

Oberflächenwasseraufbereitung im Harz – Fallstudie Clausthal-Zellerfeld



Die Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld **beziehen ihr gesamtes Trinkwasser aus Oberflächengewässern**. Am Beispiel der Wasseraufbereitungsanlagen Hirschler Teich und Bockswieser Höhe wird in diesem Fachbeitrag aufgezeigt, wie mit Pilotversuchen die passende Verfahrenstechnik ermittelt wurde und – basierend auf den Ergebnissen – die Wasserwerke mit Ozon-Biofiltrations-Anlagen ausgerüstet wurden. Zusätzlich zur Reduktion von organischen Inhaltsstoffen (TOC/DOC), Trübstoffentfernung und Sicherstellung der mikrobiologischen Qualität **hat die Farbentfernung in diesen Anlagen eine zentrale Bedeutung**, da die Rohwasservorkommen insbesondere in den trockenen Sommermonaten eine stark gelblich-braune Verfärbung aufweisen. Dies gelingt **mit der gewählten Verfahrenstechnik sicher und mit minimalem Chemikalieneinsatz**. Für die Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld GmbH und die Bevölkerung entstanden zwei moderne Wasserwerke für eine zukunftssichere Wasserversorgung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser.

von: Dirk Schrader (R+P Ingenieure RINNE & Partner mbB), Thomas Herberger (Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld GmbH) & Christian Kiechle (Hydro-Elektrik GmbH/HydroGroup)

Die sichere Versorgung mit Trinkwasser ist eine elementare Aufgabe der Daseinsvorsorge. Die Qualität des an die Bevölkerung abgegebenen Trinkwassers wird in Deutschland durch die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vorgegeben, deren über-

arbeitete und aktuell gültige Fassung am 23. Juni 2023 veröffentlicht wurde. Die Aufgaben und Herausforderungen bei der Trinkwasserversorgung sind lokal sehr unterschiedlich. Insbesondere die Rohwasserqualität ist entscheidend für die erforderlichen Aufbereitungsverfahren

und dabei spielt die Herkunft des Wassers eine wichtige Rolle. In Deutschland wird ein Großteil des Trinkwassers aus Grundwasser gewonnen, welches sich meist durch eine gute mikrobiologische und chemische Qualität auszeichnet. Organische Belastungen oder Fär-



Abb. 1: Luftaufnahme des Hirschler Teich zu Beginn der Arbeiten am Neubau des Wasserwerks

Quelle: Hydro-Elektrik GmbH

hierbei insbesondere Talsperren eine wichtige Rolle, die zusätzlich dem Hochwasserschutz dienen und die Wasserversorgung auch in längeren Trockenperioden sicherstellen können.

Ausgangslage und Start der Maßnahmen

Bei den in diesem Bericht vorgestellten Anlagen handelt es sich um zwei Aufbereitungsstandorte der Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld, die das Rohwasser aus Talsperren entnehmen. Die Talsperren wurden im 17. bzw. 18. Jahrhundert von Bergleuten errichtet und seit Anfang des 20. Jahrhunderts zur Trinkwassergewinnung genutzt.

Die Abbildung 1 zeigt ein Bild der Talsperre Hirschler Teich. Durch umliegende Wälder, ein relativ geringes Speichervolumen und die Bodenbeschaffenheit im Einzugsgebiet zeigt das Rohwasser Färbung, Trübstoffe und erhöhte Gehalte an organischen Inhaltsstoffen (TOC/DOC). **Tabelle 1** stellt die Rohwasserwerte aus der Pilotierung an beiden Standorten dar.

Die bestehenden Wasserwerke an den beiden Standorten Hirschler Teich und Bockswieser Höhe hatten vermehrt

Schwierigkeiten mit Grenzwertüberschreitungen insbesondere hinsichtlich der mikrobiologischen Qualität. Die Anlagentechnik war in die Jahre gekommen und trotz eines hohen Chemieeinsatzes für Fällung, Flockung und Desinfektion konnten die Probleme nicht zufriedenstellend beseitigt werden. Teilsanierungsmaßnahmen im Bestand zeigten ebenfalls keine nennenswerten Verbesserungen.

