



EMV-KOMBIVERFAHREN AUF DER ARA ALTENRHEIN

FAZIT NACH FÜNF BETRIEBSJAHREN

2019 nahm die ARA Altenrhein das erste Kombinationsverfahren mit Ozonung und Filtration mit granulierter Aktivkohle zur Spurenstoffelimination in Betrieb. Die ersten fünf Betriebsjahre zeigen, dass die ursprünglichen Erwartungen an das Verfahren erreicht oder übertroffen wurden. So erreicht die Anlage bei geringem Betriebsaufwand nach wie vor hohe Spurenstoff-Abbauleistungen.

*Ueli Thalmann, Kuster + Hager Ingenieurbüro AG, St. Gallen
Christoph Egli, Abwasserverband Altenrhein*

RÉSUMÉ

PROCÉDURE COMBINÉE D'ÉLIMINATION DES MICROPOLLUANTS À LA STEP D'ALTENRHEIN – BILAN APRÈS CINQ ANNÉES D'EXPLOITATION

En 2019, l'association d'épuration des eaux usées d'Altenrhein a mis en service une procédure combinée d'ozonation et de filtration au charbon actif granulé (CAG) pour éliminer les micropolluants – une première à l'époque. L'installation est conçue pour un traitement de flux partiel jusqu'à une quantité d'eau de 470 l/s, ce qui correspond environ à $2,5 Q_{TW}$ (débit par temps sec) ou $0,5 Q_{Dim,STEP}$ (débit maximal de la STEP).

Les attentes envers l'installation ont été pour la plupart dépassées au cours des cinq premières années d'exploitation. Avec un dosage d'ozone d'environ $0,1 \text{ mgO}_3/\text{mgDOC}$ et un âge de CAG d'environ 63 000 volumes de lit, les conditions de déversement peuvent encore être respectées. Les charges d'exploitation de l'installation représentent en moyenne une énergie d'environ $0,55\text{--}0,77 \text{ kWh}$ et entre 7,9 et $10,5 \text{ g}$ d'oxygène liquide par mètre cube d'eaux usées traitées. L'investissement en personnel est en moyenne de sept heures par semaine (sans remplacement du CAG). Jusqu'ici, aucune régénération de CAG n'a été effectuée.

VON DER IDEE ZUR ANLAGE

AUSGANGSLAGE ARA ALTENRHEIN

Die ARA Altenrhein ist auf 120 000 EW_{CSB} ausgelegt, bei Regenwetter reinigt sie eine maximale Abwassermenge von rund 1000 l/s (ca. $4\text{--}5 Q_{TW}$). Etwa zwei Drittel werden mittels Belebtschlammverfahren und ein Drittel mittels Biofiltrationsverfahren gereinigt. Das gereinigte Abwasser wird in den Alten Rhein kurz vor dessen Mündung in den Bodensee eingeleitet. Dieser dient als Trinkwasserressource für rund 5 Mio. Menschen in Deutschland und in der Schweiz.

Auch in der nahe der Einmündung des Alten Rheins gelegenen Rorschacher Bucht bestehen Wasserentnahmen zur Nutzung als Trinkwasser. Der Abwasserverband Altenrhein (AVA) hat sich deshalb schon früh mit dem Thema «Elimination von Spurenstoffen» auseinandergesetzt. So wurden bereits 2013 ein Variantenstudium zur Verfahrenswahl, Ozoneignungsversuche sowie Ökotoxizitätstests durchgeführt, um die Eignung einer Ozonung abzuklären. Die Bestvarianten «Ozonung und Sandfilter» sowie «Ozonung und GAK-Filter» sind anschliessend weiter untersucht worden. Die Ergebnisse von Pilotversuchen und Algentoxizitätstests mit dem Abwasser von Altenrhein gaben dann im Jahr 2015 den Ausschlag zugunsten des Kombinationsverfahrens «Ozonung und Filtration mit granulierter Aktivkohle (GAK-Filter)».

Kontakt: U. Thalmann, ueli.thalmann@kuster-hager.ch

Im Jahr 2016, als auch die revidierten Gewässerschutzverordnung (GSchV) in Kraft trat, erfolgte der Baustart. Parallel zum Bau der grosstechnischen Anlage wurde eine Pilotanlage zur Bestimmung der optimalen GAK realisiert und betrieben. Die grosstechnische Anlage wurde im Sommer 2019 in Betrieb genommen.

ANNAHMEN, MODELLE UND VERSUCHE

Indem die Anlage im Kombinationsverfahren die erste ihrer Art war, mussten für den Bau verschiedene technische und betriebliche Fragestellungen basierend

auf Annahmen, Modellrechnungen und Pilotversuchen soweit möglich beantwortet werden.

WAS VON DER ANLAGE ERWARTET WURDE

An das Kombinationsverfahren wurden folgende Erwartungen gestellt:

- Grössere Reduktion der Algentoxizität des Abwassers mit kleinerer Ozondosis im Vergleich zum Verfahren mit Sandfilter als Nachbehandlungsstufe.
- Breitbandwirkung des Kombinationsverfahrens: Ein Teil der Spurenstoffe reagiert besser in der Ozonung, andere

lassen sich besser durch die Adsorption im GAK-Filter eliminieren. Dadurch sollte auch dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die zwölf zur Überwachung analysierten Leitsubstanzen nur einen Bruchteil der real existierenden Spurenstoff-Verbindungen ausmachen.

