

Elimination von Mikroschadstoffen auf der Kläranlage Rheda-Wiedenbrück – Kurzbericht zur Machbarkeitsstudie

1 Veranlassung

Mikroverunreinigungen und Spurenstoffe wie Arzneimittelrückstände oder Röntgenkontrastmittel werden zunehmend in der aquatischen Umwelt nachgewiesen und zwar in Konzentrationsbereichen, die oftmals über ökotoxikologischen Wirkschwellen liegen. Eine Begrenzung bzw. Reduzierung des Eintrags dieser Mikroschadstoffe in die Gewässer ist aus Gründen des vorbeugenden Gesundheits- und Umweltschutzes geboten. Auch vor dem Hintergrund einer Weiterentwicklung der EU-Wasserrahmenrichtlinie gewinnt die Elimination solcher Stoffe zunehmend an Bedeutung. Mittelfristig sind hier zusätzliche Grenzwerte zumindest für einzelne der bisher noch unregulierten Stoffe bzw. Stoffgruppen zu erwarten.

Für die Kläranlage Rheda-Wiedenbrück ist das Thema Elimination von Mikroschadstoffen von besonderer Wichtigkeit, da unterhalb der Einleitstelle in die Ems im direkten Einflussbereich der Kläranlage in den Wasserschutzgebieten Rhedaer Forst (ca. 3 km Entfernung) und Harsewinkel (ca. 13 km Entfernung) sowie dem Wasserwerk Vohren (ca. 20 km Entfernung) Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat betrieben wird.

Mit der Machbarkeitsstudie wird vor diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung der standortspezifischen Randbedingungen im Variantenvergleich ein verfahrenstechnisch und wirtschaftlich sinnvolles Konzept zur Elimination entsprechender Mikroschadstoffe ausgearbeitet und dargestellt.

2 Planungs- und Bemessungsansätze

Zur weitgehenden Elimination von Mikroschadstoffen aus dem Ablauf kommunaler Kläranlagen ist eine Erweiterung der bestehenden Verfahrenstechnik „mechanische und biologische Abwasserreinigung“ um eine zusätzliche Reinigungsstufe notwendig. Hierzu werden mit der Aktivkohleadsorption und einer Oxidation über die Zugabe von Ozon in der Machbarkeitsstudie zwei grundsätzlich verschiedene Techniken in unterschiedlichen Verfahrensansätzen bzw. -varianten betrachtet.

Die Ermittlung der Bemessungswassermenge für diese zusätzlichen Reinigungsstufen erfolgte auf Basis der für das Jahr 2012 ausgewerteten Ablaufwassermengen der Kläranlage. Die Jahresablaufwassermenge betrug 2012 rd. 6,4 Mio. m³/a; 90 % der Werte für die Tagesablaufwassermenge sind 2012 kleiner 23.500 m³/d und 85 % der Werte für die stündliche Ablaufwassermenge liegen 2012 unter 930 m³/h.

Die zusätzlichen Reinigungsstufen werden in der Machbarkeitsstudie als Teilstrombehandlungsanlagen ausgelegt und überschlägig auf eine maximale Wassermenge von rd. 1.000 m³/h (278 l/s) bemessen. Mit diesem Ansatz werden rd. 90 % der anfallenden Abwassermenge behandelt. Der mittlere Zufluss zu den weiterführenden Reinigungsstufen ergibt sich zu ca. 656 m³/h.

Der jährliche Trinkwasserverbrauch für die Stadt Rheda-Wiedenbrück liegt bei rd. 2,2 Mio. m³/a.

3 Planungskonzepte und Variantenvergleich

Im Rahmen der Studie werden für die Kläranlage Rheda-Wiedenbrück vier Lösungsansätze zur Elimination von Mikroschadstoffen dargestellt und bewertet:

- Variante 1: Einsatz von Pulveraktivkohle (PAK-Adsorption) als nachgeschaltete Teilstrombehandlungsanlage,
- Variante 2: Einsatz von Pulveraktivkohle (PAK-Adsorption) mittels dynamischer Kreislaufführung in den Hauptstrom integriert,
- Variante 3: Einsatz von granulierter Aktivkohle (GAK-Adsorption) als nachgeschaltete Teilstrombehandlungsanlage und
- Variante 4: Einsatz von Ozon (Oxidation) als nachgeschaltete Teilstrombehandlungsanlage.

Als wesentliche Komponenten sind in Variante 1 der Neubau eines Kontakt- und Absatzbeckens (in integrierter Rundbauweise), der Neubau eines PAK-Lagersilos und einer entsprechenden Dosiereinheit, eine Entwässerungseinheit für den anfallenden PAK-Schlamm sowie der Neubau einer nachgeschalteten Filtration (z.B. Tuchfilter) zum Rückhalt von PAK-Feinstsuspensa berücksichtigt. Aufgrund der örtlichen Platzverhältnisse lässt sich Variante 1 nur realisieren, wenn zusätzlich noch ein neues Nachklärbecken als Ersatz für zwei alte Becken errichtet wird. Diese zusätzlich erforderlichen Baumaßnahmen sind im Variantenvergleich entsprechend berücksichtigt.

