

Stadt Beckum

Kurzfassung

Möglichkeiten der Elimination anthropogener Mikroschadstoffe in der Kläranlage Neubeckum

gefördert durch:

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



 **Ingenieurbüro
Rummler + Hartmann
GmbH**

Havixbeck, im April 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Vorstellung der Verfahrensmöglichkeiten	2
3	Verfahrensempfehlung.....	4
4	Zusammenfassung.....	5

1 Einleitung

Anthropogene Mikroschadstoffe sind aus der modernen Gesellschaft nicht mehr wegzudenken. Sie sind in vielerlei Hinsicht von großem Nutzen und werden in nahezu allen Bereichen der Gesellschaft eingesetzt. So finden sie Verwendung als Industriechemikalien oder Inhaltsstoffe aus Arzneimitteln, Röntgenkontrastmitteln, Östrogenen oder Herbiziden. Diese Stoffe passieren jeden Tag mehrheitlich unbehandelt die herkömmlichen kommunalen Kläranlagen und lassen sich in Oberflächengewässern, Böden und Grundwässern nachweisen. Ein großer Teil dieser Mikroverunreinigungen ist durch die biologische Behandlungsstufe auf den bestehenden Kläranlagen nicht abbaubar.

Dank verbesserter Analysemethoden lassen sich Mikroschadstoffe teilweise erst seit den letzten Jahren nachweisen und geraten immer mehr in den Blickpunkt der Medien, der Politik und der Öffentlichkeit. Welche Auswirkungen sie über kurz oder lang auf einzelne Organismen und die Umwelt haben können, ist weitestgehend unerforscht. Für eine Vielzahl der bisher bekannten Stoffe gibt es derzeit keine gesetzlich geregelten Grenzwerte. Doch auch die Stoffe, für die es bereits definierte Grenzwerte gibt, lassen sich oft in erhöhten Konzentrationen in der aquatischen Umwelt nachweisen. Hierdurch stellt sich immer mehr die Frage nach einer weitergehenden Abwasserreinigung in Form einer „vierten Reinigungsstufe“.

„Mit Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) fiel der Startschuss für eine grenzüberschreitende Gewässerreinigungspolitik in Europa. Ein wesentliches Ziel der Richtlinie ist es, eine ökologisch-nachhaltige Wasserwirtschaft auf hohem Standard zu etablieren. Für Oberflächengewässer bedeutet dieses, einen „guten chemischen Zustand“ und einen „guten ökologischen Zustand“ zu erreichen“. Je mehr die Oberflächengewässer durch den Frachteintrag aus Kläranlagenabläufen negativ beeinträchtigt werden, desto sinnvoller wird es, Maßnahmen für eine weitergehende Abwasserreinigung zum Erreichen des „guten“ Zustandes umzusetzen.

Herkömmliche Kläranlagen sind nicht ausreichend dazu in der Lage die Mikroschadstoffe zu eliminieren. Diese Anlagen, deren Nutzen es ist, das Abwasser bestmöglich zu reinigen und somit eine Beeinträchtigung der aquatischen Umwelt zu vermeiden, sind also nicht geeignet die Akkumulation der Mikroverunreinigungen in der Umwelt zu verhindern.

Seit einigen Jahren werden repräsentativ Untersuchungen mittels Pilotanlagen und Forschungsarbeiten zur Elimination und Reduktion von Mikroschadstoffen vorgenommen und diskutiert. Das Land Nordrhein-Westfalen fördert auf den öffentlichen Kläranlagen innovative Technologien zur Behandlung und Beseitigung dieser Stoffe.

Derzeit gibt es für den Ausbau von Kläranlagen um eine vierte Reinigungsstufe keine gesetzlich geregelten Vorgaben. Eine Erweiterung von Kläranlagen ist aktuell nicht vorgeschrieben.

Die Betreiber der Kläranlage Neubeckum werden sich mit den Ergebnissen dieser Machbarkeitsstudie kritisch auseinandersetzen und den Sachverhalt in den politischen Gremien diskutieren.

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

2 Vorstellung der Verfahrensmöglichkeiten

Im Rahmen der Studie wurde eine Mikroschadstoffanalyse am Ablauf der Kläranlage Neubeckum vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Mikroschadstoffanalyse zeigten, dass einige der gemessenen Stoffe in auffällig hohen Konzentrationen wiederzufinden waren.

Die zur Mikroschadstoffelimination vorgeschlagenen Varianten wurden auf einer Teilfläche des alten Schönungsteichs vorgesehen. Insgesamt werden vier Reinigungsverfahren (zugehörige Fließschema, siehe Abbildung 1) vorgeschlagen, welche allesamt in den Kläranlagenbetrieb integrierbar sind.

