



Abwasserwerk der **STADT AHLEN**



Spurenstoffelimination
auf der
Kläranlage Ahlen

Machbarkeitsstudie

Kurzbericht



weconsult
water & energy

Düsseldorf, Dezember 2015



INHALTSVERZEICHNIS:

Seite

1	VERANLASSUNG	1
2	PLANUNGS- UND BEMESSUNGSRUNDLAGEN	1
3	PLANUNGSKONZEPTE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION	2
	3.1 Lösungsvarianten zu Grundvariante 1	2
	3.2 Lösungsvarianten zu Grundvariante 2	3
4	ERGEBNIS UND EMPFEHLUNG	4

1 VERANLASSUNG

Das Land Nordrhein-Westfalen verfolgt aufgrund der Forderungen aus der EU-Wasserrahmenrichtlinie das Ziel, bei den nordrhein-westfälischen Gewässern möglichst flächendeckend und zeitnah den guten ökologischen Zustand zu erreichen. Dies ist bisher nicht zuletzt aufgrund einer deutlich nachweisbaren Belastung der Gewässer durch Mikroschadstoffe und Spurenstoffen nicht der Fall. Das Land bietet daher den Kommunen eine Förderung an, wenn diese sich entscheiden, entsprechende Maßnahmen zur Elimination von Spurenstoffen auf ihren Kläranlagen durchzuführen. Gefördert werden auch Machbarkeitsstudien, die zur Voruntersuchung und zur Entscheidungsfindung in Bezug auf derartige Maßnahmen erforderlich sind.

Das Abwasserwerk der Stadt Ahlen beauftragte daher an das Ingenieurbüro WE-Consult Ltd., Düsseldorf die Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie zur Elimination von Spurenstoffen auf der Zentralkläranlage Ahlen. Im Vorfeld wurde darüber hinaus die Firma Umweltanalytik GmbH aus Leopoldshöhe mit der Analytik der relevanten Stoffe beauftragt. Die Liste der Stoffe war zuvor mit der Bezirksregierung in Münster abgestimmt worden. Die Studie wurde auf dieser Basis und unter Berücksichtigung der standortspezifischen Randbedingungen erarbeitet. Dabei wurde über einen umfangreichen technisch-wirtschaftlichen Variantenvergleich ein verfahrenstechnisch und wirtschaftlich sinnvolles Konzept vorgestellt.

2 PLANUNGS- UND BEMESSUNGSGRUNDLAGEN

Zur weitgehenden Elimination von Mikroschadstoffen aus dem Ablauf kommunaler Kläranlagen ist eine Erweiterung der bestehenden mechanisch/biologischen 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 Verfahrensvarianten untersucht.

Die Ermittlung der Bemessungswassermenge für diese zusätzlichen Reinigungsstufen erfolgte auf Basis der Stundenabflüsse, die für die Jahre 2013 bis Mai 2015 ausgewertet wurden. Auf dieser Basis wurde dann gemeinsam mit der Aufsichtsbehörde, der Bezirksregierung Münster, ein Teilstrom von 600 m³/h als Bemessungswassermenge für die Anlage zur Spurenstoffelimination abgestimmt. Dieser Abfluss wird von ca. 70 % der stündlichen Abflüsse aus dem Betrachtungszeitraum unterschritten.

3 PLANUNGSKONZEPTE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden mögliche Varianten für eine weitergehende Spurenstoffelimination vorgestellt. Für die Kläranlage Ahlen ist dies, unter Berücksichtigung der vorhandenen baulichen und technischen Randbedingungen, nicht ganz trivial. Eine sinnvolle Lösung muss die Tatsache berücksichtigen, dass die biologische Reinigungsstufe in Ahlen aus zwei parallelen Teilströmen besteht. Dabei werden derzeit 70 % des Abwassers in einer 2-stufigen biologischen Festbett-Filtrations-Anlage vom Typ BIOFOR mit vorgeschalteter Denitrifikation und 30 % in einer konventionellen Belebungsanlage mit simultaner Denitrifikation gereinigt. Bei möglichen Lösungsvarianten wurden deshalb die folgenden beiden Grundvarianten unterscheiden:

1. Weitergehende Maßnahmen zur Spurenstoffelimination bei Beibehaltung der vorhandenen Verfahrenstechnik der Kläranlage (Teilstromlösung)
2. Weitergehende Maßnahmen zur Spurenstoffelimination bei gleichzeitiger Neukonfiguration der Verfahrenstechnik der Kläranlage (Gesamtstromlösung)

Aufgrund des Strukturwandels in der Region und des demografischen Wandels ist die Kläranlage heute deutlich niedriger belastet als zum Zeitpunkt ihrer Dimensionierung. Für beide der Grundvarianten bietet sich daher an, für die Anlage zur Spurenstoffelimination weitgehend auf vorhandene Bausubstanz zurückzugreifen. Aufgrund dieser Besonderheit fielen aus wirtschaftlichen Gründen, unabhängig von der Verfahrenstechnik, die vollständig nachgeschalteten Varianten von vorne herein aus. Für jede der Grundvarianten gibt es wiederum mehrere mögliche Lösungsvarianten.

3.1 Lösungsvarianten zu Grundvariante 1

Für die Grundvariante 1 bieten sich die folgenden Lösungsvarianten an:

- Lösungsvariante 1.1: PAK in Überstauraum umgerüsteter BIOFOR-Zellen
- Lösungsvariante 1.2: Umrüstung freigewordener BIOFOR-Zellen mit GAK
- Lösungsvariante 1.3: Ozonungsanlage in freigewordenen BIOFOR-Zellen

Bei allen Lösungsvarianten der Grundvariante 1 muss der Teilstrom aus dem Ablauf der Belebungsanlage zunächst anteilig, bezogen auf den zu behandelnden Teilstrom, auf das Niveau des Ablaufes der BIOFOR-Anlage gehoben werden. Dort wird der Teilstrom aus dem Ablauf der Belebungsanlage mit dem entsprechenden Teilstrom aus dem Ablauf der BIOFOR-Anlage vereinigt.

In Lösungsvariante 1.1 werden zunächst BIOFOR-Zellen in herkömmliche Abstromfilterzellen umgebaut. In den so gewonnenen Überstauraum erfolgt dann

eine PAK-Dosierung. Eine Lager- und Dosierstation für PAK kann außerhalb des BIOFOR-Gebäudes aufgestellt werden. Bezogen auf den gewählten Teilstrom von 600 m³/h müssten zwei der vorhandenen Nitrifikationszellen umgerüstet werden.

Bei Lösungsvariante 1.2. werden vorhandene BIOFOR-Zellen genutzt. Bei diesen wird im Wesentlichen das vorhandene Filtermaterial BIOLIT durch GAK ersetzt. Da die beladene GAK nach einer gewissen Zeit ausgetauscht bzw. regeneriert werden muss, wird eine separate Vorrichtungen zum Einbringen frischer bzw. regenerierter Aktivkohle und zur Entnahme der beladenen Kohle vorgesehen. Da vorhandene BIOFOR-N-Zellen als GAK-Adsorber genutzt werden sollen, fällt der Ablauf der Adsorptionsstufe hydraulisch auf dem gleichen Niveau an, wie der Ablauf der BIOFOR-Anlage. Für einen solchen Betrieb muss das Abwasser aus dem Ablauf der BIOFOR-Anlage also erneut gehoben werden. Der Ablauf der Nachklärung muss ebenfalls auf dieses Niveau gefördert werden. Bezogen auf die Bemessungswassermenge für den Adsorber von $Q_A = 600 \text{ m}^3/\text{h}$ müssten drei BIOFOR-N-Zellen zu GAK Adsorbern umgebaut werden.

Lösungsvariante 1.3 nutzt wiederum vorhandene BIOFOR-Zellen als 4. Reinigungsstufe. In diesem Fall werden diese zu Ozonreaktionsbecken umgerüstet. Die Sauerstofflagerung und Ozonerzeugung werden als fertige Komponenten installiert. Dabei bietet sich an, BIOFOR-N-Zellen zu nutzen, weil diese hydraulisch höher liegen. Somit ergibt sich die Möglichkeit, BIOFOR-N-Zellen als nachgeschalteten biologischen Filter zum Abbau organischer Restsubstanzen aus der Ozonung zu betreiben.