Die Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld entschieden sich vor diesem Hintergrund, gemeinsam mit dem Ingenieurbüro RINNE & Partner mbB die Aufbereitung an beiden Standorten neu zu planen und zu bauen. Ziel war es, eine zuverlässige und nachhaltige Lösung für die zukünftige Trinkwasseraufbereitung zu gestalten. Schwankende und teils sehr herausfordernde Rohwasserzusammensetzung legten nahe, vor dem Bau der neuen Wasserwerke das Verfahren im Rahmen einer Pilotierung zu testen. Die Hauptaufgaben des neuen Verfahrens bestehen aus der Sicherstellung der mikrobiologischen Qualität, der Farbentfernung, der Entfernung von TOC/DOC zur Verringerung des Nährstoffangebots und einer Aufhärtung zur Stabilisierung des pH-Wertes sowie der korrosionschemischen Eigenschaften. ▶

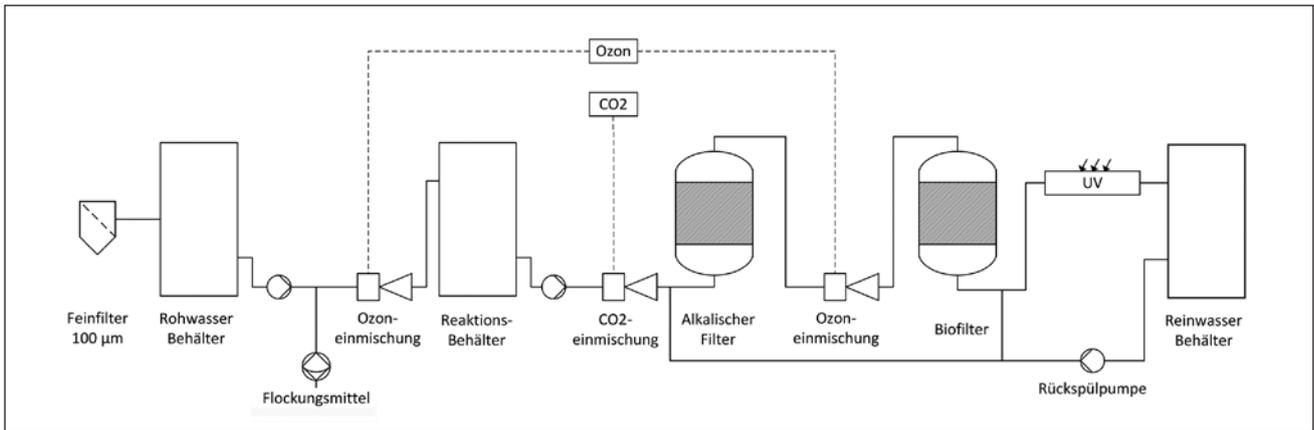
bungen spielen bei Grundwasser eher selten eine Rolle, da das Wasser durch mehrere Bodenschichten filtriert und somit bereits durch natürliche Prozesse vorgereinigt ist. Die Qualität des Grundwassers hängt daher von den Bodenpassagen ab, durch die das Wasser in den Grundwasserleiter gelangt.

Bei der Verwendung von Oberflächenwasser aus Seen, Talsperren oder Flüssen können mikrobielle Verunreinigungen, organische Belastungen und Färbungen häufiger Herausforderungen sein, denen mit der passenden Verfahrenstechnik begegnet werden muss. Laut Statistischem Bundesamt wurden 2019 aus See- und Talsperrenwasser 12,6 Prozent und aus Flusswasser 1,2 Prozent der Trinkwassergewinnung gespeist. Oberflächenwasser ist damit nach Grundwasser die zweitwichtigste Quelle für die Trinkwasserversorgung [1]. Im Harz spielen

Tab. 1: Übersicht über die Rohwasserwerte während der Pilotierung (Schwankungsbreite Minimum/Maximum)

