die Studie wurden drei Wasserleitungen vom System isoliert. Die Wasserleitungen unterschieden sich in Form und Größe: Die erste Wasserleitung hatte breite, gewundene Standardrohre; das Wasser floss hier nur langsam durch. Das zweite Rohrsystem hatte verzweigte Rohre, in denen das Wasser schneller fließen konnte. Die Rohre im dritten Leitungssystem hatten sehr dünne Durchmesser von nur 40 mm; hier war die Fließgeschwindigkeit am größten.

Im Versuch zeigte sich deutlich, dass das Wasser im dritten Rohrsystem mit den dünnen Rohren am saubersten war, weil es hier am schnellsten durchfloss. Das langsam fließende Wasser aus dem Standardsystem (erstes System im Versuch) war am stärksten kontaminiert und wies den höchsten Partikelgehalt auf. Die anfangs formulierte These konnte durch den Versuch somit eindeutig bewiesen werden.

"Resuspension of accumulated particles in drinking water distribution systems (DWDS) is the main cause for customers complaints to the water company about the water quality. Preventing the particles from accumulating in these DWDS can be achieved by high velocities in the pipes." (aus: Vreeburg, *Discolouration in drinking water systems – A particular approach*, Seite 88).

[Referenz: Jan Vreeburg: *Discolouration in drinking water systems: a particular approach*. TU Delft, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft, The Netherlands, June 2007.]

### THL Finnish National Institute for Health and Welfare, Kuopio/Finnland

#### *Einsatz von PAMAS WaterViewer und PAMAS SVSS zur Trinkwasserkontrolle*

Drei Wissenschaftler vom finnischen Gesundheits- und Sozialministerium erforschten im Oktober 2013 geeignete Methoden für die Erfassung von bakteriellen Veränderungen in der Trinkwasserqualität. Unter anderem wurde die Wasserqualität anhand des Partikelgehalts beurteilt. Die Partikelanalyse erfolgte mithilfe von Partikelzählern und Trübungsmessgeräten. Für die automatische Partikelzählung verwendeten die Wissenschaftler das Onlinegerät PAMAS WaterViewer mit einem eingebauten PAMAS HCB-LD Lichtblockadesensor sowie das Laborgerät PAMAS SVSS mit einem integrierten Streulichtsensor vom Typ PAMAS SLS-25/25.

In ihrer Studie stellten die Autoren Jenni Ikonen, Tarja Pitkänen und Ilkka T. Miettinen fest, dass automatische Partikelzähler im Falle einer Verschlechterung der Wasserqualität sofort Alarm schlagen und sich somit als Frühwarnsysteme besonders eignen: "The comparison of total counts and particle fractions [...] during and after the contamination event highlighted the ability of particle counting to function as an early warning tool." (Zitat S. 5357)

Die Untersuchung bewies ferner, dass automatische Partikelzählsysteme dazu in der Lage sind, ein präziseres und differenzierteres Messergebnis zu liefern als Trübungsmessgeräte: "The results confirmed that although turbidity is a good basic measurement for detecting changes in drinking water quality, the particle count gives more precise information. Particle counting was also found to work as a feasible indicator of bacterial counts in a real water contamination incident." (Zitat, S. 5360)

[Referenz: Jenni Ikonen, Tarja Pitkänen, Ilkka T. Miettinen: „Suitability of Optical, Physical and Chemical Measurements for Detection of Changes in Bacterial Drinking Water Quality“. Erschienen in: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Ausgabe 11/2013, Oktober 2013, PDF pp. 5349–5363.]

### Université de Lorraine, Nancy/Frankreich

#### *PAMAS WaterViewer für die Qualitätskontrolle von Trinkwasser in Frankreich*

In Zusammenarbeit mit zwei Wissenschaftlern der lothringischen Universität stellten die PAMAS-Vertreter



Wasserwerk Nancy.

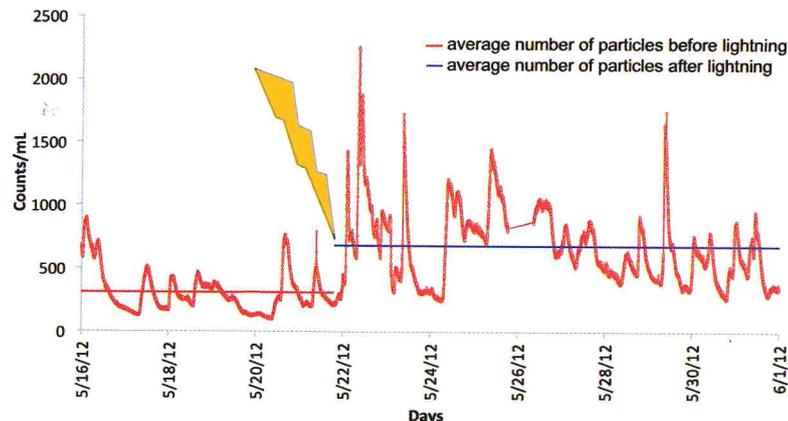
Paul Pollmann und Eric Colon im November 2012 auf der WCEC5-Konferenz (*Water Contamination Emergencies – Managing the Threats*) in Mülheim an der Ruhr ein Poster aus, das sich der Partikelzählung von Trinkwasser widmete. Am Beispiel des städtischen Wasserwerks in Nancy/Frankreich wurde auf dem Poster die Anwendung eines PAMAS WaterViewers für die Qualitätskontrolle von Trinkwasser erläutert.

