



PRAXIS

Helmut Richter, Abteilungsleiter Planung und Bau
Hessenwasser GmbH & Co. KG

Die Form folgt der Funktion

Die Form folgt der Funktion

Hessenwasser nimmt neues Wasserwerk in Betrieb

Das Grundwasserwerk Allmendfeld bei Gernsheim ist ein wichtiger Baustein der nachhaltigen Wassergewinnung im Hessischen Ried. Durch einen konzeptionell auf die Zukunft ausgerichteten Neubau wurde das in die Jahre gekommene Werk nun ersetzt. Am 22. März 2024 wird die neue Anlage offiziell in Betrieb genommen. Die Wasseraufbereitung erfolgt hier auf konventionelle Weise, indem gelöstes Eisen und Mangan durch Belüftung und Filtration aus dem Grundwasser entfernt werden. Der Neubau ist als vollautomatisiertes Kompaktwasserwerk konstruiert und bringt die Anlage auf den aktuellen Stand der allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Nachhaltige Nutzung der Ressource Grundwasser

Als regionales Trinkwasserversorgungsunternehmen ist Hessenwasser für die Versorgung von rund 2,4 Mio. Menschen in der Rhein-Main-Region verantwortlich. Das entspricht fast 60 % der Bevölkerung in dieser Region. Neben den Städten Frankfurt, Wiesbaden und Darmstadt beziehen über 50 Kommunen ihr Trinkwasser direkt oder mittelbar von Hessenwasser.

Der Klimawandel und die Bevölkerungsdynamik stellen Hessenwasser vor große Herausforderungen, die insbesondere die Wasserverfügbarkeit und den Wasserbedarf der Region betreffen. Denn die Rhein-Main-Region wächst weiter. Allein in der Stadt Frankfurt am Main ist bis zum Jahr 2030 von einem Bevölkerungszuwachs um 17,2 % auszugehen, von 717.600 (2014) auf 841.300 Einwohner (2030) [1]. Für die gesamte Rhein-Main-Region wird mit einem Anstieg um 8,4 % gerechnet. Mit den wachsenden Einwohnerzahlen nimmt auch der Trinkwasserbedarf zu. Auch die Auswirkungen des Klimawandels wie Starkregenereignisse und Überschwemmungen sowie Dürreperioden mit daraus folgenden Versorgungsengpässen sind hinlänglich bekannt. Deshalb gilt es, neben der Berücksichtigung des Bevölkerungswachstums vor allem, die Versorgung klimaresilient aufzustellen. Aus diesem Grund bewirtschaftet Hessenwasser die Ressource Wasser ökologisch und klimaunabhängig durch aktives Grundwassermanagement, indem das Grundwasser mit aufbereitetem Oberflächenwasser angereichert wird. Im Hessischen Ried stellt dies der Wasserverband Hessisches Ried aus der Rheinwasseraufbereitungsanlage in Bibesheim bereit.



Bild 1: Neues Wasserwerk Allmendfeld: Ansicht von Westen auf den vorgelagerten Funktionsteil und die dahinter liegende Aufbereitungshalle.

