



Gemeinde Metelen

KlÄranlage Metelen

4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen

Machbarkeitsstudie - Kurzbericht
Mai 2015
Projektnummer 0445 076






Kläranlage Metelen

4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen

Machbarkeitsstudie - Kurzbericht
Mai 2015
Projektnummer 0445 076



Bearbeitet durch:
Dipl.-Ing. Norbert Biebersdorf
M.Sc. Fernando Urueta

Aufgestellt:
Bochum, im Mai 2015
bie-uru-ko

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	1
2	Anlagenbestand.....	1
2.1	Zulauf	2
2.2	Mechanische Reinigungsstufe	2
2.3	Biologische Reinigungsstufe.....	2
2.4	Schlammbehandlung	3
3	Darstellung der untersuchten Verfahrenskombinationen.....	3
3.1	Beschickungsmenge.....	3
3.2	Verfahrensfestlegung.....	4
3.3	Randbedingungen	4
3.4	Varianten	5
3.4.1	Variante 1: PAK mit Rücklaufkohle	5
3.4.1.1	Allgemein.....	5
3.4.1.2	Ausführung	6
3.4.2	Variante 2: Filtration über granuliert Aktivkohle.....	7
3.4.2.1	Allgemeines	7
3.4.2.2	Ausführung	8
3.4.3	Variante 3: Ozonung mit Tuchfiltration und nachgeschaltetem Festbettreaktor.....	9
3.4.3.1	Allgemeines	9
3.4.3.2	Ausführung	10
3.5	Ergebnisübersicht Varianten.....	12
4	Kosten	13
5	Bewertung.....	14
6	Zusammenfassung.....	14

1 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 sogenannte „Watch-List“ 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 Metelen hat die TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH beauftragt, für die Kläranlage Metelen eine solche Studie auszuarbeiten.

Mit der Studie soll eine Entscheidungsgrundlage geschaffen werden, um die Auswahl eines möglichen Verfahrens durch die Gemeinde Metelen 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;
- Auswertung der Ergebnisse der Spurenstoffanalytik;
- 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.

2 Anlagenbestand

Bild 1 zeigt das aktuelle Verfahrensschema für die Abwasser- und Schlammbehandlung auf der Kläranlage Metelen.