Parameter	Einheit	Hirschler Teich	Bockswieser Höhe
Trübung	NTU	0,1-4,9	0,5-0,9
SAK 436	1/m	0,05-1,77	0,39-0,43
SAK 254	1/m	2,11-24,3	8,72-9,47
TOC	mg/l	1,9-7,4	4,2-4,5
pH	-	4,91-7,07	6,69-7,07
elektrische Leitfähigkeit (25 °C)	µS/cm	106-193	54-58
Eisen	mg/l	0,08-1,10	0,06-0,09
Mangan	mg/l	0,08-0,29	0,05-0,08
Härte	° dH	1,4-1,7	0,9-1,0
Koloniezahl 20 °C	KBE/ml	4-300	35-77
Koloniezahl 36 °C	KBE/ml	3-40	13-33
<i>E. coli</i>	KBE/100ml	0-3	2-14
<i>Coliforme</i>	KBE/100ml	0-20	32-70

Quelle: Hydro-Elektrik GmbH



Quelle: Hydro-Elektrik GmbH

Abb. 2: Blockfließbild der Pilotanlage

Auswahl des Aufbereitungsverfahrens

Die bräunliche Färbung des Rohwassers ist im Wesentlichen auf Huminstoffe, also gelöste organische Substanzen, zurückzuführen. Im Wesentlichen stehen zur Reduktion der Färbung und des DOC drei Verfahren zur Auswahl:

- Fällung/Flockung gelöster Organik mithilfe von Fällmitteldosierung und anschließender Sedimentation oder Filtration über Mehrschichtfilter
- Membranverfahren Nanofiltration oder Niederdruck-Umkehrosiose
- Ozon-Biofiltration

Die Fällung/Flockung gelöster Organik ist ein Prozess, der häufig angewendet wird. Allerdings ist mit relativ hohem Chemikalienverbrauch und hohem Aufwand für die Schlammbehandlung zu rechnen. Ebenfalls nachteilig ist die geringe Mineralisierung des Oberflächenwassers.

Der Einsatz von Membranverfahren hat an den beiden Standorten der Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld zwei Nachteile: die Entsorgung des anfallenden Retentats hätte Probleme bereitet, zusätzlich hat das Oberflächenwasser ein hohes Foulingpotenzial (Organik). Mit einer Kombination aus Ultrafiltration (UF) und Umkehrosiose könnte dieser Herausforderung zwar begegnet werden, allerdings ist auch dann mit entsprechendem chemikalienunterstütztem Reinigungsaufwand in der UF zu rechnen und das Problem der Retentatentsorgung besteht weiterhin. Des Weiteren birgt das Wasser vom Hirschler Teich mit Eisengehalten von bis zu 1,1 mg/l das Risiko für Eisenfouling in den Membrananlagen.

Das Verfahren der Ozon-Biofiltration mit vorgeschalteter Flockung und Aufhärtung hat sich in den letzten 20 Jahren erfolgreich für die Behandlung huminstoffhaltiger Oberflächenwässer etabliert. Entsprechende Anlagen in

Norwegen und Deutschland liefern zuverlässig gute Trinkwasserqualität. Verschiedene Veröffentlichungen beschreiben die theoretischen Grundlagen und Praxiserfahrungen [2–4]. Letztlich ist es eine Verfahrenskombination, mit der ein Teil des DOC und die Trübstoffe mithilfe von Flockungsmitteln aus dem Rohwasser entfernt wird. Durch das Ozon werden farbgebende organische Moleküle gespalten und das Wasser somit entfärbt. Die Spaltung ermöglicht außerdem einen teilweisen biologischen Abbau von DOC, da die kurzkettigeren Organika besser bioverfügbar sind. Die Kombination aus der Aufspaltung des DOC, dem biologischem Abbau und der Flockung führt zu einer deutlichen Reduzierung des Flockungsmittelverbrauchs, da nicht der gesamte DOC mithilfe der Flockung entfernt wird. Auch hinsichtlich Spülwasserbedarf und Schlammfall bietet diese Verfahrenskombination deutliche Vorteile.

