

Ozon-Biofiltrationsanlage für norwegische Kommune

In der nördlich von Oslo gelegenen Eidsvoll-Kommune (rund 27.300 Einwohner) wurde zwischen den Jahren 2021 und 2023 das bestehende Wasserwerk in der Aufbereitungskapazität erheblich erweitert und zusätzlich mit einer Ozon-Biofiltrationsanlage ausgerüstet. Die komplette Prozessanlage und Maschinentechnik mit einer Aufbereitungskapazität bis zu 550 m³/h wurde nach den Vorschlägen der Ravensburger Firma Hydro-Elektrik GmbH/HydroGroup auf Basis einer Systemauschreibung komplett geplant, errichtet und in Betrieb gesetzt. Der Probetrieb startete Anfang Oktober 2023, im Dezember ist vorgesehen, die Anlage ans Netz zu schalten.

Ausgangssituation

Die bestehende Anlage zur Aufbereitung von Oberflächenwasser aus dem See „Tisjøen“ umfasste eine Druckreduzierung mit nachfolgender Dosierung von Kohlenstoffdioxid (CO₂), Filtration in drei offenen Filterlinien über Calciumcarbonat, UV-Behandlung, Chlorung und direkte Einleitung ins Netz. Dieses Verfahren entsprach nicht mehr der norwegischen Trinkwasserverordnung, weshalb die Mattilsynet (Norwegische Behörde für Lebensmittelsicherheit)

bereits 2017 eine Erweiterung der Wasseraufbereitungsanlage mit zwei unabhängigen Barrieren forderte.

Herausforderungen

Die Aufbereitungsanlage liegt im nördlichen Gemeindegebiet wenige Kilometer von Minnesund entfernt auf einem Hügel mit eingeschränkter Zufahrt. Weiter musste die bestehende Anlage für die Sicherstellung der Wasserversorgung durchgehend in Betrieb bleiben. Eine weitere Herausforderung war der

Umgang mit den coronabedingten Einschränkungen: Die Bestandsanlage konnte nicht vor Ort besichtigt werden, es lagen nur beschränkt verwertbare Planunterlagen und Fotos vor und sämtliche Verhandlungen mussten in unzähligen Teams-Meetings mit allen Beteiligten geführt werden. Dabei wurde das als Basis zur Systemauschreibung vom ursprünglichen Ingenieurbüro vorgeschlagene Konzept (IB wurde kurz vor Ausschreibung gewechselt) komplett auf den Kopf gestellt, betriebstechnisch



Abb. 1 Ozonmischsysteme

Abb.: Hydro-Elektrik AS, Bergen



Abb. 2 Neubau mit Bestand im Hintergrund

und wirtschaftlich optimiert und planungstechnisch detailliert. Erst nach der Fertigstellung der kompletten Planung für die Prozesstechnik fand die endgültige Gebäudeplanung mit Integration in den Bestand statt (Abb. 2).

Leistungsumfang

Das nahegelegene bestehende Turbinenhaus mit Stromerzeugungsanlage wurde baulich erweitert und eine Vorfiltration und ein nachgeschaltetes Rohwasserpumpwerk sowie eine Bypasslösung mit Druckreduzierung installiert. In der neuen Prozesshalle wurden die Ozonanlage mit Sauerstoff-erzeugungssystem in drei Linien, die CO₂-Dosierung, die Filter aus Edelstahl für die alkalische Filtration sowie für die Biofiltration in zwei Linien, ein 1.000 m³ fassender Reinwasserspeicher aus Edelstahl, das Wasser- und Luftspülsystem sowie das übergeordnete Leitsystem für den vollautomatischen Betrieb aller Komponenten angeordnet. Die abschließende UV-Desinfektionsstufe im bestehenden Wasserwerk wurde in den Prozess integriert. Die Anlage ist für eine Aufbereitungsleistung bis zu maximal 550 m³/h ausgelegt, wobei 200 m³/h als Mindestwert und 320 m³/h als Nennwert festgelegt wurden. Diese Wassermengen waren auch die Grundlage für die Anlagendimensionierung, insbesondere im Hinblick auf eine bestmögliche Redundanz.

