




Stadt Ennigerloh

Kurzfassung

# Möglichkeiten der Elimination anthropogener Spurenstoffe in der Kläranlage Ennigerloh

gefördert durch: **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen**



 **Ingenieurbüro  
Rummler + Hartmann  
GmbH**

Havixbeck, im September 2014

## **Inhaltsverzeichnis**

1 Einleitung.....	1
2 Vorstellung der Verfahrensmöglichkeiten .....	1
3 Verfahrensempfehlung .....	3
4 Zusammenfassung.....	4

## 1 Einleitung

Zur Behandlung, Reduktion und Elimination von Spurenstoffen werden in der Literatur mehrere mögliche weitergehende Abwasserreinigungsverfahren aufgeführt, welche zum Teil mit Erfolg getestet wurden und bereits in einigen kommunalen Kläranlagen eingesetzt werden. Hierbei erwiesen sich die Ozonierung und die Adsorption mittels Aktivkohle als die sinnvollsten und wirtschaftlichsten Verfahren. Ungeachtet dessen werden im Laufe der Machbarkeitsstudie alternative und kombinierte Verfahren vorgestellt und analysiert.

Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, mit welchen Spurenstoffen die Kläranlage Ennigerloh beaufschlagt wird. Des Weiteren wurde untersucht, wie die Stoffe am effektivsten eliminiert und reduziert werden können. Hierfür wurde anhand der Abwasserproben ein Screening durchgeführt und auf Grundlage diverser Studien zum Thema „Spurenstoffelimination“ ein für die Kläranlage Ennigerloh maßgeschneidertes Konzept zur Behandlung der Spurenstoffe ausgearbeitet.

Mit der Aufarbeitung der möglichen Maßnahmen zur Spurenstoffelimination und der Konzeptstudie einer vierten Reinigungsstufe wurde das Ingenieurbüro Rummler + Hartmann beauftragt.

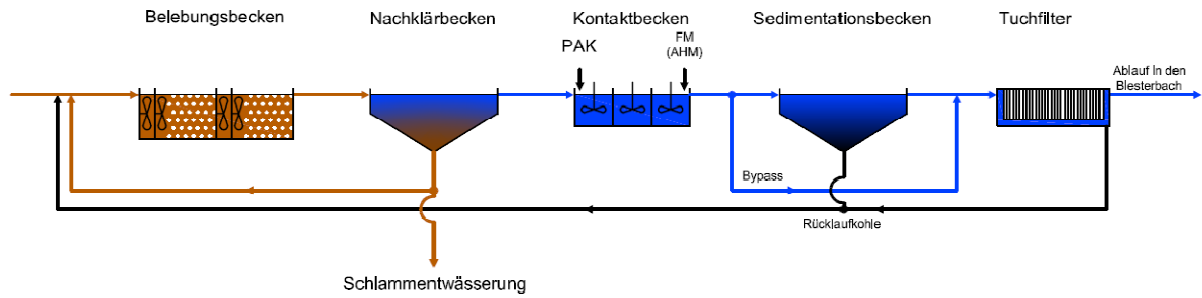
## 2 Vorstellung der Verfahrensmöglichkeiten

Es wurden insgesamt fünf Reinigungsverfahren (zugehörige Fließschema siehe Abbildung ) vorgeschlagen, welche allesamt in die Kläranlage integrierbar sind.

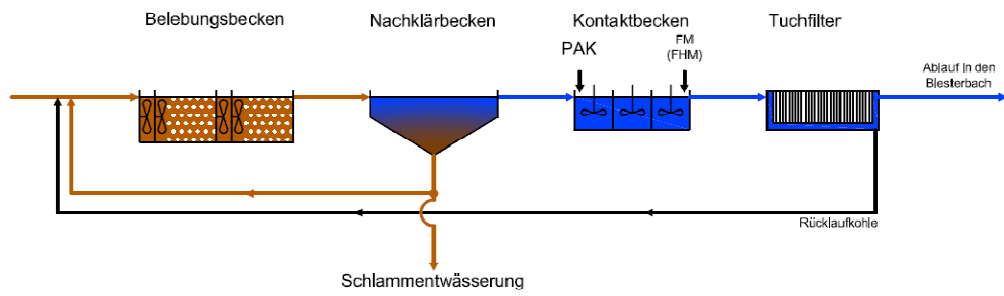
Im Einzelnen handelt es sich um folgende Varianten:

- Variante 1.1: **PAK-Adsorption** im Kontaktbecken mit anschließender Sedimentation und Filtration mittels Tuchfilter
- Variante 1.2: **PAK-Adsorption** im Kontaktbecken mit anschließender Filtration mittels Tuchfilter und Rezirkulation in die Belebungsbecken
- Variante 1.3: **PAK-Adsorption** im Belebungsbecken mit anschließender Filtration mittels Tuchfilter nach der Nachklärung
- Variante 2: **GAK-Adsorption** mittels DynaSand-Carbonfilter
- Variante 3: **Ozonierung** mit anschließender Filtration mittels DynaSand-Filter

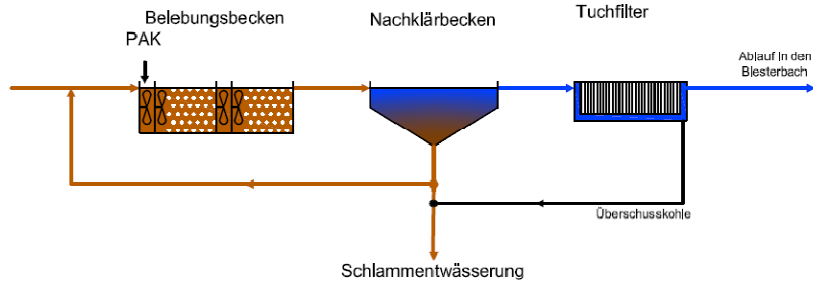
Variante 1.1



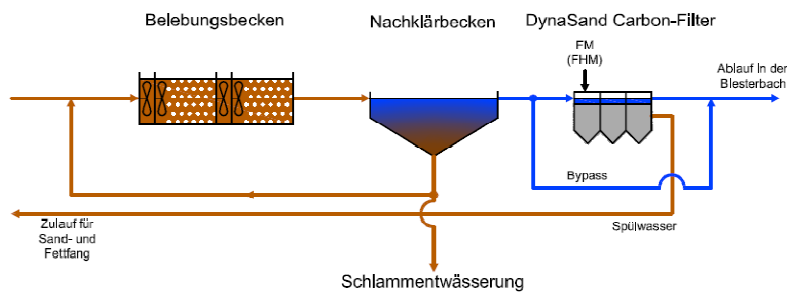
Variante 1.2



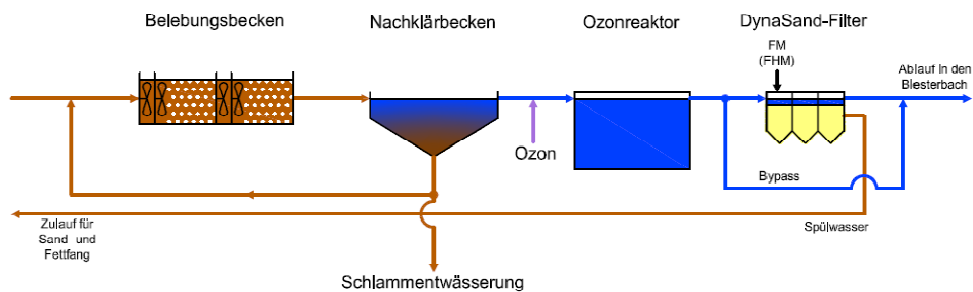
Variante 1.3



Variante 2



Variante 3



**Abbildung :** Fließschemata der fünf unterschiedlichen Reinigungsstufen zur Mikroschadstoffreduzierung für die Kläranlage Ennigerloh

### 3 Verfahrensempfehlung

Die im Laufe der Machbarkeitsstudie aufgeführten Vor- und Nachteile, ebenso wie die Kostenannahmen, lassen den Entschluss zu, dass die Adsorption mittels Pulveraktivkohle das sinnvollste Verfahren zur Spurenstoffelimination ist. Allgemein ist besonders bei den Adsorptionsverfahren positiv hervorzuheben, dass die Mikroverunreinigungen nachweislich aus dem Wasserkreislauf entfernt werden und nicht, wie bei der Ozonierung, zum größten Teil in andere Stoffe umgewandelt werden. Auch wenn bei der Ozonierung Studien darauf hinweisen, dass die Metaboliten weitestgehend ungefährlich sind, so kann niemand mit Gewissheit sicherstellen, dass die entstehenden Metaboliten über lange Zeit gesehen nicht zu negativen Effekten in der Umwelt führen können.