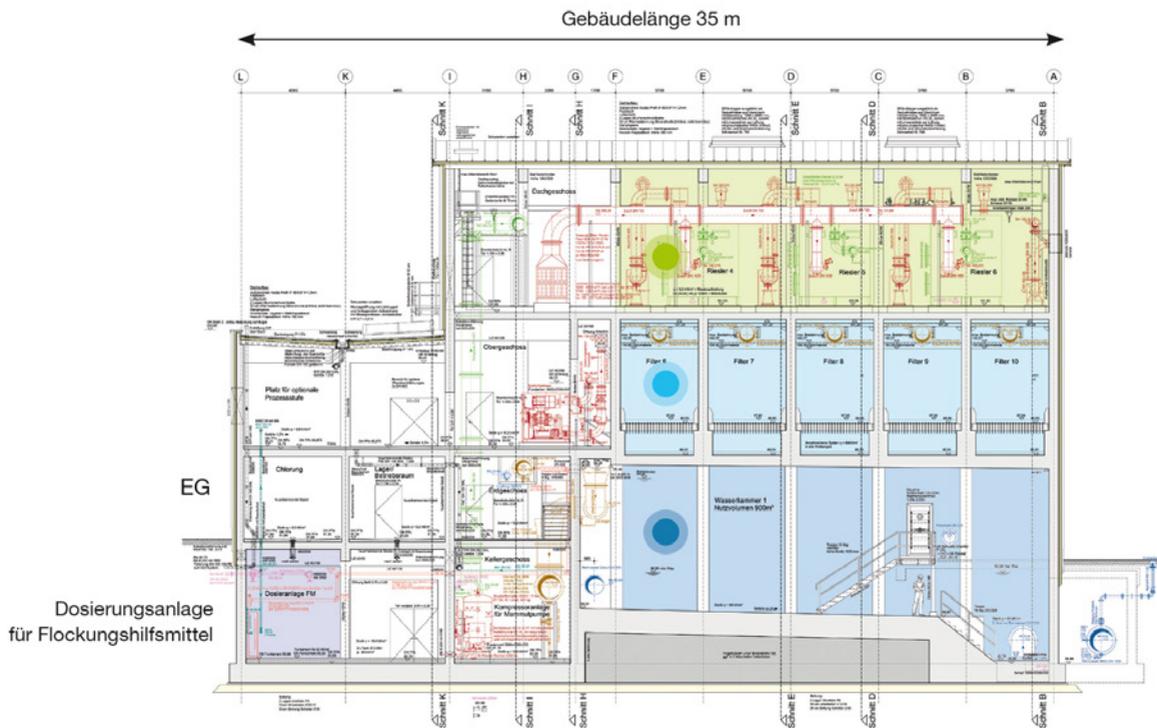
Mittlerweile sind viele Wasserwerke und Transportleitungen im Versorgungsgebiet über 60 Jahre alt. Trotz kontinuierlicher Instandhaltung ist ein kompletter Ersatz in einigen Fällen auch aus Gründen des technischen Fortschritts und strengerer Anforderungen unausweichlich. Unter anderem mit Großprojekten wie dem Bau einer redundanten zweiten Riedleitung und dem Neubau des Wasserwerks Allmendfeld macht Hessenwasser die Infrastruktur der regionalen Wasserversorgung fit für die Zukunft.

Versorgungssicherheit stets im Fokus

Mit einer Kapazität von bis zu 17,8 Mio. m³ Trinkwasser pro Jahr war bereits das alte Wasserwerk Allmendfeld eines der leistungsfähigsten Wasserwerke der Eigengewinnung von Hessenwasser. 1963 im Hessischen Ried errichtet, entstand es in einer Zeit, in der die Wasserversorgung für den Kernraum des Rhein-Main-Gebiets aufgrund des stark gestiegenen Bedarfs nicht mehr zuverlässig gesichert war. Schon seit Mitte der 1950er Jahre wurde daher sowohl auf Landesebene als auch auf Ebene der betroffenen Kommunen und Kreise an Konzepten zur Erhöhung der Versorgungssicherheit gearbeitet. Zu Beginn der 1970er Jahre wurde deutlich, dass die Grundwasserentnahme die natürliche Grundwasserneubildung in Trockenperioden deutlich überstieg. Mit der künstlichen Grundwasseranreicherung durch die Inbetriebnahme der Infiltrationsanlagen des Wasserverbandes Hessisches Ried ab dem Jahr 1990 konnte die Wassergewinnung unabhängig von der natürlichen Grundwasserneubildung ökologisch verträglich gestaltet werden.

Das im Wasserwerk Allmendfeld aufbereitete Trinkwasser wird über ein 27 km langes Teilstück der sogenannten Riedleitung, einer 35 km langen Transportleitung (DN 1000 beziehungsweise DN 1300), in eine 40.000 m³ fassende Trinkwasserbehälteranlage nach Rüsselsheim-Haßloch transportiert. Von dort aus geht es über eine Druckerhöhungsanlage in die großen Bedarfsräume der Region und weit darüber hinaus bis in die Kommunen des Main-Taunus- und Rheingau-Taunus-Kreises.