Rohwasser

Das Rohwasser wird dem See Tisjøen mit einem mittleren Wasserstand von 406 m über NN in 25 m Tiefe entnommen und über eine Druckleitung DN

400 dem ca. 100 m tiefer gelegenen Turbinenhaus zugeführt. Zur Vorfiltration auf eine Feinheit von 100 µm werden zwei Boll-Filter in DN 300/PN 16 eingesetzt, die im Normalbetrieb abwechselnd betrieben werden. Das vorgefilterte Rohwasser wird in einer Menge bis zu ca. 400 m³/h direkt der installierten Peltonturbine zur Stromerzeugung zugeführt und nach der Turbine in einem Rohwasserbehälter gesammelt. Überschüssiges Wasser wird über den Überlauf in einen Bach abgeleitet. Das zur Wasseraufbereitung benötigte Rohwasser wird über drei Pumpen mit einer Leistung bis zu 400 m³/h der Wasseraufbereitungsanlage zugeführt. Im Falle einer Turbinenüberholung oder eines Turbinenstillstandes kann die benötigte Wassermenge nach der Vorfiltration über ein Druckminderventil direkt an der Turbine vorbei ohne Pumpen in die Zuleitung zur Wasseraufbereitung eingespeist werden. Über diesen Bypass werden auch die zusätzlich erforderlichen 150 m³/h zur Erreichung der maximalen Leistung von 550 m³/h geführt.

Ozon-Biofiltration

Die Ozon-Biofiltration hat sich in den letzten Jahren erfolgreich in der Trinkwasseraufbereitung etabliert. Praxisbeispiele in Deutschland, Skandinavien und den USA zeigen, dass sich mit der Ozon-Biofiltration zuverlässige und wirtschaftliche Trinkwasseraufbereitungsanlagen realisieren lassen. Bei Wasser, das für die Trinkwasserversorgung bestimmt ist, ist der NOM-Gehalt (Natural Organic Matter) wichtig. Die NOM-Konzentration wird analytisch als

Wir bewegen WASser!