- Geringe Ozondosis (deutlich kleiner als 0,5–0,8 gO₃/gDOC wie die damals noch gängige Dimensionierungsbasis für Ozon/Sandfilter-Verfahren) und dadurch geringeres Risiko der Bildung von unerwünschten Oxidationsnebenprodukten.
- Betrieb des GAK-Filters als bioaktiver GAK-Filter. Durch die Koppelung dieser Effekte wurden vergleichbare Betriebskosten mit anderweitigen Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen (EMV) erwartet.
- Mittleres Szenario GAK-Standzeit bis zu einer Regeneration von 45 000 Bettvolumina (BV). Als «best case» wurde von 60 000 BV ausgegangen.
- Bau der Anlage als Teilstromverfahren mit $Q_{\text{Dim,EMV}} = \text{ca. } 2,5 Q_{\text{TW}}$, womit rechnerisch ca. 90% der jährlichen Abwassermenge behandelt würde.

DIE ANLAGE IM DETAIL

AUFBAU UND AUSRÜSTUNG

Die EMV-Stufe ist beim bestehenden Ablaufkanal nach der Dyna-Sandfiltration im «Nebenschluss» angeordnet (Fig. 1 und 2). Bis zu einer Abwassermenge von ca. $2,5 Q_{\text{TW}}$ (470 l/s) wird sämtliches Abwasser über die EMV-Stufe geführt. Im

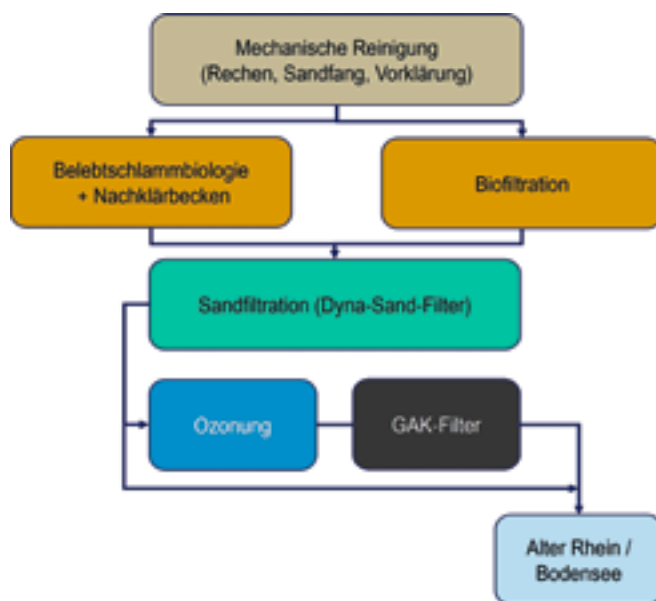


Fig. 1 Vereinfachtes Fließschema der Abwasserstrasse der ARA Altenrhein.

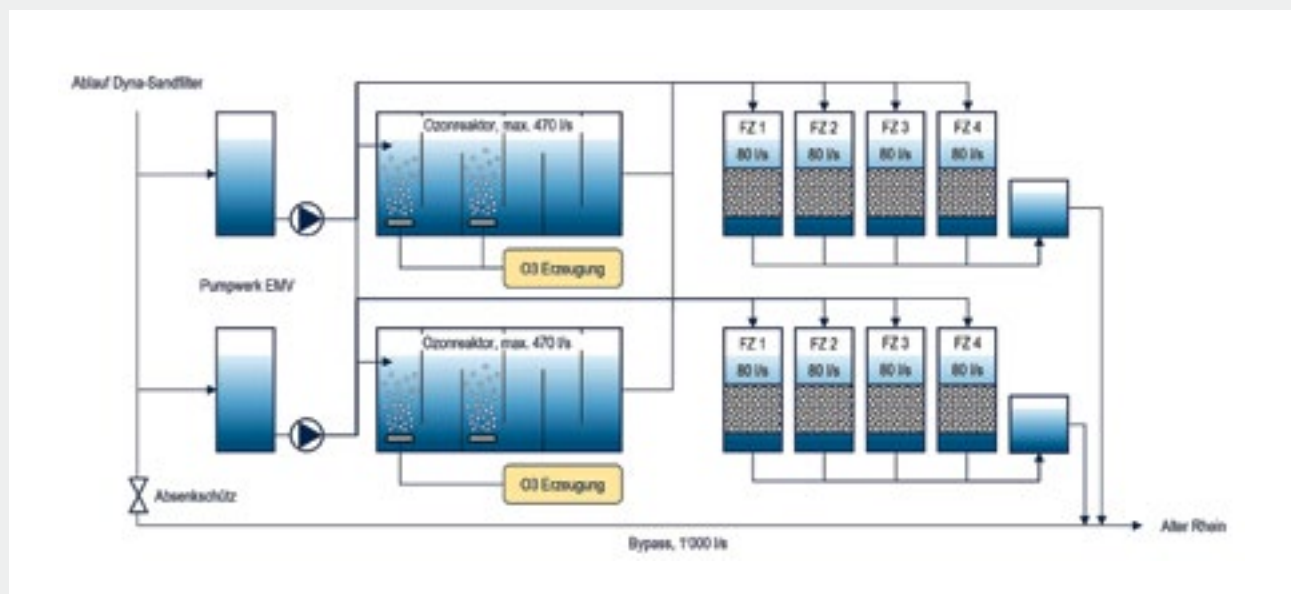


Fig. 2 Fließschema der EMV-Stufe.

Fall von Regenereignissen wird das darüber hinaus anfallende Abwasser an der Stufe vorbeigeführt (Fig. 1).

Die Anlage ist komplett zweisträssig aufgebaut, wird aber im Regelfall einsträssig betrieben (Fig. 2). Dadurch wäre ein späterer Ausbau auf eine Vollstrombehandlung grundsätzlich möglich. Das Abwasser wird aus der Pumpenvorlage (beide Teilvorlagen kombiniert) auf den jeweils aktiven Ozonreaktor gefördert (zweiter Reaktor Standby). In zwei Eintragsrampen eines Diffusorsystems erfolgt die Ozondosierung. Anschliessend wird das Abwasser gleichmässig auf alle aktiven Filterzellen verteilt.

