

Komplexer Umbau im laufenden Wasserwerksbetrieb

Das unmittelbar am Rhein gelegene Wasserwerk Schierstein in Wiesbaden wurde in den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts mit einem sehr komplexen, mehrstufigen Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung ausgestattet. Beginnend mit der Entnahme aus der fließenden Welle des Rheins wurde das Flusswasser zunächst im Rheinwasseraufbereitungswerk aufbereitet. Das gereinigte Oberflächenwasser wurde infiltriert und nach einer Untergrundpassage über zahlreiche Flachbrunnen entnommen und im Grundwasseraufbereitungswerk erneut aufbereitet. Vor dem Hintergrund anstehender Reinvestitionen an den bestehenden Anlagen und aufgrund der aufwändigen und betriebskostenintensiven Aufbereitungsverfahren wurde im Rahmen einer Neukonzeption des Gesamtversorgungssystems im Raum Wiesbaden auch die Wasseraufbereitung in Schierstein durch die Hessenwasser, den heutigen Betreiber, grundsätzlich neu bewertet. Als Folge daraus stehen in den bestehenden Anlagen im Wasserwerk Schierstein aktuell diverse Umbaumaßnahmen an, die alle im laufenden Wasserwerksbetrieb ausgeführt werden müssen.

Das Wasserwerk Schierstein

Das Wasserwerk Schierstein befindet sich auf einem Gelände im Südwesten der Stadt Wiesbaden im Stadtteil Schierstein und wird im Süden unmittelbar durch den Rhein begrenzt (**Bild 1**). Auf dem Wasserwerksgelände ist neben der Wasseraufbereitung auch die Wassergewinnung angeordnet, sodass große Teile des Wasserwerksgeländes als Wasserschutzgebietszone 1 ausgewiesen sind.

In der Vergangenheit wurde im Wasserwerk Schierstein, welches sich aus verschiedenen Anlagenteilen zusammensetzt, Flusswasser aus dem Rhein in einem sehr komplexen und aufwendigen Verfahren zu Trinkwasser aufbereitet.

In dem Rheinwasseraufbereitungswerk (RAW) wurde zunächst das Flusswasser aufbereitet, welches anschließend ebenfalls auf dem Wasserwerksgelände wieder in den Untergrund infiltriert wurde. Nach einer Untergrundpassage wurde das Wasser über eine Galerie von über 40 Flachbrunnen erneut gefasst und einer weiteren Aufbereitung in dem Grundwasseraufbereitungswerk (GAW) zugeführt. Das GAW setzt sich wiederum aus

zwei Anlagenteilen zusammen, der Grundwasseraufbereitungsanlage (GAA) und den Langsandsfiltern (LSF).

Im ersten Schritt der Neukonzeption wurde die Flachbrunnengalerie 2012/2013 durch zwei neu errichtete Horizontalfilterbrunnen ersetzt. Hierdurch konnte unter anderem der Energiebedarf in der Wassergewinnung um 75 % reduziert werden. Im zweiten Schritt wurde 2016 eine neu verlegte Verbundleitung DN 500 zwischen den Versorgungssystemen der Stadtwerke Mainz und der Hessenwasser in Wiesbaden in Betrieb genommen. Der Wasserbezug aus Mainz ist vertraglich auf jährlich maximal 6,0 Mio. m³ ausgelegt. Der Bezug ist eine wichtige Voraussetzung für die Neuausrichtung des Wasserwerks Schierstein als reines Grundwasserwerk. Es wird zukünftig – aufgrund der fehlenden Infiltration – mit einer verminderten Kapazität von rund 3,6 Mio. m³ pro Jahr betrieben werden. Zusammen mit dem Bezug aus Mainz ist die Mengenbilanz für eine sichere Trinkwasserversorgung der Landeshauptstadt Wiesbaden unverändert.

Dem Konzept folgend wurde zwischenzeitlich auch das RAW mit der Flusswasseraufbereitung außer Betrieb genommen, so-



Bild 1: Wasserwerk Schierstein im Südwesten der Stadt Wiesbaden



Bild 2: Technische Ausrüstung in der Grundwasseraufbereitungsanlage (GAA)