Neben der Ozonierung wird ebenfalls die Adsorption mittels granulierter Aktivkohle als nicht empfehlenswert erachtet. Grund dafür ist die unbeständige Reinigungswirkung dieser Verfahren. Hier schneiden die PAK-Adsorption und die Ozonierung besser ab. Diese Verfahren können auf den aktuellen Verschmutzungsgrad angepasst werden, wodurch eine nahezu konstante Reinigungswirkung hervorgerufen wird. Trotz der niedrigsten Investitionskosten führt die GAK-Adsorption zu erheblich höheren Betriebsmittel- und somit zu erheblich höheren Jahreskosten.

Ein wesentlicher Faktor, die PAK-Adsorption zu empfehlen, ist der, dass der gesamte Durchfluss behandelt werden kann. Möglich wird dies durch eine gewählte Auslegung der Endfiltration in Form von Tuchfiltern für den maximalen Bemessungszufluss. Durch die gewählten Filter ist außerdem gewährleistet, dass stets der Phosphorgehalt des gesamten Durchflusses weitergehend reduziert wird. Dieser Vorteil ergibt sich aus Kostengründen nicht bei den Varianten 2 und 3. Die dort gewählten Filter würden bei der Auslegung für den maximalen Bemessungszufluss die Investitions- und Betriebskosten wesentlich erhöhen.

Für die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe empfehlen wir letztlich die **Variante 1.2**. Diese ist im Bezug auf die zu erwartenden Jahreskosten die günstigste Variante der PAK-Verfahren. Auch wenn eine solche Anlage im großtechnischen Maßstab noch nicht existiert, so weisen alle im Laufe der Machbarkeitsstudie aufgeführten Erkenntnisse darauf hin, dass die Umsetzung der Variante 1.2 das sinnvollste Verfahren zu Elimination von Mikroschadstoffen ist. Hierbei wird auf ein zusätzliches Sedimentationsbecken zur PAK-Abscheidung verzichtet. Ein solches Sedimentationsbecken ist in der Theorie nicht zwangsläufig nötig, da durch die Rückführung der PAK in die Belebungsbecken die bestehenden Nachklärbecken denselben Zweck wie ein Sedimentationsbecken erfüllen und zur ersten Abscheidung der PAK-Frachten dienen. Wir empfehlen jedoch bei der Planung dieser Variante eine mögliche Erweiterung um ein Sedimentationsbecken zu berücksichtigen, also den Ausbau zur Variante 1.1. Somit wäre der Umbau zum erprobten AFSF-Verfahren gewährleistet, falls die Variante 1.2 nicht zu einem zufriedenstellenden Betrieb führt.

Die Variante 1.2 hat die meisten positiven Eigenschaften. Es ist eine kompakte Anlage mit wenig Platzbedarf. Sie sollte zu sehr guten Eliminationsraten für Spurenstoffe führen und ist dank der Tuchfilter zusätzlich dazu in der Lage, den CSB-, P- und N-Gehalt weitergehend zu reduzieren, sofern dieser gebunden vorliegt. Bei Fällmittelzugabe ist außerdem eine weitergehende Reduktion des P-Gehaltes auf Werte unter 0,1 mg/l zu erwarten. Da die Endfiltration für den gesamten Bemessungszufluss ausgelegt ist, kommt es zu keinerlei Schlammabtrieb aus der Nachklärung in das anliegende Gewässer, wodurch ein konstanterer Kläranlagenbetrieb sichergestellt wird. Schlussendlich verbrauchen die Verfahrensstufen der Variante 1.2 wesentlich weniger Energie, als sie bei den Varianten 1.1, 2 und 3 benötigt wird. Gerade in Anbetracht der stetig steigenden Energiekosten und der Versuche vieler Kläranlagen ihre Energiekosten zu senken, ist die Variante 1.2 auch hier gegenüber anderer Varianten im Vorteil. Tabelle zeigt die wesentlichen Kosten der Varianten 1.2, 2 und 3.