Im Einzelnen handelt es sich um folgende Varianten:

- Variante 1.1: **PAK-Adsorption** nach dem AFSF-Verfahren
- Variante 1.2: **PAK-Adsorption** im AFF-Verfahren
- Variante 1.3: **PAK-Adsorption** im Belebungsbecken
- Variante 2: **GAK-Adsorption**

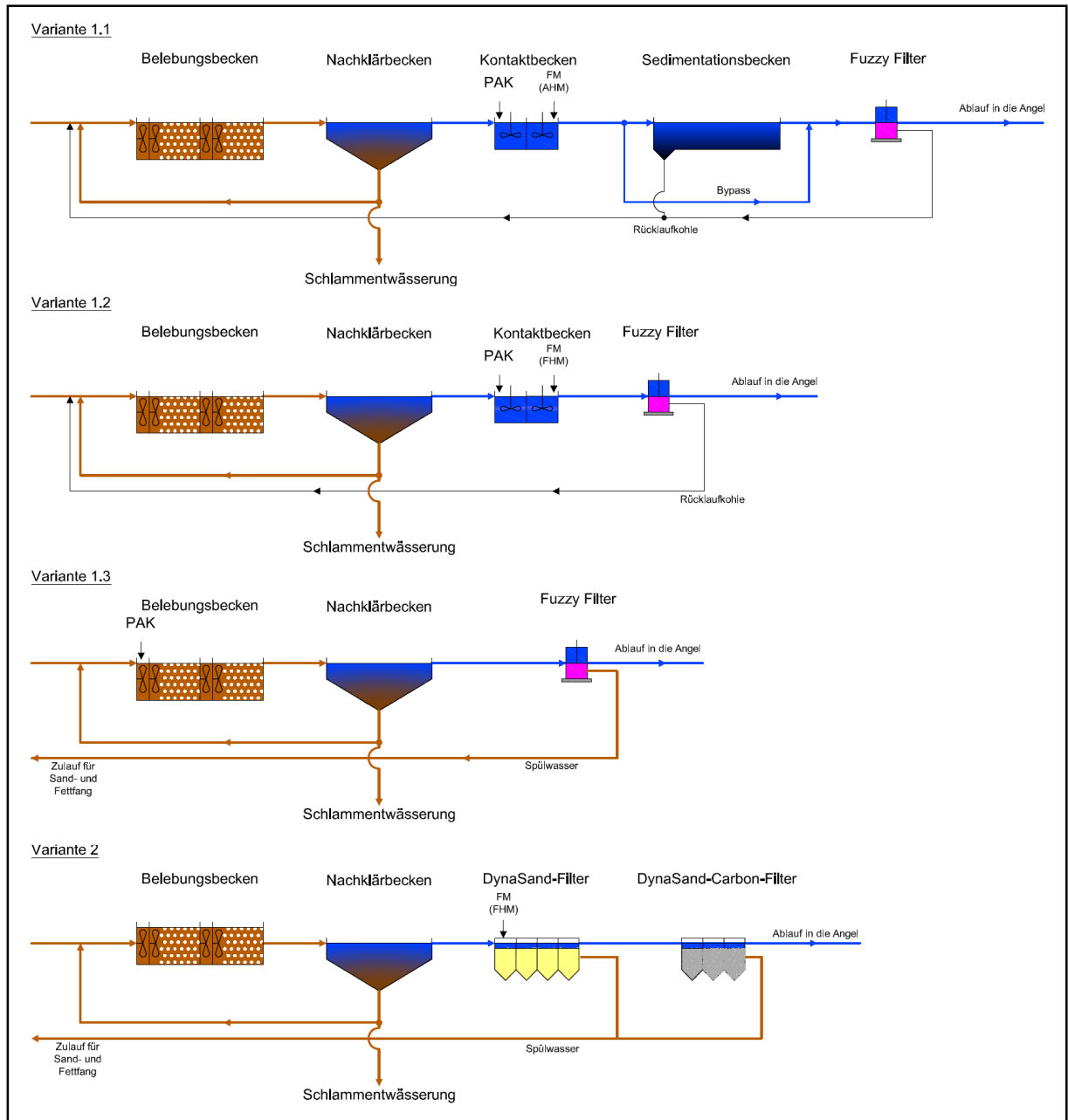


Abbildung 1: Fließschemata der unterschiedlichen Reinigungsstufen zur Mikroschadstoff-elimination

Zur Darstellung der Wirtschaftlichkeit wurden alle relevanten Kosten der gezeigten Variante miteinander verglichen. Tabelle 1 stellt die unterschiedlichen Kostenanteile gegenüber.