Im August 2019 begannen die Vorbereitungen für den Bau des neuen Grundwasserwerks am Standort Gernsheim-Allmendfeld. Der Neubau dient als Ersatz für die Bestandsanlage und war sowohl aus technischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen alternativlos, da die Aufbereitung in dem sanierungsbedürftigen Gebäude nicht mehr den Anforderungen des technischen Regelwerks entsprach. Dank der kompakten Bauweise und der geschickten Taktung des Bauablaufs war es möglich, das neue Wasserwerk auf



**VERFAHRENSSCHRITT:
BELÜFTUNG**
2-strahlig mit je 3 Rieslern
(Oxidation von Eisen und Mangan)



**VERFAHRENSSCHRITT:
FILTRATION**
2-strahlig mit je
5 geschlossenen Sandfiltern



**VERFAHRENSSCHRITT:
WASSERSPEICHERUNG**
2 Reinwasserkammern
je 900 m³

Bild 2: Schematische Darstellung der Verfahrenstechnik im Längsschnitt des neuen Kompaktwasserwerkes Allmendfeld.

dem Betriebsgelände in unmittelbarer Nähe der Bestandsanlage zu errichten (Bild 1). Dies war für die technische Anbindung an die bestehenden und künftig weiterhin genutzten Roh- und Reinwasserleitungen von großem Vorteil, da eine Außerbetriebnahme der Altanlage vor Inbetriebnahme des neuen Werks aus Gründen der Versorgungssicherheit ausgeschlossen war.

Zentrale Aspekte des Neubaus waren neben der Nachhaltigkeit die Steigerung der Energieeffizienz und die Optimierung der Prozesse. Konsequenterweise wurde das Ziel verfolgt, zukunftsfähig zu planen und zu bauen.

Umfangreiche Voruntersuchungen

Der Entscheidung für einen kompletten Neubau am gleichen Standort gingen umfangreiche Untersuchungen voraus. Im Rahmen einer Bestandsaufnahme wurde der Ist-Zustand der Bau-, Anlagen- und Elektrotechnik, der Module der Aufbereitungsanlage, Transportpumpen, Wasserbehälter sowie Absetzbecken und Trockenbeete festgestellt. Der ermittelte Zustand wurde anschließend im Hinblick auf die Verwendungsmöglichkeiten der einzelnen Komponenten in einem Neukonzept bewertet und detailliert dokumentiert. Im anschließenden Vorentwurf wurden auf dieser Grundlage alle notwendigen Maßnahmen für einen kompletten Neubau und alternativ für einen möglichen Umbau, Teilneubau oder eine Grundinstandsetzung der bestehenden Module beschrieben. Abschließend erfolgte ein kritischer Variantenvergleich auf Basis

technischer und wirtschaftlicher Kriterien. Als Ergebnis stellte sich ein kompletter Neubau in kompakter, integrierter Bauweise mit Aufbereitungsanlage, Wasserbehälter, Transportpumpen und den zugehörigen Elektroanlagen zur Vollautomatisierung im Nordosten des Wasserwerksgeländes als Vorzugslösung heraus. Neben dem Erreichen der Aufbereitungsziele spielte bei der Konzeption des neuen Wasserwerks die energetische Optimierung eine wesentliche Rolle. Der Verfahrensablauf wurde so gestaltet, dass im gesamten Prozess kein Energieeintrag für das Fördern des Wassers zwischen den einzelnen Aufbereitungsprozessen notwendig ist. Ausgehend von den bereits energetisch optimierten Unterwassermoterpumpen in den 15 Brunnen wird das Wasser zu den Rieslerzuläufen als höchstem Punkt im neuen Wasserwerk gefördert. Von dort fließt es mithilfe der Schwerkraft durch die einzelnen Verfahrensschritte bis zu den Reinwasserpumpen, die den Wassertransport rund um die Uhr bis zur ca. 27 km entfernten Behälteranlage in Rüsselsheim-Haßloch sicherstellen.

