

Wasserentnahme aus See

Kapazitätserhöhung von Ozon-Biofiltrationsanlagen zur Trinkwasseraufbereitung in norwegischen Kommunen

Im Jahr 2014 wurden in drei norwegischen Wasserwerken Kapazitätserhöhungen an Anlagen mit dem Ozon-Biofiltrationsprozess vorgenommen. Alle drei Wasserwerke wurden in der Vergangenheit bereits von einem deutschen Wassertechnik-Unternehmen errichtet. Zunehmender Wasserverbrauch sowie die allgemeine Zufriedenheit der Betreiber mit der Verfahrenstechnik waren die Gründe für die Aufrüstung der bestehenden Wasserwerke. Der Beitrag beschreibt die unterschiedlichen Vorgehensweisen und gibt Einblick in die diversen Anlagendetails sowie die vorgenommenen Umrüstungen bzw. Anlagenerweiterungen.

Die Ravensburger Firma Hydro-Elektrik GmbH hatte in der Vergangenheit in drei norwegischen Kommunen Wasserwerke errichtet und war im vergangenen Jahr mit der Kapazitätserhöhung der Ozon-Biofiltrationsanlagen beauftragt worden. Die Ozon-Biofiltration hat sich in den letzten Jahren erfolgreich im Bereich der Trinkwasseraufbereitung etabliert. Praxisbeispiele aus Deutschland, Skandinavien oder den USA zeigen, dass mit der Ozon-Biofiltration zuverlässige und kostengünstige Trinkwasseraufbereitungsanlagen realisiert werden können. Dem Gehalt an

natürlichen organischen Stoffen (NOM = Natural Organic Matter) kommt bei Wässern, die zur Trinkwasserversorgung herangezogen werden sollen, eine bedeutende Rolle zu. Die NOM-Konzentration wird als die Summe des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC = Dissolved Organic Carbon) analytisch bestimmt. Typische DOC-Werte liegen bei 3 bis 6 mg/l, in Oberflächengewässern können aber auch höhere DOC-Gehalte bis zu 8 mg/l oder mehr auftreten. Für die Farbgebung sind insbesondere die DOC-Anteile aus pflanzlichen Zersetzungsprozessen ausschlag-

gebend. Wasser mit erhöhten DOC-Gehalten sollte ohne Wasseraufbereitung nicht zur Trinkwasserversorgung verwendet werden. Auch vermeintlich stabile Wässer können nämlich nach einer oxidativen Wasserbehandlung (z. B. Dosierung von Desinfektionsmitteln) plötzlich zu einer starken Verkeimung neigen. Ein bewährtes Verfahren bei der Aufbereitung huminstoffhaltiger Wässer ist die Ozon-Biofiltration. Unter der Einwirkung von Ozon als starkem Oxidationsmittel werden die organischen Kohlenstoffverbindungen mit hohem Molekulargewicht gespalten und

die Konzentrationen der Verbindungen mit niedrigem Molekulargewicht erhöht. Ein Teil dieser so geschaffenen Verbindungen ist biologisch verfügbar und kann in der nachfolgenden (Bio-) Filtrationsstufe biologisch abgebaut werden.

In Norwegen hat der Ozon-Biofiltrationsprozess zur Trinkwasseraufbereitung in den letzten 15 Jahren weite Verbreitung gefunden. Gründe hierfür sind höhere gesetzliche Vorgaben und die Forderung nach zwei unabhängigen Barrieren im Rahmen der Wasseraufbereitung. So werden Ozonanlagen in der Regel als erste Barriere zur Oxidation und Desinfektion vor Filteranlagen sowie UV-Stufen als zweite Barriere zur betriebsabschließenden Hygienisierung eingesetzt. Betreiber schätzen den unkomplizierten, kostengünstigen Betrieb und die Zuverlässigkeit der in der Regel ohne chemische Hilfsstoffe auskommenden Verfahrenstechnik.