Tabelle: Rohwasserqualität

Inhaltsstoff		Analyse vom 09.03.2016	erwartete Maximalkonzentration	Worst-Case-Szenario
Ammonium	[mg/l]	0,908	1,25 – 1,5	2
Eisen, gesamt	[mg/l]	0,107	1 – 2	3
Mangan	[mg/l]	0,49	1	1,5
Arsen	[mg/l]	0,0036	0,006 – 0,008	0,015
Calcitlösekapazität	[mg/l]	4	0 – 5	10
PSM			zeitweise in Spuren	

das aktuell auf dem Wasserwerksgelände vorwiegend Grundwasser gefördert und im GAW aufbereitet wird. Das GAW wird dabei unverändert mit folgender Aufbereitungstechnik betrieben: Nach einer Belüftung erfolgen eine Dosierung von Pulveraktivkohle und anschließend eine Filtration. Dabei durchströmt das Wasser sogenannte ReFiFloc-Filter, die mit Polystyrol-Kugeln als Filtermaterial ausgestattet sind. Die Durchströmung der Filter erfolgt von unten nach oben, sodass das Wasser im Aufbereitungsprozess zwischengepumpt werden muss. Nach der Filtration ist eine Nachbelüftung angeordnet, bevor das Filtrat auf die außerhalb der GAA gelegenen Langsandsfilter gelangt. Von dort fließt das aufbereitete Trinkwasser in zwei innerhalb der GAA angeordnete Reinwasserkammern und wird über eine Pumpstation in das Versorgungsnetz abgegeben (**Bild 2**).

Vor dem Hintergrund der damals vorgesehenen Abschaltung der Infiltrationsanlagen wurde von Hessenwasser im Rahmen der Neukonzeptionierung der Wasseraufbereitung ein Ingenieurwettbewerb initiiert mit der Aufgabe, ein auf die neue Situation angepasstes Aufbereitungsverfahren für das Grundwasserwerk zu entwickeln. Dabei war der Bestand möglichst in das Konzept zu integrieren und dennoch ein betriebskosten- und insbesondere energieoptimiertes System zu planen.

Anforderungen an die neue Wasseraufbereitung

Insgesamt sollen zukünftig im Wasserwerk Schierstein täglich etwa 10.000 m³ Grundwasser zu Trinkwasser aufbereitet werden. Auf die Entnahme des Flusswassers, und damit den Betrieb des RAW und der LSF, soll vollständig verzichtet werden. Das Werk soll als Grundlastwerk mit einer Aufbereitungsleistung von rund 420 m³/h betrieben werden. Verbrauchsspitzen sollen demnach durch die Aufbereitung nicht abgedeckt werden.

Das zukünftig aufzubereitende Rohwasser weist erhöhte Gehalte an Eisen, Mangan und Ammonium auf, auch die Calcitlösekapazität ist relativ hoch (siehe Tabelle). Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass mit dem Auftreten von Spurenstoffen gerechnet werden muss.

Von Hessenwasser wurde für die Auslegung der neuen Aufbereitung auf der Grundlage von aktuellen Wasseranalysen und Grundwasserströmungsmodellierungen ein Worst-Case-Szenario entwickelt, um auch mögliche Entwicklungen in der Wasserqualität berücksichtigen zu können.

Als Aufbereitungsziele wurden folgende Randbedingungen festgelegt: Grundsätzlich muss durch das neue Verfahren die Einhaltung aller Grenzwerte der TrinkwV gewährleistet werden. Ergänzend dazu sollen die DVGW-Empfehlungen für Eisen (< 0,02 mg/l) und Mangan (< 0,01 mg/l) im Regelbetrieb eingehalten werden.

Durch die CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH (CAH) wurde basierend auf diesen Forderungen in dem Ingenieurwettbewerb ein innovatives und energieoptimiertes Umbaukonzept für das Wasserwerk Schierstein entwickelt, das auch die Verantwortlichen von Hessenwasser überzeugen konnte. Ein wesentlicher Bestandteil des Konzeptes der CAH war dabei der Ansatz, möglichst viele vorhandene Anlagen- und Bauteile der GAA in das neue Konzept zu integrieren, um damit die Investitionskosten zu minimieren. Die CAH wurde daraufhin mit der weiteren Planung der Umbaumaßnahmen beauftragt.

Auswahl der neuen Aufbereitungstechnik

Die einzelnen Verfahrensschritte in der GAA werden auch in dem neuen Konzept der CAH grundsätzlich beibehalten. Auch zukünftig wird es eine offene Vorbelüftung, eine Filtration (Enteisenung, Entmanganung, Nitrifikation), eine Adsorptionsstufe (Aktivkohle), eine Nachentsäuerung (bisher Nachbelüftung) und eine Desinfektion geben (**Bild 3**).

