

UV-Desinfektion im Wasserwerk Echthausen

Erfahrungsbericht aus der Realisierungsphase und dem laufenden Betrieb

Anja Felfalusi, Ralf Lukaschewsky, Michael Schwarze und Rob van Esch

Das Wasserwerk Echthausen ist eines von acht Wasserwerken der Wasserwerke Westfalen GmbH mit Sitz in Dortmund. Es wurde 1942 errichtet. Die Wasserwerke Westfalen liefern rund 105 Millionen Kubikmeter Trinkwasser im Jahr an die beiden Muttergesellschaften, die Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH und die GELSENWASSER AG. Im Wasserwerk Echthausen werden etwa 20 Millionen Kubikmeter Wasser aus der Ruhr in einem mehrstufigen Verfahren, dessen Kernelement Langsandsand-Filterbecken zur künstlichen Grundwasseranreicherung darstellen, aufbereitet. Im Zuge einer umfangreichen Modernisierung ist eine nahezu chemikalienfreie Aufbereitung geplant. Im ersten Schritt wurde die abschließende chemische Desinfektion durch eine UV-Desinfektionsstufe ersetzt.

Neben den chemischen Verfahren zur Wasserdesinfektion, nimmt die Bedeutung von ultravioletter Strahlung als zuverlässige und umweltfreundliche Alternative zu. Verfahrenstechnisch ist der Betrieb einer UV-Anlage vorteilhaft. Die Dosierung von Chemikalien ins „fertige“ Reinwasser entfällt, ebenso die Vorhaltung von Gefahrstoffen, wie zum Beispiel Chlor. Zweijährige Versuche im Wasserwerk Echthausen zeigten, dass die UV-Desinfektion insbesondere bei Dauerstadien von Bakterien gegenüber chemischen Verfahren wirkungsvoller ist. Nach Abschluss der Untersuchungen beauftragte der Betreiber, die Wasserwerke Westfalen GmbH, die GELSENWASSER AG, eine UV-Anlage für das Wasserwerk Echthausen zu planen. In einem engen Zeitrahmen von sechs Monaten erfolgte die Umsetzung des Projektes.

1. Projektziel

Nach der Entscheidung für die Errichtung einer UV-Desinfektionsanlage wurden besondere Anforderungen an die Anlage gestellt. Hierzu zählten ein flexibles Steuerungssystem, der Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten zur automatischen, stufenlosen Leistungsanpassung der UV-Strahler an die vorhandenen Bedingungen wie Durchfluss und SSK-Wert (Energieeinsparung) sowie die Eignung für den Einbau in ein Rohrleitungssystem mit der Druckstufe PN 16. Die Automatisierung sollte auf der Plattform des Prozessleitsystems PCS7 (Version 7.1) von Siemens ausgeführt und in das bestehende System

der Wasserwerke Westfalen GmbH integriert werden. Die Anbindung war über ET200-Signalgruppen zu realisieren. Zusätzlich mussten über Profibus gekoppelte Armaturen eingebunden werden. Neben der örtlichen Bedienung mittels OP77 sollte auch eine Bedienung und Beobachtung der UV-Anlagen vom Werksleitstand und vom zentralen Leitstand in Hengsen möglich sein.

2. Auslegungskriterien

Das Wasserwerk Echthausen der Wasserwerke Westfalen GmbH liegt am Oberlauf der Ruhr. Die Aufbereitungskapazität beträgt 20 Millionen m³/a bzw. 4000 m³/h. Die Grundwasserbeschaffenheit in Echthau-

sen unterliegt keinen großen Schwankungen. Hochwasserereignisse können durch gezielte Fahrweise der Wehranlage soweit beeinflusst werden, dass die Wassergewinnung in der Regel nicht überflutet wird. Somit sind Schwankungen in der Wasserqualität, insbesondere erhöhte Trübungswerte nicht zu erwarten. Zur Charakterisierung des angereicherten Grundwassers können die Angaben aus **Tabelle 1** herangezogen werden.

Da ein Teil der UV-Strahlung von organischen Wasserinhaltsstoffen absorbiert wird, muss bei der Auslegung der UV-Anlage der spezifische Schwächungskoeffizient bei 254 nm (SSK₂₅₄) beachtet werden. Der spek-

Tabelle 1. Angereichertes Grundwasser, ausgewählte chemische und physikalische Parameter (2009).