Besonderes Augenmerk auf Energieeffizienz

Da die Transportpumpen mit einem Anteil von deutlich über 90 % am Gesamtstrombedarf die Hauptstromverbraucher im neuen Werk darstellen, wurde hier ein besonderes Augenmerk auf die Energieeffizienz gelegt. Sowohl bei der Pumpenhydraulik als auch bei der elektrischen Antriebstechnik wurden unter Zugrundelegung des Lastprofils im Rahmen der EU-weiten Ausschreibung die

VERFAHRENSCHRITT: BELÜFTUNG
 2-straßig mit je 3 Rieslern
 (Oxidation von Eisen und Mangan)

VERFAHRENSCHRITT: FILTRATION
 2-straßig mit je
 5 geschlossenen Sandfiltern

VERFAHRENSCHRITT: WASSERSPEICHERUNG
 2 Reinwasserkammern
 je 900 m³

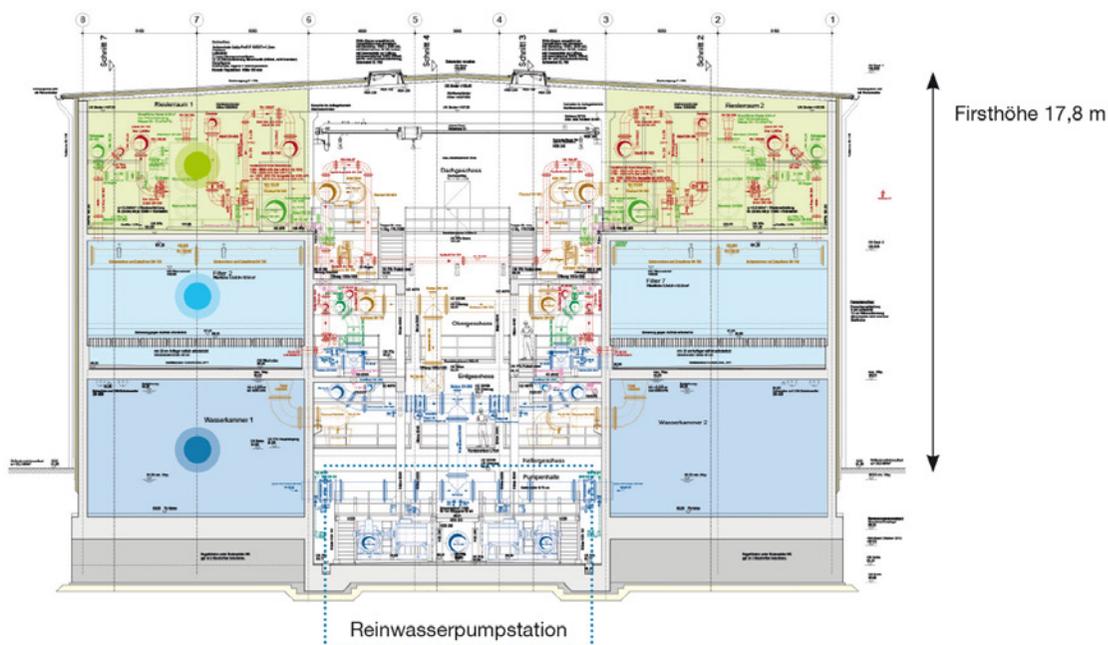


Bild 3: Schematische Darstellung der Verfahrenstechnik im Querschnitt des neuen Kompaktwasserwerkes Allmendfeld.

maximal am Markt verfügbaren Wirkungsgrade abgefragt und entsprechende Aufträge an die Bestbietenden erteilt. In dieser Ausschreibung wurde auch schon die geplante zweite, parallel verlaufende Riedleitung berücksichtigt. Die Pumpen mussten somit bereits für das sich ändernde hydraulische Gesamtsystem ausgelegt werden. Unter anderem auch bei der rohrtechnischen Gestaltung des komplexen Werksausgangs, in dem die einzelnen Druckleitungen der drei Transportpumpen sowie zwei Nachsaugleitungen zusammengeführt und dann wieder auf die bestehende und zukünftig zweite Riedleitung aufgeteilt werden, wurden mit Hilfe von Modellrechnungen minimale hydraulische Verluste erreicht. Zudem wird eine PV-Anlage auf dem Dach des neuen Kompaktwasserwerkes die Energiekosten reduzieren.