ÜBERWACHUNG

Nebst der üblichen abwasser- und sicherheitstechnischen Messtechnik wird die EMV-Stufe wie folgt überwacht:

- 3 automatische Probennehmer im Zulauf EMV, Ablauf Ozonung und im Ablauf ARA (Spurenstoffanalysen durch externes Labor, SAK-Messungen im ARA-eigenen Labor)
- 3 SAK-Sonden (Zu-/Ablauf Ozonung, Ablauf GAK)
- 1 Nitritanalyser mit 2 Kanälen (Zulauf EMV und Ablauf EMV)
- O₃ gelöst im Ozonreaktor
- pH und Redox im Ozonreaktor
- O₃ im Offgas

Zudem ist ein System zur Natriumbisulfit-Dosierung bei zu hohen Restozongehalten im Ablauf der Ozonung installiert. Dieses wurde aber bis dato nie gebraucht.

AUSLEGUNG UND BETRIEBSPARAMETER

In Tabelle 1 ist aufgelistet, wie sich das der EMV-Stufe zufließende Abwasser im Jahresmittelwert zusammensetzt.

DOC	8 mg/l
NH ₄ -N	0,7 mg/l
NO ₂ -N	0,1 mg/l
NO ₃ -N	25 mg/l
PO ₄ -P / P _{tot}	0,17/0,27 mg/l
GUS	1,5–2,0 mg/l

Tab. 1 Jahresmittelwert.

Die wesentlichsten Auslegungsdaten der Anlage sind nachfolgend in Tabelle 2 gelistet.

Ozondosis, technisch mögliche Bandbreite	0,1–0,8 mgO ₃ /mgDOC
Ozondosis, Optimum Ozongeneratoren	0,2–0,3 mgO ₃ /mgDOC
Aufenthaltszeit im Ozonreaktor bei Q _{Dim}	15 min
Empty Bed Contact Time GAK-Filter	18–23 min bei Q _{Dim}

Tab. 2 Auslegungsdaten.

Die Anlage wurde grundsätzlich auf einen regulären Betrieb mit 0,3 mgO₃/mgDOC ausgelegt. Aufgrund der Beobachtungen an der Pilotanlage wurde vermutet, dass auch eine tiefere Dosis ausreichen könnte. Die Maschinenteknik wurde infolgedessen auf eine Dosierung von 0,2–0,3 mgO₃/mgDOC dimensioniert. Bereits wenige Monate nach Inbetriebsetzung wurde die Ozondosis sukzessive von 0,3 auf 0,2 mgO₃/mgDOC reduziert. Nach

rund einem Betriebsjahr erfolgte eine weitere Reduktion auf das technisch mögliche Minimum von 0,1 mgO₃/mgDOC.

Die Ozonung wird in der Regel nach «Delta UV», d. h. der Reduktion des spektralen Absorptionskoeffizienten SAK254 zwischen Zu- und Ablauf des Ozonreaktors geregelt – die Einstellung ist so gewählt, dass sie einer ungefähren Ozondosis von 0,1 mgO₃/mgDOC entspricht. Als Rückfallebene dient eine zuflussproportionale Regelstrategie.

Die GAK-Filter werden stets parallel beschickt, zwecks Maximierung der Kontaktzeit.

BETRIEBSERGEBNISSE

ABBAULEISTUNG EMV-STUFE

Nach der Inbetriebnahme der Anlage wurden sehr hohen Eliminationsraten registriert. Mit zunehmender Abnahme der Adsorptionskapazität der Aktivkohle im GAK-Filter hat die Gesamtleistung der EMV-Stufe wie erwartet abgenommen. 2024

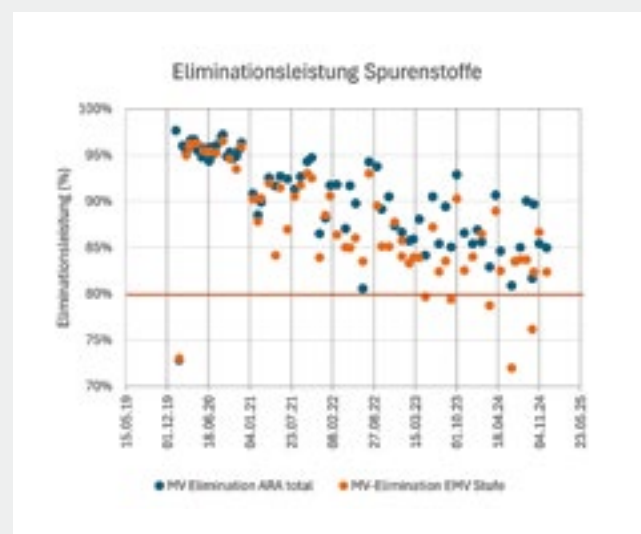


Fig. 3 Entwicklung der MV-Elimination der ARA Altenrhein seit der Inbetriebnahme 2019.

wurden über die EMV-Stufe erste Werte unter der Schwelle von 80% Eliminationsleistung festgestellt – durch den Abbau in der Biologie der ARA wurden diese Ereignisse jedoch kompensiert, so dass bisher die Einleitbedingungen eingehalten werden konnten (Fig. 3).

ABBAULEISTUNG OZONUNG UND GAK-FILTER

Die jeweiligen Eliminationsraten der Indikatorsubstanzen über die Ozonung und die GAK-Filtration sind in den Figuren 4 und 5 aufgeführt. Im ersten Betriebsjahr wurde die Ozonung mit einer Dosis von ca. 0,2 mgO₃/mgDOC betrieben, die entsprechende mittlere Eliminationsleistung über alle Spurenstoffe in der Ozonung lag in diesem Jahr bei 38%. In den darauffolgenden Jahren und einer reduzierten Dosierung mit 0,1 mgO₃/mgDOC wurden noch mittlere Eliminationsleistungen in der Ozonung von 24–29% registriert – als «Faustregel» leistet die Ozonung rund ein Drittel und der GAK-Filter zwei Drittel des Gesamtbaus über die EMV-Stufe.