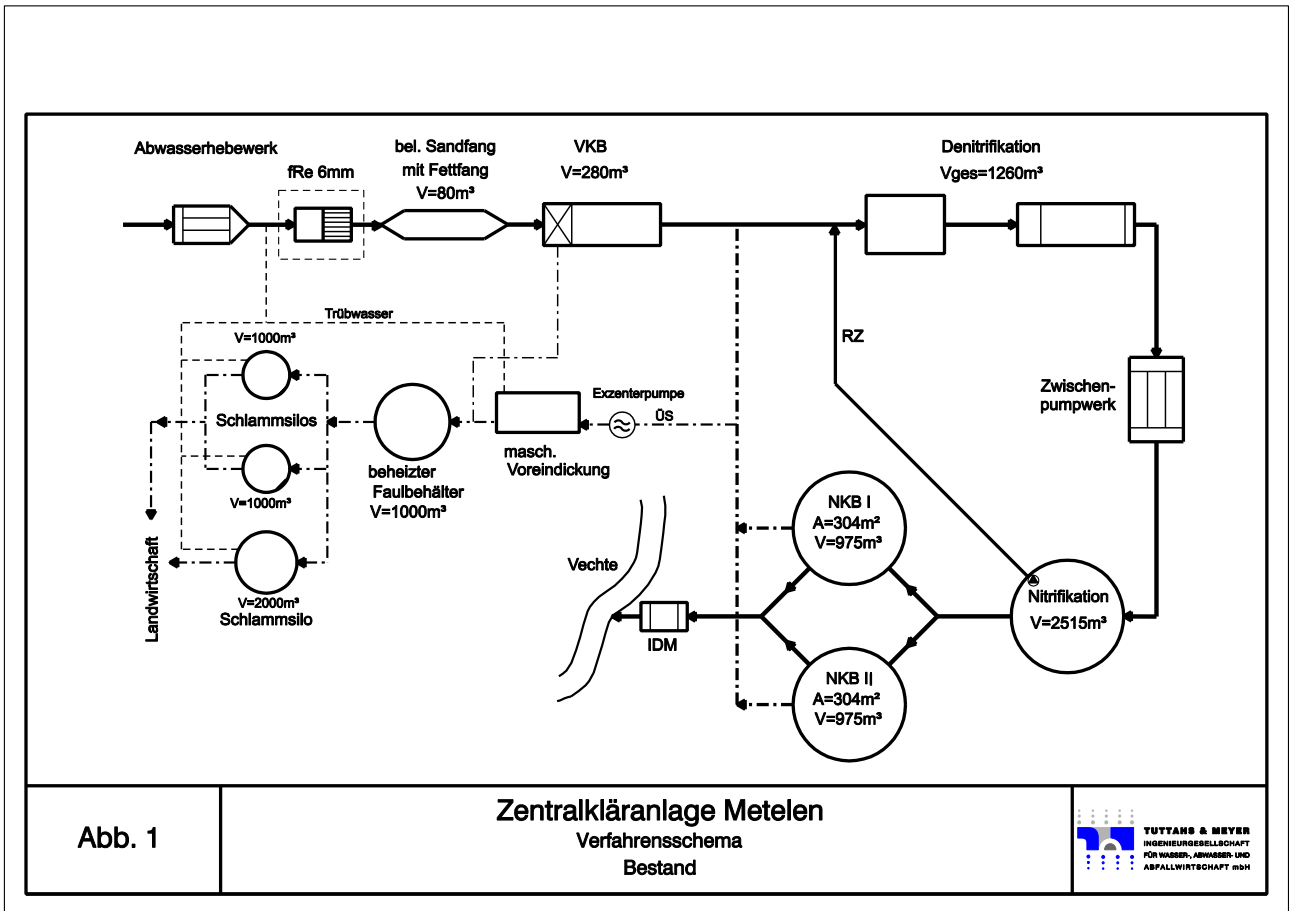


Bild 1: Verfahrensschema Abwasser- und Schlammbehandlung Kläranlage Metelen

2.1 Zulauf

Über einen Zulaufsammler DN 800 gelangt das Abwasser in das Zulaufhebewerk und wird dort von zwei Förderschnecken auf das Höhenniveau der Kläranlage gehoben.

2.2 Mechanische Reinigungsstufe

Rechen sollen Grobstoffe zurückhalten, damit diese in der Kläranlage keine Betriebsstörungen verursachen. Installiert ist ein Feinrechen mit Rechengutpresse und Rechengutwäscher.

Mineralische, feinkörnige Bestandteile werden im belüfteten Sandfang gesammelt und vom Sandwaschklassierer getrennt. Zusätzlich werden Fette sowie Schwimmschlamm in der über eine Tauchwand abgetrennten Fettfangkammer gesammelt und abgezogen. Die mechanische Reinigungsstufe wird durch die Vorklärung abgeschlossen. Hier setzen sich se-dimentierbare Stoffe ab, die anschließend aus dem Vorklärbeckentrichter als Primärschlamm abgezogen und in den Faulbehälter verbracht werden.

2.3 Biologische Reinigungsstufe

Die gesamte Belebungsstufe ist in mehreren Reaktoren ausgeführt. Als erste Verfahrensstufe schließt die sogenannte Denitrifikation als biologische Reinigungsstufe, bestehend aus zwei Denitrifi-

kationsbecken, an die Vorklärung an. Im Anschluss der Denitrifikationsbecken wird das Abwasser über ein Zwischenhebewerk in das Nitrifikationsbecken gehoben.

Die Trennung von Klarwasserphase und Schlamm findet in der Nachklärung statt. Ein Schwimmschlammräumschild entfernt den aufschwimmenden Schwimmschlamm. Während die Klarwasserphase dem Ablauf der Anlage zugeleitet wird, wird der Rücklaufschlamm der biologischen Reinigungsstufe zurückgeführt und der dabei anfallende Überschussschlamm weiterbehandelt.

Unterstützend kann an verschiedenen Stellen der biologischen Reinigungsstufe Phosphor chemisch durch die Zugabe von Eisen-III-Chlorid (FeCl_3) gefällt werden.

2.4 Schlammbehandlung

Der Überschussschlamm der Belebungsbecken wird über die Überschussschlammpumpe, die im Rücklaufschlammschacht installiert ist, der maschinellen Überschussschlammeindickung zugeführt.

Der Faulbehälter dient der Aufnahme des maschinell eingedickten Überschussschlammes, des Primärschlammes aus der Vorklärstufe, des Fettes und des Schwimmschlammes des Sandfanges. Zur Stapelung des ausgefaulten Schlammes sind drei Schlammsilos errichtet, die den bei der Faulbehälterbeschickung verdrängten, ausgefaulten Schlamm aufnehmen.

Das in der anaeroben Faulung entstehende Klärgas wird über ein außen aufgestelltes Blockheizkraftwerk (BHKW) thermisch und elektrisch verwertet. Ein Gasbehälter dient als Puffervolumen zwischen Gasanfall und Gasverbrauch.

3 Darstellung der untersuchten Verfahrenskombinationen

3.1 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 $466 \text{ m}^3/\text{h}$ (Q_M) vorgehalten werden. Die berechnete Gesamtabwassermenge nach dieser Auswertung beträgt $732.850 \text{ m}^3/\text{a}$. Die Mengen beziehen sich auf die eigene Auswertung der Stundenwerte von 10/2013 bis 10/2014.

Wenn die Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination auf $160 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegt wird, werden ca. 90 % der Jahresabwassermenge behandelt. Unter den gewählten Ansätzen kann somit eine Elimination von ca. 80 % erreicht werden. Die Verfahrensstufe kann so bei einer Behandlung von 91 % der Jahresabwassermenge im Vergleich zur Vollstrombehandlung um ca. 66 % kleiner ausgeführt werden.

Bei einem Teilstrom von $160 \text{ m}^3/\text{h}$ wird eine Abwassermenge von rund **664.244 m^3/a** in der vierten Reinigungsstufe behandelt. Basierend auf dem Vorschlag von TUTTAHS & MEYER für die Teilstrommenge (03.12.2014) wurde die 4. Reinigungsstufe für einen Teilstrom von **160 m^3/h** ausgelegt.

