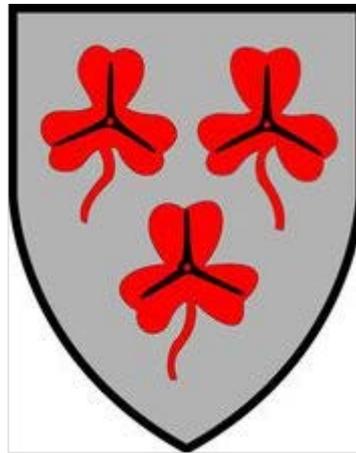


Gemeinde Mettingen



Machbarkeitsstudie zur Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Mettingen

ABSCHLUSSBERICHT

Dezember 2015

Verfasser:



Gefördert durch:

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



Auftraggeber:

Gemeinde Mettingen

(Unterschrift)

Aufgestellt durch:

INGENIEURBÜRO FRILLING GMBH

Beratende Ingenieure VBI

Ingenieurbüro für Bauwesen und Umwelttechnik

Rombergstraße 46 – 49377 Vechta

Tel.: 04441 8704-0, Fax: 04441 8704-80, info@if-vechta.de

Bearbeitung: Jürgen Varnhorn

INGENIEURBÜRO ATEMIS GMBH

Ingenieurbüro für Abwassertechnik, Energiemanagement und innovative Systementwicklung

Dennewartstraße 25-27 – 52068 Aachen

Tel.: 0241 963-1890, Fax: 0241 963-1899, info@atemis.net

Bearbeitung: Dipl.-Biol. Doris Schäpers

Dipl.-Ing. Anna Schusser

Vechta, den 16.12.2015



i.A. Jürgen Varnhorn

Aachen, den 16.12.2015



ppa. Dipl.-Ing. Michael Merten

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung und Veranlassung	10
1.1	Allgemeines.....	10
1.2	Maßnahmen zur Minimierung von Mikroschadstoffeinträgen in die Umwelt und gesetzliche Rahmenbedingungen.....	13
1.2.1	Umweltqualitätsnormen (UQN).....	14
1.2.2	Gesundheitlicher Orientierungswert (GOW), allgemeiner Vorsorgewert (VW)	15
1.2.3	PNEC (predicted no-effect concentration)	15
2	Ermittlung der Grundlagendaten.....	17
2.1	Beschreibung der Kläranlage Mettingen.....	17
2.2	Beschreibung der vorhandenen Bau-, Maschinen- und Anlagentechnik	20
2.2.1	Funktionsweise der wesentlichen Anlagenkomponenten.....	22
2.3	Beschreibung des Einzugsgebietes der Kläranlage Mettingen	25
2.3.1	Einzugsgebiet der Kläranlage Mettingen	25
2.3.2	Qualität des Vorfluters	26
2.3.3	Zustand der Grundwasserkörper	30
2.3.4	Landwirtschaft.....	30
2.3.5	Abschätzung relevanter Spurenstoffe im Einzugsgebiet	33
3	Verfahren zur Spurenstoffelimination	34
3.1	Adsorptive Verfahren mit Aktivkohle.....	35
3.1.1	Grundlagen der der Adsorption.....	35
3.1.2	Verfahrenstechnik und apparative Ausführung von Adsorptionsanlagen.....	38
3.1.3	Einsatz von Pulveraktivkohle (PAK) zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen	40
3.1.4	Einsatz von granulierter Aktivkohle (GAK) zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen	44
3.2	Oxidative Verfahren	45
3.2.1	Grundlagen der Oxidation.....	45
3.2.2	Einsatz von Ozon auf Kläranlagen	47
3.3	Membranverfahren.....	48
3.3.1	Grundlagen der Membrantechnik	48
3.3.2	Einsatz von Membranen zur Spurenstoffelimination auf KA	52
3.4	Sonstige Verfahren	53
3.4.1	AOP Advanced Oxidation Processes	53
3.4.2	Weitere Verfahren.....	53
3.5	Photolyse	55
3.6	Ultraschall	55
3.7	Bewertung der Behandlungsverfahren für den Einsatz auf kommunalen Kläranlagen	55
3.7.1	Großtechnische Umsetzung von Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen	56
4	Auswertung der Betriebsdaten der Kläranlage Mettingen	58
4.1	Zulauf der Kläranlage.....	58
4.2	Flotation und Biologie	60
4.3	Ablauf der Nachklärung	61
4.4	Bewertung des Anlagenbetriebes unter besonderer Berücksichtigung einer 4. Reinigungsstufe	65

4.5	Durchführung der Spurenstoffanalyse auf der Kläranlage Mettingen.....	66
4.5.1	Freiwillige Analyse auf prioritäre Stoffe und Medikamente durch den Betreiber.....	66
4.5.2	Beschreibung des Messprogramms im Ablauf der Flotation auf der Kläranlage Mettingen im Rahmen dieser Studie	66
4.5.3	Messprogramm Zu- und Ablauf Kläranlage	67
4.5.4	Untersuchungen des Vorfluters Mettinger Aa.....	73
4.6	Zusammenfassung der Ablaufsituation der Kläranlage Mettingen	76
5	Entwicklung von Verfahrenskonzepten für die KA Mettingen	78
5.1	Vorauswahl der Behandlungsverfahren.....	78
5.2	Relevante Wassermengen für die Auslegung der 4. Reinigungsstufe	81
5.3	Nutzung von Bestand und mögliche Aufstellflächen für eine 4. Reinigungsstufe	84
5.4	Bemessung und Ausführung der Verfahrenskonzepte	84
5.4.1	Anbindung der 4. Reinigungsstufe an den Kläranlagenbestand (Varianten 1 – 4)	84
5.4.2	Variante 1: PAK-Dosierung in die Belegung.....	84
5.4.3	Variante 2: PAK-Dosierung in Kontaktbecken.....	86
5.4.4	Variante 3: Ozonbehandlung	91
5.4.5	Variante 4: Granulierte Aktivkohle (GAK-Filtration)	95
5.4.6	Auslegung der Flockungsfiltration.....	97
6	Kostenschätzung und Bewertung der Verfahrenskonzepte	99
6.1	Investitionen	99
6.2	Betriebsmittel- / Verbrauchsmittelkosten	100
6.3	Jahreskosten.....	102
6.4	Diskussion der voraussichtlichen Kostensituation	103
6.5	Bewertung der Verfahrenskonzepte und der Errichtung einer 4. Reinigungsstufe am Standort Mettingen	104
7	Anhang A - Untersuchungsergebnisse	108
7.1	Untersuchungsergebnisse prioritäre Stoffe im Ablauf der Kläranlage (29.04.-02.05.2013).....	108
7.2	Untersuchungsergebnisse prioritäre Stoffe im Ablauf der Kläranlage (07.-10.08.2013).....	112
7.3	Untersuchungsergebnisse prioritäre Stoffe im Ablauf der Kläranlage (Laboreingang: 12.12.2013).....	113
7.4	Ablauf Flotation Oktober 2014	115
7.5	Ablauf Flotation Januar 2015	116
7.6	Zulauf Biologische Stufe Oktober 2014	117
7.7	Ablauf Oktober 2014	119
7.8	Ablauf Januar 2015.....	121
7.9	PERLODES-Untersuchung der Mettinger Aa 2010	126
7.10	PERLODES-Untersuchung der Mettinger Aa 2013	133
7.11	Chemisch-physikalische Charakterisierung der Mettinger Aa Juli 2011.....	139
7.12	Chemisch-physikalische Charakterisierung der Mettinger Aa Februar 2012	145
7.13	Chemisch-physikalische Charakterisierung der Mettinger Aa August 2012.....	148
7.14	Chemisch-physikalische Charakterisierung der Mettinger Aa März 2013.....	149
7.15	Mettinger Aa Oktober 2014.....	150
7.16	Mettinger Aa Januar 2015.....	153
8	Anhang B – Investitionen.....	154
8.1	Investitionen Variante 1	154

8.2	Investitionen Variante 2	156
8.3	Investitionen Variante 3	158
8.4	Investitionen Variante 4	160
8.5	Energiebedarf	162
8.6	Betriebskosten	163
8.7	Jahreskosten.....	164
8.7.1	Varianten 1 (PAK in Belebung) + 2 (PAK in Kontaktbecken)	164
8.7.2	Varianten 3 (Ozon) + 4 (GAK-Filtration)	166
9	Anhang C – Pläne	168
9.1	Lageplan Variante 2 (PAK in Kontaktbecken)	168
9.2	Längsschnitt Variante 2 (PAK in Kontaktbecken)	168
9.3	Lageplan Variante 3 (Ozonbehandlung).....	168
9.4	Längsschnitt Variante 3 (Ozonbehandlung)	168
9.5	Lageplan Variante 4 (GAK-Filtration).....	168
9.6	Längsschnitt Variante 4 (GAK-Filtration)	168

Abkürzungsverzeichnis:

ACP	Allgemeine chemisch physikalische Parameter
AOX	Halogenierte organische Verbindungen
ARA	Abwasserreinigungsanlage, Kläranlage
Bafu	Bundesamt für Umwelt, Bern (Schweiz)
BVT	Bed volume treated
DEHP	Bis(2-ethylhexyl)phthalat (Weichmacher)
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff (dissolved organic carbon)
Eawag	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EBCT	Empty bed contact time
ELWAS	Elektronisches Wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW
GAK oder GAC	granulierte Aktivkohle
GOW	Gesundheitlicher Orientierungswert
MKULNV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MQ	Mittlerer Abfluss
OGewV	Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PAK oder PAC	Pulveraktivkohle
PNEC	Predicted no efficient concentration
Q	Wassermenge in m ³ /d, m ³ /h
REACH-Verordnung	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
UQN	Umweltqualitätsnorm
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Literaturverzeichnis:

1. **Umweltbundesamt.** [Online] <http://www.umweltbundesamt.de/>.
2. **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV).** *Bericht: Programm Reine Ruhr zur Strategie einer nachhaltigen Verbesserung der Gewässer- und Trinkwasserqualität in NRW.* Düsseldorf : s.n., 2014.
3. **Christian Götz, Juliane Hollender, Robert Kase.** *Mikroverunreinigungen - Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Studie im Auftrag des BAFU.* Dübendorf : Eawag, 2010.
4. **Ina Ebert, Sabine Konradi, Arne Hein, Riccardo Amato.** *Arzneimittel in der Umwelt - vermeiden, reduzieren, überwachen.* s.l. : Umweltbundesamt, 2014.
5. *Anthropogene Spurenstoffe im Wasserkreislauf - Pharmaka und endokrin wirksame Verbindungen.* **Ternes, T.** Wasser Berlin : s.n., 2006.
6. **Umweltbundesamt (Hrsg.).** *Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern - Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge.* 2015.
7. **Christian Götz, Sabine Bergmann, Christoph Ort, Heinz Singer, Robert Kase.** *Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser- Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotentiale für Nordrhein- Westfalen.* s.l.: Studie im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MKULNV), D, 2012.
8. **Erik Gawel, Wolfgang Köck, Harry Schindler, Robert Holländer, Sabine Lautenschläger.** *Mikroverunreinigungen und Abwasserabgabe.* s.l. : Umweltbundesamt, 2015.
9. **Umweltbundesamt.** REACH - Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals. *Informationsportal.* [Online] [Zitat vom: 18. September 2015.] <http://www.reach-info.de/>.
10. **Mathias Stiftung.** Elisabeth-Hospital Mettingen - St.-Elisabeth-Hospital. [Online] [Zitat vom: 18. September 2015.] <http://www.mathias-stiftung.de/krankenhaeuser/st-elisabeth-hospital>.
11. **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrheinwestfalen.** ELWAS-WEB. [Online] <http://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf>.
12. **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.** 2 Abwasserbeseitigung - Voraussetzung für ökologisch intakte Gewässer . *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen .* 2012.
13. **Schleswig-Holstein - Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume.** *Erläuterungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Schleswig-Holstein.*

14. **Wasserblick/BfG, Berichtsportal. Zitiert nach Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.** [Online] [Zitat vom: 21. September 2015.] <http://www.bmub.bund.de/themen/wasser-abfall-boden/binnengewasser/fluesse-und-seen/zustand-der-oberflaechengewasser/>.
15. **Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). Obere Ems Ergebnisbericht - Wasserrahmenrichtlinie - Bestandsaufnahme.** 2005.
16. **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.** *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen.* 2012.
17. **Schürmann, Ralf.** Daten für die Gemeinde Mettingen (Anzahl der Bestände und Tierzahlen) [E-Mail]. 28. Mai 2014.
18. **Ottink, Matthias.** Ihre Anfrage zum Fruchtanbau in Mettingen [E-Mail]. 03. Juni 2014.
19. **Umweltbundesamt (Hrsg.). Reaktiver Stickstoff in Deutschland - Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen.** 2014.
20. **Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.** *Überblick über die wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen in Nordrhein-Westfalen - Information der Öffentlichkeit gemäß § 36 WHG und Art. 14, Abs. 1 (b) der EG-Wasserrahmenrichtlinie.* 2013.
21. **Christian Abegglen, Hansruedi Siegrist.** *Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen.* Bern : Bundesamt für Umwelt, 2012. Umwelt-Wissen Nr. 1214.
22. **ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW.** *Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination.* 2015.
23. **Marc Böhler, Ben Zwickenpflug, Mariangela Grassi, Markus Behl, Silvio Neuenschwander, Hansruedi Siegrist, Falk Dorusch, Juliane Hollender, Brian Sinnet, Thomas Ternes, Guido Fink, Christoph Liebi, Walter Wullschläger.** *Abschlussbericht - Aktivkohledosierung in den Zulauf zur Sandfiltration Kläranlage Kloten/Opfikon (ergänzende Untersuchungen zum Projekt Strategie MicroPoll).* Dübendorf : s.n., 2011.
24. **C. Bornemann, M. Hachenberg, S. Yüce, J. Herr, P. Jagemann, S. Lyko, F. Benstöm, D. Montag, C. Platz, M. Wett, N. Biebersdorf, J.M. Kaub, G. Kolisch, T. Osthoff, Y. Taudien, T. Rolfs, H. Stepkes.** *Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Projekt Nr. 5: Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen, insbesondere kommunaler Flockungsfiltrationsanlagen durch den Einsatz von Aktivkohle (MIKROFlock).* 2012.

25. **M. Böhler, A. Wittmer, A. Heisele, A. Wohlhauser, L. Salhi, U. von Gunten, C. Mc Ardell, P. Longrée, B. Beck, H. Siegrist.** *Berichterstattung - Ergänzende Untersuchungen zur Elimination von Mikroverunreinigungen auf der ARA Neugut.* Bern : Bafu, 2013.
26. **Schreff, Dieter.** *Weitergehende Phosphorelimination mittels kombinierter Fällung und Flockungsfiltration am Beispiel Brauereiabwasser.* 2012.
27. **Oliver Christ, Ralf Mitsdoerffer.** *Studie - Weitergehende Reduzierung der Mikroverunreinigungen auf der Kläranlage Espelkamp.* 2013.
28. **Tobias Nöthe, Hans Fahlenkamp, Clemens von Sonntag, Alfred Golloch, Thomas Ries, Christoph B. Hannich.** *Einsatz und Wirkungsweise oxidativer Verfahren zur Nachbehandlung von Abwasser aus kommunalen Kläranlagen, Teil 2a - Versuche zur Elimination relevanter Spurenschadstoffe.* 2005.
29. **K. Gantner, M. Barjenbruch.** *Abschlussbericht: Reduzierung des Frachteintrags aus Mischwasserentlastungen.* 2012.
30. **Türk, Jochen.** *Einsatz der Verfahrenstechnik Ozon.* Workshop "Maßnahmenprogramm WRRL 2015 und Mikroschadstoffreduzierung" bei der Bezirksregierung Detmold am 19.09.2013 : s.n., 2013.
31. **Rita Triebkorn, Ludek Blaha, Brigitte Engesser et al.** *SchussenAktiv - Eine Modellstudie zur Effizienz der Reduktion der Gehalte an anthropogenen Spurenstoffen durch Aktivkohle in Kläranlagen.* *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft.* 2013, Bd. 6, 8.
32. **Hollender, Juliane.** *Kontinuierliche Entfernung von Spurenstoffen aus Abwasser mit Ozon: Vorstellung einer Pilotstudie und Auswahl biologischer und chemischer Methoden zur Beurteilung der Eliminationseffizienz.* Vortrag beim Infotag Eawag : s.n., 2009.
33. **Thomann, Michael.** *Versuchsaufbau und erzielte Resultate beim Großversuch.* [Vortrag] Wetzikon : s.n., 2013.
34. **J. Frischmuth, S. Henning, Chr. Karbaum, A. Steinert.** *Schlussbericht - Untersuchungen zur Eliminierung bestimmter gefährlicher Stoffe in kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen.* Dresden/Oppin : s.n., 2012.
35. **G. Kolisch, Y. Taudien, C. Bornemann.** *Potential der Spurenstoffelimination mit Pulver- und Kornaktivkohle in bestehenden Filteranlagen.* *Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, 32. Bochumer Workshop.* 2014, Bd. 67.
36. **Johanna Obrecht, Michael Thomann, Jean-Marc Stoll, Kerstin Frank, Markus Sobaskiewicz, Markus Boller, Peter Freisler.** *PAK-Dosierung ins Belebungsbecken - Alternative zur nachgeschalteten Pulveraktivkohleadsorption.* *Aqua & Gas.* 2015, Bd. 2.

37. **Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW.** *Mikroschadstoffentfernung machbar? - Wesentliche Inhalte einer Machbarkeitsstudie zur Mikroschadstoffelimination (Stand 20.10.2015).* 2015.

1 Einleitung und Veranlassung

1.1 Allgemeines

Chemikalien kommen in fast allen Wirtschaftszweigen und Bereichen des täglichen Lebens zum Einsatz. Die Anzahl der entwickelten organischen chemischen Verbindungen beträgt inzwischen mehr als 50 Millionen. Bei Herstellung, Verwendung und Entsorgung gelangen chemische Stoffe auch in die Umwelt. Dies geschieht vor allem über Chemikalien enthaltende Produkte – etwa indem Landwirte gezielt Pflanzenschutzmittel ausbringen oder wenn Chemikalien aus Anstrichen, Baustoffen oder Alltagsprodukten ausdünsten oder ausgewaschen bzw. wie bei Arzneimitteln ausgeschieden werden. Etliche dieser Chemikalien werden in Gewässern, Kläranlagen, Sedimenten, Böden oder auch in Vogeleiern gefunden. Einige von ihnen stellen ein Risiko für Tiere, Pflanzen oder die menschliche Gesundheit dar, wenn ihre Konzentration in der Umwelt zu hoch ist. Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen hat rund 5.000 Substanzen als potentiell umweltgefährdend eingestuft. (1), (2)

Mit Mikroschadstoffen sind in der Regel anthropogene Spurenstoffe gemeint, die künstlich hergestellt werden und nicht durch natürliche physikalisch-chemische oder biologische Prozesse entstanden sind. Dabei handelt es sich u.a. um Arzneimittel, Industriechemikalien, Pflanzenschutzmittel, aber auch um Körperpflegeprodukte und Haushaltschemikalien. Da diese Stoffe in der Regel in sehr niedrigen Konzentrationen in der Umwelt nachgewiesen werden, spricht man von Spurenstoffen.

Die Mikroschadstoffe bzw. Spurenstoffe können dabei über verschiedene Eintragspfade in die Umwelt bzw. ins Gewässer gelangen. Eintragspfade ins Gewässer sind exemplarisch in der folgenden Abbildung 1-1 gezeigt.

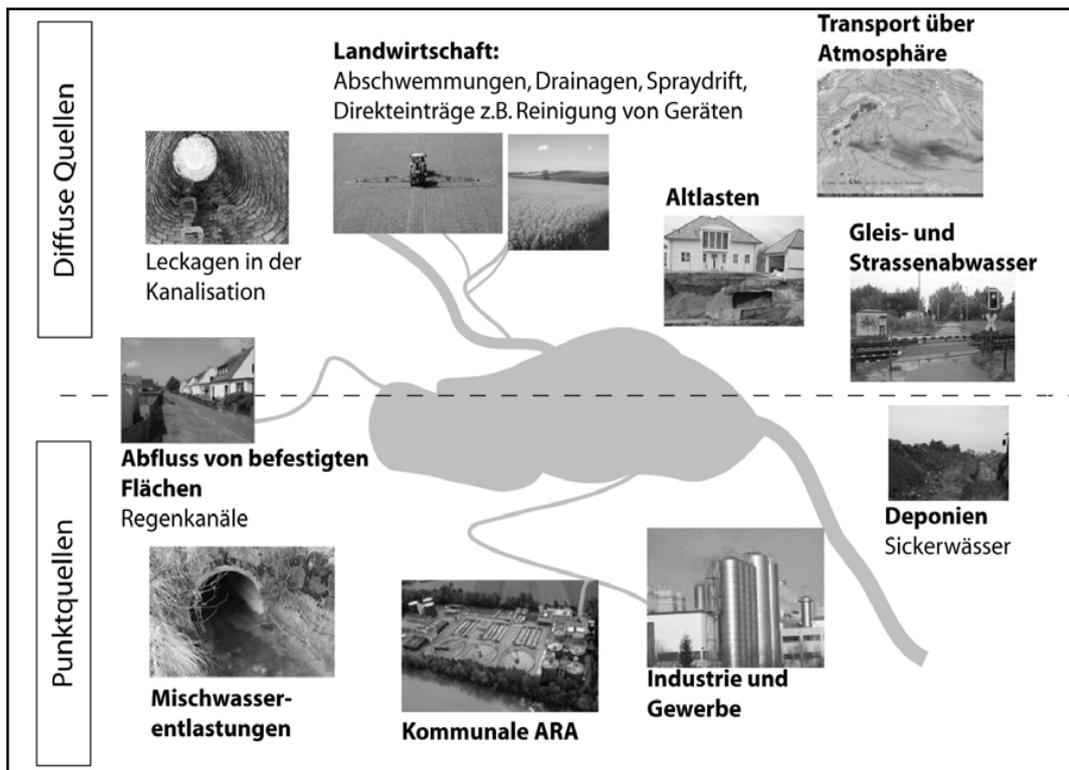


Abbildung 1-1: Quellen von Mikroverunreinigungen in Oberflächengewässern (3)

Es zeigt sich, dass es diverse Eintragsquellen für Mikroverunreinigungen gibt. Dabei handelt es sich sowohl um diffuse Eintragsquellen, wie Leckagen in der Kanalisation oder die Landwirtschaft, wo z.B. durch Abschwemmungen von Düngemitteln und Pestiziden Substanzen in die Gewässer gelangen. Kommunale Kläranlagen gehören neben der Industrie zu den nennenswerten punktuellen Eintragsquellen.

In Deutschland wurden im Jahr 2012 ca. 8.120 Tonnen Humanarzneimittelwirkstoffe verbraucht. Bei den am häufigsten verschriebenen Humanarzneimitteln handelt es sich um Entzündungshemmer, Asthmamittel und Psychotherapeutika. In der Veterinärmedizin werden hauptsächlich Antibiotika und Antiparasitika eingesetzt. Jährlich werden in der Nutztierhaltung mehr als 1.600 Tonnen allein an antibiotischen Wirkstoffen verbraucht. (4) Die Eintragswege der vorgenannten Arzneimittel in Gewässer skizziert Abbildung 1-2. (4)

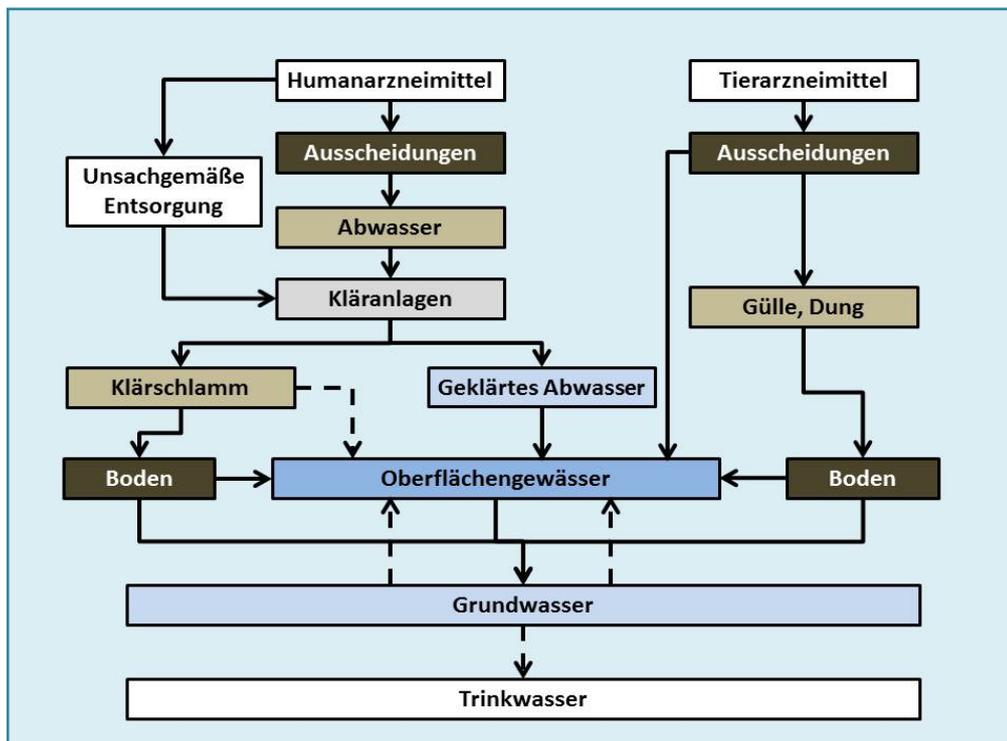


Abbildung 1-2: Haupteintragswege für Human- und Tierarzneimittel (nach (4))

Für viele in Oberflächengewässern nachgewiesene Spurenstoffe konnten Kläranlagenabläufe als Eintragsquelle identifiziert werden. (5) Auch das Positionspapier des Umwelt-Bundesamtes von März 2015 fasst zusammen, dass kommunales Abwasser für eine Reihe von Stoffen einen wichtigen Eintragspfad in die Umwelt darstellt. Zu diesen Stoffen gehören u.a. Diuron und Isoproturon, Nonylphenol, PAK, DEHP sowie die Schwermetalle Nickel, Blei, Quecksilber und Cadmium. (6)

Darüber hinaus ist das kommunale Abwassersystem für eine Vielzahl anderer, bislang nicht europaweit geregelter Stoffe wie beispielsweise Arzneimittel der Haupteintragspfad. (6)

Mit fast 18 Millionen Einwohnern ist Nordrhein-Westfalen (NRW) das bevölkerungsreichste Bundeslandesland. Durch die hohe Besiedlungsdichte, vor allem in den industriellen Ballungsgebieten wie dem Ruhrgebiet, ist der Druck auf die Gewässer durch die Abwassereinleitung und die Wassernutzung sehr hoch. Aufgrund der hohen Abwasserbelastung der nordrhein-westfälischen Fließgewässer ist auch die Problematik der Mikroschadstoffe in NRW besonders relevant. Im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW wurde eine Studie („Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser – Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotentiale in Nordrhein-Westfalen“ (7)) durchgeführt, die den Eintrag von Mikroschadstoffen aus kommunalem Abwasser in die Gewässer in NRW untersucht. Den Ergebnissen zufolge müssten eine Vielzahl von Kläranlagen mit einer weitergehenden Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen ausgerüstet werden. Im Hinblick auf die Gesamtfracht der eingeleiteten Mikroschadstoffe kön-

nen jedoch durch Maßnahmen auf den wenigen großen Kläranlagen (> 100.000 angeschlossene Einwohner) wesentliche Reduktionen erreicht werden. Darüber hinaus zeigen Szenarien, die auf den Trinkwasserschutz abzielen, dass eine Entlastung der Fließgewässer erreicht wird, wenn die oberhalb der Trinkwassergewinnung liegenden Kläranlagen Maßnahmen ergreifen würden (3).

Aufgrund der besonderen Relevanz des Gewässerschutzes in NRW fördert das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) NRW zurzeit die Durchführung von Machbarkeitsstudien zur Mikroschadstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen. Die Stadt Mettingen hat sich aufgrund der vorstehend beschriebenen Thematik entschlossen, eine Machbarkeitsstudie für die Kläranlage Mettingen in Auftrag zu geben.

1.2 Maßnahmen zur Minimierung von Mikroschadstoffeinträgen in die Umwelt und gesetzliche Rahmenbedingungen

Mikroschadstoffe umfassen eine Vielzahl unterschiedlicher Substanzen, die über verschiedene Wege in die Umwelt und die Gewässer gelangen. Im Hinblick auf eine Reduktion des Mikroschadstoffeintrags stehen prinzipiell verschiedene Handlungsoptionen zur Verfügung. So kann durch Maßnahmen an der Eintragsquelle, durch Anwendungsbeschränkungen und durch Verbote eine Eintragsvermeidung erfolgen.

Die Forderung, das Verursacherprinzip stärker zur Anwendung zu bringen und die Stoffeinträge an ihrer Quelle zu reduzieren, erweist sich allerdings in vielen Gebieten als nicht umsetzbar. Für alle stoffrechtlichen Maßnahmen zur Beschränkung oder zu Verboten der Verwendung ist das europäische Stoffrecht gültig. Häufig werden nur besonders wichtige Anwendungen beschränkt und es verbleiben Einträge aus kleineren, nicht beschränkten und auch nicht substituierbaren Anwendungen. Zusätzlich betreffen die Regelungen nur die Herstellung, Vermarktung und Anwendung, weshalb die Emissionen während der Nutzung – etwa bei Baumaterialien – teilweise mehrere Jahrzehnte betragen können, darüber hinaus bleibt auch die Entsorgung der Reststoffe unberücksichtigt. Neue Humanarzneimittel werden in den entsprechenden europäischen Zulassungsverfahren bislang zwar im Hinblick auf Umweltrelevanz bewertet, Anwendungsverbote oder -einschränkungen erfolgen jedoch nicht bei nachgewiesener Umweltrelevanz. Zusammengefasst bedeutet dies, dass der Eintrag an Mikroschadstoffen allein durch Vermeidungsstrategien nicht gänzlich reduziert werden kann. (6)

Für eine Vielzahl von Stoffen (wie z.B. Arzneimittel, Pflegeprodukte, Haushaltschemikalien) wird das kommunale Abwassersystem auch zukünftig der Haupteintragspfad sein. Zurzeit sind jedoch noch keine konkreten Grenzwerte für die Einleitung von Mikroschadstoffen aus Kläranlagenabläufen festgelegt.

Auf der europäischen Ebene wird allerdings über Maßnahmen zur Reduktion von Arzneimittelrückständen in Gewässern, und damit über einen bedeutenden Teil der Mikroverunreinigungen, nachgedacht. In der Richtlinie 2013/39/EU zur Änderung der sogenannten „Prioritäre-Stoffe-RL“ (2008/105/EG), die am 12. August 2013 verabschiedet worden ist, sind spezifische Bestimmungen für

bestimmte pharmazeutische Stoffe verankert worden, die die Kommission dazu verpflichten, möglichst bis zum 13. September 2015 einen strategischen Ansatz gegen die Verschmutzung von Gewässern durch pharmazeutische Stoffe zu entwickeln und bis zum 14. September 2017 Maßnahmen vorzuschlagen. In diesem Zusammenhang wäre neben Verschärfungen des Arzneimittelkontrollsystems (Zulassung und Anwendung) auch die Änderung der Richtlinie über kommunale Abwässer zur Einführung einer weiteren Reinigungsstufe eine denkbare Handlungsoption, die gegenüber einer engen, auf Pharmaka bezogenen Lösung zudem den Vorteil hätte, zugleich dem Gesamtproblem der Mikroverunreinigungen begegnen zu können. (8)

Um zum jetzigen Zeitpunkt eine Bewertung bzw. Einordnung von Mikroschadstoffkonzentrationen in Kläranlagenabläufen zu erreichen, können Grenz- und Leitwerte aus anderen Bereichen wie dem Trinkwasser- und Gewässerschutz herangezogen werden.

Die rechtliche Grundlage für den Schutz unserer Gewässer ist die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), ihre Tochterrichtlinie über prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und die nationale Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV). Die OGewV regelt die Einstufung und Überwachung des ökologischen und des chemischen Zustands von Gewässern. (4)

1.2.1 Umweltqualitätsnormen (UQN)

Zur Begrenzung und Bewertung von Umweltrisiken werden in Europa für problematische Stoffe und damit auch für Mikroverunreinigungen Umweltqualitätsnormen (UQN) abgeleitet und rechtlich festgelegt. Die Umweltqualitätsnorm (UQN) gibt dabei die Konzentration eines bestimmten Schadstoffs oder einer bestimmten Schadstoffgruppe an, die in Wasser, Sedimenten oder Biota aus Gründen des Gesundheitsschutzes und Umweltschutzes nicht überschritten werden darf.

Für Stoffe von europaweitem Vorkommen und Gewässerrisiko, die sogenannten prioritären und prioritär gefährlichen Stoffe im Anhang X der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), sind im Jahre 2008 europaweit Umweltqualitätsnormen festgelegt worden, die den „guten chemischen Zustand“ für Oberflächengewässer definieren. Im August 2013 wurde diese Stoffliste fortgeschrieben und um zwölf Stoffe erweitert und umfasst nun insgesamt 45 Stoffe. Für Stoffe, die aufgrund ihrer Stoffeigenschaften als prioritär gefährlicher Stoff identifiziert sind, sind Gewässereinträge dabei künftig grundsätzlich einzustellen (Phasing-Out Verpflichtung). (6)

Neben den europaweit geregelten Stoffen zur Festlegung des „guten chemischen Zustands“ sind von den EU-Mitgliedstaaten für weitere sogenannte flussgebietsspezifische Stoffe nationale Umweltqualitätsnormen rechtlich festzulegen, um den „guten ökologischen Zustand“ der Oberflächengewässer zu definieren. In der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) aus dem Jahre 2011 wurden 162 Umweltqualitätsnormen für derartige flussgebietsspezifische Stoffe festgelegt. Es handelt sich um Schwermetalle und organische Mikroverunreinigungen. Die Konzentrationen einer Reihe von Mikroverunreinigungen überschreiten die festgelegten Umweltqualitätsnormen für deutsche Oberflächenge-

wässer. Für diese Mikroverunreinigungen sind in der Folge die Eintragsquellen zu ermitteln und die Einträge zu vermindern. (6)

Für eine Mehrzahl der heute relevanten anthropogenen Mikroschadstoffe wie z.B. Arzneimittel werden in der Oberflächenwasserverordnung (OGewV) jedoch keine einzuhaltenden Gewässerkonzentrationen festgelegt. Im Wesentlichen werden EU-weite Vorgaben umgesetzt, die vielfach heute in Deutschland nicht mehr relevante Chemikalien betreffen (2).

1.2.2 Gesundheitlicher Orientierungswert (GOW), allgemeiner Vorsorgewert (VW)

Für Einzugsgebiete von Trinkwassergewinnungsanlagen hat das Umwelt Bundesamt (UBA) für die Bewertung einer Reihe von anthropogenen Mikroschadstoffen gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) vorgeschlagen (u.a. für die Stoffe Diclofenac, Benzotriazol, Iopamidol). Die Gesundheitlichen Orientierungswerte zielen darauf ab, dass ein zuverlässiger Schutz der Verbraucher bei lebenslangem Genuss des Trinkwassers gegeben ist.

Die Expertenkommission Programm „Reine Ruhr“ und das MKULNV NRW haben auf der Grundlage des GOW-Konzeptes des Umweltbundesamtes (Ableitung von gesundheitlichen Orientierungs- und Leitwerten) einen Vorschlag erarbeitet, der eine Bewertung von anthropogenen Stoffen im Einzugsgebiet von Trinkwassergewinnungsanlagen beinhaltet. „Daraus kann als allgemeines und langfristiges Mindestqualitätsziel unter dem Aspekt des vorsorgeorientierten und generationsübergreifenden Gewässer- und Trinkwasserschutzes grundsätzlich für organische Schadstoffe die Einhaltung bzw. Unterschreitung eines allgemeinen Vorsorgewertes (VW) in Höhe von $< 0,1 \mu\text{g/l}$ in allen Oberflächengewässern und Grundwasserkörpern, aus denen direkt oder indirekt Trinkwasser gewonnen wird oder werden soll, abgeleitet werden“ (2).

Bei Überschreitung des allgemeinen Vorsorgewertes für Gewässer, Rohwasser und Trinkwasserressourcen erfolgt in Nordrhein-Westfalen, auch ohne dass dies derzeit in der Bundesverordnung festgelegt ist, eine Bewertung des Stoffes und ggf. die Erarbeitung eines Vorsorgekonzeptes.

1.2.3 PNEC (predicted no-effect concentration)

PNEC ist die vorausgesagte auswirkungslose Konzentration eines bedenklichen Stoffes in der Umwelt, unterhalb dieser schädliche Auswirkungen auf den betreffenden Umweltbereich nicht zu erwarten sind. Sie sind keine rechtsverbindlichen Grenzwerte.

Im Rahmen der Registrierung von Stoffen gemäß REACH-Verordnung (Europäische Chemikalienverordnung REACH „Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals“), für die ein Stoffsicherheitsbericht erstellt wird, muss der PNEC bestimmt werden. Im UBA-Informationsportal wird die Vorgehensweise wie folgt beschrieben: „Gemäß REACH müssen Hersteller, Importeure und nachgeschaltete Anwender ihre Chemikalien registrieren und sind für deren sichere Verwendung selbst verantwortlich. Die Registrierungsunterlagen werden von den Behörden allerdings nur stichprobenartig inhaltlich überprüft. Ausgewählte Stoffe werden von den Behörden bewertet und ggf. einer Regelung

zugeführt. Besonders besorgniserregende Stoffe kommen in das Zulassungsverfahren. Als weitere Regulierungsmöglichkeit sieht REACH das Instrument der Beschränkung vor. Schließlich enthält REACH Bestimmungen zur Informationsweitergabe in der Lieferkette und Auskunftsrechte für Verbraucher“ (9).