Die Abbauleistungen in der Ozonung verändern sich bei gleicher Ozondosis für alle Stoffe vergleichsweise wenig – teilweise kann ein Einfluss der Zulaufkonzentration auf das Abbauergebnis

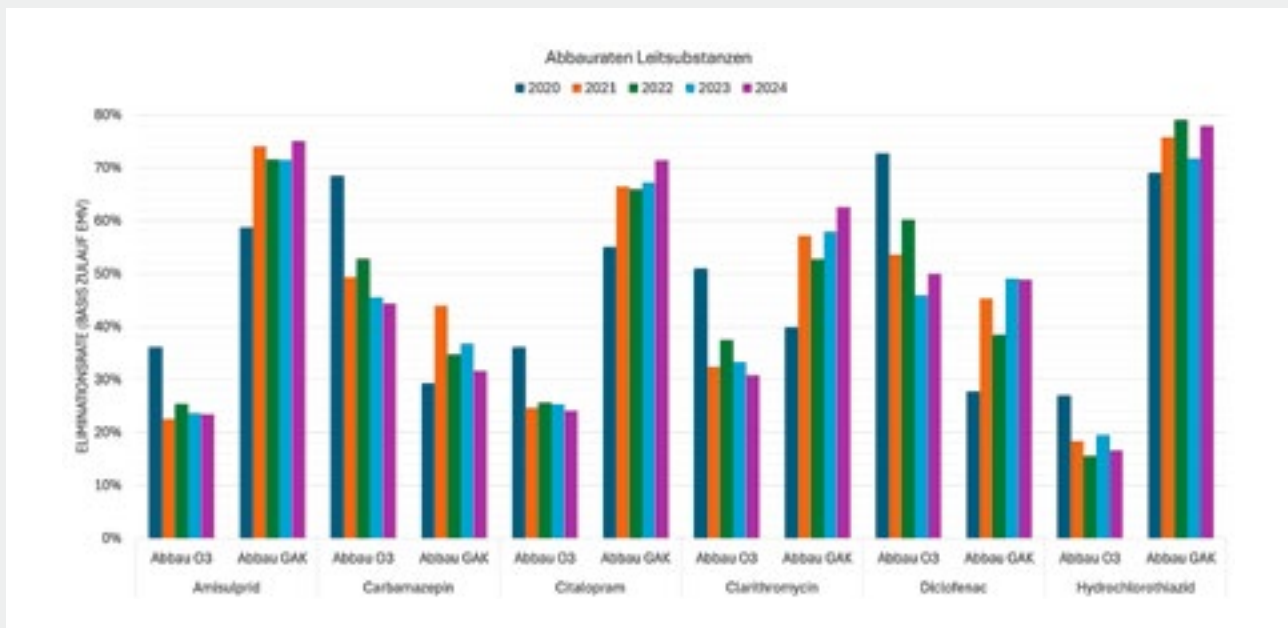


Fig. 4 Mittlere jährliche Eliminationsleistungen über die Ozonung (Abbau O3) und über den GAK-Filter (Abbau GAK) der Leitsubstanzen 1-6, normiert auf den Zulauf zur EMV-Stufe.

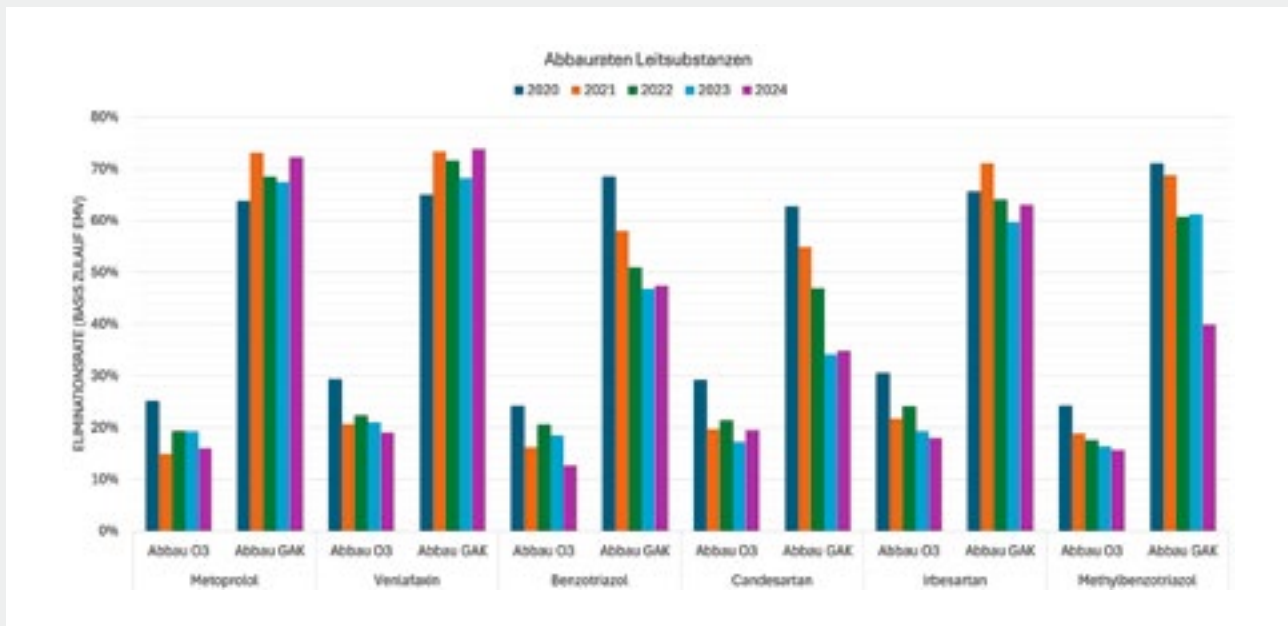


Fig. 5 Mittlere jährliche Eliminationsleistungen über die Ozonung (Abbau O3) und über den GAK-Filter (Abbau GAK) der Leitsubstanzen 7-12, normiert auf den Zulauf zur EMV-Stufe.

nis festgestellt werden. *Figur 6* zeigt die Abbauleistung von Diclofenac in der Ozonung, die nach der Reduktion der Ozonosis ebenfalls zurückging.