Betreiber und Ingenieurbüro haben in dem konkreten Fall entschieden, dass an beiden Standorten eine Pilotierung mit der Ozon-Biofiltration durchgeführt werden soll. Im Rahmen der Pilotierung war die grundsätzliche Eignung des in Norwegen bereits erfolgreich praktizierten Verfahrens nachzuweisen und es sollte eine gute Dimensionierungsgrundlage für die Großanlagen ermittelt werden.

Die Pilotanlage wurde als kompakte Container-Anlage von der Firma Hydro-Elektrik GmbH gebaut. Die Pilotierung erfolgte gemeinsam mit dem Betreiber im Jahr 2021 von Juni bis Oktober am Hirschler Teich und von Oktober bis No-

Abb. 3: Rohwasser (links) und Reinwasser während der Pilotierung am Hirschler Teich im September 2021



Quelle: Hydro-Elektrik GmbH

vember am Standort Bockswieser Höhe (Rohwasser aus Kellerhals Teich). Die Verfahrensstufen wurden vergleichbar zu bereits erfolgreich realisierten Anlagen gewählt. Im Rahmen der Pilotierung wurden unterschiedliche Prozessparameter variiert und das Anlagenkonzept der Pilotanlage an die Anforderungen des Testbetriebs angepasst. **Abbildung 2** zeigt die finale Konfiguration, mit der stabil hervorragendes Trinkwasser erzeugt werden konnte. Einen visuellen Eindruck im Hinblick auf die Farbentfernung gibt **Abbildung 3**.

Bauausführung und Auslegung

Nachdem mit der Pilotanlage die Eignung des Verfahrens nachgewiesen worden war, erfolgte die Planung und Ausschreibung für den Neubau der beiden Wasserwerke. In die Planung flossen die Erkenntnisse aus der Pilotierung ein.

Für beide neuen Wasserwerke wurden baugleiche Anlagen geplant. Diese Tat-

sache und die enge Kooperation zwischen Betreiber, Ingenieurbüro und Anlagenhersteller ermöglichte eine sehr schnelle Realisierung der beiden Neubauten. Planungsbeginn war unmittelbar nach dem Abschluss der Pilotversuche im Oktober 2021. Trotz Herausforderungen durch Lieferengpässe konnte die Inbetriebnahme des ersten Wasserwerks bereits im Mai 2023 erfolgen.

Die Wasserwerke bestehen aus drei parallelen Aufbereitungslinien mit einer Leistung von je 30 bis 45 m³/h. Als erster Bestandteil der neuen Wasseraufbereitung wurde die alte Rohwasserentnahme am Hirschler Teich optimiert. Die bestehende Fassung lag zu nahe am Teichgrund, wodurch immer wieder erhöhte Schmutzfrachten zum Wasserwerk gelangten. Aufgrund des Alters der Anlage gab es keine exakten Pläne zur Lage der Rohwasserentnahme. Mithilfe von Tauchern wurde deshalb zunächst die Position bestimmt und festgestellt, dass eine Neupositionierung erforder-

lich ist, um zukünftig schon bei der Entnahme unnötige Schmutzfrachten zu vermeiden.

Die erste Aufbereitungsstufe im neuen Wasserwerk ist ein automatisch rückspülbarer Feinfilter mit einer Spaltweite von 100 Mikrometern, der die nachfolgenden Stufen schützt. Rohwasserpumpen mit Frequenzumformern fördern das Wasser durch die beiden Filterstufen und die UV-Anlage in den Reinwasserbehälter. Vor der ersten Filterstufe findet die Voroxidation mit Ozon statt, bei der zum einen bereits ein Teil der organischen farbgebenden Substanzen oxidiert wird, zum anderen auch metallische Bestandteile wie Eisen und Mangan. Um eine Anpassung der Voroxidation an schwankende Rohwasserzusammensetzungen zu ermöglichen, ist die Ozondosis im Bereich von 0,3 bis 3 g/m³ sehr exakt regelbar. Im nachfolgenden Aufstromfilter mit einer Calciumcarbonat-Schüttung wird das sehr weiche Rohwasser aufgehärtet und Trübstoffe abfiltriert. Die Aufhärtung ▶

swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS



CHEMATEST 42

verlässlich – benutzerfreundlich – robust

- Vorkalibriert ab Werk – ideal für die Messung tiefer Trübungswerte ab 0.01 NTU
- Die vorgegebene Küvettenpositionierung ermöglicht eine robuste, genaue und reproduzierbare Analyse
- Das herausnehmbare Küvetten Modul unterstützt eine fehlerfreie, einfache Messroutine