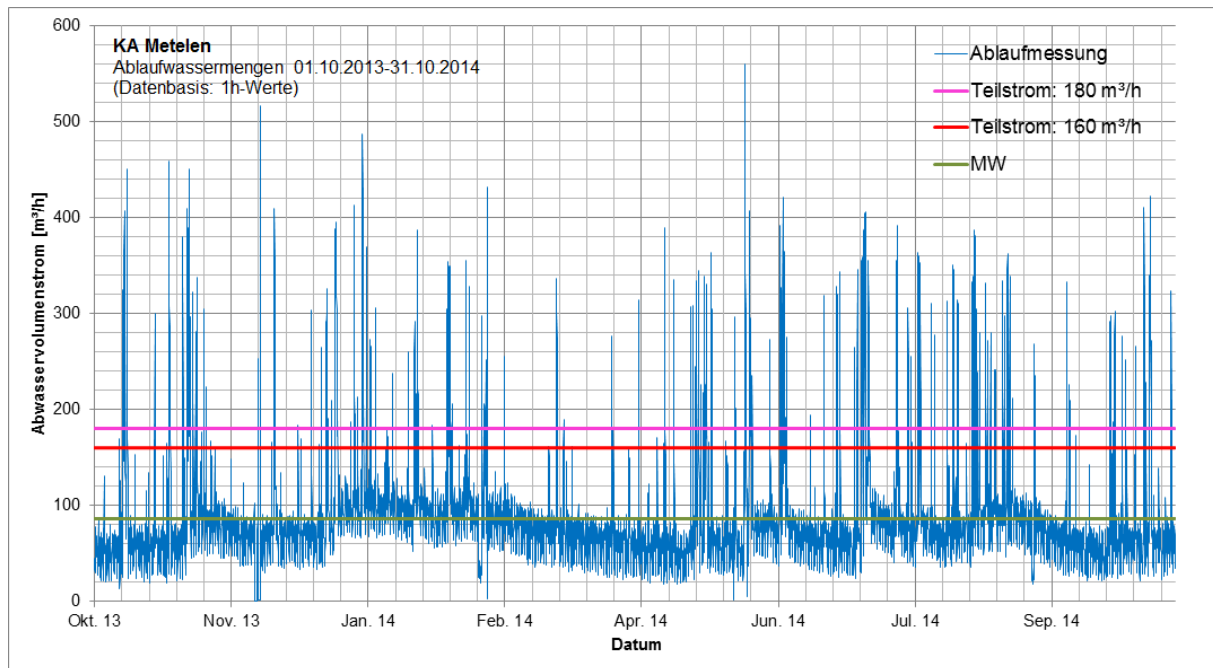


Bild 2: Behandelte Abwassermenge in Abhängigkeit des Bemessungszuflusses der Verfahrensstufe zur Spurenstoffelimination

3.2 Verfahrensfestlegung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden die folgenden drei Verfahrenskombinationen untersucht:

1. **Pulverkohle mit Rücklaufkohleführung.** Abtrennung der PAK in einem Absetzbecken und in der nachgeschalteten Tuchfiltration,
2. **Filtration über granulierte Aktivkohle.** Festbettadsorber werden der bestehenden Anlage nachgeschaltet,
3. **Ozonung mit Tuchfiltration und nachgeschaltetem Festbettreaktor.** Der Ablauf der Nachklärung wird über einen Tuchfilter geführt und anschließend mit Ozon behandelt. Als biologisch aktive Stufe wird der Ozonung ein mit Lavasteinen gefüllten offenes Gerinne nachgeschaltet.

3.3 Randbedingungen

- Es werden 3 Neubauvarianten untersucht. Eine Nutzung der vorhandenen Becken ist nicht vorgesehen.
- Der Anschluss der 4.Reinigungsstufe erfolgt an den Ablauf der Nachklärung.
- Die Erweiterungsfläche (Obstwiese) steht hierfür zur Verfügung.
- Eine Nutzung des vorhandenen Teiches ist aufgrund der ungünstigen Lage im dichten Baumbestand nicht sinnvoll. Der Teich ist auch nicht an den Ablauf der Kläranlage angeschlossen.

3.4 Varianten

3.4.1 Variante 1: PAK mit Rücklaufkohle

3.4.1.1 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 zurückgefördert. 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 ausnutzen zu können.

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

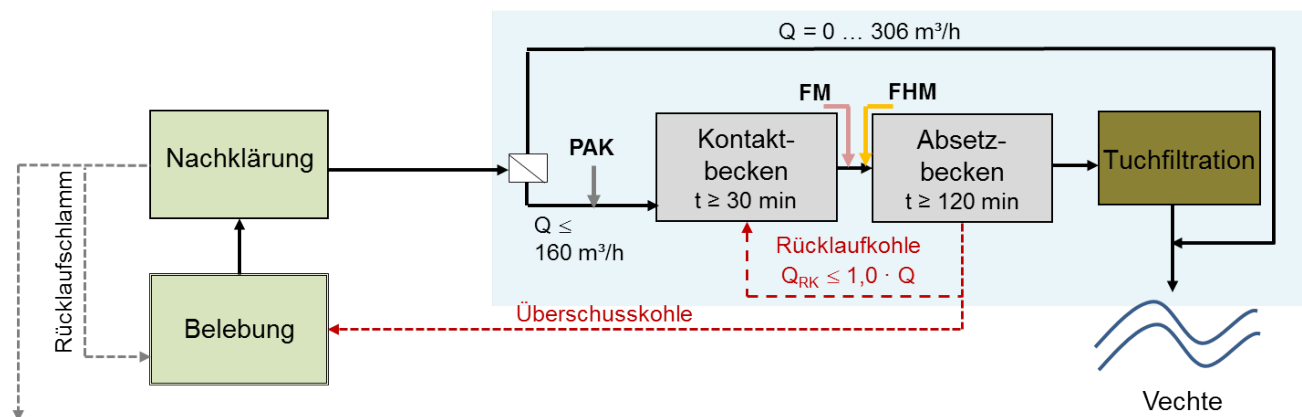


Bild 3: Blockschaema Variante 1 - PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle

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 $160 \text{ m}^3/\text{h}$ 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.