Parameter	Einheit	Minimum	Maximum	Mittelwert geometrisch	Anhaltswerte gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 294-1
Trübung	FNU	< 0,05	0,14	0,12	≤ 0,30
Eisen	mg/L	< 0,010	0,023	0,010	≤ 0,05
Mangan	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	≤ 0,02
SAK-254	m ⁻¹	1,2	1,9	1,5	≤ 10
SSK-254	m ⁻¹	1,3	2,5	1,6	≤ 15
Calcitabscheidekapazität	mg/L CaCO ₃	0,0	0,0	0,0	≤ 10

Tabelle 2. Auslegungskriterien für die UV-Anlagen.

Förderung maximal m ³ /h	Förderung im Mittel m ³ /h	SSK _{254 nm} maximal m ⁻¹	Trübung Ø FNU
4200	2300	2,9	0,12

trale Schwächungskoeffizient SSK berücksichtigt zusätzlich zum spektralen Absorptionskoeffizienten SAK die durch suspendierte Stoffe verursachte Lichtstreuung. Die UV-Anlage wurde auf einen maximalen SSK-254-Wert von 2,9 m⁻¹ ausgelegt. Für die Auslegung der UV-Anlagen sind die in der **Tabelle 2** genannten Auslegungskriterien angesetzt worden.

3. Ergebnis des Auswahlverfahrens (Anlagenauswahl)

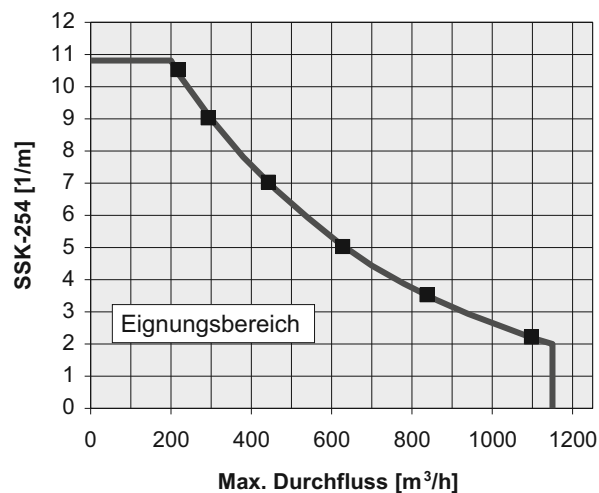
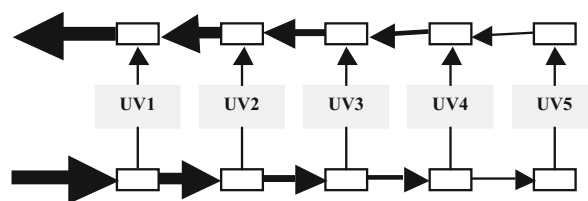
Bei der Auswahl der UV-Geräte wurden vier verschiedene Hersteller (Mitteldruck- und Niederdruckstrahler) angefragt. Wesentliche Gründe für die Auftragsvergabe an Siemens Water Technologies waren neben dem guten Preis-Leistungsverhältnis, die kompakte Bauform des Mitteldruckstrahlers, das integrierte Steuerungskonzept sowie die effiziente Unterstützung der Auftraggeberziele durch kompetente Ansprechpartner. Die UV-Geräte vom Typ Barrier M 3800 mit einem maximal erlaubten Durchfluss von 950 m³/h bei einem SSK_{254 nm} von 2,9 m⁻¹ sind nach DVGW-W 294 Teil 2 zertifiziert und somit zur Desinfektion von Trinkwasser in Deutschland gemäß § 11 TrinkwV 2001 zugelassen. Es konnte gemeinsam eine entsprechend den Forderungen der Wasserwerke Westfalen GmbH angepasste Anlage geschaffen werden, welche allen Ansprüchen des Auftraggebers gerecht wurde. Hierzu zählten die Anpassung der DVGW-Zertifizierung für die Ausführung in PN 16 und die Nutzung von elektronischen Vorschaltgeräten sowie die Anpassung in das prozessleittechnische Gesamtkonzept der Wasserwerke Westfalen GmbH. Die erforderliche Anzahl der UV-Geräte wurde unter Zugrundelegung des im **Bild 1** aufgeführten Eignungs-

bereichs nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgelegt.

Die modulare Anordnung der erforderlichen fünf UV-Geräte in parallelen Strängen erfolgte in einem neu errichteten Gebäude im Ausgangsbereich des Wasserwerks (**Bild 2**).

Eine separate Halle bot die Möglichkeit der übersichtlichen Rohrleitungsführung mit strömungsoptimierten Ein- und Auslaufstrecken vor und hinter dem UV-Gerät.

