



# Kläranlage Löhne

## Machbarkeitsstudie zur Spurenstoffelimination

### Kurzbericht

Düsseldorf, November 2013



## ZUSAMMENFASSUNG

Die Wirtschaftsbetriebe der Stadt Löhne untersuchen im Rahmen einer Machbarkeitsstudie verfahrenstechnische Möglichkeiten zur Spurenstoffelimination. Die Hydro-Ingenieure GmbH wurde nach einem gemeinsamen Gespräch vom 12.07. und 30.08.2012 mit Schreiben vom 19.12.2012 beauftragt, die Machbarkeitsstudie für das „Projekt Spurenstoffelimination“ auf der „Kläranlage Löhne“ zu erbringen.

Für den Einsatz von Aktivkohle/ Alternative Verfahrenstechniken zur weitergehenden Spurenstoffelimination stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Gemäß Angebot der Hydro-Ingenieure GmbH vom 25.10.2012 sollen folgende Varianten untersucht werden:

- Neubau einer GAK-Stufe (granulierte Aktivkohle) im Anschluss an die Nachklärung
- Einsatz einer Ozonung im Ablauf der Nachklärung

Ziel der Machbarkeitsstudie ist die Bewertung der unterschiedlichen Lösungskonzepte im Hinblick auf die technische Machbarkeit, ihrer Wirtschaftlichkeit sowie eine Bewertung der Vor- und Nachteile einschließlich der nicht-monetären Aspekte. Hierdurch wird eine Entscheidungsgrundlage geschaffen, die es den Wirtschaftsbetrieben Löhne ermöglicht, ein innovatives sowie unter dem Blickwinkel der Förderung von Seiten des Landes NRW ein wirtschaftlich vertretbares Konzept zur weitergehenden Abwasserreinigung auf der Kläranlage Löhne umzusetzen.

## EINFÜHRUNG

Die Wirtschaftsbetriebe Löhne betreiben die Kläranlage Löhne mit einer derzeitigen Ausbaugröße von 88.000 EW, die aus einer mechanisch-biologischen Reinigungsstufe mit Schlammbehandlung einschließlich Schlammwässerung besteht. Hierbei sind ca. 40.000 Einwohner aus Löhne und ca. 18.000 Einwohner aus Kirchlegern sowie 30.000 Einwohnergleichwerte aus der Industrie angeschlossen. Die biologische Reinigungsstufe besteht aus einer zweistufigen A-B-Anlage, wobei die bestehende Hochlaststufe bereits in den 60er Jahren realisiert wurde. Die Erweiterung der Belebungsbecken und der zwei Rundnachklärbecken wurde in den 90er Jahren realisiert.

## **Aufgabenstellung**

Die Aufgabenstellung für die komplette Machbarkeitsstudie besteht im Einzelnen aus:

- 1 Grundlagenermittlung einschl. Auswertung der Wassermengen zur Dimensionierung der Verfahrenskomponenten.
- 2 Klärtechnische Berechnungen der Verfahrenskomponenten.
- 3 Zeichnerische Darstellung in Verfahrensschemata und Lageplanskizzen.
- 4 Bewertung der verschiedenen Möglichkeiten im Hinblick auf Vor- und Nachteile, insbesondere der nicht-monetären Aspekte, z. B. betrieblicher Risiken sowie zukünftiger Erweiterungsmöglichkeiten etc.
- 5 Überprüfung der technischen Machbarkeit.
- 6 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einschl. Abschätzung der Investitionskosten, der Betriebskosten sowie der Jahreskosten.
- 7 Bewertung und Diskussion der Ergebnisse.

## **KURZBESCHREIBUNG DER LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN**

Wie bereits zuvor erwähnt, gibt es verschiedene Verfahrensvarianten zur Spurenstoffelimination. Im Weiteren wird ein erster Überblick über diese möglichen Verfahrenstechniken gegeben.

### **Pulveraktivkohle**

Pulveraktivkohle verfügt im Vergleich zu granulierter Aktivkohle über eine geringere Korngröße. Die PAK wird dem Abwasserstrom zudosiert und eingerührt und muss anschließend durch eine Separationsstufe wieder aus dem Abwasserstrom entfernt werden.

### **Granulierte Aktivkohle**

Granulierte Aktivkohle oder auch Kornkohle zeichnet sich durch eine größere Korngröße aus als pulverisierte Aktivkohle und wird als Filtermaterial zur Elimination von Spurenstoffen eingesetzt.

Die Möglichkeit der nachgeschalteten GAK-Filter hat den Vorteil, dass die komplette vorhandene Filtration als Sicherheitsstufe gegen einen möglichen Eintrag von Feststoffen aus der Nachklärung fungiert. Die nachgeschalteten Filter kön-

nen wiederum als Druckfilter in Stahldruckkesseln oder als Schwerkraftfilter z.B. aus Beton umgesetzt werden. Bei der hier vorliegenden Planung wurden Stahldruckkessel gewählt. In der Variante 2 „Granulierte Aktivkohle in nachgeschalteten Druckkesseln (1-stufig)“ wird diese Verfahrensmöglichkeit weiter untersucht.