Vorbelüftung: Die Anforderungen an die Vorbelüftung bestehen in einem ausreichenden Sauerstoffeintrag für die Oxidationsprozesse der Enteisenung, Entmanganung und Nitrifikation sowie in der Ausgasung von Störgasen wie Methan. Für den Einsatzfall im Wasserwerk Schierstein kommen nach dem Umbau drei Riesler als typische Gegenstromapparate zum Einsatz.

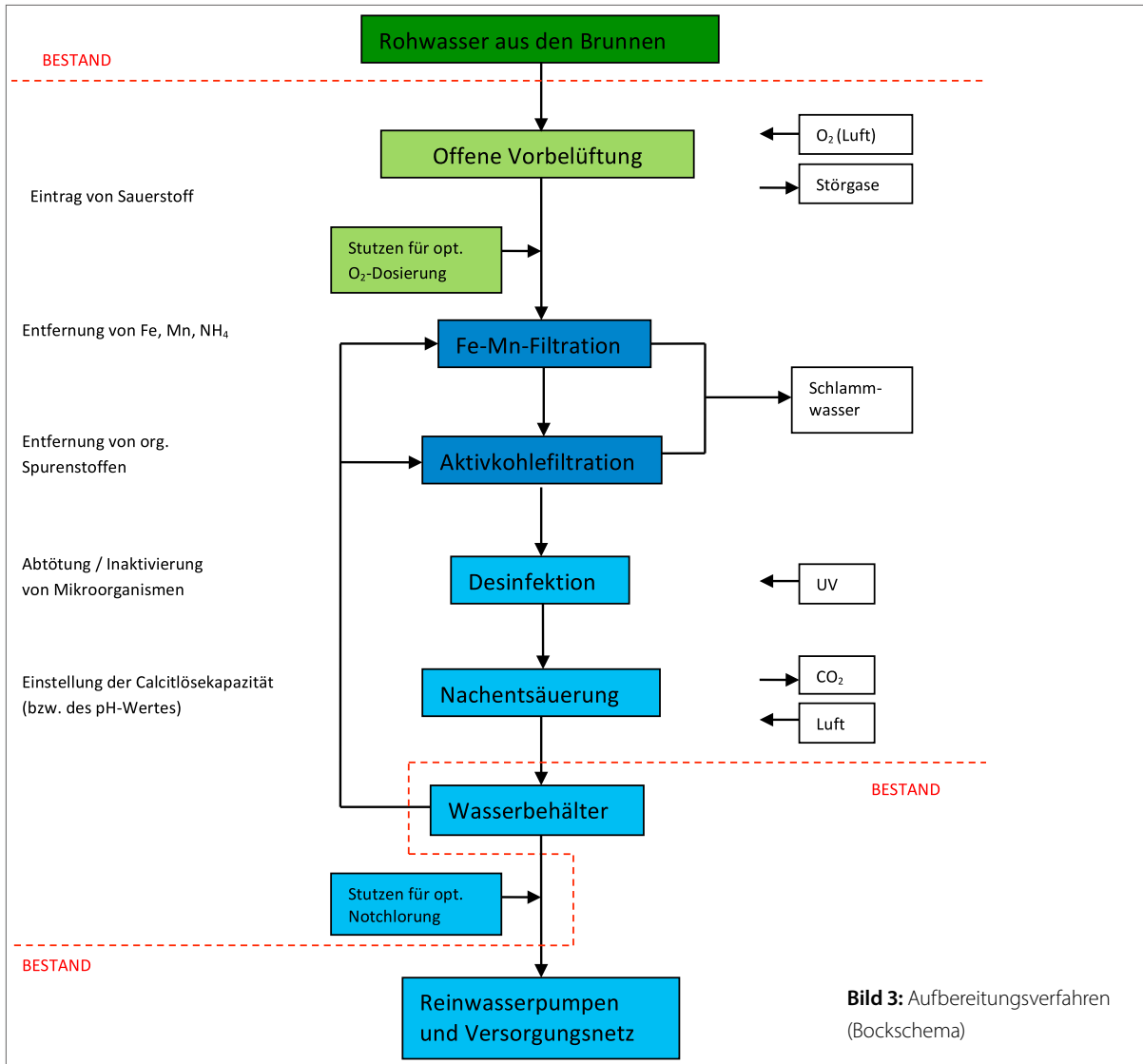


Bild 3: Aufbereitungsverfahren (Bockschema)

Filtration: Im Rahmen der Filtration muss auch zukünftig das im Rohwasser gelöste Eisen, Ammonium sowie Mangan zurückgehalten werden. Die drei Filter sollen zukünftig als konventionell betriebene Filter (von oben nach unten durchströmt) ausgeführt werden. Als Filtermaterial kommt ein Quarzsand, angepasst an die Rohwasserqualität und die hydraulischen Gegebenheiten, zum Einsatz. Zusätzlich dazu werden zwei Aktivkohlefilter, als zweite Filterstufe bzw. Sicherheitsstufe für die Adsorption von Spurenstoffen, vorgesehen.