Swan Analytische Instrumente AG · CH-8340 Hinwil
www.swaninstruments.ch
swan@swan.ch

SWISS  MADE





Abb. 4: Filterbehälter des neuen Wasserwerks

wird durch eine vorheriger Zugabe von Kohlendioxid unterstützt und eine Flockungsmitteldosierung verbessert den Trübungsrückhalt. Vor der zweiten Filterstufe ist eine weitere Ozondosierung installiert, die ebenfalls zwischen 0,3 und 3 g/m³ Ozon regelbar ist. Dadurch werden weitere Bestandteile des DOC aufgespalten. Die Spaltung von organischen Molekülen entfernt die Färbung und erhöht den Anteil an bioverfügbarem organischem Kohlenstoff (engl.: biodegradable dissolved organic carbon, kurz: BDOC). Aus diesem Grund ist die zweite Filterstufe als Biofilter ausgeführt. Die oberste Filterschicht, bestehend aus Filterkohle, dient zum Abbau von Restozon, um in den darauffolgenden Schichten eine Besiedlung des Filtermaterials mit Mikroorganismen zu ermöglichen. Diese Mikroorganismen verstoffwechseln die abbaubaren gelösten organischen Substanzen. Abschließend sorgt eine UV-Anlage für eine Desinfektion, bevor das behandelte Wasser in den Reinwasserspeicher gelangt.

Das gesamte Anlagenkonzept ist entsprechend dem Stand der Technik mit

Online-Messtechnik und einem modernen Automatisierungskonzept ausgestattet. Alle für den Betrieb der Anlage relevanten Prozessparameter wie Druck, Durchfluss und Füllstand werden an aussagekräftigen Messstellen erfasst und gespeichert. Zusätzlich sind Online-Messungen für die Qualitätsparameter Leitfähigkeit, Trübung, pH-Wert, Temperatur und CO₂-Gehalt im Roh- und Reinwasser installiert.

Bei der Inbetriebnahme einer Ozon-Biofiltration ist zu beachten, dass der Prozess eine gewisse Einfahrphase benötigt. Im Biofilter muss sich die an das jeweilige Rohwasser angepasste Mikrobiologie ansiedeln, etablieren und einen stabilen Biofilm bilden. In dieser Startphase sollte das produzierte Wasser verworfen werden. Sobald das Reinwasser nach der Biofiltration stabile mikrobiologische Werte aufweist, kann es nach entsprechender Abstimmung und Freigabe durch das Gesundheitsamt in das Netz eingespeist werden. Auch bei keimfreiem Reinwasser am Wasserwerksausgang empfiehlt es sich, zu Beginn der Netzeinspeisung dem Reinwasser Chlor



Abb. 5: Innenaufnahme des Reinwassertanks bei der Inbetriebnahme der neuen Ozonbiofiltration

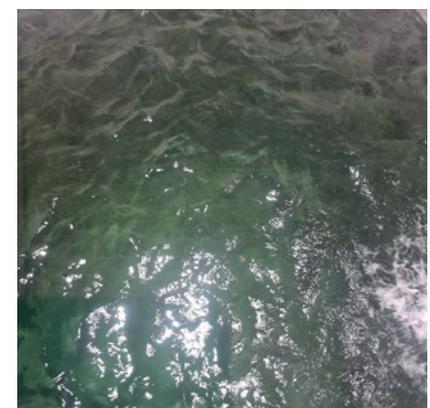


Abb. 6: Reinwasser der alten Aufbereitungsanlage vor der Inbetriebnahme der Ozonbiofiltration

oder ein anderes Desinfektionsmittel mit Depotwirkung zuzudosieren. Das mit Ozonbiofiltration aufbereitete Was-