3.4.1.2 Ausführung

Pumpwerk 4. Reinigungsstufe

Die Beschickung der PAK-Stufe erfolgt über das Pumpwerk 4. Reinigungsstufe. Insgesamt stehen drei Pumpen mit einem Volumenstrom von je 80 m³/h zur Verfügung. Eine der drei Pumpen dient als Reserve.

Kontaktbecken

Es wird nur ein Kontaktbecken eingesetzt. Das Kontaktbecken ist als quadratisches Becken mit einer Wasserspiegelhöhe von 3,3 m ausgeführt. Bei einer Innenkantenlänge von 5 m ergibt sich ein Volumen von ca. 83 m³. Die Aufenthaltszeit liegt bei maximalem Zufluss bei etwa 31 Minuten. Des Weiteren ist die Rücklaufkohleföhrung auf ein Rückföhrverhältnis von 1 ausgelegt. Insgesamt ist durch diese Maßnahmen sichergestellt, dass die Adsorptionskapazität der eingesetzten Kohle sehr gut genutzt werden kann. Das Kontaktbecken ist mit einem Vertikalröhrwerk ausgestattet.

Absetzbecken

Das Absetzbecken ist längsdurchströmt. Die Beckenbreite beträgt 5 m und die Länge 20 m. Die Randwassertiefe liegt bei 3,2 m. Es ergibt sich ein Gesamtvolumen von 320 m³. 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 des Kontaktbeckens zurückgeföhrte. Die Überschussskohle wird ebenfalls aus diesem Schacht entnommen und der Vorklärung bzw. Belebung zur weiteren Beladung zugeföhrte. Der Zulauf vom Kontaktbecken zum Absetzbecken wird jeweils über ein Gerinne realisiert.

Tuchfiltration

Dem Absetzbecken wird eine Filtrationsstufe zur Suspensa-Restentfernung nachgeschaltet. Es wird hier ein Tuchfilter mit 6 Scheiben à 5 m² vorgesehen. Damit ergibt sich eine Gesamfiltrationsfläche von 30 m². 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. Der Ablauf der Tuchfilter wird über ein Gerinne wieder in die Ablaufleitung der Kläranlage zurückgeföhrte.

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.

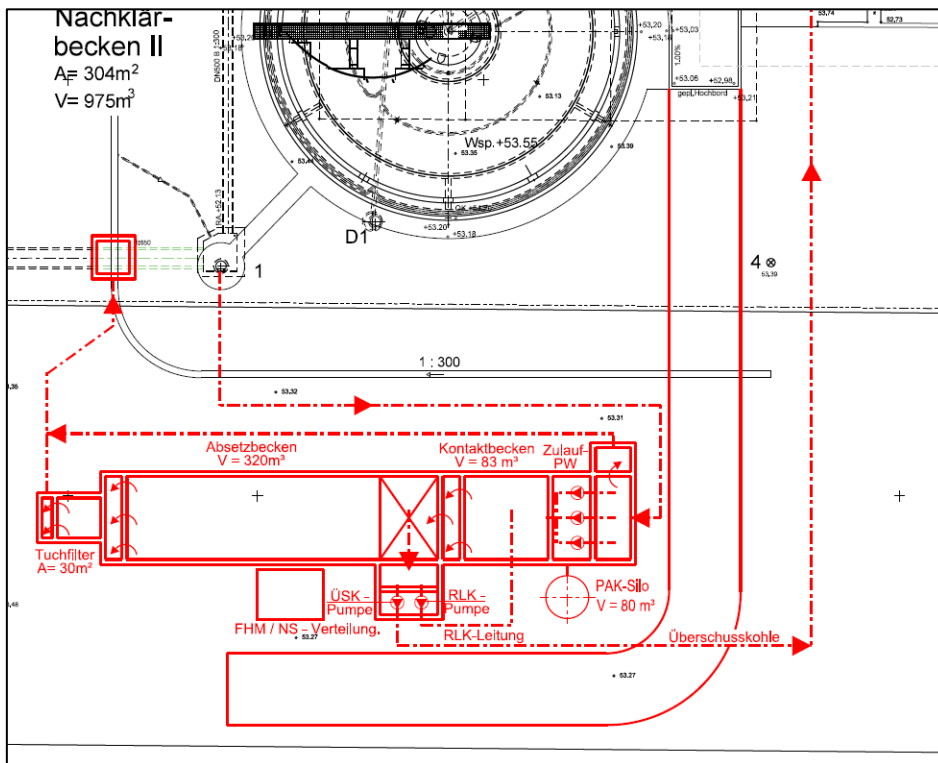


Bild 4: Lageplanausschnitt Variante 1 - PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle

3.4.2 Variante 2: Filtration über granulierte Aktivkohle

3.4.2.1 Allgemeines

Der ausgewählte Teilstrom (Ablauf Nachklärung) von maximal 160 m³/h wird über die 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:	32 m ²

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 kompaktes Bauwerk realisiert werden kann.

