

Fokus:

Trinkwasserbehälter
Trinkwasseraufbe-
reitung/-versorgung
und -hygiene

Die Trinkwasserverordnung legt fest, mit welcher Qualität unser Trinkwasser am Hausanschluss ankommt, und Trinkwasserspeicher helfen dabei, den Bedarf möglichst jederzeit und in vollem Umfang zu decken. Zur Sicherstellung der Trinkwasserqualität sind eine genaue Kenntnis der Rohwasserqualität und die daran angepasste Aufbereitungs- und Analysentechnik erforderlich. Am Hausanschluss endet die Verantwortung des Wasserversorgers, hier stehen Gebäudebetreiber in der Pflicht, für ausreichende Trinkwasserhygiene zu sorgen. Zu allem finden Sie nachfolgend aktuelle Berichte.

Neues Grundwasserwerk mit Aufbereitungsanlage zur Manganentfernung

Für die Wasserversorgung der norwegischen Stadt Hønefoss (Ringerike-Kommune) wurde eine komplett neue Aufbereitungsanlage zur Entsäuerung und zur Manganentfernung mit einer Kapazität von 230 l/s errichtet (Bild 1). Die Anlage wurde mit neuester Technik von der HydroGroup® ausgestattet. Die Ravensburger Firma mit norwegischer Tochter Hydro-Elektrik AS in Bergen konnte im Rahmen einer Systemausschreibung mit ihrem Lösungsvorschlag überzeugen und sich gegen die norwegische Konkurrenz durchsetzen.

Seit 1987 erfolgt die Wasserversorgung von Hønefoss und Umgebung durch die Ringerike-Wasserwerke. Die derzeitige tägliche Wasserabgabe liegt bei ca. 7.000 m³. Das Wasser wurde zunächst aus drei Grundwasserbrunnen auf einer Kieslagerstätte in Kilemoen nordwestlich von Hønefoss gefördert. Das leicht saure Wasser wurde zur Entsäuerung am Einlauf in den Hochbehälter lediglich intensiv belüftet. Die Anlage lieferte Trinkwasser im Rahmen des aktuellen Bedarfs bis ca. zum Jahr 2006, als plötzlich Probleme mit Manganablagerungen auftraten. Unbemerkt hatte sich der Manganengehalt im Trinkwasser erhöht und Ablagerungen hatten sich im ganzen Versorgungsnetz verteilt [1].

Problematik

Bei einem lokalen Wursthersteller wurden schwarze Partikel auf den Würsten gefunden und Verfärbungen des Produktionswassers festgestellt. Insgesamt drei Vorfälle führten zu einem Stillstand der Wurstproduktion, was enorme Mehrkosten zur Folge hatte. Es gab Blockaden der technischen Ausrüstung bei Zahnärzten, aber der schwerwiegendste Vorfall war die Schließung der Notfallversorgung und einer Operationsabteilung im Ringerike-Krankenhaus wegen defekter technischer Ausrüstung im Jahr 2015. Es gab viele Beschwerden aufgrund von verfärbter Wäsche und braunem Wasser. Zum Teil blockierten auch die Wasserzähler.

Alle Fotos: HydroGroup®



Bild 1: Wasserwerk Kilemoen

Um das Problem in den Griff zu bekommen, wurden als erste Maßnahme in den drei Brunnen die bestehenden Grundwasserpumpen durch drehzahlgeregelte Pumpen ersetzt und zusätzlich drei neue, flachere Brunnen errichtet. Nach einer Reihe von Bewertungen und Inspektionen im In- und Ausland zu verschiedenen Arten von Prozessen wurde eine Lösung mit Ozonisierung und Filtration gefunden. Nach mehreren Jahren gründlicher Planung konnte 2018 das neue Wasserwerk in Betrieb genommen werden, dessen Kapazität bereits für den zukünftigen Wasserbedarf ausgerichtet wurde. In der Region wird nämlich ein starkes Bevölkerungswachstum erwartet, da die neue Zugstrecke (Ringeriksbane) und die neue E16 schrittweise in die Region gebaut werden, um damit die Anbindung an den teuren Osloer Wirtschaftsraum erheblich zu verbessern [2].