Desinfektion: Nach der Filtration wird das Wasser mittels zwei UV-Anlagen physikalisch desinfiziert. Für den Notfall wird zusätzlich eine Dosierstelle für den Anschluss einer mobilen Notchlorung (chemisches Desinfektionsverfahren mit Depotwirkung im Hinblick auf die Wasserverteilungsanlagen / das Versorgungsnetz) montiert.

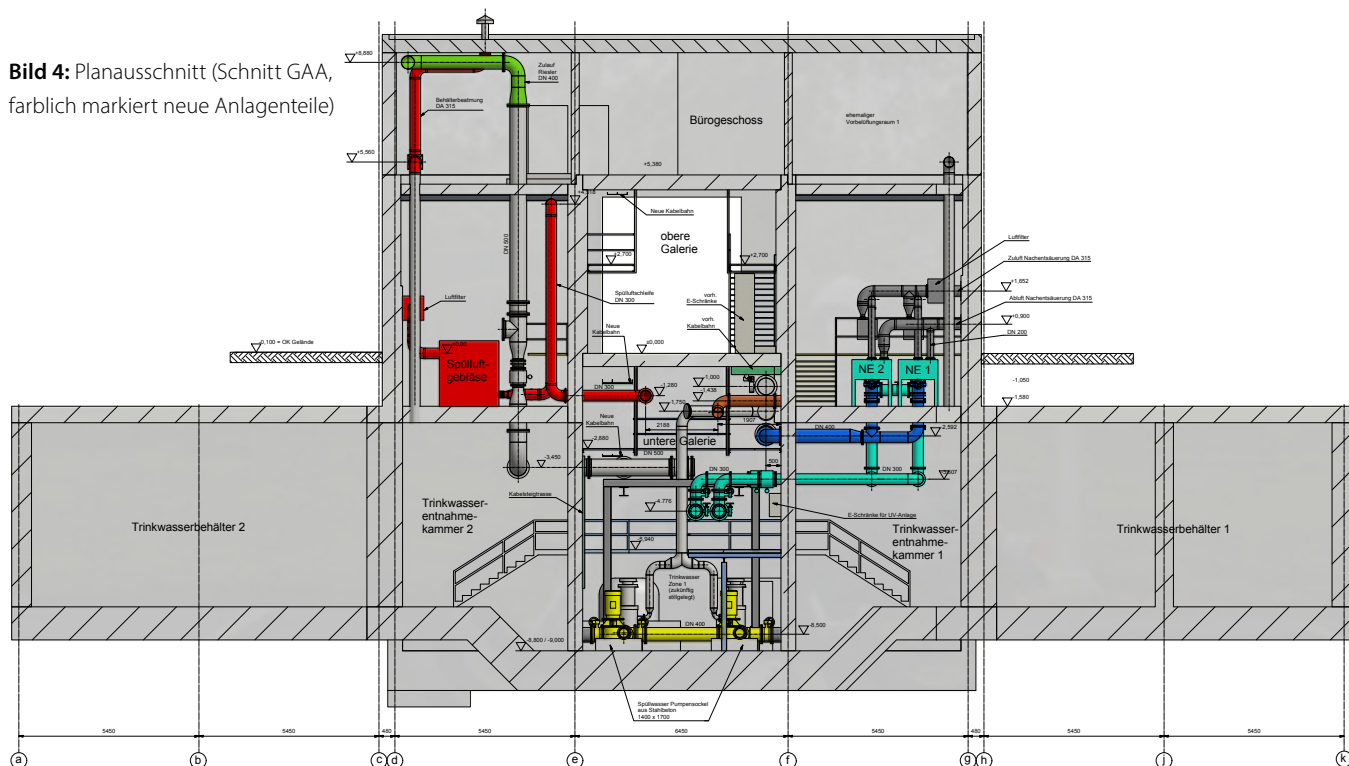
Nachentsäuerung: Das über die beiden Filterstufen aufbereitete und desinfizierte Rohwasser muss abschließend entsäuert werden, da insbesondere durch die Oxidationsprozesse der Enteisung, Entmanganung und Nitrifikation die Calcitlösekapazität ansteigt. Es ist eine physikalische Nachentsäuerung vorgesehen, zum Einsatz kommen zwei Flachbettbelüfter.