### Einsatz des PAMAS WaterViewer in den städtischen Wasserwerken von Nancy in Frankreich

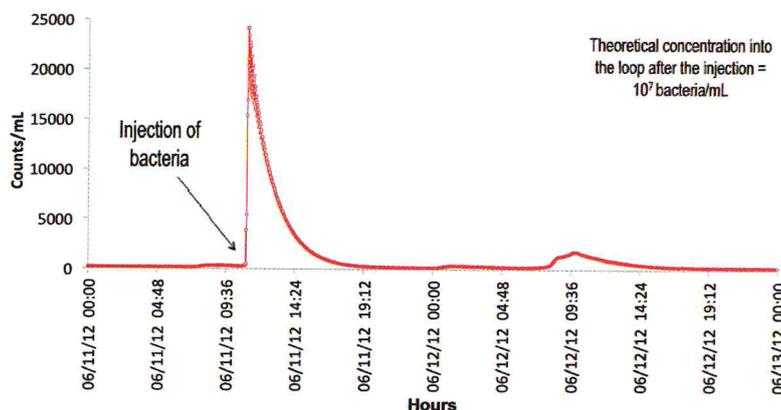
In einer dreiteiligen Versuchsreihe wurde zunächst die Partikelkonzentration unter Normalbedingungen gemessen. Im spezifischen Intervall der Partikelgrößen von 1 bis 15 µm detektierte der PAMAS WaterViewer unter Normalbedingungen durchschnittlich 310 P/mL.

In einem zweiten Schritt wurde der Partikelzähler nach einem Gewitter mit großer Niederschlagsmenge eingesetzt. Während des Unwetters war es infolge eines Blitzeinschlags im Wasserwerk von Nancy zu einem Ausfall der Frischwasserproduktion gekommen. Aus diesem Grund musste auf bestehende Wasserspeicher mit einem relativ hohen Chloranteil zurückgegriffen werden. Der Partikelzähler lieferte in dieser Zeit Messwerte zwischen 801 P/mL bis hin zu 2300 P/mL für das Partikelgrößenintervall zwischen 1 bis 15 µm.

Im experimentellen dritten Teil der Versuchsreihe wurde dem Wasser in einem abgeschlossenen Kreislauf eine bakterielle Suspension beigefügt, um die Auswirkungen auf die Wasserqualität zu erproben. In der ersten Stunde nach der Beigabe betrug die gemessene Partikelkonzentration mehr als 20000 P/mL. Wie die Messwerte der folgenden Onlinemessungen zeigten, nahm die Partikelanzahl pro Milliliter jedoch innerhalb weniger Stunden rapide ab. Die Autoren der Studie führten die rasche Abnahme auf die



Die Messwerte des Partikelzählers PAMAS WaterViewer zeigen deutlich, dass sich die durchschnittliche Partikelanzahl pro Milliliter infolge des Blitzeinschlags (Ausfall der Frischwasserproduktion und Rückgriff auf chlorhaltige Wasservorräte) deutlich erhöhte.



Die bakterielle Suspension kann nur innerhalb der ersten Stunde nach Beigabe im Wasser nachgewiesen werden. Infolge von Sedimentierung und Auflösung nehmen die Partikelanzahlen pro Milliliter danach rapide ab.

Sedimentierung und die Auflösung der Bakterien zurück.

Wie die Versuchsreihe zeigte, eignet sich der PAMAS WaterViewer für die Onlinemessung von Trinkwasser, da er Veränderungen der Messwerte unverzüglich anzeigt und im Falle einer Wasserverunreinigung sofort Alarm schlägt.

[Referenz: Université de Lorraine, Nancy/Frankreich. Cf. Poster von P. Pollmann, E. Colon, F. Gosselin und J.-C. Block: "Particle Counting for Early Detection of Contaminants in Drinking Water". Erschienen in: *Water Contamination Emergencies – Managing the Threats*, herausgegeben von K. Clive Thompson, Ulrich Borchers and John Gray. Tagungsband zur Konferenz *Water Contamination Emergencies: Managing the Threats*, IWW Water Centre, Mülheim an der Ruhr, 19.–21. November 2012, S. 340–345.]