Mangan

Wasser mit erhöhtem Mangangehalt ($> 0,05 \text{ mg/l}$) muss aufbereitet werden. In der Regel handelt es sich bei manganhaltigen Wässern um reduzierte bzw. sauerstoffarme Wässer, in denen das Mangan gelöst in zweiwertiger Form als Mn^{2+} vorliegt. Mangan ist wie Eisen ein Schwermetall, das in der Erdkruste normal nur als Oxid vorliegt. Bei der Versickerung kommt Wasser, dessen Sauerstoffgehalt mit der Zeit durch biologische Prozesse abnimmt, in tieferen Erdschichten mit diesen Oxiden in Kontakt. Bei geringem Sauerstoffgehalt werden durch im Boden ablaufende Redox-Vorgänge Oxide reduziert und das dabei freiwerdende Mangan wird in Wasser gelöst. Bei der Trinkwasserförderung kommt das Wasser wieder mit Sauerstoff in Kontakt und Mangan wird wieder oxidiert. Oxidiertes Mangan fällt im Wasser aus und bildet schwarze Ablagerungen in Rohrleitungen und Trinkwasserspeichern, die zu massiven Problemen und zu Beschwerden bei Verbrauchern führen können.

Die Entmanganung zählt wie die Enteisenung neben der Filtration zu den ältesten Wasseraufbereitungsverfahren überhaupt. Die Oxidation von Mangan verläuft langsamer als die von Eisen. Wenn Eisen und Mangan gemeinsam mit hohen Werten im Wasser vorliegen, wird nach der erforderlichen Sauerstoffanhebung deshalb oft eine zweistufige Filtration vorgesehen. In der ersten Stufe erfolgt die Enteisenung, in der zweiten Stufe die Entmanganung. Bei der Entmanganung wird das lösliche zweiwertige Mangan mit Sauerstoff zu unlöslichem Manganoxid (Braunstein) oxidiert. Beim Einsatz von Ozon kann Mangan in einer Filterstufe zusammen mit Eisen und möglicherweise vorliegendem Arsen zuverlässig entfernt werden. Der Vorteil der Ozonoxidation ist die vollständige Entmanganung ohne Einlaufzeit. Gleichzeitig wird das Wasser durch Ozon auch desinfiziert.

Die Ozonisierung mit nachfolgender Filtration wurde bei der Anlage in Kilemoen auf der Grundlage ausgewählt, dass es sich bereits um ein bekanntes Verfahren handelt, das in den norwegischen Orten Bø, Hjartdal, Gausdal und Granvin bereits seit Jahren erfolgreich angewandt wird. Auch in diesen Orten kam die Anlagen- und Verfahrenstechnik von HydroGroup® aus Ravensburg zum Einsatz.



Bild 2: Ozonerzeugungsanlagen in Schrankausführung

Sauerstofferzeugung

Moderne Ozonerzeugungsanlagen arbeiten mit Sauerstoff als Einsatzgas. Der Vorteil von Sauerstoff ist, dass bei gleichem Energieeintrag deutlich höhere Ozonkonzentrationen erreicht werden können. Ferner werden keine Stickoxide gebildet, die im Zusam-



Bild 3: Filterbehälter mit Ozonmisch- und Reaktionssystem



Bild 4: Obere Bedienebene der zehn Filteranlagen

menspiel mit Wasser zu korrosiver Salpetersäure führen. Bei Großanlagen wird in der Regel Flüssigsauerstoff (LOX) als Feedgas eingesetzt. Bei mittleren und kleineren Anlagen ist vor Ort erzeugter Sauerstoff wirtschaftlicher. Die Sauerstoffherzeugung erfolgt in diesem Falle mittels sogenannter PSA-Anlagen. PSA steht für Pressure Swing Adsorption bzw. Druckwechselverfahren. Bei diesem Pro-

