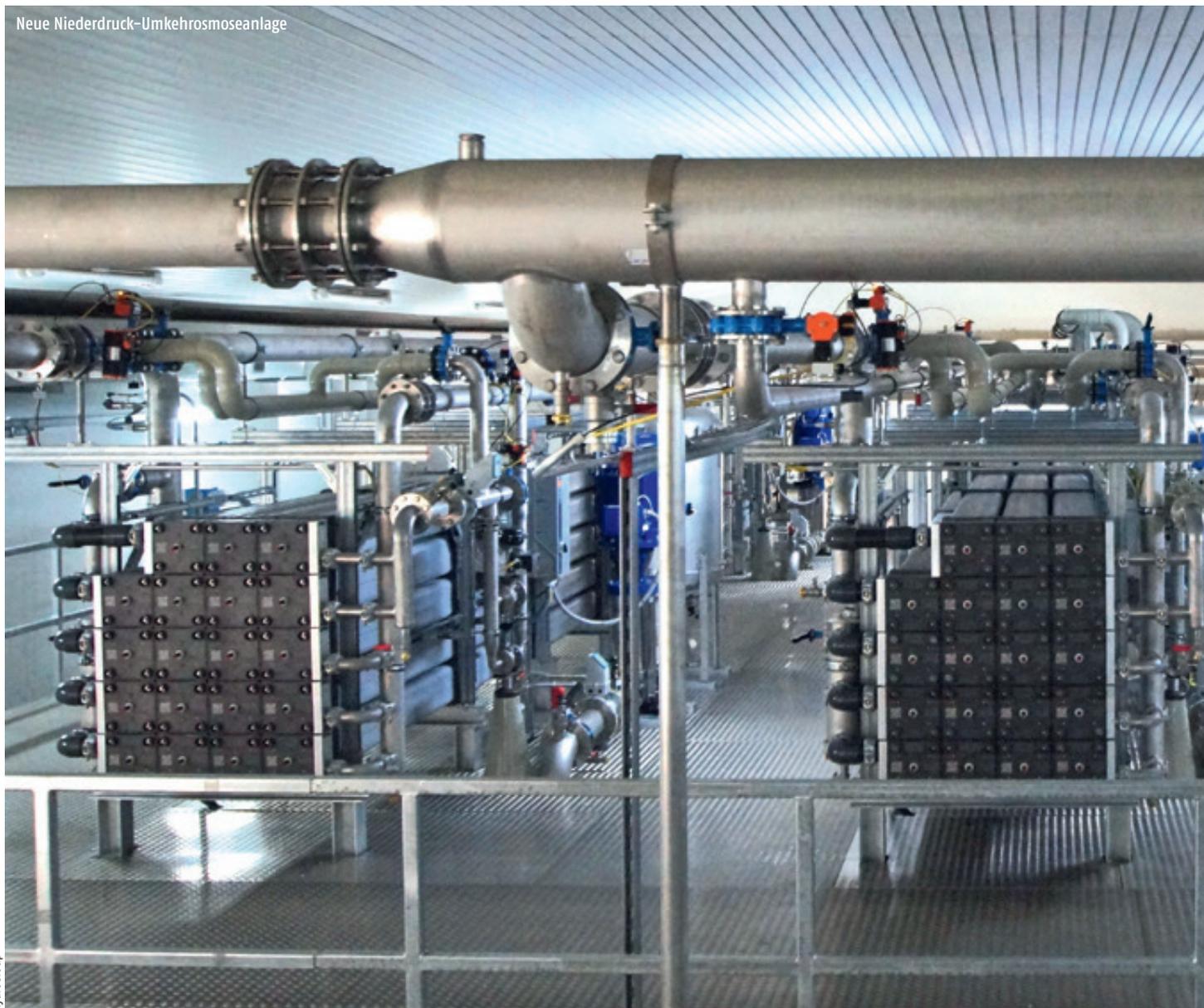


Moderne Umkehrosmoseanlage mit Retentataufbereitung

Bereits seit Anfang August 2018 werden die Haushalte in Baden-Baden mit weicherem und weitgehend PFC-freiem Trinkwasser versorgt. Um dies zu ermöglichen, wurde im Grundwasserwerk Oberwald in Sandweier nach vollständiger Sanierung und Erweiterung eine Niederdruck-Umkehrosmoseanlage mit Retentataufbereitung installiert. Das hierbei entstehende aufkonzentrierte Retentat wird vor Einleitung in den Vorfluter durch Filtration über Aktivkohle von PFC befreit. Die Verfahrenstechnik in dieser Konstellation ist in Deutschland (und vermutlich in Europa) so erstmalig realisiert worden.

Neue Niederdruck-Umkehrosmoseanlage



Die Grundzüge der zentralen Wasserversorgung der Stadt Baden-Baden wurden bereits im ausgehenden 19. Jahrhundert gelegt. Zunächst begnügte man sich damit, einzelne Quellen in Stadtnähe zu fassen und das Wasser in Brunnen an verschiedenen Stellen ausfließen zu lassen. Erst 1875 wurde der Bau größerer Quellwasserfassungsanlagen beschlossen. Diese Quellwasserversorgungsanlagen sind heute noch in Betrieb und zählen zu den größten in Deutschland. Um dem weiter steigenden Wasserbedarf gerecht zu werden, wurden bis 1905 sukzessive weitere Quellen gefasst und über zentrale Quellwassersammelleitungen zusammengeführt. Der ca. 15 km lange Quellhorizont liegt am Westhang des Schwarzwaldmassives. Aufgrund der stark wachsenden Bevölkerung wurde aber bald sichtbar, dass der kontinuierlich steigende