Die Barrier M 3800 ist mit sechs UV-Strahlern verbaut. Zur Überwachung der sechs UV-Strahler werden drei Gerätesensoren eingesetzt. Die Stromversorgung und Leistungsregelung der Strahler erfolgt über elektronische Vorschaltgeräte. Hierdurch wird die Bestrahlungsstärke stufenlos in einem Regelbereich von 59% bis 100% energieeinsparend eingestellt. Die UV-Strahler sind in Hüllrohren aus dotiertem Quarzglas installiert, welches die unerwünschten Wellenlängenbereiche des emittierten Lichtes < 240 nm absorbiert. Zur Überwachung der Raumbestrahlungsstärke werden DVGW-W 294-3 konforme Gerätesensoren mit einem Messfeldwinkel von 40° eingesetzt, welche zusätzlich die vorgeschriebene Mindestbestrahlungsstärke (W/m²) in Abhängigkeit vom Wasserdurchfluss (m³/h) durch die Steuerungseinheit der UV-Desinfektionsanlage permanent und selbsttätig überwachen. Um die erforderliche Desinfektion zu erreichen, müssen UV-Bestrahlungsanlagen eine Fluenz (Raumbestrahlung) von mindestens 400 J/m² gewährleisten. Für die Betriebssituation „Ausfall von UV-Geräten“ erfolgte die Planung einer chemischen Desinfektion auf Basis Natriumhypochloritlösung gemäß DVGW Regelwerk W 294.

Auslegungsdiagramm Barrier M 3800**Bild 1.** Eignungsbereich Barrier M 3800.**Bild 2.** Grundlegend vorgesehene Rohrleitungsführung der UV-Anlage.

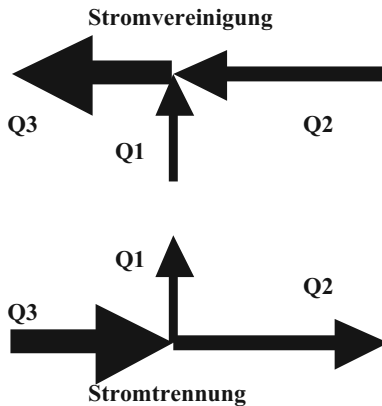
4. Hydraulische Berechnung des Anlagenkonzepts mit 5 UV-Strängen

Das Ziel der hydraulischen Berechnung war die Ermittlung einer optimalen Rohrleitungskonfiguration, die ohne Einsatz von Regelarmaturen und mit geringstmöglichem Gesamtdruckverlust eine gleichmäßige Durchflussverteilung in den einzelnen Strängen sicherstellt.

Für die hydraulische Auslegung wurde der herstellereitig angegebene Maximaldurchfluss von 950 m³/h für den maximalen SSK_{254 nm} von 2,9 m⁻¹ zugrunde gelegt. Die UV-Strahler können um 50 % der nominalen Leistung (1000 m³/h bei einem SSK-Wert von 2,6 m⁻¹) reduziert werden. Damit liegt der zulässige Durchfluss (Q) für die hydraulische Auslegung bei



Bild 3.
Prinzipische Skizze zur Ermittlung der Druckverlustbeiwerte ζ .



- $500 \text{ m}^3/\text{h} < Q \text{ (UV-Gerät)} < 950 \text{ m}^3/\text{h}$

5. Simulationsmodell

Um die Einzeldurchflüsse der UV-Stränge 1 bis 5 exakt berechnen zu können, genügt es nicht, einen konstanten Druckverlustbeiwert ζ für die Rohrleitungsverzweigungen einzusetzen. Die einzelnen Druckverlustbeiwerte ζ des Durchgangsstroms und des jeweiligen Abzweigstroms müssen sowohl für die Stromtrennung als auch für die Stromvereinigung iterativ ermittelt werden (Prinzipische Skizze gemäß **Bild 3**).

Der Druckverlust in den Rohrverzweigungen ist bei Stromtrennung und Stromvereinigung abhängig

- vom Verhältnis der Querschnittsflächen des Abzweigs zum Durchgangsrohr A1/A3,
- vom Verhältnis des abzweigenden zum durchgehenden Volumenstrom Q1/Q3,

Tabelle 3. Durchflussverteilung mit Sammelleitungen DN 800 bei maximaler Werksförderleistung.

Durchfluss	UV-Strang 1	UV-Strang 2	UV-Strang 3	UV-Strang 4	UV-Strang 5
m^3/h	1173	1061	817	675	424

- vom Winkel des abzweigenden Rohres,
- von der Form des Übergangs (scharf, abgerundet oder Einschweißbogen),
- von der Anströmung (wie **Bild 3**, von Q1 nach Q2/Q3, bzw. von Q2 und Q3 nach Q1)
- und letztlich von der Qualität der Fertigung selbst (Schweißnähte etc.).

werte ergibt sich eine Aufteilung der Gesamtförderung bei Volllast auf die Einzelstränge gemäß **Tabelle 3**.