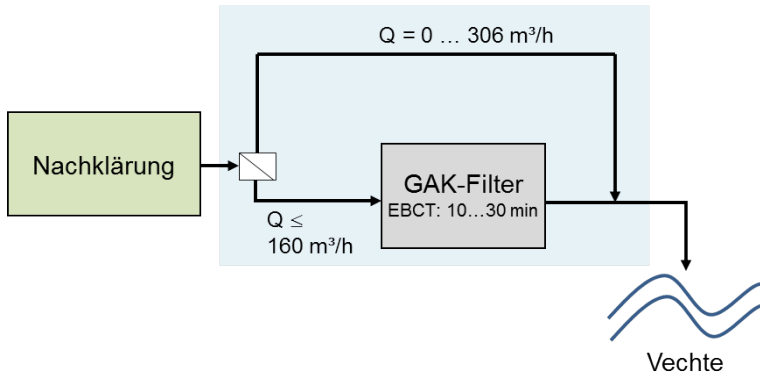


Bild 5: Blockschema Variante 2 - GAK-Filtration

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. Dieser Wert ist vergleichsweise günstig für das Verfahren gewählt, wenn man bedenkt, dass die Adsorption der Spurenstoffe in Konkurrenz zur Restorganik erfolgt, die noch im Ablauf der Nachklärung enthalten ist.

3.4.2.2 Ausführung

Filterblock

Der Filterblock besteht aus vier abwärtsdurchströmten offenen Filtern. Jede Filterkammer weist eine Fläche von 8 m² auf. Die Abmessungen einer Filterkammer liegen bei einer Breite von 2 m und einer Länge von 4 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 befindlichen Filterkammern wird über die Schwellen an der Stirnseite der Filter realisiert.

Spülwasserspeicher

Das Filtrat der Adsorptionsstufe wird in einer Spülwasservorlage mit 100 m³ Inhalt gespeichert. Der Überlauf des Spülwasserspeichers wird wieder in das Ablaufgerinne der Kläranlage zurückgeführt. Für die Rückspülung der Filter stehen zwei Rückspülpumpen zur Verfügung.

Spülabwasserspeicher

Das bei der Rückspülung anfallende Spülabwasser wird zwischengespeichert und über eine Pumpe dosiert dem Zulauf der Biologie zugeführt.

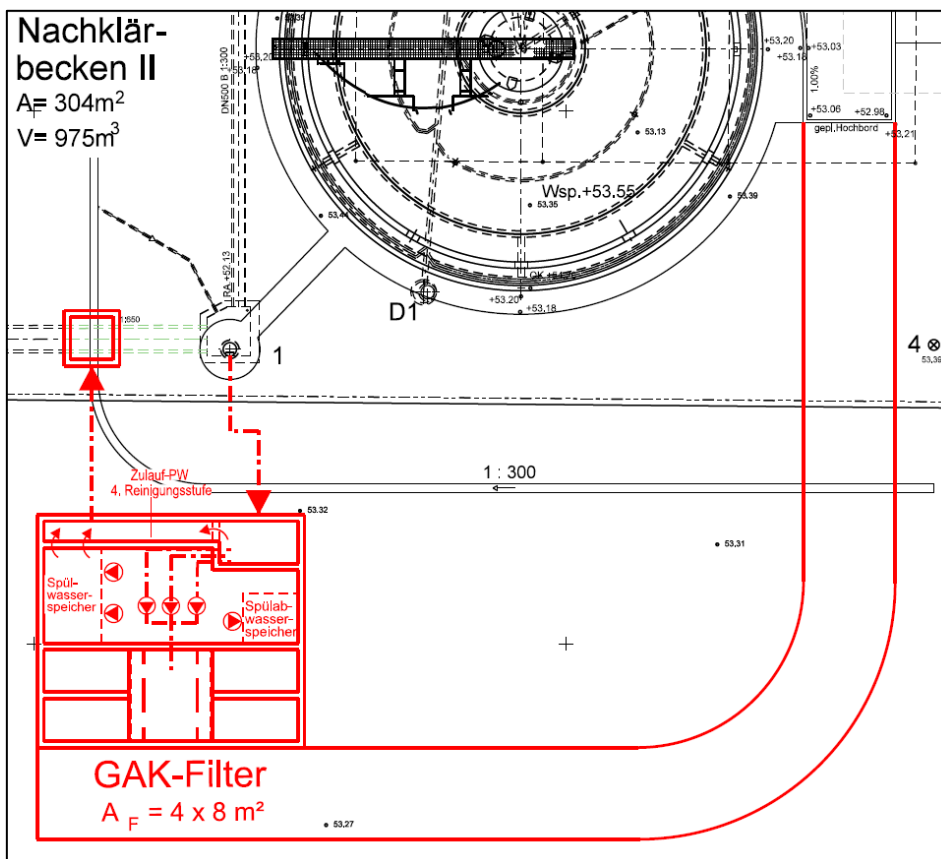


Bild 6: Lageplanausschnitt Variante 2 - GAK-Filtration

3.4.3 Variante 3: Ozonung mit Tuchfiltration und nachgeschaltetem Festbettreaktor

3.4.3.1 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 toxikologisch bedenklicher Stoffe in einem nachgeschaltetem Festbettreaktor.

Die Ozonung wird anhand folgender Bemessungsparameter ausgelegt:

Ozondosis: 2...10 g/m³

Kontaktzeit im Reaktionsbehälter: 10...30 min

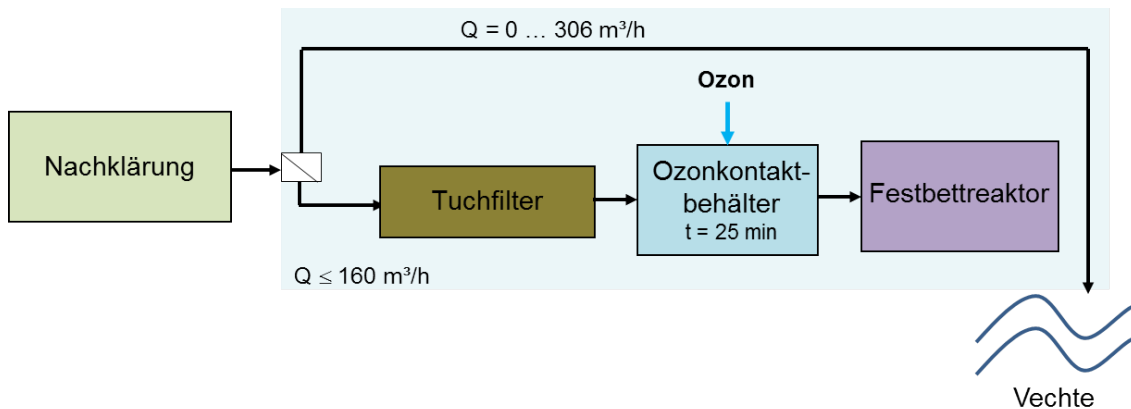


Bild 7: Blockscheema Variante 3: Ozonung mit Tuchfiltration und nachgeschaltetem Festbettreaktor

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 Betrieb der Anlage ein Optimierungspotenzial ergibt.

3.4.3.2 Ausführung

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 über das Pumpwerk 4. Reinigungsstufe. Insgesamt stehen drei Pumpen mit einem Volumenstrom von je 80 m³/h zur Verfügung. Diese Variante ist zweistraßig ausgeführt; daher werden jeder Straße (Kontaktbecken) zwei Pumpen zugeordnet. Die dritte Pumpe dient als Reserve für beide Straßen.

Tuchfiltration

Der Tuchfilter entspricht in dieser Variante der Variante 1.

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. Untersuchungen von Herbst u. a. (2011) zeigten, dass weitere Einbauten (Leitwände) die Effizienz nicht nachhaltig verbessern.

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 in die nachgeschalteten Sandfilter geführt.

Ozonerzeugung

Die Ozonerzeuger weisen eine Leistung von 2 x 800 g/h auf. Als Prozessgas ist flüssiger Sauerstoff vorgesehen. Die Kühlung erfolgt über einen Nass/Nass-Wärmeübertrager, 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.

Festbettreaktor

Als biologisch aktive Stufe wird ein mit Lavasteinen gefüllter Festbettreaktor eingesetzt. Dieser ist als offenes Betonbecken mit einer Aufenthaltszeit von 30 Minuten ausgeführt. Die Oberfläche der Lavasteine dient der Ausbildung eines Biofilms, der mögliche toxische Transferprodukte eliminiert, die während der Ozonierung entstehen können. Das Becken hat eine Breite von 2,8 m und eine Länge von 18 m. Die Tiefe des Beckens beträgt ca. 1,8 m.

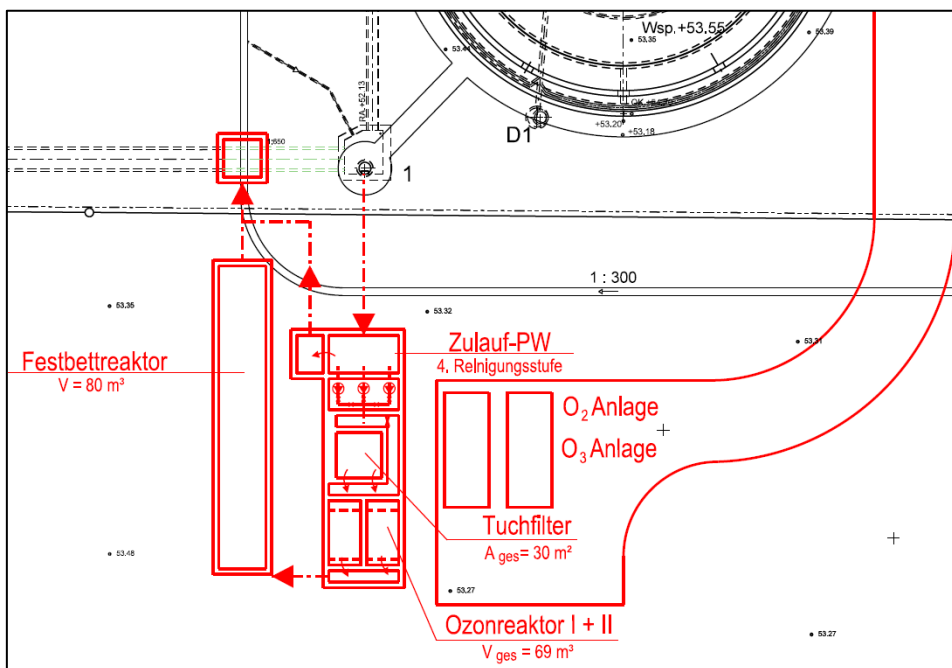


Bild 8: Lageplanausschnitt Variante 3 - Ozonung mit Tuchfiltration und nachgeschaltetem Festbettreaktor

3.5 Ergebnisübersicht Varianten

	Variante 1 Pulverkohle mit Rücklaufkohle	Variante 2 GAK-Filtration	Variante 3 Ozonung mit Tuchfiltration und nachgeschaltetem Festbettreaktor
Anlagenkomponenten	<p>Kontaktbecken: $t_A = 30 \text{ min}$, $V_{\text{ges}} = 83 \text{ m}^3$</p> <p>Absetzbecken: $L = 20 \text{ m}$, $b = 5 \text{ m}$ $A_{\text{ges}} = 100 \text{ m}^2$, $V = 320 \text{ m}^3$</p> <p>Tuchfiltration: $A_{F,\text{ges}} = 30 \text{ m}^2$</p> <p>PAK-Silo: $V = 80 \text{ m}^3$</p>	<p>GAK-Filtration: 4 Filter, $B \times L = 2 \times 4 \text{ m}$ $A = 32 \text{ m}^2$; $H_{FB} = 2,5 \text{ m}$; $V = 80 \text{ m}^3$</p>	<p>Tuchfiltration: $A_{F,\text{ges}} = 30 \text{ m}^2$</p> <p>Flüssigsauerstoff: Tankanlage und Verdampfer</p> <p>Ozonerzeuger: 2 x 800 g O_3/h</p> <p>Reaktionsbehälter: 2 Straßen, je $L = 3,4 \text{ m}$; $B = 1,7 \text{ m}$; $V_{\text{ges}} = 69 \text{ m}^3$</p> <p>Festbettreaktor: $B \times L = 2,8 \times 18 \text{ m}$ $V = 80 \text{ m}^3$</p>
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"> geringe Wirkung auf CSB und P_{ges} guter Suspensarückhalt durch vorgeschaltete Filtrationsstufe
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> höhere Schlammanfall als bei den anderen Varianten betreuungsintensiv, da Dosierung von PAK, FHM und FM 	<ul style="list-style-type: none"> GAK-Austausch Hoher Kohlebedarf in Vergleich zu anderen Varianten 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Sicherheitsanforderungen an den Arbeitsschutz, da Ozon toxisch und als Reizstoff wirkt derzeit noch keine breite Referenzbasis für den nachgeschalteten Festbettreaktor

4 Kosten

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

		PAK mit RLK	GAK-Filtration	Tuchfilter + Ozonung + Festbettreaktor
Kapitalgebundene Kosten	EUR	110.160,66	84.551,88	100.956,31
Betriebsgebundene Kosten	EUR	55.729,95	38.648,76	49.432,34
Verbrauchsgebundene Kosten	EUR	27.808,77	46.605,85	25.380,31
Summe Jahreskosten, netto	EUR	193.699,38	169.806,50	175.768,95
Mehrwertsteuer: 19%	EUR	36.802,88	32.263,23	33.396,10
Summe Jahreskosten, brutto	EUR	230.502,27	202.069,73	209.165,06
Anteil		114%	100%	104%

Spezifische Kosten bezogen auf die behandelte Abwassermenge in der 4. Reinigungsstufe				
spez. Kosten, netto	ct/m³ Abwasser	29	26	26
spez. Kosten, brutto	ct/m³ Abwasser	35	30	31

Spezifische Kosten bezogen auf die gebührenrelevante Jahresschmutzwassermenge im Jahr 2014 (554.104 m³)				
spez. Kosten, netto	ct/m³ Abwasser	35	31	32
spez. Kosten, brutto	ct/m³ Abwasser	42	36	38

Die niedrigsten Jahreskosten wurden für die Variante 2 (GAK-Filtration) und Variante 3 (Tuchfilter + Ozonung + Festbettreaktor) mit ca. 202.000 bzw. 209.000 EUR/a brutto ermittelt. Die Variante 1 (PAK-Dosierung mit RLK) weist mit rund 231.000 EUR/a, brutto die höchsten Jahreskosten auf.

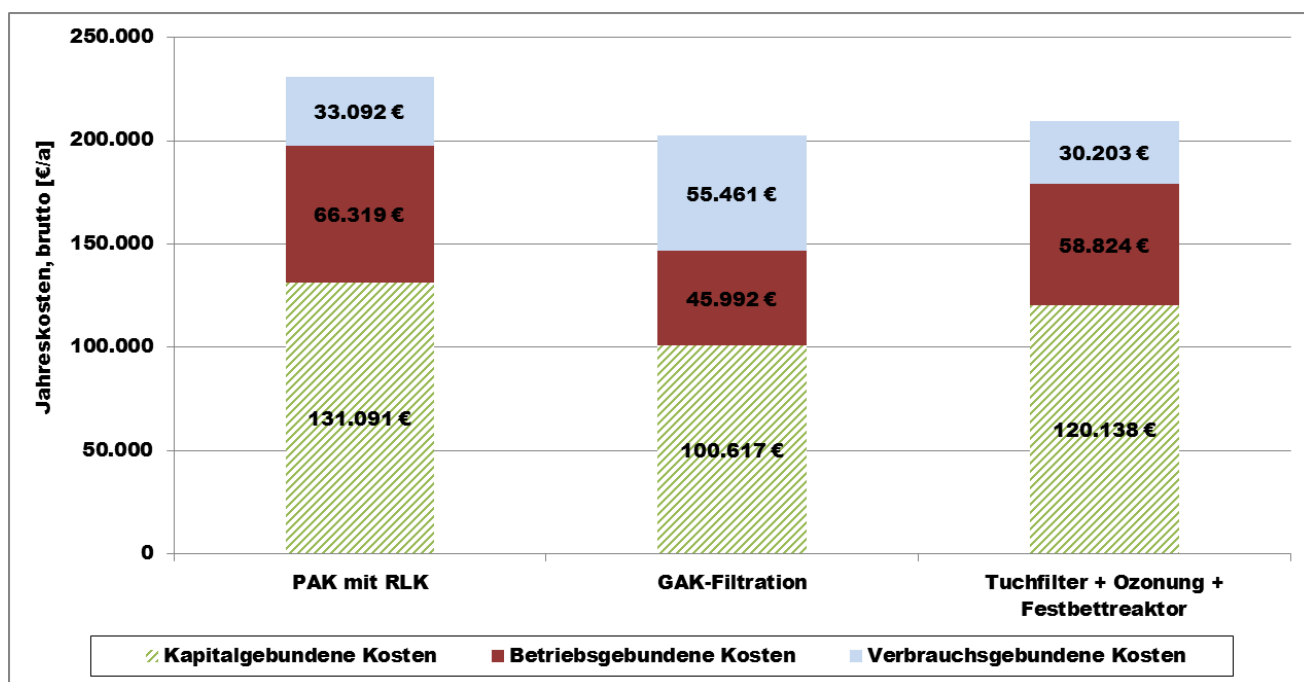


Bild 9: Anteile kapital-, betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten an den Jahreskosten der Varianten

5 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.		GAK-Filtration		Tuchfilter + Ozonung + Festbettreaktor	
		Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Jahreskosten	0,35	4	1,4	5	1,75	5	1,75
Reinigungsleistung P_{ges}/CSB (zusätz. Reduk.)	0,20	5	1	4	0,8	4	0,8
Bildung Nebenprodukte	0,05	5	0,25	5	0,25	3	0,15
Erfahrungen/Referenzen	0,10	5	0,5	4	0,4	3	0,3
Betriebs- und Wartungsaufwand	0,10	4	0,4	5	0,5	4	0,4
Betriebssicherheit	0,10	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Sensitivität Kostensteigerungen	0,05	4	0,2	3	0,15	4	0,2
CO ₂ -Bilanz	0,05	4	0,2	4	0,2	4	0,2
Summe	1,00	35	4,35	34	4,45	31	4,20

Wertung nach Punkten
(steigende Punkte → bessere Wertung)

1 = ungenügend
5 = sehr gut

In der **Summe** schneidet Variante 2 (GAK-Filtration) mit 4,45 Punkten am besten ab. Gefolgt von Variante 1 (PAK-Dosierung mit Rücklaufkohleführung) mit 4,35 Punkten. Die Variante 3 (Tuchfilter + Ozonung + Festbettreaktor) hat mit 4,20 Punkten die niedrigste Bewertung.

6 Zusammenfassung

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

Im Rahmen der Studie zur Ertüchtigung und Erweiterung der Kläranlage Metelen 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: GAK-Filtration,

Variante 3: Tuchfiltration mit Ozonung und nachgeschaltetem Festbettreaktor.

Die ausgewählten Varianten wurden auf ihre Umsetzbarkeit geprüft und zeichnerisch in Lageplanausschnitten 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 2 (GAK-Filtration) mit 4,45 Punkten; Variante 1 (PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle) kommt auf den zweiten Platz mit 4,35 Punkten. Die Ozonung mit Tuchfilter und nachgeschaltetem Festbettreaktor (Variante 3) liegt mit 4,20 Punkten auf dem dritten Platz. Bei den Jahreskosten liegt Variante 2 (GAK-Filtration) mit ca. 202.000 EUR/a, brutto vorn, gefolgt von Variante 3 (Tuchfilter + Ozonung + Festbettreaktor) mit rd. 209.000 EUR/a, brutto. Die Variante 1 (PAK-Dosierung mit RLK) liegt mit 230.000 EUR/a, brutto auf dem dritten Platz.

Für die GAK-Filtration (Variante 2) sprechen die hohe Betriebssicherheit, die niedrigen Jahreskosten und der einfache Betrieb. Die relativ geringe prognostizierte Standzeit der Aktivkohle im Filter führt allerdings zu hohen Betriebskosten. Variante 2 ist zudem sehr empfindlich gegenüber Kostensteigerungen. Bei der GAK-Filtration ist grundsätzlich neben dem beschriebenen Einsatz von Frischkohlen bzw. reaktivierten Kohlen auch der Einsatz von vorbeladenen Kohlen aus der Trinkwasseraufbereitung möglich. Das Konzentrationsniveau der Spurenstoffe ist in der Trinkwasseraufbereitung i. d. R. niedriger als im Abwasserbereich, sodass diese Kohlen in der vierten Reinigungsstufe weiterbeladen werden könnten. Die Eignung sollte vor dem Einsatz in jedem Fall durch Versuche bzw. eine Pilotierung untersucht werden. In Abhängigkeit von den erreichbaren Standzeiten dieser Kohlen ist dann die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes zu bewerten.

Variante 1 (PAK mit Rücklaufkohle) lag in der Bewertungsmatrix auf dem zweiten Rang. Sie stellt das derzeit verbreitetste Verfahren zur Spurenstoffelimination dar (in Baden-Württemberg derzeit 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 sicherer Betrieb möglich ist. Durch die Rückführung der Aktivkohle ist eine 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 Reduzierungen bei den Parametern CSB und P_{ges} .

Variante 3 (Tuchfilter + Ozonung + Festbettreaktor) lag in der Bewertungsmatrix auf dem letzten Platz. Die Jahreskosten für dieses Verfahren sind niedrig, jedoch von der Ozondosis stark 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 noch 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. Für diese Verfahrenskombination liegen derzeit noch keine Erfahrungswerte vor.

Die TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH empfiehlt, die Varianten 2 (GAK-Filtration) und 1 (PAK-Dosierung mit Rücklaufkohleführung) für weitere Untersuchungen auf der Kläranlage Metelen zu berücksichtigen.