2 Ermittlung der Grundlagendaten

Die folgenden Angaben stammen aus dem Genehmigungsentwurf zur 4. Erweiterung der Zentralkläranlage Mettingen des Ingenieurbüros Frilling GmbH.

2.1 Beschreibung der Kläranlage Mettingen

Die Gemeinde Mettingen betreibt eine mechanisch-biologisch-chemische Kläranlage zur Reinigung der im Einzugsgebiet anfallenden Abwässer. Das Abwasser setzt sich im Wesentlichen aus folgenden Anteilen zusammen:

- Häusliches Abwasser der Gemeinde Mettingen
- Gewerbliches Abwasser der Fa. Coppenrath & Wiese (gehört zum Dr. Oetker – Konzern) und der Fa. Kuchenmeister

Die Kläranlage Mettingen liegt im Norden der Gemeinde. Die „Mettinger Aa“ dient der Kläranlage als Vorfluter. Die Kläranlage besteht aus folgenden Anlagenteilen:

- Mechanische Vorbehandlung für kommunale Abwässer,
- Mechanisch-physikalische Vorbehandlung für Industrieabwässer,
- Biologisch-chemisches Klärwerk zur Reinigung der Abwässer aus der Industrie und der Gemeinde.

Die Kläranlage Mettingen hat laut Erlaubnisbescheid vom 22.12.2009 zurzeit eine Ausbaugröße von 117.170 EW. Die zukünftige Ausbaugröße „Gesamt 2018“ (nach Erreichen der Endausbaugröße) der Kläranlage Mettingen wurde am 27.01.2009 im Genehmigungsentwurf zur 4. Erweiterung der Zentralkläranlage der Gemeinde Mettingen wie folgt beschrieben:

Einwohnerwerte:

Einwohnerwerte kommunal/häuslich:	25.700 EW ₆₀
Einwohnerwerte industriell:	111.800 EW ₆₀
Einwohnerwerte gesamt:	137.500 EW ₆₀
Einwohnerwerte gesamt nach Flotation/Vorklärung:	64.600 EW ₆₀

Nach flotativer Vorbehandlung des industriellen Abwassers sowie unter Einbeziehung der kommunalen Kläranlagezuläufe ergeben sich zukünftig folgende Wassermengen:

Tägliche Trockenwetterabwassermenge:	$Q_{T, d} = 6.728 \text{ m}^3/\text{d}$
Tägliche Regenwetterabwassermenge:	$Q_{R, d} = 8.643 \text{ m}^3/\text{d}$
Stündliche Trockenwetterabwassermenge:	$Q_{T, h} = 426 \text{ m}^3/\text{h}$

Stündliche Regenwetterabwassermenge:	$Q_{R, h} = 630 \text{ m}^3/\text{h}$
Tägliche BSB ₅ -Fracht:	$BSB_5 = 3.874 \text{ kg/d}$
Berechnete Belastungsgröße:	$BSB_{5, EW} = 64.600 \text{ EW}_{60}$

Das kommunal geprägte Abwasser wird zum überwiegenden Anteil im freien Gefälle zur Kläranlage geleitet. Hierzu zählt auch das gesamte Abwasser aus den mischkanalisierten Bereichen. Die Sozialabwässer aus der Fa. Coppenrath und Wiese werden über eine Druckrohrleitung direkt zur Kläranlage geleitet. Sie werden nicht flotativ behandelt. Über eine weitere Druckrohrleitung vom Pumpwerk „Bauhof“ wird ebenfalls Abwasser zur Kläranlage geleitet.

Die Vorreinigung für kommunale Abwässer besteht aus einer Feinrechenanlage sowie einem belüfteten Sand- und Fettfang.

Separat behandelt werden die reinen Produktionsabwässer der Fa. Coppenrath & Wiese und der Fa. Kuchenmeister. Diese gelangen über das Pumpwerk „Pötter“ zur Kläranlage und werden über eigene Druckrohrleitungen zu einem Wochenausgleichsbehälter geführt. Neben den industriellen Abwässern wird auch der Überschussschlamm aus der Biologie in den Wochenausgleichsbehälter geleitet, wobei die Adsorptionsleistung der Biomasse zur Co-Inkorporation genutzt wird. In einem nächsten Behandlungsschritt erfolgt zur Abwasserfrischhaltung und Sicherstellung der endogenen Atmung eine Sauerstoffzugabe durch eine Druckluftbelüftungsanlage. Anschließend wird das Abwasser aus dem Wochenausgleichsbehälter in einer Flotation behandelt. Diese Behandlung bewirkt weitestgehend eine Reduktion der abfiltrierbaren Stoffe sowie der Fettbelastung.

Das kommunale Abwasser wird im Anschluss an den Sand- und Fettfang in ein Hochlast- sowie in ein Dephosphatierungsbecken ($V=1.200 \text{ m}^3$) geleitet. In dieses werden auch der Rücklaufschlammstrom aus dem Nachklärbecken und das vorentlastete Produktionswasser der Industriebetriebe gefördert. Es findet eine Dosierung von Eisensalzen statt. Diese bewirken in der anschließenden Behandlung in zwei Belebungsbecken ($V_{1, BB} = 3.270 \text{ m}^3$; $V_{2, BB} = 6.330 \text{ m}^3$) eine simultane Phosphorelimination. Anschließend wird das Abwasser in die zwei Nachklärbecken ($A_{1NK} = 530 \text{ m}^2$; $A_{2NK} = 490 \text{ m}^2$), geführt. Hierbei erfolgt durch Sedimentation die Abtrennung des Belebtschlammes. Ein vereinfachtes Verfahrensschema der Kläranlage Mettingen zeigt die Abbildung 2-1.

Das gereinigte Abwasser durchläuft vor der Einleitung in die Mettinger Aa eine Ablaufmengenmessanlage.

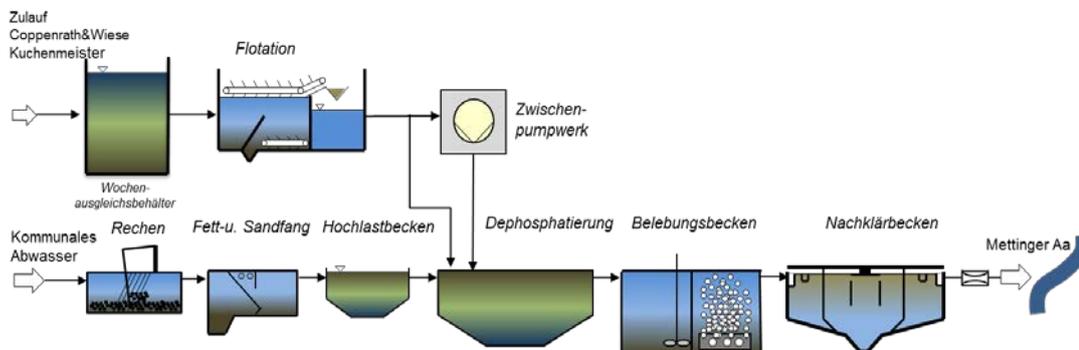


Abbildung 2-1: Vereinfachtes Fließschema der Kläranlage Mettingen

Für den Ablauf der Kläranlage Mettingen gelten die in Tabelle 2-1 aufgeführten Überwachungswerte.

Tabelle 2-1: Überwachungswerte Kläranlage Mettingen laut Erlaubnisbescheid vom 22.12.2009

Parameter	Wert [mg/l]
CSB ¹⁾	56
BSB ₅	10
N _{ges} ²⁾³⁾	13
NH ₄ -N ³⁾	4
P _{ges}	1

- 1) Der CSB gilt als eingehalten, wenn der vierfache Wert des gesamten organisch gebundenen Kohlenstoffs (TOC), bestimmt in mg/l, diesen Wert nicht überschreitet
- 2) N_{ges} als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff
- 3) Diese Anforderung gilt bei einer Abwassertemperatur von 12°C und größer im Ablauf des biologischen Reaktors der Kläranlage

Am 24.03.2014 hatte die Bezirksregierung Münster schriftlich eine mögliche Verschärfung der gültigen Überwachungswerte angekündigt, um das Erreichen eines guten ökologischen Zustands in der Mettinger Aa sicherzustellen. Im Nachgang zu einem Gespräch mit der Bezirksregierung Münster wurden am 26.05.2015 zunächst Betriebsmittelwerte für die Kläranlage Mettingen festgesetzt, die kurzfristig eine Reduktion des Phosphoreintrags in die Mettinger Aa erreichen sollen. Diese Werte gelten ab dem 01.08.2015. Sie sind in Tabelle 2-2 gezeigt.

Tabelle 2-2: Betriebsmittelwerte der Kläranlage Mettingen

Parameter	Wert [mg/l]
PO ₄ -P	0,4
P _{ges.}	0,5

2.2 Beschreibung der vorhandenen Bau-, Maschinen- und Anlagentechnik

Die Kläranlage Mettingen besteht aus den nachfolgenden aufgeführten Anlagenkomponenten:

- Vorbehandlungsanlage für industrielle Abwässer:
 - Wochenausgleichsbehälter ($V = 1.560 \text{ m}^3$)
 - Entnahmepumpe ($Q = 2 \cdot 75 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Flotationsanlage ($Q_{\text{max}} = 2 \cdot 65 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Pufferbecken-Zwischenpumpwerk ($V = 60 \text{ m}^3$; $Q = 2 \cdot 80 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Vorreinigung für kommunale Abwässer
 - Rohabwasserförderschnecken mit Trennbauwerk ($Q = 3 \cdot 250 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Regenwasserpumpwerk ($Q = 2 \cdot 150 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Regenwasserrechen ($e = 20 \text{ mm}$)
 - Regenwasserfangbecken I ($V = 515 \text{ m}^3$)
 - Regenwasserfangbecken II ($V = 190 \text{ m}^3$)
 - Feinrechenanlage ($e = 6 \text{ mm}$)
 - Belüfteter Sand- und Fettfang ($L_S = 12 \text{ m}$; $L_F = 10,7 \text{ m}$)
- Biologische, chemische Reinigungstufe
 - Hochlastbecken ($V = 90 \text{ m}^3$)
 - Dephosphatierungsbecken ($V = 1.200 \text{ m}^3$)
 - Zwischenpumpwerk I ($Q_{\text{max}} = 1.000 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Zwischenpumpwerk II ($Q_{\text{max}} = 500 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Abwasserverteiler
 - Belebungsbecken I ($V = 3.270 \text{ m}^3$)
 - Belebungsbecken II ($V = 6.330 \text{ m}^3$)

- Nachklärbecken I ($V = 530 \text{ m}^3$)
- Nachklärbecken II ($V = 490 \text{ m}^3$)
- Ablaufmengenmessung
- Rücklaufschlammverteiler I + II
- Eisensalzlager- und -dosierstation ($V = 20 \text{ m}^3$)
- Schlammbehandlung
 - Überschussschlammumpwerk ($Q = 2 * 40 \text{ m}^3/\text{h} + 1 * 30 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Frischschlammvorlagebehälter ($V = 100 \text{ m}^3$)
 - Frischschlammumpwerk ($Q = 2 * 10 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Faulbehälter ($V = 1.400 \text{ m}^3$)
 - Faulschlammvorlagebehälter ($V = 100 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Faulschlammumpwerk ($Q = 2 * 25 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Vorlagebehälter ($V = 245 \text{ m}^3$)
 - Schlammumpwerk ($Q = 2 * 30 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Schlammentwässerungszentrifuge ($Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - Schlammstilo ($V = 250 \text{ m}^3$)

Ein Übersichtslageplan der Kläranlage ist in Abbildung 2-2 gezeigt.

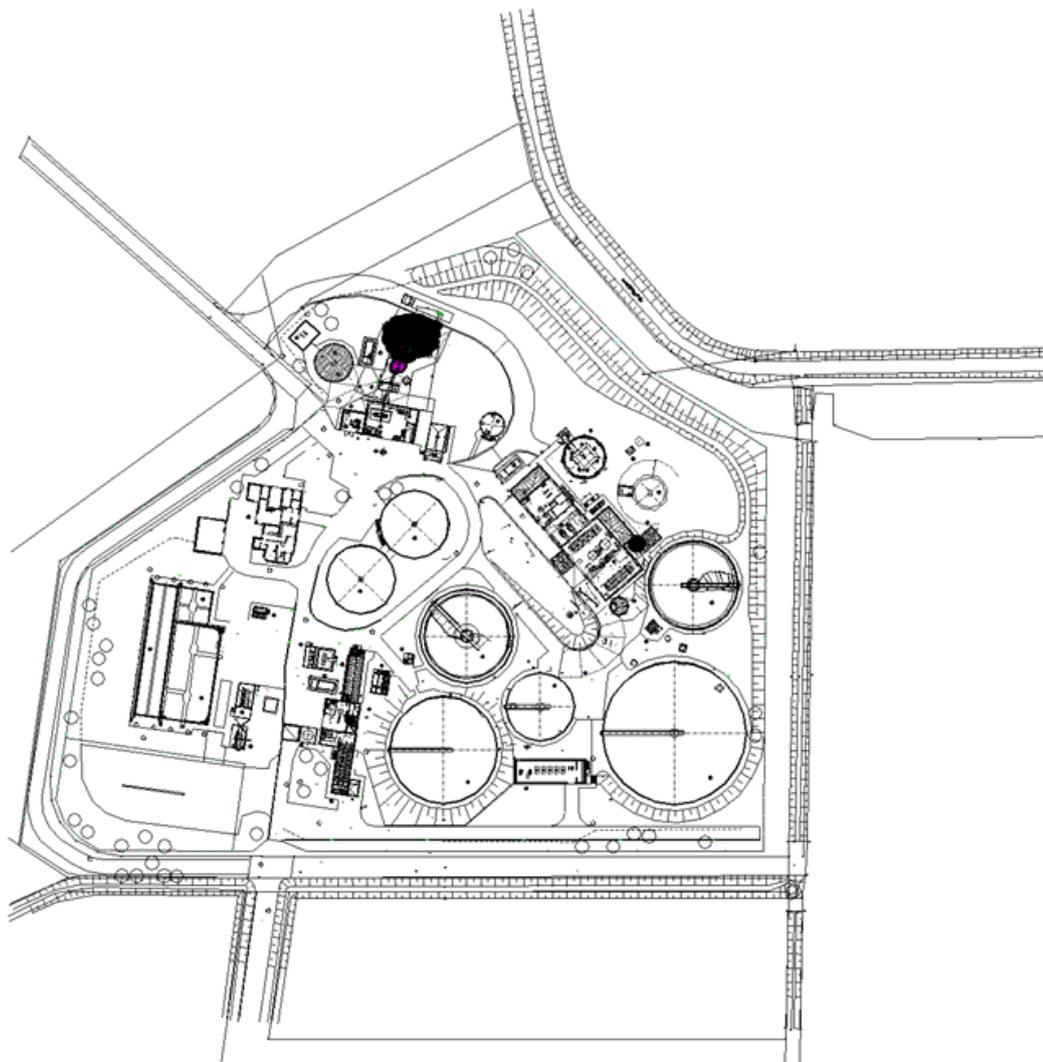


Abbildung 2-2: Übersichtslageplan Kläranlage Mettingen

2.2.1 Funktionsweise der wesentlichen Anlagenkomponenten

2.2.1.1 Vorbehandlungsanlage für industrielle Abwässer

Das industrielle Abwasser der Fa. Coppenrath & Wiese und der Fa. Kuchenmeister gelangt über eine Abwasserdruckrohrleitung getrennt vom kommunalen Abwasser zur Kläranlage Mettingen. Das Abwasser wird in einen Wochenausgleichsbehälter ($V = 1560 \text{ m}^3$) geführt und es erfolgt eine hydraulische wie auch Belastungsvergleichmäßigung durch Vermischung. Der aus der Biologie stammende Überschussschlamm wird ebenfalls in den Wochenausgleichsbehälter eingeleitet und vermischt. Zur Vermeidung von anaeroben Zuständen wird Druckluft in den Behälter eingetragen. Um den Abbau, und damit einhergehend Geruchsimmissionen, zu vermeiden wird nur eine bestimmte Menge Sauerstoff eingetragen.

Flotationsanlage

Im Anschluss an den druckbelüfteten Wochenausgleichsbehälter wird das Abwasser-Schlammgemisch in eine Druckentspannungsflotation ($Q = 2 \cdot 65 \text{ m}^3/\text{h}$) geleitet. Es erfolgt eine weitestgehende Reduktion der abfiltrierbaren Stoffe sowie der Fettbelastung und damit eine weitergehende Reduzierung der Abwasserbelastungen. Zur Verbesserung der Flockenbildung, Bindung von Feinsuspensa und zur optimierten Flotatdeckenbildung wird dem Abwasser über einen Flockulator Polymer zudosiert.

Im Freigefälle fließt das Produktionsabwasser in ein Zwischenpumpwerk, von dem es hydraulisch vergleichsmäßig in die biologische Abwasserschiene eingeleitet wird.

2.2.1.2 Vorreinigung für kommunale Abwässer

Ist die Menge des anfallenden Rohabwassers größer als die maximale Pumpleistung der Rohabwasserschnecken, wird das Abwasser über den im Vorschacht integrierten Regenüberlauf in das Regenwasserpumpwerk gespült. Dort wird das Abwasser mittels Förderschnecken angehoben und durch einen Rechen geführt, bevor es in den Regenfangbecken gesammelt wird. Der Regenwasserrechen besitzt eine Spaltweite von 20 mm. Das anfallende Rechengut wird in einem Container abgeworfen und bedarfsgerecht entsorgt.

Feinrechenanlage

Nach der Anhebung des kommunalen Abwassers durch Rohabwasserschnecken folgt die Abscheidung des Rechenguts mittels einer 2-sträßigen Feinrechenanlage. Die Feinrechen besitzen eine Spaltweite von 6 mm. Das anfallende Rechengut wird einer Rechengutwaschpresse zugeführt, ausgewaschen, komprimiert und zur Entsorgung in einen Container abgeworfen.

Belüfteter Sand- und Fettfang

Im Anschluss an die Feinrechenanlage fließt das Abwasser im freien Gefälle in den belüfteten Sand- und Fettfang. Hier erfolgt die Abtrennung von mineralischen Abwasserinhaltsstoffen durch Sedimentation (Sandfang) sowie die Abscheidung von Schwimmstoffen im Fettabscheider. Um die Prozesse durch Wasserwalzerzeugungen zu unterstützen wird gezielt Druckluft in das Abwasser eingetragen. Das sedimentierte (meist mineralische) Material wird einem Sandklassierer mittels Sandsaugpumpe und Sandwasserrinne zugeführt, klassiert, teilentwässert und in einen Container abgeworfen. Die abgeschiedenen Schwimmstoffe werden in die Schlammfaulanlage gefördert.

2.2.1.3 Biologische, chemische Reinigungsstufe

Hochlast- und Dephosphatierungsbecken

Im Hochlastbecken ($V = 90 \text{ m}^3$) wird das Abwasser aus dem Sandfang mit dem Rücklaufschlammstrom aus der Nachklärung vermischt und anschließend in das Dephosphatierungsbecken geleitet. Dieses besitzt ein Volumen von 1.200 m^3 . Der aus dem Hochlastbecken stammende kommu-

nale Abwasserstrom wird hier mit dem aus der Flotation zulaufendem industriellen Abwasserstrom vermischt. Zusätzlich wird auch hier kontinuierlich ein Rücklaufschlammstromanteil aus der Nachklärung in das Becken eingetragen. Im Dephosphatierungsbecken erfolgt unter anaeroben Bedingungen eine Ansäuerung des Abwasser-Belebtschlammgemisches, was zu einer Rücklösung der Phosphationen in die Wasserphase führt. In den anschließenden Belebungsbecken ist dadurch eine erhöhte biologische Phosphorelimination möglich.

Eisensalzlager und -dosierstation

Im Falle einer zu hohen Phosphorkonzentration in der Biologie kann mittels Eisensalzen eine Simultanfällung vorgenommen werden.

Belebungsbecken I und II

Die Belebungsbecken ($V_I = 3.270 \text{ m}^3$; $V_{II} = 6.330 \text{ m}^3$) sind für die Nitrifikation und Denitrifikation sowohl mit getrennten Sauerstoffversorgungs- und Umwälzanlagen als auch mit entsprechender MSR-Technik für die Stickstoffelimination ausgerüstet. Die benötigte Sauerstoffversorgung wird durch Drehkolbengebläse erzeugt, die eine feinblasige Belüftung der Becken ermöglichen.

Nachklärbecken I und II

Im Anschluss an die Belebungsbecken wird das Abwasser in die nachgeschalteten Nachklärbecken ($V_I = 530 \text{ m}^3$; $V_{II} = 490 \text{ m}^3$) geleitet. Hier durchströmt das Abwasser radial die Nachklärbecken. Die Abtrennung des Belebtschlammes erfolgt durch Sedimentation. Die Klarwasserentnahme erfolgt durch kreisförmige Ablaufaufrinnen mit Überfallkante und vorgehängter Tauchwand. Durch die Höhenlage der Nachklärbecken kann eine Rückführung des Rücklaufschlammes zum Hochlast- bzw. Dephosphatierungsbecken im freien Gefälle erfolgen.

Ablaufmengenmessung und Auslaufbauwerk

Im Anschluss an die Nachklärung erfolgt eine Ablaufmengenmessung. Über eine Klarwasserablaufleitung sowie ein Auslaufbauwerk wird das gereinigte Abwasser dem Vorfluter „Mettinger Aa“ zugeführt.

2.2.1.4 Schlammbehandlung

In den Belebungsbecken der Kläranlage Mettingen wird eine weitestgehende Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorelimination erzielt. Zusätzlich ist eine getrennte Schlammstabilisierung notwendig. Der im Klärprozess anfallende Überschussschlamm wird dem Wochenausgleichsbehälter, der dem hydraulischen Ausgleich des industriellen Abwassers vor der Flotationsanlage dient, zugeführt. In der Flotation erfolgt dann mit der Vorentlastung des industriellen Abwassers die Abtrennung des Überschussschlammes aus der Wasserphase. Der in der Flotation abgetrennte Mischschlamm weist TS-Gehalte von rund 4,5 % auf. Der Flotatmischschlamm wird in einen Frischschlammvorlagebehälter gefördert und vor Weiterleitung in die Faulung intensiv vermischt und vergleichmäßig bevor er dem Faulbehälter zugeführt wird.

Der Faulbehälter wird als Faulreaktor betrieben. Durch einen mehrstufigen Prozess erfolgt eine Zersetzung des Schlammes zu den Endprodukten Kohlendioxid, Methan und Wasser. Das beim Faulprozess anfallende Faulgas wird in einem Blockheizkraftwerk zur Stromerzeugung genutzt. Die Abwärme des Prozesses wird zum Aufwärmen des Faulschlammes und zur Gebäudebeheizung verwendet.

Der ausgefaulte Schlamm wird in einen Faulschlammvorlagebehälter abgegeben. Dieser dient als Vorlage für die nachgeschaltete Schlamm entwässerung. Mittels Verdrängerpumpen wird der Schlamm einer Schlamm entwässerungsanlage zugeführt und zur Verwertung oder Entsorgung entwässert. Das anfallende Zentratwasser wird dem Zulauf der Kläranlage zugeführt.

2.3 Beschreibung des Einzugsgebietes der Kläranlage Mettingen

Die Gemeinde Mettingen liegt im Norden des Tecklenburger Landes im Kreis Steinfurt, direkt an der Grenze zu Niedersachsen. Die Gemeinde liegt westlich von Osnabrück und gehört zum Regierungsbezirk Münster. Knapp 12.000 Einwohner leben in Mettingen auf einer Gemeindefläche von 41 km². Die Region in und um Mettingen ist stark landwirtschaftlich geprägt. In der Landwirtschaft ist der Ackerbau ebenso vertreten wie die Tiermast von Schweinen, Rindern, Hühnern und Puten.

Die Kläranlage Mettingen leitet in die „Mettinger Aa“ ein. Die Mettinger Aa wird kurz nach Verlassen des Gemeindegebiets von Mettingen zur „Speller Aa“.

2.3.1 Einzugsgebiet der Kläranlage Mettingen

In der Kläranlage Mettingen werden die Abwässer der Gemeinde Mettingen und die der industriellen Einleiter behandelt. Die industriellen Abwässer werden durch die Unternehmen „Coppenrath & Wiese“ und „Kuchenmeister“ eingeleitet.

Diese Unternehmen stellen Brot- und Kuchenprodukte her. Hierbei können insbesondere Spurenstoffe aus dem Bereich der Reinigung der Industrieanlagen und unter Umständen Zusatzstoffe der Lebensmittelproduktion in den Abwässern auftreten. Der Eintrag in die Kläranlage im Hinblick auf die Frachten und Mengen ist maßgeblich durch das Abwasser der industriellen Einleiter geprägt.

Weitere Industriebetriebe mit abwasserrelevantem Eintrag sind im Einzugsgebiet nicht vorhanden. In Mettingen befinden sich jedoch medizinische Einrichtungen, die einen Einfluss auf das Abwasser der Kläranlage Mettingen haben können. Hierbei kann sich insbesondere durch das Krankenhaus „St.-Elisabeth-Hospital“ der Eintrag von Medikamenten(-rückständen) erhöhen. Beim St.-Elisabeth-Hospital handelt es sich um ein geriatrisches Reha-Zentrum mit den Bereichen Reha-Klinik, Tagesklinik, verschiedenen Ambulanzen sowie einer Einrichtung für Kurzzeitpflege. Daneben gibt es eine Einrichtung für betreutes Wohnen. Die Bettenanzahl liegt mit 100 vollstationären und 10 teilstationären Betten nicht hoch. (10)

2.3.2 Qualität des Vorfluters

Die Kläranlage Mettingen leitet in die Mettinger Aa ein. An der Einleitstelle wurde bei Untersuchungen des Landes (OFWK 2. Zyklus, 2009-2011) der chemische Zustand der Mettinger Aa als „nicht gut“ beurteilt (siehe: Abbildung 2-3). Einige Stoffe, die sogenannten ubiquitären Stoffe, sind in geringen Konzentrationen europaweit in der Umwelt vorhanden. Im Hinblick auf diese Stoffe (zum Beispiel Nitrat und Quecksilber) besteht praktisch keine Chance auf ein Erreichen der vorgeschlagenen Umweltziele. Nimmt man die ubiquitären Stoffe aus der Bewertung des chemischen Zustands heraus, dann ergibt sich der chemische Zustand wie in Abbildung 2-4 gezeigt. Für die Mettinger Aa wurde ein „guter“ chemischer Zustand festgestellt.

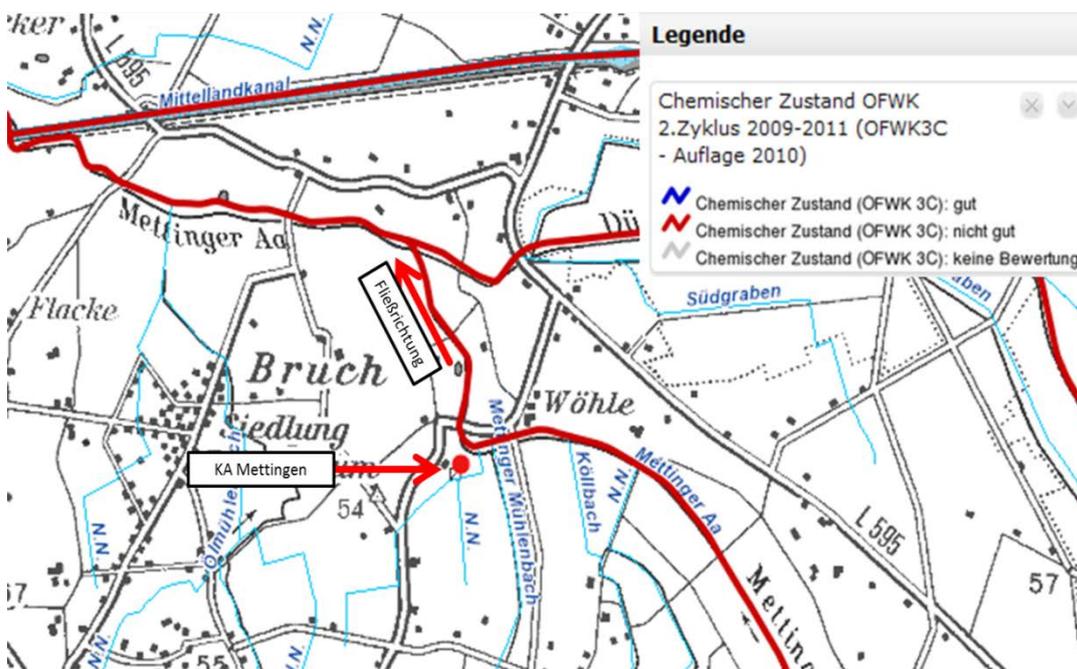


Abbildung 2-3: Chemischer Zustand der Mettinger Aa (aus (11))

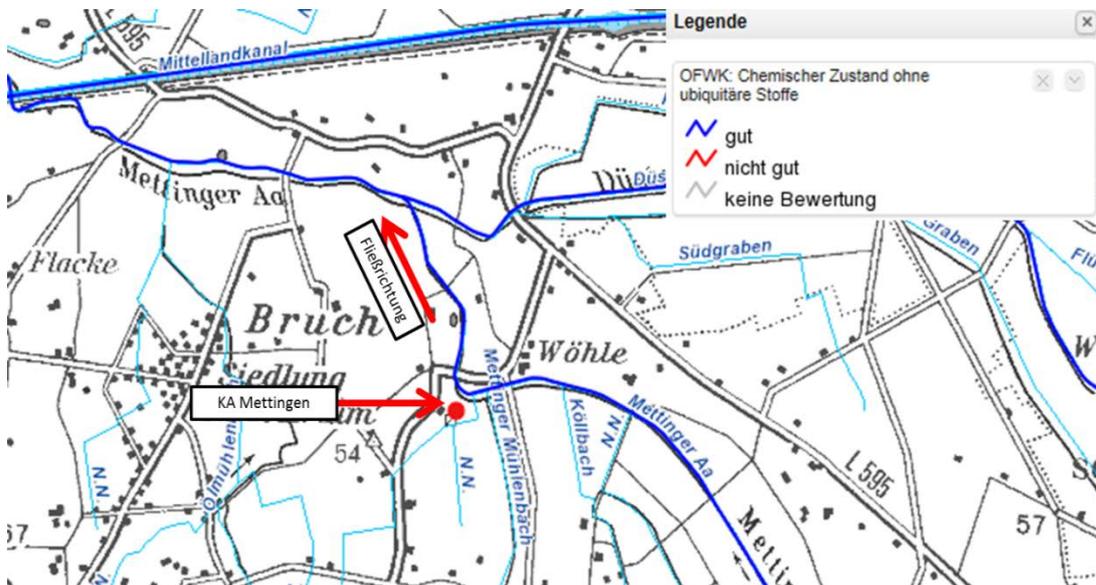


Abbildung 2-4: Chemischer Zustand der Mettinger Aa ohne Berücksichtigung der ubiquitären Stoffe (aus (11))

Der ökologische Zustand wurde im Rahmen der oben genannten Untersuchungen als „schlecht“ eingestuft (siehe Abbildung 2-5). Die Qualität des Vorfluters wurde dabei sowohl oberhalb als auch unterhalb der Einleitstelle der Kläranlage als „schlecht“ bewertet.

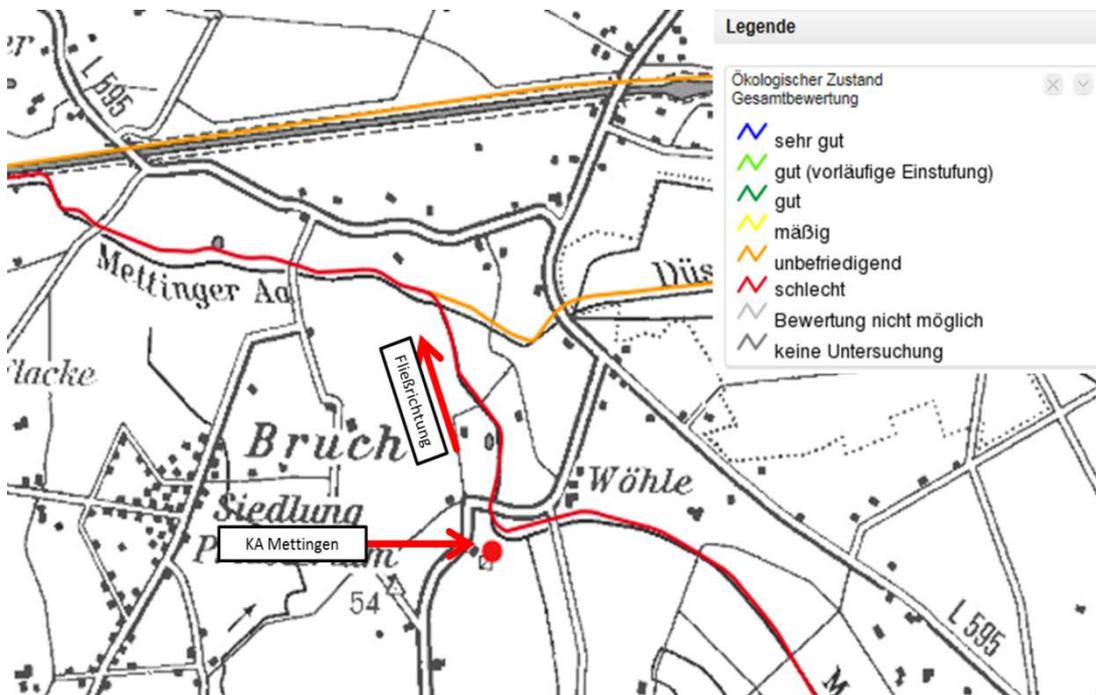


Abbildung 2-5: Ökologischer Zustand der Mettinger Aa (aus (11))

Deutschlandweit gab es in den vergangenen Jahren Untersuchungen zum chemischen und ökologischen Zustand von Gewässern (siehe Abbildung 2-6). Hierbei zeigte sich, dass der ökologische Zustand der meisten Gewässer in Deutschland schlecht, unbefriedigend oder mäßig ($\approx 90\%$) ist. Im Gegensatz dazu ist der chemische Zustand vieler Gewässer ($\approx 90\%$) in Deutschland gut, wenn man von den überall in Europa vorhandenen Schadstoffen, den sogenannten ubiquitären Schadstoffen wie Quecksilber (12), PCB oder Nitrat (13), absieht.

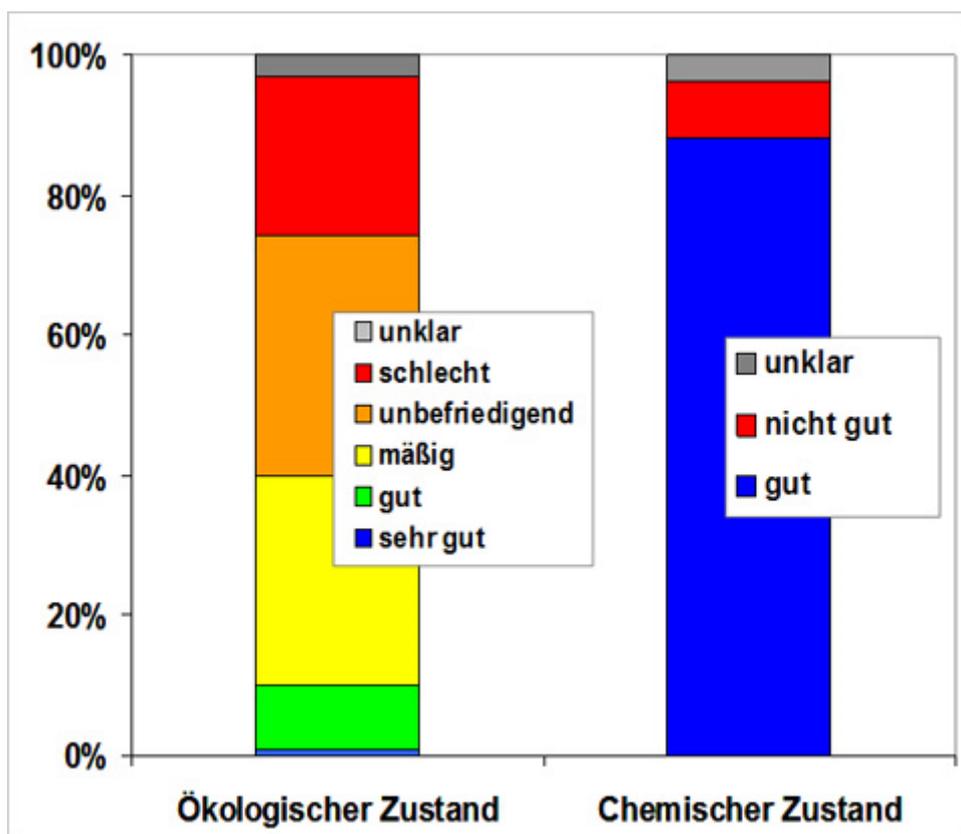


Abbildung 2-6: Ökologischer und chemischer Zustand der Oberflächengewässer in Deutschland (aus (14))

In der Umgebung der Kläranlage Mettingen befinden sich keine Mengenmessstationen des Landes NRW, wodurch eine Abschätzung der Wassermengen nicht möglich ist. Im „Obere Ems Ergebnisbericht“ ist die Kläranlage Mettingen jedoch als „kommunaler Einleiter mit Einleitungen größer als 1/3 MNQ“ gelistet. Die Einleitungswassermenge der Kläranlage beträgt hiernach 55 l/s, während der MNQ (mittlerer Niedrigwassermenge) der Mettinger Aa 73 l/s beträgt. Dies entspricht einem Wassermengenanteil von 75%. (15)

In Abbildung 2-7 sind Trinkwasserschutzgebiete in der Umgebung der Gemeinde Mettingen gezeigt. Die Kläranlage liegt nicht im direkten Einzugsgebiet von Trinkwasserschutzgebieten.