Funktion wird Architektur

Die gesamte neue Wasseraufbereitungsanlage besteht aus dem Wasserwerk, den Absetzbecken und den Trockenbeeten. Zentrales Element ist das Wasserwerk, das durch seine kompakte Bauweise auffällt. Die Besonderheit liegt im Aufbau. In der alten Anlage durchlief das gewonnene Grundwasser die einzelnen Aufbereitungsprozesse horizontal. Dabei waren die technischen Anlagenteile hintereinander aufgebaut und von einer Hallenkonstruktion umbaut. Nach der Aufbereitung musste das Trinkwasser noch insgesamt einen Weg von 170 m zurücklegen, bevor es durch den Wasserbehälter und über die Transportpumpen in die Riedleitung

gelangte. Im neuen Wasserwerk sind die einzelnen Verfahrensstufen übereinander angeordnet (**Bild 2** und **Bild 3**). Das Grundwasser durchläuft die Prozesse nun vertikal. Dabei bildet jede Verfahrensstufe einen Teil des Gebäudes. Es wurde also nicht ein Gebäude errichtet und die einzelnen Anlagenteile integriert, sondern die einzelnen Anlagenteile bilden in Summe das gesamte Gebäude. Die geschlossenen Beton-Druckfilter sind als zentrale Elemente oberhalb der Wasserbehälter angeordnet. Auf der Deckenkonstruktion der Filter befindet sich die Gegenstrombelüftung in Form von Rieslern (**Bild 4**). Zwischen den Wasserbehältern im Kellergeschoss liegt mittig die Maschinenhalle und oberhalb dieser sind an den Filterstirnwänden Bediengänge angeordnet, um die Filterverrohrung und die Armaturen zu erreichen. Im Funktionsteil des Gebäudes sind unter anderem die Elektro- und die elektrische Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (EMSR-Technik), die Flockungsmittelanlage sowie die Leitwarte untergebracht. Bis auf den oberirdischen Funktionsteil wurde die Konstruktion vollständig aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton), hergestellt, der im normalen Geschossbau zur Abdichtung von Kellergeschossen gegen Grundwasser eingesetzt wird. Da die Filter und Wasserbehälter innen komplett trinkwasserberührte Oberflächen aufweisen, waren bei der Planung und Bauausführung die umfangreichen Anforderungen aus der DVGW-Arbeitsblattreihe W 300 zu berücksichtigen. Im Falle der Beton-Druckfilter, deren (theoretischer) Wasserspiegel über der Filter-Deckenplatte liegt,

müssen die Fugenkonstruktionen der Betonbecken einem besonders hohen Wasserdruck standhalten. Zudem erfordern auch die Fugen zwischen Wänden und Deckenplatte mit Blick auf die Dichtheit eine ganz spezielle Konstruktion.

Zu beachten waren auch die hydrogeologischen Randbedingungen: Der sehr hohe Grundwasserstand in Verbindung mit stark wasserdurchlässigen Böden und strengen ökologischen Auflagen zur Limitierung der Grundwasserentnahme machten eine einfache Wasserhaltung, bei der das Grundwasser in der Baugrube im notwendigen Umfang für das Bauvorhaben abgesenkt wird, nicht möglich. Vielmehr musste ein sehr kleinteiliges Konzept zur Herstellung der unterirdischen Betonbauteile entwickelt werden. So wurden nacheinander verschiedene kleine und tiefe oder größere und flache Bereiche trockengelegt, um die jeweiligen Bauteile in Ortbeton herzustellen. Dafür war teilweise sogar die konstruktive und statische Anpassung der Betonkonstruktionen an die Wasserhaltungstechnologie erforderlich.

