



Kläranlage Neuenkirchen/Wettringen

4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen

Machbarkeitsstudie
November 2014 - Kurzbericht
Projektnummer 0460 067





Kläranlage Neuenkirchen/Wettringen

4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen

Machbarkeitsstudie
November 2014 - Kurzbericht
Projektnummer 0460 067

Bearbeitet durch:
Dr.-Ing. Jan Mauriz Kaub
Dipl.-Ing. Norbert Biebersdorf

Aufgestellt:
Bochum, im November 2014
bie-ka-ko

Dipl.-Ing. Norbert Biebersdorf

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Anlagenbestand	1
3	Darstellung der untersuchten Verfahrenskombinationen	2
3.1	Beschickungsmenge.....	2
3.2	Verfahrensfestlegung.....	3
3.3	Varianten	3
3.3.1	Variante 1: PAK mit Rücklaufkohle	3
3.3.1.1	Allgemein.....	3
3.3.1.2	Ausführung	4
3.3.2	Variante 2: Filtration über granulierte Aktivkohle	6
3.3.2.1	Allgemeines	6
3.3.2.2	Ausführung	8
3.3.3	Variante 3: Ozonung mit nachgeschaltetem Schönungsteich.....	9
3.3.3.1	Allgemeines	9
3.3.3.2	Ausführung	10
3.4	Ergebnisübersicht Varianten	12
4	Kosten	14
5	Bewertung	15
6	Zusammenfassung	15

2 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Ertüchtigung von kommunalen Kläranlagen im Hinblick auf die Elimination von anthropogenen Spurenstoffen wird derzeit in der Fachwelt diskutiert.

Diese 4. Reinigungsstufe ist in der Bundesrepublik, insbesondere in Baden-Württemberg und auf einigen Anlagen in Nordrhein-Westfalen bereits in Betrieb. In der Schweiz wird eine landesweite Einführung vorbereitet.

Nicht zuletzt lassen die Aktivitäten im Umweltausschuss des Europäischen Parlaments mit der Aufnahme von erstmals drei Pharmaka-Wirkstoffen in die Liste der prioritären Stoffe nach der Wasser-Rahmenrichtlinie vom November 2012 darauf schließen, dass die 4. Reinigungsstufe zukünftig Pflicht werden könnte.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Verfahrenskombinationen auch im großtechnischen Maßstab untersucht. So stehen verschiedene Konzepte zur Elimination der genannten Stoffe zur Verfügung.

Um die Realisierbarkeit dieser Verfahren auf den Kläranlagen konkret zu untersuchen, fördert das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen Machbarkeitsstudien.

Die Gemeinde Neuenkirchen hat die TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH beauftragt, für die Kläranlage Neuenkirchen-Wettringen eine solche Studie auszuarbeiten.

Mit der Studie soll eine Entscheidungsgrundlage geschaffen werden, um die Auswahl eines möglichen Verfahrens durch die Gemeinde Neuenkirchen zu unterstützen. Neben den technischen Aspekten werden auch die Wirtschaftlichkeit und weitere Punkte, wie z. B. die Nachhaltigkeit, bewertet.

Die Machbarkeitsstudie gliedert sich in folgende Punkte auf:

- Datenauswertung mit Ermittlung der für die Auslegung maßgeblichen Teilstrommenge;
- Auslegung der insgesamt drei Verfahrenskombinationen;
- Darstellung der Varianten im Lageplan und im Blockfließbild;
- Beschreibung und Bewertung der Verfahren;
- wirtschaftliche Bewertung der Konzepte anhand der Jahreskosten; dazu werden die Investitionskosten und die Betriebskosten abgeschätzt;
- Zusammenfassung der Bewertung in einer Entscheidungsmatrix.

3 Anlagenbestand

Die Belastung der Kläranlage Neuenkirchen setzt sich aus den Anteilen der Abwässer der Gemeinden Neuenkirchen und Wettringen sowie aus den separat in die Kläranlage einleitenden Abwässern eines Molkereibetriebes zusammen. Die Abwässer des milchverarbeitenden Betriebes werden in einem Misch- und Ausgleichbehälter auf dem Kläranlagengelände zwischengespeichert.

Die Ausbaugröße der Kläranlage errechnet sich gemäß dem Entwurf aus dem Jahr 1997 zu 49.700 EW.

4 Darstellung der untersuchten Verfahrenskombinationen

4.1 Beschickungsmenge

Im Hinblick auf eine wirtschaftliche Auslegung der Verfahrensstufe zur Spurenstoffelimination ist eine Betrachtung zur Teilstrombehandlung erforderlich. Der Teilstrom wird so gewählt, dass ein Großteil der jährlichen Abflusssituationen darüber abgedeckt wird. Zudem muss sichergestellt sein, dass eine ausreichende Spurenstoffelimination in der Gesamtanlage (bestehende Anlage + 4. Reinigungsstufe) erfolgt.

Für eine Vollstrombehandlung müsste auf der Kläranlage eine Kapazität zur Behandlung von 1.159 m³/h vorgehalten werden. Die Auswertung der Abwassermengen zeigt jedoch deutlich, dass bereits Abwassermengen > 600 m³/h an weniger als 172 h im Betrachtungszeitraum überschritten werden.

Die berechnete Gesamtabwassermenge nach dieser Auswertung beträgt 1.931.310 m³/a (Vollstrom). Wenn die Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination auf 310 m³/h ausgelegt wird, werden 90,7 % der gesamten Jahresabwassermenge behandelt. Dies entspricht **1.751.060 m³/a**. Unter den gewählten Ansätzen kann somit eine Elimination von 79 % erreicht werden. Die Verfahrensstufe kann so bei einer Behandlung von 90,7 % der Jahresabwassermenge im Vergleich zur Vollstrombehandlung um ca. 73 % kleiner ausgeführt werden.

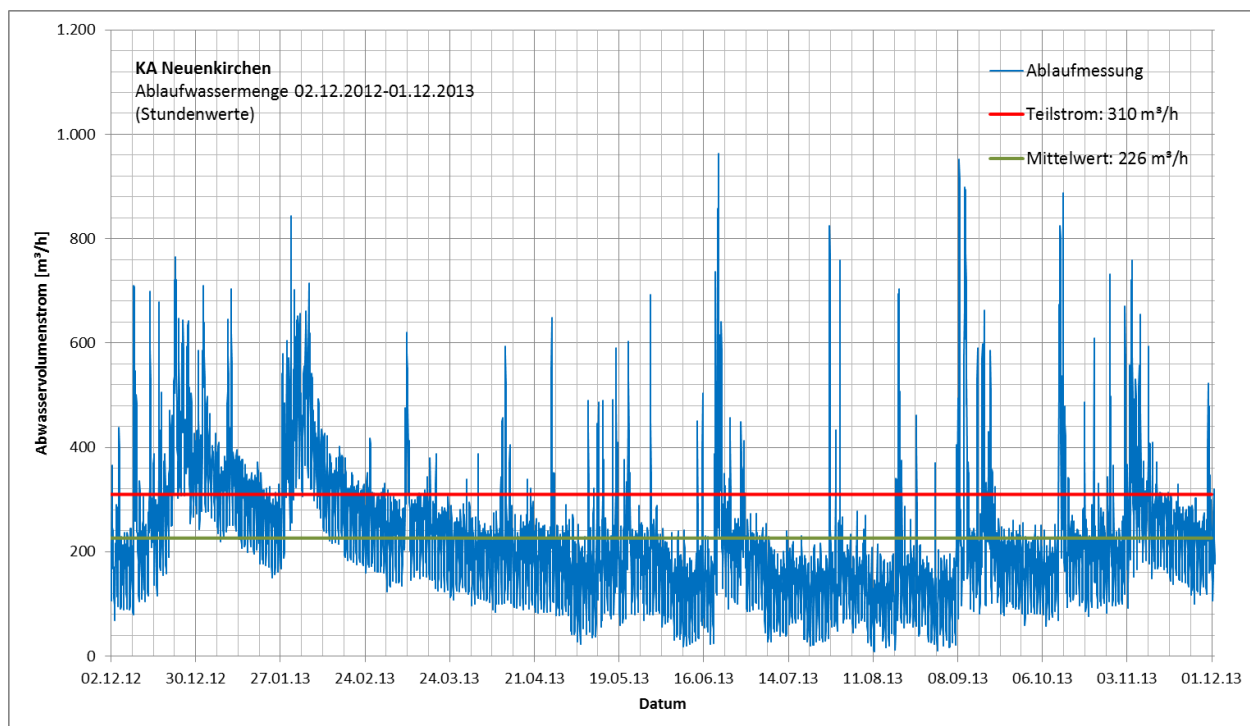


Bild 1: Behandelte Abwassermenge in Abhängigkeit des Bemessungszuflusses der Verfahrensstufe zur Spurenstoffelimination

4.2 Verfahrensfestlegung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden die folgenden drei Verfahrenskombinationen untersucht:

1. **Pulverkohle mit Rücklaufkohleführung.** Abtrennung der PAK in einem Absetzbecken und in einem nachgeschalteten Tuchfilter.
2. **Filtration über granulierten Aktivkohle.** Ablauf der Nachklärung wird über eine GAK-Filtration geführt.
3. **Ozonung mit nachgeschaltetem Schönungsteich.** Ablauf der Nachklärung wird mit Ozon behandelt und anschließend in den vorhandenen Schönungsteich geführt.

4.3 Varianten

4.3.1 Variante 1: PAK mit Rücklaufkohle

4.3.1.1 Allgemein

Dieses Verfahren wurde an einigen Standorten in Baden-Württemberg umgesetzt. Für die Rückführung der Kohle ist ein Absetzbecken notwendig. Die Rücklaufkohle wird zusammen mit der Frischkohle in den Zulauf des Kontaktbeckens dem Ablauf der Nachklärung zugegeben. In dem Absetzbecken vorgeschalteten Kontaktbecken erfolgt der eigentliche Adsorptionsvorgang. Der im Absetzbecken zurückgehaltene Kohleschlamm wird über eine Pumpe als Rücklaufkohle wieder in den Zulauf des Kontaktbeckens zurückgeführt. Entsprechend der Frischkohledosierung wird ein Teil der rückgeführten Kohle als Überschussskohle aus dem System entnommen. Besonderer Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Pulverkohle mehrfach mit dem Abwasser in Kontakt kommt, um die Beladungskapazität möglichst gut auszunutzen zu können.

Für die Kläranlage Neuenkirchen/Wettringen würde dies bedeuten, dass ein Kontakt- und ein Absetzbecken sowie eine Filtration gebaut werden müssen. Weiterhin ist ein Silo einschließlich der Dosiertechnik für die Pulveraktivkohle notwendig. Fällmittel wird über die bestehende Anlage bezogen.

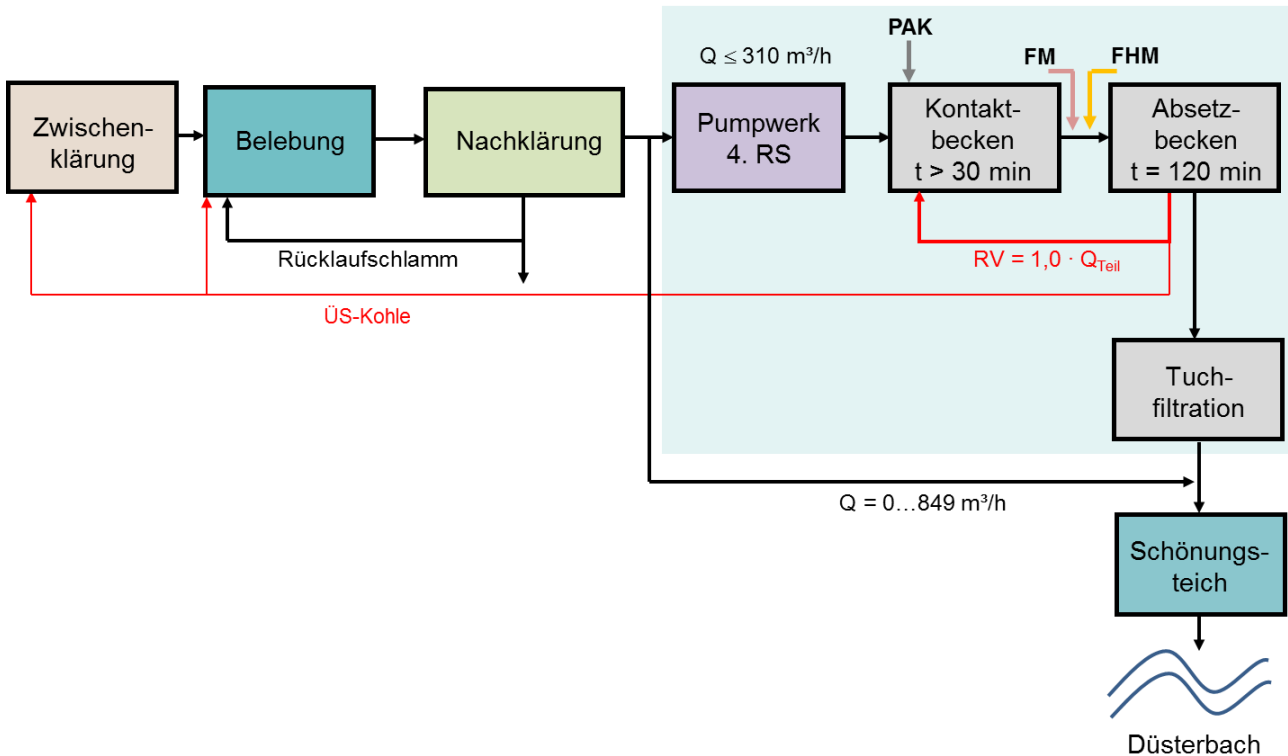


Bild 2: Blockschema Variante 1: PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle

Diese Variante hat neben der Elimination der Spurenstoffe auch einen großen Einfluss auf die Parameter CSB, P_{ges} und abfiltrierbare Stoffe im Teilstrom. Insgesamt ist davon auszugehen, dass auch bei diesen Parametern deutlich geringere Ablaufwerte zu erwarten sind. Zu beachten ist, dass jeweils immer nur ein Teilstrom von maximal $310 \text{ m}^3/\text{h}$ behandelt wird.

Ein Mehrverbrauch an Fällmittel (Me-Salzen) gegenüber dem Ausgangszustand konnte beispielsweise in Böblingen-Sindelfingen nicht festgestellt werden, da die Dosierung der Simultanfällung reduziert werden konnte. Die Dosierung hat sich also in die 4. Reinigungsstufe verlagert.

Bei dieser Variante erhöht sich der Schlammanfall der Kläranlage. Nach Erfahrungen von bereits in Baden-Württemberg realisierten Anlagen setzt sich der in dieser Stufe anfallende Schlamm zu jeweils einem Drittel aus Aktivkohle, Organik und anorganischen Fällprodukten zusammen.

4.3.1.2 Ausführung

Pumpwerk 4. Reinigungsstufe

Die Beschickung der PAK-Stufe erfolgt über das Pumpwerk 4. Reinigungsstufe. Insgesamt stehen zwei Pumpen mit einem Volumenstrom von je $155 \text{ m}^3/\text{h}$ zur Verfügung. Eine dritte Pumpe in Langzeitverpackung wird als Reserve auf Lager vorgehalten.

Der Teilstrom wird über einen Schacht aus der Zulaufleitung des Schönungsteiches I entnommen.

Kontaktbecken

Es werden zwei Kontaktbecken vorgesehen. Jedes Kontaktbecken ist als quadratisches Becken mit einer Wasserspiegelhöhe von 3,8 m ausgeführt. Bei einer Innenkantenlänge von 5 m ergibt sich ein Volumen von 95 m³ je Kontaktbecken. In der Summe liegt die Aufenthaltszeit bei maximalem Zufluss mit 36,7 min oberhalb der 30 min, die angesetzt wurden. Jedes Kontaktbecken ist mit einem Vertikalrührwerk ausgestattet.

Absetzbecken

Das rechteckige Absetzbecken ist längsdurchströmt. Die Beckenbreite beträgt 7 m und die Länge 25 m. Die Randwassertiefe liegt bei 3,6 m. Es ergibt sich ein Gesamtvolumen von 630 m³. Die Aufenthaltszeit ergibt sich damit zu 2 h. Dies entspricht den Bemessungsempfehlungen aus Baden-Württemberg.

Für die Räumung des anfallenden Schlammes in den Abzugstrichter wird ein Bandräumer vorgesehen. Der in den Abzugstrichtern gesammelte Schlamm wird mittels einer Pumpe wieder in den Zulauf der Kontaktbecken zurückgeführt. Die Rücklaufkohleförderung wird auf ein Rückführverhältnis (RV) von 1 ausgelegt. Die Überschussschleife wird ebenfalls aus diesem Schacht entnommen und der Vor-/Zwischenklärung bzw. Belebung zur weiteren Beladung zugeführt. Der Zulauf von den Kontaktbecken zum Absetzbecken wird jeweils über ein Gerinne realisiert.

Tuchfiltration

Dem Absetzbecken wird die Tuchfiltration zur Suspensa-Restentfernung nachgeschaltet.

Es wird hier eine zweistraßige Tuchfiltration mit je 6 Scheiben à 5 m² vorgesehen. Je Straße ergibt sich eine Filterfläche von 30 m². Durch die zweistraßige Ausführung ist es möglich, eine Straße bei Wartungsarbeiten außer Betrieb zu nehmen und die 4. Reinigungsstufe noch mit vollem Durchsatz zu betreiben. Gegebenenfalls ist hier in der weiteren Planung noch eine Optimierung der Auslegung möglich, die zu geringeren Investitionskosten für die Filtrationsstufe führt.

Die Tuchfiltration wurde in Bezug auf die Abtrennung von Aktivkohle in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht. Derzeit wird auf der Kläranlage Lahr die erste Anlage im technischen Maßstab umgesetzt. Vorteile der Tuchfiltration sind der geringe Platzbedarf und die geringen Energiekosten im Betrieb (Rückspülung und hydraulische Verluste) gegenüber Raumfiltern. Zu beachten ist, dass die Filtertücher in regelmäßigen Abständen (ca. 5 a) erneuert und jährlich einer Intensiv-Reinigung unterzogen werden müssen.

PAK-Silo

Zur Lagerung der Aktivkohle ist ein Silo mit einem Inhalt von 80 m³ vorgesehen.

Flockungs- und Flockungshilfsmittel

Als Flockungsmittel wird die Dosierung von FeCl₃ vorgesehen. Das Fällmittel wird der bestehenden Anlage auf der Kläranlage entnommen. Die bestehende Dosieranlage wird dazu um eine zusätzliche

Dosierpumpe erweitert. Die Bereitungsanlage für das Flockungshilfsmittel wird im Bereich des PAK-Silos errichtet und mit einer Einhausung versehen.

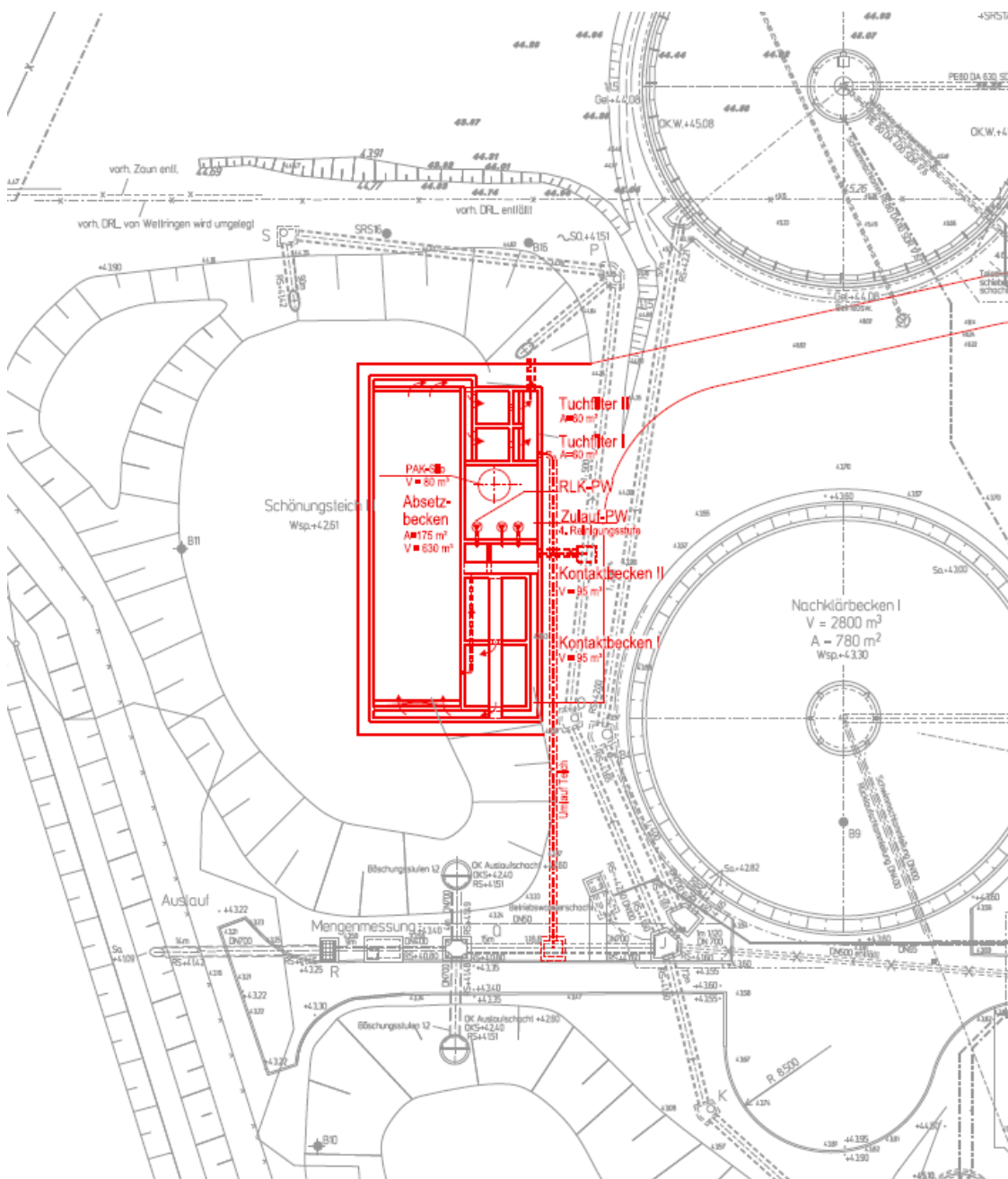


Bild 3: Lageplanausschnitt Variante 1: PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle

4.3.2 Variante 2: Filtration über granulierte Aktivkohle

4.3.2.1 Allgemeines

Der ausgewählte Teilstrom (Ablauf Nachklärung) von maximal 310 m³/h wird über Aktivkohlefilter geführt.

Die Filterstufe wird anhand folgender Bemessungsparameter ausgelegt:

Leerbettkontaktzeit (EBCT): 10...30 min

Filtergeschwindigkeit: 5...20 min
 Betthöhe GAK: 1,5...3 m

Folgende Werte wurden gewählt:

Anzahl Filter: 4 Stück
 Betthöhe GAK: 2,5 m
 Leerbettkontaktzeit (EBCT): 30 min
 Filterfläche gesamt: 64,8 m²

Die Stufe kann als Druckfiltration – zumeist in Filterkesseln aus Stahl – oder als offene Filtration realisiert werden. Für den Anwendungsfall wurde eine Ausführung als offener Rechteckfilter aus Beton gewählt, da so der Filterblock zusammen mit der benötigten Spülwasservorlage als ein Bauwerk im bestehenden Becken realisiert werden kann.

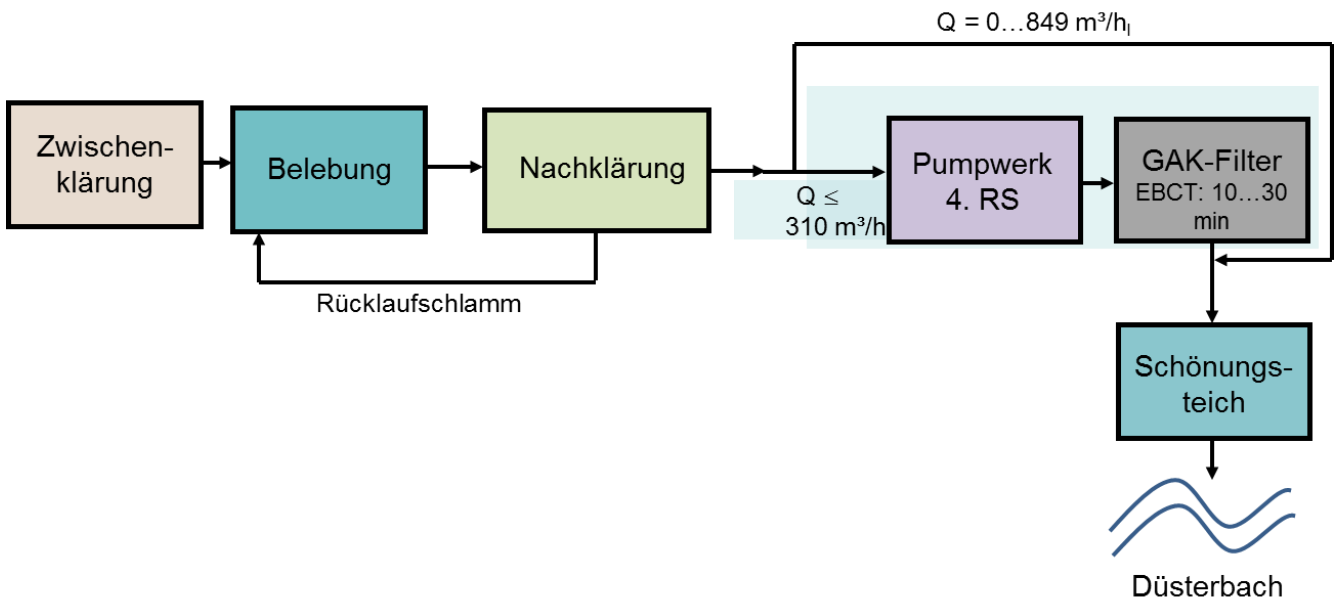


Bild 4: Systemskizze Variante 2: GAK-Filtration

Zu beachten ist, dass die Aktivkohlefilter neben der adsorptiven Wirkung auch Suspensa zurückhalten. Daher wird von einer täglichen Spülung der Filter ausgegangen.

Die Rückspülgeschwindigkeiten sind geringer als bei Mehrschichtfiltern.

Sontheimer u. a. (1985) nennen folgende Werte:

Spülluftgeschwindigkeit: 60...80 m/h
 Spülwassergeschwindigkeit: 25...35 m/h

Die Filter werden für eine Durchlaufspülung ausgelegt. Die Spülwasserableitung erfolgt über eine Rinne.

Die Standzeit der granulierten Aktivkohle in den Filtern wird mit 8.000 Bettvolumina (BV) angesetzt. Die Wahl dieses Wertes hat großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens.

4.3.2.2 Ausführung

Pumpwerk 4. Reinigungsstufe

Die Beschickung der GAK-Filtration erfolgt – wie auch bei Variante 1 – über das Pumpwerk 4. Reinigungsstufe. Insgesamt stehen zwei Pumpen mit einem Volumenstrom von je 155 m³/h zur Verfügung. Eine dritte Pumpe in Langzeitverpackung wird als Reserve auf Lager vorgehalten.

Filterblock

Der Filterblock besteht aus vier abwärtsdurchströmten offenen Filtern. Jede Filterkammer weist eine Fläche von 16,2 m² auf. Die Abmessungen einer Filterkammer liegen bei einer Breite von 2,7 m und einer Länge von 6,0 m.

Der Zulauf zu den vier Filtern erfolgt aus einem offenen Gerinne. Über mit Schiebern versehene Öffnungen im Gerinne fließt das Wasser in die Filterkammern. Die Gleichverteilung des Zulaufes auf alle in Betrieb befindliche Filterkammern wird über die Schwellen an der Stirnseite der Filter realisiert.

Spülwasserspeicher

Das Filtrat der Adsorptionsstufe wird in einer Spülwasservorlage gespeichert. Der Überlauf des Spülwasserspeichers wird über eine Rohrleitung zum Ablaufschacht der Kläranlage zurückgeführt. Für die Rückspülung der Filter steht eine Rückspülpumpe zur Verfügung.

Einhausung Elektro- und Aggregate-Raum

Der Bereich oberhalb des Filtratwasserspeichers wird eingehaust, um das Spülluftgebläse sowie die Schaltanlage aufzunehmen.

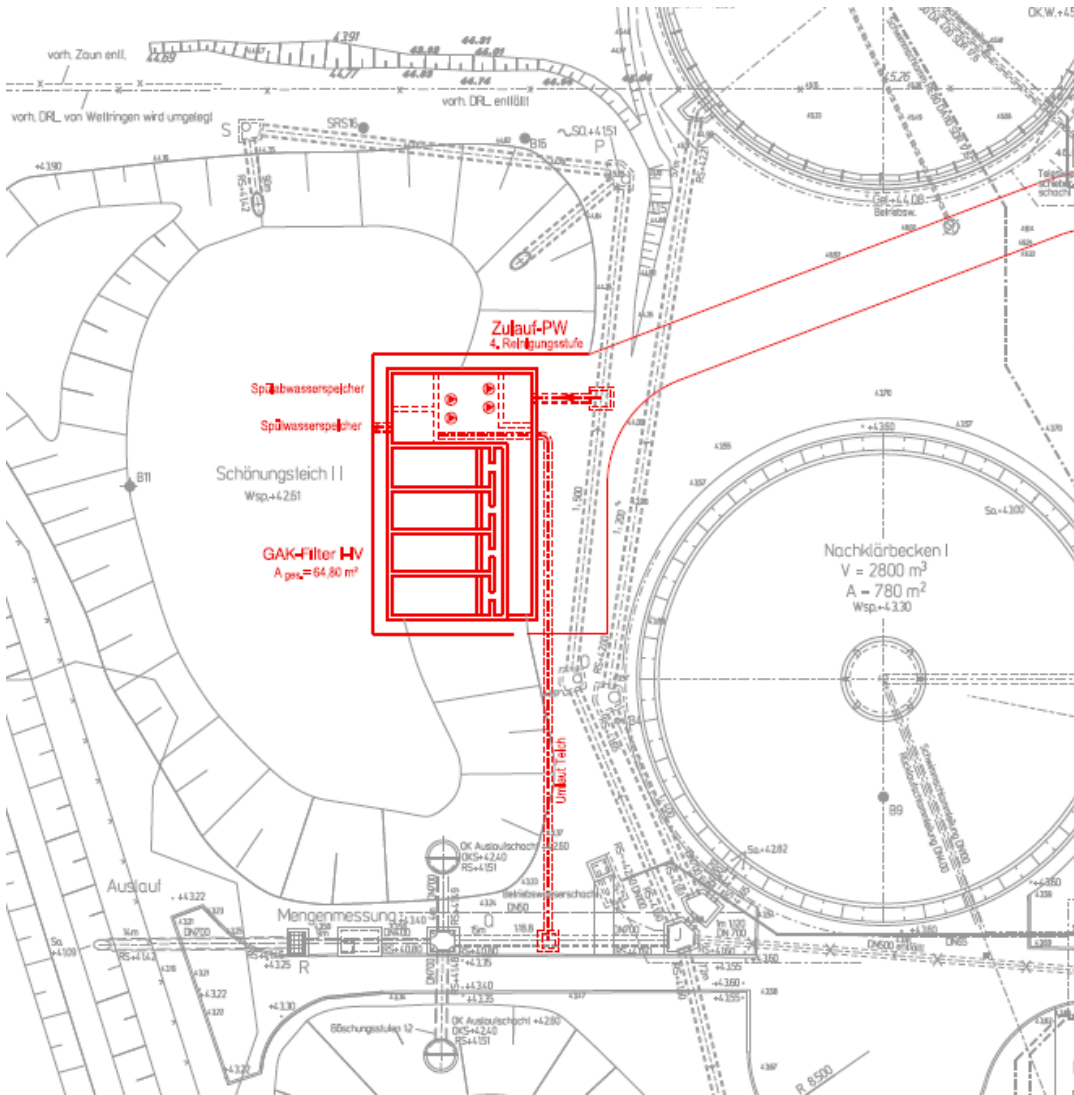


Bild 5: Lageplanausschnitt Variante 2: GAK-Filtration

4.3.3 Variante 3: Ozonung mit nachgeschaltetem Schönungsteich

4.3.3.1 Allgemeines

Neben der Entfernung der Spurenstoffe auf adsorptivem Wege ist die Oxidation der Stoffe eine andere Möglichkeit zur Elimination. Hier bietet sich der Einsatz von Ozon als starkes Oxidationsmittel an.

Zu berücksichtigen ist, dass durch den Einsatz von Ozon Oxidationsprodukte gebildet werden können, die toxisch sind. Daher wird empfohlen, eine biologisch arbeitende Stufe der Ozonung nachzuschalten. Dies kann eine Filtration sein, wie Abbeglen u. a. (2009) in einem großtechnischen Versuch auf der ARA Regensdorf nachweisen konnte. In diesem Fall erfolgt der Abbau eventuell toxisch bedenklicher Stoffe im Schönungsteich auf biologischem Wege.

Die Ozonung wird anhand folgender Bemessungsparameter ausgelegt:

Ozondosis:	2...10 g/m ³
Kontaktzeit im Reaktionsbehälter:	10...30 min

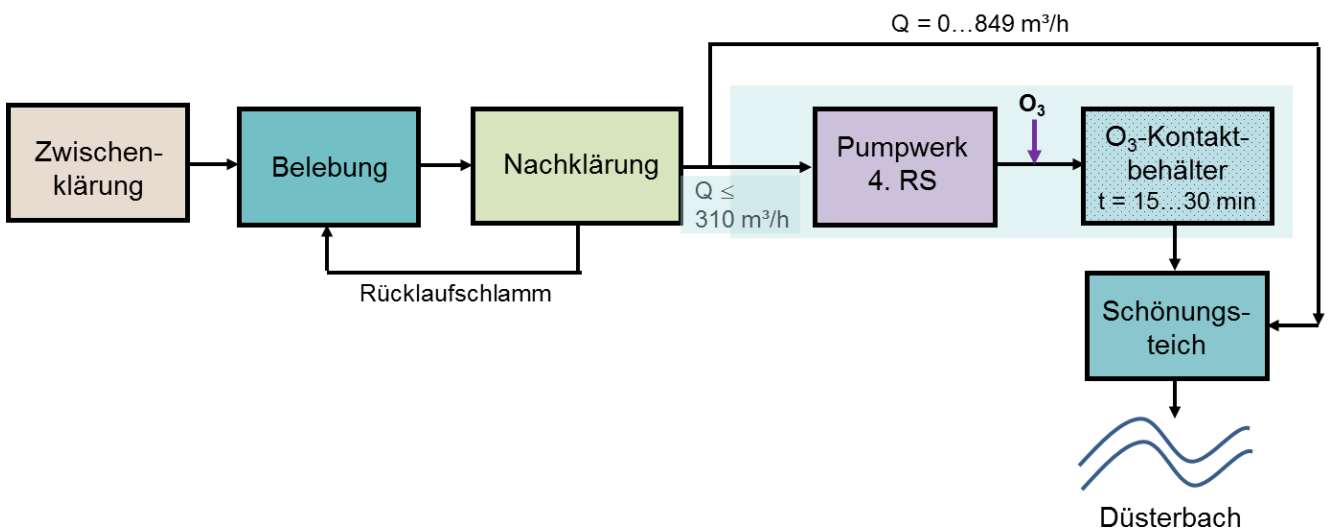


Bild 6: Blockschema Variante 3:

Folgende Werte wurden gewählt:

Anzahl Kontaktbehälter: 2 Stück

Wassertiefe Kontaktbehälter: 6 m

Es wurde eine mittlere Ozondosis angenommen von:

$$c_{O_3,a} = 7,00 \text{ mg O}_3/\text{l}$$

Es ist davon auszugehen, dass sich mit dem Betrieb der Anlage ein Optimierungspotenzial ergibt.

4.3.3.2 Ausführung

Diese Variante ist im Gegensatz zu den beiden vorstehenden Varianten nicht im Schönungsteich angeordnet. Für die Ozonung ist der Bereich zwischen den beiden Nachklärbecken ausreichend.

Die Ozonung mit Ozonerzeuger und Kontaktbecken ist zweistraßig ausgeführt. Bei geringem Durchfluss (z. B. in der Nacht) kann eine Straße außer Betrieb genommen werden.

Pumpwerk 4. Reinigungsstufe

Die Beschickung der Ozonung erfolgt – wie auch bei den Varianten 1 und 2 – über das Pumpwerk 4. Reinigungsstufe. Insgesamt stehen zwei Pumpen mit einem Volumenstrom von je 155 m³/h zur Verfügung. Eine dritte Pumpe in Langzeitverpackung wird als Reserve auf Lager vorgehalten.

Zulaufseitig wird das Pumpwerk in die Zulaufleitung zum Teich I eingebunden.

Kontaktbehälter

Die beiden Kontaktbehälterstraßen werden als Betonbauwerk ausgeführt. Die Behälter verfügen über keine Einbauten, außer einer unterströmten Tauchwand im letzten Drittel des Behälters. Dieser Bereich dient als Entspannungszone.

Der Ozoneintrag kann über eine Teilstrombegasung mit Injektoren erfolgen, oder über Diffusoren direkt in das Abwasser. Im konkreten Fall wird der Eintrag über Diffusoren gewählt, da er verfahrenstechnisch einfacher zu realisieren ist (kein weiterer Kreislauf mit Pumpe). Der Ablauf der Ozonbehandlung wird anschließend über eine Rohrleitung in den nachgeschalteten Schönungsteich geführt.

Ozonerzeugung

Die Ozonerzeuger weisen eine Leistung von 2 x 1.550 g/h auf. Als Prozessgas ist Flüssigsauerstoff vorgesehen. Die Kühlung erfolgt über einen Nass/Nass-Wärmeüberträger, der ebenfalls im Container untergebracht ist. Das benötigte Kühlwasser im Sekundärkreislauf wird über zwei Pumpen (eine Reserve) bereitgestellt. Die Erzeuger werden mit der zugehörigen Schaltanlage in Containern untergebracht.

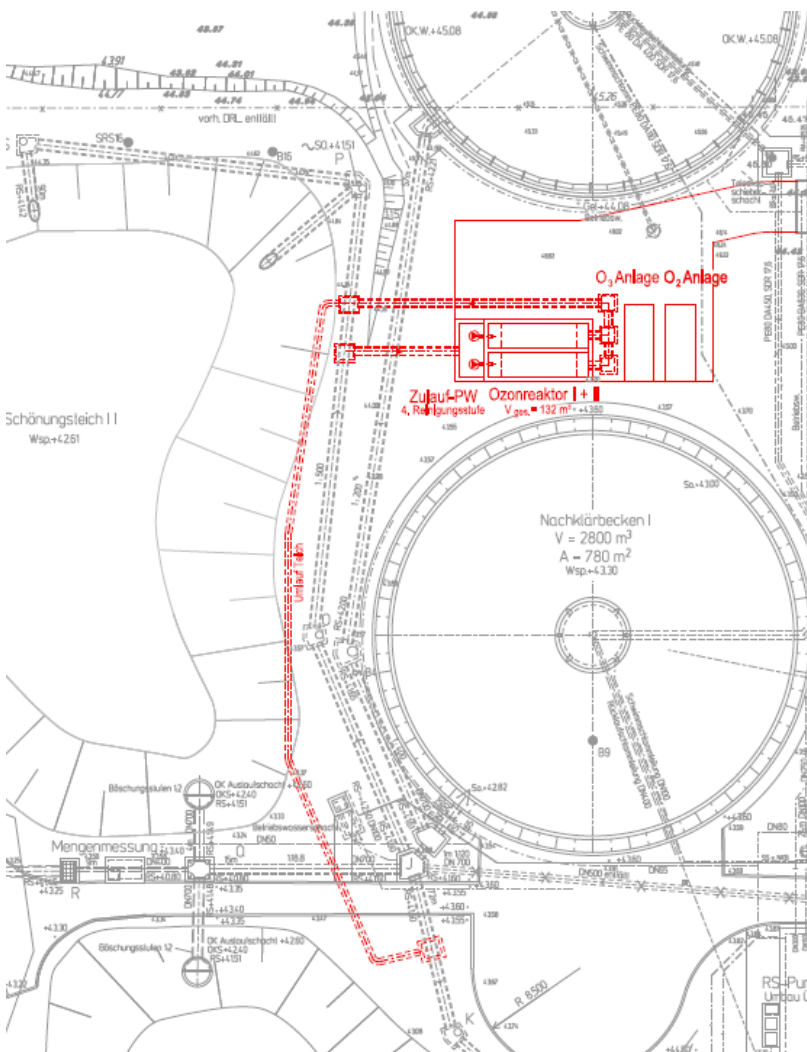


Bild 7: Lageplanausschnitt Variante 2: Ozonung mit nachgeschaltetem Schönungsteich

4.4 Ergebnisübersicht Varianten

	Variante 1 Pulverkohle mit Rücklaufkohle	Variante 2 GAK-Filtration	Variante 3 Ozonung + Schönungsteich
Anlagenkomponenten			
	<p>Kontaktbecken: $t_A = 30 \text{ min}$, $V_{\text{ges}} = 190 \text{ m}^3$</p> <p>Absetzbecken: $L = 25 \text{ m}$, $b = 7 \text{ m}$ $A_{\text{ges}} = 175 \text{ m}^2$, $V = 630 \text{ m}^3$</p> <p>Tuchfiltration (2.strassig): Je Straße: 6 Scheiben mit je 5 m^3; $A_F = 30 \text{ m}^2$ $A_{F,\text{ges}} = 60 \text{ m}^2$</p> <p>PAK-Silo: $V = 80 \text{ m}^3$</p>	<p>GAK-Filtration: 4 Filter $A = 64,8 \text{ m}^2$, $H_{\text{FB}} = 2,5 \text{ m}$, $V = 162 \text{ m}^3$</p>	<p>Flüssigsauerstoff: Tankanlage und Verdampfer</p> <p>Ozonerzeuger: 2 x 1,55 kg O_3/h</p> <p>Reaktionsbehälter: 2 Straßen, je $L = 5,5 \text{ m}$; $B = 2,0 \text{ m}$; $V_{\text{ges}} = 132 \text{ m}^3$</p>

	Variante 1 Pulverkohle mit Rücklaufkohle	Variante 2 GAK-Filtration	Variante 3 Ozonung + Schönungsteich
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> keine Bildung von Reaktionsprodukten Wirkungsweise der Stoffelimination eindeutig sehr guter Suspensarückhalt im AB und durch Filtration sehr gute Reduzierung P_{ges} und CSB Mehrfachbeladung der PAK 	<ul style="list-style-type: none"> keine Bildung von Reaktionsprodukten Wirkungsweise der Stoffelimination eindeutig Sicherer und einfacher Betrieb Suspensarückhalt durch Filtration 	<ul style="list-style-type: none"> geringer Platzbedarf kein Eingriff in Schönungsteich I
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> höhere Schlammanfall als bei den anderen Varianten betreuungsintensiv, da Dosierung von PAK, FHM und FM Eingriff In Schönungsteich I 	<ul style="list-style-type: none"> GAK-Austausch Höherer Kohlebedarf in Vergleich zu PAK-Variante Eingriff In Schönungsteich I 	<ul style="list-style-type: none"> keine Wirkung auf CSB und P_{ges} höherer Energiebedarf hohe Sicherheitsanforderungen an den Arbeitsschutz, da Ozon toxisch und als Reizstoff wirkt

5 Kosten

Tabelle 1: Jahreskosten und spezifische Kosten für die Varianten 1 bis 3

Pos.-Nr	Text		Variante 1 PAK m. Rücklaufk.	Variante 2 GAK-Filtration	Variante 3 Ozonung + Teich
A	Kapitalgebundene Kosten	EUR/a	159.828,85	125.847,78	138.417,99
B	Betriebsgebundene Kosten	EUR/a	75.712,32	52.135,05	59.802,78
C	Verbrauchsgebundene Kosten	EUR/a	62.790,48	131.073,98	67.193,15
Summe Jahreskosten, netto		EUR/a	298.331,65	309.056,80	265.413,91
Mehrwertsteuer: 19%		EUR/a	56.683,01	58.720,79	50.428,64
Summe Jahreskosten, brutto		EUR/a	355.014,66	367.777,60	315.842,56
Anteil			112%	116%	100%

spez. Kosten, netto	EUR/m ³	0,17037	0,17650	0,15157
spez. Kosten, brutto	EUR/m³	0,20274	0,21003	0,18037

Die günstigsten Jahreskosten wurden für die Variante 3 (Ozonung + Schönungsteich) mit 316.000 EUR/a, brutto ermittelt. Die Variante 1 (PAK) liegt mit 355.000 EUR/a, brutto etwas günstiger als Variante 2 (GAK) mit rund 368.000 EUR/a, brutto.

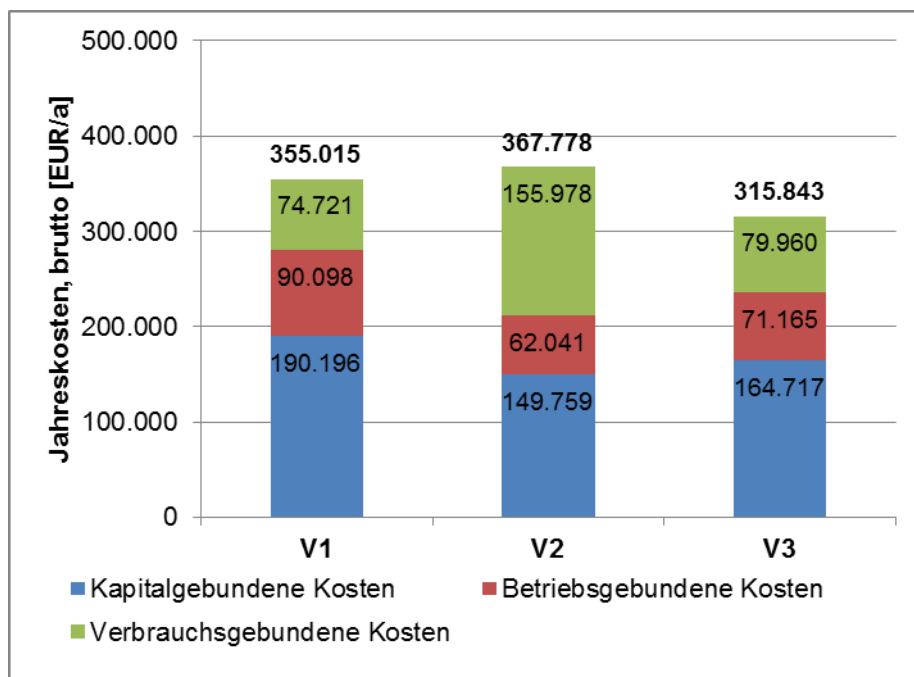


Bild 8: Anteile kapital-, betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten an den Jahreskosten der Varianten

Aus der im **Bild 8** dargestellten Aufteilung der Jahreskosten ist erkennbar, dass Variante 1 den höchsten Anteil an kapitalgebundenen Kosten aufweist.

6 Bewertung

Neben den Kosten sind noch weitere Kriterien, wie Reinigungsleistung, Betriebssicherheit, Bildung von Abbauprodukten, Betriebs- und Wartungsaufwand, Sensitivität bei Kostensteigerungen, für die Bewertung der Varianten wichtig. In der nachfolgenden Bewertungsmatrix wurden diese Kriterien zusammengestellt und gewichtet. Die Variante mit der jeweils höchsten Punktzahl ist als Vorzugsvariante anzusehen.

Tabelle 2: Bewertungsmatrix für die Varianten 1 bis 3

Kriterium	Wichtung	Wertung					
		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		PAK m. Rücklaufk. Punkte	gewichtet	GAK-Filtration Punkte	gewichtet	Ozonung + Teich Punkte	gewichtet
Jahreskosten	0,40	4	1,6	4	1,6	5	2
Reinigungsleistung P_{ges}/CSB (zusätz. Reduk.)	0,22	5	1,1	4	0,88	3	0,66
Bildung Nebenprodukte	0,04	5	0,2	5	0,2	3	0,12
Erfahrungen/Referenzen	0,14	5	0,7	4	0,56	5	0,7
Betriebssicherheit	0,08	4	0,32	5	0,4	4	0,32
Sensitivität Kostensteigerungen	0,08	4	0,32	2	0,16	3	0,24
CO ₂ -Bilanz	0,04	4	0,16	4	0,16	4	0,16
Summe	1,00	31	4,40	28	3,96	27	4,20

Wertung nach Punkten

(steigende Punkte → bessere Wertung)

1 = ungenügend

5 = sehr gut

In der **Summe** schneidet Variante 1 (PAK-Dosierung mit Rücklaufkohleführung) mit 4,40 Punkten am besten ab. Gefolgt von Variante 3 (Ozonung + Schönungsteich) mit 4,20 Punkten. Die Variante (GAK-Filtration) hat mit 3,96 Punkten die niedrigste Bewertung.

7 Zusammenfassung

Die Screening-Ergebnisse zeigten, dass die Konzentrationen der untersuchten Spurenstoffe im Ablauf der Kläranlage Neuenkirchen/Wettringen sich mit Werten aus der Literatur und anderen Kläranlagen vergleichen lassen.

Im Rahmen der Studie zur Ertüchtigung und Erweiterung der Kläranlage Neuenkirchen/Wettringen in Bezug auf die Elimination von anthropogenen Spurenstoffen (4. Reinigungsstufe) wurden folgende drei Verfahrensvarianten untersucht, die mit dem Auftraggeber abgestimmt wurden:

Variante 1: Pulverkohledosierung mit Rücklaufkohle,

Variante 2: Filtration über granuliert Aktivkohle,

Variante 3: Ozonung mit nachgeschaltetem Schönungsteich.

Die ausgewählten Varianten wurden auf ihre Umsetzbarkeit geprüft und zeichnerisch in Lageplanausschnitten sowie in RI-Fließbildern dargestellt. Basierend auf den Abschätzungen der Betriebs- und Investitionskosten wurden die Jahreskosten ermittelt. Die Bewertung der einzelnen Varianten erfolgte anhand einer Entscheidungsmatrix, in der neben den Jahreskosten noch weitere Kriterien berücksichtigt wurden. Maximal konnte eine Punktzahl von 5 Punkten erreicht werden.

Die höchste Punktzahl erreicht Variante 1 (PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle) mit 4,40 Punkten; die Ozonung mit nachgeschaltetem Schönungsteich (Variante 3) kommt auf den zweiten Platz, mit 4,20 Punkten. Die Variante 2 (GAK-Filtration) liegt mit 3,96 Punkten auf dem dritten Platz.

Bei den Jahreskosten liegt Variante 3 (Ozonung + Schönungsteich) mit 316.000 EUR/a, brutto vorn. Aufgrund der geringen verbrauchsgebundenen Kosten folgt Variante 1 (PAK mit RLK) mit 355.000 EUR/a, brutto. Die Variante 2 (GAK) liegt mit 368.000 EUR/a, brutto auf dem dritten Platz. Variante 1 (PAK mit Rücklaufkohle) lag in der Bewertungsmatrix auf dem ersten Rang. Sie stellt das derzeit gängigste Verfahren zur Spurenstoffelimination dar (in Baden-Württemberg zurzeit sieben Anlagen in Betrieb, weitere in Planung und Bau). Neben der Pulverkohle wird in diesem Verfahren noch Flockungs- und Flockungshilfsmittel dosiert. Auf der einen Seite führt dies zu einem erhöhten Betriebsaufwand, auf der anderen Seite kann damit auch direkt auf eine Veränderung der Rohwasserbeschaffenheit bzw. der Ablaufziele reagiert werden. Die Erfahrungen aus Baden-Württemberg zeigen, dass ein sehr sicherer Betrieb möglich ist.

Durch die Rückführung der Aktivkohle ist eine sehr gute Nutzung der Adsorptionskapazität der Kohle gegeben. Dadurch reduziert sich insgesamt der benötigte Kohlebedarf. Das Verfahren reagiert damit auf Preisschwankungen bei der Aktivkohle weniger sensitiv. Das Verfahren führt neben der Spurenstoffelimination noch zu einer deutlichen Reduzierung bei den Parametern CSB und P_{ges} . Gegenüber den anderen Verfahren ist der Einfluss hier höher zu bewerten.

Bei der PAK-Dosierung ist der zusätzliche Schlammanfall im Vergleich zu den anderen Verfahren erhöht. Der Schlamm enthält neben der Kohle noch Fällprodukte und Organik. Der Energiebedarf liegt im Vergleich zu den Ozonverfahren auf einem unteren Niveau.

Die GAK-Filtration (Variante 2) erreicht den dritten Rang. Für dieses Verfahren spricht die hohe Betriebssicherheit. Hinsichtlich der Jahreskosten ist es vergleichbar mit Variante 1. Bedingt durch die hohen Verbrauchskosten (Aktivkohle) reagiert dieses Verfahren sensitiv auf Kostensteigerungen bei der Aktivkohle sowie auf Veränderungen bei der Filterstandzeit.

Die Ozonung mit nachgeschaltetem Schönungsteich (Variante 2) lag in der Bewertungsmatrix auf dem zweiten Platz. Die Jahreskosten dieses Verfahrens sind stark von der angewandten Ozondosis abhängig. In der Berechnung wurde derzeit von einer vergleichsweise hohen Dosis ausgegangen. Sollte sich zeigen, dass diese reduziert werden kann, so wird dieses Verfahren wirtschaftlich interessanter. Die weiteren Forschungsergebnisse hinsichtlich der Bildung von Transferprodukten sollten in die Entscheidungsfindung einfließen. Der Einsatz von Ozon bedingt einen hohen Energiebedarf auf der Kläranlage für die Erzeugung des Ozons. Damit reagieren die Ozonvarianten generell sensitiver auf Kostensteigerungen beim Strombezug.

Die TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH empfiehlt, Variante 1 (PAK-Dosierung mit Rücklaufkohleführung) und Variante 3 (Ozonung mit nachgeschaltetem Schönungsteich) für weitere Untersuchungen auf der Kläranlage Neuenkirchen/Wettringen zu berücksichtigen.