Tabelle 1: Kostengegenüberstellung der Varianten 1 bis 2 ohne Berücksichtigung von Fördermittel und Abwasserabgabereduktionen

Kosten	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 2
Investitionskosten	2.662.613 €	2.358.142 €	2.122.297 €	1.932.262 €
Laufende Jahreskosten	262.088 €/a	241.128 €/a	260.996 €/a	365.766 €/a
<i>davon Betriebskosten</i>	<i>73.323 €/a</i>	<i>70.839 €/a</i>	<i>105.047 €/a</i>	<i>223.670 €/a</i>
<i>davon Energiekosten</i>	<i>18.879 €/a</i>	<i>16.396 €/a</i>	<i>13.281 €/a</i>	<i>6.667 €/a</i>
Spezifische Kosten *	0,434 €/m ³	0,399 €/m ³	0,432 €/m ³	0,605 €/m ³
Spezifische Kosten **	0,185 €/m ³	0,170 €/m ³	0,184 €/m ³	0,258 €/m ³
Spezifische Kosten ***	0,133 €/m ³	0,122 €/m ³	0,132 €/m ³	0,186 €/m ³
* Bezogen auf die Frischwassermenge von:				604.316 m ³ /a
** Bezogen auf die Jahresschmutzwassermenge von:				1.419.060 m ³ /a
*** Bezogen auf die Jahresabwassermenge von:				1.970.433 m ³ /a

3 Verfahrensempfehlung

Da man bei allen vorgeschlagenen Varianten etwa von einer gleichen Eliminationsrate auf Mikroschadstoffe ausgehen kann, werden die Varianten bei einer ersten Gegenüberstellung monetär miteinander verglichen. Es wird deutlich, dass die Varianten der PAK-Adsorption näher betrachtet werden sollten. Die Variante 2 (GAK-Adsorption) wird aufgrund der verhältnismäßig hohen Betriebskosten nicht empfohlen.

Die Variante 1.3 ist bei Betrachtung der Investitionskosten die günstigste der restlichen Varianten, doch fällt beim Vergleich der Betriebskosten auf, dass die Varianten 1.1 und 1.2 deutlich günstiger sind als die Variante 1.3. Die ausgeprägten möglichen Kostenschwankungen lassen den Entschluss zu, dass Variante 1.3 nicht weiter betrachtet wird.

Nun liegen die Investitionskosten der Variante 1.2 etwa 300.000 € unter denen der Variante 1.1. Bei den Jahreskosten ergibt sich ein Kostenvorteil der Variante 1.2 gegenüber der Variante 1.1 von etwa 20.000 €/a.

Für die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe empfehlen wir letztlich die **Variante 1.2**. Auch wenn eine solche Anlage im großtechnischen Maßstab noch nicht existiert, so weisen alle im Laufe der Machbarkeitsstudie aufgeführten Informationen darauf hin, dass die Umsetzung der Variante 1.2 ein sinnvolles Verfahren zu Elimination von Mikroschadstoffen ist. Hierbei wird auf ein zusätzliches Sedimentationsbecken zur PAK-Abscheidung verzichtet. Ein solches Sedimentationsbecken sollte nicht zwangsläufig nötig sein, da die ausgelegten Endfiltrationen für eine erhöhte Feststofffracht ausgelegt sind und somit für eine effektive PAK-Abscheidung ausreichen. Wir empfehlen jedoch bei der Planung dieser Variante eine mögliche Erweiterung um ein Sedimentationsbecken zu berücksichtigen, also den Ausbau zur Va-

riante 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 vereint die meisten positiven Eigenschaften. Sie sollte zu sehr guten Eliminationsraten hinsichtlich Mikroschadstoffen führen und ist dank der Fuzzy-Filter 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 Phosphor-Gehaltes auf Werte von 0,1 bis 0,3 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.

4 Zusammenfassung

Die örtlichen Umstände und die Erkenntnisse aus der Machbarkeitsstudie zur Elimination anthropogener Mikroschadstoffen lassen den Entschluss zu, dass der Ausbau um eine vierte Reinigungsstufe zur Mikroschadstoffelimination für die Kläranlage Neubeckum sinnvoll und umsetzbar ist.

Im Rahmen der Studie wurde zunächst das Projekt kurz beschrieben. Nach der Vorstellung der Kläranlage Neubeckum wurde detailliert auf die Definition der Mikroschadstoffe 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 steht im Verdacht, der Grund für negative Auswirkungen in der Umwelt zu sein. Letztlich sollten alle Mikroschadstoffe, 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.