3.2 Lösungsvarianten zu Grundvariante 2

Grundvariante 2 wird nur möglich, weil die Belastung der Kläranlage nach einer Auswertung des INFA Instituts in Ahlen nur noch 60.000 EW beträgt und somit vorhandenes Volumen für die Nutzung als Anlage zur Spurenstoffelimination umgebaut werden kann. Hauptstrom in Bezug auf die Grundvariante heißt, dass zunächst die konventionelle Abwasserreinigung im Hauptstrom entweder a.) in der Belebungsanlage oder b.) in der BIOFOR-Anlage erfolgt.

Die Untervariante a.) setzt allerdings eine Erweiterung der vorhandenen Belebungsanlage voraus, da diese selbst unter Berücksichtigung der zurückgegangenen Belastung nicht ausreicht, um eine biologische Vollreinigung des anfallenden Abwassers sicherzustellen. Für Untervariante b.) ist zwar rechnerisch keine Erweiterung erforderlich, allerdings ist auch hier erforderlich, dass die Kläranlage Ahlen auch genehmigungsrechtlich offiziell auf eine Ausbaugröße von 60.000 EW festgesetzt wird. Dies ist wichtig, damit der klärpflichtige Anteil des anfallenden Mischwassers soweit reduziert wird, dass die BIOFOR-Anlage diese Abflüsse hydraulisch bewältigen kann.

Die Spurenstoffelimination erfolgt dann in jedem Fall in umgerüsteten BIOFOR-Zellen. Die jeweils dazugehörigen Lösungsvarianten sind verfahrenstechnisch letztlich mit denen, die bereits zur Grundvariante 1 beschrieben wurden, identisch und wurden entsprechen wie folgt durchnummeriert.

- Lösungsvariante 2.1.a: Belegung im Hauptstrom, PAK Dosierung in Überstauraum umgerüsteter BIOFOR-Zellen
- Lösungsvariante 2.2.a: Belegung im Hauptstrom, Umrüstung nicht mehr benötigter BIOFOR-Zellen zu GAK-Adsorbern
- Lösungsvariante 2.3.a: Belegung im Hauptstrom, Ozonungsanlage in nicht mehr benötigten BIOFOR-Zellen
- Lösungsvariante 2.1.b: BIOFOR im Hauptstrom, PAK Dosierung in Überstauraum umgerüsteter BIOFOR-Zellen
- Lösungsvariante 2.2.b: BIOFOR im Hauptstrom, Umrüstung nicht mehr benötigter BIOFOR-Zellen zu GAK-Adsorbern
- Lösungsvariante 2.3.b: BIOFOR im Hauptstrom, Ozonungsanlage in nicht mehr benötigten BIOFOR-Zellen

Unterschiede ergeben sich dennoch in den Kosten. So muss bei den einzelnen Lösungsvarianten zur Untervariante a.) nur der im Rahmen der 4. Reinigungsstufe zu behandelnde Teilstrom auf das Niveau der BIOFOR-Anlage gehoben werden, während bei der Untervariante b.) grundsätzlich der gesamte Mischwasserstrom zunächst auf das Niveau der BIOFOR-Anlage gehoben, und anschließend der weiter zu behandelnde Teilstrom erneut gehoben werden muss.