Im GAK-Filter kann für die Mehrheit der Indikatorsubstanzen auch nach fünf Betriebsjahren und einem GAK-Alter von rund 63 000 Bettvolumina eine weiterhin hohe Abbauleistung beobachtet werden (z. B. Diclofenac, s. *Fig. 7*). Signifikante Abnahmen können für die schwerer eliminierbaren Stoffe Benzotriazol, Candesartan und Methylbenzotriazol beobachtet werden (s. *Fig. 8* und *9*)

Die Abbauleistung scheint zumindest im Falle von Benzotriazol abhängig von der Zulaufkonzentration zur GAK-Stufe zu sein, d. h. bei hohen Konzentrationen im Zulauf können auch heute immer noch hohe Abbauraten erreicht werden (*Fig. 10*). Bei tiefen Zulaufkonzentrationen sind die Abbauraten jedoch sehr gering, in einzelnen Fällen zeigten die Laboranalysedaten negative Eliminationsraten. Ob effektive Rücklösungsprozesse oder andere Gründe dafür verantwortlich sind, kann derzeit nicht mit Bestimmtheit gesagt werden.

Für Candesartan hingegen, das in deutlich tieferer Zulaufkonzentration vorliegt, kann nicht die gleiche Beobachtung gemacht werden (*Fig. 11*).

BETRIEBSAUFWAND

Die EMV-Stufe läuft weitestgehend autonom, der betriebliche Aufwand hat sich in den ersten fünf Betriebsjahren auf die in *Tabelle 3* genannten Tätigkeiten und Aufwände beschränkt. Für ein vollständiges Bild müsste der Aufwand für eine GAK-Regeneration oder für einen GAK-Ersatz noch einkalkuliert werden. Da da-

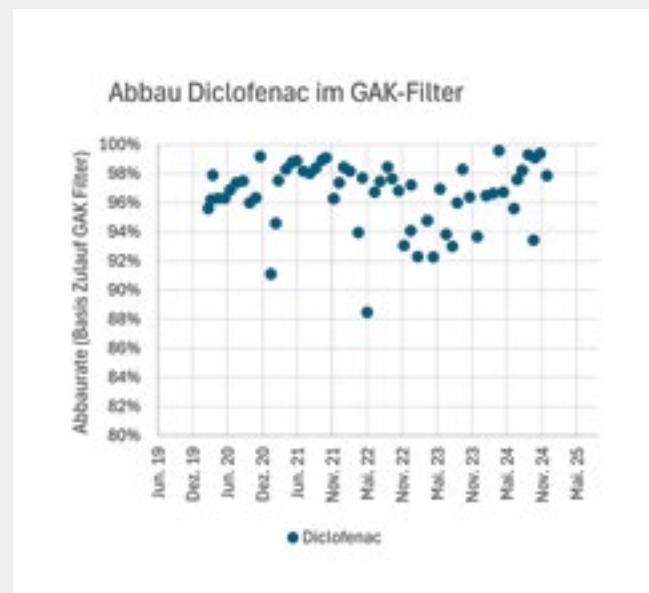
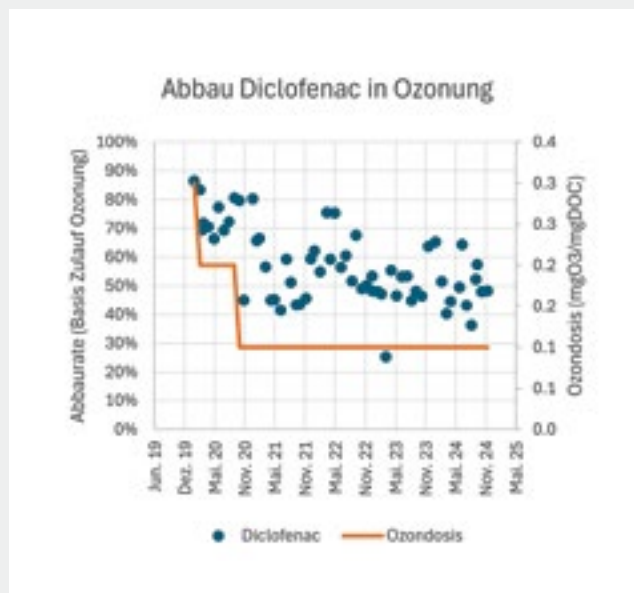


Fig. 6 und 7 Abbaugrad Diclofenac in der Ozonung (links) und im GAK-Filter.