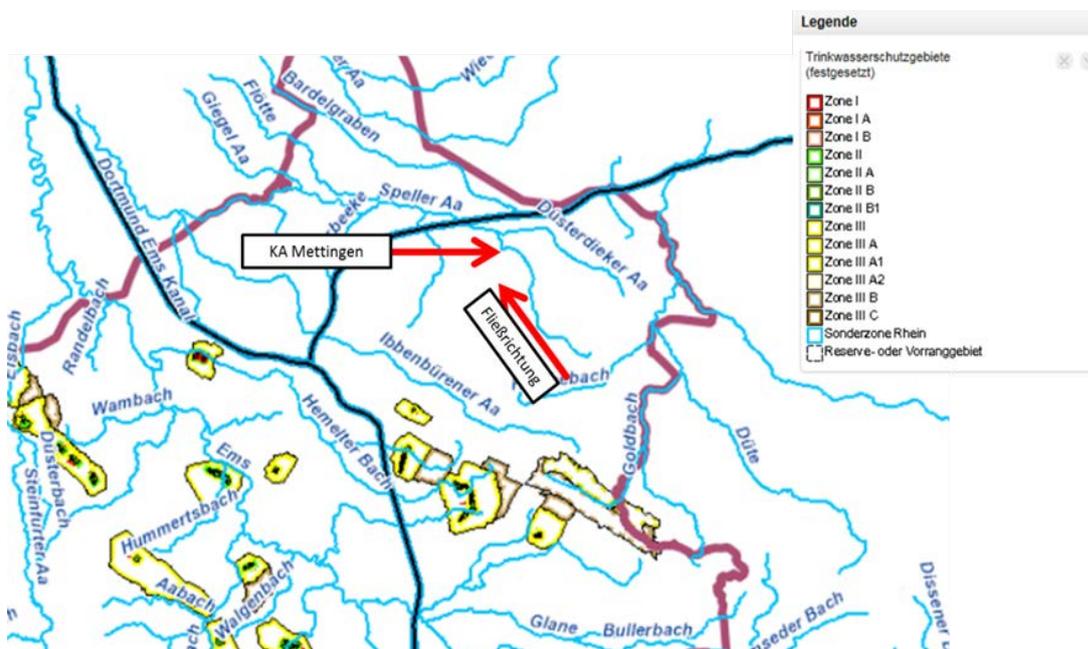


Abbildung 2-7: Trinkwasserschutzgebiete um die Gemeinde Mettingen (aus (11))

Nach (16) befindet sich die Kläranlage Mettingen auch nicht oberhalb von Trinkwassergewinnungsanlagen, die Oberflächenwasser oder durch Oberflächenwasser beeinflusstes Rohwasser zur Trinkwassergewinnung verwenden.

In der Umgebung der Kläranlage Mettingen liegen verschiedene Schutzgebiete. Das Vogel- und Naturschutzgebiet Duisterdieker Niederung liegt nord-östlich der Kläranlage. Der Vorfluter der Kläranlage Mettingen durchläuft das Gebiet jedoch nicht. In etwa 8 km Entfernung (Luftlinie) zur Kläranlage liegt das FFH- und Naturschutzgebiet Heiliges Meer – Heupen. Dieses wird jedoch ebenfalls nicht von der Mettinger Aa durchflossen. Die Gebiete sind in Abbildung 2-8 dargestellt.

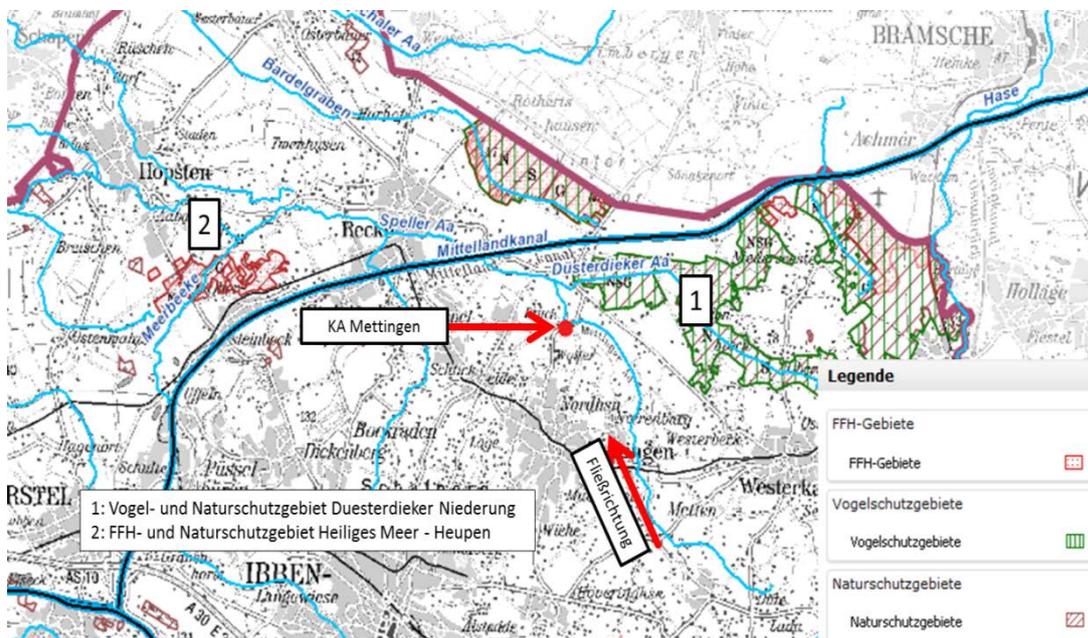


Abbildung 2-8: FFH-, Natur und Vogelschutzgebiete in der Umgebung der KA Mettingen (aus (11)); [1]: Duesterdieker Niederung, [2]: Heiliges Meer - Heupen

2.3.3 Zustand der Grundwasserkörper

Die Kläranlage Mettingen liegt im Gebiet des Grundwasserkörpers 3_03 „Plantlünner Sandebene (Ost)“. Die Gesamtgröße des Gebiets beträgt 606,94 km², davon liegen 182,67 km² in NRW. Die zuständige Behörde ist die Bezirksregierung Münster. (11)

Im Gebiet des Grundwasserkörpers 3_03 sind die empfohlenen Höchstkonzentrationen für die Stoffe Nitrat, Ammonium und Cadmium überschritten worden. Bei allen drei Stoffen handelt es sich um signifikante Belastungen des Grundwassers, wodurch das Expertenurteil „schlecht“ begründet wird. Die Überschreitungen für Nitrat und Ammonium werden durch Einträge aus der Landwirtschaft verursacht. Die Überschreitung der Cadmiumkonzentration wird ebenfalls durch die Landwirtschaft verursacht; die Begründung des Expertenurteils nennt hier die Mobilisierung von Cadmium durch Pyritoxidation. (11)

2.3.4 Landwirtschaft

Die Gemeinde Mettingen ist, vergleichbar mit anderen Kreisen und Gemeinden im Tecklenburger Land, durch Tierhaltung und Ackerbau landwirtschaftlich geprägt. Insgesamt gibt es laut Veterinär- und Lebensmittelamt Steinfurt in der Gemeinde Mettingen 357 gemeldete Tierbestände mit über 72.000 Tieren. (17) Die Tierbestände sind in Tabelle 2-3 aufgelistet. Die große Anzahl Tiere und Tierbestände lässt darauf schließen, dass über Austrag aus der Tierhaltung Nähr- und weitere Stoffe in die Umgebungsgewässer (z.B. die Mettinger Aa) gelangen.

Tabelle 2-3: Tierbestände Gemeinde Mettingen (nach (17))

Tierbestände Gemeinde Mettingen		
Tierart	Bestände [Stk.]	Anzahl Tiere [Stk.]
Hühner	61	35.304
Schweine	43	32.214
Rinder	55	4.733
Pferde	167	167
weitere Tierarten	31	195
Gesamt	357	72.613

Über die Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche für den Ackerbau gibt es weitere detaillierte Informationen. Laut der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Kreisstelle Steinfurt werden von den rund 41.000 ha Gemeindefläche (gesamt) rund 2.600 ha als landwirtschaftliche Fläche genutzt, hiervon 600 ha als Dauergrünlandfläche. (18) Nach einer Untersuchung des Bundesumweltamtes wird im Schnitt jeder Hektar landwirtschaftlich genutzte Fläche mit 97 kg Stickstoff je Jahr überdüngt. (19) Unter der Annahme, dass dieser Wert auch in der Region Mettingen angesetzt werden kann, ergibt sich eine jährliche Stickstoffbelastung für den Boden durch Düngung (Dauergrünland nicht berechnet) von rund 192.000 kg_N/a.

Im Vergleich dazu leitet die Kläranlage Mettingen jedes Jahr rund 2.000 kg_{Nges} in den Vorfluter ein (siehe Tabelle 2-4), was einem Anteil am durch Überdüngung in die Umwelt eingetragenen Stickstoff von 1 % entspricht. Abbildung 2-9 zeigt einen aus (20) entnommenen Überblick über die Stickstoffüberschüsse auf der Landesfläche von NRW. Der Stickstoffüberschuss im Tecklenburger Land liegt über dem Bundesdurchschnitt. Auch wenn nur ein geringer Anteil des Stickstoffüberschusses in der Landwirtschaft tatsächlich in die Gewässer geschwemmt wird, ist in landwirtschaftlich geprägten Gebieten mit einem signifikanten Eintrag von Stickstoff in die Gewässer zu rechnen. Das Umweltbundesamt empfiehlt, den Stickstoffüberschuss auf 50 kg_N/(ha*a) bis zum Jahr 2040 zu verringern (19).

Zusätzlich ist zu beachten, dass es bei der Ausbringung von Gülle prinzipiell auch zu einem Eintrag von Tierarzneimitteln in die Umwelt kommen kann.

Tabelle 2-4: Überdüngung Gemeinde Mettingen (nach (18))

Nutzungsfläche Gemeinde Mettingen		
Silo- und Körnermais	ha	777
CCM (Corn-Cob-Mix)	ha	135
Getriebe (außer Mais)	ha	958
weitere stark landwirtschaftlich geprägte Fläche	ha	105
Dauergrünland (keine Überdüngung)	ha	601
Überdüngung	kg _N /ha	97
Düngeeintrag Umwelt	kg	191.625
KA Mettingen 2012/2013		
Gesamtmenge Ablauf 2012+2013	m ³	2.778.954
Durchschnittliche N _{ges} -Konzentration Abwasser	mg/l	1,4
Gesamtfracht N _{ges} 2012+2013	kg	3.937
Durchschnittliche Jahresfracht N _{ges}	kg/a	1.969

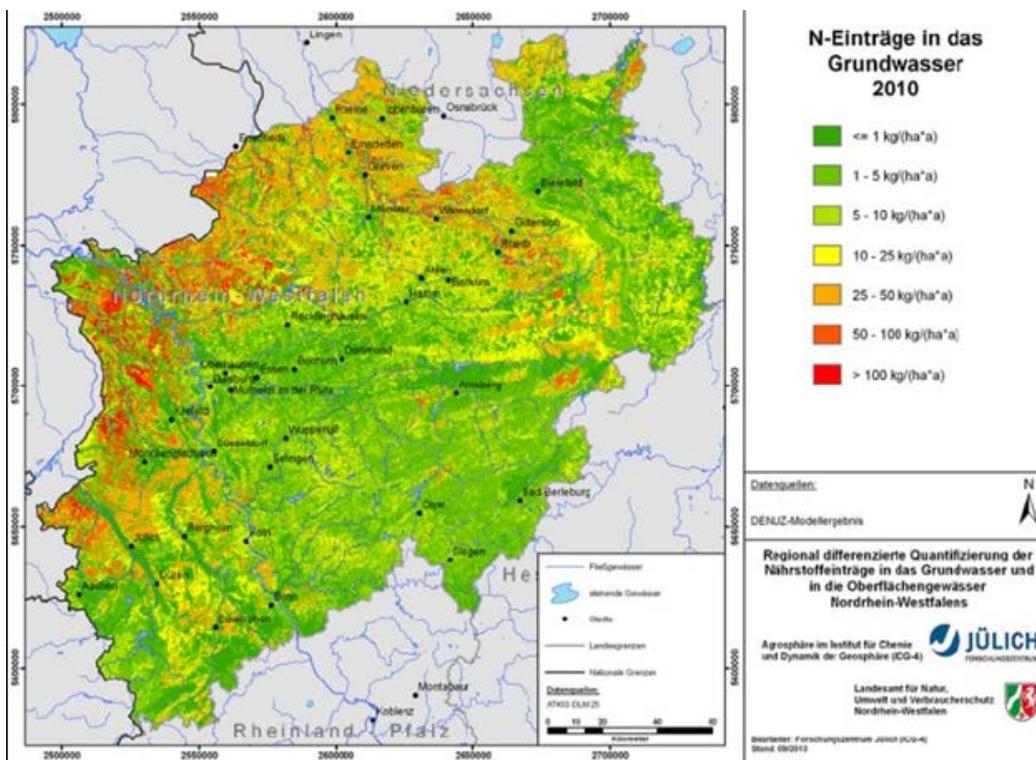


Abbildung 2-9: Stickstoffüberschuss auf der Landesfläche NRW (20)

2.3.5 Abschätzung relevanter Spurenstoffe im Einzugsgebiet

Das Abwasser der Kläranlage besteht zum einen aus häuslich geprägtem und zum anderen aus industriellem Abwasser. Das industrielle Abwasser ist durch die Lebensmittelwirtschaft geprägt. Die Unternehmen Coppenrath & Wiese sowie Kuchenmeister sind beide im Bereich der Backwarenherstellung tätig. Da die Sozialabwässer der Industrieanlagen separat in den kommunalen Zulauf geleitet werden, sind keine Einträge von Humanpharmaka, Pflegeprodukten, etc. in den industriellen Abwasserstrom zu erwarten. Das Abwasser ist möglicherweise durch Reste der verarbeitenden Einsatzstoffe sowie durch Reinigungs- und Desinfektionsmittel belastet.

Durch die Arzneimitteleinnahme der Bevölkerung sowie die ggf. nicht fachgerechte Entsorgung von Arzneimitteln ist mit einem Eintrag dieser Stoffe ins Abwasser und damit in die Kläranlage zu rechnen. Weitere Chemikalien- und Spurenstoffeinträge ins Abwasser sind möglich, z.B. durch Reinigungsmittel, Körperpflegeprodukte, durch Imprägniermittel, die aus Kleidung ausgewaschen werden, etc. Des Weiteren ist z.B. durch die Auswaschung von Bioziden aus Fassadenanstrichen oder durch das Abspülen von Abrieb auf Straßen mit einem Eintrag von Stoffen in die Kanalisation oder in die Umwelt zu rechnen. Das Abwasser im kommunalen Zulauf der Kläranlage kann darüber hinaus durch das Krankenhaus „St.-Elisabeth-Hospital“ besonders mit Rückständen von Arzneimitteln, Röntgenkontrastmitteln und weiteren Stoffen belastet werden.

Der Vorfluter Mettinger Aa wird auf der einen Seite geprägt durch den punktuellen Eintrag von Stoffen aus dem Ablauf der Kläranlage. Da die Mettinger Aa eingebettet zwischen landwirtschaftlichen Flächen liegt, ist darüber hinaus zu erwarten, dass durch intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen ein diffuser Eintrag von Nährstoffen in die Mettinger Aa erfolgt. Ebenso ist der diffuse Eintrag von Tierarzneimitteln, die durch die Ausbringung von Gülle auf die Anbauflächen gelangen, nicht auszuschließen. Für die erhöhte Konzentration von Stoffen im Grundwasserkörper (vgl. Kapitel 2.3.3) ist z.B. laut (11) die Landwirtschaft und nicht der punktuelle Eintrag der Kläranlage verantwortlich.

3 Verfahren zur Spurenstoffelimination

Mit dem heutigen Stand der Technik auf deutschen Kläranlagen bestehend aus mechanischer, biologischer und chemischer Reinigung kann die Entfernung bzw. Umwandlung von Feststoffen, die Elimination von leicht bis mittelschwer abbaubaren organischen Stoffen sowie eine weitgehende Stickstoff- und Phosphorelimination erfolgen. Zusätzlich werden viele organische Stoffe und Schwermetalle in den Klärschlamm eingebunden sowie pathogene Keime teilweise entfernt. Eine weitgehende Reduktion von Spurenstoffen aus dem Abwasser ist jedoch in der Regel mit den heute betriebenen Kläranlagen nicht möglich. Die Betriebsweise der Kläranlage hat allerdings Einfluss auf die mögliche biologische Eliminationsleistung. Einen positiven Einfluss auf die Mikroschadstoffelimination haben unter anderem:

- ein hohes Schlammalter,
- kaskadierte Bauweise,
- Minimierung der Rückführung,
- Schönungsteiche oder Filter,
- Schlammfäulung/anaerobe Behandlung.

Die heutigen Kläranlagen verfügen bereits über eine biologische Stufe, allerdings werden die Mikroverunreinigungen dort nur ungenügend entfernt. Die biologischen Verfahren mit den heutigen Betriebsweisen sind somit für die weitergehende Entfernung von Spurenstoffen aus kommunalem Abwasser nicht oder nur bedingt geeignet. Der Einsatz spezieller Mikroorganismen zum Abbau und zur Umwandlung der Mikroverunreinigungen ist schon aufgrund der großen Stoffvielfalt und der ständigen Neuentwicklung von Substanzen aus heutiger Sicht voraussichtlich nicht umsetzbar.

Möchte man eine weitergehende Elimination von Spurenstoffen erreichen, dann müssen Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe ausgestattet werden.

Ein Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen aus kommunalem Abwasser muss dabei folgenden Anforderungen genügen (21):

Breitbandwirkung: Eine breite Palette problematischer Substanzen muss weitgehend entfernt werden.

Nebenprodukte: Die Bildung unerwünschter Nebenprodukte oder Abfälle muss vermieden werden.

Anwendbarkeit: Das Verfahren muss in die bestehende Anlage integriert, vom Personal betrieben werden können und darf die heutige Reinigungsleistung nicht negativ beeinflussen.

Kosten/Nutzen: Der Aufwand (Material, Energie, Personal, Kosten) muss vertretbar sein und einen angemessenen Nutzen bringen.

In anderen Anwendungen bewährte Verfahren (Industrieabwasserreinigung, Sickerwasserreinigung etc.) lassen sich nicht ohne Weiteres auf die Abwasserreinigung übertragen. Die kommunale Abwas-

serreinigung stellt aufgrund der Abwasserzusammensetzung und der hydraulischen Dynamik ganz andere Anforderungen.

Um eine weitergehende Elimination von Spurenstoffen zu erreichen, können prinzipiell verschiedene adsorptive, oxidative und physikalische Verfahren eingesetzt werden.

Oxidative Verfahren:

Bei der Oxidation werden die Abwasserinhaltsstoffe durch die Zugabe eines Oxidationsmittels chemisch verändert (oxidiert). Die Ausgangsstoffe werden durch Veränderungen in der chemischen Struktur oder die Aufspaltung von Molekülen in Reaktionsprodukte umgewandelt und teilweise einer weiteren biologischen Umsetzung zugänglich gemacht. Die Ausgangsstoffe verlieren damit normalerweise ihre ursprüngliche Wirkung.

Zu den oxidativen Verfahren zählen neben einer Ozon-Behandlung auch die Chlorung mit Chlor und Chlordioxid, die Dosierung von Ferrat, die Photolyse und weitere Verfahren der erweiterten Oxidation (AOP = advanced oxidation processes).

Physikalische Verfahren:

Zu den physikalischen Verfahren gehören die adsorptiven Verfahren mit Aktivkohle in granulierter oder pulverisierter Form. Auch eine physikalische Behandlung des Abwassers mit einer Nanofiltration oder einer Umkehrosiose führt zu einer Abscheidung von Mikroschadstoffen.

Bei der Adsorption werden die Abwasserinhaltsstoffe mit dem sogenannten Adsorbens (z.B. Aktivkohle) in Kontakt gebracht. Das Adsorbens verfügt über eine große Oberfläche, an die sich die Abwasserinhaltsstoffe anlagern können. Die zu eliminierenden Inhaltsstoffe werden dann mit dem beladenen Adsorbens aus dem System entfernt.

Bei der Filtration erfolgt die Abtrennung der Abwasserinhaltsstoffe über eine selektive Membran. Da es sich bei den für die Spurenstoffelimination relevanten Stoffen um Einzelmoleküle handelt, müssten zu deren Elimination mindestens Nano- und Ultrafiltrationsmodule eingesetzt werden. Dabei wird das Abwasser mit großen Drücken durch die Membran gepresst. Nur Wasser und kleinste Moleküle treten durch die Membran durch. Die zurückgehaltenen Stoffe verbleiben im sogenannten Retentat, das entsorgt werden muss, das gereinigte Abwasser fließt in den Vorfluter ab (siehe auch Kap.3.3).

3.1 Adsorptive Verfahren mit Aktivkohle

3.1.1 Grundlagen der der Adsorption

Bei der Adsorption handelt es sich um ein physikalisch-chemisches Trennverfahren. Unter Adsorption versteht man die Anlagerung einer Komponente (Adsorptiv) aus einem gasförmigen oder flüssigen Gemisch an der Oberfläche eines festen Stoffes (Adsorbens). Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 3-1 dargestellt.

Zur Einstellung des Gleichgewichtes müssen verschiedene Transportwiderstände überwunden werden; dabei laufen folgende Einzelschritte ab, welche die Adsorptionskinetik bestimmen:

- Transport der Moleküle aus der Gas- oder Flüssigphase an die äußere Adsorbensoberfläche (Grenzfilmdiffusion)
- Porendiffusion in das Korninnere
- Adsorption der Moleküle

Da die Bindungskräfte zwischen den einzelnen Atomen des Feststoffverbandes nicht vollständig abgesättigt sind, entstehen sogenannte "aktive Zentren", wo bevorzugt Fremdmoleküle adsorbiert werden; hierbei wird Adsorptionswärme frei. Bei abnehmender Adsorptivkonzentration und zunehmender Temperatur nimmt die im Gleichgewichtszustand adsorbierte Stoffmenge ab.

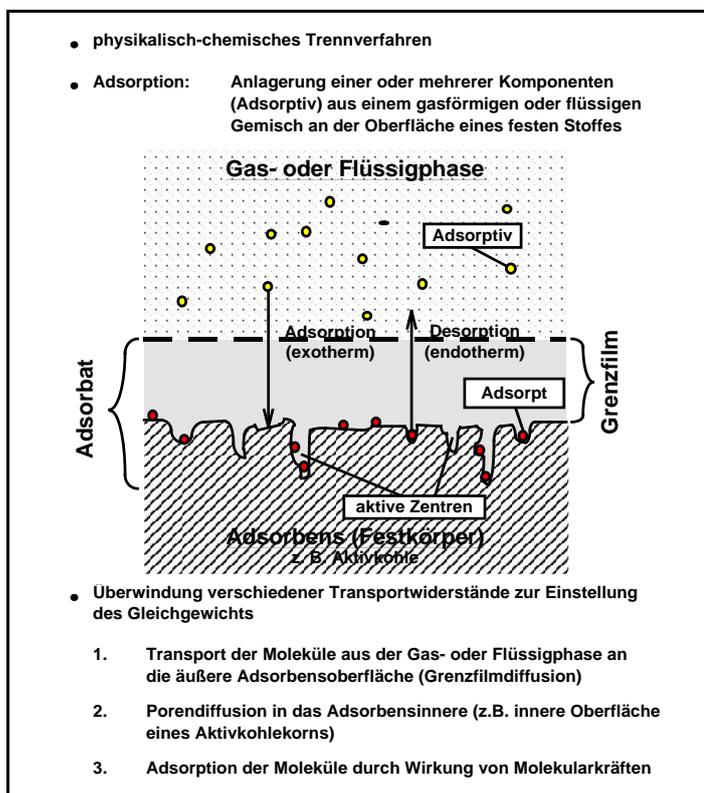


Abbildung 3-1: Grundlagen der Adsorption

In der Trinkwasseraufbereitung dient die Adsorption der Entfernung von Geruchs- und Geschmacksstoffen (einschließlich Chlor und Restozon), der Entfernung von Kohlenwasserstoffen, organischen Chlorverbindungen, Pflanzenschutzmitteln und höhermolekularen Stoffen wie z.B. Huminstoffen. Zur Abwasserreinigung (z.B. Sickerwasserreinigung) setzt man Adsorptionsverfahren dann ein, wenn es darum geht, inerte Stoffe zu eliminieren.

Aktivkohle wird vorwiegend aus Stein- oder Holzkohle, (Kokos-)Nussschalen oder Torf hergestellt. Für die Herstellung von Aktivkohle wird das Grundprinzip Aktivierung mit hohen Temperaturen (bis 1000°C) mit Hilfe von Wasserdampf benutzt. Unter bestimmten, geeigneten Bedingungen werden Teile des Kohlenstoffgerüsts selektiv abgebaut. Durch die dabei entstehenden Poren, Spalten und Risse wird die auf die Masseneinheit bezogene Oberfläche erheblich größer. Die innere Oberfläche handelsüblicher Sorten liegt zwischen 400 und 1.500 m²/g.

Je nach Bedarf wird der Aufwand für die Aktivierung geregelt und der Aktivierungsgrad bestimmt. Aktivkohlen werden in drei Kategorien eingeteilt:

Niedrig aktiver Bereich: spezifische Oberfläche: 500-800 m²/g

Mittel aktiver Bereich: spezifische Oberfläche: 800-1200 m²/g

Hoch aktiver Bereich: spezifische Oberfläche: 1200-1500 m²/g

Entscheidend für die Adsorption ist der Stofftransport, der aufgrund des Konzentrationsgefälles zwischen den Phasen gasförmig/fest bzw. flüssig/fest stattfindet. In der Praxis haben sich daher so genannte Adsorptionsisothermen bewährt. In Abbildung 3-2 sind Adsorptionsisothermen beispielhaft für den Parameter CSB dargestellt. Zwischen der adsorbierbaren Substanz und der in Lösung verbleibenden Restkonzentration stellt sich ein Gleichgewicht ein. Die Abhängigkeit der Beladbarkeit einer Aktivkohle von der Restkonzentration bei konstanter Temperatur wird in solchen Isothermen dargestellt.

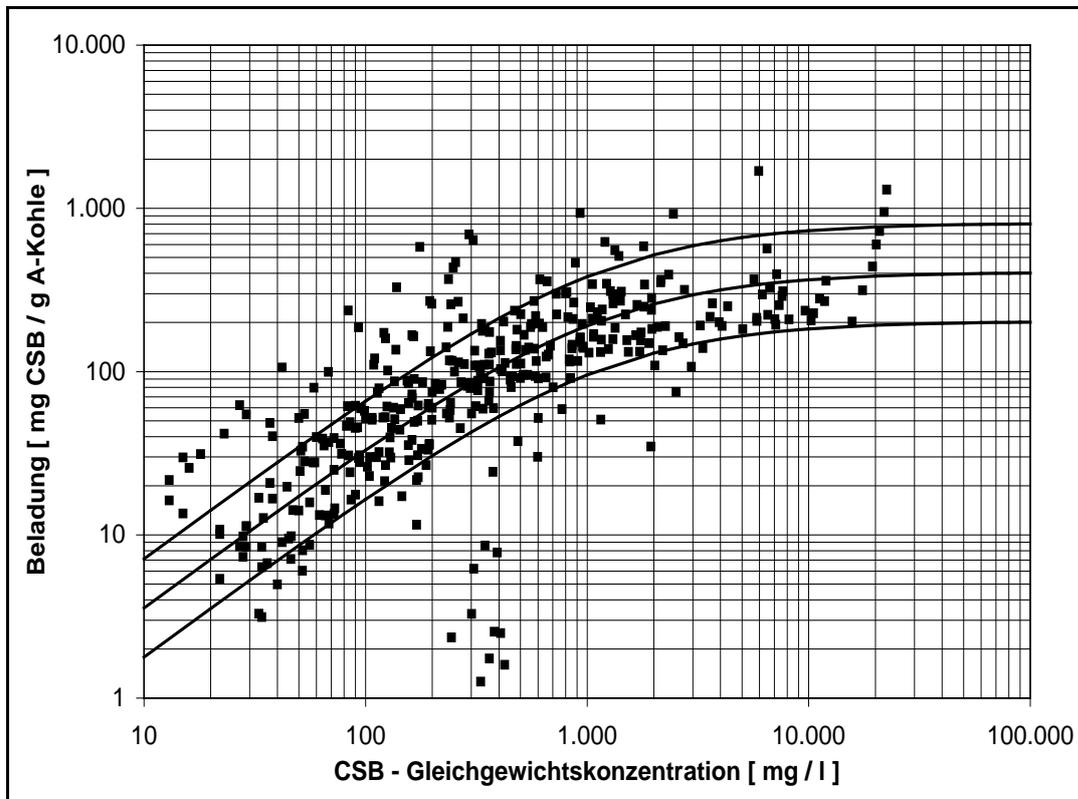


Abbildung 3-2: Adsorptionsisothermen für den Parameter CSB

Im Normalfall, wie bei der Entfernung von CSB, nimmt die Effektivität der Aktivkohle mit einem höheren Aktivierungsgrad zu. Für die Entfernung von Mikroschadstoffen laufen derzeit Versuche, die darauf hindeuten, dass hier eine spezifische Oberfläche von etwa 900 g/m² ideal ist, da nicht ausschließlich die spezifische Oberfläche, sondern auch die Porengrößenverteilung von entscheidender Bedeutung ist.

Der Einsatz der Aktivkohle erfolgt entweder granuliert oder pulverförmig:

- Granulierte Aktivkohle (GAK) oder Kornkohle hat Korngrößen von bis zu vier Millimetern. Das zu reinigende Abwasser durchläuft meistens spezielle, mit GAK gefüllte Filteranlagen.
- Pulveraktivkohle (PAK) ist eine sehr feine, poröse und kohlenstoffreiche Masse. Im Vergleich zur granulierten Aktivkohle verfügt die Pulveraktivkohle über wesentlich geringere Korngrößen und über eine größere aktive Oberfläche. Die Pulveraktivkohle kann beispielsweise in einen Abwasserstrom eingemischt (Rührreaktor) werden.

3.1.2 Verfahrenstechnik und apparative Ausführung von Adsorptionsanlagen

In Abbildung 3-3 sind die prinzipiellen Verfahren der Aktivkohleadsorption dargestellt. Im Rührreaktor wird die Aktivkohle in suspendierter oder pulveriger Form in ein Reaktionsbecken gegeben und im Absetzbecken abgetrennt. Im Reaktionsbecken stellt sich eine mit der Restkonzentration korrespondierende

rende Gleichgewichtsbeladung ein. Theoretisch wäre durch mehrstufige Anwendung der Pulverkohle im Gegenstrom eine optimale Ausnutzung möglich. In der Praxis hat sich eine Rückführung eines Teilstroms der vorbeladenen Aktivkohle von der Abscheideeinrichtung zurück in das Reaktionsbecken bewährt, um die Adsorptionskapazität besser ausnutzen zu können.

Die entstehenden Suspensionen sind sehr abrasiv und korrosiv. Das Verfahrensprinzip hat den großen Nachteil, dass die eingesetzte Aktivkohle nicht regeneriert werden kann. Daher muss die Kohle entweder als Sondermüll deponiert oder einer thermischen Verwertung zugeführt werden.

In den letzten Jahren hat das Verfahren der Festbettadsorption an Bedeutung gewonnen, weil durch eine thermische Reaktivierung der körnigen Aktivkohle eine mehrmalige Verwendung möglich ist und sowohl die Investitions- wie auch die Betriebskosten stetig gesunken sind. Bei der Festbettadsorption wird das zu reinigende Abwasser gegebenenfalls vorfiltriert und anschließend durch eine oder mehrere Aktivkohlesäulen bzw. Filteranlagen geschickt.

Bei der Festbettadsorption werden derzeit z.B. beschichtete Stahlbehälter oder Raumfilter eingesetzt.

Am Eintritt der ersten Filterstufe (Säule) weist das Adsorbens entsprechend der Zulaufkonzentration die höchste Beladung auf. Für die Auslegung einer mehrstufigen Säulenanlage kann die in der Adsorptionsisotherme bestimmte Beladung bei Zulaufkonzentration zugrunde gelegt werden. Die mögliche Beladung im Filterverfahren ist daher theoretisch immer höher als die im Einrührverfahren, bei dem die in der Adsorptionsisotherme bestimmte Beladung bei Ablaufkonzentration benutzt werden muss.

Durch den Einsatz mehrerer in Reihe geschalteter Filter können sehr niedrige Ablaufwerte erzielt werden. Die Anzahl der Filter und die Kontaktzeit müssen so gewählt werden, dass bei Erreichen der erlaubten Konzentration im letzten Filter der erste Filter möglichst vollständig beladen ist.

Nach Erschöpfung der Adsorptionskapazität muss die Aktivkohlefüllung des Reaktors ausgetauscht werden. Die verbrauchte Kohle wird abgepumpt und zur thermischen Reaktivierung transportiert. Es handelt sich also um ein quasi reststofffreies Verfahren, da die beladene Kohle nach Reaktivierung erneut für den Adsorptionsprozess zur Verfügung steht.

Bei Gemischen verschiedener adsorbierbarer, gelöster organischer Verbindungen müssen die Effekte der Verdrängungsadsorption berücksichtigt werden: die besser adsorbierbaren Substanzen verdrängen die schlechter adsorbierbaren Substanzen.

Prinzipiell gilt, je weniger das Adsorptiv wasserlöslich ist, desto besser wird es adsorbiert. Besonders beim Einsatz von granulierter Aktivkohle können neben oder zusätzlich zu der Adsorption auch biologische Vorgänge für die Elimination organischer Verbindungen verantwortlich sein.

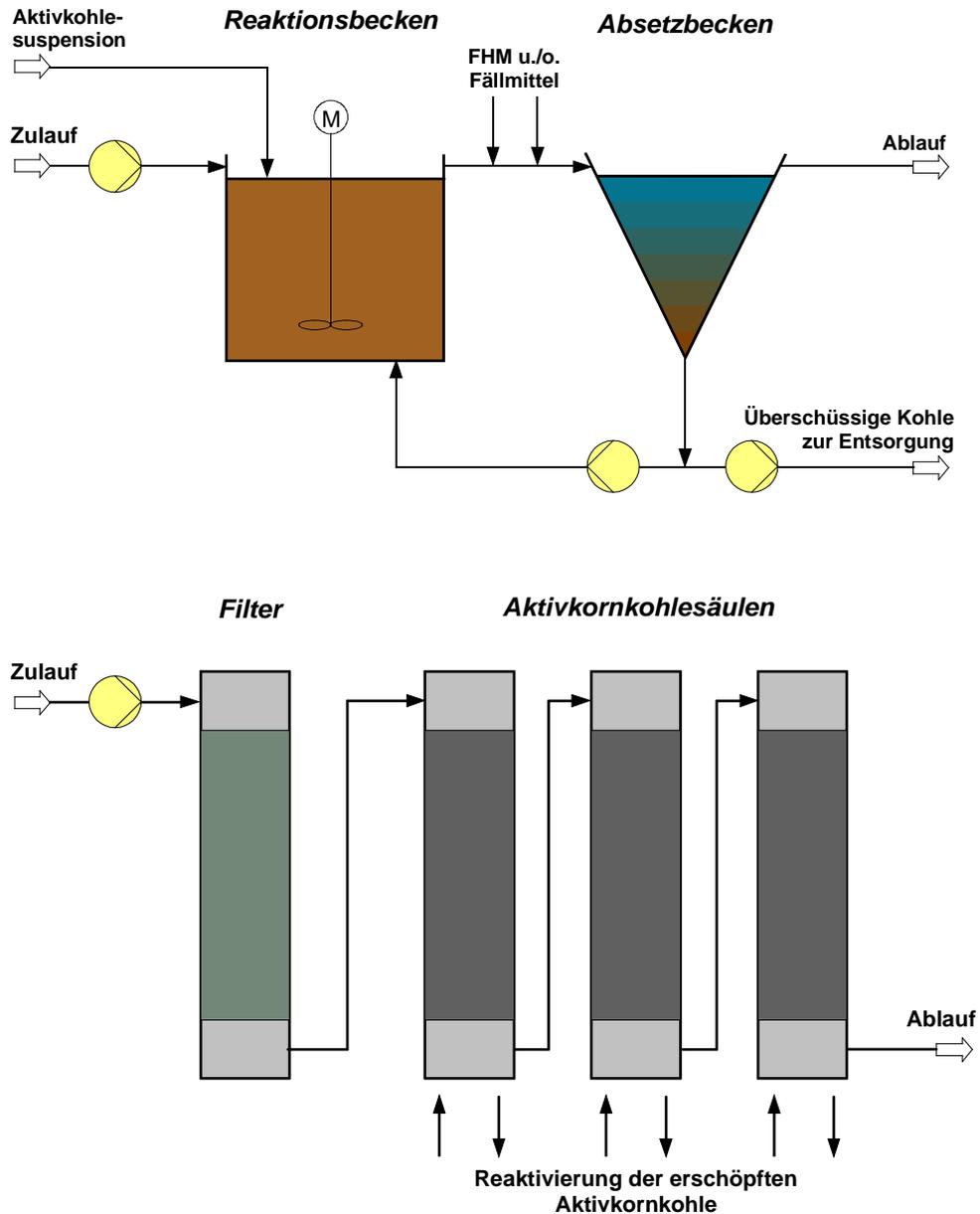


Abbildung 3-3: Verfahrensprinzip Aktivkohleadsorption

3.1.3 Einsatz von Pulveraktivkohle (PAK) zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen

Auf Kläranlagen erfolgt der Einsatz von Pulveraktivkohle zur Spurenstoffelimination über das Einmischen in den Abwasserstrom. In einer anschließenden Kontaktphase lagern sich die Spurenstoffe an der Aktivkohle an. Die beladene Aktivkohle muss anschließend aus dem Abwasserstrom heraus separiert werden. Eine Regeneration der Pulveraktivkohle ist nicht möglich, die beladene Kohle muss entsorgt werden.