Wesentliche Komponenten in Variante 2 stellen der Neubau eines Kontaktreaktors zur PAK-Einmischung sowie der Bau eines entsprechenden PAK-Silos mit zugehöriger Dosiereinrichtung dar. Der mit PAK vermischte Teilstrom wird in dieser Variante über eine rd. 200 m lange Druckrohrleitung in den Verteilerschacht der bestehenden Biologie zurückgefördert und über diesen mit dem biologischen Hauptstrom auf die vorhandenen Nachklärbecken aufgeteilt. An dieser Stelle findet somit eine vollständige Vermischung des rückgeführten PAK-Teilstroms mit dem Abwasservolumenstrom der biologischen Reinigungsstufe und mit dem zugehörigen Schlammvolumenstrom statt. Die vorhandenen Nachklärbecken werden konstant mit dem Mischwasservolumenstrom beschickt. Die mit PAK zu behandelnde und rezirkulierte Teilstrommenge ergibt sich variabel aus der Differenz zwischen Mischwasservolumenstrom und

der tatsächlich zufließenden Abwassermenge (Prinzip der dynamischen Rezirkulation). Eine nachgeschaltete Filtration (z.B. Tuchfilter) wird in Variante 2 berücksichtigt, diese ist allerdings auf den Haupt- bzw. Mischwasservolumenstrom auszulegen. Durch die Vermischung von PAK und Schlammkreislauf zieht Variante 2 die Umstellung der gesamten Schlammverwertung (thermische anstelle von landwirtschaftlicher Verwertung) für die Kläranlage Rheda-Wiedenbrück mit sich.

Als wesentliche Bestandteile sind in Variante 3 der Neubau einer GAK-Filtrationsstufe sowie eine zusätzliche vorgeschaltete Filtration (z.B. Tuchfilter) zum weitgehenden Feststoffrückhalt aus dem zu behandelnden Teilstrom vorgesehen. Durch den vorgeschalteten Filter werden die Betriebsstabilität sowie die Standzeit (BVT, behandeltes Filterbettvolumen) der GAK-Filtration positiv beeinflusst bzw. erhöht.

Variante 4 beinhaltet den Neubau einer Ozonierungsstufe (Kontaktreaktor, Ozonerzeugung, Sauerstofflagertank, etc.). Für einen optimierten Anlagenbetrieb ist auch dieser Stufe eine Filtration (z.B. Tuchfilter) vorgeschaltet. Zur biologischen Nachbehandlung wird in einem ersten Ansatz ein mit Trägermaterial gefüllter, nachgeschalteter Kontaktreaktor (Biofilmmethode) berücksichtigt.

Die Machbarkeitsstudie beinhaltet eine überschlägige Abwassertechnische Bemessung für alle vier Varianten. Zur wirtschaftlichen Bewertung werden die jeweils erforderlichen Investitionen sowie die zu erwartenden Betriebskosten abgeschätzt. Ein Vergleich erfolgt über Jahresgesamtkosten, die mithilfe einer Kostenvergleichsrechnung ermittelt werden. Auswirkungen steigender Energie- sowie steigender Aktivkohlekosten werden in einer Sensitivitätsanalyse ausgewiesen. In einer abschließend durchgeführten Nutzwertanalyse werden die wirtschaftlichen Bewertungskriterien mit verfahrenstechnischen Aspekten zusammengeführt.

4 Ergebnis und Empfehlung

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit schneidet die Ozonierung im Vergleich als vorteilhafteste der untersuchten Varianten ab. Die Ergebnisse des wirtschaftlichen Variantenvergleichs sind nachstehend zusammenfassend dargestellt:

Wirtschaftlicher Variantenvergleich – Jahreskosten (brutto) aus Kostenvergleichsrechnung

Jahreskosten (brutto)	Variante 1 PAK- Teilstrom	Variante 2 PAK- Hauptstrom	Variante 3 GAK- Filtration	Variante 4 Ozonierung
aus Kapitalkosten [€/a]	533.700	469.100	438.700	343.700
aus Betriebskosten [€/a]	387.800	757.400	351.600	360.400
Jahreskosten [€/a]	921.500	1.226.500	790.300	704.100

In den untersuchten Varianten stellen die Betriebskosten mit rd. 43-64 % der abgeschätzten Jahreskosten einen bedeutenden Faktor dar. Innerhalb der Betriebskosten machen die angesetzten Kosten für Betriebsmittel bzw. Verbrauchsstoffe (insbesondere für Aktivkohle und Energie) einen wesentlichen Anteil aus.