GWE
Technik-Forum
Brunnenbau
und
Geothermie
25.–26.01.2024

**Jetzt online
anmelden!**



Anerkannt als
Fortbildungsmaßnahme
nach DVGW-Arbeitsblatt
W 120-1/2

GWE 
GERMAN WATER
and ENERGY GROUP

www.gwe-gruppe.de

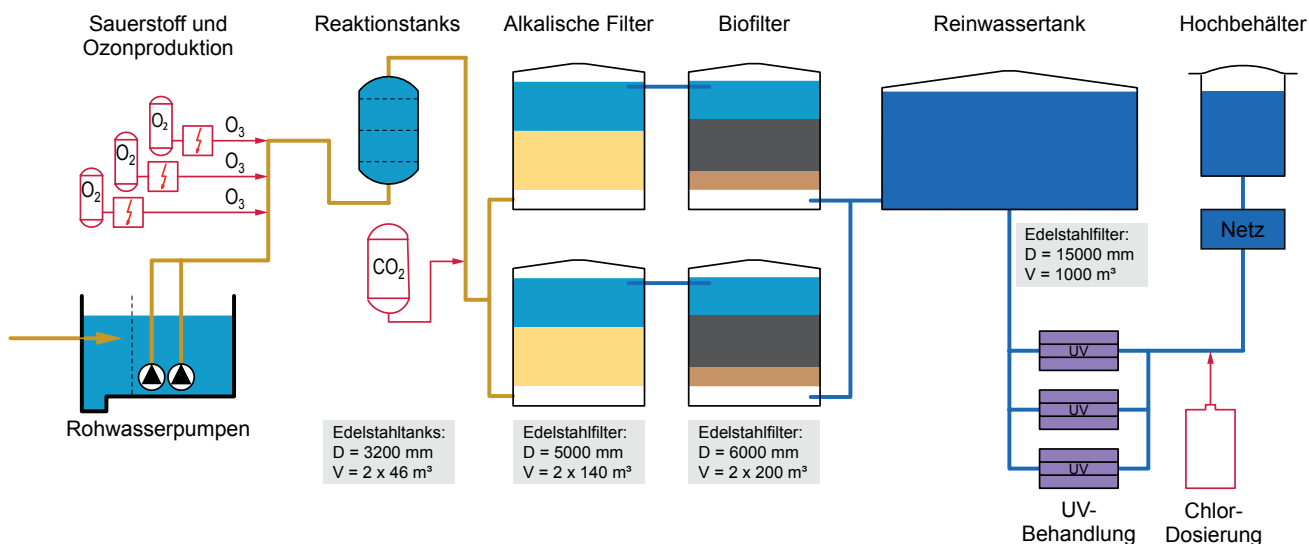


Abb. 3 Übersicht des Verfahrens

die Summe des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) bestimmt. Typische DOC-Gehalte in Gewässern für die Trinkwassergewinnung liegen bei 3 bis maximal ca. 6 mg/l.

Die Ozon-Biofiltration ist ein bewährtes Verfahren für die Aufbereitung solcher Oberflächenwässer zu Trinkwasser. Unter dem Einfluss von Ozon als starkem Oxidationsmittel werden die organischen Kohlenstoffverbindungen mit hohem Molekulargewicht gespalten und die Konzentrationen der Verbindungen mit niedrigem Molekulargewicht erhöht. Ein Teil der so entstandenen Verbindungen ist biologisch verfügbar und kann in einer nachgeschalteten Biofiltrationsstufe biologisch abgebaut werden. Die

Biofiltration arbeitet mit niedrigen Filtergeschwindigkeiten (6 bis 9 m/h), was größere Filterflächen erfordert. Für höhere Aufbereitungsleistungen bilden deshalb vor Ort gefertigte Großfilter aus Edelstahl eine alternative Möglichkeit. Eine erste derartige Anlage mit einer Kapazität von maximal 680 m³/h wurde in den Jahren 2013 und 2014 in dem ebenfalls in Norwegen liegenden Bamble realisiert. Die Anlage in Tisjøen ist ähnlich konzipiert, die Reinigungsleistung beträgt hier 550 m³/h.

Prozess

Die Aufbereitungstechnik (Abb. 3) umfasst die folgenden Verfahrensschritte: Ozonung – Reaktion – Dosie-

rung von CO₂ – alkalische Filtration – Biofiltration – Wasserspeicherung – UV-Behandlung – Chlorierung – Netz. Um einen energetisch optimalen Anlagenbetrieb mit den drei Volumenströmen 200 – 320 – 550 m³/h realisieren zu können, müssen auch die jeweiligen Prozesskomponenten entsprechend dimensioniert werden.

Ozonsystem

Das System ist redundant aufgebaut und verfügt über drei unabhängig voneinander arbeitende Ozongeneratoren (Abb. 4). Jeder Ozongenerator hat eine Leistung von bis zu 900 g/h bei einer Ozonkonzentration von 13 % (wt), was eine Ozondosis von bis zu ca. 5 g/m³ Wasser ermöglicht. Die wassergekühlten Ozongeneratoren mit einer maximalen Leistungsaufnahme von je 10,8 kW werden über einen internen Kühlwasserkreislauf gekühlt und die Wärme über einen Wärmetauscher an das Kühlwasser abgegeben (Abb. 5).

Aufgrund der hohen Konzentration des Ozon-Sauerstoff-Gemisches von 13 % (wt) kann eine geringere Sauerstoffmenge eingesetzt werden. Für die maximale Ozonleistung von 900 g/h pro Linie ist eine Sauerstoffmenge von rund 5 Nm³/h erforderlich.