Bedarf durch die Quellwasserfassungsanlagen allein nicht gedeckt werden konnte, zumal die Quellschüttungen in den verbrauchsstarken Sommermonaten stark zurückgehen. Aus diesem Grund wurde 1912 in der Rheinebene ein Grundwasserwerk gebaut und damit die Wasserversorgung Baden-Badens auf zwei leistungsfähige Gewinnungssysteme aufgebaut. Die Wasserentnahme erfolgt bis heute aus 20 Vertikalfilterbrunnen mit unbeschränktem Entnahmerecht und einem Horizontalfilterbrunnen mit einer maximalen Entnahme von 1.350 m³/h. Für die Aufbereitung des eisen- und manganhaltigen Wassers wurden eine offene Belüftung sowie eine offene Sandfilteranlage installiert, welche bis 2015 in Betrieb war. Das aufbereitete Trinkwasser wird zwischengespeichert und mittels frequenzgeregelten Pumpen über drei Zu-

führungsleitungen in die Wasserspeicher in Baden-Baden gepumpt.

Zunehmende Güteanforderungen verlangten Anfang 1970 den Bau mehrerer Entsäuerungsanlagen für die Quellwasseraufbereitung. Zur Desinfektion wurden UV-Anlagen installiert. Eine massive Beeinflussung der Quellwasserqualität verursachte der Orkan „Lothar“ Weihnachten 1999. Im Zentrum des Wirbelsturms wurden nahezu alle Bäume entwurzelt. Betroffen hiervon war die Hälfte des Quelleinzugsgebietes. Aufgrund des großflächigen Aufbruchs des Oberbodens kam es insbesondere zu Regenzeiten und bei der Schneeschmelze zu einer enormen Verschlechterung der Wasserqualität in den betroffenen Quellen. Die Stadtwerke waren daraufhin gezwungen, den Bau von Wasseraufbereitungsanlagen einzuleiten. Zielvorgabe für die neue Anlagentechnik war die sichere Entfernung von Trübstoffen und Mikroorganismen, die Reduzierung der Farbe sowie eine jederzeit einwandfreie Desinfektion. Hierzu wurden moderne Kompaktfilteranlagen mit Flockungsstufe und vorhergehender Ozonung im neuen Wasserwerk Grobbach installiert.