Die Durchflüsse liegen zum Teil außerhalb des zulässigen Bereichs (fett markiert in der **Tabelle 3**), sodass eine Anpassung der Rohrleitungsgeometrie in den weiteren Berechnungen erforderlich war.

7. Optimierung der Rohrleitungskonfiguration

Die Bandbreite der Einzeldurchflüsse kann vermindert werden, indem die Nennweite der Durchgangsleitungen sukzessive hinter den Abzweigen in sinnvollen Abstufungen verkleinert wird. Um gleichzeitig einen möglichst kleinen Gesamtdruckverlust zu erhalten, wurden strömungsgünstige Einschweißbögen und am Endstrang Rohrbögen eingesetzt (s. **Bild 4**).

Mit den im **Bild 4** dargestellten Nennweiten und den iterativ ermittelten ζ -Werten wurden verschiedene mögliche Betriebszustände berechnet. In **Bild 5** ist der jeweils zulässige Einzeldurchfluss durch unterschiedliche Kombinationen aktiver UV-Anlagen in Abhängigkeit von der Gesamt-Förderung dargestellt.

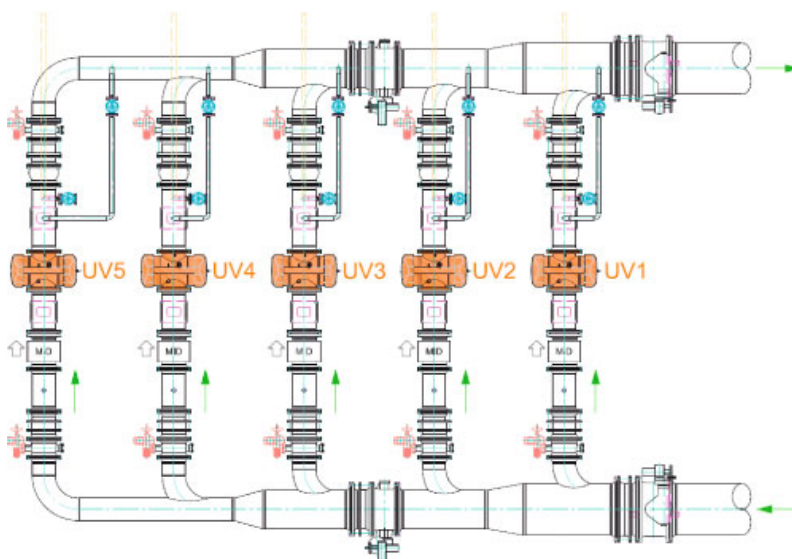
Die Grenzwerte der Gesamtförderung des Wasserwerks zu den in **Bild 5** dargestellten Kombinationen der aktiven UV-Anlagen ergeben sich aus den unteren und oberen Grenzwerten der jeweils extremen Einzeldurchflüsse und sind in der **Tabelle 4** zusammengestellt.

Für die Auslegung der Rohrleitungskonfiguration wurde die bei der GELSENWASSER AG ursprünglich für Druckstoßberechnungen angeschaffte Software SIR 3S eingesetzt [3]. Die Software enthält kein Element für die automatische Simulation eines T-Stücks. Daher mussten die Druckverlustbeiwerte in jeweils 2–3 Iterationsschritten auf der Grundlage von Literaturwerten [4] ermittelt werden.

6. Ausgangsplanung

Ursprünglich wurden Sammelleitungen der Nennweite DN 800 als Zu- und Ablaufleitung für die fünf UV-Stränge geplant. Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen iterativ ermittelten Druckverlustbeiwerte

Bild 4.
Strömungsoptimierte Rohrleitungsführung der UV-Anlage.



8. Überprüfung der theoretischen Auslegung

Nach Fertigstellung der Anlage wurde die theoretische Berechnung überprüft. Im laufenden Betrieb stellt sich die gleichmäßige Verteilung der Durchflüsse wie errechnet