### Vitens B.V., Spannenburg/Niederlande

PAMAS WaterViewer zur Überwachung eines Sandfilters sowie Anwendung als Frühwarnsystem und für die Partikelmessung in einem Wasserwerk in den Niederlanden

Sandfilter werden in vielen nord-europäischen Ländern für die grobe Filtrierung von stark verunreinigtem Wasser verwendet. In Abhängigkeit von der Wasserquelle werden die eingesetzten Filter in einem Rhythmus von nur wenigen Stunden bis zu mehreren Tagen durchspült. Die automatische Sensorspüleinheit des PAMAS WaterViewer ermöglicht den ununterbrochenen Ablauf des Systems – sogar im Falle von gelöstem

Eisen, das zu Oxidablagerungen und damit zu einem Ausfall des Messinstrumentes führen kann.

[Referenz: Vitens B.V., Spannenburg, Niederlande. Cf. Poster von Dr. Henry Jenderek und Paul Pollmann: Particle Counting after Rapid Sand Filters. Das Poster wurde vom 13. bis 15. Juni 2005 auf der zweiten WEKNOW Konferenz in Bratislava in der Slowakei präsentiert.]

**Waternet, Amsterdam und Haarlem/Niederlande**

*PAMAS WaterViewer zur Trinkwasserüberwachung in den städtischen Wasserwerken von Amsterdam und Haarlem in den Niederlanden*

Die niederländische Firma Waternet installierte im Jahr 2008 Partikelzähler vom Typ PAMAS WaterViewer in den städtischen Wasserwerken von Amsterdam und Haarlem. An beiden Standorten werden die Online-Partikelzähler zur dauerhaften Überwachung der Trinkwasserqualität eingesetzt. Die Messung erfolgt an den Pumpen, wo das Wasser in die Verteilungssysteme gepumpt wird. Sobald die Messwerte einen zuvor definierten Grenzwert überschreiten, schlägt der PAMAS WaterViewer sofort Alarm. Das Foto zeigt den Pumpenkeller im Wasserwerk von Amsterdam. Das gepumpte Wasser wird in kontinuierlicher Onlinemessung überprüft.

[Referenz: Waternet, The Netherlands]

**Fazit**

Die vorgelegten Anwendungsbeispiele aus den Jahren 2004 bis 2012 verdeutlichen, für welche Art von Partikelmessung der PAMAS WaterViewer in der heutigen Praxis tatsächlich eingesetzt wird. Der Online-Partikelzähler eignet sich für jede Art der Qualitätskontrolle und der Reinheitsüberprüfung von Wasser und wird von zahlreichen Anwendern wegen seiner Messgenauigkeit und Zuverlässigkeit geschätzt. Im konkreten Alltag wird das Gerät für die Partikelanalyse von Industrierwasser, Schwimmbadwasser, Klärwasser, Rohwasser und vor allem für die Trinkwasseraufbereitung eingesetzt.

Ferner zeigen die finnischen, französischen und niederländischen Studien zur Trinkwasseraufbereitung an der Universität von Kuopio, an der Universität von Lothringen und an der Technischen Universität Delft, dass der PAMAS WaterViewer auch für Forschungszwecke eingesetzt werden kann.

**Literatur**

[1] Bergjan, B., Nahrstedt, A. und Willert, G.: Partikelzählung als Nachweisinstrument der Verfahrenseffektivität. Published in: A.B. Archiv des Badewesens, Issue 3/2008, March 2008, p. 130-141.  
 [2] Ceronio, A. D., Haarhoff, J. and Pryor, M.: Standardisation of the Use of Particle

Counting for Potable Water Treatment in South Africa. Water Research Commission, South Africa, 2002.

[3] Han, M., Shim, J. S., Chung, Y. K. and Park, Y. H.: Diagnosing and optimizing water treatment processes by using Particle Counter – A case study in Korea. Published in: Water Science & Technology, Issue 2/2002, Volume 45(4-5), p. 511-518.  
 [4] Ikonen, J., Pitkänen, T. and Miettinen, I. T.: Suitability of Optical, Physical and Chemical Measurements for Detection of Changes in Bacterial Drinking Water Quality. Published in: International Journal of Environmental Research and Public Health, Issue 11/2013, October 2013, pp. 5349-5363.  
 [5] Jenderek, H. and Ganster, F.: Particle Counting after Membranes. Poster presented at the 21. Aachener Kolloquium für Abfallwirtschaft (21<sup>st</sup> Symposium on Waste Management in Aachen/ Germany) on 27.11.2008.  
 [6] Jenderek, H. and Pollmann, P.: Particle Counting after Rapid Sand Filters. Poster presented at the 2<sup>nd</sup> WEKNOW conference in Bratislava/Slovakia on 13-15 June 2005.  
 [7] Lehtola, M. J., Laxander, M., Miettinen, I. T., Hirvonen, A., Vartiainen, T. and Martikainen, P. J.: The Effects of Changing Water Flow Velocity on the Formation of Bio-films and Water Quality in Pilot Distribution System Consisting of Copper or Polyethylene Pipes. Published in: Water Research Magazine, Volume 40, Elsevier Publications, 2006, p. 2151-2160.  
 [8] Lehtola, M. J., Miettinen, I. T., Hirvonen, A., Vartiainen, T. and Martikainen, P. J.: Resuspension of biofilms and sediments to water from pipelines as a result of pressure shocks in drinking water distribution systems. Study Paper (Project No. 40407/04) published by the National Technology Agency of Finland, 2007.  
 [9] Mulling, B. T. M., Dullemond, Y., Mes, D., De Valenca, A. and Van der Oost, R.: Factors determining the disinfection capacity of constructed wetlands. Published in: Foekema E. M. (Editor): De invloed van moerassystemen op de milieukwaliteit van rwzi effluent en aanbevelingen tot optimalisering. IMARES rapport C005/12 (rapportage bestaat uit een samenvattend rapport met losse bijlagen A en B), 2012.  
 [10] Pollmann, P., Colon, E., Gosselin, F. and Block, J.-C.: Particle Counting for Early Detection of Contaminants in Drinking Water. Published in: Water Contamination Emergencies –



Pumpen im städtischen Wasserwerk von Amsterdam.

Managing the Threats, edited by K. Clive Thompson, Ulrich Borchers and John Gray. Conference book to Water Contamination Emergencies: Managing the Threats, IWW Water Centre, Mülheim an der Ruhr, Germany, 19<sup>th</sup>–21<sup>st</sup> November 2012, p. 340–345.

- [11] *Rosenthal, L.*: Distribution network design at PWN Water Company North-Holland. Published in: Compendium of Best Practices in Water Infrastructure Asset Management, Compiled and edited by Jay Bhagwan, Global Water Research Coalition, November 2009, p. 30–34.
- [12] *Siegers, W., Raffin, M., Leijssen, H. and Vermeulen, R.*: Nieuwe method om deeltjesgedrag tijdens drinkwaterzuivering te bepalen. Published in: H<sub>2</sub>O, Issue 24, 2007, p. 34–36.
- [13] *Teunissen, K., Abrahamse, A., Leijssen, H., Rietveld, L. and van Dijk, H.*: Removal of both dissolved and particulate

iron from groundwater. Published in: Drinking Water Engineering and Science Discussions, Issue 1, Copernicus Publications on behalf of Delft University of Technology, 2008, p. 87–115.

- [14] *Teunissen, K.*: Iron removal at groundwater pumping station Harderbroek. TU Delft (Delft University of Technology), Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Water Management Sanitary Engineering Section, Delft, The Netherlands, May 2007.
- [15] *Van Beek, C. G. E. M., De Zwart, A. H., Balemans, M., Kooiman, J. W., van Rosmalen, C., Timmer, H., Vandersluys, J. and Stuyfzand, P. J.*: Concentration and size distribution of particles in abstracted groundwater. Published in Water Research, Volume 44, Elsevier Publications, 2010, p. 868–878.
- [16] *Van Beek, C. G. E. M.*: Cause and prevention of clogging of wells ab-

tracting groundwater from unconsolidated aquifers. Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, December 2010.

- [17] *Van der Meulen, M.*: Deeltjestellingen in een Drinkwater distributienet. TU Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Delft, The Netherlands, October 2004.
- [18] *Vreeburg, J.*: Discolouration in drinking water systems: a particular approach. TU Delft, Faculty of Civil.

**Kontakt:**

**PAMAS Partikelmess- und Analysesysteme GmbH,**  
**Dieselstraße 10,**  
**D-71277 Rutesheim,**  
**Tel. (07152) 99 63-0,**  
**Fax (07152) 99 63-32,**  
**E-Mail: info@pamas.de,**  
**http://www.pamas.de**



INSPIRING ANSWERS

„Wer sagt eigentlich, dass man für sauberes Trinkwasser ständig verschiedene Messgeräte im Blick haben muss?“



Mit unserem Online-Analyse-System Typ 8905 haben Sie jetzt alle Parameter der kontinuierlichen Wasseranalyse in einem Gerät. Kompakt und modular bietet es die gesamte Wassersensorik aus einer Hand – und auf einen Blick.

[www.inspiring-answers.com](http://www.inspiring-answers.com)



**bürkert**  
 FLUID CONTROL SYSTEMS