Die Pulveraktivkohle kann direkt in die biologische Stufe oder im Anschluss an die biologische Stufe (in der Regel hinter der Nachklärung in ein Kontaktbecken oder in den Flockungsraum eines Filters) eindosiert werden.

Die PAK wird in der Regel mit Tanklastwagen, Kleincontainern oder in sogenannten Big Bags mit ca. 1 m³ als trockenes Pulver angeliefert. Bei der Anlieferung mit Tanklastwagen wird die PAK in ein Silo geblasen, dabei dehnt sich die PAK aus. Die Ausdehnung der PAK ist bei der Dimensionierung des Silos und der Anlieferung zu berücksichtigen. Wenn möglich, sollte die Silogröße mindestens eine LKW-Ladung aufnehmen können. Silofahrzeuge führen in der Regel ein Volumen von ca. 50 m³ mit einer PAK Menge von ca. 15 Tonnen mit. Bei kleinen Anlagen, mit sehr geringem PAK Verbrauch, sollte geprüft werden, ob kleinere Silogrößen oder eine andere Lieferform (Kleincontainer etc.) vorteilhaft sind.

Bei der Dosierung sind die Genauigkeit und die Zuverlässigkeit der Dosiereinrichtung von besonderer Bedeutung. Bisher werden volumetrische oder gravimetrische Dosiereinrichtungen eingesetzt.

Wichtig ist die vollständige Trennung von eindosierter Pulveraktivkohle und gereinigtem Abwasser im Anschluss an die Adsorption der Mikroschadstoffe. Die Aktivkohle selber hat dabei voraussichtlich keine negativen Auswirkungen auf die Gewässer, jedoch ist sie mit den Mikroschadstoffen beladen, die nicht ins Gewässer gelangen sollen. Um eine möglichst vollständige Abtrennung der Pulveraktivkohle zu erreichen, werden in der Regel Fällmittel und Flockungshilfsmittel (FHM) zudosiert, um die PAK besser abscheiden zu können.

Das Verfahren der PAK-Abtrennung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Fällmittelmenge. Die Anforderungen an die Flockenstruktur unterscheiden sich, je nachdem, ob die Abtrennung mittels Sedimentation oder Raumfiltration erfolgt. Für die Sedimentation sind größere Flocken anzustreben, die leicht absinken. Dies wird mit einer Dosierung von ca. 0,4 g Fe / g PAK erreicht. Bei der Abtrennung im Sandfilter dürfen die Flocken weder zu groß, da sie sich dann auf der Oberfläche ansammeln (Flächenfiltration), noch zu klein sein, weil sie dann den Filter passieren. In der ARA Kloten/Opfikon hat sich eine Dosierung von 0,1 g Fe / g PAK bewährt. (21)

3.1.3.1 Einmischen der Pulveraktivkohle in die biologische Stufe

Pulveraktivkohle kann auf Kläranlagen direkt in das Belebungsbecken dosiert und vermischt werden. Eine Verfahrensskizze ist in Abbildung 3-4 gezeigt. Die Abtrennung der PAK erfolgt zusammen mit dem Belebtschlamm in der Nachklärung. Um eine möglichst vollständige Abscheidung der beladenen Aktivkohle in der Nachklärung zu erreichen, werden in den Zulauf zur Nachklärung Fällmittel und Flockungshilfsmittel dosiert. Die überschüssige PAK wird zusammen mit dem Überschussschlamm weiter behandelt und anschließend entsorgt. Eine landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes ist wegen der enthaltenen beladenen Aktivkohle nicht möglich. Generell gilt, dass der PAK-Verbrauch beim Einmischen in die biologische Stufe wesentlich höher liegt als bei der nachfolgend beschriebenen Verfahrensführung mit einer Zudosierung ins gereinigte Abwasser im Ablauf der Nachklärung. Die

Ursache liegt in der Konkurrenzsituation um die freien Adsorptionsflächen der Aktivkohle. In der Belebungsphase liegt eine hohe Konzentration an gelösten Stoffen, Feststoffen und Suspensa vor, die sich an die Aktivkohle anlagern können und die Adsorption der Mikroschadstoffe damit verschlechtern (Verdrängungseffekt).

Die Nachschaltung einer Filtrationsstufe zum Rückhalt von Restkohle, die mit dem Ablauf der Nachklärung abfließt, ist in der Regel notwendig. Dies kann z.B. als Sandfilter bzw. als Tuchfilter ausgeführt werden.

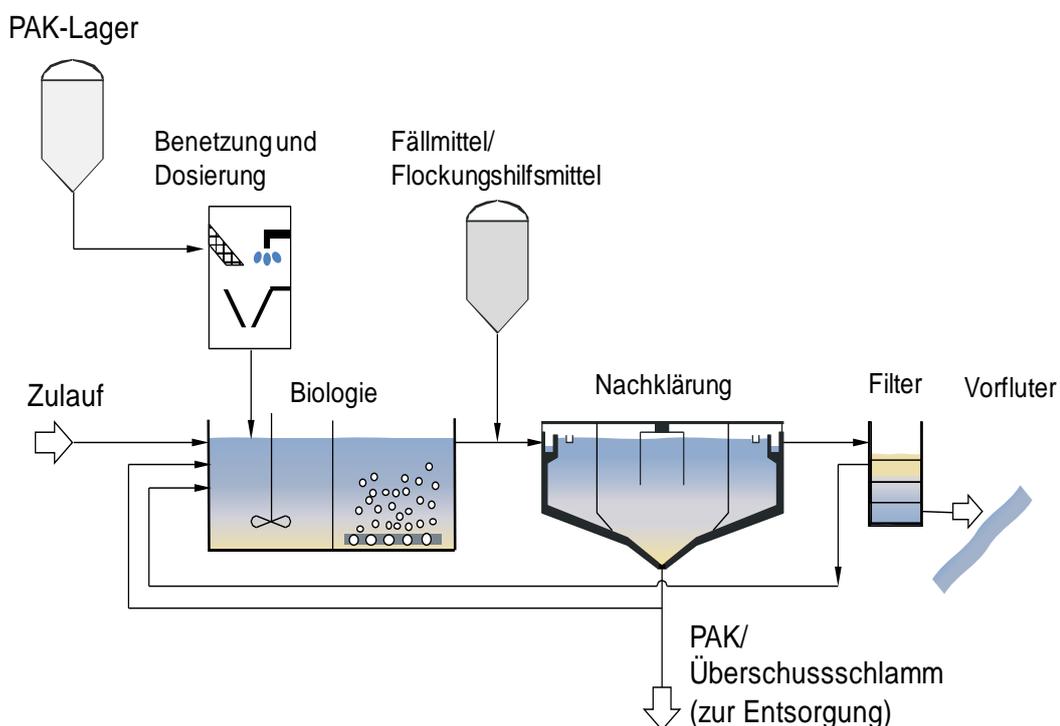


Abbildung 3-4: Verfahrensskizze Dosierung von PAK in die Belebungsphase

3.1.3.2 Dosierung von Pulveraktivkohle in ein separates Kontaktbecken

Die effiziente Nutzung der Pulveraktivkohle zur Mikroschadstoffelimination setzt voraus, dass das zu behandelnde Abwasser nur eine geringe organische Hintergrundbelastung aufweist. Die Pulveraktivkohle wird deshalb im Anschluss an die Nachklärung in den gereinigten Abwasserstrom bzw. direkt in das Kontaktbecken dosiert. Das Kontaktbecken wird umgewälzt. Wichtig ist eine ausreichende Kontaktzeit der Aktivkohle mit den Abwasserinhaltsstoffen. Die Kontaktzeit wird im Rahmen der Mikroschadstoffelimination auf Kläranlagen meistens mit 30 Minuten angesetzt, obwohl die notwendige Zeit zur Adsorption vieler Mikroschadstoffe wesentlich kürzer ist. Die Abtrennung der Pulveraktivkohle vom gereinigten Abwasser erfolgt in der Regel in einem nachfolgenden Sedimentationsbecken. Das Sedimentationsbecken wird nach Aufenthaltszeit und Oberflächenbeschickung bemessen. Zur Mehrfachbeladung der PAK kann die Kohle aus dem Sedimentationsbecken zurück in das Kontaktbecken gefördert werden (Rücklaufkohle). Dadurch wird in der Regel eine bessere Ausnutzung der PAK erreicht.

reicht, was einen positiven Einfluss auf den PAK-Verbrauch hat. Das Rückführverhältnis liegt dabei im Bereich zwischen 0,5 – 1,0. Zur Verbesserung der Absetzeigenschaften können im Zulauf zum Sedimentationsbecken z.B. Flockungshilfsmittel (FHM) und Fällmittel dosiert werden. Eine Verfahrensskizze ist in Abbildung 3-5 gezeigt. Die Überschussschle kann entweder aus dem Sedimentationsbecken oder mit dem Überschussschlamm aus der Belebung entnommen werden. Eine Regeneration der Kohle wird nicht durchgeführt. Eine landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes ist bei diesem Konzept nicht möglich.

Die notwendige Menge an zu dosierender PAK hängt u.a. davon ab, welche Hintergrundbelastung im Ablauf der Nachklärung z.B. durch Suspensa bzw. hohe CSB-, BSB-, DOC- bzw. TOC-Konzentrationen auftritt („Verdrängungseffekt“) sowie von der Art der eingesetzten Kohle, der Kontaktzeit, dem Dosierort, von einer vorgesehenen Rezirkulation und von der gewünschten Eliminationsleistung der Anlage. Die übliche Spannweite kann zwischen 10 und 20 mg PAK/l angegeben werden.

Untersuchungen in Baden-Württemberg konnten zeigen, dass bei einer Dosierung von 10 mg PAK/l die gut adsorbierbaren Mikroschadstoffe, wie Carbamazepin und Metoprolol, zu 80 % eliminiert werden können. (22)

Zur sicheren Abtrennung der „Rest“- PAK wird der Ablauf aus dem Sedimentationsbecken über eine Filtrationsstufe geleitet (z.B. Sandfilter, Tuchfilter).

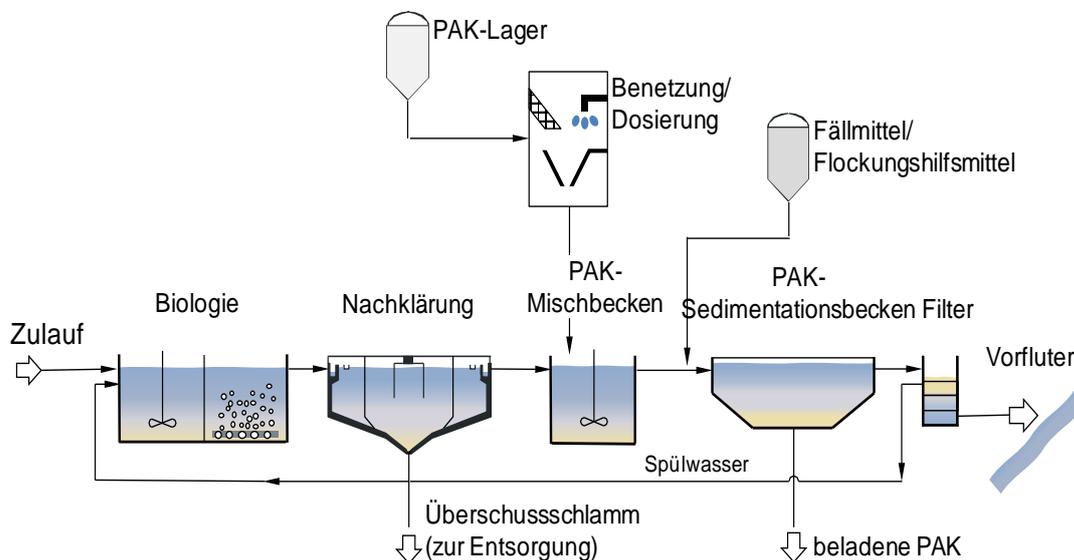


Abbildung 3-5: Verfahrensskizze Dosierung von PAK in ein Kontaktbecken

3.1.3.3 Dosierung von Pulveraktivkohle in den Überstau eines Sandfilters

Alternativ zum Betrieb eines separaten Kontaktbeckens mit nachgeschaltetem Sedimentationsbecken kann die Pulveraktivkohle auch in den Zulauf der Filtration oder in den Flockungsraum einer Filtration dosiert werden. Auch hier wird die PAK mit dem vorbehandelten Abwasser aus dem Ablauf der Nachklärung (geringe Hintergrundbelastung) in Kontakt gebracht.

Der eigentliche Kontaktraum zur Adsorption wird im Filterüberstand des nachgeschalteten Filters realisiert. Der Rückhalt der PAK erfolgt dabei allein durch den Filter. Die PAK wird mit dem Rückspülwasser vorzugsweise in die biologische Stufe zurückgeführt. Die Entnahme der PAK aus dem System erfolgt dann mit dem Überschussschlamm (23), (24).

Möglich ist auch der Betrieb eines separaten Kontaktbeckens für die Einmischung der PAK ins Abwasser und die nachfolgende Abscheidung der PAK mit dem Sandfilter (ohne vorgeschaltetes Sedimentationsbecken).

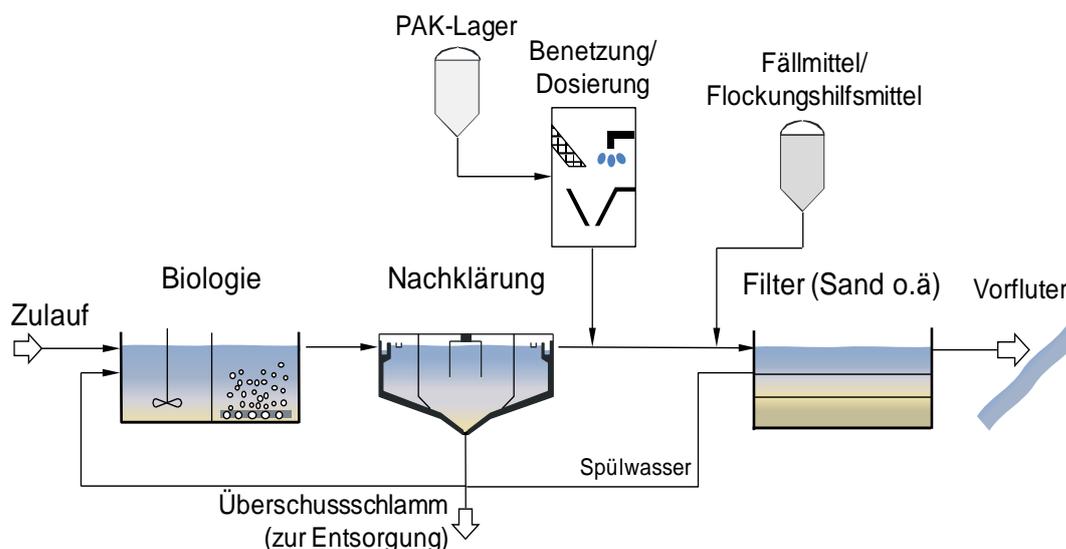


Abbildung 3-6: Prinzipskizze Dosierung PAK in den Flockungsraum

3.1.4 Einsatz von granulierter Aktivkohle (GAK) zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen

Die granulierte Aktivkohle wird in der Regel in einer der Nachklärung nachgeschalteten Filtrationsstufe eingesetzt. Üblich ist der Einsatz von Festbettfiltern, die von oben nach unten durchströmt werden. Sind beispielsweise noch Fest- oder Schwebstoffe in hohen Konzentrationen vorhanden, setzen diese die Aktivkohle schnell zu und „verstopfen“ die Poren. Eine zu schnelle Filterbelegung erfordert eine häufige Rückspülung des Filters. Je nach Qualität des Abwassers ist somit ggf. eine Vorfiltration zur Entfernung von Schweb- und Feststoffen erforderlich. Siehe auch die Verfahrensskizze in Abbildung 3-7.

Frische Kohle weist eine sehr hohe Adsorptionsfähigkeit auf, mit zunehmender Laufzeit nimmt diese ab. Die Durchbruchzeiten sind für verschiedene Stoffe sehr unterschiedlich, so dass sich u.U. sehr geringe Standzeiten der Filter ergeben können. In der Sickerwasserreinigung ist es deshalb üblich mehrere Aktivkohlefilter hintereinander zu schalten und rollierend zu betreiben. Auf kommunalen Kläranlagen sind die Wassermengen jedoch wesentlich höher und dynamischer, so dass der Betrieb mehrerer Filter in Reihe voraussichtlich nicht darstellbar ist. Ein Maß für die Standzeit eines Filters ist das „durchgesetzte Bettvolumen“, das auch abgekürzt als BVT (bed volume treated) bezeichnet wird. Die

BVT geben an, wie oft ein Reaktorvolumen von der gleichen Volumenmenge Abwasser durchfahren werden kann bevor es ausgetauscht werden muss. Die zurzeit vorliegenden Erfahrungen zeigen eine deutliche Spannweite der erzielbaren Bettvolumina, die zwischen 3.000 – 15.000 m³ schwanken (22). Für einzelne Stoffe kann auch nach einer wesentlich längeren Standzeit eine Elimination erreicht werden.

Die Auslegung der GAK Filter erfolgt über die Leerbettkontaktzeit (EBCT – empty bed contact time) und über die Filterbettgeschwindigkeit.

In NRW wurden beim Einsatz von GAK Filtern zur Spurenstoffelimination positive Erfahrungen gesammelt (z.B. Obere Lutter in Gütersloh). Untersuchungen der Eawag (25) bewerten die Eliminationsleistung von GAK Filtern als eher gering, weil einige Spurenstoffe schon nach wenigen Tagen nicht mehr effizient zurück gehalten wurden.

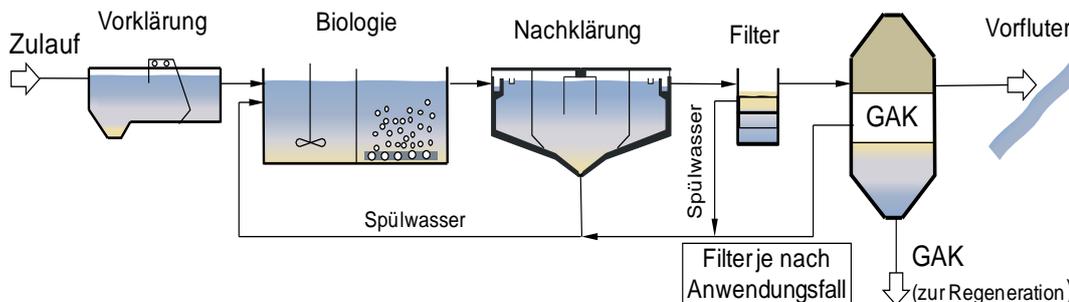


Abbildung 3-7: Verfahrensskizze granulierte Aktivkohle als Festbettfilter

3.2 Oxidative Verfahren

3.2.1 Grundlagen der Oxidation

Unter Oxidation versteht man ganz allgemein den Entzug von Elektronen aus einzelnen Teilchen wie z.B. aus Atomen, Ionen oder Molekülen. Die Umkehrung der Reaktion, d.h. die Aufnahme von Elektronen, wird als Reduktion bezeichnet.

Die ursprüngliche Bedeutung des Begriffs Oxidation war zunächst eng mit der Verbrennung unter Sauerstoffverbrauch verknüpft. In Erweiterung auf die oben beschriebene Definition bezeichnet man Substanzen, die in der Lage sind Sauerstoff abzugeben oder Elektronen zu binden, d.h. die in der Lage sind andere Substanzen zu oxidieren, als Oxidationsmittel (z.B. Ozon).

Der Oxidationsvorgang von Ozon mit organischen Substanzen basiert auf zwei sich überlagernden Reaktionstypen (Abbildung 3-8).

Die erste Reaktion ist die Reaktion des Ozonmoleküls mit den gelösten Substanzen. Diese direkte Reaktion ist äußerst selektiv, es werden Doppelbindungen und bestimmte funktionelle Gruppen in Molekülen angegriffen. Die zweite Reaktion wird über OH-Radikale geführt, die beim Zerfall des Ozons entstehen. Diese OH-Radikale reagieren unselektiv in Millisekunden mit den Wasserinhaltsstoffen. Bei

niedrigen pH-Werten überwiegt die erste, direkte Reaktion, während bei hohen pH-Werten fast ausschließlich die radikalische Reaktion abläuft.

Durch "Initiatoren" wie OH^- , H_2O_2 , UV-Strahlen oder gewisse organische Verbindungen (z.B. die im Abwasser vorkommenden Huminstoffe) werden $\text{O}_2^- \cdot / \text{HO}_2^-$ -Radikale gebildet; über Zwischenschritte entsteht das äußerst reaktive $\text{OH} \cdot$ -Radikal. Die $\text{OH} \cdot$ -Radikale reagieren mit den organischen Inhaltsstoffen (C), wobei Peroxylradikale entstehen, die ihrerseits $\text{O}_2^- \cdot / \text{HO}_2^-$ -Radikale abspalten und den Kreis damit schließen. Hohe Konzentrationen an "Radikalfängern" wie Carbonate/Hydrogencarbonate (CO_3/HCO_3) oder Alkylverbindungen wirken hier hemmend auf die Reaktionsgeschwindigkeit, da sie die Kettenreaktion durch Verbrauch von $\text{OH} \cdot$ -Radikalen unterbrechen können.

Bevor die Reaktion des Ozons mit den Wasserinhaltsstoffen erfolgen kann, muss es in die Wasserphase eingebracht werden. Sobald das Ozon in der Flüssigphase gelöst ist, kann die eigentliche Oxidation der Schadstoffe erfolgen. Geringe Ozonkonzentrationen in der Gasphase und schlechte Absorptionseigenschaften erschweren den Ozoneintrag.

Gleiches gilt für die Temperatureinstellung, die auf der einen Seite bei höheren Temperaturen eine niedrigere Ozonlöslichkeit zur Folge hat, zum anderen aber auch den Ozonerfall und damit die Bildung von reaktionsfreudigem atomarem Sauerstoff fördert.

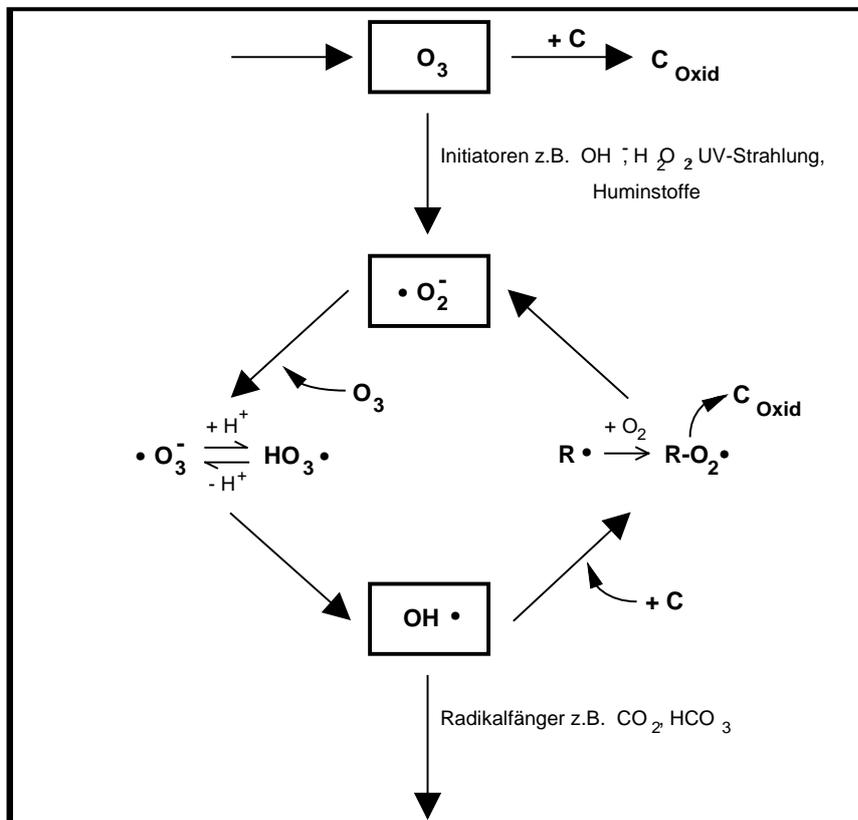


Abbildung 3-8: Reaktionsmechanismen bei der Oxidation mit Ozon

Viele Mikroverunreinigungen enthalten Doppelbindungen oder funktionelle Gruppen, die durch Ozon oxidiert (umgewandelt) werden können. Ozon wird seit Jahrzehnten für die Desinfektion und zur Elimination von organischen Inhaltsstoffen in der Trinkwasseraufbereitung, in der Aufbereitung von Badewasser und in der Behandlung von industriellen Abwässern eingesetzt. Es reagiert einerseits mit den Mikroverunreinigungen, aber auch mit der organischen Hintergrundmatrix (DOC) und anderen anorganischen Abwasserinhaltsstoffen (z.B. Nitrit).

3.2.2 Einsatz von Ozon auf Kläranlagen

Um den Ozonbedarf möglichst gering zu halten, wird die Ozonung beim Einsatz auf Kläranlagen im Anschluss an die weitgehende biologische Reinigung in der Regel hinter der Nachklärung eingesetzt. Wichtig ist eine gute biologische Reinigungsleistung der Belebung und ein gutes Abscheideergebnis der Nachklärung, um die Hintergrundbelastung des Abwassers mit organischen Stoffen, aber auch anorganischen Verbindungen wie Nitrit, gering zu halten und damit den Ozonbedarf zu minimieren.

Da durch die Behandlung mit chemischen Oxidationsmitteln aus langkettigen, schwer abbaubaren Stoffen kurzkettige und leicht abbaubare Stoffe entstehen, bevor sie durch weitere Oxidationsmittelzugabe vollständig mineralisiert werden, kann es je nach Anwendungsfall sinnvoll sein, eine Aktivkohle-Adsorption oder Filtration (Sandfiltration, Tuchfiltration; biologisch aktiviert) nachzuschalten.

3.2.2.1 Apparative Ausführung der Ozonierung für die Spurenstoffelimination auf Kläranlagen

Ozon muss vor Ort in einem Ozongenerator erzeugt werden und wird anschliessend gasförmig ins Abwasser eingetragen. Als Trägergas dient in der Regel Sauerstoff, der flüssig angeliefert wird und in einem Tank gelagert wird. Es ist auch möglich, Ozon aus Umgebungsluft herzustellen.

Das zu behandelnde Abwasser wird in einen Ozonreaktor eingeleitet, dieser Reaktor ist auf Kläranlagen in der Regel der Nachklärung nachgeschaltet. Der Ozoneintrag kann entweder über am Reaktorboden installierte Keramikbelüfter (siehe Abbildung 3-9) oder über ein Injektorsystem, mit dem das Ozon in das Abwasser eingedüst wird, erfolgen. Der Ozonreaktor muss ausreichend groß dimensioniert sein, damit das Ozon mit den Abwasserinhaltsstoffen ausreichend lang reagieren kann.

Ozon ist klimaschädlich und ein starkes Reizgas. Durch die Abdeckung des Reaktors und Absaugung der Abluft wird sichergestellt, dass kein Ozon in die Umgebung gelangt. Die ozonhaltige Abluft, die oberhalb des Reaktors abgesaugt wird, wird über einen Restozonvernichter (Katalysator) geleitet. Im Anschluss an die Ozonbehandlung wird eine biologisch aktive Stufe empfohlen, um reaktive Oxidationsprodukte zu entfernen.

Um die Gefährdung des Betriebspersonals zu minimieren, muss nicht nur sichergestellt werden, dass kein Ozon aus dem Abwasser in die Umgebung austritt, sondern auch, dass die Raumluft im Maschinenhaus, wo der Ozongenerator aufgestellt ist, auf das eventuelle Auftreten einer Ozonkonzentration überwacht wird.

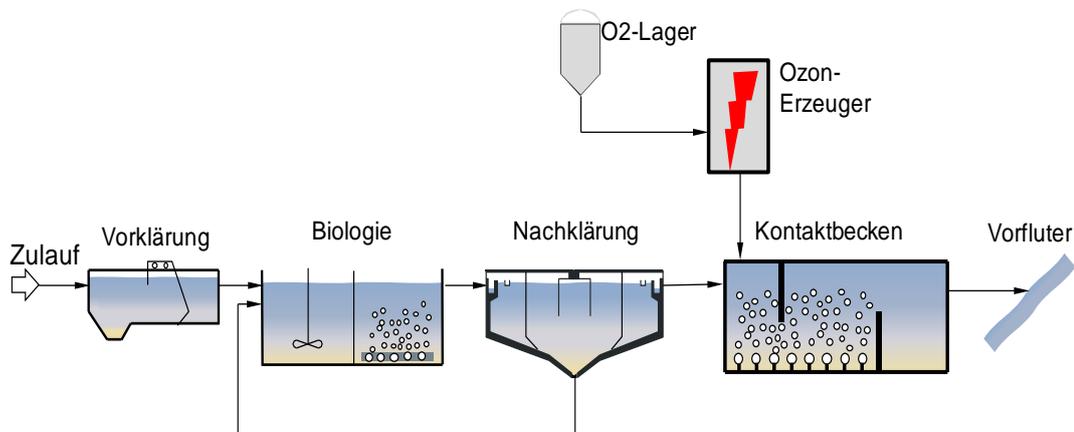


Abbildung 3-9: Mögliche Verfahrenseinbindung Ozonisierung

Bei der Ozonisierung kann außerdem durch die Reaktion von Bromid und Ozon Bromat entstehen, das in der Trinkwasserverordnung stark reglementiert ist.

3.3 Membranverfahren

3.3.1 Grundlagen der Membrantechnik

Die Membrantechnik, speziell die Nanofiltration (NF) und die Umkehrosmose (UO), zählt zu den physikalischen Behandlungsverfahren und ist ein druckgetriebener Prozess an einer semipermeablen Membran, bei dem der natürliche Vorgang der Osmose durch Aufprägung eines den osmotischen Druck der Lösung übersteigenden Druckes, wie in Abbildung 3-10 dargestellt, umgekehrt wird. Die treibende Kraft der Osmose beruht auf dem Bestreben zweier in Kontakt stehender Lösungen, einen Konzentrationsausgleich durch Diffusion zu erreichen. Wird das gegenseitige Vermischen der beiden Lösungen mittels einer semipermeablen Wand (Membran) verhindert, so dass die Vermischung (Konzentrationsausgleich) nur in eine Richtung stattfinden kann, nennt man diesen Vorgang Osmose.

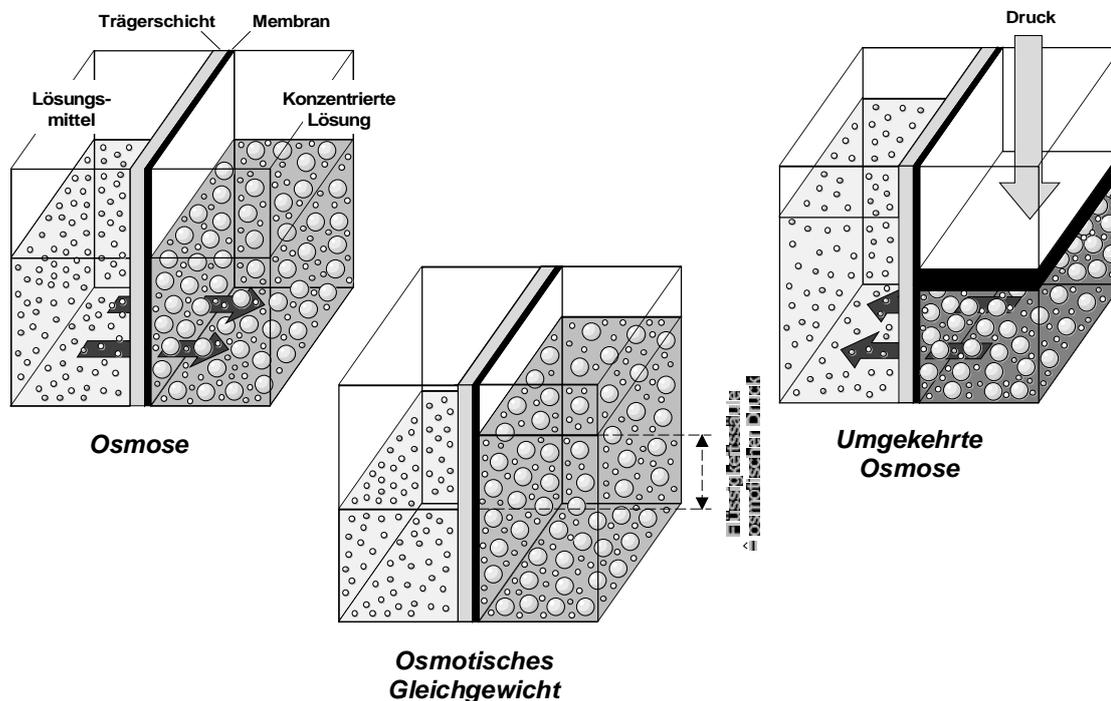


Abbildung 3-10: Osmose und Umkehrosmose

Die Trennung erfolgt dadurch, dass mindestens eine Komponente in der zu trennenden Lösung, in der Regel ist dies Wasser, die Membran nahezu ungehindert passieren (permeieren) kann, während andere Komponenten mehr oder weniger stark zurückgehalten werden. Bei der natürlichen Osmose permeiert daher bevorzugt die Lösungsmittelkomponente Wasser durch die Membran aus der verdünnten Lösung in die konzentrierte Lösung, bis ein Konzentrationsausgleich geschaffen ist.

Durch das Aufprägen eines den osmotischen Druck übersteigenden Druckes kann dieser Prozess umgekehrt werden, so dass die konzentriertere Lösung entwässert, d. h. aufkonzentriert werden kann. Dieser Prozess wird in der technischen Anwendung dementsprechend Umkehrosmose genannt. Der Zulaufstrom (Feed) wird in ein gereinigtes Wasser (Permeat) und einen höher konzentrierten Ablauf, das Konzentrat, aufgetrennt.

Das verfahrenstechnische Grundprinzip der Mikro- bzw. Ultrafiltration ist mit der Umkehrosmose vergleichbar, jedoch beruht die Trennwirkung nicht auf einer Diffusion, sondern auf einer reinen Filtration. Der osmotische Druck des Mediums ist hierbei nicht relevant. Durch die Mikro- bzw. Ultrafiltration können im Gegensatz zur Umkehrosmose keine gelösten Stoffe abgetrennt werden, sondern lediglich Suspensa und zum Teil Bakterien.

Die Trennschärfe synthetisch hergestellter semipermeabler Membranen zum Einsatz in Umkehrosmose- und Nanofiltrationsanlagen deckt dabei den niedermolekularen Bereich der Filtrations- und Trennverfahren mit einer Teilchengröße von ca. 0,5 bis 10 nm ab. Man spricht hierbei auch oft von der Trenncharakteristik der Membran, welche dann auch als cut-off oder Molekulargewichtstrenngrenze

angegeben wird. Diese Trenngrenze entspricht bei der Umkehrosmose ca. 30 - 50 g/mol und bei der Nanofiltration ca. 180 - 250 g/mol.

Eine Übersicht über die Trennschärfe der verschiedenen Membranfiltrationsverfahren zeigt Abbildung 3-11. Nanofiltrations- und Umkehrosmoseverfahren können ein sehr breites Spektrum an Substanzen nahezu vollständig zurück halten. Viele Spurenstoffe, wie Arzneimittel, bewegen sich im Trennbereich der Nanofiltration und Umkehrosmose.