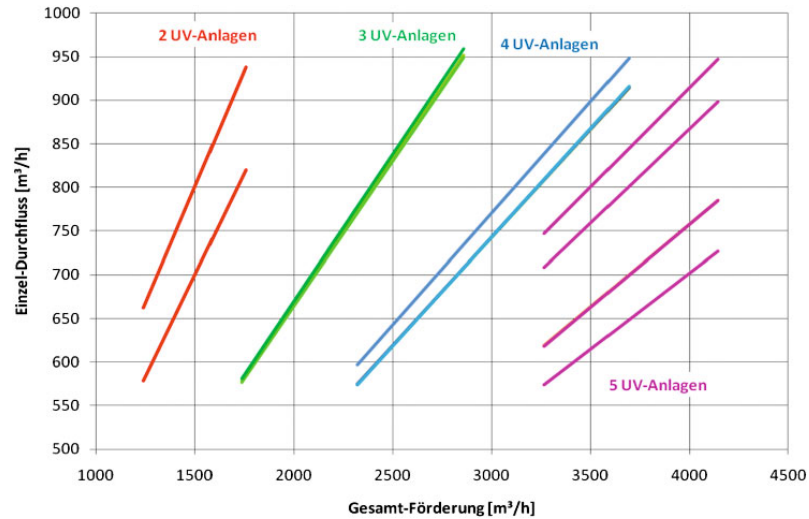
Tabelle 4. Grenzwerte der Wasserwerksförderung bei unterschiedlicher Anzahl aktiver UV-Anlagen.

Durchfluss Q	2 UV-Anlagen	3 UV-Anlagen	4 UV-Anlagen	5 UV-Anlagen
minimal [m ³ /h]	1200	1750	2300	3300
maximal [m ³ /h]	1750	2800	3700	4200

ein. Die Abweichungen zwischen den berechneten und den gemessenen Werten liegen in einem Bereich von 0,4 bis 5,3 % und damit im zulässigen Toleranzbereich (**Tabelle 5**).

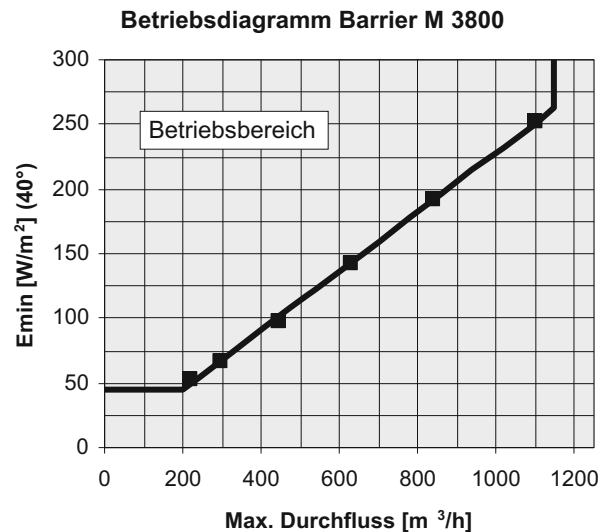
9. Anlagenbetrieb

Der Startvorgang erfolgt vollautomatisch anhand einer festgelegten Schrittkette. Nach Starten eines zur Verfügung stehenden UV-Gerätes benötigen die UV-Strahler eine Aufwärmzeit von drei Minuten. Erst nach Erreichen der vollen Strahlerleistung werden automatisch über das Leitsystem die vor- und nachgeschalteten Klappen geöffnet. Im Prozessleitsystem wird zusätzlich der aktuelle niedrigste Bestrahlungsstärkewert [W/m²] aller in Betrieb befindlichen UV-Gerätesensoren angezeigt. Da die UV-Bestrahlung bzw. UV-Fluenz (J/m²) weder direkt messbar ist noch mit der erforderlichen Genauigkeit berechnet werden kann, wird während des Betriebs der UV-Geräte die Einhaltung der Betriebskennwerte Mindestbestrahlungsstärke [W/m²] und zugehöriger Durchfluss [m³/h] gemäß **Bild 6** permanent im System überwacht. Der maximal zulässige Durchfluss wird durch die in jeden UV-Strang installierte Durchflussmessung (MID) überwacht. Die Einhaltung der Mindestbestrahlungs-

**Bild 5.** Zulässige Einzeldurchflüsse der aktiven UV-Anlagen bei unterschiedlichen Kombinationen in Abhängigkeit von der Gesamtförderung.