Steuerungskonzept

Auf der Basis der neuen Verfahrens- und Anlagentechnik war auch das Steuerungskonzept der Aufbereitungsanlage neu zu planen. Das Wasserwerk Schierstein wird zukünftig vollautomatisch betrieben werden, sodass an relevanten Punkten elektrische Stell- oder Regelantriebe sowie elektronische Messgeräte vorgesehen sind. Aus Redundanzgründen wird das Werk mindestens zweistraßig aufgebaut.

Im Bereich der Vorbelüftung findet eine Gleichverteilung des Rohwassers im Zulauf zu den drei Rieslern statt. Da jedem Riesler genau ein Sandfilter zugeordnet ist, erfolgt im Bereich der ersten Filterstufe keine weitere Regelung. Durch eine entsprechende Anordnung der Filterablaufverrohrung ist sichergestellt, dass die Filter im Regelbetrieb nicht leer laufen können. Die Filterabläufe der drei Sandfilter werden in einer Sammelleitung zusammengefasst und gelangen ohne Zulaufregelung auf die beiden Aktivkohlefilter. Die Abläufe der Aktivkohlefilter werden mittels Druckmessung im Filterablauf und Ringkolbenventil geregelt. Nach einer Zusammenführung des Filtrats in einer Sammelleitung, erfolgt die erneute Aufteilung auf zwei Straßen zur Desinfektion und Nachentsäuerung.

Bild 4: Planausschnitt (Schnitt GAA, farblich markiert neue Anlagenteile)



Erforderliche Umbaumaßnahmen im Wasserwerk

Zur Umsetzung des neuen Aufbereitungskonzeptes werden diverse Rückbau- und Umbaumaßnahmen in der GAA erforderlich. Diese umfassen das Bauwerk und auch die technische Ausrüstung (Anlagen- und E/MSR-Technik), wobei die vorhandene Anlagentechnik im Wesentlichen umgebaut und ergänzt und die E/MSR-Technik vollständig neu aufgebaut wird (**Bild 4**).

Da alle Arbeiten im laufenden Betrieb ausgeführt werden müssen, wird auch der Einsatz von Provisorien notwendig. Nur so kann auch während der Umbaumaßnahmen immer mindestens die Hälfte des Wasserwerkes in Betrieb bleiben und die Versorgungssicherheit gewährleistet werden.

Energetische Optimierung der Aufbereitung

Im Rahmen der Planungen konnte das energetische Konzept der vorhandenen Anlage in wesentlichen Teilen, insbesondere das hydraulische Konzept, optimiert werden. Die neuen Verfahrensschritte und auch Anlagenteile können auch unter Berücksichtigung des Bestandes so im Bauwerk angeordnet werden, dass die Aufbereitung zukünftig vollständig im freien Gefälle durchfließen wird. Das Rohwasser wird nach dem Umbau von der Wassergewinnung in die Anlage gefördert und fließt hier im freien Gefälle ohne eine weitere Zwischenförderungen durch alle Aufbereitungsschritte und abschließend in die im unteren Bereich des Wasserwerkes angeordneten Trinkwasserkammern. Eine Anpassung der Brunnenpumpen wird dabei nicht erforderlich.

Dem hydraulischen Konzept liegt dabei jedoch zugrunde, dass die vorhandenen Filter zukünftig als überstaute Filter betrieben werden müssen. Dies muss bei der Auslegung und Ausrüstung der Filter entsprechend berücksichtigt werden.

Das Tragwerk als Herausforderung

Das Wasserwerksgebäude wurde 1977 in Massivbauweise errichtet. Dabei wurden alle für das Tragwerk relevanten Gebäudeteile aus wasserundurchlässigem Stahlbeton erstellt. Entsprechende Unterlagen vom Bau (statische Berechnungen sowie Schal- und Bewehrungspläne) liegen Hessenwasser vor, sodass eine eindeutige Beurteilung der bestehenden Situation erfolgen konnte. Als sehr ungewöhnlich in der bestehenden Konstruktion stellte sich die Ausbildung der Filterkammern heraus. In der GAA sind insgesamt sechs Filterkammern aus Stahlbeton vorhanden. Davon sind jeweils drei Filter einer Filterstraße zugeordnet. Innerhalb der Filter sind verschiedene Einbauten aus Stahlbeton, beispielsweise auch Zwischenwände, vorhanden, die statisch relevant sind.