Moderne Verfahrenstechnik sorgt für Einhaltung der Grenzwerte

Das Rohwasser des Wasserwerks Allmendfeld ist Grundwasser mit geogen bedingt hohen Eisen- und Mangankonzentrationen, die typisch sind für die Grundwasserleiter im Tertiär des Oberrheingrabens. Das generelle Aufbereitungsziel, die sichere Unterschreitung der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und der noch niedrigeren Zielkonzentrationen gemäß DVGW-Regelwerk, ist daher verfahrenstechnisch vor allem für Eisen und Mangan relevant. Deshalb wurde ein Sauerstoffeintrag in das Rohwasser mit anschließender Eisen (II)- und Mangan (II)-Filtration über inertes Filtermaterial entsprechend der Anforderungen des DVGW-Regelwerkes vorgesehen.

Die Belüftung muss so viel Luftsauerstoff in das Rohwasser eintragen, dass die im reduzierten Grundwasser gelösten Eisen- und Manganverbindungen sicher oxidiert und gegebenenfalls noch vorhandene Spuren sauerstoffzehrender Substanzen (Ammonium, Methan, Schwefelwasserstoff) entfernt werden können. Der stöchiometrische Sauerstoffbedarf für die Oxidation der gelösten Wasserinhaltsstoffe wurde nach DVGW-Arbeitsblatt W 223-1 (Tabelle A.1) für folgende Konzentrationen der Rohwasserinhaltsstoffe berechnet: Eisen 3,45 mg/l, Mangan 0,28 mg/l und Ammonium 0,24 mg/l. Zur Sicherstellung des Aufbereitungsprozesses wurde zusätzlich ein Sauerstoffüberschuss nach der Filtration von 3 mg/l angesetzt. Nach der Berechnung ergibt sich ein Sauerstoffbedarf von rd. $1,4 \text{ mg/l} + 3,0 \text{ mg/l} = 4,4 \text{ mg/l}$. Die Luft wird im neuen Wasserwerk über Unterdruckriesler zugeführt. Hierbei wird das Grundwasser über Lochbleche verrieselt und im Gegenstrom wird mit Hilfe eines Ventilators gefilterte Außenluft von unten nach oben durch den Riesler gezogen. Für die Bemessung der Riesler wurde auf der Grundlage von Erfahrungswerten eine Flächenbelastung von ca. 60 bis 70 $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \times \text{h})$ gewählt. Für die maximale Aufbereitungsleistung von 3.000 m^3/h war somit eine Rieslergrundfläche von rd. 42 bis 50 m^2 zu veranschlagen. Insgesamt wurden sechs Riesler mit einer Fläche von je 8,33 m^2 vorgesehen, sodass der Maximaldurchfluss auch mit fünf Rieslern (Redundanz n-1) noch sicher belüftet wird.



Bild 4: Blick ins Innere der Aufbereitungsanlage: Ebene der Riesler (oben links und rechts hinter den großen Rohrleitungen zu sehen) und Filterzuläufe

Das so mit Sauerstoff angereicherte Grundwasser gelangt anschließend über eine in DN 1000 dimensionierte Verteilerleitung in insgesamt zehn geschlossene, überstaute und mit Quarzsand gefüllte Betonfilter. Hier werden gelöstes Eisen und Mangan durch mikrobiologische Prozesse in deren partikuläre Oxidhydrate oxidiert, die dann wiederum im Porenraum des eingebauten Filtersandes mit einer Körnung von 1,0 bis 1,6 mm zurückgehalten werden. Auf Grundlage des DVGW-Arbeitsblatts W 223-2 sowie Erfahrungswerten wurde die Filterbetthöhe mit 3,0 m bemessen und diese auf einer 0,15 m mächtigen Stüttschicht aufgebracht. Die maximale Filtergeschwindigkeit wurde mit 9 bis 10 m/h angesetzt, sodass sich mit einer maximalen Aufbereitungskapazität von 3.000 m^3/h eine erforderliche Filterfläche zwischen 300 und 333 m^2 ergibt. Errichtet wurden zehn Filter von je 3,3 m Breite und 9,8 m Länge mit einer Gesamtfilterfläche von 323,40 m^2 . Hieraus ergeben sich bei Vollast im Normalbetrieb Filtergeschwindigkeiten von 9,3 m/h. Zur Regeneration der Filter wird eine dreiphasige Spülung mit Luft, Luft/Wasser und Wasser eingesetzt. Während einer Filterspülung wird der Rohwasservolumenstrom auf die anderen neun Filter verteilt, wobei sich die Filtergeschwindigkeit auf 10,3 m/h erhöht. Das Filtrat befindet sich innerhalb des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts tendenziell im Calcit abscheidenden Bereich und muss daher nicht weiter behandelt werden. Für etwaige zukünftige Änderungen der Rohwasserbeschaffenheit oder möglicherweise hinzukommende Aufbereitungsstufen wurden bereits Platzreserven für eine Nachentsäuerungsanlage vorgesehen.