Die durchgeführte Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Ozonierung erst bei einer Energiekostensteigerung von 0,14 auf rd. 0,24 €/kWh (netto) gegenüber Variante 3, der GAK-Filtration, die wirtschaftlichen Vorteile in den Jahreskosten einbüßt. Entsprechende Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Sensitivitätsanalyse – Einfluss veränderter Energiekosten auf die Brutto-Jahreskosten der untersuchten Varianten

Energiekostensteigerung	Brutto-Jahreskosten [EUR] / Kostensteigerung [%]			
	Variante 1 PAK- Teilstrom	Variante 2 PAK- Hauptstrom	Variante 3 GAK- Filtration	Variante 4 Ozonierung
0,14 -> 0,14 €/kWh (netto)	921.500	1.226.500	790.300	704.100
0,14 -> 0,16 €/kWh (netto)	925.900 (+ 0,4 %)	1.231.100 (+ 0,4 %)	794.200 (+ 0,5 %)	725.500 (+ 3,0 %)
0,14 -> 0,18 €/kWh (netto)	930.300 (+ 1,0 %)	1.235.700 (+ 0,8 %)	798.200 (+ 1,0 %)	747.000 (+ 6,1 %)
0,14 -> 0,20 €/kWh (netto)	934.700 (+ 1,4 %)	1.240.400 (+ 1,1 %)	802.100 (+ 1,5 %)	768.400 (+ 9,1 %)
0,14 -> 0,22 €/kWh (netto)	939.100 (+ 1,9 %)	1.245.000 (+ 1,5 %)	806.100 (+ 2,0 %)	789.900 (+ 12,2 %)
0,14 -> 0,24 €/kWh (netto)	943.500 (+ 2,4 %)	1.249.600 (+ 1,9 %)	810.000 (+ 2,5 %)	811.300 (+ 15,2 %)

In der Variantenbewertung mithilfe der durchgeführten Nutzwertanalyse zeigen sich Varianten 1, 3 und 4 in einem sehr engen Spektrum. Leichte Vorzüge ergeben sich hier allerdings für die in Variante 4 untersuchte Ozonierung als weitergehende Reinigungsstufe. Die Ergebnisse der Nutzwertanalyse sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Nutzwertanalyse der unterschiedlichen Verfahrensvarianten

Kriterium	Gewichtung	Variante 1 PAK-Teilstrom		Variante 2 PAK-Hauptstrom		Variante 3 GAK-Filtration		Variante 4 Ozonierung	
		Punkte	Nutzwert	Punkte	Nutzwert	Punkte	Nutzwert	Punkte	Nutzwert
Jahreskosten	40,0%	0,76	0,30	0,57	0,23	0,89	0,36	1,00	0,40
Betriebskostenanteil	10,0%	0,91	0,09	0,46	0,05	1,00	0,10	0,98	0,10
Reinigungsleistung: Breitbandwirkung	10,0%	0,75	0,08	0,75	0,08	0,75	0,08	0,80	0,08
Reinigungsleistung: Adsorbierbare Stoffe	7,5%	0,85	0,06	0,85	0,06	0,80	0,06	0,00	0,00
Reinigungsleistung: Desinfektion	7,5%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,06
Betriebssicherheit/ Prozessstabilität	10,0%	0,75	0,08	0,70	0,07	0,75	0,08	0,80	0,08
Wartungs-/ Betriebsaufwand	7,5%	0,60	0,05	0,50	0,04	0,65	0,05	0,60	0,05
Platzbedarf/ Erweiterbarkeit	7,5%	0,50	0,04	0,60	0,05	0,40	0,03	0,40	0,03
Summe	100,0%	0,69		0,57		0,74		0,79	
Bewertung		3		4		2		1	
			[€/m ³]		[€/m ³]		[€/m ³]		[€/m ³]
spez. Kosten (bez. auf beh. Abwassermenge)*		0,144		0,192		0,123		0,11	
spez. Kosten (bez. auf Trinkwassermenge)*		0,419		0,558		0,359		0,32	

* ohne Berücksichtigung von Investitionsförderungen

Als Ergebnis dieser Machbarkeitsstudie zeigt sich für die Kläranlage Rheda-Wiedenbrück insgesamt die in Variante 4 untersuchte Ozonierung als die vorteilhafteste Variante zur Elimination von Mikroverunreinigungen.

Auf den Kubikmeter behandeltes Abwasser (rd. 6,4 Mio. m³/a) umgerechnet entsprechen die für Variante 4 ermittelten Jahreskosten rd. 11 Cent/m³_{AW}. Bezogen auf den Trinkwasservolumen von rd. 2,2 Mio. m³/a ergeben sich spezifische Kosten von ca. 32 Cent/m³_{TW}. Mögliche Investitionsförderungen durch das Land Nordrhein-Westfalen sind in diesen spezifischen Kosten nicht berücksichtigt.

Als Basis für die mögliche Realisierung einer vierten Reinigungsstufe auf der Kläranlage Rheda-Wiedenbrück wird daher empfohlen, die Verfahrensvariante Ozonierung in einer detaillierteren Planung weiter auszuarbeiten.

Aufgestellt: Hannover, 12.12.2013

aqua consult
Ingenieur GmbH