Da für den geplanten Umbau der Rückbau der Einbauten innerhalb der Filter erforderlich wird, musste auch aus statischer Sicht ein detailliertes Umbaukonzept erstellt werden (**Bild 5**). Die bestehende Konstruktion musste an diversen Stellen unter Berücksichtigung angepasster Lastansätze erneut nachgewiesen werden. Insbesondere wurde mit dem statischen Konzept überprüft, ob die vorhandene Konstruktion einen Betrieb der Filter als überstaute Betonfilter zulässt. Entscheidend sind hierbei die zusätzlichen Lasten, die aus der Belastung innerhalb der Filter aus Überdruck entstehen.

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass die Konstruktion, diese Lasten (etwa 0,3 bar ab Unterkante Decke der Filter) nur bedingt aufnehmen kann. Es wurden vor diesem Hintergrund Maßnahmen zur statischen Ertüchtigung der Filterkammern eingeplant. Nach dem Umbau wird der Lastabtrag aus den Filtern in das Gebäude mithilfe einer neuen Stahlkonstruktion, die unterhalb der Filter in den Wasserkammern angeordnet wird, sichergestellt.

Schnitt F-F

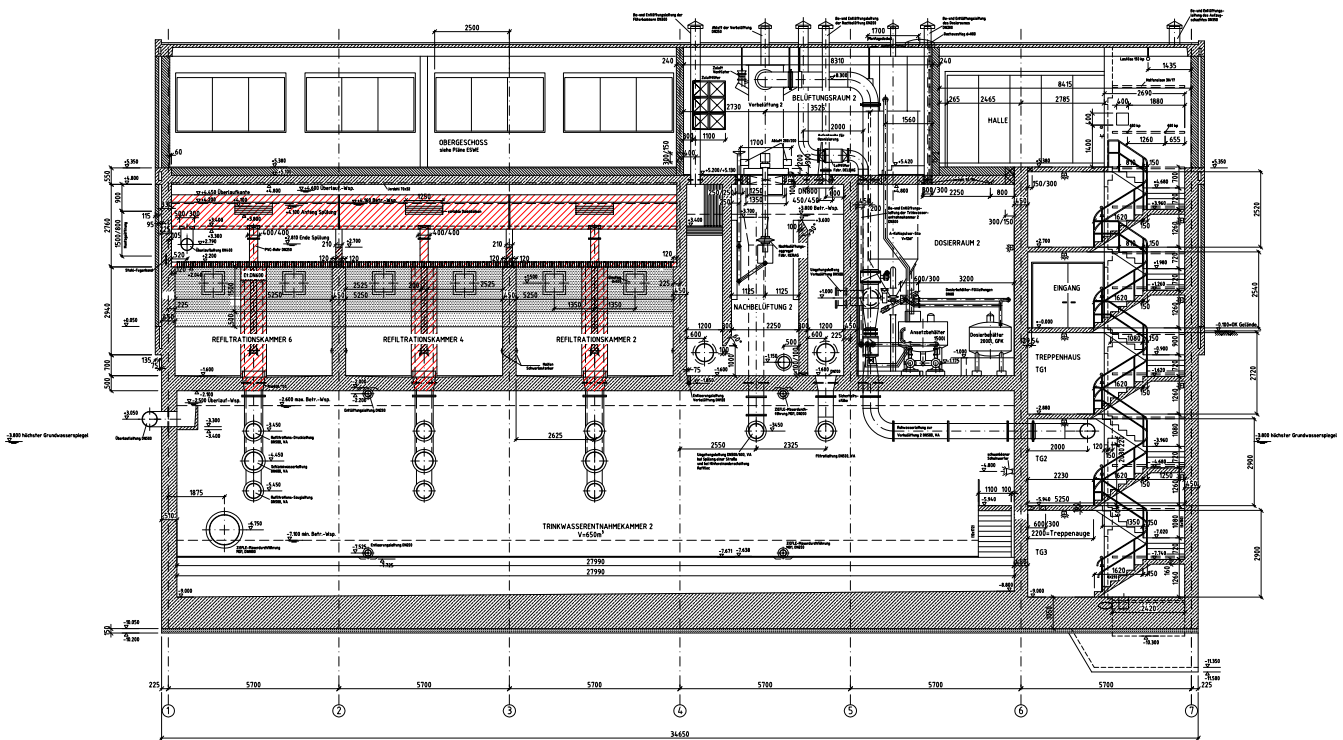


Bild 5: Ausschnitt aus dem Bestandsplan der Filter (rot markiert Rückbaumaßnahmen)