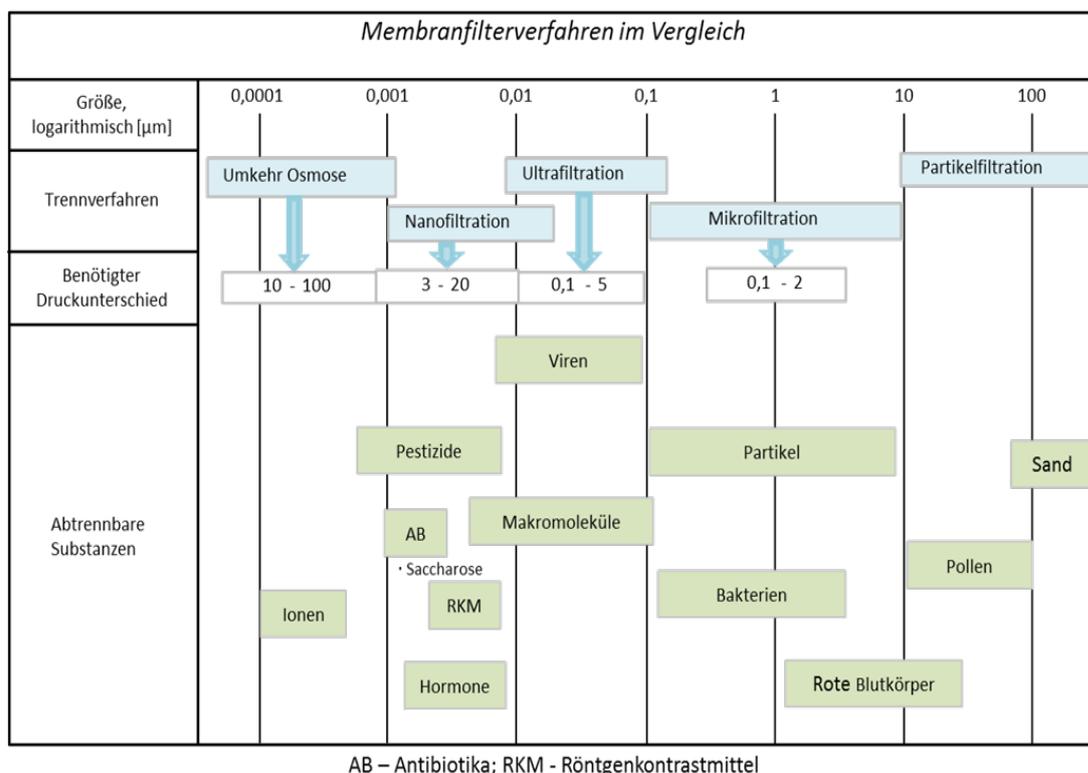


Abbildung 3-11: Membranfiltrationsverfahren im Vergleich

Je nach Trenncharakteristik der eingesetzten Membranen können somit nahezu alle im Wasser- bzw. Abwasser gelösten organischen und anorganischen Stoffe, teilweise selektiv, abgetrennt werden. Diese Verfahren werden somit eingesetzt, um gelöste Stoffe, die durch eine konventionelle Filtrationstechnik nicht abtrennbar sind, aus Lösungen zu entfernen.

Die konventionellen Filtrationstechniken, wie Ultra-, Mikro- und Partikelfiltration, werden für das Abtrennen von Kolloiden und Feststoffen aus einer Lösung an einer Porenmembran eingesetzt. Diese Anlagen können daher mit geringen Drücken, je nach System und Anwendung ca. 1-10 bar, betrieben werden. Bei der Umkehrosmose muss zuerst der osmotische Druck der Lösung überwunden werden, bevor eine Auftrennung der Lösung stattfinden kann. Daher sind vor allem bei der Umkehrosmose erheblich höhere Drücke erforderlich. Für die Nanofiltration gilt dies nur bedingt, da die einwertigen Neutralsalze zum größten Teil die Membran passieren und somit eine geringere Konzentrationsdiffe-

renz zwischen der Konzentrat- und der Permeatseite vorhanden ist als bei der Umkehrosmose. Daher können Nanofiltrationsanlagen in der Regel mit deutlich niedrigeren Betriebsdrücken betrieben werden.

Der Betriebsdruck der eingesetzten Membranen und Modulen war lange Zeit auf etwa 60 bis 80 bar für die Umkehrosmose und auf ca. 40 bar für die Nanofiltration begrenzt. Mittlerweile sind Systeme verfügbar, deren Konstruktionen Betriebsdrücke zwischen 120-300 bar für die Umkehrosmose erlauben. Der Trennvorgang wird dabei an der Membran von einer nur ca. 0,1-0,2 mm dicken aktiven Schicht geleistet, während die darunter liegende poröse Stützschrift (ca. 0,1-0,2 mm) für die notwendige Festigkeit sorgt. Da der Betriebsdruck stets deutlich über dem maximal auftretenden osmotischen Druck des erzeugten Konzentratstromes liegen muss, ist der Aufkonzentrierung eine natürliche Grenze gesetzt.

Die Anwendbarkeit der Membrantechnik bei der Abwasserreinigung wird neben der konstruktiven Gestaltung der einzelnen Modul- bzw. Membransysteme auch durch eine Vielzahl von weiteren begrenzenden Faktoren beeinflusst. In Abbildung 3-12 sind einige dieser Faktoren und deren Einflüsse auf die Anlage dargestellt.

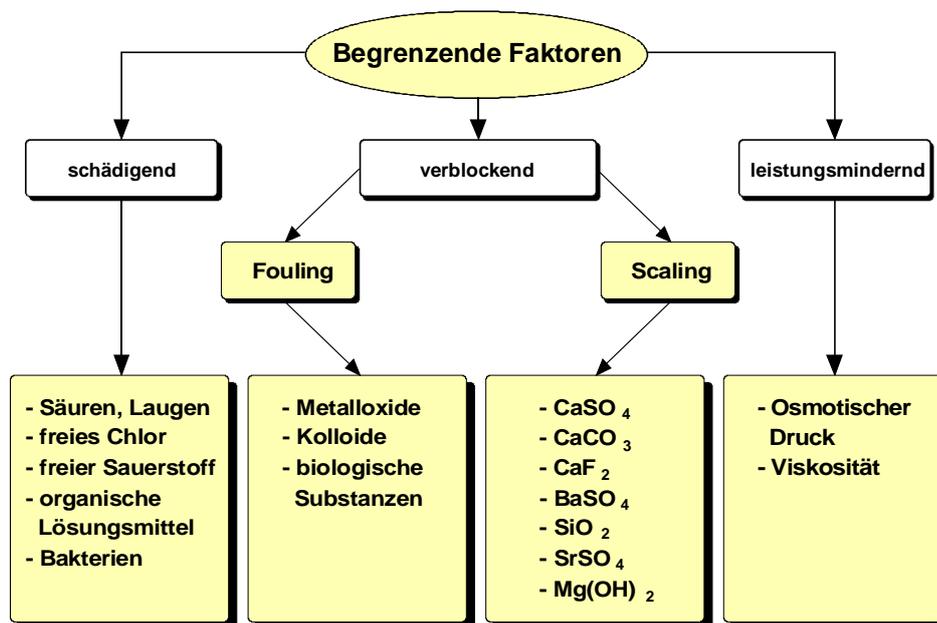


Abbildung 3-12: Begrenzende Faktoren

Die chemisch-physikalischen Grundlagen der Abwasseraufbereitung durch Membrantechnik machen vor dem Hintergrund der oben dargestellten Einflussfaktoren in der Regel einige Vorbehandlungsschritte (biologische Vorreinigung, Vorfiltration, Zugabe von Inhibitoren etc.) und betriebliche Maßnahmen (chemische Reinigung der Membranen etc.) notwendig, um in der Praxis eine ausreichende Betriebssicherheit und Anlagenverfügbarkeit sicherstellen zu können.

NF und UO werden in der Trinkwasseraufbereitung (z.B. bei Verunreinigungen mit Pestiziden) und bei der Behandlung von industriellen Prozessströmen eingesetzt, die Umkehrosmose vorwiegend in der Meerwasserentsalzung und der Produktion von Reinstwasser.

3.3.1.1 Apparative Ausführung der Membranen

Prinzipiell lässt sich jeder beliebige cut-off einer Membran herstellen. Großtechnisch im Bereich der Abwasserbehandlung eingesetzte Membranen sind jedoch hinsichtlich der Reinigungsleistung vergleichbar, wobei sich die bei der Nanofiltration eingesetzten Membranen durch eine erhöhte Durchlässigkeit für einwertige Salze bei gleichzeitig guten Reinigungsleistungen für bestimmte Schadstoffe (insbesondere Organik) auszeichnen.

Ausschlaggebend für die Auswahl und die Verschaltung der Membranmodule innerhalb der Membranstufen ist grundsätzlich die Notwendigkeit einer ausreichenden Überströmungsgeschwindigkeit an der Membranoberfläche.

Großtechnisch werden im Bereich Abwasser folgende Modulformen eingesetzt, welche sich hauptsächlich durch die konstruktive Gestaltung, d.h. die Anordnung der Membranen im Modul, unterscheiden:

- ⇒ Tubular- bzw. Rohrmodule
- ⇒ Scheiben- bzw. Diskmodule
- ⇒ Kassetten- bzw. Plattenmodule
- ⇒ Wickelmodule.

Die Unterschiede zwischen diesen Modulbauarten bestehen im Wesentlichen in der Packungsdichte (Membranfläche bezogen auf das Bauvolumen) und in der Größe der Strömungsquerschnitte.

Die Module werden bei der großtechnischen Anwendung zu einzelnen Blöcken verschaltet. Zur Sicherstellung ausreichender Strömungsgeschwindigkeiten wird innerhalb eines Blocks ein Mehrfaches der abgepressten Permeatmenge umgewälzt, so dass der gesamte Block auf einem nahezu konstanten Konzentrationsniveau arbeitet. Der umzuwälzende Volumenstrom ergibt sich aus der Aufteilung der Module auf parallele und in Reihe geschaltete Stränge, wobei die Anzahl der in Reihe geschalteten Module über den maximal zugelassenen Druckverlust begrenzt wird. Entsprechend der Geometrie der verschiedenen Module ergeben sich für die umzuwälzenden Volumenströme und die sich daraus ergebenden Pumpleistungen erhebliche Unterschiede.

3.3.2 Einsatz von Membranen zur Spurenstoffelimination auf KA

Nanofiltration und Umkehrosmose können ein breites Stoffspektrum der Mikroverunreinigungen nahezu vollständig zurückhalten. Um kommunales Abwasser jedoch mittels Nanofiltration oder Umkehrosmose behandeln zu können, ist eine sehr gute Vorreinigung (z.B. Ultrafiltration) die Voraussetzung,

da die eingesetzten Membranen insbesondere vor ungelösten Stoffen gut geschützt werden müssen, um Belagbildung und Verstopfungen zuverlässig zu vermeiden.

Beim Einsatz der Membranverfahren fallen stets zwei Wasserströme an, einerseits das gereinigte Abwasser (Permeat), andererseits das Konzentrat oder Retentat, welches die abgetrennten Stoffe enthält und bis zu 25% des Eingangsvolumenstroms ausmachen kann. Während das gereinigte Abwasser abgeleitet werden kann, verbleibt nach der Membranbehandlung ein Konzentrat, das die abgetrennten Abwasserinhaltsstoffe enthält. Je nach eingesetzter Verfahrenstechnik sind die Konzentratmengen unterschiedlich groß. Das Konzentrat muss weiter behandelt und/oder entsorgt werden. Lösungsmöglichkeiten für die Konzentratentsorgung in großen Mengen stehen zurzeit noch nicht zur Verfügung.

Membranen kommen für die Entfernung von Mikroverunreinigungen sowie von Keimen aus dem kommunalen Abwasser zwar in Frage und lassen die beste Eliminationsleistung erwarten, der hohe Energieverbrauch sowie die ungelöste Frage nach der Behandlung des Konzentrats sprechen jedoch gegen ihren Einsatz.

3.4 Sonstige Verfahren

3.4.1 AOP Advanced Oxidation Processes

Unter „Advanced Oxidation Processes“ (AOP) versteht man beispielsweise den Einsatz UV und H₂O₂, UV und TiO₂ (oder einem anderen Halbleiter), O₃ und H₂O₂ und weiteren Oxidationsmitteln. AOP sind grundsätzlich in der Lage, ein breites Spektrum von Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser zu entfernen. AOP beruhen auf der Oxidation von organischen Inhaltsstoffen durch OH-Radikale (OH[•]). OH-Radikale müssen vor Ort (im Wasser) erzeugt werden und können nicht gelagert werden. Sie sind hoch reaktiv und reagieren mit praktisch allen organischen Stoffen, d. h. mit Mikroverunreinigungen, aber auch mit Hintergrund-DOC sowie mit einigen anorganischen Verbindungen. Die angegriffenen Substanzen werden wie bei der Ozonung in der Regel nicht zu CO₂ mineralisiert, sondern transformiert, wobei unbekannte Reaktionsprodukte entstehen. Aufgrund der hohen Reaktivität der Radikale ist eine gute Vorreinigung des Abwassers notwendig, damit die Radikale möglichst effizient mit den Mikroverunreinigungen reagieren können.

Für den Einsatz in kommunalen Kläranlagen sind diese Verfahren mittelfristig nicht geeignet. Es liegen bisher kaum Betriebserfahrungen in kommunalem Abwasser vor, des Weiterem sind der Energieverbrauch und die Kosten gegenüber der reinen Ozonung oder der Aktivkohlebehandlung höher.

3.4.2 Weitere Verfahren

3.4.2.1 Ferrat

Bei Ferrat handelt es sich um sechswertiges Eisenoxid (Fe(VI)O₄²⁻), das erst vor kurzem für die Behandlung von Abwasser entdeckt wurde. Ähnlich wie Ozon reagiert auch Ferrat selektiv mit bestimm-

ten chemischen Bindungen (funktionellen Gruppen). Die Elimination von Mikroverunreinigungen ist stark abhängig von der Dosis. Die Dosierung erfolgt in einen Kontaktreaktor. Der Vorteil von Ferrat ist, dass es bei der Reaktion zu dreiwertigem Eisen reduziert wird, das für die Phosphatfällung genutzt werden kann. Die Anwendung von Ferrat wurde zunächst im Labormaßstab getestet, wobei diese Versuche vielversprechend verliefen. Ferrat kann, ähnlich wie Pulveraktivkohle, in die Belebung oder in eine eigene Behandlungsstufe dosiert werden. Bei der Dosierung in die Belebung ist eine höhere spezifische Dosiermenge notwendig. Die chemische Reaktivität ist etwas geringer als beim Ozon. Da Ferrat bislang nicht im industriellen Maßstab hergestellt wird, sind die Kosten relativ hoch. Die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit muss in der kommenden Zeit noch genauer untersucht werden. (21)

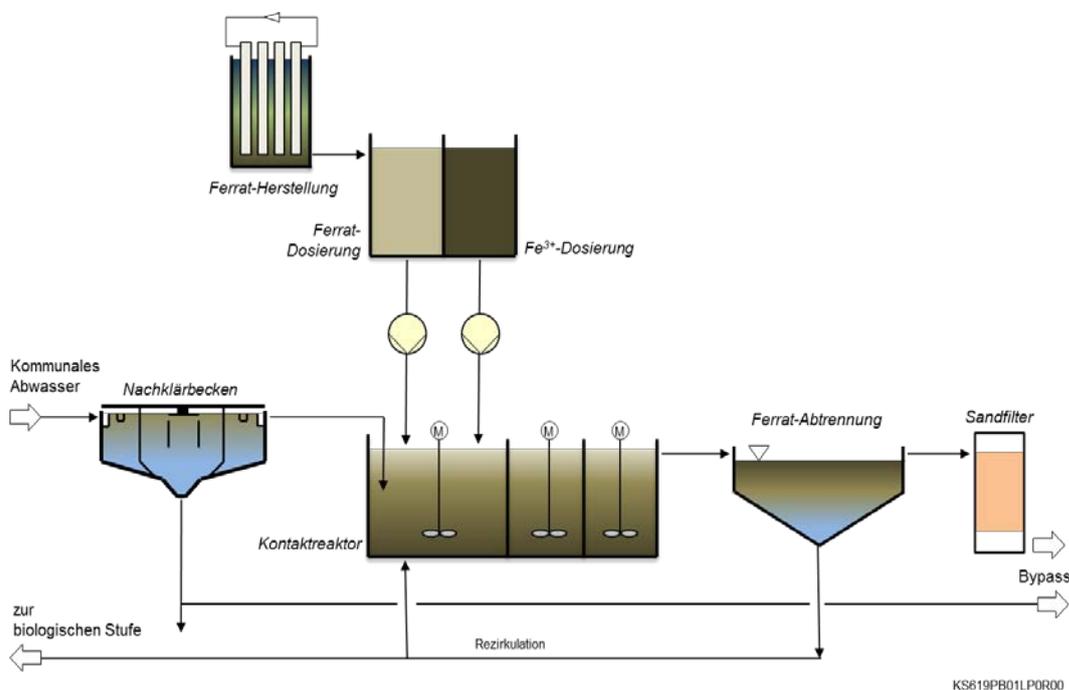


Abbildung 3-13: Prinzipskizze einer Ferratdosierung zur Spurenstoffelimination (nach (21))

3.4.2.2 Chlor/Chlordioxid:

Chlor und Chlordioxid werden in der Trinkwasseraufbereitung hauptsächlich zur Desinfektion eingesetzt. Chlor ist ein starkes Oxidationsmittel, das selektiv mit bestimmten chemischen Bindungen reagiert. Es konnte gezeigt werden, dass Chlor keine Breitbandwirkung aufweist, d. h. nur ein kleines Stoffspektrum eliminieren kann. Für diese Eliminationsleistung sind zudem große Mengen Chlor notwendig (mehr als für die Desinfektion). Durch den hohen Gehalt an organischen Stoffen im Abwasser werden dabei relativ große Mengen an problematischen Nebenprodukten wie AOX (z.B. Trihalomethane) gebildet. Der Einsatz von Chlor ist daher für die Entfernung von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser nicht geeignet. (21)

3.5 Photolyse

Bei der Photolyse wird das Abwasser mit einer Strahlungsquelle bestrahlt. Dies kann entweder natürliches Sonnenlicht oder künstliche UV-Strahlung sein. UV-Strahlung ist für die Desinfektion von Trink- und Abwasser weit verbreitet. Zur Entfernung von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser ist die Photolyse jedoch nicht geeignet, da nur relativ wenige Substanzen entfernt werden können und damit die Breitbandwirkung nicht gegeben ist. (21)

3.6 Ultraschall

Durch die Behandlung von Abwasser mit Ultraschall entstehen sehr kleinräumige und kurzlebige Mikroblasen, die lokal zur Freisetzung von großen Energiemengen führen. Dies führt zu einer Vielzahl von Prozessen, wie Pyrolyse oder Bildung von O- und OH-Radikalen. Durch diese Prozesse können Mikroverunreinigungen oxidiert werden. Dieses Verfahren muss in Zukunft noch genauer untersucht werden. (21)

3.7 Bewertung der Behandlungsverfahren für den Einsatz auf kommunalen Kläranlagen

Bei der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung wurde bisher eine Vielzahl von Verfahren in Pilotversuchen oder halbtechnischen sowie großtechnischen Anlagen eingesetzt, um verschiedenste Abwasserinhaltsstoffe zu entfernen. Einige der Verfahren sind geeignet, eine große Bandbreite an Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser zu entfernen. Andere sind zu spezifisch und können nur wenige Substanzen erfolgreich eliminieren. Für einige Verfahren liegen noch nicht genug Kenntnisse vor, um einen Einsatz abschließend zu bewerten. Ist die Breitbandwirkung nicht gegeben, ist das Verfahren generell nicht geeignet, um eine ausreichende Spurenstoffelimination aus Abwasser zu bewirken.

Nano- und Umkehrosroseverfahren sind theoretisch in der Lage die gesamte Anzahl an Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser zu entfernen. Auch technisch wären diese Verfahren auf Kläranlagen zu integrieren. Die hohen Kosten und die großen Mengen an Konzentrat, die bei diesen Verfahren anfallen, schließen diese Verfahren zurzeit jedoch für die Spurenstoffelimination auf Kläranlagen aus. Auch zukünftig wird die Konzentratentsorgung flächendeckend logistisch und wirtschaftlich nicht eingerichtet werden können.

Die Photolyse scheidet für die Spurenstoffelimination aus Abwasser aus, da nur sehr wenige Verbindungen entfernt werden können. Der Einsatz von Chlor und Chlordioxid kommt aus zwei Gründen für die Spurenstoffelimination aus Abwasser nicht in Frage. Zum einen ist durch den relativ großen Anteil organischer Verbindungen auch im gereinigten Abwasser die Gefahr der Bildung von problematischen Nebenprodukten wie z.B. AOX möglich. Zum anderen ist auch eine Breitbandwirkung des Verfahrens nicht gegeben.

Für das Verfahren der Ferrat- Dosierung liegen noch nicht genügend Erfahrungen vor, um eine zuverlässige Aussage über die Eignung zu machen, zusätzlich sprechen heute noch ökonomische Gründe

gegen den Einsatz, weil Ferrat bisher nur in „Kleinstmengen“ produziert wird und entsprechend teuer ist. Aufgrund der Kombinationsmöglichkeit mit einer weitergehenden Phosphorelimination ist dieses Verfahren durchaus vorteilhaft. Weitere Untersuchungen müssen jedoch abgewartet werden.

Für die AOP-Verfahren liegen beim Einsatz für die Spurenstoffelimination aus Abwasser ebenfalls noch zu wenige Erfahrungen vor. Nach jetzigem Kenntnisstand verursacht der Einsatz dieser Verfahren jedoch zu hohe Kosten.

Nach heutigem Kenntnisstand ist insbesondere der Einsatz von Aktivkohle oder Ozon für eine weitergehende Elimination von Mikroverunreinigungen geeignet und auch in bestehende Anlagen integrierbar. Sowohl die Behandlung des Abwassers mit Aktivkohle als auch mit Ozon erwies sich in Pilotversuchen und in der Großtechnik als geeignet, eine große Zahl von Mikroverunreinigungen weitgehend aus dem Abwasser zu entfernen. Daneben wurde nachgewiesen, dass nachteilige Effekte auf Wasserlebewesen (z.B. Hormonaktivität) verringert werden (21). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass weder mit dem Einsatz von Aktivkohle noch mit dem Einsatz von Ozon alle Mikroverunreinigungen vollständig zu entfernen sind.

Die Aktivkohle kann wie zuvor beschrieben entweder als Pulveraktivkohle (PAK) eingesetzt werden oder als granuliert Aktivkohle (GAK). Beim Einsatz der Pulveraktivkohle werden die besten Eliminationsleistungen erreicht, wenn die Dosierung der PAK in ein Kontaktbecken mit ausreichender Verweilzeit und einer ausreichend hohen PAK Dosierrate erfolgt und eine Rezirkulation der PAK betrieben wird. Es ist auch möglich, die PAK in den Flockungsraum eines Filters zu dosieren. Beim Einsatz von granulierter Aktivkohle wurden teilweise wesentlich schlechtere Eliminationsleistungen als beim Einsatz der Pulveraktivkohle festgestellt (25).

3.7.1 Großtechnische Umsetzung von Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen

In Nordrhein-Westfalen und in Baden-Württemberg wurden bereits mehrere großtechnische Anlagen zur Spurenstoffelimination errichtet und in Betrieb genommen. Auch in der Schweiz beschäftigt man sich intensiv durch den Betrieb von Versuchsanlagen und großtechnischen Anlagen mit der Spurenstoffelimination.

Großtechnische Anlagen sind unter anderem auf den nachfolgend genannten Kläranlagen in Betrieb:

KA Bad Sassendorf:	Ozonung
KA Duisburg- Vierlinden:	Ozonung
KA Mannheim:	PAK-Dosierung in Kontaktbecken
KA Schwerte:	PAK-Dosierung und Ozonung
KA Buchenhofen:	PAK- Dosierung in Filterzelle
KA Obere Lutter:	GAK-Filtration

In den kommenden Jahren werden mit den jetzt schon in Betrieb befindlichen Anlagen und mit den momentan im Bau befindlichen Anlagen weitergehende Betriebserfahrungen gesammelt, die für eine Optimierung der oben genannten Verfahren genutzt werden können.

4 Auswertung der Betriebsdaten der Kläranlage Mettingen

Die Auswertung der Betriebsdaten erfolgt für den Zeitraum 01.01.2012 bis 31.12.2013. Vom Auftraggeber wurden die Daten aus den Betriebstagebüchern zur Verfügung gestellt.

Die Kläranlage Mettingen hat (laut Erlaubnisbescheid von 22.12.2009) eine Ausbaugröße von insgesamt 117.170 EW_{60} . Hierbei entfallen 25.700 EW_{60} auf den häuslichen und 91.470 EW_{60} auf den industriellen Abwasseranteil. Durch die flotative Vorbehandlung des industriellen Abwassers verringert sich die Belastung deutlich. Durch die Erweiterung des Industriestandortes der Fa. Coppenrath & Wiese wird die industrielle Belastung in den kommenden Jahren steigen. Im Jahr 2018 soll die Kläranlage Mettingen eine Belastungsgröße von rund 111.800 EW_{60} aus den Industriebetrieben verarbeiten. Nach der flotativen Vorbehandlung und inkl. des kommunalen Zulaufes ergibt sich dann eine Belastung im Zulauf der Biologie von rund 64.600 EW_{60} .

4.1 Zulauf der Kläranlage

Der Gesamtzulauf der Kläranlage entspricht in etwa der im Ablauf der Kläranlage gemessenen Wassermenge. Im Durchschnitt liegt der Gesamtzulauf in den Jahren 2012/2013 bei 1.389.000 m^3/a . Aus den summierten Abwassermengen der Flotationen (I + II) ergibt sich ein durchschnittlicher industrieller Abwasserstrom von 1.100 m^3/d und damit eine jährliche industrielle Abwassermenge von rund 397.000 m^3 .

Wird von der Gesamtwassermenge der industrielle Abwasserstrom abgezogen, so ergibt die kommunale Abwassermenge. Durchschnittlich werden 2.700 m^3 kommunales Abwasser täglich in der Kläranlage behandelt. Dies entspricht rund 993.000 m^3 kommunalem Abwasser, die jährlich in der Kläranlage Mettingen behandelt werden.

Die kommunale CSB-Fracht beträgt im Mittel 1.800 kg/d . Dies entspricht einer Belastung von 15.100 Einwohnern (E). Die industrielle Zulauffracht zur biologischen Stufe beträgt im Durchschnitt 1.300 kg_{CSB} / d . Dies entspricht einem Einwohnerequivalent von 10.700 EGW.

Für den industriellen Abwasserstrom kann man jedoch davon ausgehen, dass die enthaltenen organischen Substanzen im Allgemeinen sehr leicht biologisch abbaubar sind, da sie überwiegend aus der Lebensmittelherstellung stammen. Daher kann man auch annehmen, dass die BSB_5 -Belastung des industriellen Abwassers der CSB-Belastung entspricht. Eine BSB_5 -Belastung von ca. 1.300 kg/d würde einem Einwohnerequivalent von ca. 21.400 EGW entsprechen. Es ist daher insgesamt davon auszugehen, dass die industriell eingetragenen Einwohnerequivalente nach der Flotation zwischen 10.700 und 21.400 EGW liegen.

Dies bedeutet eine Gesamtbelastung der biologischen Stufe durch 25.800 bis 36.500 EW. Die durchschnittlichen Zulauffrachten zur Kläranlage Mettingen sind in Tabelle 4-1 dargestellt.

Tabelle 4-1: Zulauffrachten Kläranlage Mettingen

Parameter	Durchschnittl. Tagesfracht 2012	Durchschnittl. Tagesfracht 2013	Durchschnittl. Tagesfracht 2012/2013
CSB kommunal [kg/d]	1842	1777	1809
TNb kommunal [kg/d]	189	147	168
NH ₄ -N kommunal [kg/d]	137	99	118
P _{ges} kommunal [kg/d]	36	33	34
CSB industriell [kg/d]	1226	1342	1284
(BSB ₅ industriell) [kg/d] ¹⁾	1226	1342	1284

¹⁾ Annahme

Die Eliminationsleistung der Flotation liegt nach Betreiberangaben bei 60-70%. Diese hohe Flotationsleistung bedeutet eine erhebliche Verringerung der CSB-Fracht und damit eine deutliche Entlastung der biologischen Stufe (siehe Abbildung 4-1).

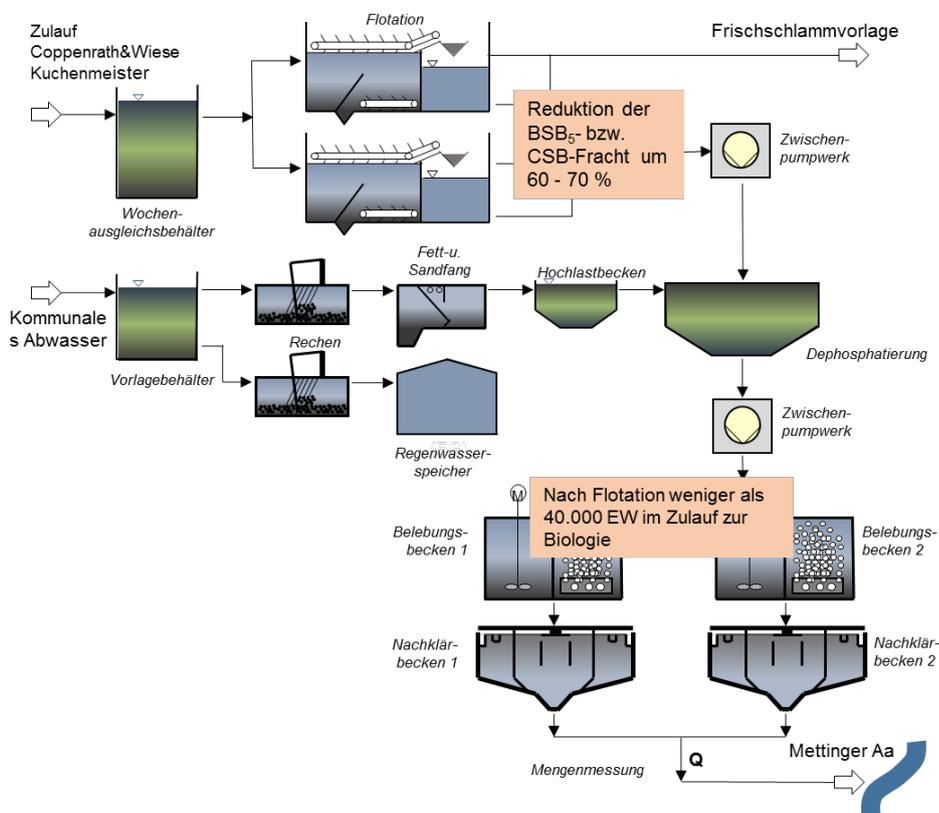


Abbildung 4-1: Vereinfachtes Verfahrensschema der Kläranlage Mettingen mit Frachtreduktion durch Flotation

4.2 Flotation und Biologie

Das industrielle Produktionsabwasser wird in einem Wochenausgleichsbehälter mit dem aus der Biologie stammenden Überschussschlamm vermischt. Mittels einer Druckluftbelüftungsanlage wird das Abwasser gemeinsam behandelt. Das Abwasser wird anschließend aufgeteilt und in einer von zwei Druckentspannungsflotationen behandelt. Dadurch erfolgt eine Reduktion des CSB-Gehaltes um 60 – 70 %.

In der Belebung werden die kommunalen Abwässer zusammen mit den industriellen Produktionsabwässern behandelt. In Abbildung 4-2 sind die Trockensubstanz, das Schlammvolumen und der Schlammindex des ersten Belebungsbeckens dargestellt. Mit 3.270 m³ Volumen ist das Belebungsbecken 1 nur etwa halb so groß wie das Belebungsbecken 2. Dieses hat ein Volumen von 6.330 m³. Der Trockensubstanzgehalt, das Schlammvolumen und der Schlammindex von Belebungsbecken 2 sind in Abbildung 4-3 dargestellt. Der TS-Gehalt liegt in der Regel zwischen 3,4 und 4,2 g/l. Im Mittel liegt er bei 3,8 g/l. Der ISV liegt überwiegend unter 100 ml/g, was auf gute Absetzeigenschaften des Schlammes schließen lässt.

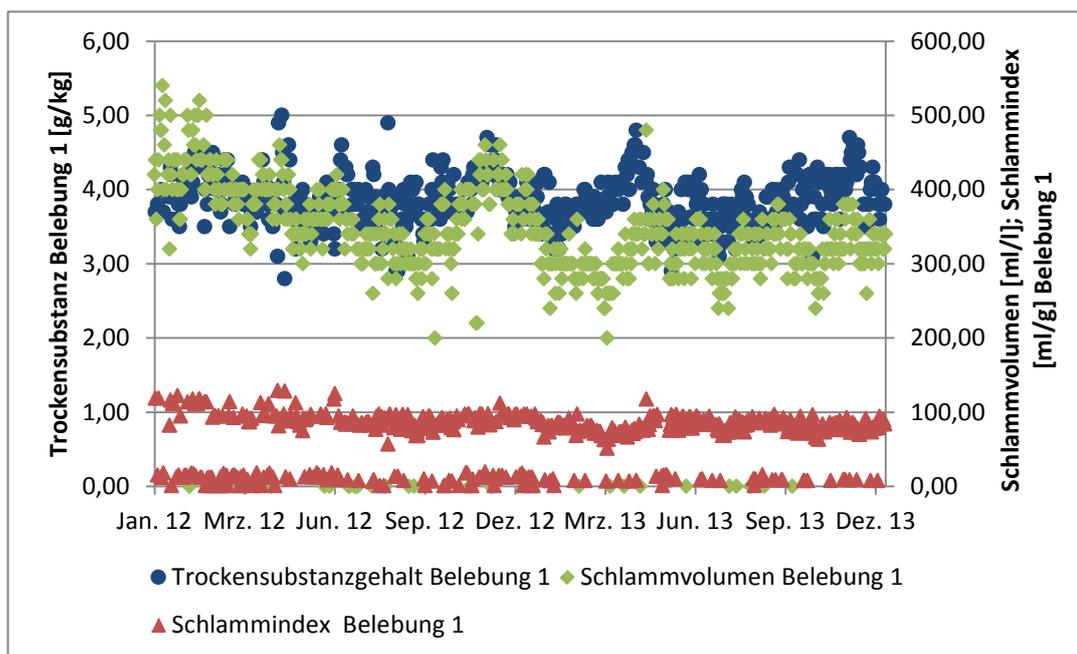


Abbildung 4-2: TS-Gehalt, Schlammvolumen und Schlammindex Belebung 1

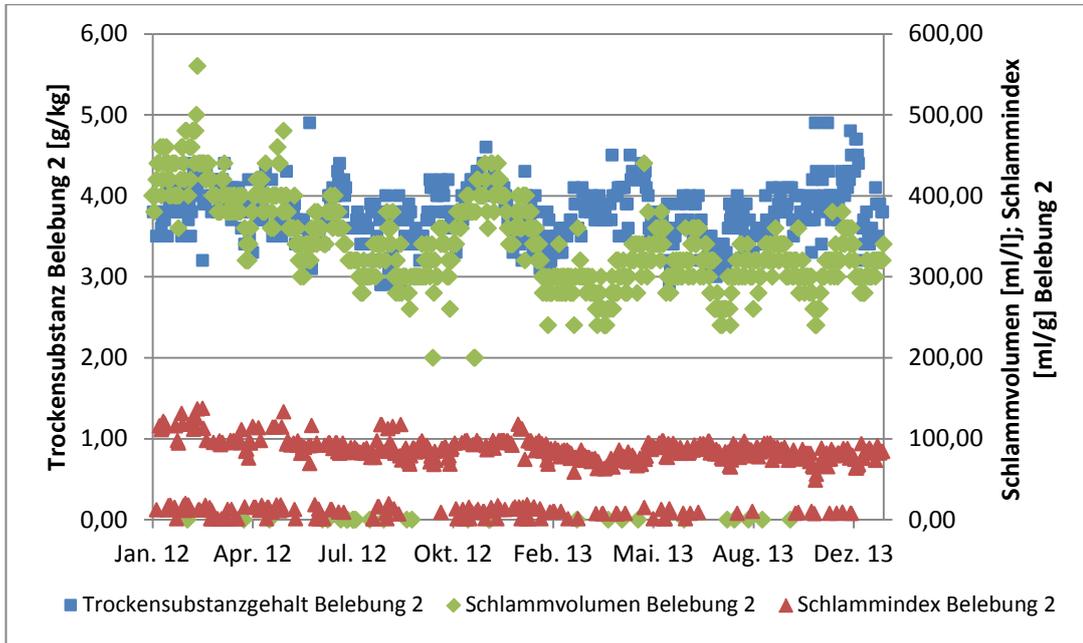


Abbildung 4-3: TS-Gehalt, Schlammvolumen und Schlammindex Belebung 2

4.3 Ablauf der Nachklärung

Abbildung 4-4 zeigt die CSB-Konzentration im Ablauf der Kläranlage. Im Mittel beträgt die CSB-Konzentration im Ablauf 23 mg/l. Der Überwachungswert von 56 mg/l wird sicher eingehalten.

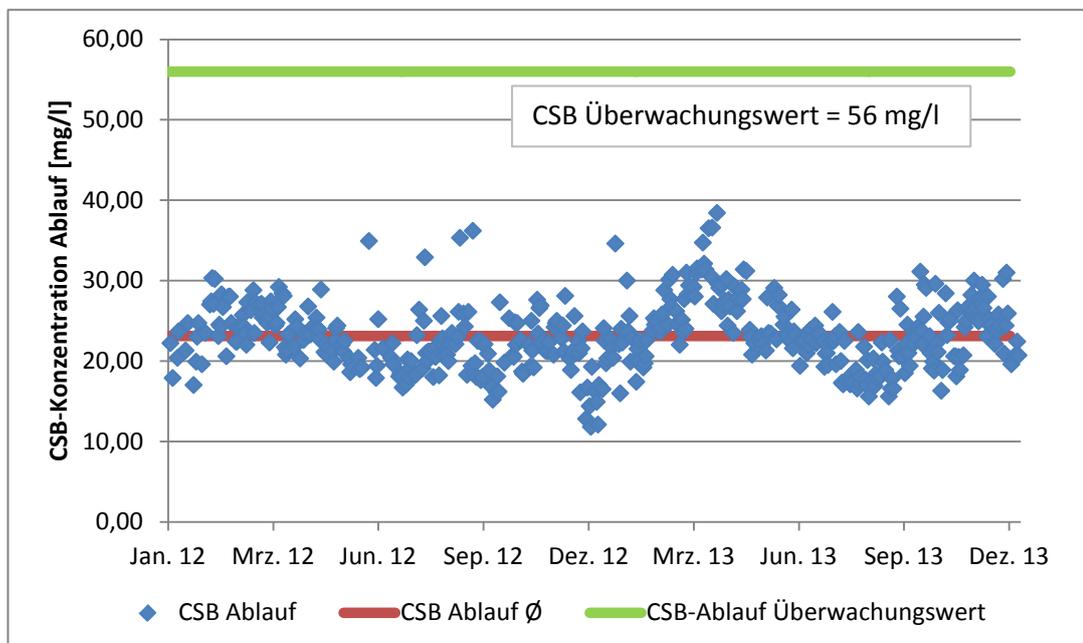


Abbildung 4-4: CSB- Konzentration im Ablauf der Kläranlage

In Abbildung 4-5, Abbildung 4-6, Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8 sind die Konzentrationen der Stickstoff-Parameter N_{ges} , NH_4-N , NO_3-N , TNb und NO_2-N dargestellt, wobei N_{ges} die Konzentration des anorganischen Stickstoffs bedeutet (Summe aus NO_2-N , NO_3-N und NH_4-N).