Wasserbedarf

Im Normalfall bzw. im Winter wird der Wasserbedarf der rund 55.000 Einwohner der Stadt bis zu 80 % mit weichem Quellwasser abgedeckt. Die durchschnittliche Schüttung beträgt rund 6.000 m³/d, die jährlichen Entnahmemengen liegen bei beachtlichen 2 Mio. m³. Im Sommer gehen die Quellschüttungen stark zurück und es müssen bis zu 90 % des Wasserbedarfs mit härterem Grundwasser abgedeckt werden. Bei der Neukonzeption der Aufbereitungsanlage des Grundwasserwerkes Oberwald wurde zudem mitberücksichtigt, dass auch ein Totalausfall der Quellen in Betracht gezogen werden muss und damit 100 % des Wasserbedarfs durch das Grundwasserwerk abgedeckt werden kann.

Durch die Nutzung der unterschiedlich harten Quell- und Grundwässer, ergeben sich zwei Versorgungszonen. Eine, in der ausschließlich Quellwasser zur Anwendung kommt, und eine Mischwasserzone, in der die Härte jahreszeitlich zwischen 8 und 14 °dH schwankt.

Im Rahmen der altersbedingten Sanierung des Wasserwerkes Oberwald in Sandweier wurde deshalb das Ziel mit aufgenommen, das Grundwasser so aufzubereiten, dass die Wasserhärte auf 8 bis 10 °dH reduziert wird.





HydroGroup

Abb. 1 – Neue Druckfilteranlage mit sechs Filterkesseln

PFC-Problematik

Im Sommer 2013 untersuchte man im Rahmen einer Anordnung des Gesundheitsamtes Rastatt/Baden-Baden die Trinkwassergewinnungsanlagen hinsichtlich per- und polyfluorierter Chemikalien (PFCs). Hierbei wurde in verschiedenen Tiefbrunnen der Grundwassergewinnung PFC nachgewiesen, während die Quellwässer frei von diesen Inhaltsstoffen waren. Ab diesem Zeitpunkt wurden alle Trinkwasserbrunnen sowie die Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen im Oberwald in Sand-

weier im achtwöchigen Rhythmus auf PFC untersucht. Im Rahmen dieser Erkenntnisse führte man verschiedene Untersuchungsprogramme in Abstimmung mit dem Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe (TZW) und den Aufsichtsbehörden wie Gesundheitsamt und Untere Wasserbehörde der Stadt Baden-Baden durch. Um klare Erkenntnisse zu den einzelnen Strömungsmustern/Fahnen zu erhalten, wurden weitere Grundwassermessstellen abgeteuft und das TZW mit der wissenschaftlichen Begleitung, der Bewertung der Analyseergebnisse und der Erarbei-

tung von einzelnen technischen Maßnahmen beauftragt. Weiterhin passte man das bestehende Grundwassermodell für die PFC-Fragestellung an und erweiterte es, um auch hier Schadstofftransport und Auswirkungen auf die Trinkwasserbrunnen bewerten und prognostizieren zu können. Aufgrund der ungewissen Belastungssituation in den Trinkwasserbrunnen und der im Frühjahr 2017 neu angepassten Anforderungen durch das Gesundheitsamt Rastatt/Baden-Baden ergaben sich verschiedene notwendige Maßnahmen. Im Grundwasserwerk Sandweier war der