Arbeiten am Bauwerk

Neben den statischen Ertüchtigungsmaßnahmen und verschiedenen kleineren Arbeiten am Bauwerk (z. B. Herstellung neuer Fundamente für Anlagenteile und neuer Wand- und Deckenöffnungen) finden umfangreiche Bauarbeiten innerhalb der Filter und der Wasserkammern statt. Bei der Planung der Umbaumaßnahmen war auch zu beachten, dass sich unmittelbar über den Filtern das Bürogeschoss mit Warte, Verwaltungs- und Sozialräumen befindet.

Innerhalb der Filter müssen diverse vorhandene Einbauten und Wanddurchführungen erneuert bzw. entfernt werden (Bild 6). Im Zuge der Rückbauarbeiten werden Zwischenwände, Filterböden und zwei Rinnen aus Stahlbeton aus den Filtern entfernt. Im Anschluss daran werden Auflager für die neuen Filterböden aus Stahlbeton innerhalb der Filter erstellt. Zusätzlich sind die vorhandenen Filtertrennwände zu erhöhen, sodass die Filterkammern zukünftig unabhängig voneinander betrieben werden können. Besondere Herausforderung ist hierbei, dass die neu erstellten Trennwände luft- und wasserdicht an die bestehenden Decken angeschlossen werden müssen. Innerhalb der Filterkammern stehen somit diverse Stahlbetonarbeiten an, die im trinkwasserrelevanten Bereich und damit unter Berücksichtigung des DVGW-Regelwerks, insbesondere des Arbeitsblatts W 300 (Teile 1 bis 8), erstellt werden müssen. Insgesamt werden auch die vorhandenen Betonoberflächen innerhalb der Filter instandgesetzt, da diese nach etwa 40 Jahren Betrieb nicht mehr vollständig den aktuellen Anforderungen entsprechen.

Direkt unterhalb der Filterkammern befinden sich die Reinwasserkammern. Für den Lastabtrag aus den umgebauten Filtern werden statische Ertüchtigungen erforderlich. Je Filterkammer

sind hierfür zwei Stahlträger vorgesehen, die neben seitlichen Wandauflagern auch eine mittige Stütze auf die Behältersohle erhalten. Für die Montage der Träger und Stützen ist vorab eine Vorbereitung der beschichteten Betonoberflächen geplant. Nach der Montage erfolgt ein Verguss der entstandenen Hohlräume inklusive Anarbeitung der Anschlussbereiche bei den Materialübergängen (vorhandener Beton/Beschichtung und neuer Verguss/Mörtel). Auch hier gelten für alle Arbeiten und Materialien die Vorgaben des DVGW-Regelwerks, insbesondere der Arbeitsblätter W 300 und W 347.

Umbau im Betrieb

Da während des Umbaus diverse Eingriffe in den Bestand und damit auch in den Betrieb des Wasserwerkes erforderlich werden, wurde durch die CAH in enger Zusammenarbeit mit Hessenwasser ein entsprechendes Umbaukonzept entwickelt. Ziel ist es, die Versorgungssicherheit in allen Umbauphasen zu gewährleisten und Einschränkungen im Betrieb des Wasserwerkes zu verhindern. Des Weiteren sollte möglichst wenig Wasser aus dem Einfahrbetrieb abgeschlagen werden, sodass dieses nach Möglichkeit in den laufenden Aufbereitungsbetrieb eingespeist wird. In diesem Konzept wurden die verschiedenen Umbauphasen textlich wie auch anhand von Schemata und Plänen dargestellt. So konnten Abhängigkeiten, Schnittstellen und kritische Punkte vorab erkannt, definiert und entsprechend geplant werden. Zusätzlich dazu wurde ein komplexer Bauablaufplan erstellt, in dem die verschiedenen Arbeiten und auch die Zuständigkeiten sowie die relevanten Schnittstellen (Hessenwasser, CAH, sonstige Beteiligte z. B. SiGeKo, verschiedene Lose in der Ausführung) definiert wurden.