Tab. 2: Auszug der Wasserwerte des Wasserwerks Hirschler Teich (Proben am 31. März 2023)

Parameter	Einheit	Rohwasser	Reinwasser
SAK 436	1/m	1,29	< 0,05
SAK 254	1/m	18,1	2,35
DOC	mg/l	4,8	1,9

ser stellt eine Veränderung der Wasserchemie im Versorgungsnetz dar. Dadurch kann es zu Beginn der Einspeisung zur Erhöhung von Keimzahlen im Netz kommen, wenn keine entsprechende Desinfektion erfolgt. Die Dosierung kann in der Startphase der Netzeinspeisung schrittweise reduziert werden und nach einigen Wochen komplett entfallen.

Diese Vorgehensweise zur Inbetriebnahme und Netzeinspeisung wurde auch im hier beschriebenen Fall der Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld in Abstimmung mit dem Betreiber und dem zuständigen Gesundheitsamt umgesetzt. Am 22. Mai 2023 konnte die Netzeinspeisung freigegeben werden. Im Anschluss folgte weiterhin ein intensiveres Monitoring insbesondere der mikrobiologischen Parameter. Nachdem sich diese stabil zeigten, wird die Anlage seitdem im Regelbetrieb mit den üblichen Beprobungsintervallen betrieben. Die **Abbildungen 4, 5 und 6** sowie **Tabelle 2** geben einen Eindruck von der Inbetriebnahme und der Leistungsfähigkeit der neuen

Trinkwasseraufbereitung am Hirschler Teich.

Zusammenfassung und Fazit

Der Neubau von zwei Wasserwerken im Harz zur Aufbereitung von Oberflächenwasser aus Talsperren war aufgrund in die Jahre gekommener Bestandsanlagen dringend nötig. Nach erfolgreicher Pilotierung mit einer Ozon-Biofiltration wurde in extrem kurzer Projektlaufzeit der Bau realisiert und die erste der beiden Anlagen versorgt bereits zuverlässig die örtliche Bevölkerung mit klarem und hygienisch einwandfreiem Wasser. Dieser Anwendungsfall zeigt, dass die bereits seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzte Verfahrenskombination aus Aufhärtung und Ozonbiofiltration eine ressourcenschonende Lösung zur sicheren Trinkwasserversorgung darstellen kann. ■

Literatur

[1] Umweltbundesamt: Grundwasser ist wichtigste Trinkwasserressource. Online unter www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/

oeffentliche-wasserversorgung#grundwasser-ist-wichtigste-trinkwasserressource, abgerufen am 10. August 2023.

[2] Brugger, M.: Aufbereitung huminstoffhaltiger Wässer mit Ozon-Biofiltration, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 4/2006.

[3] Brugger, M.: Ozon-Biofiltrationsprozesse in Deutschland und Norwegen, in: gwf-Wasser|Abwasser, Ausgabe 2/2022.

[4] Odegaard, H.: Ozonation/biofiltration for treatment of humic surface water, in: N. J. Rolf Gimbel: Recent Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration Processes, S. 397-405, London 2006.

Die Autoren

Dirk Schrader ist Geschäftsführer, Partner und beratender Ingenieur im Bereich Technologie und Umwelt zur Wasserversorgung bei der R+P Ingenieure RINNE & PARTNER mbB.

Thomas Herberger ist technischer Leiter und Netzmeister Gas und Wasser bei der Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld GmbH.

Christian Kiechle ist Vertriebsingenieur und Produktmanager Trinkwasseraufbereitung bei der Hydro-Elektrik GmbH/HydroGroup.

Kontakt:

Christian Kiechle
Hydro-Elektrik GmbH/HydroGroup
Angelestr. 48/50
88214 Ravensburg
Tel.: 0751 6009-45
E-Mail: christian.kiechle@hydro-elektrik.de
Internet: www.hydrogroup.de

1/3 Seite quer (Kunde: Huber)