4 ERGEBNIS UND EMPFEHLUNG

Die Machbarkeitsstudie beinhaltet eine klärtechnische Berechnung für alle sechs Lösungsvarianten. Außerdem wurde eine Wirtschaftlichkeitsanalyse der untersuchten Lösungsvarianten für die Spurenstoffelimination durchgeführt. Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden sowohl die Investitionskosten als auch die Betriebskosten ermittelt und daraus die Jahreskosten errechnet. Bei der Kostenschätzung der einzelnen Lösungsvarianten wurden die Kosten für Ingenieurleistungen nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt:

Die günstigsten Varianten sind nach dieser Betrachtung die GAK-Varianten (Lösungsvarianten x.2). Dies spiegelt nicht ganz die Erfahrungen mit anderen, bereits ausgeführten Projekten wieder, bei denen sich i.d.R. leichte Kostenvorteile für die Ozonungsvarianten ergeben. Die Vorteile für die GAK-Varianten auf der Kläranlage Ahlen ergeben sich klar dadurch, dass die Anlage zur Spurenstoffelimination hier vollständig in vorhandenen Bausubstanz untergebracht werden kann.

Kostenart		Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 2.1a	Variante 2.2a	Variante 2.3a	Variante 2.1b	Variante 2.2b	Variante 2.3b
Investitionskosten Bau	€	68.661,01	68.661,01	68.661,01	0,00	0,00	0,00	78.366,16	78.366,16	78.366,16
Annuität		4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%	4,7%
Jahreskosten Bau	€/a	3.215,21	3.215,21	3.215,21	0,00	0,00	0,00	3.669,67	3.669,67	3.669,67
Investitionskosten Maschinentchnik	€	707.880,00	396.250,00	533.500,00	677.600,00	370.350,00	507.600,00	681.000,00	373.758,00	511.000,00
Annuität		14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%
Jahreskosten Maschinentchnik	€/a	102.980,01	57.645,12	77.611,79	98.574,98	53.877,28	73.843,95	99.069,60	54.373,06	74.338,57
Investitionskosten EMSR-Technik	€	471.920,00	264.166,67	356.666,67	451.733,33	246.900,00	338.400,00	454.000,00	249.166,67	340.666,67
Annuität		14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%	14,5%
Jahreskosten EMSR-Technik	€/a	68.653,34	38.430,08	51.741,19	65.716,65	35.918,18	49.229,30	66.046,40	36.247,93	49.559,04
Summe Kapitalkosten	€/a	106.195,36	60.860,48	80.827,14	98.575,12	53.877,42	73.844,09	102.739,42	58.042,88	78.008,39
Summe Betriebskosten	€/a	245.221,48	168.201,92	156.817,85	232.995,37	156.180,81	146.395,73	245.057,15	168.241,60	158.457,52
Summe Jahreskosten	€/a	351.416,84	229.062,40	237.644,99	331.570,49	210.058,23	220.239,82	347.796,57	226.284,48	236.465,90
MWSt z. Zt. 19%	€/a	66.769,20	43.521,86	45.152,65	62.998,39	39.911,06	41.845,57	66.081,35	42.994,05	44.928,52
Summe Betriebskosten (brutto)	€/a	418.186,04	272.584,26	282.797,54	394.568,88	249.969,30	262.085,39	413.877,92	269.278,53	281.394,43
spez. Kosten / m ³	€/m ³	0,10	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,10	0,06	0,07
Prozent		167%	109%	113%	158%	100%	105%	166%	108%	113%

Tabelle 1: Jahreskosten der Varianten in €/a

Bei der Jahreskostenbetrachtung spielen die Betriebskosten und insbesondere die folgenden Parameter eine entscheidende Rolle:

- Energiekosten bzw. der spez. Preis von 16 Cent/kWh (netto)
- Materialkosten für Pulveraktivkohle (€/Mg), granuliert Aktivkohle (€/Mg) oder Sauerstoff (€/kg)
- Entwicklung der zukünftigen spezifischen Materialkosten
- Erforderliche Dosierrate der Pulveraktivkohle
- Standzeiten der GAK-Filter
- Erforderliche Dosierrate des Ozons

Diese Kosten wurden einer Sensitivitätsanalyse unterzogen. Dabei ist die Energiekostensituation im Wesentlichen für die Ozonungsvarianten x.3 ausschlaggebend. Da Ozonung in Bezug auf die Jahreskosten im besonderen Fall Ahlen ohnehin nicht die günstigste Variante darstellt, werden Energiepreisänderungen für diese Lösungsvariante nur dann Vorteile bringen, wenn es zu einem langfristigen und deutlichen Verfall der Energiepreise kommt. Auch wenn derzeit ein Rückgang der Energiekosten zu verzeichnen ist, ist mittel- bis langfristig davon aber wohl eher nicht auszugehen. Energiekostensteigerungen bringen der Ozonierung dann in der Bewertung eher weitere Nachteile.