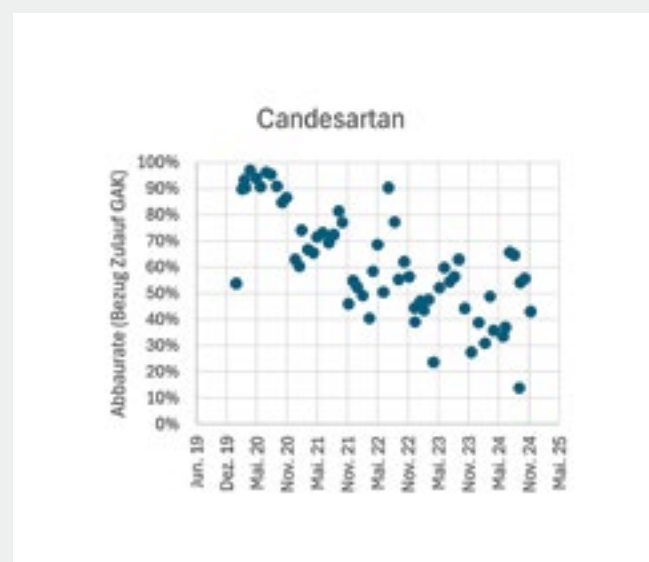
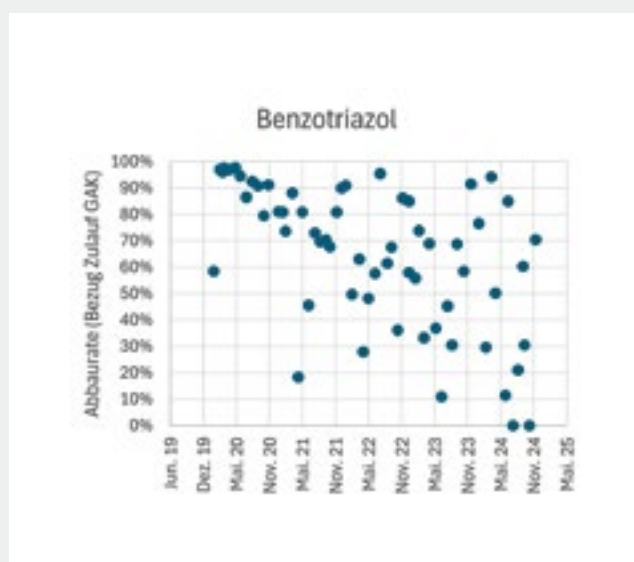


Fig. 8 und 9 Entwicklung der Abbauleistung Benzotriazol (links) und Candesartan im GAK (Bezugsbasis: Zulauf GAK-Filter).

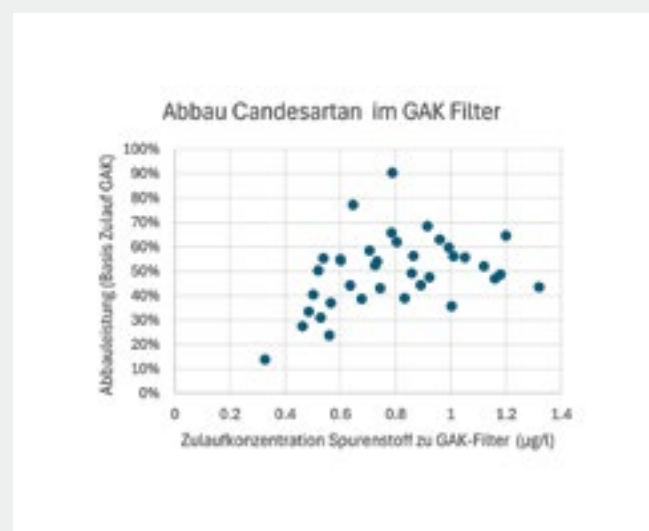
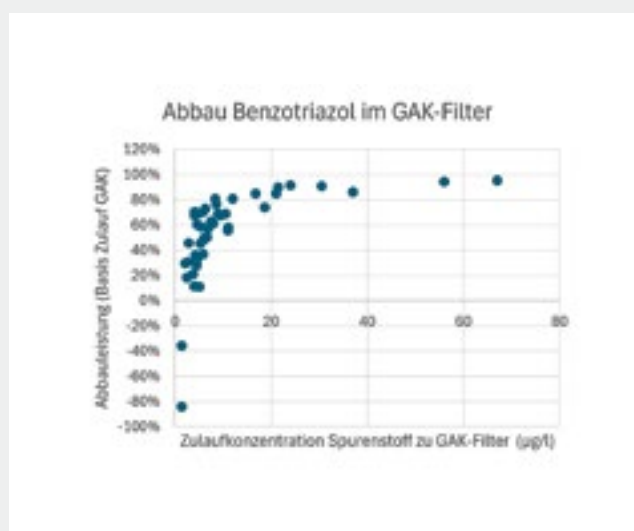


Fig. 10 und 11 Abbauleistung Benzotriazol (links) und Candesartan im GAK-Filter in Abhängigkeit von der Zulaufkonzentration zum GAK-Filter. Daten zwischen 27 000 BV–63 000 BV (2022–2024).

Betriebliche Arbeiten		1×/Tag	1×/Woche	1×/Monat	1×/3 Monate	1×/Jahr	1×/3 Jahre
Kontrollrundgang	h	0,5					
Reinigung Probenahmegeräte u. Messtechnik	h		1				
Vergleichsmessungen Analytik/Sonden im eigenen Labor	h			4			
Probenahme zur Analyse im externen Labor							
Kontrolle Füllstand GAK (Überwachung GAK-Verlust)	h				8		
Leerung Ozonrektoren, Reinigung, Kontrolle	h					20	
Reinigung Diffusoren im Oronreaktor	h						30
Total Aufwand pro Jahr pro Kategorie	h	183	52	48	32	20	10
Total betrieblicher Aufwand EMV-Stufe pro Jahr	h	345					

Tab. 3 Betriebsaufwand.

	Q_{EMV} (m³/a)	spez. E-Verbrauch (kWh/m³)	spez. O ₂ -Verbrauch (gO ₂ /m³)
2020	8 620 386	0,059	14,6
2021	9 648 172	0,057	7,9
2022	8 143 164	0,077	9,5
2023	8 269 497	0,055	10,2
2024	9 277 341	0,054	8,8

Tab. 4 Energie- und Flüssigsauerstoffbedarf.

für bisher keine Notwendigkeit bestand, sind keine Erfahrungswerte vorhanden. Ebenfalls zu beachten ist der im ersten Betriebsjahr etwas erhöhte Betriebsaufwand für das Einfahren und Optimieren der Anlage, der hier nicht einkalkuliert ist. Die für die laufenden Betriebskosten relevantesten Aufwände sind der Energie- und der Flüssigsauerstoffbedarf. Sie liegen in den Bereichen von 0,55–0,77 kWh und zwischen 7,9 und 10,5 gO₂/m³ (bei Dosierung 0,1 mgO₃/mgDOC) pro Kubikmeter behandeltem Abwasser (Tab. 4). Die ermittelten Kennzahlen beinhalten den gesamten Energieverbrauch des EMV Gebäudes (d.h. EMV Stufe inkl. Hilfsbetrieben).

FAZIT UND AUSBLICK

WAS KANN DIE ANLAGE? WAS NICHT?

Die ersten fünf Betriebsjahre haben gezeigt, dass die Erwartungen aus der Projektierung erfüllt und teilweise deutlich übertroffen wurden. Die Anlage erfüllt die geforderte Eliminationsleistung nach wie vor – und dies bei einer unverändert tiefen Ozondosis von ca. 0,1 mgO₃/mgDOC im Ozonreaktor und bei einer aktuellen GAK-Standzeit von rund 63 000 BV. Beide Umstände wirken sich positiv auf die langfristigen Betriebskosten aus. Es ist aber offensichtlich, dass die Marge der erreichten Eliminationsleistungen zu den geforderten 80% klein geworden

ist. Es besteht jedoch die Möglichkeit, die Ozondosis auf 0,2–0,3 mgO₃/mgDOC oder sogar noch weiter zu steigern, sowie die GAK-Schütthöhe zu erhöhen oder auch nur einen Teil der GAK zu ersetzen. Der Betrieb ist trotz der hohen Anlagenkomplexität mit vergleichsweise wenig Wartungs- und Unterhaltsaufwand verbunden und läuft weitestgehend autonom. Die GAK-Menge im System ist stabil, so zeigen die periodischen Überwachungsmessungen keinen nennenswerten GAK-Verlust. Mit dem Teilstromverfahren der ARA Altenrhein kann mit 85–95% der grösste Teil des jährlich anfallenden Abwassers behandelt und die darin enthaltene Spurenstofffracht zu mindestens 80% eliminiert werden. Es liegt aber auf der Hand, dass mit dem Teilstromverfahren ($Q_{DIM,EMV}/Q_{DIM,ARA} = 0,5$) im Regenwetterfall mit dem vorliegenden Messkonzept (Zulauf ARA/Ablauf ARA) keine Elimination über die Gesamt-ARA von 80% erreicht werden kann. Die zu diesem Zeitpunkt im Abwasser vorliegenden Spurenstoffe sind ausserdem gegenüber Trockenwetterverhältnissen zusätzlich verdünnt, was die Eliminationseffizienz der MV-Stufe ebenfalls beeinflusst.

WAS WÜRD MAN ANDERS MACHEN?

Das Kombinationsverfahren wurde als erste Anlage dieser Art – und daher mit gewissen Unsicherheiten – realisiert. Aus dem bisherigen Betrieb lassen sich für

weitere Anlagen folgende Optimierungsmöglichkeiten ableiten:

Teilstromverfahren und/oder redundante Ozonreaktoren?

Durch den nachgeschalteten GAK-Filter kann ein kurzzeitiger Ausfall eines Ozonreaktors (z.B. jährlicher Unterhalt o. Ä.) verhältnismässig einfach kompensiert werden – der GAK-Filter kann auch ohne vorgeschaltete Ozonung funktionieren, wenn dies auch temporär zu einer geringeren Eliminationsleistung der EMV-Stufe führt. Ob die Redundanz des Ozonreaktors wirklich zwingend ist, kann mindestens zur Diskussion gestellt werden. Auch kann das Thema um den Aspekt «Voll- oder Teilstrom» erweitert werden (z.B. Auslegung als Vollstromverfahren, dafür ohne Redundanz beim Ozonreaktor). Eine Kosten-Nutzen-Analyse über die verschiedenen Szenarien unter Einbezug der kantonalen Aufsichtsbehörde ist empfehlenswert. Auch der wichtige Aspekt der Nachhaltigkeit kann durch den Grundsatzentscheid der zu behandelnden Abwassermenge sowie durch Redundanzanforderungen an die Anlage massgeblich beeinflusst werden.

Ozondosis

Das Kombinationsverfahren erlaubt es, vergleichsweise tiefe Ozondosen einzusetzen. Die eingesetzten Ozongeneratoren (und Eintragssysteme) sollen auf diese tiefen Ozonmengen optimiert werden (ggf. verschiedene Grössen einsetzen). Die in Altenrhein bei der Generatorwahl angenommene Ozondosis ist im Optimum nach wie vor deutlich zu hoch.

Ausreichend grosse Pumpenvorlage

Die Pumpenvorlage muss ausreichend gross sein, bzw. der Zufluss zum Ozonreaktor muss soweit gedämpft werden