Øygarden kommune

In der norwegischen Inselkommune Øygarden wurde zur Sicherung der Versorgung mit Trinkwasser im Jahre 2009 ein neues zusätzliches Wasserwerk errichtet. Dieses wurde zum damaligen Zeitpunkt auf eine Wasserproduktionsmenge von 150 m³/h ausgelegt, gebäude- und anlagentechnisch aber bereits eine Erweiterung auf 250 m³/h berücksichtigt. Die Erweiterung wurde im Jahre 2014 realisiert, nachdem Blaualgen in einer Rohwasserquelle die Schließung eines anderen Wasserwerkes erforderten und die Versorgung eines zusätzlichen Inselteils kurzfristig vom neuen Wasserwerk aus mit übernommen werden musste.

Als Rohwasser verwendet das Wasserwerk Oberflächenwasser aus einem nur wenige Meter über Meeresniveau gelegenen Binnensee. Zur Reduzierung der Farbe und des gesamten organischen Kohlen-



Bildquelle (alle): Hydro-Elektrik

Abb. 1 – Filteranlage nach Erweiterung

stoffes (TOC) sowie zur Erhöhung der hygienischen Sicherheit nach dem Multibarrierenprinzip wurde das Ozon-Biofiltrations-Verfahren ausgewählt.

Rohwasserförderung

Die Wasseraufbereitungsanlage wurde ca. 250 m vom See entfernt in einer Geländehöhe von 12 m über dem Wasserspiegel errichtet. Die Rohwasserentnahme erfolgt über zwei redundant ausgeführte Saugleitungen in DN 300. Die Leitungen sind in der Pumpstation zusammengeführt und werden mittels Vakuumsystem unter Unterdruck gehalten. Das Pumpwerk ist mit vier drehzahlgeregelten Tauchmotorpumpen ausgestattet. Im Normalbetrieb beträgt die maximale Fördermenge

260 m³/h. Das geförderte Rohwasser wird nach den Pumpen druckseitig in einer Leitung zusammengeführt und über einen ebenfalls im Pumpwerk installierten selbstspülenden Automatik-Feinfilter mit einer Feinheit von 50 Mikrometern vorfiltriert. Je nach Wasserbedarf der Aufbereitungsanlage werden bis zu vier Pumpen zugeschaltet. Die Pumpstation zur Rohwasserförderung wurde bereits im ersten Ausbauschritt auf maximale Aufbereitungskapazität ausgelegt und musste damit nicht erweitert werden.

Wasseraufbereitungssystem

Das im Endausbau aus fünf parallelen Aufbereitungslinien bestehende System (Abb. 1) beinhaltet jeweils ein 

Widos
1/4 Seite quer



Abb. 2 – UV-Anlage

hochwirksames Ozonmischsystem, einen stehenden Ozonreaktionstank ($D = 1.000 \text{ mm}$ und $H = 6.000 \text{ mm}$) mit Rückführschleife sowie einen nachgeschalteten Abstromfilter ($D = 3.200 \text{ mm}$ und $H = 4.000 \text{ mm}$) mit Filterbehälter aus Edelstahl für die Biofiltration.

Vorteilhaft bei diesem Objekt war, dass die vorgesehene Erweiterung bereits beim Bau planerisch berücksichtigt worden war und deshalb der Platz für die Anlagen vorhanden war, die erforderlichen Rohrleitungsanschlüsse teilweise bereits berücksichtigt waren und die verbindenden Rohrleitungen auf die Endkapazität dimensioniert waren. Zur Montage der zusätzlichen Anlagentechnik musste lediglich das Dach geöffnet werden, was aufgrund der Bauweise mit Sandwichpanelen relativ einfach erfolgen konnte. Die vorgefertigten Filtereinheiten wurden innerhalb weniger Tage aufgestellt, die Filter befüllt und das Dach wieder verschlossen. Während des gesamten Installationsprozesses konnte die bestehende Anlage kontinuierlich weiter betrieben werden.