Der Sauerstoff wird vor Ort im Druckwechselverfahren mit drei PSA-Generatorlinien (Pressure Swing Adsorption) unter Verwendung von Molekularsieben erzeugt. Jede Linie kann eine Menge bis zu 5,4 Nm³/h erzeugen. Somit ist auch hier eine voll-



ständige Redundanz gegeben. Der Sauerstoff wird durch Aufkonzentrierung des Luftsauerstoffs mit einer Reinheit von bis zu 93 % erzeugt. Jede Generatorlinie besteht aus einer Schraubenkompressoranlage (Förderleistung = 1,32 Nm³/min) mit integriertem Drucklufttrockner, einem Drucklufttank mit einem Fassungsvermögen von 270 l, speziellen Luftfiltrationseinheiten inklusive Aktivkohle-Tower, einem PSA-Generator und einem Sauerstofftank mit einem Volumen von 470 l.

Bei Aufbereitungsanlagen mit Ozon – insbesondere bei hohen Dosen und niedrigen Temperaturen – ist das Einmischen des gasförmigen Ozons mit dem flüssigen Wasser für die Effektivität der Anlage von wesentlicher Bedeutung. Im Idealfall wird das gesamte erzeugte Ozon mit dem Wasser vermischt, aufgelöst und vollständig verbraucht. Eine sehr gute Durchmischung ist mit Venturi-Injektionssystemen möglich. Durch die vielen kleinen Blasen wird die Oberfläche für den Stoffaustausch maximiert. Die treibenden Kräfte für den Stoffübergang sind die Konzentrations- und Partialdruckunterschiede an der Grenzfläche zwischen Gas und Wasser. In einem Bypass mit drei parallelen Treibwassersystemen und Kontaktbehältern wird das hochkonzentrierte Ozon-Wassergemisch in den Hauptstrom eingemischt (Abb. 1).

Neben den spontanen Reaktionen im Bereich der Ozonmischung spielt auch die Nachreaktionszeit eine große Rolle. Das ozonisierte Wasser fließt in zwei stehende Reaktionsbehälter aus Edelstahl 1.4571/316 Ti mit einer Höhe von 6,50 m und einem Durchmesser von 3.000 mm (Abb. 6 und 7). Eine gleichmäßige Kolbenströmung in den Behältern wird durch integrierte Verteilerböden erreicht.

Die Dosierung von Kohlenstoffdioxid erfolgt in den Hauptstrom nach dem Austritt aus den Reaktionsbehältern und vor Eintritt in die alkalischen Filter unter geringem Überdruck im Bypass mittels Venturi-System (Abb. 8). Durch die Filtration über Calciumcarbonat im alkalischen Aufstromfilter wird die



Abb. 5 Kühlkreislauf Ozonerzeugung



Abb. 6 Reaktionstanks mit Bypass



Abb. 7 Reaktionstanks



Abb. 8 CO₂-Dosierung

gewünschte Mineralisierung erreicht, gelöstes Restozon im Wasser reduziert und partikuläre Substanzen zur Entlastung der nachfolgenden Biofiltrationsstufe zurückgehalten. Die alkalischen Vorfilter mit einem Durchmesser von 5,00 m und einer Höhe von 7,50 m arbeiten mit einer Aufströmgeschwindigkeit von bis zu 15 m/h in Abhängigkeit von der eingestellten Kapazität.