### **Ozonierung**

Für die Ozonung wird die Ozonerzeugung aus Flüssigsauerstoff vorgesehen. Der Reaktionsbehälter wird zweistraßig ohne Leitwände geplant. Theoretisch kommen wie bereits beschrieben sowohl ein Eintrag über einen Injektor als auch über ein Diffusorsystem in Frage. Für die Kostenschätzung im Rahmen der Variantenuntersuchung wird zunächst von einem Injektorsystem ausgegangen.

## **PLANUNGS- UND BEMESSUNGSGRUNDLAGEN**

### **Planungsgrundlagen**

Seitens der Wirtschaftsbetriebe der Stadt Löhne wurden für die Bearbeitung folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- Jahresschmutzwassermengen 2009 bis 2012
- Wassermengen 15 – Minutenwerte für den Zeitraum Januar 2009 bis Dezember 2012
- Wassermengen 1 - Stundenwerte für den Zeitraum Januar 2009 bis Dezember 2012
- Vorhandene Bauwerkspläne der bestehenden der biologischen Reinigungsstufe
- Lageplan der Kläranlage Löhne
- Erlaubnisbescheid der Kläranlage Löhne vom 12.10.2010, BR Detmold

### **Hydraulische Bemessungsgröße**

Die Hydro-Ingenieure GmbH hat eine Auswertung der Zulaufwassermengen für den Zeitraum vom Januar 2009 bis zum Dezember 2012 durchgeführt. Hierbei wurden sowohl Ganglinien erstellt als auch Summenhäufigkeiten ermittelt. Die Datengrundlagen basierten auf 15-Minuten und 1-Stunden-Werten. Die jeweils prozentualen Anteile der Jahresabwassermenge über die Jahre 2009 bis 2012 nachfolgender Tabelle zu entnehmen sind:

Tabelle 1: Zulaufmengen Spurenstoffanlage

Ablaufmenge (l/s)	2009	2010	2011	2012
Mittelwert	140	161	126	123
85%-Wert	226	236	197	179
Maximum	828	796	620	640

Die Bemessungswassermenge für die Spurenstoffbehandlung wurde auf max. 125 l/s (450 m<sup>3</sup>/h) festgelegt. Der Zulauf zur Spurenstoffanlage der Kläranlage Löhne unterschreitet an ca. 74% aller Tage des Jahres 2009 eine maximale Menge von 125 l/s. Im Jahre 2012 erreicht die prozentuale Teilstrommenge der Jahresabwassermenge einen Wert von 81,7 %. Mit einem maximalen Zulauf von 125 l/s zur Spurenstoffelimination können im Mittel über den Betrachtungszeitraum von immerhin 4 Jahren ca. 75% der anfallenden Abwassermenge im Zulauf des Klärwerks behandelt werden.

Zulaufmenge zur Biologie 2012

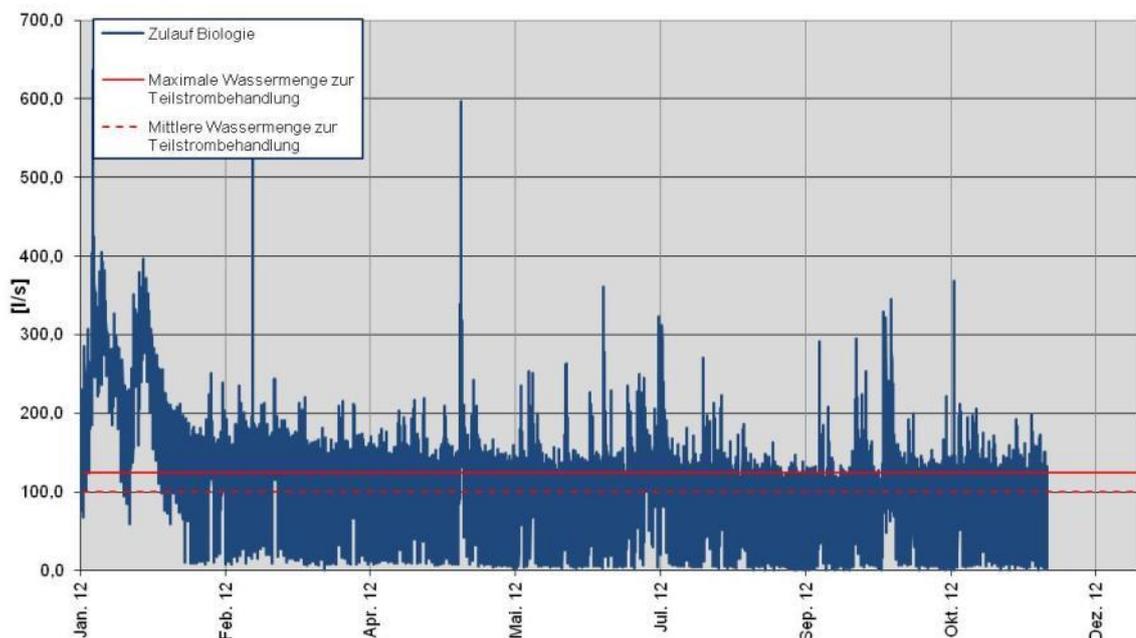


Abbildung 1: Auswertung Anteil der behandelten Teilstrommenge an der Zulaufmenge zur Spurenstoffanlage der KA Löhne 2012

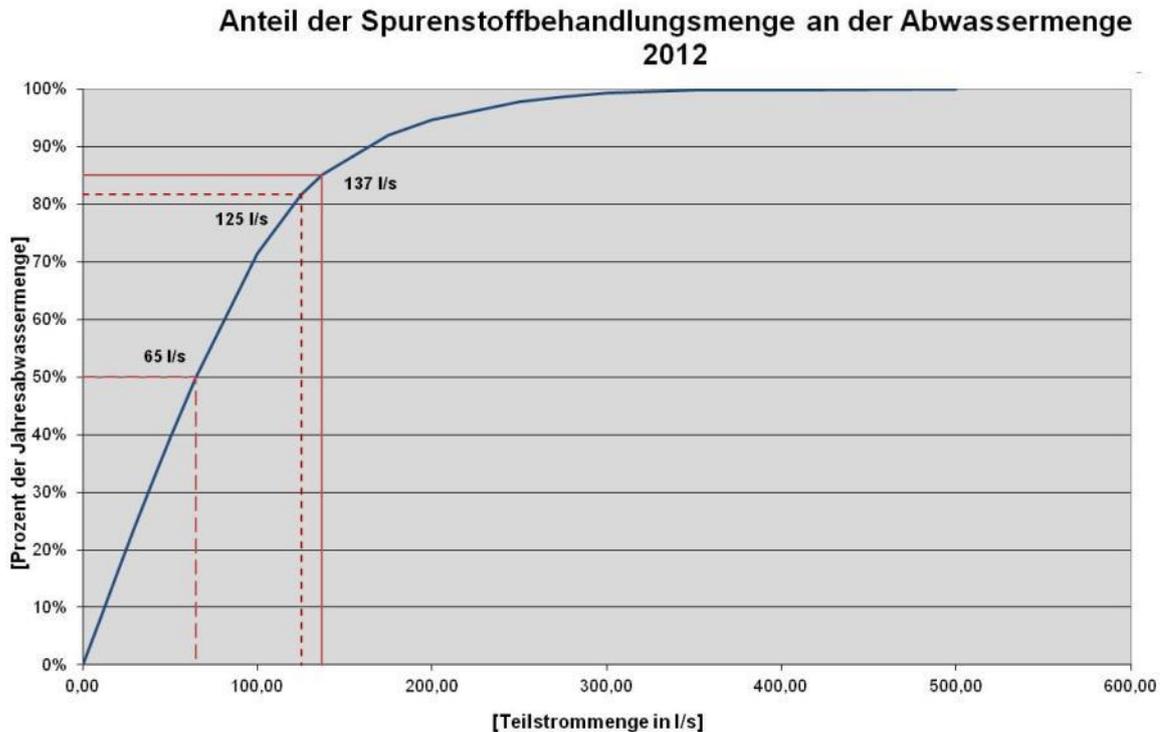


Abbildung 2: Auswertung Zulaufmengen zur Spurenstoffanlage der KA Löhne 2012

## PLANUNGSKONZEPTE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION

Im Folgenden werden die für die Kläranlage Löhne möglichen Varianten unter Berücksichtigung der vorhandenen baulichen und technischen Randbedingungen erläutert.

- Lösungsvariante 1 - Pulveraktivkohle mit Kontakt- und Absetzbecken
- Lösungsvariante 2 – Granulierte Aktivkohle in nachgeschalteten Druckkesseln (1stufig)
- Lösungsvariante 3 – Ozonanlage

### Lösungsvariante 1: Pulveraktivkohle mit Kontaktbecken

Die Variante 1 umfasst die Zugabe von Pulveraktivkohle in einer vorgeschalteten Absorptionsstufe mit Abtrennung der Kohle in einem separaten Absetzbecken analog zum Verfahren auf der Kläranlage Mannheim.

Der Teilstrom für die Aktivkohlebehandlung von 125 l/s wird im Ablauf der Nachklärung abgetrennt. Bei einem Zulauf von bis zu 124 l/s fließt das gesamte Abwasser von der Nachklärung zur PAK-Anlage. Über ein Abschlagsbauwerk wird sichergestellt, dass maximal 125 l/s der PAK-Anlage zufließen. Bei Regenwetter steigt der Wasserspiegel im Abschlagsbauwerk an und die Abwassermenge > 125 l/s wird über eine Überfallkante abgeschlagen. Sie fließt direkt in den Ablauf und in das Gewässer.

Da auf der Kläranlage Löhne keine vorhandene Bausubstanz zur Nutzung als Kontaktbecken zur Verfügung steht, werden bei Becken als Neubau auf der freien Fläche westlich der vorhandenen Belebungsbecken im Neubereich geplant (siehe Abbildung 3). Als Absetzbecken fungieren die Nachklärbecken der Belebungsstraßen. Das dazu benötigte freie Volumen in den Becken wurde in der klärtechnischen Berechnung nachgewiesen.

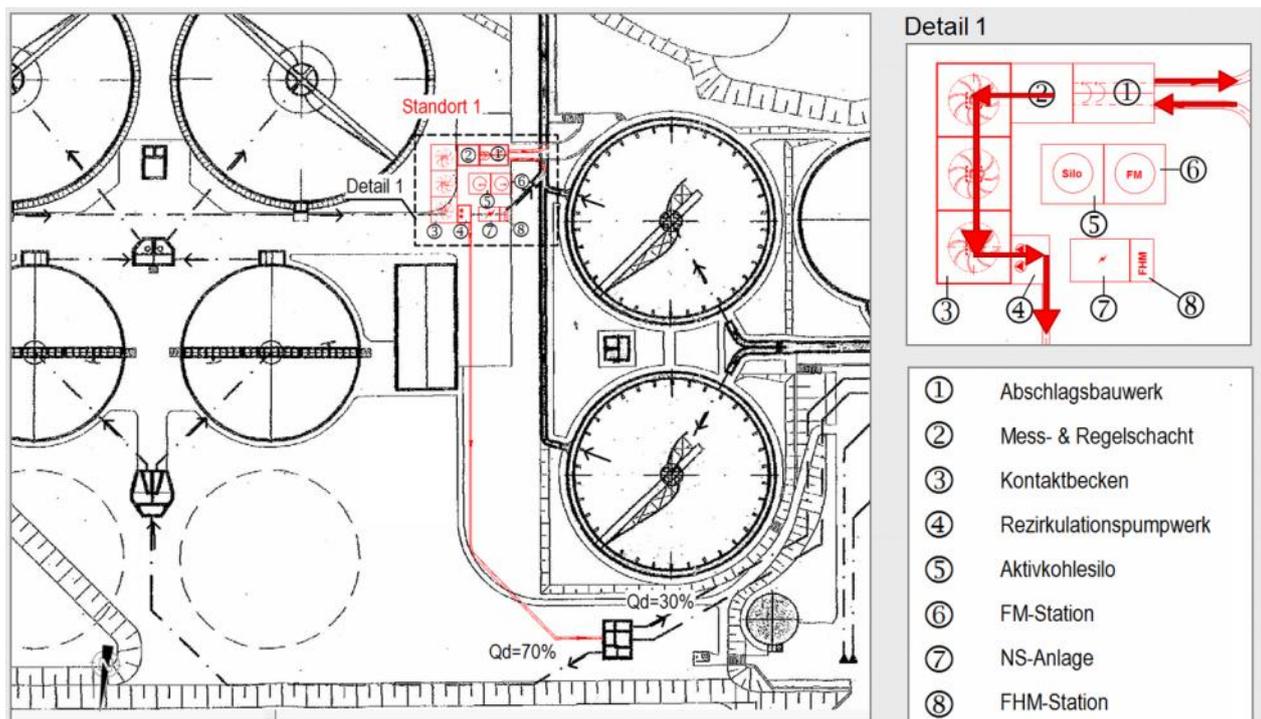


Abbildung 3: Lösungsvariante 1- Pulveraktivkohle mit Kontaktbecken

Die Pulveraktivkohle wird in den Zulauf zum Kontaktbecken dosiert. Die PAK-Dosierrate wurde mit 5 - 20 mg/l angesetzt. Das PAK-Silo einschließlich Dosierstation wird ebenfalls auf der Freifläche westlich des Belebungsbeckens errichtet. Fäll- und Flockungshilfsmittel werden zwischen dem Kontaktbecken und der Rückführung in die Belebung dosiert. Es wird empfohlen eine neue Fällmitteldosierstation, aus der Eisen(III)-Chlorid zum verbesserten Absetzen der Pulveraktivkohle dosiert wird, zu errichten. Für die FHM-Dosierung wird ein Container auf der Grünfläche neben der PAK-Filtration aufgestellt.

Die wesentlichen verfahrenstechnischen Bemessungsgrundlagen werden im Weiteren kurz zusammengefasst:

- |                                     |                     |
|-------------------------------------|---------------------|
| • Aufenthaltszeit in Kontaktreaktor | 30 min.             |
| • Energieeintrag im Kontaktbecken   | 10 W/m <sup>3</sup> |
| • PAK-Dosierung                     | 5 – 20 mg/l         |
| • Polymerdosierung                  | 0,15 – 0,30 mg/l    |
| • Fällmitteldosierung               | 2 – 8 mg/l          |

### **Lösungsvariante 2: Granulierte Aktivkohle in nachgeschalteten Druckkesseln (1-stufig)**

Die Variante 2 untersucht die Filtration mit granulierter Aktivkohle in nachgeschalteten Druckkesseln als 1-stufige Variante.

Bei einem 1-stufigen Verfahren sind insgesamt 6 Adsorber notwendig, die alle parallel gefahren werden. Dadurch kann auf eine aufwändige Karussellschaltung verzichtet werden und die Investitionskosten für die Adsorber halbieren sich.

Der Teilstrom für die Behandlung in der GAK-Anlage wird über eine Leitung vom vorhandenen Ablaufschacht der Kläranlage, über das Abschlagbauwerk und einen Pumpenschacht mit 2 + 1 Pumpen zu den GAK-Adsorbern gepumpt. Die GAK-Adsorber werden in einer neu zu errichtenden Halle (Leichtbauweise) auf der Freifläche westlich der neuen Belebungsbecken aufgestellt.

Der Ablauf erfolgt zum vorhandenen Ablaufkanal der Kläranlage. Zum Spülen der Aktivkohle-Adsorber sind 1 + 1 Spülwasserpumpen mit einer maximalen Spülwassergeschwindigkeit von 25- 30 m/h und 1 + 1 Spülluftgebläse mit einer maximalen Spülluftgeschwindigkeit von 60 m/h vorgesehen. Im Ablauf der Filter ist eine Spülwasservorlage für die Spülwasserpumpen vorgesehen.

Die wesentlichen verfahrenstechnischen Bemessungsgrundlagen werden im Weiteren kurz zusammengefasst:

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| • Verfahrenstechnik GAK-Filter | 1-stufig                |
| • 1. Stufe                     | 6 Reaktoren mit 4,3 m Ø |
| • Filterbetthöhe               | 2,50 m                  |
| • Aufenthaltszeit              | 10- 30 min              |

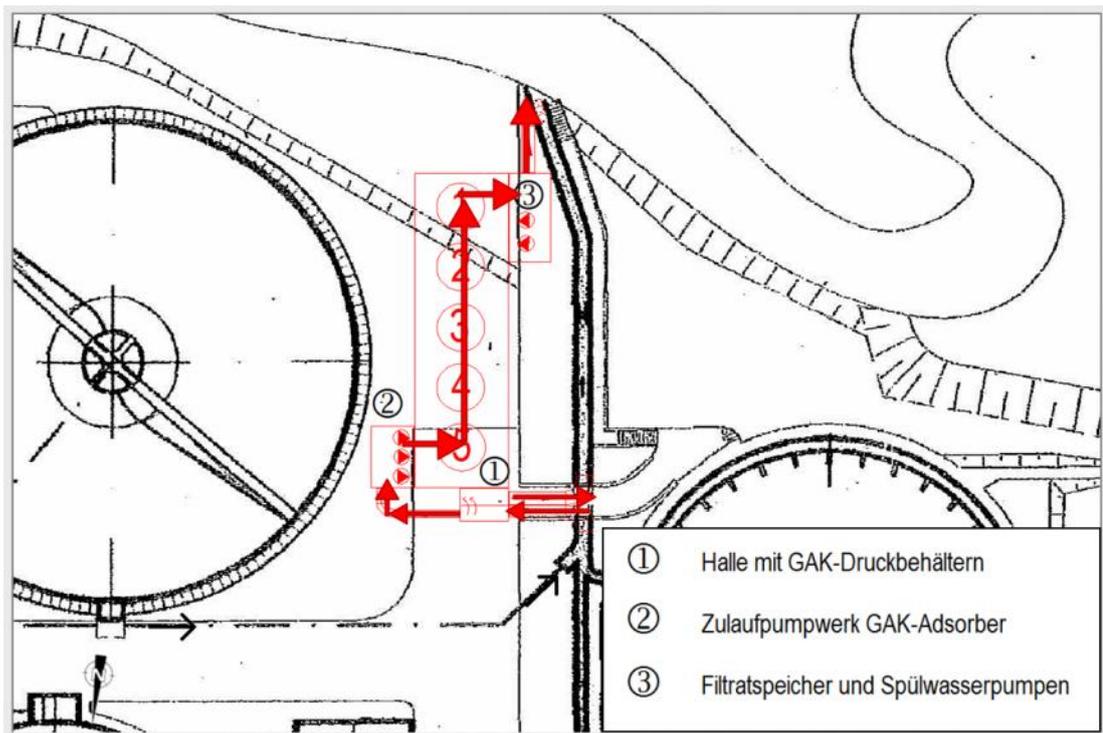


Abbildung 4: Lösungsvariante 1 – GAK – Nachgeschaltete Druckkessel (1-stufig)

### Lösungsvariante 3: Ozonung

Bei der Variante 3 ist eine Ozonung des Ablaufs der Nachklärbecken vorgesehen. Diese Variante wird baulich, was Lage und Anschlüsse betrifft, ähnlich der Variante 1 errichtet. Der Ablauf der Nachklärung wird, wie bei den bisherigen Varianten über ein Abschlagbauwerk zur Ozonanlage geführt welches einen maximalen Zufluss von 125 l/s sicherstellt.

Im Anschluss an das Durchfließen der Ozonierungsreaktoren wird das Abwasser dann zunächst über eine Rohrleitung dem Verteilerbauwerk zugeleitet, das dann, wie bisher auch, den Abwasserstrom auf die beiden Belebungsstraßen aufteilt. Die Auslegung der Ozonerzeugung erfolgt auf eine maximale Dosierung von 10 mg/l bei der Bemessungswassermenge von 125 l/s.

Gewählt wird eine Aufenthaltszeit im Ozonierungsreaktor von insgesamt 20 Minuten. Dabei wird das letzte Viertel der Ozonierungsreaktoren jedoch durch eine Leitwand vom Rest des Reaktors getrennt und als Ausgasungszone definiert, sodass eine Aufenthaltszeit im Reaktor von 15 Minuten verbleibt. Der Ozonierungsreaktor wird 1-straßig ausgeführt. Die lichten Abmessungen der Straße inklusive Ausgasungszone betragen 9,5 x 3,5 x 4,5 m. Der Ablauf der Ozonierungsreaktoren läuft über ein Rezirkulationspumpwerk dem Verteilerpump-

werk zu und wird von dort wieder auf die beiden Belebungsstraßen der Kläranlage aufgeteilt. Strömungstechnische Untersuchungen in anderen Vorhaben haben gezeigt, dass die Ausführung des Ozonreaktors als Schlaufenreaktor nicht erforderlich ist (HERBST ET AL. 2011). Auf entsprechende Einbauten wird aus diesem Grund verzichtet. Das Gesamtvolumen der Reaktorstraße inklusive Ausgasungszone ergibt sich zu  $150 \text{ m}^3$ , von denen  $\frac{3}{4}$  als Reaktionsraum und  $\frac{1}{4}$  als Ausgasungszone genutzt wird. Die Anordnung der neu geplanten Anlagenteile ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

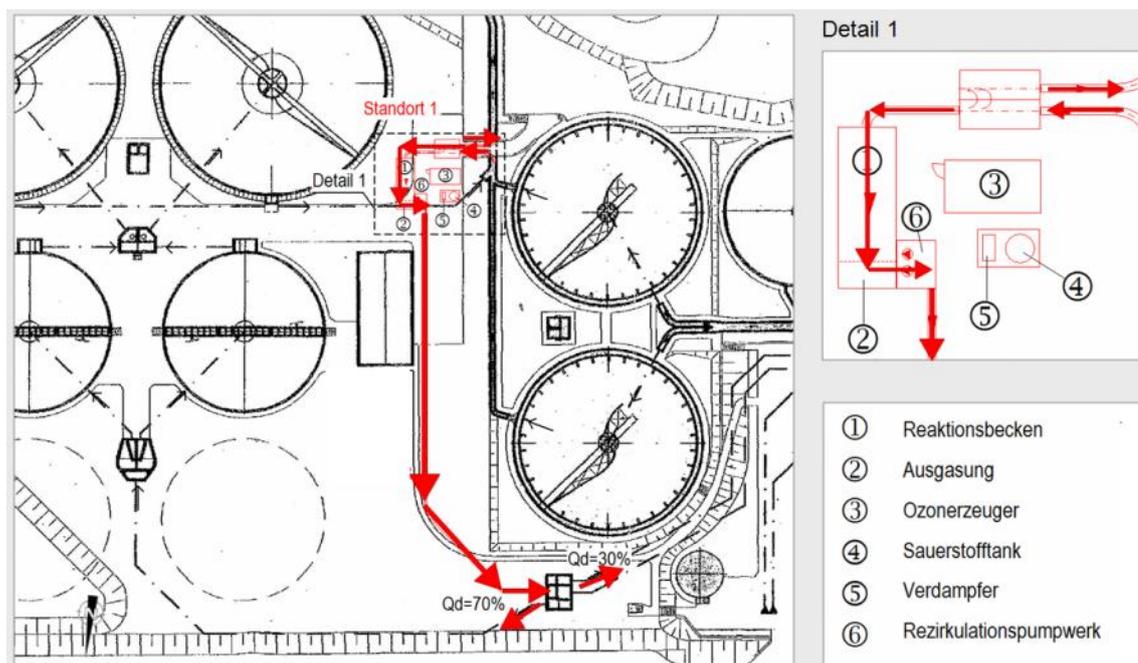


Abbildung 5: Lösungsvariante 3 - Ozonung

Für eine optimale Regelung des Ozoneintrags erfolgen im Zulauf der Anlage die Messung der Wassermenge und DOC-Konzentration online. Um eine Überdosierung zu vermeiden und eine Bilanzierung des Ozoneintrags vornehmen zu können, werden zudem die Ozonkonzentration im Gasstrom nach dem Ozonerzeuger in der Abluft der Reaktionsbehälter und in der Wasserphase im Ablauf des Ausgasungsbehälters gemessen. Die Abluft aus der Injektorstraße wird gezielt über einen Restozonvernichter behandelt, um eventuelle Restkonzentrationen vor Austritt in die Atmosphäre sicher zu eliminieren. Aus Gründen der Arbeitssicherheit werden im Raum zur Aufstellung des Ozonerzeugers die Ozon- und Sauerstoffkonzentrationen in der Raumluft gemessen. Bei Bedarf erfolgt eine optisch akustische Warnung bzw. eine Abschaltung der Anlagen.

Die wesentlichen verfahrenstechnischen Bemessungsgrundlagen werden nachfolgend kurz zusammengefasst:

- Aufenthaltszeit im Reaktionsbehälter (inkl. Ausgasungszone) 15 + 5 = 20 Min.
- Ozondosierung bezogen auf  $Q_{\text{Bem}}$  2 bis 10  $\text{mg}_{\text{O}_3}/\text{l}$
- Sauerstoffbedarf 10  $\text{g}_{\text{O}_2}/\text{g}_{\text{O}_3}$

Aufgrund der o. g. Problematik der Transformationsprodukte, wird das in der Ozonanlage behandelte Abwasser wieder in die Belebungsbecken zurückgeführt. Die Verfahrenskombination von Ozonung und Behandlung in der biologischen Reinigungsstufe ist auch für den Einsatz auf der Kläranlage Löhne geeignet. Dadurch kann auf eine nachträgliche Sandfiltration verzichtet werden, die in diesem Fall extra noch auf der Kläranlage errichtet werden müsste, da es bisher keine Filtrationsstufe auf der KA Löhne gibt.

Bei der Variante 3.1 Ozonung mit Nachbehandlung wird deswegen ein Alternativvorschlag mit einer separaten biologischen Behandlung des Teilstroms aufgeführt. Dadurch kann auf eine Rezirkulation verzichtet werden und die Berechnete Reinigungsleistung kann erhalten bleiben.

### Ozonung mit Nachbehandlung

Da von Seiten der Wirtschaftsbetriebe Löhne während der Projektbesprechung am 22.5.2013 zusätzlich zur der Variante 3 Ozonung, eine separate Nachbehandlung gewünscht wurde, um die Reinigungsleistung zu Erhöhen und eine Rezirkulation in die Kläranlage zu vermeiden, wurde dies von der Hydro-Ingenieur GmbH unter der Bezeichnung Variante 3.1 Ozonung mit Nachbehandlung untersucht.

Die biologische Reinigung nach der Ozonung wird durch ein Wirbelbettbecken gewährleistet. Dieses wird direkt an das Reaktionsbecken anschließen und ebenfalls ein Volumen von  $150\text{m}^3$  benötigen, welches mit Schaumstoffwürfeln gefüllt wird, damit sich auf deren Oberfläche ein Biofilm bildet. Um eine vollständige Durchmischung zu gewährleisten muss dieses Becken belüftet werden.

Dadurch wären Investitionskosten von ca. 250.000 € nötig, sowie eine Erhöhung der Betriebskosten um 3.800 €/a im Vergleich zur reinen Ozonbehandlung.

In der folgenden Tabelle 1 sind zum Vergleich alle Varianten aufgeführt.

Tabelle 1: Projektkostenbarwert in € der Variante 1 bis 3 und 3.1

Kurztext	Variante 1 PAK mit Kontaktbecken	Variante 2 Nachgeschaltete Druckkessel	Variante 3 Ozonanlage	Variante 3.1 Ozonung mit Nachbehandlung

<b>Projektkostenbarwert netto (€)</b>	<b>4.174.532</b>	<b>4.417.650</b>	<b>3.499.742</b>	<b>3.800.644</b>
<b>19 % MwSt.</b>	<b><u>793.161</u></b>	<b><u>839.353</u></b>	<b><u>664.951</u></b>	<b><u>722.122</u></b>
<b>Projektkostenbarwert brutto (€)</b>	<b>4.967.693</b>	<b>5.257.003</b>	<b>4.164.693</b>	<b>4.522.767</b>
<b>Prozente</b>	<b>100 %</b>	<b>106 %</b>	<b>84%</b>	<b>91%</b>

## 1 BEWERTUNG DER PLANUNGSKONZEPTE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION

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 bevorzugten Verfahrensvariante beeinflussen. In Zusammenarbeit mit dem Wirtschaftsbetrieb Löhne wurde daher eine Bewertungsmatrix erarbeitet (siehe Tabelle 2), in der eine Bewertung anhand dieser Kriterien für die verschiedenen Varianten durchgeführt wurde. Die Kriterien sind prozentual gewichtet und die Varianten mit einer Punktzahl von 1 bis 5, wobei 1 die niedrigste und 5 die höchste Bewertung darstellt, bewertet.