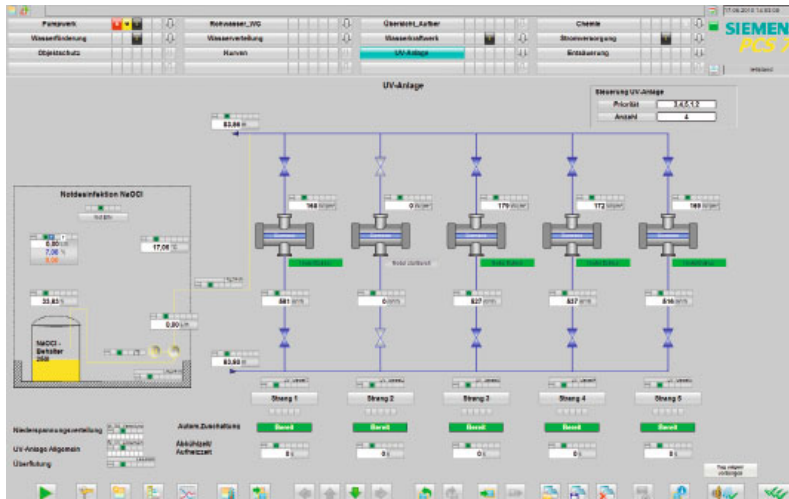
stärke [W/m²] erfolgt kontinuierlich geräteintern durch kalibrierte und genormte UV-Gerätesensoren. Wird die vorgeschriebene Mindestbestrahlungsstärke unterschritten bzw. der maximale Durchfluss überschritten, erfolgt eine Störmeldung, die zur Abschaltung des gestörten UV-Anlagenstrangs und je nach Betriebszustand zur Einschaltung eines intakten UV-Anlagenstrangs führt oder zur Zuschaltung der Notdesinfektion.

Neben der steuerungstechnischen Überwachung dienen auch tägliche bakteriologische Beprobungen des Trinkwassers der Beurteilung des ordnungsgemäßen

**Bild 6.** Betriebsbereich Barrier M 3800 DVGW.**Tabelle 5.** Vergleich der Messergebnisse von zwei beispielhaften Betriebszuständen.

	3 UV-Anlagen			4 UV-Anlagen		
	Messung	Rechnung	Abw.	Messung	Rechnung	Abw.
Q _{gesamt} [m ³ /h]	2190	2190		2680	2680	
UV 1 [m ³ /h]	760	800	-5,3 %	700	688	1,7 %
UV 2 [m ³ /h]	0	0		685	663	3,2 %
UV 3 [m ³ /h]	0	0		0	0	
UV 4 [m ³ /h]	720	683	5,1 %	650	664	-2,2 %
UV 5 [m ³ /h]	710	707	0,4 %	645	665	-3,1 %

Bild 7.
 Prozess-
 bedienbild,
 UV-Anlage
 Übersicht.



Betriebes. Zudem prüft der Probennehmer steuerungsunabhängig die Einhaltung des Betriebsbereiches durch Vergleich der Betriebskennwerte „Mindestbestrahlungsstärke“ und „zugehöriger Durchfluss“. Die Einhaltung des Eignungsbereiches in Abhängigkeit von Wasserdurchfluss (m^3/h) und SSK-254 wird im Prozessleitsystem PCS7 überwacht.

10. Steuerungsaufbau

Das UV-System wird von einer PCS7 SPS-Steuerung überwacht und gesteuert. Die UV-Strahler werden von elektronischen Wechselstrom-Vorschaltgeräten (EVG) für UV-Strahler mit einer Nennleistung von 3 kW geregelt. Funktionsprinzip des EVGs ist eine stufenlos regelbare Leistungsquelle mit dem Bereich 400 bis 3000 W. Im Betrieb wird die Strahlerleistung kontinuierlich der gemäß **Bild 6** dargestellten Mindestbestrahlungsstärke E in Abhängigkeit zur Durchflussmenge angepasst. Dabei werden die für den jeweiligen Strahler notwendigen und zulässigen Minimal- und Maximalwerte berücksichtigt. Die Regelungseinheit regelt die Sollgröße konstant aus, das heißt, sie hält die Bestrahlungsstärke konstant, unabhängig von der Netzspannung. Die Bestrahlungsstärke wird knapp über dem Grenzwert eingestellt. Hierdurch wird die UV-Anlage so wirtschaftlich wie möglich betrieben, ein unnötiger Energiever-

brauch kann vermieden werden. Das Prozessbedienbild der UV-Anlage wurde mit dem Leitsystem PCS7 von Siemens in der Version 7.1 erstellt. Die UV-Anlagen können sowohl über das örtliche PCS7-System (Ortsleitstand) oder das CS7-System (Zentraler Leitstand) an- und abgefahren werden. Auf dem Übersichtsbild (**Bild 7**) werden alle Stränge der UV-Anlage mit den wichtigsten Informationen dargestellt.

Eine Bedienung und detaillierte Beobachtung sind in den untergeordneten Strangbildern möglich. Hier wird auch die zusätzliche Bedienung des Wischers aktiviert, welcher Quarzrohr und UV-Sensor-Messfenster reinigt. Ferner kann der UV-Strang von hier zugeschaltet oder in die Gruppenautomatik übernommen werden. Die Störmeldungen werden an dieser Stelle erkannt und quittiert. Bei gleichzeitigem Ausfall der UV-Geräte (z.B. Stromausfall) bleiben die Zu- und Ablaufklappen geöffnet. Die Notdesinfektion ist mit einer unterbrechungsfreien Stromzufuhr (USV) gekoppelt und kann unterbrechungsfrei die Trinkwasserdesinfektion übernehmen. Im Prozessleitsystem PCS7 werden alle für den Betrieb der UV-Desinfektionsanlage relevanten Betriebsparameter wie z.B. Durchfluss und UV-Bestrahlungsstärke angezeigt und protokolliert. Sämtliche Störungen der

UV-Desinfektionsanlage werden im Alarmmeldearchiv angezeigt und archiviert. Darüber hinaus werden weitere Betriebsparameter wie Betriebsstunden, Anzahl der Einschaltvorgänge und Anzahl der Wischvorgänge dokumentiert. Folgende Parameter müssen für mindestens 6 Monate langzeitarchiviert werden:

- Durchfluss der UV-Anlage [m^3/h]
- Mindest-Bestrahlungsstärke [W/m^2]

11. Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten

Die einwandfreie Funktion der installierten UV-Gerätesensoren muss gemäß Vorgabe des DVGW-Arbeitsblattes W 294 Teil 1 mindestens einmal pro Monat überprüft werden. Dabei ist der Anzeigewert der Gerätesensoren durch Vergleichsmessung mit einem Referenzradiometer zu überprüfen. Für die Referenzmessungen wurde ein Messgerät der Firma IL-Metronic vom Typ MUV 2.4 WR eingesetzt. Im ersten Betriebsjahr führte das Betriebspersonal routinemäßige Kontrollmessungen in 2-wöchigen Abständen durch. Trotz permanenter Belichtung der Gerätesensoren mit Bestrahlungsstärken bis zu $300 W/m^2$ konnte keine nennenswerte Änderung der Empfindlichkeit festgestellt werden. Die relativen Messwertabweichungen lagen in der Regel innerhalb einer Schwankungsbreite von weniger als 5%, wobei kein Trend zu einer Abnahme der Empfindlichkeit erkennbar ist. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind für das UV-Gerät 2 im **Bild 8** grafisch dargestellt.

Lediglich einer von fünfzehn installierten Sensoren wies eine relative Abweichung von bis zu 10% auf. Dieser Sensor wurde zusammen mit dem Referenzsensor nach einem Betriebsjahr zur Überprüfung und Rekalibrierung an den Hersteller übersandt. Die UV-Strahler sind nach rund 10000 Betriebsstunden komplett ausgewechselt worden. Unter der Bedingung von

maximal drei Ein-/Aus-Schaltvorgängen pro Tag betrug die garantierte Strahlerlebensdauer 9000 h. Bei etwa 4000 Betriebsstunden sind innerhalb weniger Tage drei Strahler in der Aufwärmphase ausgefallen. Hier erfolgte vom Lieferanten in Abhängigkeit der bis zum Zeitpunkt des Ausfalls erreichten Nutzungsdauer eine anteilige Vergütung. Eine mechanische bzw. chemische Reinigung der Strahlerhüllrohre erfolgte bislang nicht. Regelmäßige visuelle Kontrollen zeigten keine Belagsbildung auf den Hüllrohren. Das automatische Wischersystem entfernte die Ablagerungen von Quarzrohr und UV-Sensor-Messfenster bei einer eingestellten Intervallzeit von 6 Stunden vollständig. Die jährliche Überprüfung und Wartung der fünf UV-Geräte wurde über einen Wartungsvertrag abgeschlossen. Die spezifischen Jahreskosten der UV-Anlage sind geringfügig höher als die spezifischen Jahreskosten der chemischen Desinfektion mittels Chlordioxidlösung.

12. Fazit

Die Wasserwerke Westfalen GmbH beauftragten die GELSENWASSER AG mit der Planung und Errichtung einer UV-Anlage für das Wasserwerk Echthausen. Zum Einsatz kamen UV-Geräte des Herstellers Siemens Water Technologies vom Typ Barrier M 3800 DVGW. Mit der UV-Desinfektion als Abschlussdesinfektion konnte jederzeit ein bakteriologisch einwandfreies Trinkwasser gemäß §11 TrinkwV 2001 bereitgestellt werden. Die Auslegung auf einen maximalen $SSK_{254\text{ nm}}$ von $2,9\text{ m}^{-1}$ beruht auf den Betrieb ohne weitere Aufbereitung. Eine weitere Aufbereitung mittels Oxidation (Ozon) und Adsorption ist in Planung. Beide Verfahren verringern auch den $SSK_{254\text{ nm}}$, sodass die installierte UV-Anlage mit der Verfahrenskombination Oxidation und Adsorption auf jeden Fall mit einer zusätzlichen Reserveanlage als Redundanz ausgestattet wurde. Durch eine hydraulische Berechnung konnte eine

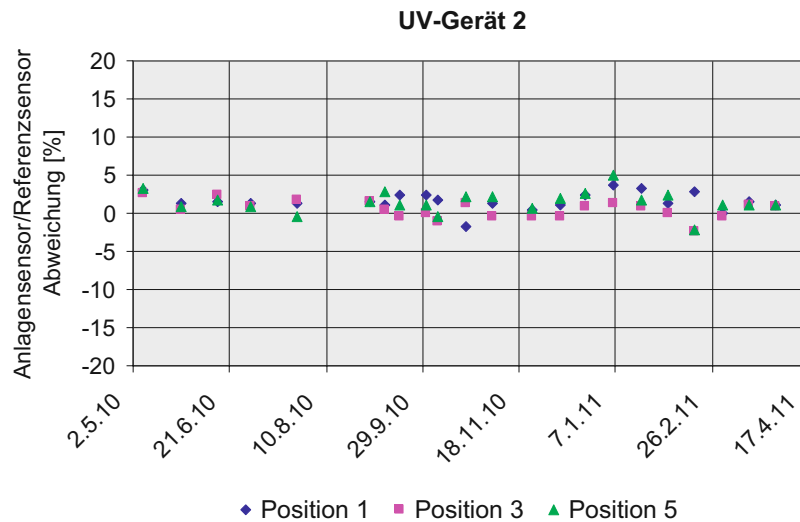


Bild 8.
UV-Gerät 2,
relative Differenz zwischen
UV-Gerätesensoren und
dem Referenzradiometer.

optimale Rohrleitungskonfiguration, die ohne Einsatz von Regelarmaturen und mit geringstem Gesamtverlust eine gleichmäßige Durchflussverteilung in den einzelnen Strängen sicherstellt, ermittelt werden. Die spezifischen Jahreskosten der UV-Anlage erweisen sich als nur geringfügig höher als die spezifischen Jahreskosten der früheren Desinfektion auf Chlordioxidbasis. Das Gefährdungspotenzial bzw. die Vorhaltung und der Umgang mit Chlor entfielen nach Inbetriebnahme der UV-Desinfektionsanlage. Der Rückblick auf ein Jahr Betrieb zeigt, dass 27 von 30 Strahlern eine Lebensdauer von 10000 Betriebsstunden erreichten. An 14 von 15 Gerätesensoren konnten trotz permanenter Bestrahlung der Sensoren mit Bestrahlungsstärken von bis zu 300 W/m^2 keine nennenswerte Änderung der Empfindlichkeit festgestellt werden. Das automatische Wischersystem entfernte die Ablagerungen von Quarzhüllrohr und UV-Sensor-Messfenster vollständig. Eine chemische Reinigung der Strahlerhüllrohre war bislang nicht erforderlich. Innerhalb des einen Betriebsjahres kamen keine schwerwiegenden Anlagenausfälle vor. Mit dem Partner Siemens Water Technologies konnten Probleme kurzfristig gemeinsam und effektiv beseitigt werden.

Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W294: UV-Geräte zur Desinfektion in der Wasserversorgung, Juni 2006.
- [2] Eggers, J., Werner W. und Wricke, B.: Überprüfung und Beurteilung der Einhaltung der Anforderungen an den Betrieb von UV-Desinfektionsgeräten in der Praxis. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben DVGW (W4/04/08).
- [3] 3S Consult GmbH, Osteriede 8–10, 30827 Garbsen.
- [4] Miller, D.S.: International Flow Systems 1978.

Autoren:

GELSENWASSER AG,
Willy-Brandt-Allee 26,
D-45891 Gelsenkirchen,
Anja Felfalusi,
E-Mail: anja.felfalusi@gelsenwasser.de,
Ralf Lukaschewsky,
E-Mail: ralf.lukaschewsky@gelsenwasser.de

Wasserwerke Westfalen GmbH,
Zum Kellerbach 52,
D-58239 Schwerte
Michael Schwarze,
E-Mail: michael.schwarze@wasserwerke-westfalen.de

Siemens Water Technologies,
Auf der Weide 10,
D-89312 Günzburg,
Rob van Esch,
E-Mail: rob.vanesch@siemens.com