Aufgrund der stets einwandfreien mikrobiellen Rohwasserbeschaffenheit kann das Reinwasser ohne Desinfektion ins Trinkwassernetz eingespeist werden. Bei Bedarf ist aber der kurzfristige Anschluss einer mobilen Desinfektionsanlage möglich.

Das bei der Filterspülung anfallende Schlammwasser wird direkt auf dem Gelände des Wasserwerks behandelt. Dazu wird es über entsprechend groß dimensionierte Freigefälleleitungen DN 700 in das Absetzbecken geleitet. Vorgeschaltet ist ein Tiefsandfang, um eventuell ausgetragenen Filtersand zu separieren. Das Absetzbecken besteht aus zwei rechteckigen Betonbecken mit Schildlängsräumern. Die Becken werden im Normalfall abwechselnd beschickt. Nach einer Sedimentationszeit

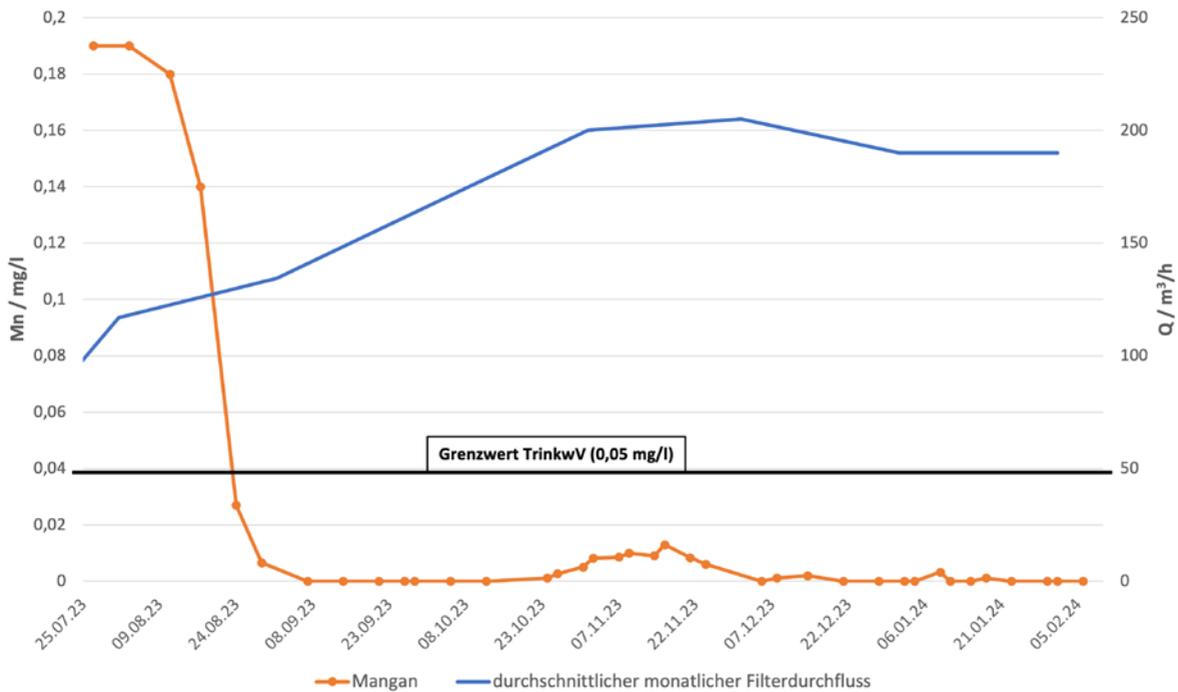


Bild 5: Entwicklung der Mangankonzentrationen (orange) über die Filterlaufzeit.