**Tabelle** : Kostengegenüberstellung der Varianten 1.2, 2 und 3

Kosten	Variante 1.2	Variante 2	Variante 3
<b>Investitionskosten</b>	<b>2.398.228 €</b>	<b>1.319.200 €</b>	<b>2.180.807 €</b>
<b>Laufende Kosten</b>	<b>261.544 €/a</b>	<b>392.721 €/a</b>	<b>280.352 €/a</b>
<b>davon Energiekosten</b>	<b>18.323 €/a</b>	<b>27.801 €/a</b>	<b>66.781 €/a</b>
<b>Spezifische Kosten *</b>	0,338 €/m <sup>3</sup>	0,507 €/m <sup>3</sup>	0,362 €/m <sup>3</sup>
<b>Spezifische Kosten **</b>	0,120 €/m <sup>3</sup>	0,180 €/m <sup>3</sup>	0,129 €/m <sup>3</sup>
* Bezogen auf die Frischwassermenge von 774.323 m <sup>3</sup> /a			
** Bezogen auf die Jahresabwassermenge von 2.181.142 m <sup>3</sup> /a			

Zusammengefasst vereint die Variante 1.2 die meisten Vorteile und ist auch in Bezug auf die Kostenbetrachtung eine gute und umsetzbare Lösung das Spurenstoffproblem auf der Kläranlage Ennigerloh anzugehen.

#### 4 Zusammenfassung

Die örtlichen Umstände und die Erkenntnisse aus der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie zur Elimination anthropogener Spurenstoffen haben ergeben, dass der Ausbau einer vierten Reinigungsstufe für die Kläranlage Ennigerloh sinnvoll und umsetzbar ist.

Im Rahmen der Studie wurde zunächst das Projekt kurz vorgestellt und detailliert auf die Definition der Spurenstoffe eingegangen. Es ist deutlich geworden, dass nicht nur die in der WRRL definierten prioritären Stoffe ein Problem für Kläranlagen und die aquatische Welt

darstellen. Eine Vielzahl weiterer Mikroverunreinigungen stehen im Verdacht, der Grund für negative Auswirkungen in der Umwelt zu sein. Letztlich sollten alle Spurenstoffe, die grundsätzlich durch herkömmliche Reinigungsstufen einer Kläranlage nicht behandelt werden, durch eine weitergehende Reinigungsstufe aus den Kläranlagen und somit im Wesentlichen auch aus dem Wasserkreislauf entfernt werden.

Nach der Vorstellung der Kläranlage Ennigerloh wurden alternative Ausführungen aufgezeigt, mit denen die in der Zukunft möglicherweise verschärften Einleitenvoraussetzungen erfüllt werden können.

Im Anschluss wurde eingehend auf die Analyseergebnisse der Spurenstoffanalyse im Ablauf der Kläranlage eingegangen. Es zeigte sich, dass einige der bemessenen Spurenstoffe im Vergleich zu anderen Kläranlagen bedenklich hohe Ablaufwerte aufweisen. In der ersten Analyse wies der Betablocker Atenolol unverhältnismäßig hohe Konzentrationen auf. Ebenso wird das Schmerzmittel Diclofenac und das Psychopharmakon Oxazepam im Einzugsgebiet der Kläranlage vergleichsweise viel genutzt bzw. vermehrt ins Abwasser eingetragen. Insgesamt verdeutlichen die Analyseergebnisse der gemessenen 24 Stoffe, dass die herkömmlichen Reinigungsstufen der Kläranlage Ennigerloh nicht ausreichen, um Spurenstoffe zu eliminieren.