Ozonsystem

Das Ozonerzeugungssystem war bereits redundant in zwei Linien aufgebaut, wobei jede Linie für Volllastbetrieb bis zu 1.800 g/h bei einer Ozonkonzentration von 10% (wt) ausgelegt war. Beim Betrieb einer Anlage wäre dabei eine Ozondosis bis zu $7,2 \text{ mg/l}$ möglich gewesen. Die maximale Kapazität jeder Ozonanlage lag bei 3.600 g/h bei 7% (wt). Die in einem For-

schungslabor anfänglich ermittelten und der Dimensionierung zugrunde gelegten hohen Ozondosen waren aber im Betrieb so nicht erforderlich. Die Betriebserfahrung der vergangenen Jahre zeigt, dass die Nutzung von auf Volllastbetrieb dimensionierten Anlagen in einem niedrigen Leistungsbereich (und damit ungünstigen Betriebsverhältnissen) wenig sinnvoll ist. Wesentlich besser ist es dagegen, die Gesamtanlage in drei oder vier Linien mit verminderter Kapazität aufzuteilen, um jeweils ideale Betriebsverhältnisse einstellen zu können. Dies betrifft sowohl die Ozonerzeugungssysteme als auch die Sauerstofferzeugungssysteme. Eine Nachrüstung war in diesem Falle nicht erforderlich, die Anlagen werden nun in einem nahezu idealen Kennfeldbereich betrieben.

UV-System

Als zweite Barriere ist den Ozon-Biofiltrationsanlagen ein UV-Anlagensystem nachgeschaltet. Dieses besteht aus insgesamt drei Linien, die so dimensioniert sind, dass im Maximalbetrieb zwei Anlagen ausreichend sind. Jede Linie verfügt über einen Durchflussmesser sowie ein Regelorgan um zu gewährleisten, dass der maximal zulässige Durchfluss nicht überschritten wird und die Desinfektion damit stets gewährleistet ist. Im ersten Ausbauschritt waren zwei Anlagen montiert, die Anschlüsse für eine dritte waren bereits vorhanden, sodass hier eine einfache Erweiterung durch den Einbau einer weiteren Anlage möglich war (Abb. 2).

Steuerungstechnik

Im bestehenden Schaltschrank war der Platz für die Steuerungstechnik bereits vorgesehen, insofern stellte die Erweiterung mit zusätzlichen Komponenten kein Problem dar. Neben den zusätzlich erforderlichen Komponenten für die neuen Anlagen wurde zur Erhöhung der Betriebssicherheit ein zweites Touchpanel mit integrierter SPS verbaut. Dieses Panel kann die SPS-Funktionen des Masters voll übernehmen, sodass auch bei Ausfall einer SPS die Anlage weiter betrieben werden kann. Alle wesentlichen Komponenten sind mittels Profibus DP mit der zentralen Prozesssteuerung verbunden.

Sund kommune

In der auf der gleichen Inselgruppe gelegenen Sund kommune wurde zur Verbesserung der Versorgung mit Trinkwasser bereits im Jahre 2005 ein neues Wasserwerk errichtet (Abb. 3), welches für eine Wasserproduktionsmenge von maximal $150 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegt war. Eine spätere Erweiterung war zwar angedacht, aber nur bei der Rohwasserpumpstation auch berücksichtigt worden, da der Zeitraum für die Erweiterung seinerzeit noch nicht absehbar war.

Der Entschluss zur Erweiterung fiel kurzfristig im Jahre 2014 aufgrund gestiegenen Wasserbedarfes. Als Rohwasser findet auch hier Oberflächenwasser aus einem neben der Wasseraufbereitungsanlage liegenden Binnensee Verwendung.

Rohwasserförderung

Die Wasseraufbereitungsanlage wurde ca. 50 m vom See entfernt in einer Geländehöhe von 6 m über dem Wasserspiegel errichtet. Die Rohwasserentnahme erfolgt über eine Seewasserleitung, über die das Rohwasser im geodätischen Gefälle in einen vorgefertigten Edelstahl-Pumpenschacht geführt wird. Der einem Tiefbrunnen gleichende, einbaufertig angelieferte Pumpenschacht vereinfachte die Montage des Pumpwerks im überfluteten Bereich des Sees erheblich. Das Pumpwerk ist mit drei drehzahlgeregelten Tauchmotorpumpen ausgestattet. Im Normalbetrieb beträgt die maximale Fördermenge max. 150 m³/h. Das geförderte Rohwasser wird in drei Leitungen direkt zu den zugeordneten Filteranlagen geführt, dabei können je nach Wasserbedarf bis zu drei Pumpen zugeschaltet werden. Die Pumpstation zur Rohwasserförderung wurde bereits im ersten Ausbauschnitt für vier Pumpen ausgelegt und musste damit nicht erweitert, sondern nur mit einer zusätzlichen Tauchmotorpumpe und der zugehörigen Installation ausgerüstet werden. Die Pumpendruckleitung zwischen Pumpstation und Wasseraufbereitungsanlage war ebenfalls bereits verlegt und bis in das Gebäudeinnere geführt. Vorteil der Lösung mit getrennten Pumpendruckleitungen und Zuführpumpen ist, dass eine hohe Sicherheit in Bezug auf einen möglichen Rohrleitungsbruch besteht. Zusätzlich kann aufgrund der Mengenregelung der Brunnenpumpen mittels Frequenzumformer der Durchsatz jeder Anlage individuell eingestellt werden.