zess werden sogenannte Molekularsiebe wechselseitig mit Druckluft beaufschlagt und Sauerstoff aus Luft auf bis zu 95 % aufkonzentriert [3]. Die Druckluftherzeugung erfolgt mit ölgekühlten Schraubenverdichtern mit je 7,5 kW Motorleistung. Über Wärmetauscher wird die als Abfallprodukt entstehende Wärmeenergie in das Heizungsnetz eingespeist. Die Druckluft wird entfeuchtet und über mehrere Filterstufen (Ölabscheider, Aktivkohlefilter, Koaleszenzfilter) feinstfiltriert und in der für Lebensmittel geforderten Reinheit und Qualität den PSA-Anlagen zugeführt. Die komplette Sauerstoffherzeugung erfolgt in drei völlig unabhängigen Linien vollautomatisch mit hoher Redundanz. Mit der Anlage können 3 x 6,2 Nm³ Sauerstoff pro Stunde bereitgestellt werden.

Ozonerzeugung

Die Ozonerzeugung erfolgt mittels modular aufgebauter, luftgekühlter Plasmageneratoren mit einer Kapazität von je 125 g/h Ozon. Insgesamt zwölf Plasmagenerator-Module sind in zwei Edelstahl-schränken eingebaut (**Bild 2**). Jeder Filterlinie ist ein separat regelbarer Generator zugeordnet. Bei zehn Filteranlagen ist damit je ein Modul in Reserve. Aufgrund dieser Anordnung ist auch bei der Ozonerzeugung eine hohe Redundanz gegeben. Ozon zerfällt bei der Oxidation zu Sauerstoff. Aufgrund des modularen Aufbaus mit unabhängigen Linien kann das Ozon in der erforderlichen Menge produziert und exakt dosiert werden. Bei der Entmangnung mit Ozon ist zu beachten, dass bei zu hoher Dosierung das Manganoxid bis zum Permanganat oxidiert werden kann, was pinkfarbenes Wasser zur Folge hat. Aus diesem Grunde sollte auch die Konzentration des Ozons nach dem Ozonerzeuger nicht zu hoch sein. Am Einlass jedes Filters ist eine drehzahlgeregelte Pumpe angebracht, um den Wasserfluss durch den Filter zu regulieren und den im Filterbetrieb zunehmenden Druckabfall über das Filterbett auszugleichen (**Bild 3**). Die Ozoneinmischung in das Rohwasser erfolgt vor dem Reaktionsbehälter im Kontakttank mittels einer Venturi-/Injektor-Kombination im Vollstrom.

Filtration

Die eigentliche Filtration des oxidierten Mangans erfolgt in zehn zylindrischen Edelstahl-Druckfiltern mit 3.200 mm Durchmesser und 4.000 mm Höhe (**Bild 4**). Die maximale Filtergeschwindigkeit liegt bei rund 11 m/h. Die Filterhöhe ist der Tatsache geschuldet, dass die Filter neben Quarzsand und Filterkohle zusätzlich mit Calcium-Karbonat bestückt sind. Im oberen Teil des Filters erfolgt die Manganabscheidung, im unteren Filterteil reagiert im Rohwasser enthaltenes Kohlenstoffdioxid mit dem Calciumcarbonat, welches sich langsam auflöst und zur gewünschten Erhöhung der Alkalität führt. Dieser Materialverbrauch muss regelmäßig durch neues Material ausgeglichen werden. In einem geschlossenen Silo wird Calcium-Karbonat vorgehalten. Die Größe des Silos wurde mit 30 m³ Volumen so gewählt, dass bei Bedarf mittels Silo-LKW eine komplette Ladung eingeblasen werden kann. Die Nachfüllung der Filter erfolgt automatisch gesteuert über eine Schleuse mit einer Wasserstrahlpumpe und einem geschlossenen Edelstahl-Rohrsystem (**Bild 5**).