Das Hygienekonzept für den Umbau

Im Rahmen des Umbaus finden auch verschiedene Arbeiten innerhalb der Wasserkammern und der vorhandenen Filter aus Stahlbeton statt. Vor diesem Hintergrund und insbesondere um hier die Trinkwasserhygiene langfristig und nachhaltig zu sichern, wurde von Hessenwasser vorgegeben, dass für die anstehenden Umbaumaßnahmen ein entsprechendes Hygienekonzept durch die CAH erstellt werden soll. Da auch bei den Umbaumaßnahmen in allen weiteren Bereichen des Wasserwerkes die Trinkwasserhygiene von entscheidender Bedeutung ist, wurde ein Konzept für den gesamten Umbau in Anlehnung an das DVGW-Arbeitsblatt W 300-1 und W 300-8 erstellt. Neben den Anforderungen an Baustoffe und Materialien, die eingesetzt werden dürfen, beinhaltet das Konzept umfangreiche organisatorische Maßnahmen und definiert Anwendungsbedingungen für die verschiedenen Arbeitsbereiche:

- Arbeiten innerhalb der Trinkwasserentnahmekammern (Hygienezone I, direkter Schutzbereich)
- Arbeiten innerhalb der Filter (Hygienezone II, direkter Schutzbereich)
- Arbeiten in allen weiteren Bereichen innerhalb des Wasserwerkes (Hygienezone III, erweiterter Schutzbereich)
- Arbeiten außerhalb des Gebäudes (Wasserschutzgebietszone I und II), inklusive der Baustelleneinrichtungen, Materiallagerungen, etc. (Hygienezone IV).

Für alle Hygienezonen stellte die CAH entsprechende Maßnahmenkataloge auf. Die verschiedenen Hygienezonen werden vor Ort für alle sichtbar markiert und entsprechende Maßnahmenkataloge an die ausführenden Firmen ausgegeben. Zusätzlich erfolgt eine entsprechende Hygieneunterweisung, so dass alle vor Ort tätigen Personen über die Inhalte des Konzeptes informiert sind. Dabei werden neben den Vorgaben an die Ausführung der Arbeiten innerhalb des Wasserwerkes und der Wasserkammern auch explizite Vorgaben an die Arbeiten in den Außenbereichen bzw. Lager- und Baustelleneinrichtungsflächen definiert, da diese sich in den Wasserschutzgebietszonen I bzw. II befinden.

Im Detail sind im Hygienekonzept unter anderem folgende Anforderungen definiert:

- Anforderungen an Materialien, Baustoffe und Bauhilfsstoffe sowie deren Lagerung
- Anforderungen an die Ausführungen der Arbeiten vor Ort
- Anforderungen an Schutzmaßnahmen (Vermeidung von Verunreinigungen, aber auch Schutz bestehender Anlagen)
- Anforderungen an die Ausstattung der Baustelleneinrichtung
- Anforderungen an die Sauberkeit und die Ordnung auf der Baustelle
- Anforderungen an die Beschaffenheit und den Betrieb von Maschinen und Geräten
- Anforderungen an die Sicherung von Flächen im Außenbereich, etwa für das Abstellen von Maschinen und Gerät, aber auch der Baustelleneinrichtung



Bild 6: Entleerter RefiFloc-Filter

Ergänzend dazu werden allen vor Ort tätigen Personen Notfallpläne übergeben, in denen geregelt ist, wie im Falle von Abweichungen vom Hygienekonzept bzw. in einem Havariefall vorzugehen ist.

Umsetzung der Planung / Ausblick

Nach einer umfangreichen und detaillierten Planungsphase hat Hessenwasser im Juni 2017 die vorbereitenden Maßnahmen an den vorhandenen Anlagen durchgeführt, so dass mit den Umbauarbeiten vor Ort begonnen werden konnte. Die Arbeiten werden in verschiedenen Bauabschnitten und mit zwei längeren Einfahr- bzw. Inbetriebnahmephase ausgeführt, sodass während der gesamten Bauzeit immer mindestens die Hälfte des Wasserwerkes in Betrieb bleiben kann. Insgesamt ist ein Realisierungszeitraum von über zwei Jahren vorgesehen. Die umgebaute Wasseraufbereitungsanlage soll Anfang 2020 wieder vollständig in Betrieb genommen werden, womit auch der dritte Schritt zur Umsetzung der Neukonzeptionierung der Wasserversorgung im Raum Wiesbaden abgeschlossen sein wird.

Kontakt:

CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH
 Dipl.-Ing. Kirstin Leverenz M. Sc.
 Kirstin.Leverenz@consulaqua.de
 Dipl.-Ing. Anne Westerfeld
 www.consulaqua.de

Hessenwasser GmbH & Co.KG
 Dipl.-Ing. Helmut Richter
 www.hessenwasser.de