Wasseraufbereitungssystem

Das bestehende Wasseraufbereitungssystem beinhaltet drei parallele Aufbereitungslinien, wobei jede Linie zwei prozesswassergekühlte Plattenozonerzeuger mit integriertem hochwirksamen Ozoninmischsystem, zwei vertikale Ozonreaktionstanks sowie einen nachgeschalteten Abstromfilter (D = 2.800 mm und H = 4.000 mm) mit Filterbehälter aus Edelstahl für die Biofiltration beinhaltet. Der für die Erweiterung um eine zusätzliche Filteranlage (D = 3.200 mm und H = 4.000 mm) erforderliche Platz war im bestehenden Gebäude nicht vorhanden. Aus diesem Grunde musste ein seitlicher Anbau realisiert werden. Hierzu wurde das Gebäude in Längsrichtung erweitert (Abb. 4) und mittels Durchbrüchen eine Verbindung zum Bestand hergestellt. Für die Rohrleitungsanschlüsse wurden Kernbohrungen gesetzt.



Abb. 3 – Bestandsgebäude (Baujahr 2005)



Abb. 4 – Gebäude in der Erweiterungsphase

Ozonsystem

Die bestehenden Anlagen nutzen zur Ozonerzeugung je zwei prozesswassergekühlte und in das hydraulische System integrierte Plattenozonerzeuger, welche mit Sauerstoff als Feedgas beschickt werden. Bei der Dimensionierung des PSA-Systems zur Sauerstofferzeugung war die zusätzlich erforderliche Sauerstoffmenge bereits berücksichtigt worden. Eine Erweiterung dieses System war deshalb nicht notwendig. Das Ozonsystem musste aber entsprechend der Kapazitätserhöhung mit einer zusätzlichen Ozonstufe ausgerüstet werden. Hier wurde ein hocheffizientes

HydroGroup-Schranksystem mit vier unabhängig arbeitenden Plasma-Ozonerzeugermodulen eingesetzt. Die Produktionsmenge des luftgekühlten Systems beträgt 400 g/h bei einer Konzentration von 7 - 8 % (wt). Jedes Modul ist mit einem Massflow-Controller zur Durchflussmessung und -regelung ausgestattet. Somit kann der Sauerstofffluss genau an die jeweils betrieblich erforderliche Ozonmenge angepasst bzw. das System mit konstanter Ozonkonzentration gefahren werden. Ein weiterer Vorteil der neuartigen und vollelektronisch gesteuerten Module ist, dass jedes Modul im Bereich



◀ Abb. 5 – Erweiterung des Bauwerks im Winter

▼ Abb. 6 – Einbringung des Filtertanks ins Gebäude



von 0 – 100 % betrieben werden kann. Normalerweise arbeiten die Anlagen im Niederdruckbereich, es kann aber objektspezifisch auch mit Drücken bis zu mehreren bar gearbeitet werden. Mit älteren Ozonproduktionssystemen ist das nicht ohne weiteres möglich. Die luftgekühlten Systeme haben ferner den Vorteil, dass kein Kühlwassersystem erforderlich ist und auch kein Kühlwasser anfällt. Luftgekühlte Anlagen werden für Ozonleistungen bis zu 720 g/h hergestellt.

UV-System

Das bestehende UV-Anlagensystem bestand aus insgesamt zwei Linien, die so dimensioniert waren, dass im Normalbetrieb die Leistung einer Anlage ausreichend war. Eine betriebliche Reserve war nicht vorhanden, sodass hier das ganze UV-Anlagensystem erneuert und an die um 60 m³/h erhöhte Aufbereitungsleistung angepasst werden musste. Diese Arbeiten wurden in einem separaten Schritt vorgezogen, um zu gewährleisten, dass es infolge von Arbeiten am System zu keinen Beeinträchtigungen der Wasserqualität kommen konnte. Neu installiert wurden zwei UV-Anlagen Fabrikat Wedeco, Typ LBX 400 e.