von mindestens zwölf Stunden erfolgt der Klarwasserabzug über Dekanter in einen nahe gelegenen Versickerungsgraben im freien Gefälle. Mit den Schildlängsräumern wird der abgesetzte Schlamm zur Voreindickung periodisch in trichterförmige Vertiefungen (Schlammtaschen) am Ende der Absetzbecken gezogen. Aus diesen Taschen wird der voreingedickte Schlamm in regelmäßigen Abständen in eines der beiden Trockenbeete, als abschließender Schritt der Schlammbehandlung, gepumpt.

Anlage schrittweise in Betrieb genommen

Für die nach knapp vier Jahren Bauzeit anstehende Einfahrphase stand Rohwasser nur sehr begrenzt zusätzlich zum laufenden Betrieb des bestehenden Wasserwerkes zur Verfügung. Daher wurden in kleinen Schritten die einzelnen Riesler, Filter, Wasserbehälter und Pumpen sukzessive in Betrieb genommen. Das Konzept zur Inbetriebnahme unterschied dabei zwischen dem „hygienischen“ und dem „verfahrenstechnischen“ Einfahrbetrieb. Während des hygienischen Einfahrbetriebs musste das Wasser bis zur Freigabe durch Abschlagen in den Versickerungsgraben verworfen werden. Während des nachfolgenden verfahrenstechnischen Einfahrbetriebs konnte das in der neuen Anlage aufbereitete Wasser über eine Interimsverbindung als Rohwasser im Bestandswasserwerk genutzt werden und ging somit nicht verloren. So gelang es – auch dank der eher moderaten Witterungsverhältnisse im Sommer 2023 – im Zeitraum Juni bis August alle Komponenten des neuen Wasserwerks in Betrieb zu nehmen. Nachdem die vollständige Enteisung erwartungsgemäß schon nach wenigen Tagen nachgewiesen werden konnte, waren anschließend auch bei der Entmanganung vergleichsweise zügige Erfolge zu verzeichnen. Nach ca. sechs bis acht Wochen Filterlaufzeit hatte sich in nahezu allen Filtern der für die Entmanganung wirksame Biofilm ausgebildet, und der Grenzwert für

Mangan gemäß TrinkwV wurde sicher unterschritten (**Bild 5**). Dank dieser zügigen verfahrenstechnischen Einfahrphase konnten das neue Wasserwerk am 1. Dezember 2023 ans Netz gehen und die Bestandsanlage abgeschaltet werden. Seitdem steht die neue Anlage wasseranalytisch unter besonderer Beobachtung und es werden kontinuierlich weitere Prozessoptimierungen vorgenommen.

Bereit für die Zukunft

Das neue Grundwasserwerk Gernsheim-Allmendfeld ist ein zentrales Element in der Bereitstellung des Trinkwassers für die Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main. Dank eines modernen Planungskonzepts und einer nachhaltigen Ausstattung, wie z. B. Photovoltaik-Anlagen und begrünten Fassaden, wurden sowohl wirtschaftliche als auch ökologische Gesichtspunkte berücksichtigt. Damit hat Hessenwasser ein zukunftsweisendes Projekt realisiert, bei dem Funktion und Technik der Wasseraufbereitung und -behandlung modernsten Anforderungen genügt. Gleichzeitig wurde eine Anlage gebaut, bei der die Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung die Architektur des Baukörpers maßgeblich beeinflusst hat. Das Ergebnis ist eine kompakte, bedienungsfreundliche und energieeffiziente Lösung, mit der die Geschichte einer nachhaltigen Wassergewinnung und zuverlässigen Trinkwasserversorgung im Hessischen Ried fortgeschrieben wird.

Literatur:

- [1] Hessisches Statistisches Landesamt, Statistische Berichte: „Bevölkerung in Hessen 2060 – Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Hessen bis 2030“, Wiesbaden (Februar 2016).

Autor:

Helmut Richter, Abteilungsleiter Planung und Bau
Hessenwasser GmbH & Co. KG