Bild 5: Kalk-Silo mit Steuerung und Wasserstrahlpumpe



Bild 6: UV-Anlagen zur betriebsabschließenden Desinfektion

UV-Desinfektion

Zur Sicherstellung der Hygiene ist eine betriebsabschließende UV-Behandlung installiert. Jede UV-Anlagenlinie ist mit automatischen Ventilen, einer Durchflussmessung und einem automatischen Wischersystem ausgerüstet (**Bild 6**). Das Reinwasser wird nach der UV-Anlage in den bestehenden Behälter mit Volumen 2.000 m³ und in einen neuen Edelstahlbehälter mit 3.000 m³ Volumen eingeleitet. Beide Behälter kommunizieren über die Entnahmeleitung.

EMSR

Die komplette Automatisierung und Programmierung der vollautomatischen Anlage war ebenfalls Teil der Leistung. Die Anlage ist über Schnittstellen in ein übergeordnetes SCADA-System eingebunden. Die Visualisierung und Bedienung vor Ort erfolgt über mehrere Touchpanels. Alle Automatik-Armaturen sind über ASI-Bus aufgeschaltet. Die Magnetventile für die Druckluft sind direkt in die Armatur integriert. Neben dem normalen Automatikbetrieb kann jede Armatur auch manuell betätigt werden.

Ventilation und Sicherheit

Nachdem die Anlage neben einem Steinbruch errichtet werden musste, gab es besondere Anforderungen an den Luftaustausch bzw. an die Kühlluftzuführung. Um möglichst wenig Luft in das Gebäude führen zu müssen, wurde eine interne Luftführung mit

einem Kreislauf – unter Berücksichtigung des Brandschutzes – entworfen. Die Abwärme aus den Maschinenräumen wird in die Filterhalle geführt. In der Filterhalle kühlt die Luft ab und wird über den mit der Filterhalle verbundenen Rohrkeller wieder in die Maschinenräume geleitet. Aufgrund dieser Kreislaufführung ist auch kaum eine Luftentfeuchtung erforderlich. Zur Überwachung der Raumluftqualität sind an verschiedenen Stellen Sensoren zur Messung des Sauerstoffgehaltes sowie des Ozongehaltes installiert. Bei etwaigem Sauerstoff- oder Ozonaustritt würden die Anlage umgehend außer Betrieb genommen, das Raumluftabsaugungssystem aktiviert und ein Alarm abgesetzt werden.

Fazit

Mit der Anlage wird ein hervorragendes Reinwasser bereitgestellt, mit einer sehr geringen Trübung (< 0,1), einem Mangengehalt von weniger als 0,001 mg/l und einem pH-Wert von mehr als 8 bei einem Calciumgehalt von rund 24 mg/l. Die vom Prozesslieferanten gewährte Garantie für sauberes Wasser hat gehalten, was versprochen wurde, und die Betreiber sind zufrieden. Die Gesamtkosten der Anlage einschließlich des Behälters lagen mit ca. 100 Mio. NOK um ca. 20 Mio. NOK unter den veranschlagten Budgetkosten (10 NOK entsprechen rund 1 €). Der Anteil von Spülwasser und Erstfiltrat an der Reinwasserproduktion beträgt etwa 1 %, was einen sehr guten Wert darstellt.

Literatur

- [1] <http://www.ringvirkninger.com/prosjekter/ringerike-vannverk/>
- [2] <https://www.vanytt.no/2020/03/19/to-vannverk-basert-pa-grunnvann-med-rensanlegg-for-mangan/>
- [3] <https://www.hydrogroup.de/produkte/trinkwasseraufbereitung/sauerstoffgeneratoren.html>

Autoren:

Manfred Brugger
 HydroGroup / Hydro-Elektrik GmbH
 Ravensburg
 mb@hydrogroup.de
 www.hydrogroup.de

Peter Paskert
 Hydro-Elektrik AS
 Bergen/Norwegen
 peter.paskert@hydro-elektrik.no
 www.hydrogroup.no