Bei den beiden Aktivkohlevarianten entscheiden neben den jeweiligen spezifischen Kosten im Wesentlichen die erforderliche Dosierrate bei den PAK-Varianten bzw. die geforderten durchgesetzten Bettvolumina (BVT) bei den GAK-Varianten. Vor dem Hintergrund des noch nicht klar definierten Reinigungszieles bzw. der noch fehlenden Antwort auf die Frage, auf welche Leitparameter sich eine weitergehende Spurenstoffelimination zu beziehen hat, kann eine letztendliche Bewertung der Varianten derzeit eigentlich aber noch gar nicht vorgenommen werden. Von daher ist im Rahmen der weiteren Planung die Frage nach den Reinigungszielen klarer zu definieren und danach festzulegen, welche Variante grundsätzlich verfolgt werden soll. Zum derzeitigen Stand ergeben sich bedingt durch die geringen erforderlichen Investitionskosten Vorteile für die GAK-Varianten.

Abgesehen von den Kosten gibt es noch weitere Kriterien, wie z. B. die Reinigungsleistung, die Entstehung und Auswirkungen von möglichen Transformationsprodukten oder den Betriebsaufwand, die die Auswahl der zu bevorzugenden Verfahrensvariante beeinflussen.

In der Studie wurden deshalb die folgenden Parameter in die Bewertung einbezogen:

- Jahreskosten
- Einhaltung der Phosphorablaufwerte
- Auswirkungen von Transformationsprodukten
- Planungssicherheit
- Betriebssicherheit
- CO₂-Emissionen

In Summe ergeben sich bei der Einschätzung der oben beschriebenen Kriterien einige Vorteile für die Untervariante 3 (GAK).

Kriterium	PAK-Dosierung	GAK in Filtern	Ozonung
Jahreskosten	-	+	0
P-Ablaufwerte	+	+	+
Transformationsprodukte	+	+	-
Planungssicherheit	+	+	+
Betriebssicherheit	+	+	-
CO₂-Ausstoß	+	+	+

Tabelle 2: Bewertung von Verfahrenskriterien unter Berücksichtigung der besonderen Randbedingungen der KA Ahlen

Nach Auswertung aller Kriterien ergeben sich unter den besonderen Randbedingungen der Kläranlage Ahlen Vorteile für die Lösungsvarianten x.2 (GAK in umgerüsteten BIOFOR-Zellen). Bezogen auf einen mittleren Zulauf von 485 m³/h ergeben sich spezifische Kosten von ca. 6,3 Cent/m³. Mögliche Investitionsförderungen z.B. durch das Land Nordrhein-Westfalen sind hierin nicht berücksichtigt.

Das Abwasserwerk der Stadt Ahlen prüft zur Zeit, ob eine Umstellung der Kläranlage auf ein Belebungsverfahren im Hauptstrom wirtschaftliche Vorteile bringt. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund der hohen Betriebskosten der BIOFOR-Anlage im Vollreinigungsbetrieb und der betrieblich ungünstigen Situation einer Kläranlage, die in zwei Teilströmen mit völlig unterschiedlicher Verfahrenstechnik betrieben wird, wahrscheinlich. Wenn sich die im Ergebnis als richtig herausstellt, so ergeben sich insgesamt klare Vorteile für die Variante 2.2.a

„Belebung im Hauptstrom und Umrüstung nicht mehr benötigter BIOFOR-Zellen zu GAK-Adsorbern“ so wird empfohlen diese Lösungsvariante im Rahmen einer detaillierten Planung weiter zu betrachten.

Für den Antragsteller:

ABWASSERWERK DER STADT AHLEN
Der Werksleiter
Ahlen den:

Für die Planung:

WE-Consult Ltd.
Düsseldorf den 08.12.2015: