



Kläranlage Brock

Machbarkeitsstudie zur Spurenstoffelimination

Kurzbericht

Düsseldorf, Januar 2015

Hydro  Ingenieure

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Einführung	1
1.2	Veranlassung	1
1.3	Aufgabenstellung	1
2	PLANUNGS- UND BEMESSUNGSGRUNDLAGEN	2
2.1	Hydraulische Bemessungsgröße	2
3	PLANUNGSKONZEPTE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION	3
3.1	Variante 1: Teilstrombehandlung mit granulierter Aktivkohle	3
3.2	Variante 2: Teilstrombehandlung mit Ozon	4
3.3	Variante 3: Teilstrombehandlung mit Pulveraktivkohle	6
4	KOSTENSCHÄTZUNG	7
4.1	Investitionskosten	7
4.2	Betriebskosten	7
4.3	Jahreskosten und Projektkostenbarwert	8
5	BEWERTUNG DER PLANUNGSKONZEPTE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION	9
6	ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNG	10

1 EINLEITUNG

1.1 Einführung

Die Stadt Sendenhorst betreibt die Kläranlage Brock, welche nach einem Umbau in den Jahren 1992 bis 1995 auf die derzeitige Ausbaugröße von 27.000 EW erweitert worden ist. Die Kläranlage ist als mechanisch-biologische-Reinigungsstufe konzipiert, wobei die Biologie als Stabilisierungsanlage gefahren wird. Die beiden Belebungsbecken werden in Reihe als Kaskade betrieben.

1.2 Veranlassung

Aufgrund der bestehenden Problematik der nachgewiesenen Spurenstoffe, wie Medikamentenrückstände und Röntgenkontrastmittel, in Gewässern ist derzeit in der Öffentlichkeit und in der Fachwelt eine intensive Diskussion zur Notwendigkeit einer weitergehenden Spurenstoffelimination gegeben. Das Vorsorgeprinzip sowie die derzeit zur Verfügung stehenden Fördermöglichkeiten des Landes NRW veranlassen schon seit längerer Zeit immer mehr Kläranlagenbetreiber zur aktiven Handlung. Des Weiteren fordert auch die Bezirksregierung Münster die Erstellung einer Studie zur Spurenstoffelimination als Voraussetzung für die Verlängerung der Einleitungserlaubnis.

1.3 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung für die vorliegende Machbarkeitsstudie besteht im Einzelnen aus:

- Grundlagenermittlung einschließlich Auswertung der Wassermengen zur Dimensionierung der Verfahrenskomponenten, klärtechnische Berechnungen, Überprüfung der technischen Machbarkeit, Erstellung von Verfahrensschemata und Lageplanskizzen.
- Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einschließlich Abschätzung der Investitionskosten, der Betriebskosten sowie der Jahreskosten.
- Bewertung der verschiedenen Möglichkeiten im Hinblick auf Vor- und Nachteile, insbesondere der nicht-monetären Aspekte, z.B. betrieblicher Risiken sowie zukünftiger Erweiterungsmöglichkeiten etc.
- Überprüfung der Studie des Ingenieurbüros Rummler + Hartmann, in wie weit eine mögliche Umstellung auf eine anaerobe Schlammfäulung sinnvoll ist und in daraus resultierend freies Belebungsbeckenvolumen zum Zwecke der Spurenstoffelimination genutzt werden kann.

2 PLANUNGS- UND BEMESSUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Hydraulische Bemessungsgröße

Die Hydro-Ingenieure GmbH hat eine Auswertung der Ablaufwassermengen für den Zeitraum Januar 2011 bis Dezember 2013 durchgeführt. Hierbei wurden sowohl Ganglinien erstellt als auch Summenhäufigkeiten ermittelt. Die Datengrundlagen basierten auf 1-Stundenwerten.

Die Bemessungswassermenge für die Spurenstoffbehandlung wurde auf max. 40 l/s (144 m³/h) festgelegt. Der Zulauf zur Spurenstoffanlage der Kläranlage Brock unterschreitet an ca. 78% aller Messungen der Jahre 2011 - 2013 eine maximale Menge von 40 l/s.



Abbildung 1: Auswertung Anteil der behandelten Teilstrommenge an der Ablaufmenge zur Spurenstoffanlage der KA Brock 2011 - 2013

3 PLANUNGSKONZEPTE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION

Im Folgenden werden die für die Kläranlage Brock möglichen Varianten unter Berücksichtigung der vorhandenen baulichen und technischen Randbedingungen erläutert. Ein zeitweise auf der Kläranlage Brock auftretendes Problem mit Flockenabtrieb aus der Nachklärung muss im Rahmen der weiteren Überprüfungen abgestellt werden. Dies auch vor dem Hintergrund, dass mit steigendem Feststoffanteil im zu behandelnden Abwasser der Wirkungsgrad abnimmt und sich die Betriebskosten aller Verfahren zur Spurenstoffelimination vergrößern.

Im Hinblick auf die Untersuchung zur Umstellung auf eine anaerobe Schlammfäulung wurde über klärtechnische Bemessungen festgestellt, dass hierfür das Volumen eines Belebungsbeckens ausreichend groß ist, so dass das Belebungsbecken 2 nicht mehr benötigt würde. Weitergehende Untersuchungen zur Nutzung des Belebungsbeckens 2 für die Unterbringung von Anlagenteilen zur Spurenstoffelimination kamen jedoch nicht zu wirtschaftlichen Ergebnissen. Der geringe Flächenbedarf der Anlagenteile und das Höhenniveau würden hohe Umbaukosten nach sich ziehen.

- Variante 1 - Teilstrombehandlung mit granulierter Aktivkohle (GAK)
- Variante 2 - Teilstrombehandlung mit Ozon
- Variante 3 - Teilstrombehandlung mit Pulveraktivkohle (PAK)

3.1 Variante 1: Teilstrombehandlung mit granulierter Aktivkohle

Variante 1 untersucht die Filtration mit granulierter Aktivkohle in nachgeschalteten Druckkesseln.

Bei diesen Verfahren sind insgesamt 6 Adsorber notwendig, die alle parallel mit einer Filtergeschwindigkeit von 6 bis maximal 10 m/h gefahren werden. Dadurch kann auf eine aufwändige Karussellschaltung verzichtet werden, wodurch die Investitionskosten sinken.

Der Teilstrom für die Behandlung in der GAK-Anlage wird über eine Druckleitung vom neugebauten Abschlagsbauwerk am Vorschacht der Ablaufmessung mittels 1 + 1 Pumpen zu den GAK-Adsorbern gepumpt. Die GAK-Adsorber werden in einer neu zu errichtenden Halle auf der Freifläche zwischen Nachklärbecken 2 und der bestehenden Betriebsstraße aufgestellt.

Der Ablauf erfolgt zurück in den vorhandenen Vorschacht des Ablaufmessbauwerks. Zum Spülen der Adsorber sind zwei Spülwasserpumpen mit einer maxi-

malen Spülwassergeschwindigkeit von 25 - 30 m/h und 1 + 1 Spülluftgebläse mit einer maximalen Spülluftgeschwindigkeit von 60 m/h vorgesehen.

Die wesentlichen verfahrenstechnischen Bemessungsgrundlagen werden im Weiteren kurz zusammengefasst:

- Verfahrenstechnik GAK-Filter 1-stufig
- 1. Stufe 6 Reaktoren mit \varnothing 2,5 m
- Filterbetthöhe 2,50 m
- Aufenthaltszeit 10- 30 min

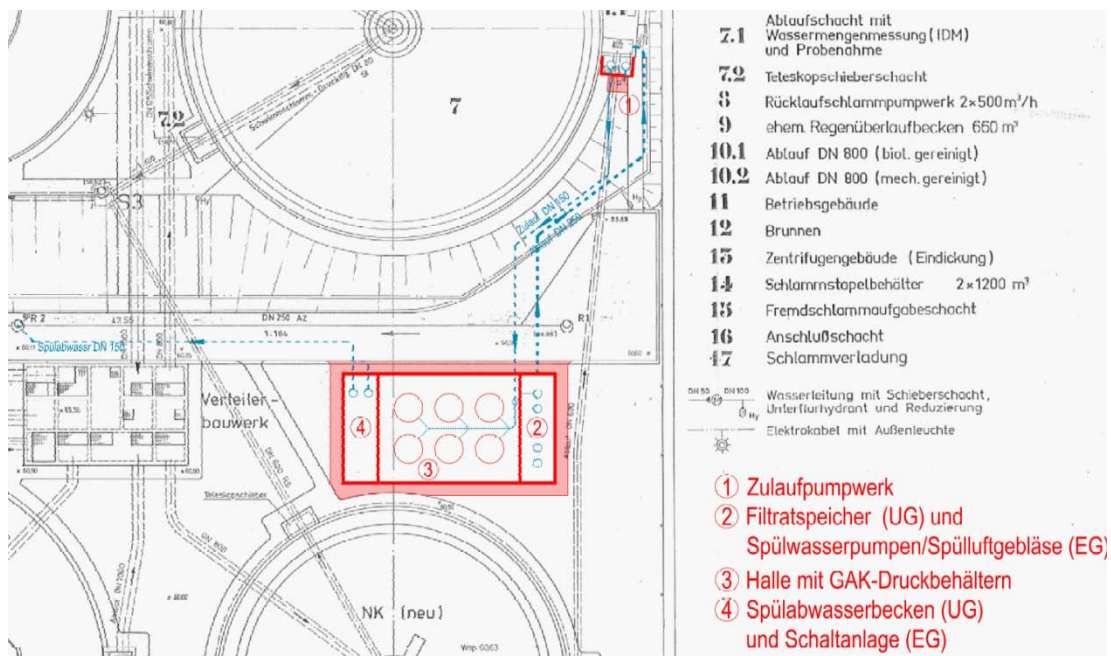


Abbildung 2: Variante 1 - Teilstrombehandlung mit granulierter Aktivkohle

3.2 Variante 2: Teilstrombehandlung mit Ozon

Bei Variante 2 ist eine Ozonung des Ablaufs der Nachklärbecken vorgesehen. Diese Variante wird baulich, in Bezug auf Lage und Anschlüsse, ähnlich der Variante 1 errichtet.

Die Auslegungswassermenge zur Bemessung der Ozonanlage wird analog zu den anderen Varianten mit 40 l/s gewählt. Im Anschluss an das Durchfließen der Ozonierungsreaktoren wird der gereinigte Abwasserteilstrom über eine Rohrleitung dem bestehenden Vorschacht des Messbauwerk zugeleitet und gelangt in den Ablauf.

Die wesentlichen verfahrenstechnischen Bemessungsgrundlagen werden im Weiteren kurz zusammengefasst:

- Ausführung: 1-straßig
- Aufenthaltszeit: 15 min
- Eintragstiefe: 4,5 m
- Ozondosierung: 2 – 8 mgO₃/l

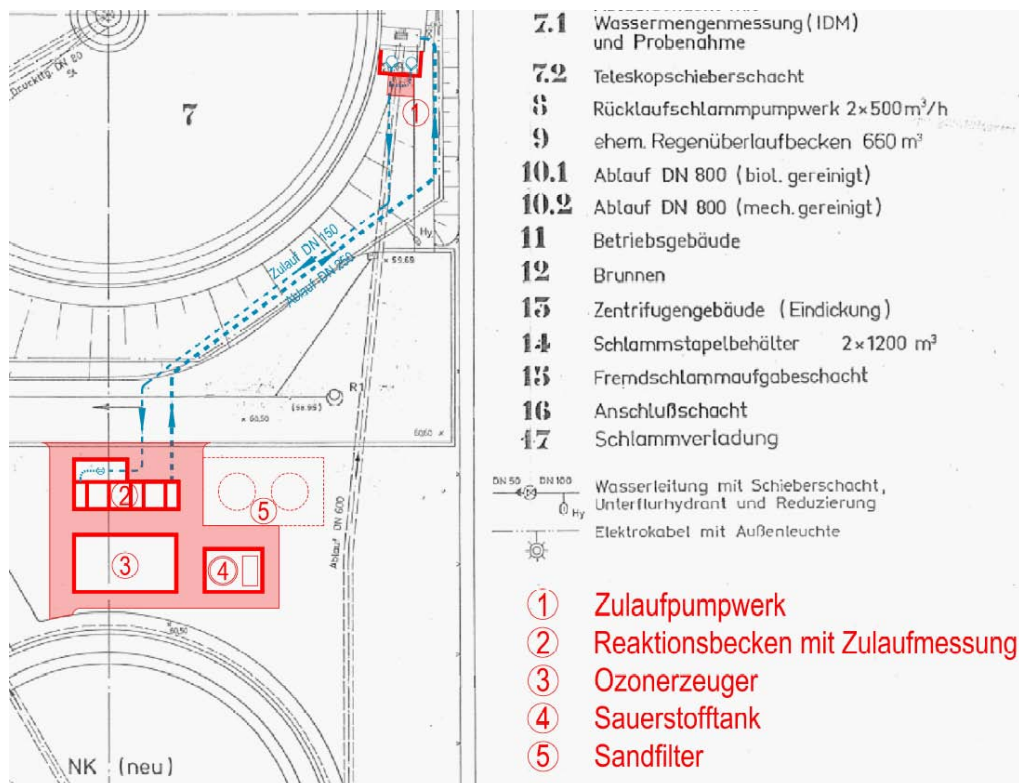


Abbildung 3: Variante 2 - Teilstrombehandlung mit Ozon

Bei der Behandlung des Abwassers mit Ozon zur Oxidation von Spurenstoffen entstehen Metaboliten und Transformationsprodukte, deren öko- und humantoxikologische Wirkung bisher noch nicht ausreichend erforscht worden sind. Eine Reihe von Forschungsprojekten befassen sich zurzeit mit dieser Fragestellung. Nach der bisherigen Erfahrung des Planers ist eine Nachbehandlung des gereinigten ozonisierten Abwassers über eine Sandfiltration hinaus i.d.R. nicht erforderlich.

Im Rahmen dieser Studie wird dennoch ein anerkanntes Verfahren zur Nachbehandlung des Ablaufes aus dem Ozonbecken in einer Wirbelbettanlage als zusätzliche Option vorgeschlagen (Variante 2.1) und eine Überprüfung in einer Pilotierungsanlage empfohlen.

3.3 Variante 3: Teilstrombehandlung mit Pulveraktivkohle

Variante 3 umfasst die Zugabe von Pulveraktivkohle in zwei vorgeschalteten Mischbecken. Die Abtrennung der Kohle erfolgt nachgeschaltet in einem Absetzbecken. Kleinste Reste von Kohle und Transformationsprodukte werden in einem Scheibentuchfilter dem Wasser entzogen. Anschließend wird der gereinigte Abwasserteilstrom wieder zurück in den Vorschacht am Messbauwerk geleitet, von wo aus es in den Ablauf gelangt.

Die wesentlichen verfahrenstechnischen Bemessungsgrundlagen werden im Weiteren kurz zusammengefasst:

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| • Aufenthaltszeit Kontaktbecken: | 30 min |
| • Volumen Kontaktbecken: | 72 m ³ |
| • PAK-Dosierung | 5 – 15 mg/l |
| • Polymerdosierung | 0,15 – 0,30 mg/l |
| • Fällmitteldosierung | 2 – 6 mg/l |

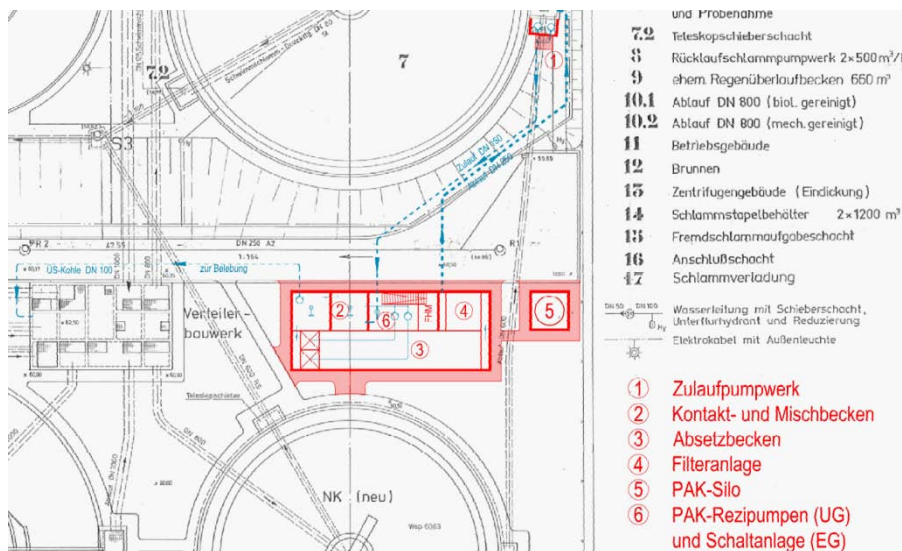


Abbildung 4: Variante 3 - Teilstrombehandlung mit Pulveraktivkohle

4 KOSTENSCHÄTZUNG

4.1 Investitionskosten

Basierend auf den klärtechnischen Berechnungen und den Lageplanskizzen wurden die Investitionskosten für die verschiedenen Lösungsvarianten geschätzt.

Tabelle 1: Investitionskosten in € der Varianten 1 bis 3

Kurztext	Variante 1 Teilstrombe- handlung mit GAK	Variante 2 Teilstrombe- handlung mit Ozon	Variante 2.1 Teilstrombe- handlung mit Ozon und Nach- behandlung	Variante 3 Teilstrombe- handlung mit PAK
Bau	379.425,00	200.200,00	288.200,00	351.505,00
Maschinen	409.584,00	350.750,00	430.750,00	466.914,63
EMSR	130.000,00	155.000,00	170.000,00	170.000,00
Summe netto	919.009,00	705.950,00	888.950,00	988.419,63
19 % MwSt.	<u>174.611,71</u>	<u>134.130,50</u>	<u>168.900,50</u>	<u>187.799,73</u>
Summe brutto	1.093.620,71	840.080,50	1.057.850,50	1.176.219,36
Prozente	130 %	100 %	126 %	140 %

Die Investitionskosten für Variante 2 - Teilstrombehandlung mit Ozon sind mit knapp 0,85 Mio. € brutto die Niedrigsten. Die Kosten für die Varianten 1 und 3 liegen mit knapp 1,1 und 1,2 Mio. € brutto 30 - 40 % höher. Bei der Ozonung mit Nachbehandlung nach Variante 2.1 verbleibt noch ein geringer wirtschaftlicher Vorteil von ca. 40.000 € - 120.000 € gegenüber den Aktivkohleverfahren, also unter 15 %.

4.2 Betriebskosten

Um eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durchzuführen, werden Jahreskosten berechnet. Hierbei sind die Betriebskosten der verschiedenen Konzepte von besonderer Bedeutung.

Für die Berechnung der Betriebskosten wurden die Kosten für Personal, Energie, Chemikalien sowie Wartung und Versicherungen ermittelt. Einsparungen in der Abwasserabgabe wurden bisher nicht berücksichtigt.

Tabelle 2: Betriebskosten in €/a der Varianten 1 bis 3

Kurztext	Variante 1 Teilstrombe- handlung mit GAK	Variante 2 Teilstrombe- handlung mit Ozon	Variante 2.1 Teilstrombe- handlung mit Ozon und Nach- behandlung	Variante 3 Teilstrombe- handlung mit PAK
Personal	4.692,10	4.692,10	4.692,10	4.692,10
Energie	5.518,70	23.596,02	23.630,47	13.749,19
Chemikalien	46.500,00	12.803,26	12.803,62	20.277,00
Wartung/ Versicherungen	17.283,85	14.645,75	17.900,75	19.437,92
Summe netto	73.994,65	55.737,49	59.026,94	58.156,20
19 % MwSt.	<u>14.058,98</u>	<u>10.590,12</u>	<u>11.215,12</u>	<u>11.049,68</u>
Summe brutto	88.053,63	66.327,61	70.242,06	69.205,88
Prozente	133 %	100 %	106 %	104 %

Die Betriebskosten der Ozonung nach Variante 2 sind mit ca. 66.300 €/a am geringsten. Die Betriebskosten der PAK-Variante 3 liegen geringfügig mit etwa 69.000 €/a um ca. 4 % darüber mit größerem Abstand gefolgt von der GAK-Variante 1 mit Betriebskosten in Höhe von etwa 88.000 €/a (um 33 % höher).

Eine Ozonung mit Nachbehandlung (Variante 2.1) liegt mit den Betriebskosten etwa in der Größenordnung von Variante 3, also nur ca. 6 % höher als die Ozonung ohne Nachbehandlung.

4.3 Jahreskosten und Projektkostenbarwert

Die Jahreskosten wurden unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern für den Bau von 50 Jahren, für die Maschinenteknik von 20 Jahren und die EMSR-Technik von 10 Jahren sowie einem kalkulatorischen Zinssatz 4 % ermittelt.

Der Jahreskostenbarwert wurde nach LAWA ermittelt, unter Berücksichtigung eines Betrachtungszeitraums von 40 Jahren und einem Zinssatz von 5 %.

Tabelle 3: Jahreskosten und Projektkostenbarwert in € der Varianten 1 bis 3

Kurztext	Variante 1 Teilstrombe- handlung mit GAK	Variante 2 Teilstrombe- handlung mit Ozon	Variante 2.1 Teilstrombe- handlung mit Ozon und Nach- behandlung	Variante 3 Teilstrombe- handlung mit PAK
Jahreskosten netto	137.823,00	109.976,00	125.098,00	129.835,00
19 % MwSt.	<u>26.186,00</u>	<u>20.895,00</u>	<u>23.769,00</u>	<u>24.669,00</u>
Jahreskosten brutto	164.009,00	130.871,00	148.866,00	154.503,00
Prozente	125 %	100 %	114 %	118 %
Projektkostenbarwert netto (€)	2.501.941,00	1.983.986,00	2.271.914,00	2.370.073,00
19 % MwSt.	<u>475.369,00</u>	<u>376.957,00</u>	<u>431.664,00</u>	<u>450.314,00</u>
Projektkostenbarwert brutto (€)	2.977.310,00	2.360.944,00	2.703.578,00	2.820.387,00
Prozente	126 %	100 %	115 %	119 %

Anhand der Jahreskostenberechnung wird deutlich, dass sich die Varianten 1, 2.1 und 3 in den Kosten nur geringfügig unterscheiden. Sie liegen zwischen 150.000 €/a und 164.000 €/a. Deutlich am günstigsten schneidet die Ozonanlage mit 131.000 €/a und einem prozentualen Unterschied von 14 - 25 % ab. Die Auswertung der Projektkostenbarwertermittlung ergibt ein ähnliches Ergebnis wie die Jahreskosten.

5 BEWERTUNG DER PLANUNGSKONZEPTE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION

Abgesehen von den Kosten gibt es noch weitere Kriterien, wie z.B. die Reinigungsleistung, die Entstehung und Auswirkung von möglichen Transferprodukten oder den Betriebsaufwand, welche die Auswahl der bevorzugten Verfahrensvariante beeinflussen. In Zusammenarbeit mit den Betreibern der Kläranlage Bock/Sendenhorst wurde daher eine Bewertungsmatrix erarbeitet, in der eine Bewertung anhand dieser Kriterien für verschiedene 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.

In Summe schneiden die Varianten 1: Teilstrombehandlung mit granulierter Aktivkohle (GAK) sowie 2: Teilstrombehandlung mit Ozonung mit einer Punktzahl von jeweils 4,2 gleich gut ab. Die Variante 3: Teilstrombehandlung mit Pulveraktivkohle (PAK) folgt mit relativ großem Abstand mit 3,75 Punkten.

Dieser Gleichstand spiegelt die derzeitige Situation bei der Bewertung der Varianten 1 und 2 wieder: Die betrieblichen Vorteile der Redundanz und des einfachen Handlings sprechen mehr für das Verfahren mit granulierter Aktivkohle. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten liegen die Vorteile eindeutig bei der Ozonung. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist die hygienisierende Wirkung (Desinfektion) und die weitere Entfernung von Geruchs- und Geschmacksstoffen. Somit bleibt die Studie in Hinblick auf eine eindeutige Empfehlung Ergebnis offen.

Kriterium	Gewichtung (%)	Wertung					
		Variante 1 Teilstrombehandlung mit GAK		Variante 2: Teilstrombehandlung mit Ozonung		Variante 3: Teilstrombehandlung mit PAK	
		Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Höhe der Projektkostenbarwert	40	4	1,60	5	2,00	4	1,60
Reinigungsleistung Spurenstoffe	20	4	0,80	4	0,80	4	0,80
Transformationsprodukte	5	5	0,25	3	0,15	5	0,25
Wartungsarbeiten / Betriebsaufwand	15	4	0,60	4	0,60	3	0,45
Redundanzen / Betriebssicherheit	15	5	0,75	3	0,45	3	0,45
Nachhaltigkeit / CO ₂ -Emission	5	4	0,20	4	0,20	4	0,20
Summe	100		4,20		4,20		3,75

Abbildung 5: Bewertungsmatrix

6 ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNG

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

- Variante 1 - Teilstrombehandlung mit granulierter Aktivkohle (GAK)
- Variante 2 - Teilstrombehandlung mit Ozon
- Variante 2.1 - Teilstrombehandlung mit Ozon und Nachbehandlung
- Variante 3 - Teilstrombehandlung mit Pulveraktivkohle (PAK)

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

Ergebnis und Empfehlung:

Im Ergebnis schneiden die Varianten 1: „Teilstrombehandlung mit granulierter Aktivkohle (GAK)“ und 2: „Teilstrombehandlung mit Ozonung“ in etwa gleich gut ab. Den betrieblichen Vorteilen für Redundanz und einfaches Handling des GAK-Verfahrens stehen die wirtschaftlichen Vorteile bei der Ozonung gegenüber. Die geruchsmindernde und hygienisierende Wirkung (Desinfektion) als Nebenerscheinung der Ozonung kann als weiterer Vorteil gewertet werden.

Damit stehen der Stadt Sendenhorst zwei machbare und wirtschaftlich interessante Lösungsvorschläge zur Verfügung, die als bedeutender Schritt zur nachhaltigen Vorsorge- bzw. Investitionsstrategie zur Optimierung der Kläranlage bezeichnet werden können.

In diesem Zusammenhang wird empfohlen, eine CFD-Simulation nach der Methode der Strömungsmechanik zur Optimierung der Nachklärbecken und Minimierung des Flockenabtriebs sowie evtl. einen Pilotversuch zur Spurenstoffelimination (Voraussetzung ist die Förderung des Landes NRW) zu berücksichtigen.