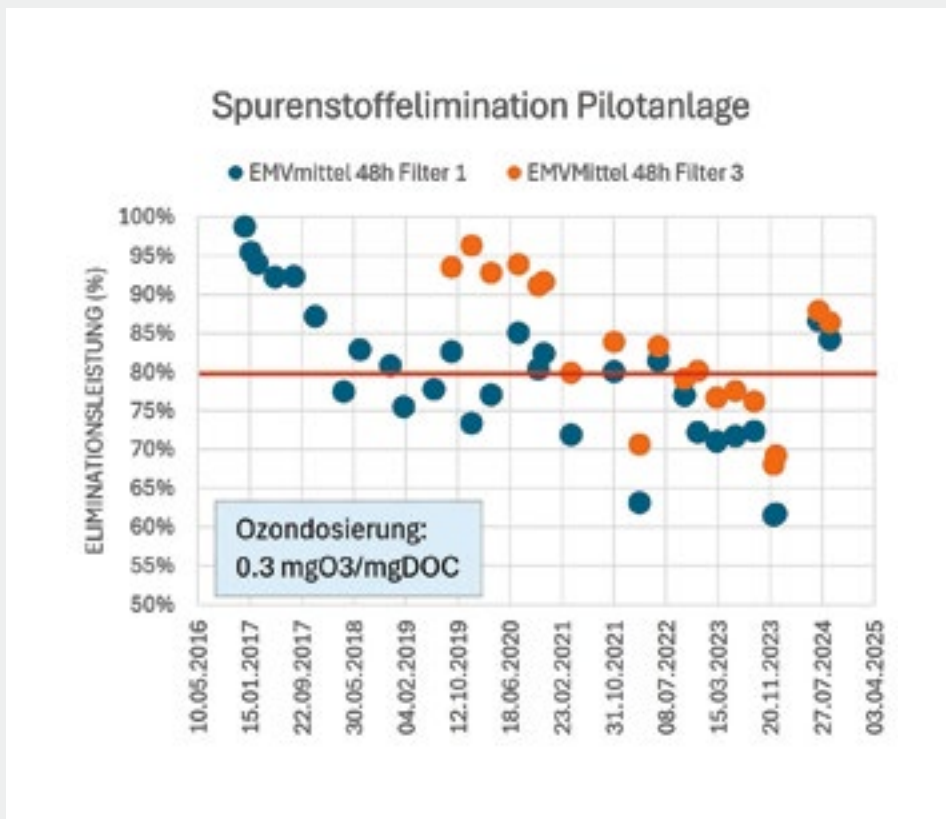


Fig. 12 Entwicklung der Spurenstoffelimination in der Pilotanlage bei Ozondosierung $0,3 \text{ mgO}_3/\text{mgDOC}$ von 0-201 000 BV (Filter 1) und von 0-131 000 BV (Filter 3).

können, dass keine «hydraulischen» Stösse in den Ozonreaktor erfolgen. Dies bergen das Risiko, dass das Über-/Unterdruckventil im Reaktor anspricht, oder dass das Regelverhalten des Ozonerzeugungssystems gestört wird (zu schnelle Zustandsänderung der Randbedingungen für die Nachregelung der Ozon-

erzeugung). Ein Teil dieser Probleme kann steuerungstechnisch abgefangen werden, dennoch ist es empfehlenswert, das Zusammenspiel zwischen Hydraulik, Grösse der Pumpenvorlage und Regelcharakteristika des Ozonerzeugungs- und Eintragssystems bereits in der Planung zu optimieren.

Natriumbisulfit-Dosierstation

Die Natriumbisulfit-Dosierstation wurde bisher nicht benötigt. Zukünftig könnten die Mauerdurchführungen in den Reaktorablauf zwar realisiert werden, die Anlage aber nur als nachrüstbare Option vorgesehen werden.

WIE GEHT ES WEITER?

Die nächsten Monate werden für den Betrieb der EMV-Stufe der ARA Altenrhein wegweisend sein. Kann die Abbauleistung von 80% nicht mehr gesichert eingehalten werden, wird die Ozondosierung nach oben angepasst. Wie mit der GAK weitergefahren wird, ist derzeit noch offen bzw. Gegenstand aktueller Untersuchungen. Pilotversuche und Laboranalysen haben gezeigt, dass die im Einsatz stehende GAK noch bis 131 000 bzw. 201 000 BV Eliminationsleistungen im Bereich von 60–80% erbringt und die GAK auch nach derartiger Belastung die Kriterien des GAK-Lieferanten für eine Regeneration erfüllen würde (Fig. 12).

Es wird angestrebt, die GAK so lange wie möglich im Einsatz zu halten und wenn, dann ggf. eine Teilregeneration über mehrere Jahre vorzunehmen. Ergänzend dazu werden derzeit Versuche zum Einsatz einer Kohle aus einer Trinkwasseraufbereitungsanlage durchgeführt. Nach Vorliegen und Umsetzung der definitiven GAK-Strategie ist eine Gesamtübersicht über die tatsächlichen Betriebskosten vorgesehen.



Bauen Sie schon mit GFK?

Das robuste, mit Glasfaser verstärkte Material eignet sich hervorragend für die Herstellung von Gitterrosten und Geländern in diversen Anwendungsbereichen.

In unseren Produktionshallen in Pfaffnau fertigen wir massgeschneiderte Sonderanfertigungen oder bieten vorgefertigte Standardmasse an.

Buchen Sie ein unverbindliches Beratungsgespräch, damit wir gemeinsam die beste Einsatzmöglichkeit von GFK für Ihr Bauprojekt finden.

Jetzt Kontakt aufnehmen: +41 62 754 14 58, info@pluessag.ch

PMC PLÜSS AG
Mechanics & Composites

6264 Pfaffnau | Tel. 062 754 14 58 | info@pluessag.ch | www.pluessag.ch

www.strecker-wassertechnik.de
78532 Tuttlingen



Anlagebau für
Trinkwasserversorgung
Wasseraufbereitung
Membrantechnologie

UNE TECHNIQUE FIABLE POUR DES RESSOURCES PRÉCIEUSES



Nos solutions de pompage et d'agitateur sont utilisables avec flexibilité dans les domaines des eaux usées, des retenues d'eau, des bassins d'eau de pluie et des installations de pompage d'eaux usées.

Profitez de nos **conseils**, de notre **service d'entretien et de révision**.

info@rototec.ch
+41 31 838 40 00

ROTOTEC

the power of flow