Im Anschluss wurden alle relevanten und derzeit bekannten Verfahren zur Mikroschadstoffelimination aufgeführt und bewertet. Die derzeit gängigen Verfahren zur Mikroschadstoffelimination sind die Ozonung und die Adsorption mittels Aktivkohle. Auch andere Verfahren wurden erläutert und bewertet. Zunächst wurde auf mögliche Membranverfahren eingegangen. Aufgrund der hohen spezifischen Kosten dieser Verfahren und der Tatsache, dass die Mikroschadstoffelimination mittels Membranverfahren wenig erforscht ist, wurden die Membranverfahren nicht weiter berücksichtigt.

Nach den Membranverfahren wurde näher auf die Ozonung eingegangen. Es fand eine Beurteilung möglicher Verfahrenskombinationen statt. Die meisten Vorteile ergaben sich bei der Kombination einer Ozonungsstufe mit nachgeschalteter DynaSand-Filtration. Hierdurch besteht die Möglichkeit das ozonbehandelte Abwasser weitergehend zu reinigen. Neben dem

geringfügigen Mikroschadstoffabbau ist der DynaSand-Filter dazu in der Lage, die für die Abwasserabgabe relevanten Parameter zu reduzieren. Dies ist insofern interessant, da die Ozonung diese Parameter nur begrenzt verringert.

Im Anschluss wurde auf die Adsorption mittels Aktivkohle näher eingegangen. Zur Aktivkohle-Adsorption bieten sich zwei unterschiedliche Verfahren an, die Adsorption mittels granulierter Aktivkohle und die Adsorption mittels Pulveraktivkohle. Neben der Vorstellung unterschiedlicher Verfahrenskombinationen wurden alle wesentlichen Merkmale dieser Verfahren aufgezeigt und analysiert.

Bei der PAK-Adsorption erfolgte nach den allgemeinen Erläuterungen zum Verfahren 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 neben der bewährten Sandfiltration ebenso eine Fuzzy-Filtration oder eine Tuchfiltration sehr gut zur Abscheidung der PAK eignen.

Nach der Betrachtung der relevanten Reinigungsverfahren wurde eingehend auf die Ergebnisse der Mikroschadstoffanalyse im Ablauf der Kläranlage eingegangen. Einige der bemessenen Mikroschadstoffe wiesen sehr hohe Ablaufkonzentrationen auf. Im Vergleich mit den in der D4-Liste genannten Konzentrationen lagen 14 der gemessenen 24 Stoffe teilweise deutlich über dem angewandten Bewertungsmaßstab. Im Vergleich zu anderen Kläranlagenabläufen waren besonders auffällig das Halogenid Bromid und das Schmerzmittel Diclofenac. Bromid kommt in vergleichbaren Konzentrationen in Kläranlagenabläufen äußerst selten vor. Häufig liegt die Bromidkonzentration in anderen Abläufen unterhalb der Bestimmungsgrenze des Analyselabors. Im Ablauf der Kläranlage Neubeckum lag die Konzentration hingegen in beiden Proben deutlich über der Bestimmungsgrenze. Da Bromid in einer 4. Reinigungsstufe in Form einer Ozonungsstufe mit Ozon zu dem kanzerogen wirkenden Oxidationsprodukt Bromat reagiert, wurde im weiteren Verlauf der Studie von einer Ozonungsstufe abgeraten.

Die Konzentrationen des Schmerzmittels Diclofenac lagen in beiden Proben sehr deutlich über dem Wert aus der D4-Liste und ebenso deutlich über den Ablaufkonzentrationen anderer Kläranlagen.

Zusammenfassend verdeutlichen die Analyseergebnisse der gemessenen 24 Stoffe, dass die herkömmlichen Reinigungsstufen der Kläranlage Neubeckum nicht ausreichen, um Mikroschadstoffe zu eliminieren.

Hinsichtlich der Mikroschadstoffe kann über eine weitergehende Reinigungsstufe nachgedacht werden. Außerdem wird angestrebt die Zielwerte der WRRL für Oberflächengewässer in Zukunft einzuhalten. Es liegt nahe, dass einige Kläranlagenbetreiber 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.

Im Rahmen der Studie wurden nun drei Verfahren der PAK-Adsorption und ein Verfahren der GAK-Adsorption 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 Varianten 1.2 eine optimale Lösung für die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe darstellt.

Auf Basis der Machbarkeitsstudie wird empfohlen, eine PAK-Adsorption mit anschließender Endfiltration in Form der Fuzzy-Filtration zu realisieren (Variante 1.2).

Mit dem Umdenken und der Aufklärung von Politik und Gesellschaft hinsichtlich der Umweltverschmutzung findet immer häufiger auch die Mikroschadstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen ihre Beachtung. Der Nutzen einer vierten Reinigungsstufe wird immer deutlicher. Die Umsetzung würde der fortschreitenden Akkumulation von Mikroschadstoffen in der aquatischen Umwelt bedeutend entgegenwirken und somit in vielerlei Hinsicht zum Umweltschutz beitragen.