Der Überwachungswert für die N_{ges} -Konzentration liegt bei 13 mg/l. Im Durchschnitt beträgt die Konzentration im Ablauf der Kläranlage 1,4 mg/l. Der Überwachungswert für den Gesamtstickstoff wird durchgehend eingehalten.

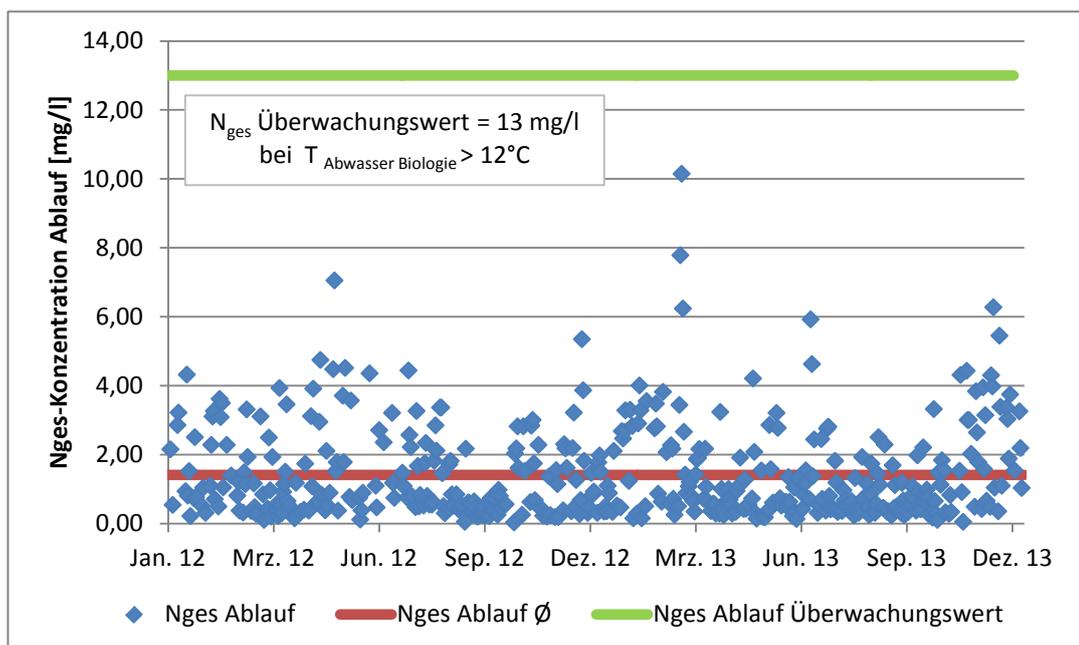


Abbildung 4-5: N_{ges} -Konzentration im Ablauf der Nachklärung

Die NH_4-N -Konzentration im Ablauf der Kläranlage liegt bei 0,55 mg/l. Der Überwachungswert von 4 mg/l wird durchgehend eingehalten. In den Winter-/bzw. „kälteren“ Monaten (Oktober bis März) steigt die NH_4-N -Konzentration bedingt durch die bei niedrigen Temperaturen schlechtere Nitrifikation vereinzelt deutlich an.

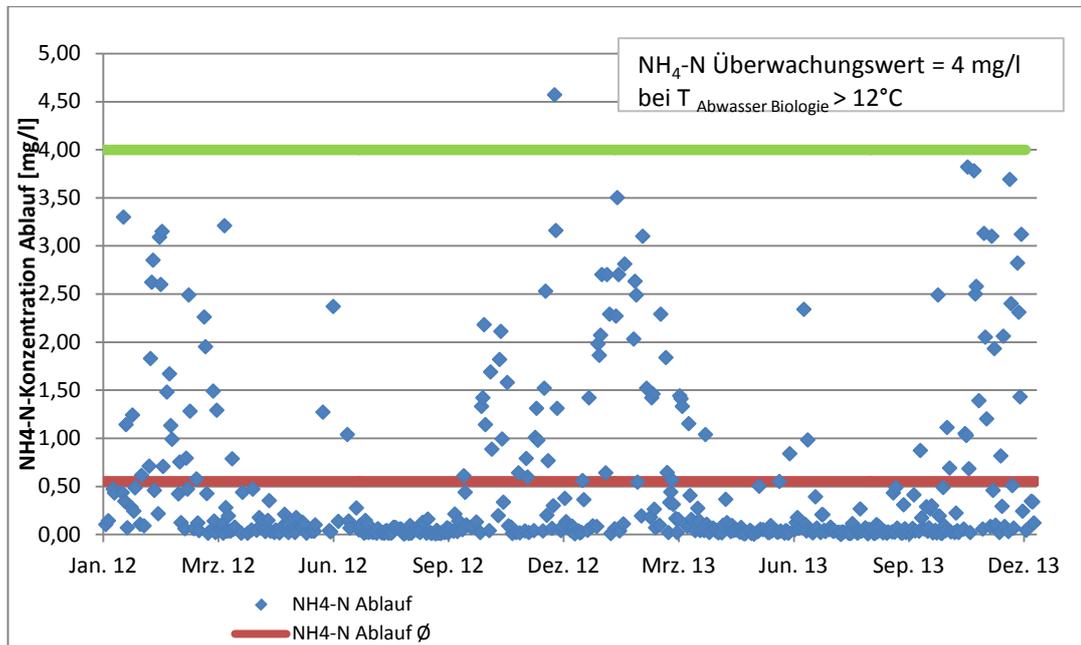


Abbildung 4-6: NH₄-N-Konzentration im Ablauf der Nachklärung

Die NO₃-N-Konzentration liegt im Durchschnitt bei 0,8 mg/l. In den kälteren Monaten ist die Konzentration durchgehend niedrig, während in den wärmeren Monaten (April – Oktober) vereinzelte höhere Ablaufkonzentration von bis zu 4,5 mg/l möglich sind. Dies wird durch die gute Nitrifikation im Sommer bei gleichzeitig zu geringer Denitrifikationskapazität verursacht. Die TNb-Konzentration im Ablauf der Kläranlage schwankt in der Regel zwischen 1 und 7 mg/l. Im Mittel beträgt die Ablaufkonzentration 3,2 mg/l.

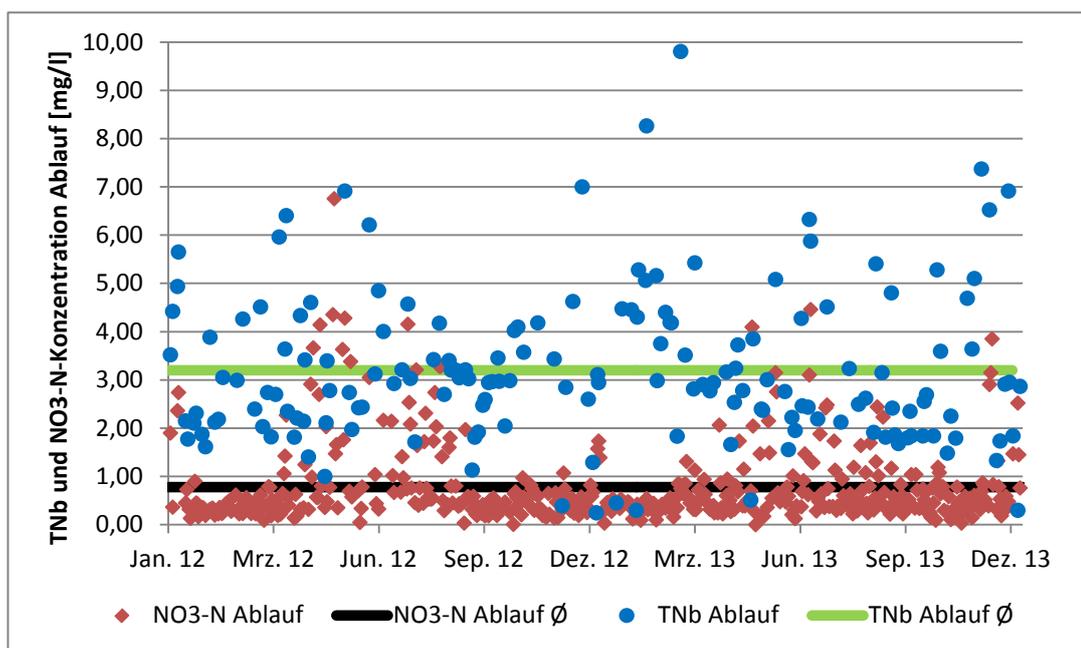


Abbildung 4-7: NO₃-N- und TNb-Konzentration im Ablauf der Kläranlage

Die $\text{NO}_2\text{-N}$ -Konzentration der Kläranlage Mettingen liegt im Durchschnitt bei 0,07 mg/l. Die maximale Ablaufkonzentration liegt bei 0,6 mg/l. Insgesamt sind $\text{NO}_2\text{-N}$ -Konzentrationen über 0,3 mg/l selten ($\approx 4\%$ der Messereignisse).

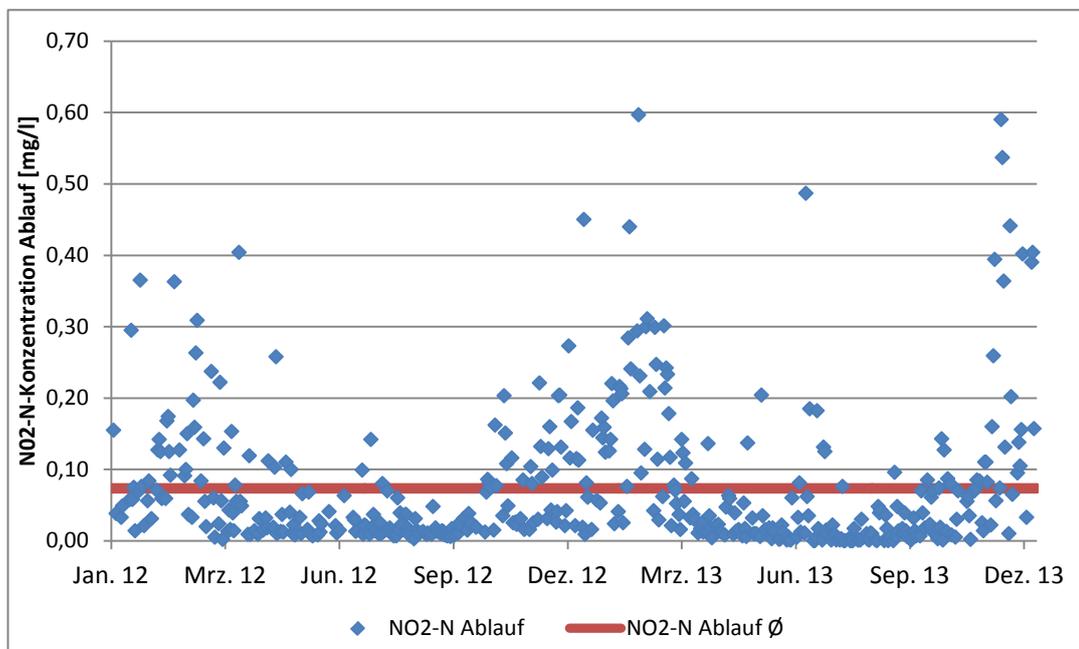


Abbildung 4-8: $\text{NO}_2\text{-N}$ -Konzentration im Ablauf der Kläranlage

Der P_{ges} -Überwachungswert liegt für die Kläranlage Mettingen bei 1 mg/l; der seit dem 01.08.2015 gültige Betriebsmittelwert liegt bei 0,5 mg/l. Im Durchschnitt liegt die P_{ges} -Konzentration im Ablauf der Kläranlage Mettingen bei 0,34 mg/l. Die Konzentration der Jahre 2012/2013 ist in Abbildung 4-9 dargestellt. In der Regel wird der Überwachungswert eingehalten, der Betriebsmittelwert ebenfalls. Nur wenn der Überwachungswert nach 2019 weiter gesenkt werden sollte (bspw. auf 0,2 mg/l), müsste unter Umständen eine Flockungsfiltration auf der Kläranlage Mettingen nachgerüstet werden.

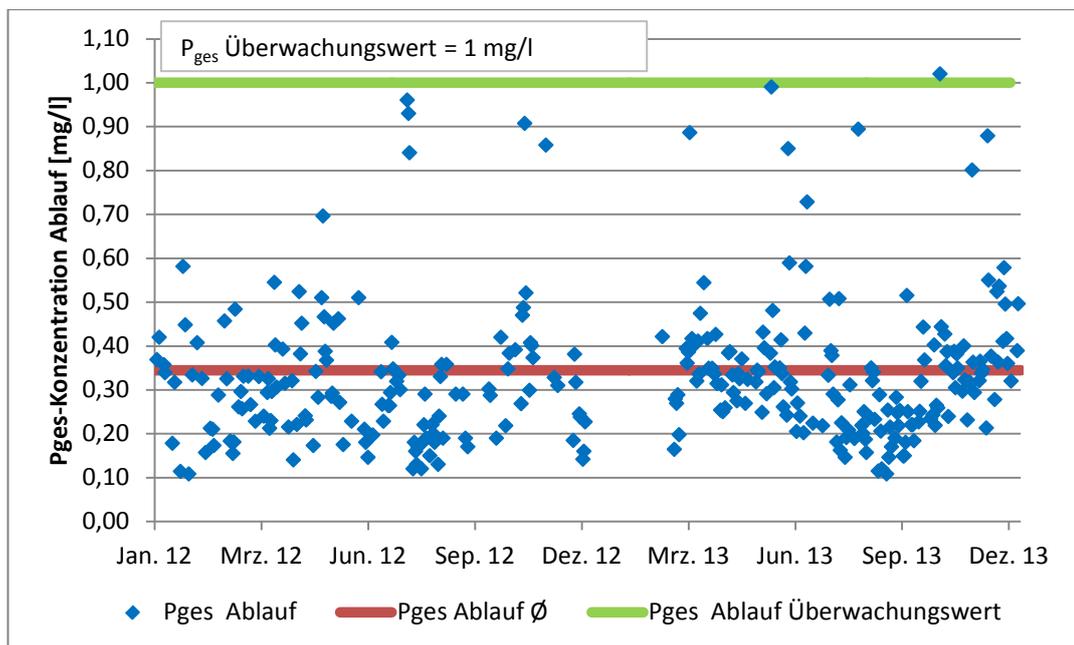


Abbildung 4-9: P_{ges} -Konzentration im Ablauf der Kläranlage

4.4 Bewertung des Anlagenbetriebes unter besonderer Berücksichtigung einer 4. Reinigungsstufe

Allgemein kann festgestellt werden, dass die Kläranlage Mettingen die aktuellen Überwachungswerte einhält und ein gutes Reinigungsergebnis zeigt.

Für den Betrieb einer 4. Reinigungsstufe ist es generell wünschenswert, wenn die Stoffkonzentrationen im Ablauf der Nachklärung möglichst gering sind. Flockenabtrieb aus der Nachklärung sowie hohe CSB- (bzw. BSB_5 -) Konzentrationen sind für alle in Frage kommenden Verfahren von Nachteil (vergl. auch Kapitel 3). Ebenso sind hohe Nitritablaufkonzentrationen für den Einsatz von Behandlungsverfahren mit Ozon zu vermeiden. Nitrit verursacht eine hohe Ozonzehrung, was sich negativ auf die Betriebskosten auswirkt.

Die CSB-Konzentration der Kläranlage Mettingen liegt permanent unterhalb von 40 mg/l, meistens sogar unterhalb von 30 mg/l. Die durchschnittliche CSB-Konzentration liegt bei 23 mg/l. Die Reinigungsleistung der Kläranlage in Hinblick auf den CSB ist insgesamt als gut zu bewerten. Die Nitrit-Konzentration im Ablauf der Kläranlage ist insgesamt sehr niedrig, gelegentlich kommt es jedoch zu signifikanten Erhöhungen der Konzentration bis 0,6 mg/l.

Der Überwachungswert der P_{ges} -Konzentration von 1 mg/l wird in der Regel deutlich unterschritten. Bis zum 31.12.2019 wurde für die Kläranlage Mettingen zunächst ein Betriebsmittelwert (0,5 mg/l P_{ges}) festgelegt, um den Phosphor-Eintrag in den Vorfluter Mettinger Aa schon kurzfristig weiter zu verringern (vgl. Kap. 2.1). Ob zukünftig eine weitere Verschärfung des Ablaufwertes für Phosphor im Hinblick auf den Gewässerschutz nötig ist, wird nach 2019 zwischen Betreiber und Bezirksregierung dis-

kutiert. Welche Maßnahmen von der Gemeinde Mettingen dann durchgeführt werden müssen, kann zu diesem Zeitpunkt nicht endgültig abgeschätzt werden. Berücksichtigt man jedoch, dass selbst bei einer gut funktionierenden Nachklärung mit einem AFS von 10 mg/l im Ablauf zu rechnen ist, dann ist damit einhergehend schon von einer P_{ges} -Konzentration im Ablauf von ca. 0,3 mg/l auszugehen (26). Mit einem Überwachungswert im Bereich von 0,2 mg/l wäre eine Flockungsfiltrationsstufe auf der Kläranlage Mettingen erforderlich. Diese Randbedingung wird bei der Erarbeitung der Konzepte zur 4. Reinigungsstufe mit berücksichtigt. Eine Flockungsfiltration für den Ablauf aus der 4. Reinigungsstufe ist ohnehin in der Regel erforderlich.

4.5 Durchführung der Spurenstoffanalyse auf der Kläranlage Mettingen

4.5.1 Freiwillige Analyse auf prioritäre Stoffe und Medikamente durch den Betreiber

Im Jahr 2013 wurde durch den Betreiber der Kläranlage bei OWL Umweltanalytik eine Analyse des Ablaufs der Kläranlage in Hinblick auf prioritäre Stoffe in Auftrag gegeben. Die Probenahme der mehrtägigen Mischprobe erfolgte im Zeitraum 29.04.2013 – 02.05.2013. Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden sich im Anhang dieser Studie (Kapitel 7.1).

Bei den Untersuchungen der mehrtägigen Mischproben wurden für die prioritären Stoffe keine Konzentrationen oberhalb der Nachweisgrenze gefunden. Zuckerersatzstoffe und Medikamente konnten jedoch im Ablauf der Kläranlage nachgewiesen werden. Weitere Untersuchungen des Ablaufs in Hinblick auf Medikamente erfolgten im August 2013 und im Dezember 2013. Auch in diesen Proben wurden Medikamentenrückstände nachgewiesen (vgl. Kapitel 7.2, 7.3). Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen erfolgte die Auswahl der im Rahmen dieser Studie zu untersuchenden Stoffe und Parameter sowie die Aufstellung des Messprogrammes. Da die gemessenen Konzentrationen an Spurenstoffen für eine Kläranlage dieser Ausbaustufe sehr niedrig lagen (insbesondere bei den prioritären Stoffen) und auch eher auf einen Eintrag über den kommunalen Zustrom hindeuteten (Medikamentenrückstände), wurde in Absprache mit der Bezirksregierung Münster nur ein reduzierter Umfang an Parametern im Rahmen der vorliegenden Studie untersucht.

4.5.2 Beschreibung des Messprogramms im Ablauf der Flotation auf der Kläranlage Mettingen im Rahmen dieser Studie

Die wesentlichen Rahmenbedingungen für das voraussichtliche Aufkommen an Spurenstoffen im Einzugsgebiet der Kläranlage Mettingen wurden bereits in Kap. 2.3.5 erläutert. Da das Produktionsabwasser der Fa. „Coppentrath & Wiese“ und „Kuchenmeister“ den Zulauf der Kläranlage wesentlich prägt, wird dieser Abwasserstrom gesondert untersucht. Das industrielle Abwasser wird voraussichtlich durch Reste der verarbeiteten Eingangsstoffe/Produkte sowie durch Reinigungs- und Desinfektionsmittel geprägt sein. Da keine Sozialabwässer im industriellen Abwasserstrom vorhanden sind, wird das industrielle Abwasser nicht auf Humanpharmaka, Pflegeprodukte etc. untersucht. Es wurden zwei

Messdurchgänge in der Flotation durchgeführt. Die Beprobung fand im Ablauf der Flotation statt. Die untersuchten Stoffe sind in Tabelle 4-2 genannt.

Tabelle 4-2: 1/2. Messdurchgang Ablauf Flotation

Untersuchungsparameter Industrie (1.+ 2. Messdurchgang)	
untersuchte Stoffgruppe	untersuchte Parameter
Korrosionsschutzmittel	Benzotriazol, 4-Methyl-Benzotriazol, 5-Methyl-Benzotriazol, 5,6-Benzotriazol
Auswahl PRTR-Schadstoffe	AOX

Der erste Messdurchgang an der Kläranlage Mettingen wurde vom 07.10.2014 bis zum 10.10.2014 durchgeführt, der zweite Messdurchgang vom 26.01.2015 bis zum 29.01.2015. Die Untersuchungen der genommenen Proben erfolgten durch OWL Umweltanalytik.

Die Ergebnisse der Untersuchungen des industriellen Abwasseranteils sind in Tabelle 4-3 aufgelistet (vgl. auch Kapitel 7.4, 7.5).

Tabelle 4-3: Untersuchungsergebnisse Ablauf Flotation

Untersuchte Spurenstoffe	KA Mettingen Ablauf Flot. 1	KA Mettingen Ablauf Flot. 2
	µg/l	µg/l
4-Methyl-Benzotriazol	1,4	2,6
5-Methyl-Benzotriazol	< 0,05	1,8
5,6-Benzotriazol	5,2	< 0,05
Benzotriazol	2,7	4,3
AOX	< 0,05	< 0,05

Bei den Untersuchungen im Ablauf der Flotation konnten vier von fünf Stoffen in messbaren Konzentrationen nachgewiesen werden. Benzotriazol und 4-Methyl-Benzotriazol wurden in beiden Proben mit einer signifikanten Konzentration nachgewiesen.

4.5.3 Messprogramm Zu- und Ablauf Kläranlage

4.5.3.1 Allgemeine chemisch-physikalische Parameter im Ablauf der Kläranlage

In den Jahren 2012 und 2013 wurde der Ablauf der Kläranlage nach §120 des LWG auf Cadmium, Blei, Quecksilber und Nickel untersucht. In zwei von 16 Proben konnte Nickel und in einer von 14 Pro-

ben Quecksilber nachgewiesen werden. In den jeweils 16 Proben wurden für Cadmium und Blei keine Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 4-4 aufgelistet.

Tabelle 4-4: Schwermetallkonzentrationen im Ablauf der Kläranlage

Datum	Cadmium	Blei	Quecksilber	Nickel
Einheit	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
20.06.2012	< 1	< 10	< 0,1	6
13.08.2012	< 1	< 10	< 0,1	< 5
04.09.2012	< 1	< 10	< 0,1	5,9
05.11.2012	< 1	< 10	< 0,1	< 5
26.11.2012	< 1	< 10	< 0,1	< 5
30.11.2012	< 1	< 10	< 0,1	< 5
06.12.2012	< 1	< 10	< 0,1	< 5
17.12.2012	< 1	< 10	< 0,1	< 5
28.01.2013	< 1	< 10	< 0,1	< 5
04.02.2013	< 1	< 10	< 0,1	< 5
19.02.2013	< 1	< 10	< 0,1	< 5
25.02.2013	< 1	< 10	< 0,1	< 5
25.03.2012	< 1	< 10	< 0,1	< 5
29.04.2013	< 1	< 10		< 5
06.05.2013	< 1	< 10	0,028	< 5
20.08.2013	< 1	< 10		< 5

4.5.3.2 Messprogramm im Zu- und Ablauf der Kläranlage im Rahmen dieser Studie

Die zu untersuchenden Parameter im ersten Messdurchgang für den Zulauf und Ablauf der Kläranlage sind in Tabelle 4-5 dargestellt. Im zweiten Messdurchgang wurde nur eine Probe im Ablauf der Kläranlage genommen. Die wichtigsten untersuchten Parameter im zweiten Durchgang sind in Tabelle 4-6 aufgezählt. Eine vollständige Liste der untersuchten Parameter findet sich im Anhang (Kapitel 7.8).

Tabelle 4-5: 1. Messdurchgang Zulauf/Ablauf

Untersuchungsparameter Zulauf biolog. Stufe / Ablauf (1. Messdurchgang)	
untersuchte Stoffgruppe	untersuchte Parameter
Antibiotika	Clarithromycin, Sulfamethoxazol
Betablocker	Atenolol, Metoprolol, Bisoprolol, Sotalol
Hormone	17 beta-Estradiol, Estron, 17 alpha - Ethinylestradiol
weitere Humanpharmaka	Diclofenac, Naproxen, Bezafibrat, Oxazepam, Phenazon, Carbamazepin
Röntgenkontrastmittel	Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iomeprol, Iopromid
Zuckerersatzstoffe	Acesulfam, Sucralose
weitere Spurenstoffe/ PRTR-Schadstoffe	Benzotriazol, Diuron, Isoproturon, Terbutryn, AOX
Metalle/Metallorganische Verbindungen	Blei (gelöst), Cadmium (gelöst), Chrom (gelöst), Kupfer (gelöst), Nickel (gelöst), Quecksilber (gelöst), Zink (gelöst)

Tabelle 4-6: 2. Messdurchgang Ablauf (wichtigste Parameter)

Untersuchungsparameter Ablauf (2. Messdurchgang)	
untersuchte Stoffgruppe	untersuchte Parameter
Antibiotika	Clarithromycin, Sulfamethoxazol
Betablocker	Atenolol, Metoprolol, Bisoprolol, Sotalol
Hormone	17 beta-Estradiol, Estron, 17 alpha - Ethinylestradiol
weitere Humanpharmaka	Diclofenac, Naproxen, Bezafibrat, Oxazepam, Phenazon, Carbamazepin
Röntgenkontrastmittel	Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iomeprol, Iopromid
Zuckerersatzstoffe	Acesulfam, Sucralose
weitere Spurenstoffe/ PRTR-Schadstoffe	Benzotriazol, Diuron, Isoproturon, Terbutryn, AOX, Bromid, Trichlormethan, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(g,h,i)perylene, Fluoranthren, 4-Nonylphenol, Octylphenol, BDE-47, DEHP, Tributylzinn, Atrazin, Diuron, Isoproturon
Metalle/Metallorganische Verbindungen	Blei (gelöst), Cadmium (gelöst), Chrom (gelöst), Kupfer (gelöst), Nickel (gelöst), Quecksilber (gelöst), Zink (gelöst)

Die Probenahme der im Zulauf der Kläranlage Mettingen genommenen Probe erfolgte vom 07.10.2014 bis zum 10.10.2014. Eine zweite Probe im Zulauf wurde nicht genommen. Im Ablauf der Kläranlage erfolgte die Probenahme im ersten Durchgang vom 06.10.2014 bis zum 09.10.2014 und im zweiten

Durchgang vom 26.01.2015 bis zum 29.01.2015. Auch in diesem Fall erfolgte die Untersuchung der genommenen Proben durch OWL Umweltanalytik.

Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse des ersten (Zulauf biologische Stufe und Ablauf Nachklärung) und zweiten (Ablauf Nachklärung) Messdurchgangs sind in Tabelle 4- 4-7 dargestellt. Die vollständigen Ergebnisse finden sich im Anhang (Kapitel 7.6, 7.7, 7.8) dieser Studie.

Tabelle 4- 4-7: Untersuchungsergebnisse im Zulauf und Ablauf der Kläranlage

KA Mettingen Untersuchungsergebnisse Spurenstoffe					
Untersuchte Stoffe	Einheit	Untersuchte Stoffgruppe	KA Mettingen Zulauf Biostufe	KA Mettingen Ablauf 1. Mess.	KA Mettingen Ablauf 2. Mess.
Wassermenge [m ³ /72h]	m ³ / 72h		k.A.	13796	17386
Clarithromycin	µg/l	Antibiotika	0,054	0,089	0,52
Sulfamethoxazol	µg/l		< 0,05	0,18	0,53
Atenolol	µg/l		< 0,05	< 0,05	< 0,05
Metoprolol	µg/l	Betablocker	2,2	0,63	0,82
Bisoprolol	µg/l		0,48	0,16	0,14
Sotalol	µg/l		0,52	0,64	0,096
17 beta-Estradiol	µg/l	Hormone	0,034	< 0,005	< 0,001
Estron	µg/l		0,023	< 0,005	< 0,005
17 alpha -Ethinylestradiol	µg/l		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Diclofenac	µg/l	weitere Humanpharmaka	2,5	2,6	2,4
Naproxen	µg/l		0,91	0,083	0,15
Bezafibrat	µg/l		0,88	< 0,05	0,38
Oxazepam	µg/l		0,14	0,12	0,066
Phenazon	µg/l		< 0,05	< 0,05	0,11
Carbamazepin	µg/l		0,46	0,52	0,5
Amidotrizoesäure	µg/l		1,6	1,3	0,88
Iopamidol	µg/l	Röntgenkontrastmittel	3,9	0,75	1,1
Iomeprol	µg/l		2,8	0,16	< 0,05
Iopromid	µg/l		0,74	< 0,05	0,08
Acesulfam	µg/l	Zuckerersatzstoffe	0,43	0,15	8,7
Sucralose	µg/l		0,48	0,62	1,1
Benzotriazol	µg/l		7,4	3,3	5,1
Diuron	µg/l	PRTR-	0,061	< 0,05	< 0,05
Isoproturon	µg/l	Schadstoffliste/weitere	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Terbutryn	µg/l	Spurenstoffe	< 0,05	< 0,05	< 0,05
AOX	mg/l		< 0,05	0,03	0,02
Blei und Bleiverbindungen	mg/l	Metalle und metallorganische Verbindungen	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cadmium und Cadmiumverbindungen	mg/l		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chrom und Chromverbindungen	mg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01
Kupfer und Kupferverbindungen	mg/l		0,08	< 0,01	< 0,01
Nickel und Nickelverbindungen	mg/l		0,01	< 0,01	< 0,01
Quecksilber und Quecksilberverbindungen	mg/l		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zink und Zinkverbindungen	mg/l		0,24	0,07	< 0,05
Bromid	mg/l				0,12

Im ersten Messdurchgang wurden Proben im Zu- und Ablauf genommen. Somit kann die Abnahme von Spurenstoffen zum Zeitpunkt der Probenahme ermittelt werden. Eine belastbare Aussage über die Eliminationsleistung der Kläranlage Mettingen ist nicht möglich, da die Datenbasis zu gering ist. Zum Teil deutlich messbare Konzentrationsabnahmen zwischen dem Zulauf der Biologie und dem Ablauf der Kläranlage konnten z.B. für 17-beta-Estradiol (85% – 100%), Estron (78% - 100%), Iomeprol (94%), Bezafibrat (94% - 100%), Iopromid (93% - 100%), Naproxen (91%) und Iopamidol (81%) festgestellt werden. Für andere Stoffe konnte hingegen eine Konzentrationszunahme festgestellt werden. Dies sind z.B. Sulfamethoxazol (mind. 260%), Clarithromycin (65%), Sucralose (29%) und Sotalol (23%). Bei den Konzentrationsanstiegen könnte es sich theoretisch um eine Metabolitenrückbildung während der biologischen Behandlung des Abwassers handeln, wahrscheinlicher ist jedoch, dass das Rohabwasser wegen der hohen Schmutzkonzentrationen wesentlich schwieriger zu analysieren ist, was durch Matrixeffekte möglicherweise zu Ungenauigkeiten in den Analysenergebnissen führt.

Für einige der untersuchten Stoffe wurden Konzentrationen im Ablauf der Nachklärung festgestellt, die die in den Abläufen anderer Kläranlagen gemessenen Konzentrationen überschreiten. Die entsprechenden Stoffe und Konzentrationen sind in Tabelle 4-8 zusammengefasst. Zusätzlich wurden dort die in Abläufen anderer vergleichbarer Kläranlagen gemessenen Konzentrationen ergänzt. Die genannten Referenzkonzentrationen wurden aus der Literatur und aus verfügbaren Studien zur Spurenstoffelimination (Vergleichswerte ATEMIS GmbH) und aus den Untersuchungsergebnissen des Labors OWL (Vergleichswerte OWL Umweltanalytik) zusammengetragen und erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Gelb markierte Werte überschreiten dem Mittelwert der bei anderen Kläranlagen gemessenen Konzentrationen. Konzentrationen, die über dem Maximalwert der Konzentrationen anderer Kläranlagen lagen, sind orange markiert.

Tabelle 4-8: Erhöhte Messergebnisse im Ablauf der Kläranlage

	Durchschnittswerte vergleichbarer Anlagen	Maximalwerte vergleichbarer Anlagen	Durchschnittswerte vergleichbarer Anlagen	Maximalwerte vergleichbarer Anlagen	KA Mettingen 1. Messdurchgang	KA Mettingen 2. Messdurchgang
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Substanzen	Vergleichswerte Atemis GmbH		Vergleichswerte OWL Umweltanalytik		Ablauf Nachklärung	Ablauf Nachklärung 2
Clarithromycin	0,155	0,497	0,22	1,3	0,089	0,52
Sulfamethoxazol	0,493	1,3	0,665	9,1	0,18	0,53
Sotalol	0,409	0,75	0,489	1,5	0,64	0,096
Diclofenac	2,045	6,22	2,151	5,3	2,6	2,4
Bezafibrat	0,182	0,89	0,275	0,8	< 0,05	0,38
Amidotrizoesäure	1,185	8,8	3,106	28	1,3	0,88
Acesulfam	5,075	30,7			0,15	8,7

Für Diclofenac wurde in beiden Proben eine erhöhte, über dem Durchschnitt vergleichbarer Anlagen liegende Konzentration nachgewiesen. Bei den Stoffen Clarithromycin, Sotalol und Acesulfam wurden in einem Messdurchgang erhöhte, über dem Durchschnitt (ATEMIS GmbH und OWL) vergleichbarer Anlagen liegende Konzentrationen nachgewiesen. Die Spurenstoffkonzentrationen im Ablauf der Kläranlage Mettingen zeigen für die analysierte Stoffauswahl insgesamt eine eher geringe Konzentration.

Eine Bewertung, mit welcher Verfahrenstechnik (GAK, PAK, Ozon) die vorgenannten Stoffe nach jetzigem Kenntnisstand voraussichtlich eliminiert werden können, zeigt Tabelle 4-9. Es zeigt sich, dass sich die Eliminationsleistungen je nach Spurenstoff und eingesetzter Verfahrenstechnik deutlich unterscheiden. Ein Verfahren, das alle im Ablauf der Kläranlage Mettingen nachgewiesenen Substanzen eliminiert, ist nicht verfügbar. Für einige Stoffe gibt es zurzeit überhaupt keine befriedigenden Eliminationsverfahren (z.B. für Amidotrizoesäure, Acesulfam).

Tabelle 4-9: Eliminationsleistung 4. Reinigungsstufe für ausgewählte Spurenstoffe

Bewertung der Eliminationsleistung						
	Ozon- Behandlung	PAK 4. RS, ohne Rezirkulation in Biol.	PAK 4. RS, mit Rezirkulation in Biol.	PAK Dosierung in Belebung	GAK	Kläranlage ohne vierte Reinigungsstufe
Antibiotika						
Clarithromycin	Gut	Gut	k.A.	Gut	mäßig	schlecht
Sulfamethoxazol	Gut	mäßig	mäßig	schlecht	mäßig	schlecht
Betablocker						
Sotalol	Gut	mäßig	k.A.	k.A.	mäßig	schlecht
weitere Humanpharmaka						
Diclofenac	Gut	mäßig	Gut	Gut	mäßig	schlecht
Bezafibrat	mäßig	Gut	Gut	k.A.	mäßig	mäßig
Röntgenkontrastmittel						
Amidotrizoesäure	schlecht	k.A.	schlecht	k.A.	schlecht	schlecht
Zuckerersatzstoffe						
Acesulfam	mäßig	k.A.	mäßig	k.A.	k.A.	schlecht

Gut = Eliminationsleistung zwischen 75 und 100%; mäßig = Eliminationsleistung zwischen 40 und 75%; schlecht = Eliminationsleistung zwischen 0 und 40%; k.A. = keine Angaben/ nicht (ausreichend) untersucht

Um den Aufwand und die Kosten für die Spurenstoffanalytik im Rahmen der Machbarkeitsstudie in einem vertretbaren Rahmen zu halten, wurde wie oben beschrieben nach Abschätzung des Eintragspotenzials an Spurenstoffen im Einzugsgebiet der Kläranlage Mettingen und aufgrund der Ergebnisse der freiwilligen Untersuchung auf prioritäre Stoffe durch den Betreiber der Anlage nur eine begrenzte Auswahl an Spurenstoffen analysiert. Eine abschließende Beurteilung und eindeutige Verfahrensvorauswahl ist auf der Grundlage dieser Daten allein nicht zu treffen. Die Analysenergebnisse tragen jedoch dazu bei, eine bessere Bestandsaufnahme hinsichtlich der Spurenstoffeinträge in Oberflächengewässer aus kommunalen Kläranlagen zu ermöglichen.