Das mit Ozon vorbehandelte und mineralisierte Rohwasser fließt durch die Filterüberlaufrinne im oberen Teil des alkalischen Filters in den nachgeschalteten Biofilter. Die als Mehrschichtfilter aufgeschichteten Biofilter haben einen Durchmesser von 6,00 m, eine Höhe von 7,50 m und arbeiten mit einer maximalen Filtergeschwindigkeit von 9,7 m/h je nach Produktionsmenge. Der schwerkraftbetriebene Biofilter besteht aus mehreren Sandschichten und einer Biofilterschicht aus gebrochenem Blähton (Filtralite). Alle Filter sind mit druckfesten Düsenböden und einer kompletten internen Verrohrung zur Verteilung der Spülluft, Ableitung des Rückspülwassers und Regulierung des Filterüberlaufs ausgestattet. Die Filtertanks sind komplett abgedichtet und werden über spezielle Filtersysteme belüftet und entlüftet. Das verhindert die Freisetzung von Ozon in die Prozesshalle insbesondere im Spülbetrieb (Abb. 9).

Das aufbereitete Trinkwasser wird in einem 1.000 m³ fassenden Reinwasserspeicher aus Edelstahl mit einem

Praxisbeispiele in Deutschland, Skandinavien und den USA zeigen, dass sich mit der Ozon-Biofiltration zuverlässige und wirtschaftliche Trinkwasseraufbereitungsanlagen realisieren lassen.



Abb. 9 Geregelte Filterentlüftung

Durchmesser von 15 m und einer Höhe von 5,7 m zwischengespeichert. Der Speicher dient als Zwischenspeicher für den Ablauf über das UV-System in Richtung Netz und für die Bevorratung des erforderlichen Wassers für die Filterrückspülung.

In der Prozesshalle sind alle für den Betrieb notwendigen Anlagenteile wie Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen, Komponenten für die EMSR-Technik usw. angeordnet (Abb. 10). Die Bildung von Tauwasser auf den Edelstahloberflächen wird durch Entfeuchtung und Klimatisierung vermieden. Die Temperatur in der Prozesshalle passt sich an die Wassertemperatur an, da die gro-



Abb. 10 Verrohrung mit Armaturen



Abb. 11 Lagune

ßen Edelstahlfächen als Heizkörper oder Kühlkörper dienen. Vom Schalt- und Bedienraum ausgehend kann die komplette, vollautomatisch und mit Bussystem arbeitende Anlage überwacht werden.

Spülwasser

Das aus der Filterrückspülung anfallende Spülwasser wird zur Versickerung in eine Lagune geleitet (Abb. 11). Es sind keine weiteren Aufbereitungsschritte für das Rückspülwasser erforderlich, insbesondere weil die Ozon-Biofiltration zur Wasseraufbereitung ohne Einsatz von Chemikalien arbeitet.

UV-Anlage

Als zweite Barriere wurde die bestehende UV-Anlage in den Prozess integriert. Die UV-Anlage besteht aus insgesamt vier Linien, die bereits so dimensioniert waren, dass drei Anlagen für einen maximalen Betrieb ausreichen. Jede Linie ist mit einem Durchflussmesser und einer Regeleinrichtung versehen, um sicherzustellen, dass die maximal zulässige Durchflussmenge nicht überschritten wird und die Desinfektion stets gewährleistet ist. Die minimale UV-Dosis beträgt 400 J/m².

Kosten und Reservewasser

Die Gesamtkosten für den Wasserwerksneubau inklusive Turbinenhaus und Integration in den Bestand liegen bei rund 10 Mio. Euro. An die Anlage sind sehr hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit gestellt worden, da der Betrieb sieben Tage und rund um die Uhr erfolgen muss. Reservewasser für den Notfall steht nur in begrenztem Umfang von der Nachbarkommune zur Verfügung. Aus diesem Grunde wurde die komplette Anlage in rostfreiem Edelstahl errichtet. Die Anlage ist das Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Lieferant sowie einer zwischengeschalteten lösungsorientierten Projektleitung.

Autor

Manfred Brugger
Hydro-Elektrik GmbH/HydroGroup
Angelestr. 48/50
88214 Ravensburg
Tel.: +49 (0) 751 6009 0
mb@hydrogroup.de
www.hydrogroup.de