Steuerungstechnik

Im Gegensatz zu den bestehenden Anlagen mit elektrobetriebenen Armaturen wurde das neue System mit druckluftbetriebenen und über AS-Bussystem angesteuerten Armaturen ausgerüstet. Der Verkabelungsaufwand wurde dadurch

drastisch reduziert und ein möglicher Klappentausch kann im Bedarfsfall ohne besondere Kenntnisse ausgeführt werden. Die komplette zusätzliche Schaltanlage wurde im neuen Gebäude installiert. Eine besondere Herausforderung war die Migration der bestehenden SPS-Software auf Basis Windows XP auf Windows 7.

Eidfjord kommune

Im zur norwegischen Eidfjord kommune gehörenden Ort Sysendalen wurde zur Verbesserung der bestehenden Trinkwasserversorgung ebenfalls im Jahre 2005 ein neues Wasserwerk mit einer Ozon-Biofiltrationsanlage errichtet. Das Wasserwerk wurde zum damaligen Zeitpunkt für eine Wasserproduktionsmenge von max. 27 m³/h dimensioniert, eine spätere Erweiterung war nicht vorgesehen und nicht erwartet worden. Aufgrund der Vergrößerung des Versorgungsgebietes beschloss man im Jahre 2014 eine Erweiterung in zwei Stufen, da nun bereits absehbar war, dass die Erschließung und damit der Wasserbedarf auch in absehbarer Zeit erneut erhöht werden muss. Als Rohwasser wird hier ebenfalls Oberflächenwasser aus einem großen Stausee verwendet, dessen Hauptzweck die Stromerzeugung ist. Aus diesem Grunde sind die Wasserspiegelschwankungen groß, was sich auch auf die Rohwasserqualität auswirkt

Rohwasserförderung

Das Rohwasser läuft der Anlage mit einem Druck bis zu 10 bar direkt aus dem Stau-

see zu. Die Kapazität der Rohwasserleitung war deshalb für die Kapazitätserhöhung mehr als ausreichend groß bemessen. Durch ein motorbetriebenes Ventil kann der Zulauf im Havariefall automatisch abgesperrt werden. Die für die Wasseraufbereitung erforderliche Druckreduzierung auf ca. 1,5 bar erfolgt durch hydraulisch gesteuerte Druckminderventile mit vorgeschalteten Schmutzfängern, die jeweils auf den Wasserbedarf der zwei Aufbereitungslinien (Bestand und Neu) dimensioniert sind.

Wasseraufbereitungssystem

Gebäudetechnisch war bei dieser Anlage keine Erweiterung vorgesehen und der Platz bereits beim Bau minimiert worden. Direkt an das bestehende Gebäude anschließend musste deshalb ein neuer Gebäudetrakt angebaut werden, in dem die zwei zusätzlichen Filterlinien, die Ozonanlagentechnik mit zugehörigem PSA-System zur Sauerstoffherzeugung sowie die Schaltanlage untergebracht werden konnten. Der hereinbrechende strenge norwegische Winter erschwerte dabei den Bauprozess und sorgte zudem für Verzögerungen (Abb. 5).

Vor dem Verschließen des Daches wurden die im Werk vorgefertigten Edelstahlbehälter in das Gebäude eingebracht (Abb. 6).

Das im Endausbau aus drei parallelen Aufbereitungslinien bestehende System beinhaltet jeweils ein hochwirksames Ozonmischsystem mit vertikalen Ozonreaktionstanks sowie einen nachgeschal-

teten Abstomfilter (D = 1.600 mm und H = 4.000 mm) mit Filterbehältern aus Edelstahl für die Biofiltration.

In diesem Ausbauschnitt wurden zwar zwei Filteranlagen nachgerüstet, allerdings ist momentan nur eine Anlage zusätzlich zum Bestand in Betrieb genommen worden. Die dritte Anlage wird erst später zugeschaltet.