Zusätzlich ist vor dem Hintergrund, dass auch in Zukunft immer neue Substanzen mit verschiedenen chemisch-physikalischen Eigenschaften entwickelt werden und in Umlauf gelangen, eine Festlegung auf ein bestimmtes Vorzugsverfahren schwierig. Im Blickpunkt sollte deshalb immer die potenzielle Breitbandwirkung der Verfahren stehen.

4.5.4 Untersuchungen des Vorfluters Mettinger Aa

4.5.4.1 Bisherige Untersuchungen des Vorfluters

Die Mettinger bzw. Speller Aa wurde in den Jahren 2010 und 2013 im Auftrag der Gemeinde Mettingen auf ihren biologisch-ökologischen Zustand hin untersucht (PERLODES-Verfahren). Die Untersuchungen wurden durch OWL Umweltanalytik durchgeführt. Hierzu wurden in den Jahren 2010 und 2013 oberhalb und unterhalb des Kläranlagenablaufes Proben genommen, untersucht und miteinander verglichen. Die Ergebnisse der biologisch-ökologischen Untersuchungen finden sich im Anhang (Kapitel 7.9, 7.10). Sie zeigen eine sehr leichte Veränderung der Mettinger Aa. Teilweise erreicht die Mettinger Aa unterhalb der Kläranlage sogar bessere Werte, wie bspw. die „Summe Abundanzen“

oder der „deutsche Fauna Index“. Sowohl 2010 als auch 2013 wird die Mettinger Aa sowohl ober- als auch unterhalb der Einleitstelle der Kläranlage Mettingen einer „mäßigen ökologischen Zustandsklasse“ zugeordnet.

Im Rahmen der allgemeinen Analytik auf der Kläranlage Mettingen wurde u.a. auch die Mettinger Aa auf verschiedene chemisch-physikalische Parameter (Farbe, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, TOC, Ammonium-N, Nitrat-N, Nitrit-N etc.) hin untersucht. Auch diese Untersuchungen wurden von OWL Umweltanalytik durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse sind ebenfalls im Anhang dieser Studie enthalten (Kapitel 7.11, 7.12, 7.13, 7.14). Die jeweils vier Proben ober- und unterhalb der Einleitstelle der Kläranlagen wurden in den Jahren 2011 bis 2013 genommen. Insgesamt zeigen sich dabei nur geringe Veränderungen der Mettinger Aa ober- und unterhalb der Einleitstelle der Kläranlage Mettingen, nur der Sauerstoffgehalt des Wassers lag oberhalb der Kläranlage im August 2012 und im Juli 2011 höher als unterhalb.

Die 2013 durchgeführte Untersuchung ergab, dass die nach der LAWA-Rakon für einen guten Gewässerzustand einzuhaltenden chemisch-physikalischen Parameter sowohl ober- als auch unterhalb der Kläranlage Mettingen erreicht werden.

4.5.4.2 Messprogramm des Vorfluters auf Schwermetalle und Spurenstoffe

Die Probenahmen im Vorfluter erfolgten am 07. Oktober 2014 und am 29. Januar 2015. Das Messprogramm im ersten Messdurchlauf für den Vorfluter ober- und unterhalb der Kläranlage Mettingen ist in Tabelle 4-10 aufgelistet. Auch hier werden nur die wichtigsten Parameter gezeigt; eine vollständige Liste findet sich im Anhang (Kapitel 7.15). In Tabelle 4-11 ist das Messprogramm im zweiten Durchlauf für den Vorfluter ober- und unterhalb der Kläranlage Mettingen zusammengefasst.

Tabelle 4-10: 1. Messprogramm Mettinger Aa

Untersuchungsparameter Vorfluter (1. Messdurchgang)	
untersuchte Stoffgruppe	untersuchte Parameter
Metalle/Metallorganische Verbindungen	Blei (gelöst), Cadmium (gelöst), Chrom (gelöst), Kupfer (gelöst), Nickel (gelöst), Quecksilber (gelöst), Zink (gelöst)
weitere Spurenstoffe	Trichlormethan, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen, Fluoranthen, 4-Nonylphenol, t-Octylphenol, Pentachlorphenol, BDE-47, DEHP, Tributylzinn, Atrazin, Diuron, Isoproturon, Simazin

Tabelle 4-11: 2. Messprogramm Mettinger Aa

Untersuchungsparameter Vorfluter (2. Messdurchgang)	
untersuchte Stoffgruppe	untersuchte Parameter
Pharmaka	Carbamazepin, Clarithromycin, Sulfamethoxazol, Metoprolol, Sotalol, Diclofenac
Industriechemikalien	Benzotriazol

Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse des Vorfluters sind in Tabelle 4-12 aufgelistet. Im ersten Messdurchgang (bei dem allerdings nicht auf Medikamentenrückstände getestet wurde) waren kaum Stoffe nachweisbar. Nur eine Erhöhung der Zink-Konzentration konnte unterhalb der Kläranlage nachgewiesen werden. Im zweiten Messdurchgang konnte für Sulfamethoxazol, Metoprolol, Diclofenac, Carbamazepin und Benzotriazol ein Anstieg der Konzentration nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 4-12). Die vollständigen Ergebnisse sind im Anhang der Studie enthalten (Kapitel 7.15, 7.16).

Tabelle 4-12: Untersuchungsergebnisse Vorfluter

	Einheit	Speller Aa	Speller Aa	Speller Aa	Speller Aa
		(oberhalb KA)	(unterhalb KA)	(oberhalb KA)	(unterhalb KA)
		07.10.2014		29.01.2015	
Clarithromycin	µg/l			< 0,05	< 0,05
Sulfamethoxazol	µg/l			< 0,05	0,05
Metoprolol	µg/l			< 0,05	0,081
Sotalol	µg/l			< 0,05	< 0,05
Diclofenac	µg/l			< 0,05	0,17
Carbamazepin	µg/l			< 0,05	0,05
Benzotriazol	µg/l			< 0,05	0,37
Blei (gelöst)	mg/l	< 0,003	< 0,003		
Cadmium (gelöst)	mg/l	< 0,0005	< 0,0005		
Chrom (gelöst)	mg/l	< 0,005	< 0,005		
Kupfer (gelöst)	mg/l	< 0,005	< 0,005		
Nickel (gelöst)	mg/l	< 0,005	< 0,005		
Quecksilber (gelöst)	mg/l	< 0,0002	< 0,0002		
Zink (gelöst)	mg/l	< 0,01	0,02		
4-Nonylphenol	µg/l	< 0,1	< 0,1		
Atrazin	µg/l	< 0,1	< 0,1		
BDE-47 2,2',4,4'-Tetra- bromdiphenylethe	µg/l	< 0,001	< 0,001		
Benzo(b)fluoranthen	µg/l	< 0,01	< 0,01		
Benzo(g,h,i) perylen	µg/l	< 0,01	< 0,01		
DEHP/ Bis(2-ethylhexyl)phthalat	µg/l	< 1	< 1		
Diuron	µg/l	< 0,05	< 0,05		
Fluoranthen	µg/l	< 0,01	< 0,01		
Isoproturon	µg/l	< 0,1	< 0,1		
Pentachlorphenol	µg/l	< 0,1	< 0,1		
Simazin	µg/l	< 0,1	< 0,1		
t-Octylphenol	µg/l	< 0,1	< 0,1		
Tributhylzinn	µg/l	< 0,005	< 0,005		
Trichlormethan (Chloroform)	µg/l	< 0,5	< 0,5		

4.6 Zusammenfassung der Ablaufsituation der Kläranlage Mettingen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Kläranlage Mettingen ein gutes Reinigungsergebnis (wenig CSB und Nitrit im Ablauf) zeigt und damit gute Voraussetzungen für die Nachschaltung einer 4. Reinigungsstufe aufweist. Bei der Kläranlage Mettingen handelt es sich um eine Kläranlage, der im Vergleich zu ihrer Ausbaugröße geringe Wassermengen zufließen, was durch die hohe organische Fracht (BSB₅ bzw. CSB) bei gleichzeitig geringer Abwassermenge aus der Industrie (Backwaren) verursacht wird. Die Industrieabwässer sind nach jetzigem Kenntnisstand eher gering mit Spurenstoffen belastet.

Insgesamt ist der Ablauf der Kläranlage Mettingen eher unter dem Durchschnitt mit Spurenstoffen und prioritären Stoffen belastet. Im Zuge dieser Studie konnten keine auffälligen Stoffkonzentrationen festgestellt werden.

5 Entwicklung von Verfahrenskonzepten für die KA Mettingen

5.1 Vorauswahl der Behandlungsverfahren

Die ersten Untersuchungen des Kläranlagenablaufs der Kläranlage Mettingen im Hinblick auf Spurenstoffe haben ergeben, dass die gemessenen Konzentrationen für die meisten untersuchten prioritären Stoffe und Spurenstoffe äußerst niedrig oder unterhalb der Nachweisgrenze sind. Auf der Grundlage der Analyseergebnisse kann daher keine Auswahl eines Vorzugsverfahrens für die Kläranlage Mettingen getroffen werden (vgl. Kap. 4.5.3.2). Da für die Kläranlage Mettingen keine besonderen Anforderungen oder Rahmenbedingungen (Nutzung von Bestandsbauwerken etc.) gelten, die bestimmte Verfahren zur Spurenstoffelimination begünstigen oder ausschließen, werden im folgenden Kapitel die gängigen Verfahren zur Spurenstoffelimination untersucht.

Wie in Kap. 3.7 beschrieben, kommen für die Spurenstoffelimination auf Kläranlagen zurzeit nur der Einsatz von Aktivkohle oder der Einsatz von Ozon in Frage. Die Eliminationsleistung der Verfahren für eine Auswahl von Spurenstoffen ist in Tabelle 5-1 dargestellt. Die Bewertung der Eliminationsleistung ist jedoch variabel und hängt signifikant von der Verfahrensführung ab. Die Elimination von Spurenstoffen steigt bspw. mit der Dosierung oder der Aufenthaltszeit deutlich an.

Tabelle 5-1: Eliminationsleistung für ausgewählte Spurenstoffe

Bewertung der Eliminationsleistung						
	Ozon- Behandlung	PAK 4. RS, ohne Rezirkulation in Biol.	PAK 4. RS, mit Rezirkulation in Biol.	PAK Dosierung in Belebung	GAK	Kläranlage ohne vierte Reinigungsstufe
Antibiotika						
Clarithromycin	Gut	Gut	k.A.	Gut	mäßig	schlecht
Sulfamethoxazol	Gut	mäßig	mäßig	schlecht	mäßig	schlecht
Betablocker						
Atenolol	Gut	Gut	k.A.	k.A.	Gut	mäßig
Metoprolol	mäßig	Gut	Gut	Gut	Gut	schlecht
Bisoprolol	mäßig	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Sotalol	Gut	mäßig	k.A.	k.A.	mäßig	schlecht
Hormone						
17 beta-Estradiol	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	Gut
Estron	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	Gut
17 alpha-Ethinylestradiol	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
weitere Humanpharmaka						
Diclofenac	Gut	mäßig	Gut	Gut	mäßig	schlecht
Naproxen	Gut	Gut	k.A.	k.A.	Gut	mäßig
Bezafibrat	mäßig	Gut	Gut	k.A.	mäßig	mäßig
Oxazepam	Gut	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Phenazon	k.A.	mäßig	k.A.	k.A.	mäßig	k.A.
Carbamazepin	Gut	Gut	mäßig	Gut	Gut	schlecht
Röntgenkontrastmittel						
Amidotrizoesäure	schlecht	k.A.	schlecht	k.A.	schlecht	schlecht
Iopamidol	mäßig	mäßig	mäßig	k.A.	mäßig	schlecht
Iomeprol	schlecht	mäßig	mäßig	k.A.	mäßig	schlecht
Iopromid	schlecht	mäßig	mäßig	k.A.	k.A.	mäßig
Zuckerersatzstoffe						
Acesulfam	mäßig	k.A.	mäßig	k.A.	k.A.	schlecht
Sucralose	schlecht	k.A.	mäßig	k.A.	mäßig	schlecht
Saccharin	schlecht	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	Gut
Cyclamat	mäßig	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	Gut
weitere Spurenstoffe						
Benzotriazol	mäßig	Gut	mäßig	Gut	mäßig	schlecht

Gut = Eliminationsleistung zwischen 75 und 100 %; mäßig = Eliminationsleistung zwischen 40 und 75%; schlecht = Eliminationsleistung zwischen 0 und 40%; k.A. = keine Angaben/ nicht (ausreichend) untersucht

Für die Zusammenstellung wurden die Ergebnisse von großtechnischen Anlagen und Versuchsanlagen ausgewertet (Quellen: (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33), (34), (35), Erfahrungswerte Ingenieurbüro ATEMIS)

Bei der Aktivkohle kann zwischen dem Einsatz von Pulveraktivkohle und dem Einsatz von granulierter Aktivkohle unterschieden werden. Die Pulveraktivkohle kann direkt in die Belebung (Simultanbehandlung), in den Flockungsraum eines Filters oder in ein separates Kontaktbecken dosiert werden.

Obwohl für eine Dosierung von PAK direkt in die Belebung bisher nur wenige Erfahrungen vorliegen und keine optimale Eliminationsleistung zu erwarten ist, wird diese Variante am Standort der Kläranlage Mettingen untersucht. Bei der Kläranlage Mettingen handelt es sich um eine Kläranlage, der bezogen auf ihre Anschlussleistung von zurzeit 117.200 EW₆₀ nur sehr geringe Abwassermengen zufließen. Dies ist ein Vorteil im Hinblick auf die erforderliche PAK-Dosiermenge. Die PAK-Dosierung in die

Belebung kann am Standort mit relativ wenig Aufwand (es ist wenig neue Infrastruktur erforderlich) umgesetzt werden (Variante 1). Durch die Dosierung der Aktivkohle in die Belebung ergibt sich automatisch eine Vollstrombehandlung. Die zwei Belebungsbecken haben ein Volumen von $V_I = 3.270 \text{ m}^3$ und $V_{II} = 6.330 \text{ m}^3$. Die Nachklärung, in der die beladene PAK abgeschieden werden soll, besitzt ein Volumen von $V_I = 530 \text{ m}^3$, $V_{II} = 490 \text{ m}^3$.

Untersucht wird auch die PAK-Dosierung in ein separates Kontaktbecken, dabei kann die Aktivkohle zusätzlich auch rezirkuliert werden (siehe Kap. 3.1.3.2), um eine möglichst vollständige Beladung der Aktivkohle zu erreichen (Variante 2). Bei dieser Variante wird bautechnisch die aufwendigste Verfahrensführung abgebildet, die nach bisherigen Erkenntnissen auch mit die beste Eliminationsleistung der Aktivkohleverfahren erwarten lässt.

Zusätzlich wird für die Kläranlage Mettingen auch die Ozonbehandlung des Abwassers (Variante 3) sowie der Einsatz granulierter Aktivkohle (Variante 4) untersucht.

Es ergeben sich damit 4 Verfahrensmöglichkeiten zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen, die grundsätzlich für den Standort Kläranlage Mettingen geeignet sind und nachfolgend untersucht werden:

- Variante 1: PAK-Dosierung direkt in die Belebung
- Variante 2: PAK-Dosierung in ein Kontaktbecken mit anschließendem Sedimentationsbecken
- Variante 3: Ozon-Behandlung
- Variante 4: GAK-Filtration

Optional wird für alle Verfahren vorgesehen, dass sich an die 4. Reinigungsstufe eine Flockungsfiltration anschließt. Diese wird u.a. für den Fall vorgesehen, dass der $P_{ges.}$ -Ablaufwert für die Kläranlage Mettingen zukünftig merklich abgesenkt wird. Dabei wird die Flockungsfiltration für eine Vollstrombehandlung von $560 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegt. Die 4. Reinigungsstufe der Varianten 2 - 4 wird auf $260 \text{ m}^3/\text{h}$ bemessen. Zur Umfahrung der 4. Reinigungsstufe wird ein Bypass für eine Mindestwassermenge von $300 \text{ m}^3/\text{h}$ vorgesehen. Die zugrundeliegenden Berechnungen der Auslegungswassermengen sind in Kap. 5.2 ausgeführt. Für die Verfahrensvarianten 2 bis 4 ergibt sich damit folgende vereinfachte Verfahrensführung (Abbildung 5-1).

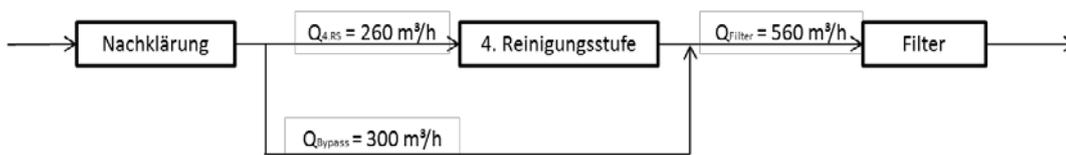


Abbildung 5-1: Verfahrensführung vierte Reinigungsstufe und Filtration

5.2 Relevante Wassermengen für die Auslegung der 4. Reinigungsstufe

Ein allgemein gültiger Ansatz zur Festlegung der Auslegungswassermenge für die Bemessung einer 4. Reinigungsstufe ist bisher noch nicht verfügbar. In der „Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination“ (22) werden verschiedene Aspekte genannt, die bei der Ermittlung der Bemessungswassermenge berücksichtigt werden sollten. Mit einbezogen werden muss die auf der jeweiligen Kläranlage anfallende Wassermenge und die Leistungsstärke des Vorfluters, aber auch das Eintragspotenzial für unerwünschte Spurenstoffe durch den Ablauf der Kläranlage, z.B. durch eine überdurchschnittliche Anzahl an Krankenhäusern, Kliniken etc. im Einzugsgebiet oder durch Indirekteinleiter wie z.B. Schwerindustrie oder chemische Industrie.

Eine Vollstrombehandlung wäre im Hinblick auf die möglichst weitgehende Verringerung der Frachten an Mikroschadstoffen im Kläranlagenablauf wünschenswert, jedoch sehr kostenintensiv, so dass für jeden Standort geprüft werden muss, ob auch die Behandlung des Trockenwetterzuflusses oder einer Teilmenge des Mischwasserzuflusses für das erforderliche Reinigungsziel ausreichend sein kann.

Wie zuvor erläutert ist zu berücksichtigen, ob im Kläranlagenablauf überdurchschnittlich hohe Mikroschadstofffrachten zu erwarten sind. Das am Standort Mettingen durchgeführte Screening auf ausgewählte Spurenstoffe zeigt dafür keine Hinweise, die gemessenen Konzentrationen liegen sogar eher unter dem Durchschnitt. Ebenso sind momentan, aber auch in der absehbaren Zukunft, keine nennenswerten bzw. problematischen Spurenstofffrachten aus der Industrie zu erwarten.

Des Weiteren ist das Gewässer, in welches eingeleitet wird, zu berücksichtigen. Wie in Kap. 2.3.2 erläutert, handelt es sich bei der Mettinger Aa um einen Vorfluter, der die Ziele der WRRL (guter chemischer/ökologischer Zustand) bisher nicht erreicht. Bei den durchgeführten Untersuchungen des Vorfluters konnte keine Erhöhung der Konzentrationen der prioritären Stoffe unterhalb der Kläranlage Mettingen nachgewiesen werden. Für einige Arzneimittel konnte jedoch unterhalb der Einleitstelle der Kläranlage eine (größtenteils geringe) Konzentrationserhöhung festgestellt werden.

Die Kläranlage Mettingen ist zu den Zeiten, in denen die Mettinger Aa nur eine mittlere Niedrigwassermenge führt, für rund 75% der Wassermengen in der Mettinger Aa verantwortlich. Dementsprechend hat das Abwasser der Kläranlage Mettingen einen erheblichen Einfluss auf die Qualität des Vorfluters.

In die Kläranlage Mettingen werden einerseits die kommunalen Abwässer der Gemeinde Mettingen und andererseits die industriellen Abwässer der Fa. „Copperrath & Wiese“ und der Fa. „Kuchenmeister“ behandelt. Etwa 30 % der Abwassermenge werden durch die industriellen Einleiter eingetragen. Dieser Abwasserteil wird flotativ vorbehandelt und vergleichmäßig der Biologie zugeführt. Ein wesentlicher Anteil des Abwassers, das in der Kläranlage behandelt wird, fließt damit gleichmäßig und witterungsunabhängig der Kläranlage zu.

In Abbildung 5-2 sind die gemittelten 2-Stundenwerte für Trockenwetter- und Regentage aufsteigend sortiert aufgetragen. Markiert sind die Abflussmengen, die kleiner oder gleich der 90 %-

Trockenwetterabflussmenge von 200 m³/h sind. Von insgesamt 8.772 Messereignissen wird an 7.208 die vorgenannte Wassermenge erreicht oder unterschritten. Das entspricht einem Anteil von rund 82 %. An 1564 Messereignissen (das entspricht 3128 von 17544 Stunden in 2 Jahren) wurde die Abflussmenge (Trockenwetter- und Regentage) von 200 m³/h überschritten. Eine Auslegung der Anlage auf den TW-Spitzenabfluss erscheint mit 82% als ausreichend.

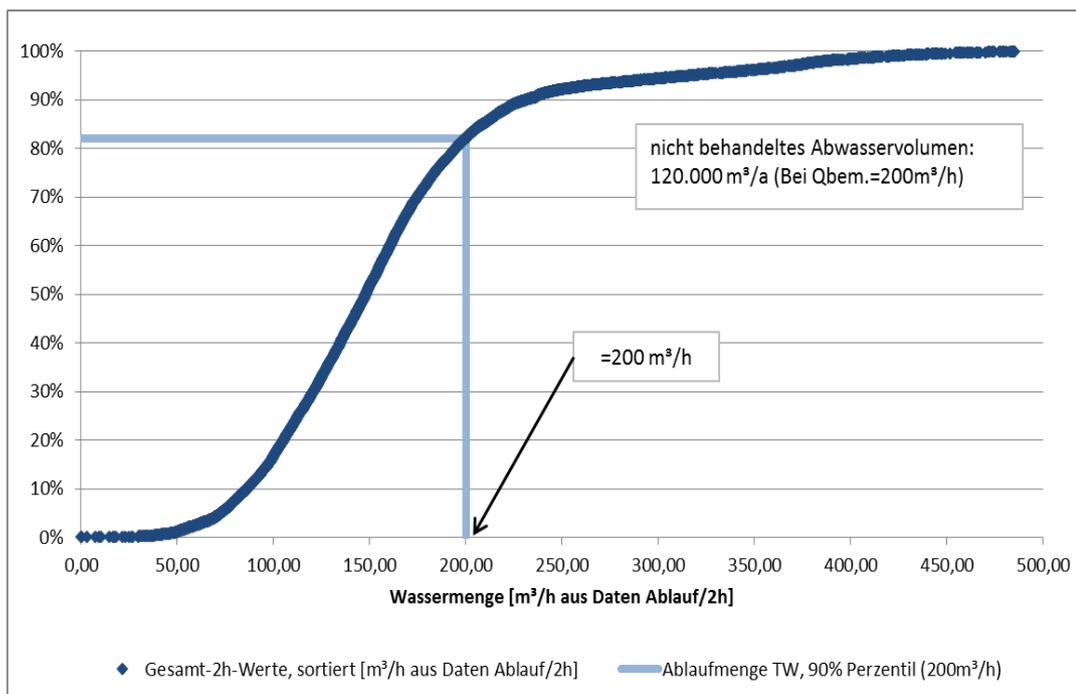


Abbildung 5-2: Stundenablaufwerte Kläranlage Mettingen

Um abschätzen zu können, welcher Anteil der Jahreswassermenge bei einer Bemessungswassermenge von 200 m³/h in einer 4. Reinigungsstufe behandelt werden kann, wurden die Zuflussmengen im 2 Stundenintervall für die Jahre 2012 und 2013 ausgewertet. In Abbildung 5-3 sind die Wassermengen des 2-h-Intervalls (umgerechnet auf m³/h) nach Werten ober- und unterhalb von 200 m³/h aufgezeigt. Hieraus ergibt sich, dass bei einer Auslegungswassermenge von 200 m³/h rund 92 % der jährlichen Wassermenge behandelt und nur 8 % der Wassermenge nicht behandelt werden können. Dies entspricht einer jährlichen behandelten Abwassermenge von 1.273.000 m³.

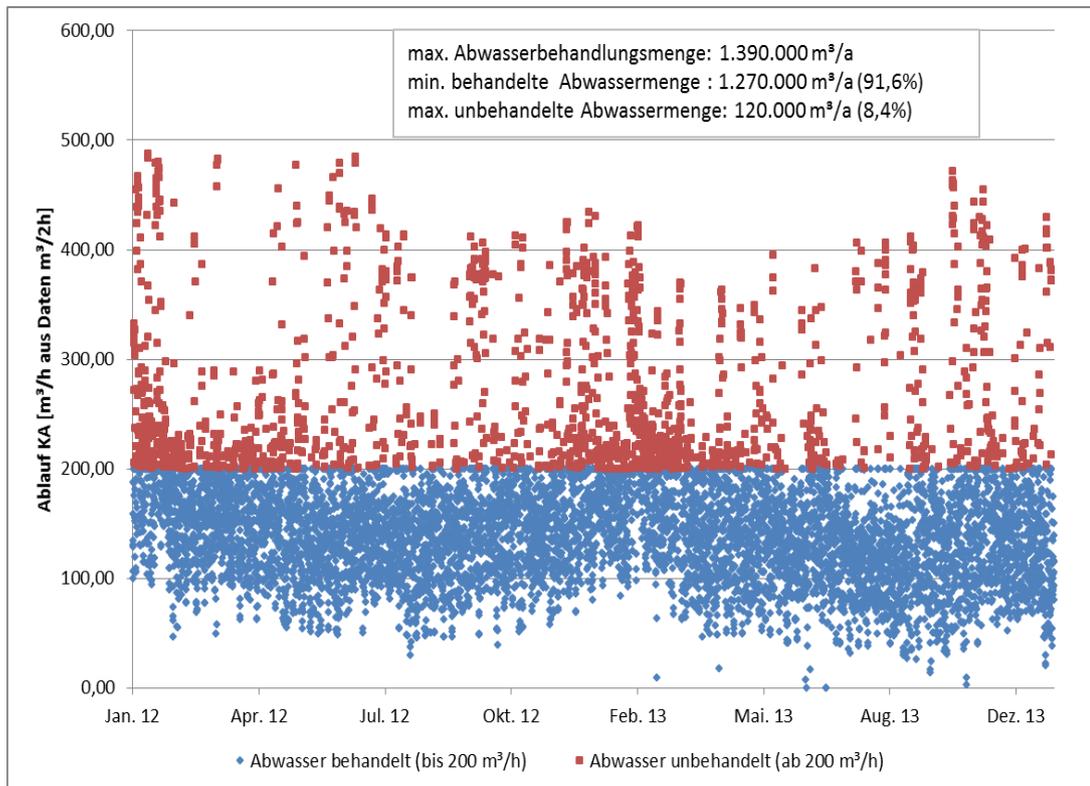


Abbildung 5-3: Abwassermengen bis 200 m³/h

Die Gemeinde Mettingen erwartet bis 2018 eine zusätzliche kommunale und industrielle Abwasserbelastung. Die kommunale Belastung soll im Trockenwetterfall bis 2018 um 17 m³/h zunehmen. Zusätzlich soll die industrielle Belastung um 40 m³/h zunehmen. Dies ergibt eine zusätzliche Abwassermenge von 57 m³/h, was einer zusätzlichen zu erwartenden Belastung von 30 % entspricht. Diese sollte dem Auslegungsvolumenstrom hinzu gerechnet werden. Somit ergibt sich ein Auslegungsvolumenstrom ($Q_{\text{bem.}}$) von 260 m³/h.

Zurzeit beträgt die jährlich in der Kläranlage Mettingen behandelte Abwassermenge 1.389.000 m³/a (ca. 1.400.000 m³/a). Zur Berechnung der zukünftig zu erwartenden Wassermengen wird davon ausgegangen, dass auch hier eine Zunahme um 30 % erwartet werden kann. Damit ergibt sich eine prognostizierte Abwassermenge ab 2018 von 1.820.000 m³/a. Angenommen wird darüber hinaus, dass die Zunahme der Abwassermenge gleichmäßig verteilt erfolgt und daher auch in diesem Fall eine Behandlung von 92 % der anfallenden Abwassermenge möglich ist.

Die maximale stündliche Ablaufmenge $Q_{h,\text{max}}$ beträgt zurzeit etwa 500 m³/h. Auch hier wird von einer zusätzlichen Belastung von 57 m³/h bis zum Jahr 2018 ausgegangen. Damit ergibt sich für den Vollstrom eine maximale stündliche Ablaufmenge von 560 m³/h und damit ein erforderlicher Bypass um die 4. Reinigungsstufe von 300 m³/h.

5.3 Nutzung von Bestand und mögliche Aufstellflächen für eine 4. Reinigungsstufe

Auf der Kläranlage Mettingen stehen keine Bestandsbehälter oder Bauwerke für die Einrichtung einer 4. Reinigungsstufe zur Verfügung. Erweiterungsflächen zum Aufbau der 4. Reinigungsstufe können nach Angaben des Betreibers nordwestlich der Kläranlage erworben werden.

5.4 Bemessung und Ausführung der Verfahrenskonzepte

Für den Standort Mettingen werden wie in Kap. 5.1 vorgeschlagen 4 verschiedene Verfahrensvarianten genauer untersucht. Bei Variante 1, der Dosierung der Pulveraktivkohle in die Belebung, erfolgt automatisch eine Vollstrombehandlung des Abwassers. Bei den Varianten 2 – 4 erfolgt eine Aufteilung des Abwasserstroms.

5.4.1 Anbindung der 4. Reinigungsstufe an den Kläranlagenbestand (Varianten 1 – 4)

Das Abwasser wird der 4. Reinigungsstufe über ein neu zu errichtendes Zwischenpumpwerk zugeleitet, um den Zustrom in die 4. Reinigungsstufe auf den Auslegungsvolumenstrom von 260 m³/h zu begrenzen. Darüber hinaus gehende Wassermengen werden im Bypass um die 4. Reinigungsstufe herum geführt und vor der Flockungsfiltration wieder mit dem Ablauf aus der 4. Reinigungsstufe vereinigt. Die Anbindung ist jeweils in den Beschreibungen der Varianten 1 – 4 enthalten.

5.4.2 Variante 1: PAK-Dosierung in die Belebung

Bei einer Dosierung von Pulveraktivkohle direkt in die Belebung wird die vorhandene Belebung als Kontaktbecken für die PAK und die Nachklärung als Sedimentationsstufe für die PAK genutzt. Der biologische Teil der Kläranlage Mettingen besteht aus zwei Belebungsbecken und zwei Nachklärbecken. Möglich ist eine PAK-Dosierung in die Belebungsbecken ($V_I = 3.270 \text{ m}^3$, $V_{II} = 6.330 \text{ m}^3$) und die Abscheidung der PAK in der Nachklärung ($V_I = 530 \text{ m}^3$, $V_{II} = 490 \text{ m}^3$). Eine schematische Zeichnung der Verfahrensvariante ist in Abbildung 5-4 gezeigt.

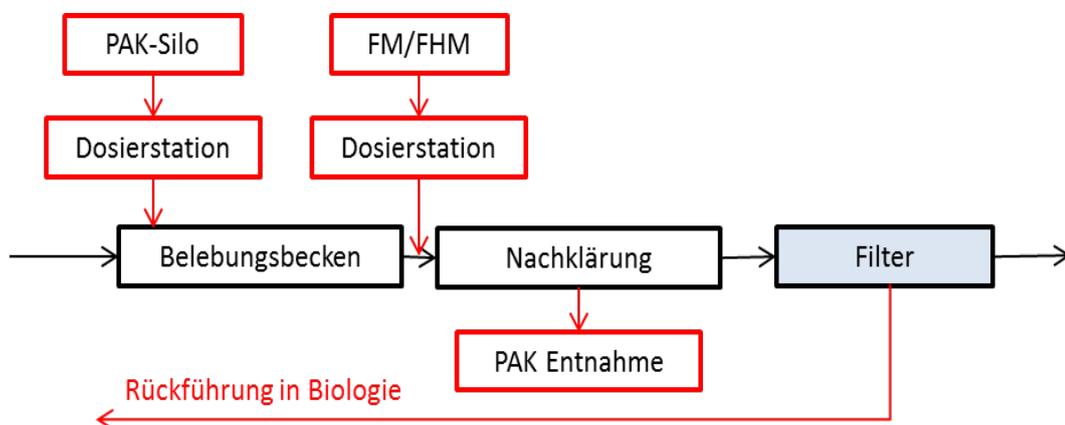


Abbildung 5-4: Verfahrensskizze PAK Dosierung in Belebung (Variante 1)

Wie in Kap. 3.1.3.1 beschrieben, ist bei der direkten Zugabe der PAK in die Belebung eine höhere Dosiermenge an PAK als bei der Dosierung in ein separates Kontaktbecken erforderlich, um eine akzeptable Eliminationsleistung zu erzielen. Es werden PAK-Dosierungen von bis zu 50 mg/l beschrieben.

Aktuelle Untersuchungen ergeben jedoch, dass bereits bei Dosiermengen von 18 mg/l ein Großteil der Spurenstoffe eliminiert wird. Bei einer Dosiermenge von 11 mg/l konnte jedoch eine deutlich verschlechterte Eliminationsleistung nachgewiesen werden (36).

Vor der Umsetzung dieser Variante muss jedoch die Leitungsfähigkeit der bestehenden Nachklärung detailliert überprüft werden.

Abschätzung des Jahresverbrauchs an PAK

Die benötigte PAK-Menge kann über die Jahresabwassermenge und eine mittlere angenommene Dosiermenge abgeschätzt werden. Die Jahresabwassermenge (Q_a) der Kläranlage Mettingen beträgt zurzeit ca. 1.400.000 m³ im Jahr (Q_a). Durch den prognostizierten Produktionsanstieg der Industrie in Mettingen und ein erwartetes Bevölkerungswachstum wird eine Zunahme der Belastungen der Kläranlage Mettingen von 2013 bis 2018 um 30 % erwartet. Ein gleicher Anstieg der Jahresabwassermenge führt zu einer Jahresabwassermenge von rund 1.820.000 m³ ($Q_{a,prog}$). Die mittlere angenommene Dosiermenge wird auf 20 mg/l (entsprechend 0,02 kg/m³) festgesetzt.

Ohne Anstieg der Jahresabwassermengen ergibt sich folgende PAK-Jahresmenge:

$$M_{PAK} = c_{PAK} * Q_a = 0,02 \text{ kg}_{PAK}/\text{m}^3_{Abw.} * 1.400.000 \text{ m}^3_{Abw.}/a = 28.000 \text{ kg}_{PAK}/a$$

Unter der Annahme einer Abwassersteigerung ergibt sich folgende PAK-Jahresabwassermenge:

$$M_{PAK,Prog.} = c_{PAK} * Q_{a, Prog.} = 0,02 \text{ kg}_{PAK}/\text{m}^3_{Abw.} * 1.820.000 \text{ m}^3_{Abw.}/a = 36.400 \text{ kg}_{PAK}/a$$

Die voraussichtlich benötigte PAK-Menge liegt mit ca. 28.000 bzw. zukünftig 36.400 kg/a im Verhältnis zur Ausbaustufe der Kläranlage relativ niedrig, weil die Wassermenge, die in der Kläranlage behandelt wird, relativ niedrig ist. Um eine gute Bewirtschaftung der PAK-Mengen am Standort zu ermöglichen, wird ein Silo mit einer Größe von mindestens 20 m³ empfohlen. Damit müsste eine Anlieferung von Aktivkohle ca. alle 6 Monate erfolgen.

Wird ein größeres Silo (> 50 m³) eingesetzt, kann die Belieferung optimiert werden, da Standard LKW-Fahrzeuge ca. 50 m³ PAK aufnehmen können. Zusätzlich zum Silo ist die Dosier- und Einmischeinheit erforderlich. Über volumetrische oder gravimetrische Dosiereinheiten und Einmischeinrichtungen wird eine konzentrierte Suspension hergestellt, die in die Belebung dosiert wird.

Bei dieser Verfahrensvariante ist ein nachgeschalteter Filter (im Anschluss an die Nachklärung) erforderlich, um suspendierte Pulveraktivkohle restlos abzuscheiden. Dazu ist in der Regel auch die Dosierung von FHM und Fällmittel erforderlich. Im Fall der Kläranlage Mettingen kann die bestehende Fällmitteldosierung für die Nachfällung mit genutzt werden.

Abschätzung des Jahresverbrauchs an Fällmittel (FM) und Flockungshilfsmittel (FHM):

Die Entnahme der PAK erfolgt mit der bestehenden Nachklärung. Um die Sedimentationsfähigkeit der PAK zu erhöhen, werden Fäll- und Flockungshilfsmittel zudosiert. Für eine PAK-Dosierung in die Belebung wird eine spezifische Dosiermenge (z_{FM}) von 7 mg (Fe oder Al)/l angenommen.