Hinsichtlich der Spurenstoffelimination kann also über eine weitergehende Reinigungsstufe nachgedacht werden. Außerdem sollen die Zielwerte der WRRL für Oberflächengewässer in baldiger Zukunft eingehalten werden. Alle Bedingungen, die zu einer Verschlechterung der Oberflächengewässerwerte führen, sollen so bald wie möglich angegangen und optimiert werden. Es liegt nahe, dass auch die Kläranlagenbetreiber der Kläranlage Ennigerloh tätig werden müssen, um ihre Ablaufwerte in naher Zukunft zu verbessern. Eine weitergehende Abwasserreinigung ist mit großer Wahrscheinlichkeit in absehbarer Zeit umzusetzen. Dies könnte mit Hilfe einer vierten Reinigungsstufe verwirklicht werden.

Nach der Betrachtung der Ablaufsituation wurde auf die örtlichen Gegebenheiten der Kläranlage Ennigerloh eingegangen und alle relevanten und derzeit bekannten Verfahren zur Spurenstoffelimination aufgeführt und bewertet.

Im Laufe der Recherche zeigte sich, dass auf die Adsorption mittels Aktivkohle eines der derzeit gängigsten Verfahren zur Spurenstoffelimination ist. Beide derzeit angewandten Verfahren, die Adsorption mittels Pulveraktivkohle und die Adsorption mittels granulierter Aktivkohle, wurden betrachtet. Neben der Vorstellung unterschiedlicher Verfahrenskombinationen wurden alle wesentlichen Merkmale dieser Verfahren aufgezeigt und analysiert.

Bei der PAK-Adsorption erfolgte nach der Vorstellung verschiedener Pulveraktivkohlen die Darstellung unterschiedlicher Verfahrenskombinationen. Auch auf die Frage, ob Fäll- sowie Flockungshilfsmittel verwendet werden sollten, wurde näher eingegangen. Es stellte sich heraus, dass die zusätzliche Zugabe von Flockungshilfsmitteln bei der PAK-Adsorption keinen

großen Nutzen aufweist. Aus diesem Grund spielten die Flockungshilfsmittel für die weitere Bearbeitung der Machbarkeitsstudie keine Rolle mehr. Schließlich wurden die vorgeschlagenen Verfahren zur PAK-Abscheidung auf ihre Eignung überprüft. Es zeigte sich, dass sich die PAK-Adsorption mit nachgeschalteter Tuchfiltration als die vorteilhafteste Lösung darstellt.

Neben der Aktivkohle-Adsorption wurde auch auf die Ozonierung näher eingegangen, um ein anderes angewandtes Verfahren zur Spurenstoffelimination vorzustellen. Auch hier fand eine Beurteilung möglicher Verfahrenskombinationen statt. Die meisten Vorteile ergaben sich bei der Kombination einer Ozonierungsstufe mit nachgeschalteter Dyna-Sandfiltration. Hierdurch besteht die Möglichkeit das ozonbehandelte Abwasser weitergehend zu reinigen. Neben dem geringfügigen Spurenstoffabbau ist der Dyna-Sandfilter dazu in der Lage, die für die Abwasserabgabe relevanten Parameter zu reduzieren. Dies ist insofern interessant, da die Ozonierung diese Parameter lediglich begrenzt verringert.

Im Rahmen der Studie wurden nun drei Verfahren der PAK-Adsorption, ein Verfahren der GAK-Adsorption, sowie ein Verfahren der Ozonierung vorgestellt und verglichen. Bis auf Variante 1.3 beginnt jedes der Verfahren mit dem Abschluss der herkömmlichen Abwasserreinigung der Kläranlage, also nach den Nachklärbecken.

Die Machbarkeits-, sowie Wirtschaftlichkeitsanalyse der unterschiedlichen Varianten ergab, dass die Variante 1.2 eine optimale Lösung für die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe darstellt.

Auf Basis der Machbarkeitsstudie wird empfohlen, eine PAK-Adsorption mit anschließender Rezirkulation der Pulveraktivkohle in die Belebungsbecken zu realisieren. Als Endfiltration wird die Tuchfiltration vorgeschlagen.

Mit dem Umdenken und der Aufklärung von Politik und Gesellschaft hinsichtlich der Umweltverschmutzung findet immer häufiger auch die Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen ihre Beachtung. Der Nutzen einer vierten Reinigungsstufe wird immer deutlicher und leistet in vielerlei Hinsicht einen großen Beitrag zum Erhalt und zur Verbesserung der aquatischen Umwelt.