Tabelle 2: Bewertungsmatrix

Kriterium	Gewichtung (%)	Wertung							
		Variante 1: PAK mit Kontakt- und Absetzbecken		Variante 2: GAK in nachgeschalteten Druckkesseln		Variante 3: Ozonanlage		Variante 3.1: Ozonanlage mit Nachbehandlung	
		Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Höhe der Projektkostenbarwert	40	3,5	1,40	2,5	1,00	5	2,00	4	1,60
Reinigungsleistung Spurenstoffe	30	3	0,90	5	1,50	2	0,60	5	1,50
Transformationsprodukte	10	5	0,50	5	0,50	2	0,20	2	0,20
Wartungsarbeiten / Betriebsaufwand	10	3	0,30	5	0,50	4	0,40	3	0,30
Redundanzen / Betriebssicherheit	5	3	0,15	5	0,25	3	0,15	3	0,15
Nachhaltigkeit / CO <sub>2</sub> -Emission	5	4	0,20	4	0,20	4	0,20	4	0,20
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>21,5</b>	<b>3,45</b>	<b>26,5</b>	<b>3,95</b>	<b>20</b>	<b>3,55</b>	<b>21</b>	<b>3,95</b>
Punktwertung: 1 = schlecht 2 = ausreichend 3 = befriedigend 4 = gut 5 = sehr gut									

In **Summe** schneidet Variante 2 (GAK-Filter) in der Bewertung mit 3,95 Punkten zusammen mit der Variante 3.1 am besten ab. Etwas geringer bewertet wurden die Varianten 3 (Ozonanlage) und Variante 1 (PAK mit Kontaktbecken) mit 3,55 bzw. 3,45 Punkten.

## **WEITERE WISSENSCHAFTLICHE FRAGESTELLUNGEN**

Nach der intensiven Diskussion der unterschiedlichen Lösungsansätze wird empfohlen weitere wissenschaftliche Fragestellungen in einem großtechnischen Versuch zu klären.

## **ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNG**

Die Wirtschaftsbetriebe Löhne betreiben die Kläranlage Löhne mit einer Ausbaugröße von 80.000 EW. Anlässlich der aktuellen Diskussionen über die Auswirkungen von Spurenstoffen auf die Gewässerökologie und die Möglichkeiten der Elimination dieser Spurenstoffe auf kommunalen Kläranlagen, hat die WBL die Hydro-Ingenieure GmbH beauftragt im Rahmen einer Vorplanung die Möglichkeiten des Baus Anlage zur Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Löhne zu untersuchen.

Es wurden die folgenden Verfahrensmöglichkeiten zur Spurenstoffelimination in die Vorplanung einbezogen:

- Variante 1 – PAK mit Kontaktbecken
- Variante 2 – GAK in nachgeschalteten Druckkesseln
- Variante 3 – Ozonanlage
- Variante 3.1 – Ozonanlage mit Nachbehandlung

Die unterschiedlichen Verfahrensvarianten wurden hinsichtlich ihrer technischen Machbarkeit untersucht, die Jahreskosten geschätzt und eine Bewertung anhand ausgewählter Kriterien vorgenommen.

Die Varianten liegen sowohl was die Kosten betrifft als auch nach Bewertung anhand von nicht-monetären Kriterien sehr nah beieinander. Variante 2 (GAK-Filter) schneidet bei der Bewertung am besten ab, liegt aber mit den höchsten Jahreskosten von ca. 290.000 €/a (brutto) vor der PAK-Variante und deutlich vor der Ozonanlage.

Die Varianten 2 (GAK-Adsorber als Stahldruckfilter) und 3.1 (Ozonanlage mit Nachbehandlung) erzielen mit 3,95 von 5 Punkten die höchsten Bewertungen.

Die Variante 3 (Oxidation durch Ozonung) liegt mit 3,55 von 5 Punkten auf dem 3. Platz in der Gesamtbewertung. Durch eine separate, neue Nachbehandlung, durch die eine Rezirkulation in die Kläranlage entfällt, könnte, ähnlich wie bei Variante 2, eine höhere Reinigungsleistung von etwa 70 bis 82 % der gesamten Zulaufmenge zum Klärwerk erreicht werden. Dadurch erreicht die Variante 3.1 (Ozonung mit Nachbehandlung) die gleiche Punktzahl wie Variante 2. Die o.g. Problematik in Bezug auf die Transformationsprodukte bleibt aber weiterhin bestehen.

Im Falle der Realisierung wird, in Abstimmung mit den Wirtschaftsbetrieben Löhne die Variante 2 „GAK-Adsorber in nachgeschalteten Druckkesseln“ empfohlen.

Die Aktivkohlefilter sind ohne Eingriffe in den allgemeinen Kläranlagenbetrieb jederzeit umsetzbar. Bei dieser Variante besteht zudem keine Gefahr der Entstehung von Transformationsprodukten.

Die Klärschlamm Entsorgung wird ebenfalls nicht betroffen und kann wie bisher fortgeführt werden.

Die komplette Machbarkeitsstudie und eine detaillierte Beschreibung der entwickelten Maßnahmen sowie die Kosten und Sensitivitätsanalyse der Kläranlage Löhne sind dem Erläuterungsbericht zu entnehmen.