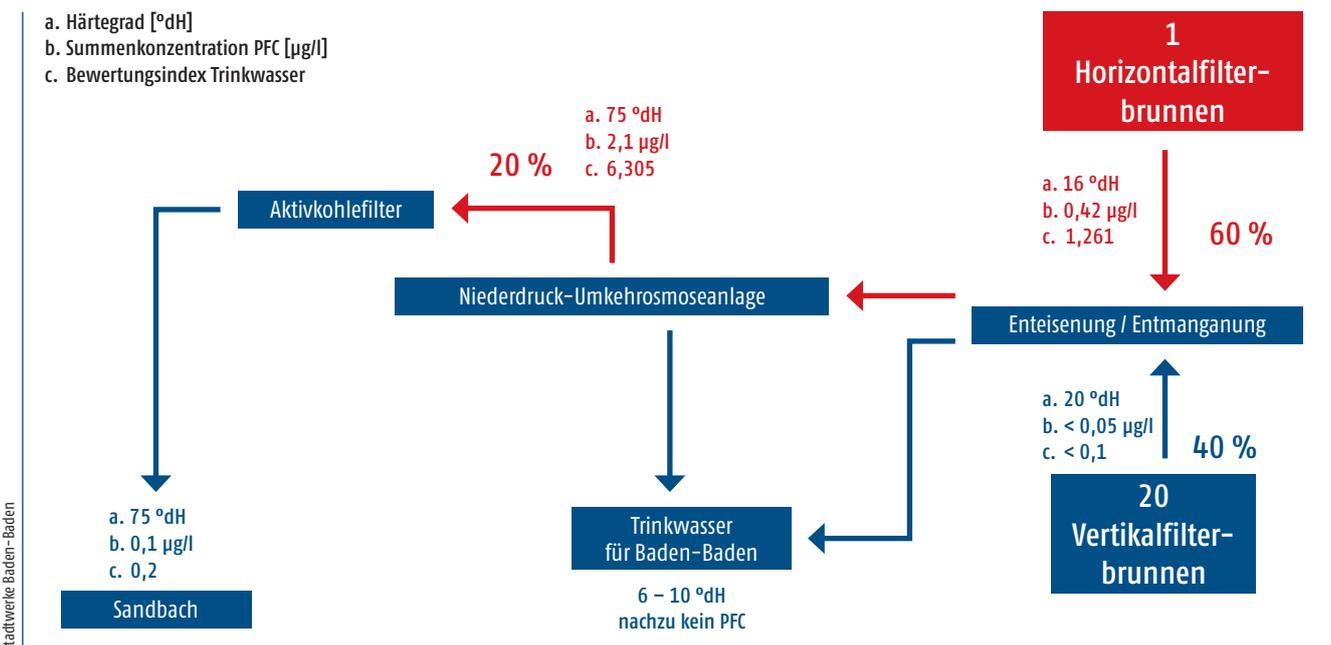


Abb. 2 – Aufbereitungsschema: Auswirkungen auf die Wasserqualität



Stadtwerke Baden-Baden

Abb. 3 – Die insgesamt drei Flachbettbelüfter weisen eine Gesamtdurchsatzmenge von 1.350 m³ pro Stunde auf.

Horizontalfilterbrunnen als Hauptversorgungsbrunnen in der Summenkonzentration über dem Bewertungsindex 1, sodass dieser weiterhin nur mit Zumischung der Vertikalbrunnenreihe Süd betrieben werden konnte. Dies bedeutete, dass eine nachhaltige Wassergewinnung nicht mehr gegeben war.

Maßnahmen im Bereich des Grundwasserwerkes Oberwald in Sandweier

Die von den Stadtwerken bereits konzeptionell vorliegende Planung einer Anlage zur Enthärtung von Grundwasser mittels Niederdruck-Umkehrosmose (LPRO) muss-



HydroGroup

Abb. 4 – CIP-Station

nicht genehmigt. Am Ergebnis eines mit viel Aufwand umgesetzten wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens wurde eine Retentataufbereitung mittels Aktivkohle im Abstrom der Umkehrosmose festgelegt. Diese musste zusätzlich planerisch berücksichtigt werden. Um die Ableitung des Retentates auch im Störungs- und Reparaturfall permanent betreiben zu können, sah man eine zweite Retentatableitung vor. Aufgrund der deutlich höheren Aufbereitungsleistung, insbesondere bedingt durch die Entfernung der PFC-Fracht, erhöhen sich die Betriebskosten erheblich.

vier Druckfilter wurden im Rahmen dieses Bauabschnittes ebenfalls vollständig automatisiert. Aufgrund der zwischenzeitlich bekannten PFC-Problematik realisierte man eine getrennte Rohwasserzuführung aus den Vertikalbrunnen und dem Horizontalbrunnen, sodass das PFC-belastete Wasser separat über direkt zugeordnete Filterlinien aufbereitet werden kann. Die insgesamt zehn Filterkessel können je nach Gewinnungssituation die Wässer des Horizontalfilterbrunnen oder der Vertikalfilterbrunnen in Teillast getrennt aufbereiten. Somit kann ein mit PFC belasteter Volumenstrom direkt der Niederdruck-

» Aufgrund der PFC-Problematik wurde eine getrennte Rohwasserzuführung aus den Vertikal- und dem Horizontalbrunnen realisiert, sodass das belastete Wasser separat über direkt zugeordnete Filterlinien aufbereitet werden kann. «

te um den Schritt PFC-Reduktion erweitert werden. Dies erforderte eine deutliche Erweiterung der Aufbereitungsleistung und somit der Filterleistung, um auch im Havariefall die Trinkwasserversorgung sicherstellen zu können.

Ein besonderes Problem stellte die Entsorgung des Retentates dar. Im Normalfall erfolgt die Retentatentsorgung durch Direkteinleitung in einen Vorfluter. In Sandweier kam hierfür nur der ca. 1,8 km entfernte Sandbach in Frage. Für das PFC-belastete Retentat war die Einleitung in dieser Form nicht möglich bzw. wurde

Verfahrenstechnische Umsetzung

Die bestehende Vorbelüftung/Entsäuerung und die technisch veraltete offene Sandfilteranlage wurden aus technischen Gründen in den Jahren 2014/15 außer Betrieb genommen und durch eine zusätzliche geschlossene und vollautomatisch arbeitende Druckfilteranlage mit sechs Filterkesseln in einem neu errichteten Gebäudeteil ersetzt (Abb. 1). Zusammen mit den bestehenden vier Druckfiltern zur Enteisenung und Entmanganung beträgt die maximale Aufbereitungsleistung der zehn Filter 1.500 m³/h. Die bestehenden

Umkehrosmoseanlage zugeführt werden, während der zweite unbelastete Volumenstrom direkt auf die Flachbettbelüfter geführt wird (Abb. 2).

Die vor der Filtration zur Oxidation erforderliche Sauerstoffanreicherung erfolgt anstelle der offenen Belüftung durch eine geregelte Druckbelüftung in die Rohwasserzuleitung zum jeweiligen Druckfilter. Der Wegfall der offenen Belüftung hatte zur Folge, dass kein überschüssiges Kohlenstoffdioxid mehr ausgetragen wird. Durch die Druckbelüftungen im Drucksystem resultiert somit ein Reinwasser mit



Abb. 5 – LPRO-Rack mit Schaltanlage



Abb. 6 – Aktivkohlefilter zur Retentataufbereitung

deutlich höherem CO_2 -Gehalt bzw. niedrigerem pH-Wert. Es wurden deshalb bei der Erneuerung der Verfahrenstechnik auch Maßnahmen zur pH-Einstellung bzw. zur korrosionschemischen Stabilisierung in Form nachgeschalteter, geregelter Flachbettbelüfter umgesetzt. Insgesamt erfolgte die Installation von drei Flachbettbelüftern (Abb. 3) mit einer Gesamtdurchsatzmenge von $1.350 \text{ m}^3/\text{Stunde}$.

Hierbei wurde die durch die Enthärtung zusätzlich erforderliche Entsäuerungsleistung bereits mit berücksichtigt und im Hinblick auf die Mischung mit Quellwasser auch die Vorgaben des DVGW-Arbeitsblattes W 216 „Versorgung mit unterschiedlichen Wässern“ einbezogen.

Die Filteranlagen speisen den Reinwasserbehälter mit zwei Kammern und einem Gesamtinhalt von 1.200 m^3 , aus dem in

die zentralen Hochbehälter Tannenweg und Annaberg gefördert wird. Die pro Spülvorgang benötigte Wassermenge wird ebenfalls aus dem Reinwasserbehälter entnommen. Die anfallenden Spülwassermengen gelangen in ein Absetzbecken.

Niederdruck-Umkehrosmoseanlage (LPRO-Anlage)

Die Planung der Stadtwerke sah vor, dass die bestehenden und sich in einem guten Zustand befindenden Gebäude weitgehend wiederverwendet werden. Das größte Gebäude beinhaltete die offene Filteranlage, welche nach Inbetriebnahme der neuen Druckfilter stillgelegt wurde. Der Platz über den teilweise in den Boden abgesenkten Filtern war mehr als ausreichend, um sowohl die Entsäuerungsanlagen als auch die Nanofiltrationsanlagen unterzubringen. Ein Rückbau der massiven Betonwände der Filter kam aus Kostengründen nicht infrage. Dies wurde auch klar untermauert, als ein Filter zum Rohrkeller umgebaut wurde und Betonwände mit ca. 1,5 m Wandstärke ausgeschnitten bzw. durchbohrt werden mussten, was einen nicht unerheblichen Aufwand darstellte. Um die Anlagenkomponenten unterbringen zu können, montierte man über den Filterwänden eine durchgehende Tragkonstruktion aus statisch bemessenen Stahlträgern. Durch Rückbau der Spülpumpen und Gebläse der alten Anlage konnte Platz für die Verrohrung der Retentatbehandlung sowie für die CIP-Anlage (Abb. 4) und die Antiscalant-Dosiertechnik geschaffen werden.

Die Aufbereitungsziele für die NF-Anlage waren definiert in einer Härte im Bereich 8 bis $10 \text{ }^\circ\text{dH}$ nach Verschneidung sowie eine komplette Entfernung der PFC nach der Anlage bei einer Aufbereitungsleistung von $600 \text{ m}^3/\text{h}$ als Permeat, wobei auch Mengenschwankungen bis ca. 20 % berücksichtigt werden mussten. Die Aufbereitungsleistung wurde auf sechs Racks mit je $100 \text{ m}^3/\text{h}$ Permeatleistung und maximalem Feed von $125 \text{ m}^3/\text{h}$ aufgeteilt. Der Membrantyp wurde durch das TZW pilotiert und festgelegt. Zum Einsatz kamen Module der Fa. Toray, Typ TMH20A-440, welche sich für diese Problematik als gut geeignet zeigten. Aufgrund der nachgeschalteten Retentatbehandlung und der langen Ableitung legte man eine maximale Ausbeute von 80 % fest, um die Gefahr von Auskristallisationen zu minimieren.

Durch die Notwendigkeit, die Anlagen im bestehenden Gebäude mit sehr beschränkten Zugangsöffnungen unterzu-

bringen, konnten keine werkseitig vorgefertigten Membranracks eingesetzt werden. Aus diesem Grunde fiel die Wahl auf die neuartigen Systemdruckrohre der Fa. Knappe Composites, mit denen in Vor-Ort-Montage sehr platzsparende Modulracks erstellt werden konnten. Durch die unter die Tragkonstruktion gelegte Rohwasserzuführung zu den Anlagen und obenliegende Leitungen für Permeat, Retentat und CIP sind die Racks rundum gut zugänglich und damit wartungs- und bedienerfreundlich. Als Feedpumpen wurden vertikale Kreiselpumpen mit bestmöglichem Wirkungsgrad und Betrieb über Frequenzumrichter installiert.

Schaltanlage

Die Installation der Leistungsverteilung und der Schaltanlage für die LPRO-Racks (Abb. 5) erfolgte ebenfalls in der Filterhalle. Die Leistungsverteilung und Schaltanlage für die Entsäuerungs- und die Druckfilteranlagen wurden in einem Zwischengebäude installiert. Beide Schaltanlagen kommunizieren über ein Glasfaserkabel miteinander und können zu 100 % mit dem jeweiligen in der Schaltanlage eingebauten 15"-Touchpanel überwacht und gesteuert werden.

In der Schaltwarte ist zusätzlich ein Remote-Client installiert, der die Kommunikation zur Netzleitstelle über das Fernwirkprotokoll IEC60870-5-104 der Stadtwerke herstellt und somit die Überwachung von der Ferne gewährleistet.

Retentataufbereitung

Die Aktivkohlefilter zur Retentataufbereitung wurden im Außenbereich aufgestellt (Abb. 6). Die wasserrechtliche Genehmigung zur Retentateinleitung erfordert eine strikte Einhaltung der Einleitwerte. Dies gilt ebenfalls für den vorgeschriebenen Antiscalant und dessen Konzentration.

Installiert wurden drei AK-Filter, von denen aber nur maximal zwei gleichzeitig in Betrieb sind. Der dritte Filter wird erst zugeschaltet, wenn ein Filter erschöpft ist. Die über die Filter geleiteten Wassermengen werden ebenso wie die in den Sandbach abgeleiteten Retentatmengen kontinuierlich erfasst und aufgezeichnet. Die Filter sind mit einer Wärmedämmung versehen und mit Anschlussstutzen zum Ausspülen beladener Aktivkohle und zum Einspülen der neuen Kohle ausgerüstet.

Bauzeitenplan

Aufgrund der PFC-Problematik musste die Anlage in einem sehr engen Zeitfenster innerhalb eines halben Jahres realisiert

werden. Hierzu gehörten der Bau der Retentatleitung und die Detailplanung sowie der Bau der Stahlkonstruktion auf die bestehenden Filterbecken ab ca. März 2018, die Detailplanung und Installation der Niederdruck-Umkehrosmoseanlage inklusive Rohrleitungen mit Steuerungstechnik und Dosiertechnik ab April/Mai 2018 und die Inbetriebnahme ab Juli 2018. Dieses sportliche Zeitfenster erforderte höchste Anstrengungen aller Beteiligten sowohl in Planung, Ausführung als auch vor Ort bei der Zusammenführung aller Leistungen. Alle Leistungen wurden termingerecht fertiggestellt und die vorgegebenen Ziele vollständig erreicht, was bei einer Anlage in dieser Größenordnung und mit diesem Schwierigkeitsgrad nicht alltäglich der Fall sein dürfte.

Kosten

Die Investitionskosten für die komplette Niederdruck-Umkehrosmoseanlage mit Retentataufbereitung beliefen sich auf rund 3.250.000 Euro. In diesem Betrag enthalten sind die Kosten für die Anlagentechnik, den Gebäudeumbau, alle Leistungsbaumaßnahmen sowie die Retentataufbereitung. Die Wassergewinnungsanlagen der Stadt Baden-Baden befinden sich nach dieser letzten großen Investition in einem zeitgemäßen und modernen Zustand.

Fazit

Mit der beschriebenen Verfahrenskombination erhalten die Bürger ein Trinkwasser, das enthärtet und nahezu PFC-frei ist. Damit werden PFC nicht nur aus dem Trinkwasser, sondern auch aus der Umwelt nachhaltig entfernt.

Autoren

Peter Riedinger
Stadtwerke Baden-Baden
Waldseestr. 24
76532 Baden-Baden
Tel.: 07221 277-420
peter.riedinger@swbad.de
www.swbad.de

Manfred Brugger
HydroGroup/Hydro-Elektrik GmbH
Angelestr. 48/50
88214 Ravensburg
Tel.: 0751 6009-47
mb@hydrogroup.de
www.hydrogroup.de



Funke Kunststoffe GmbH

Immer eine Idee mehr!

praxisorientiert – flexibel – innovativ

- Kanalrohrsysteme
- Formteile
- Sonderprodukte
- Regenwasserbewirtschaftung

☎ 02388 3071-0

www.funkegruppe.de