Ozonsystem

Die bestehende Anlage nutzte zur Ozonerzeugung noch getrocknete Prozessluft. Im Zuge der Anlagenerweiterung wurde das Ozonsystem komplett erneuert und die Anlagenkapazität um den zusätzlichen Ozonbedarf erweitert. Als Ozonsystem fungiert auch hier ein hocheffizientes HydroGroup-Schranksystem mit drei unabhängig arbeitenden Plasma-Ozonerzeugermodulen. Die Produktionsmenge des luftgekühlten Systems beträgt 360 g/h bei einer Konzentration von 5 % (wt). Jede Ozonerzeugerlinie ist mit einem Massflow-Controller zur Durchflussmessung und zur Durchflussregelung ausgestattet. Die Sauerstofferzeugung erfolgt auch in diesem Fall mittels neuem PSA-System in zwei unabhängigen Linien.

UV-System

Eine UV-Anlage war nicht vorhanden. Aus diesem Grunde wurde ein UV-System, bestehend aus zwei parallelen Anlagen Trojan UVSwift SC B08, nachgerüstet. Das Reinwasser im Zwischenbehälter aus Edelstahl wird mittels Druckerhöhungsanlage über die UV-Anlagen zum Hochbehälter bzw. ins Netz gepumpt.

Steuerungstechnik

Im Zuge der Umbaumaßnahmen fand eine komplette Erneuerung der Steuerungstechnik der Anlage statt. Hierbei wurde auch die Anbindung an die zentrale Leitstelle auf ein ethernetbasiertes Protokoll umgestellt. Zugleich wurden alle wesentlichen Automatik-Armaturen mit pneumatischen Antrieben und AS-Busansteuerung ausgerüstet.

Fazit

Zeichnet sich bereits bei der Planung einer Anlage deren mittel- oder kurzfristig erforderliche Erweiterung ab, so ist es sinnvoll, den entsprechenden Platzbedarf vorzuhalten und dies auch installations-technisch mit vorzusehen. Anlagenerweiterungen können so ohne zusätzliche Baumaßnahmen erheblich kostengünstiger realisiert werden, als bei einem nachträglichen Bau. Nachträgliche Bauarbeiten bergen auch immer das Risiko von Beeinträchtigungen des Regelbetriebes oder im schlimmsten Falle von Minderungen der Wasserqualität bis zum Anlagenausfall aufgrund einer Havarie. Wird eine Anlagenerweiterung bei der Gebäudeausführung vorgesehen, ist auch zu berücksichtigen bzw. zu klären, wie größere Komponenten (z. B. Filterbehälter) in das bereits fertiggestellte Gebäude eingebracht werden können.

Andererseits ist bei der Dimensionierung von Einzelkomponenten wie z. B. Ozonanlagen, PSA-Sauerstoffgeneratoren, Pumpen, Gebläsen etc. darauf zu achten, dass diese auch mit stark verminderter Leistung noch optimal betrieben

werden können. Oft sind hier mehrere kleinere Linien, die bedarfsorientiert zugeschaltet werden können, im Parallelbetrieb günstiger und besser zu handhaben als eine große Anlage oder Linie mit hoher Kapazität. Neben der Erhöhung der Redundanz und damit der Betriebssicherheit wird unter dem Strich meist weniger Energie verbraucht und die höheren Investitionskosten amortisieren sich dadurch in überschaubaren Zeitfenstern.

Neben redundant ausgeführten Anlagenkomponenten ist aber auch das Stromversorgungssystem in die Betrachtung mit einzubeziehen. Gegebenenfalls sind Netzersatzanlagen vorzuhalten, um auch bei Stromausfall die Wasserversorgung aufrecht erhalten zu können.

Autoren

Manfred Brugger
HydroGroup / Hydro-Elektrik GmbH
Angelestr. 48/50
88214 Ravensburg
Tel.: +49 751 6009-47
manfred.brugger@hydrogroup.de
www.hydrogroup.de

Thomas Gessler
HydroGroup / Hydro-Elektrik GmbH
Angelestr. 48/50
88214 Ravensburg
Tel.: +49 751 6009-46
thomas.gessler@hydrogroup.de
www.hydrogroup.de



Anzeige Sili
1/3 Seite quer