Hieraus resultieren der Bedarf an Fe bzw. Al aus dem Fällmittel (M_{FM}) und prognostizierte Bedarf ($M_{FM, Prog.}$):

$$M_{FM} = z_{FM} * Q_a = 0,007 \text{ kg}_{FM}/\text{m}^3_{Abw.} * 1.400.000 \text{ m}^3_{Abw.}/a = 9.800 \text{ kg}_{FM}/a$$

$$M_{FM, Prog.} = z_{FM} * Q_{a, Prog.} = 0,007 \text{ kg}_{FM}/\text{m}^3_{Abw.} * 1.820.000 \text{ m}^3_{Abw.}/a = 12.740 \text{ kg}_{FM}/a$$

Die spezifische Dosiermenge für Flockungshilfsmittel (z_{FHM}) wird auf 0,3 mg/l abgeschätzt. Damit resultieren der aktuelle (M_{FHM}) und der prognostizierte ($M_{FHM, Prog.}$) Bedarf an Flockungshilfsmittel:

$$M_{FHM} = z_{FHM} * Q_a = 0,0003 \text{ kg}_{FHM}/\text{m}^3_{Abw.} * 1.400.000 \text{ m}^3_{Abw.}/a = 420 \text{ kg}_{FHM}/a$$

$$M_{FHM, Prog.} = z_{FHM} * Q_{a, Prog.} = 0,0003 \text{ kg}_{FHM}/\text{m}^3_{Abw.} * 1.820.000 \text{ m}^3_{Abw.}/a = 546 \text{ kg}_{FHM}/a$$

Als Fällmittel werden auf der Kläranlage Mettingen bereits (Eisensalz-)Fällmittel benutzt. Die eingesetzten Mittel sowie die 20 m³ große Eisensalzlager- und Dosierstation werden berücksichtigt und können für die PAK-Abscheidung mit genutzt werden.

Für die Flockungshilfsmittel wird direkt an der 4. Reinigungsstufe ein 1 m³ Gebinde mit Dosiereinheit aufgestellt. Dieses muss ca. alle 1,5 Jahre (19 Monate) ausgetauscht werden.

Bei der Umsetzung dieser Variante kann der Klärschlamm zukünftig nicht mehr landwirtschaftlich verwertet werden.

5.4.3 Variante 2: PAK-Dosierung in Kontaktbecken

Eine weitere Möglichkeit den Abwasserstrom der Kläranlage Mettingen mittels Pulveraktivkohle (PAK) zu behandeln, ist die PAK-Dosierung in eine separate Behandlungsstufe, die sich an die Nachklärung anschließt (siehe auch Kap. 3.1.3.2). Das gereinigte Abwasser wird in ein Kontaktbecken geleitet, in welches die PAK dosiert wird. Im folgenden Absetzbecken (Sedimentationsbecken) wird die beladene PAK vom behandelten Abwasser getrennt. Eine Filtration ist zur Abtrennung von Rest-PAK aus dem Ablauf der Sedimentationsstufe und zur weitergehenden Phosphorelimination vorgesehen (siehe auch Kap.5.1). Auch hier ist eine landwirtschaftliche Verwertung des Schlammes nicht mehr möglich.

Ein vereinfachtes Verfahrensschema für die Dosierung von PAK in ein Kontaktbecken ist in Abbildung 5-5 dargestellt.

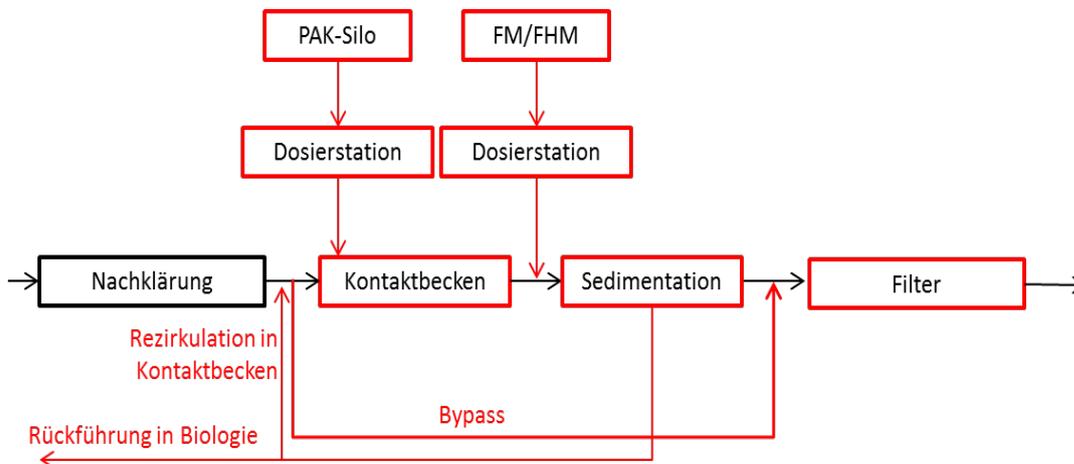


Abbildung 5-5: Dosierung von PAK in ein Kontaktbecken (Variante 2)

In Anlehnung an die Auslegungsempfehlung nach (22) kann für die PAK-Dosierung in Kontaktbecken, in welches vorbehandeltes, möglichst feststoffreies Abwasser zufließt, eine übliche Dosierrate (z_{PAK}) von 10 - 20 mg PAK/l angesetzt werden. Die Aufenthaltszeit im Kontaktbecken ($t_{Kont.}$) sollte mindestens 30 Minuten betragen. Beim Einsatz konventioneller Sedimentationsbecken wird eine hydraulische Aufenthaltszeit ($t_{Sedi.}$) von 2 Stunden und eine Oberflächenbeschickung ($q_{a, Sedi.}$) von 2 m/h empfohlen.

Auslegung Kontaktbecken:

Für die Kontaktzeit ($t_{Kont.}$) werden 30 Minuten gewählt. Damit ergibt sich das folgende Volumen für das Kontaktbecken ($V_{Kont.}$) zu:

$$V_{Kont.} = Q_{bem.} \cdot t_{Kont.} = 260 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,5 \text{ h} = 130 \text{ m}^3$$

Die Wasserspiegelhöhe in Kontaktbecken ($h_{Kont.}$) wird auf 4 Meter festgelegt. Damit ergibt sich ein notwendiger Flächenbedarf ($A_{Kont.}$) allein für das Nutzvolumen von:

$$A_{Kont.} = V_{Kont.} / h_{Kont.} = 130 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} = 32,5 \text{ m}^2$$

Auslegung Sedimentationsbecken:

Für die Absetzzeit ($t_{Abs.}$) im Sedimentationsbecken werden 120 Minuten gewählt. Damit ergibt sich das Volumen für das Sedimentationsbecken ($V_{Sedi.}$):

$$V_{Sedi.} = Q_{bem.} \cdot t_{Abs.} = 260 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2 \text{ h} = 520 \text{ m}^3$$

Die Oberflächenbeschickung ($q_{a, Sedi.}$) für das Sedimentationsbecken wird auf 2 m/h festgelegt und darf nicht überschritten werden. Die erforderliche Oberfläche des Sedimentationsbeckens ($A_{Sedi.}$) ergibt sich damit zu:

$$A_{Sedi.} = Q_{bem.} / q_{a, Sedi.} = 260 \text{ m}^3/\text{h} / 2 \text{ m/h} = 130 \text{ m}^2$$

Wird eine Rezirkulation der PAK vorgesehen, dann ist ein Rezirkulations-Pumpwerk erforderlich. Das Rezirkulationsverhältnis (RV) wird für den Bemessungsfall mit 0,7 angesetzt. Die erforderliche Pumpleistung (für $Q_{\text{Rez.}}$) ergibt sich damit zu:

$$Q_{\text{Rez.}} = Q_{\text{bem.}} \cdot RV = 260 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,7 = 182 \text{ m}^3/\text{h}$$

Abschätzung des Jahresverbrauchs an PAK:

Die erforderliche Dosiermenge an Pulveraktivkohle ist wie in Kap. 3.1.3 erläutert von verschiedenen Faktoren wie der organischen Hintergrundbelastung, der erforderlichen Eliminationsleistung etc. abhängig. Für die Abschätzung der jährlichen Menge an PAK (M_{PAK}) wird eine mittlere Dosierrate (C_{PAK}) von 10 mg/l angesetzt. Damit ergibt sich die erforderliche Jahresmenge zu:

$$M_{\text{PAK}} = C_{\text{PAK}} \cdot Q_{\text{bem. Jahr}} = 0,01 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.400.000 \text{ m}^3/\text{a} = 14.000 \text{ kg/a}$$

Die erforderliche PAK-Menge für die prognostizierten Jahreswassermenge ($M_{\text{PAK, Prog.}}$) liegt bei:

$$M_{\text{PAK, Prog.}} = C_{\text{PAK}} \cdot Q_{\text{bem. Jahr Prog.}} = 0,01 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.820.000 \text{ m}^3/\text{a} = 18.200 \text{ kg/a}$$

Die benötigte PAK-Menge liegt mit ca. 14.000 bzw. zukünftig ca. 18.200 kg/a relativ niedrig. Um eine gute Bewirtschaftung der PAK-Mengen am Standort zu ermöglichen, wird ein Silo mit einer Größe von mindestens 20 m³ für den Standort vorgeschlagen. Damit müsste eine Nachfüllung des Silos etwa alle 6 Monate erfolgen.

Abschätzung des Jahresverbrauchs an Fällmitteln und Flockungshilfsmittel

Zur Bildung von gut absetzbaren Pulveraktivkohleflocken können Flockungshilfsmittel sowie Eisen- bzw. Aluminiumprodukte als Fällmittel eingesetzt werden.

Die optimale Dosierrate für Fällmittel und Flockungshilfsmittel ist für den Standort zu ermitteln. Zur Abschätzung der erforderlichen Jahresmengen werden folgende spezifische Dosierraten gewählt:

Für Eisenprodukte:

Dosierrate Fe = 0,3 g Fe / g PAK

Aktuell erforderliche Jahresmenge Fe:

$$1.400.000 \text{ m}^3/\text{a} \cdot 0,01 \text{ kg PAK/m}^3 \cdot 0,3 \text{ kg Fe/kg PAK} = 4.200 \text{ kg Fe/a}$$

Prognostizierte zukünftig erforderliche Jahresmenge Fe:

$$1.820.000 \text{ m}^3/\text{a} \cdot 0,01 \text{ kg PAK/m}^3 \cdot 0,3 \text{ kg Fe/kg PAK} = 5.460 \text{ kg Fe/a}$$

Für Aluminiumprodukte:

Dosierrate Al = 0,2 g Al / g PAK

Aktuell erforderliche Jahresmenge Al:

$$1.400.000 \text{ m}^3/\text{a} \cdot 0,01 \text{ kg PAK/m}^3 \cdot 0,2 \text{ kg Al/kg PAK} = 2.800 \text{ kg Al/a}$$

Prognostizierte zukünftig erforderliche Jahresmenge Al:

$$1.820.000 \text{ m}^3/\text{a} * 0,01 \text{ kg PAK}/\text{m}^3 * 0,2 \text{ kg Al}/\text{kg PAK} = 3.640 \text{ kg Al}/\text{a}$$

Für Flockungshilfsmittel:

Dosierate FHM = 0,2 mg FHM/l

Aktuell erforderliche Jahresmenge FHM:

$$1.400.000 \text{ m}^3/\text{a} * 0,2 \text{ g FHM}/\text{l} = 1.400.000 \text{ m}^3/\text{a} * 0,0002 \text{ kg FHM}/\text{m}^3 = 280 \text{ kg FHM}/\text{a}$$

Prognostizierte zukünftig erforderliche Jahresmenge FHM:

$$1.820.000 \text{ m}^3/\text{a} * 0,2 \text{ g FHM}/\text{l} = 1.820.000 \text{ m}^3/\text{a} * 0,0002 \text{ kg FHM}/\text{m}^3 = 364 \text{ kg FHM}/\text{a}$$

Als Fällmittel werden zunächst die bereits auf der Kläranlage eingesetzten Mittel berücksichtigt. Für die FHM wird direkt an der 4. Reinigungsstufe ein 1 m³ Gebinde mit Dosiereinheit aufgestellt.

Anordnung der PAK-Dosierung (Kontakt- und Sedimentationsbecken) und Flockungsfiltration

Für die Zuleitung zur 4. Reinigungsstufe ist ein Zwischenpumpwerk notwendig. Das Kontaktbecken wird als Rundbecken mit einem Volumen von 130 m³ ausgeführt, wobei ein Ring-in-Ring System gewählt wird. Das PAK-Silo mit einer Mindestgröße von 30 m³ sowie die Dosiereinheit werden oben auf der Betonabdeckung des Kontaktbeckens aufgestellt (schwingungsfreie Aufstellung ist erforderlich). Die Dosierung der PAK erfolgt in das innen liegende Becken. Nachfolgend durchfließt das Abwasser/PAK Gemisch den äußeren Ring des Kontaktbeckens.

Nachgeschaltet befindet sich das Sedimentationsbecken, das ebenfalls als Rundbecken ausgeführt wird. Für die Rückführung der PAK in das Kontaktbecken ist ein Pumpwerk vorgesehen (Q = 190 m³/h + Reserve). Die nachgeschaltete Flockungsfiltration ist für die Vollstrombehandlung ausgelegt und umfasst 5 Filtrationskammern mit Scheibentuchfiltern mit je einer Filterfläche von 20 m².

Die Verfahrensvariante PAK-Dosierung in ein Kontaktbecken ist in Abbildung 5-6 als Lageplan und in Abbildung 5-7 als Längsschnitt gezeigt.

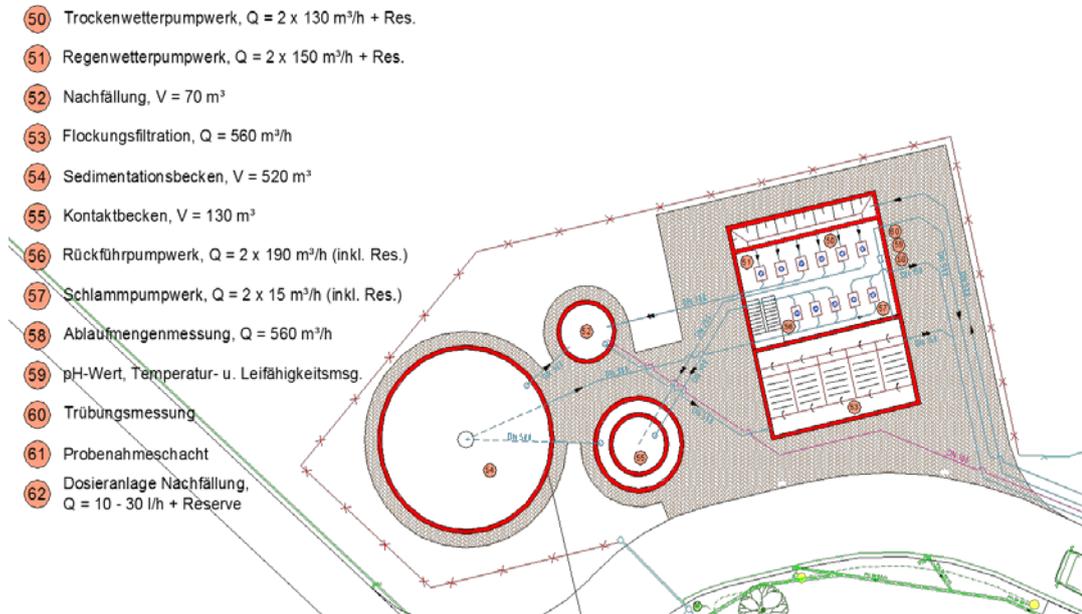


Abbildung 5-6: PAK-Dosierung in Kontaktbecken, Lageplan, Ausschnitt

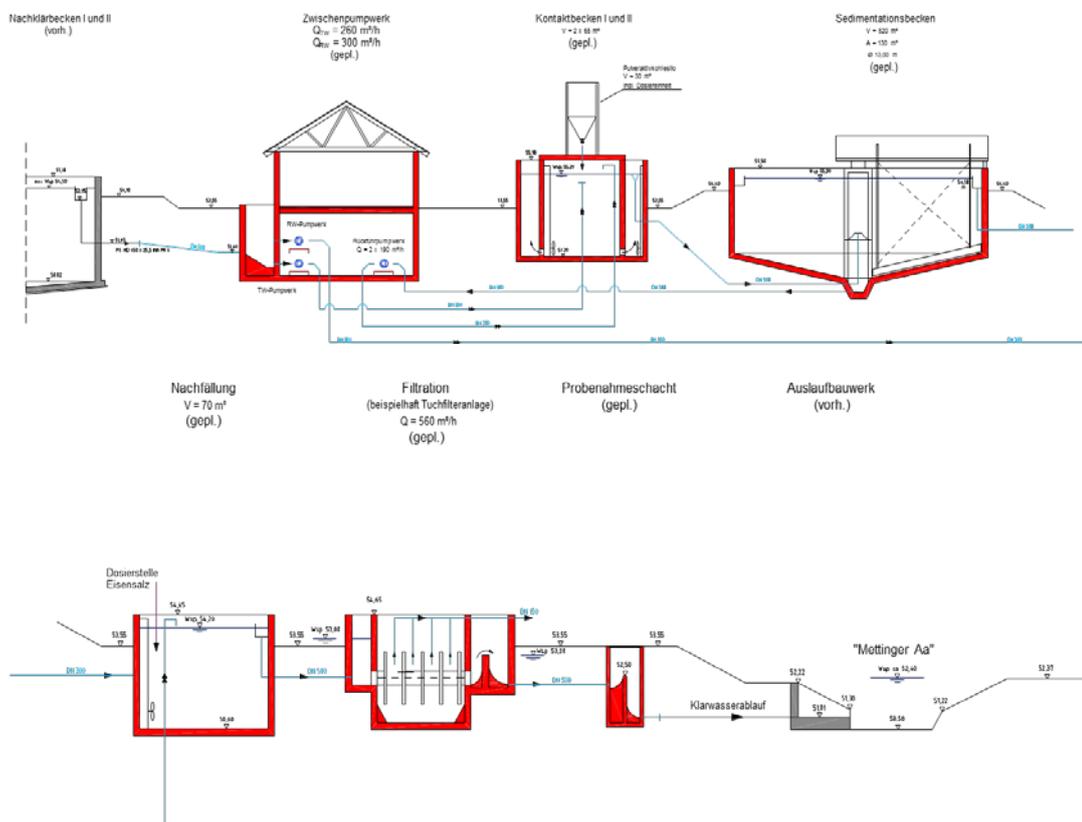


Abbildung 5-7: PAK-Dosierung in Kontaktbecken, Längsschnitt

5.4.4 Variante 3: Ozonbehandlung

Die Ozonung wird der biologischen Behandlung des Abwassers nachgeschaltet. Um eine effektive Ausnutzung des Ozons für die Mikroschadstoffelimination sicher zu stellen, ist eine niedrige organische Hintergrundbelastung Voraussetzung. Eine effektive Nachklärung ist deshalb für die nachfolgende Ozonbehandlung eine Voraussetzung. Der Ozonbehandlung folgt in der Regel eine biologische Nachbehandlung (z.B. durch biologische aktive Filter, Wirbelbett, Tropfkörper), um eventuell entstandene Transformationsprodukte zu entfernen.

Eine mögliche Verfahrensführung ist in Abbildung 5-8 gezeigt.

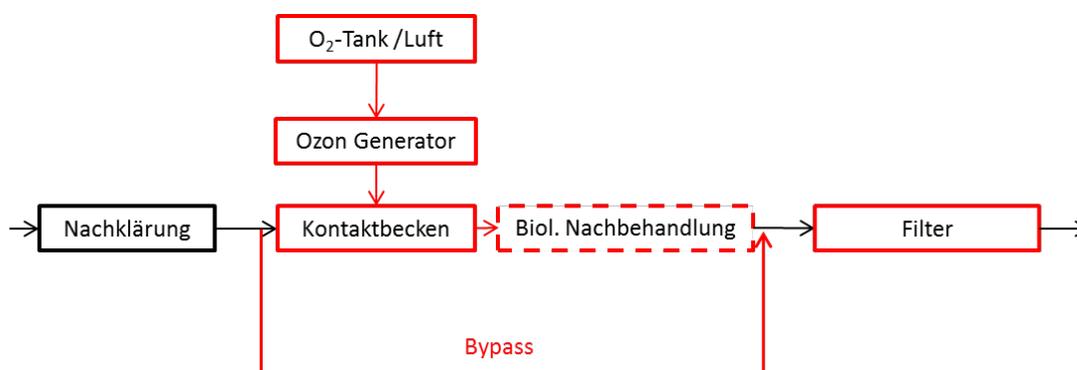


Abbildung 5-8: Mögliche Verfahrensführung Ozonierung (Variante 3)

Für die Auslegung der Ozonungsanlage wird empfohlen, die voraussichtlich erforderliche Ozondosis in Abhängigkeit der DOC-Konzentration im Zulauf zur Ozonbehandlung festzulegen (22). Die erforderliche Dosierrate kann zwischen 0,6 – 0,9 mg O₃/mg DOC angesetzt werden (21), (22). Zusätzlich ist zu berücksichtigen, ob im Ablauf der Nachklärung signifikante NO₂-N-Konzentrationen auftreten. Nitrit wird durch Ozon zu Nitrat oxidiert und führt zu einer hohen Ozonzehrung von 3,4 mg O₃/mg NO₂-N. Falls eine Ertüchtigung der Biologie zur Senkung der Nitritablauf-Konzentration nicht möglich ist, ist dieses bei der Auslegung des Ozonerzeugers zu berücksichtigen.

Auslegung des Ozonerzeugers

Für die Auslegung des Ozonerzeugers wird eine spezifische Ozondosierrate ($z_{\text{spez.}}$) von 0,8 g O₃/g DOC angesetzt. Die relevante DOC-Konzentration im Zulauf zur Ozonanlage wird über die ausgewerteten CSB-Konzentrationen im Ablauf der Nachklärung festgestellt. Die Auswertung der Betriebsdaten (siehe auch Kap.4.3) zeigt, dass die CSB-Konzentration im Mittel bei 23 mg/l liegen, allerdings werden auch immer wieder Werte um 30 mg/l erreicht. Die Konzentrationen erreichen jedoch nur gelegentlich Konzentrationen über 30 mg/l. Für die Bemessung wird daher diese Konzentration als maßgeblich angesetzt. Rechnet man die CSB-Konzentration von 30 mg/l auf eine DOC-Konzentration um, dann ergibt sich eine DOC-Konzentration (c_{DOC}) von 9,1 mg/l (mit Umrechnungsfaktor CSB/DOC = 3,3). Die erforderliche Zielozonkonzentration (c_{O_3}) im Abwasser kann damit wie folgt berechnet werden.

$$c_{\text{O}_3} = c_{\text{DOC}} \cdot z_{\text{spez.}} = 9,1 \text{ mg}_{\text{DOC}}/\text{l} \cdot 0,8 \text{ mg}_{\text{O}_3}/\text{mg}_{\text{DOC}} = 7,27 \text{ mg}_{\text{O}_3}/\text{l} = 7,27 \text{ g}_{\text{O}_3}/\text{m}^3$$

Im Ablauf der Kläranlage Mettingen liegen $\text{NO}_2\text{-N}$ -Konzentrationen im Mittel bei 0,07 mg/l. Nur selten liegen die Konzentrationen über 0,3 mg/l. Die höchste Konzentration im betrachteten Zeitraum liegt bei 0,6 mg/l. Insgesamt sollte die Ozonzehrung für die Nitritoxidation mit in Betracht gezogen werden. Für eine $\text{NO}_2\text{-N}$ -Konzentration von 0,3 mg/l ($\hat{=}$ g/m³) ergibt sich daher ein zusätzlicher Ozonbedarf $c_{\text{O}_3, \text{NO}_2\text{-N}}$ von

$$c_{\text{O}_3, \text{NO}_2\text{-N}} = c_{\text{NO}_2\text{-N}} * z_{\text{spez. NO}_2\text{-N}} = 0,3 \text{ mg NO}_2\text{-N/l} * 3,4 \text{ mg O}_3/\text{mgNO}_2\text{-N} = 1,02 \text{ mg O}_3/\text{l}$$

Die benötigte Ozonkonzentration $c_{\text{O}_3, \text{ges}}$ liegt dementsprechend bei

$$c_{\text{O}_3, \text{ges}} = c_{\text{O}_3} + c_{\text{O}_3, \text{NO}_2\text{-N}} = 7,27 \text{ g/m}^3 + 1,02 \text{ g/m}^3 = 8,29 \text{ g O}_3/\text{m}^3.$$

Mit der vorgenannten Ozon-Zielkonzentration und dem Bemessungsvolumenstrom ($Q_{\text{bem.}}$) von 260 m³/h kann die Produktionskapazität des Ozonerzeugers (B_{O_3}) berechnet werden:

$$B_{\text{O}_3} = Q_{\text{bem.}} * c_{\text{O}_3, \text{ges}} = 260 \text{ m}^3/\text{h} * 8,29 \text{ g O}_3/\text{m}^3 = 2,16 \text{ kg O}_3/\text{h}$$

Dementsprechend ist ein Ozonerzeuger mit einer Kapazität von ca. 2,2 kg O₃/h erforderlich.

Abschätzen des Sauerstoffbedarfs und Ermittlung der Größe des Sauerstofftanks

Für kleinere Ozonisierungsanlagen wird in der Regel flüssiger Sauerstoff (LOX) für die Herstellung von Ozon eingesetzt. Für die Erzeugung von einem Gramm Ozon wird die 10-fache Menge ($f_{\text{O}_2/\text{O}_3}$) an Sauerstoff benötigt. Für die Abschätzung der voraussichtlich benötigten Jahresmengen an flüssigem Sauerstoff wird die Jahresabwassermenge von ca. 1.400.000 m³ bzw. 1.820.000 m³ (prognostiziert) und die mittlere CSB- (bzw. DOC-) Konzentration im Ablauf der Nachklärung von 23 mg/l CSB bzw. 6,97 mg/l DOC eingesetzt. Die Nitrit-Konzentration liegt im Jahresmittel bei 0,07 mg/l und wird daher bei der Abschätzung des Sauerstoffverbrauchs vernachlässigt. Die aktuell benötigte Jahresmenge an O₂ (M_{O_2}) ergibt sich damit zu:

$$M_{\text{O}_2} = (1.400.000 \text{ m}^3/\text{a} * 6,97 \text{ g/m}^3 \text{ DOC}) * 0,8 \text{ g O}_3/\text{g DOC} * 10 \text{ g O}_2/\text{g O}_3 = 78.061 \text{ O}_2 \text{ kg/a.}$$

Die prognostizierte Jahresmenge an O₂ (M_{O_2}) beträgt damit:

$$M_{\text{O}_2} = (1.820.000 \text{ m}^3/\text{a} * 6,97 \text{ g/m}^3 \text{ DOC}) * 0,8 \text{ g O}_3/\text{g DOC} * 10 \text{ g O}_2/\text{g O}_3 = 101.479 \text{ O}_2 \text{ kg/a.}$$

Die zukünftig erforderliche Jahresmenge an flüssigem Sauerstoff wird auf ca. 101.000 kg abgeschätzt.

Bereitstellung des Flüssigsauerstoffs:

Die Größe des Sauerstofftanks wird so gewählt, dass eine Sauerstofflieferung ca. alle 8 Wochen erfolgt. Damit ist ein Sauerstofftank von ca. 15 m³ erforderlich. Der Sauerstofftank wird gemietet.

Auslegung des Ozonreaktors:

Das Volumen des Ozonreaktors wird über die erforderliche Aufenthaltszeit im Reaktor bestimmt. Die Aufenthaltszeit ($t_{\text{Aufenth.}}$) setzt sich aus der eigentlichen Reaktions- und der Ausgasungszeit zusammen und berücksichtigt damit die notwendige Zeit für die Ozonreaktion, Zehrung und Ausgasung von Ozon. Die mittlere Aufenthaltszeit bei Bemessungszufluss kann mit 15 – 30 Minuten festgelegt werden (22).

Für den Standort Mettingen werden eine Reaktionszeit ($T_{\text{Reakt.}}$) von 15 Minuten und eine Ausgasungszeit ($t_{\text{Ausgas.}}$) von 10 Minuten im Bemessungsfall angesetzt. Damit ergibt sich das erforderliche Reaktorvolumen ($V_{\text{Ozonr.}}$) als:

$$V_{\text{Ozonr.}} = (t_{\text{Reakt.}} + t_{\text{Ausg.}}) * Q_{\text{bem}} = (15 \text{ min} + 10 \text{ min}) * 260 \text{ m}^3/\text{h} = 108 \text{ m}^3$$

Das Reaktionsvolumen wird auf 2 Straßen aufgeteilt. Der Ozoneintrag kann mit Diffusoren oder mit einem Injektorsystem (Treiberstrahlensystem) erfolgen. Um einen effektiven Ozoneintrag mit Diffusoren zu ermöglichen, wird ein Mindestwasserspiegel von 5 m angesetzt. Die Reaktoren werden jeweils mit einer Breite von ca. 2 m und einer Länge von 6 m ausgeführt. Die Reaktoren können als Schlaufenreaktoren mit Leitwänden ausgeführt werden. Im Falle einer Umsetzung dieser Verfahrensvariante wird eine Strömungsoptimierung des Beckens mit Hilfe einer CFD-Simulation empfohlen.

Die Ozonreaktoren müssen gasdicht abgedeckt und kontinuierlich abgesaugt werden. Das Off-Gas wird über einen Restozonvernichter geleitet.

Nachbehandlung:

In verschiedenen Studien finden sich Hinweise, dass bei der Ozonung u.U. entstandene Transformationsprodukte durch eine biologische Nachbehandlung entfernt werden können. Eine biologische Nachbehandlung kann mit verschiedenen Verfahren erfolgen, z.B. durch biologisch aktive Sandfilter oder GAK-Filter, Wirbel- oder Festbettreaktoren, Tropfkörper etc. Im Konzept für die Kläranlage Mettingen wird eine Nachbehandlung in einem biologisch aktiven Filter (Flockungsfiltration) vorgesehen.

Anordnung der Ozonanlage und Flockungsfiltration:

Auch für diese Variante ist ein Zwischenpumpwerk erforderlich. Das Abwasser durchläuft den Ozonreaktor und danach die Flockungsfiltration. Auch hier wird die Flockungsfiltration als Vollstrombehandlung ausgelegt und umfasst 5 Filtrationskammern mit Scheibentuchfiltern mit je einer Filterfläche von 20 m². Es wird davon ausgegangen, dass sich auf den Tuchfiltern ein aktiver Biofilm ausbildet, so dass während der Filtration Transformationsprodukte abgebaut werden können. (Alternativ kann auch ein Sandfilter eingesetzt werden.) Für den Ozonerzeuger, den Sauerstofftank und die erforderliche Kühlung wird ein neues Betriebsgebäude benötigt.

Der Lageplan für die Variante 3 „Ozonbehandlung“ ist in Abbildung 5-9 gezeigt, der Längsschnitt in Abbildung 5-10.

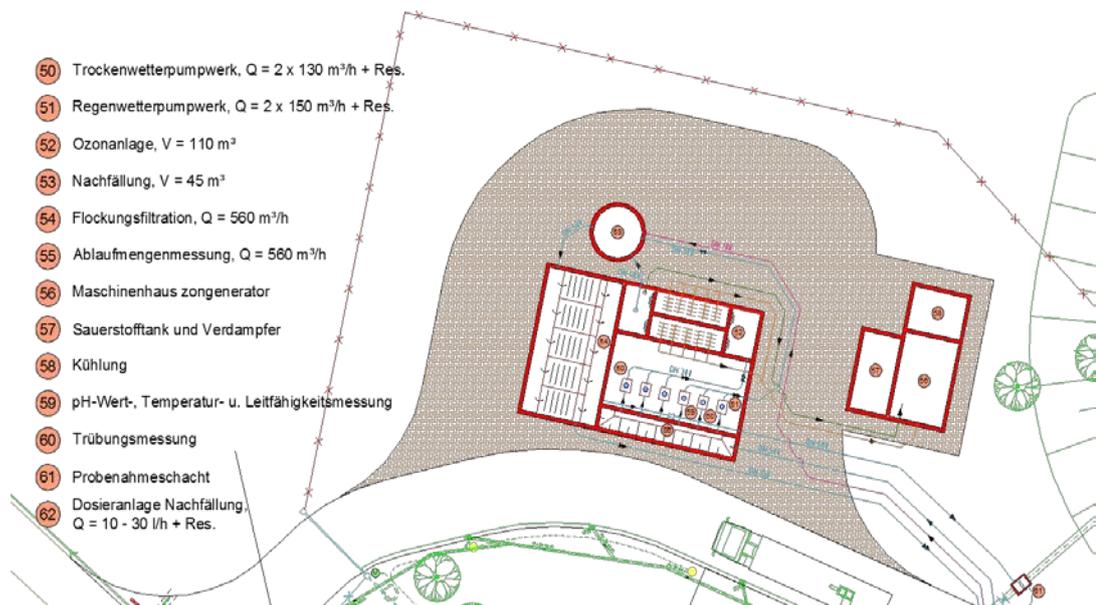


Abbildung 5-9: Ozonbehandlung, Lageplan, Ausschnitt

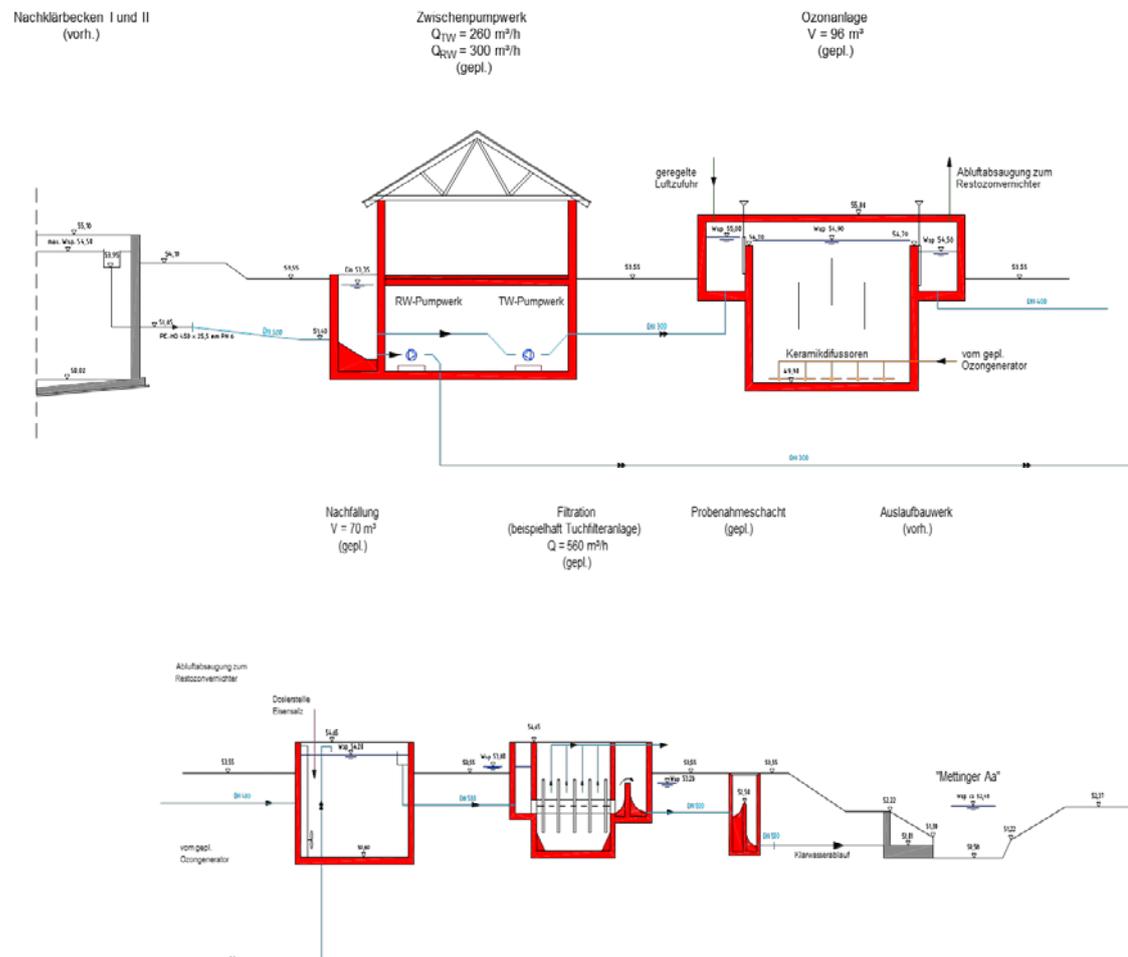


Abbildung 5-10: Ozonbehandlung, Längsschnitt

5.4.5 Variante 4: Granulierte Aktivkohle (GAK-Filtration)

Zur Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Mettingen kann auch eine Filtration mit granulierter Aktivkohle eingesetzt werden (siehe auch Kap. 3.1.4). Das gereinigte Abwasser aus der Nachklärung wird dabei den GAK-Filtern zugeführt. Bei einem sehr hohen Suspensaanteil im Ablauf der Nachklärung muss eine Vorfiltration des Abwassers erfolgen, um die GAK-Filter vor einer zu schnellen Verblockung zu schützen und zu häufige Rückspülungen des GAK-Filterns zu verhindern. Vor der Umsetzung dieser Variante am Standort Mettingen muss detailliert untersucht werden, wo die Flockungsfiltration optimal angeordnet werden sollte. Die GAK-Filtration wird auf mehrere parallel betriebene Filtereinheiten aufgeteilt, da sich regelmäßig Filtereinheiten in Rückspülung befinden.

Ein vereinfachtes Verfahrensschema für den Einsatz der GAK-Filtration ist in Abbildung 5-11 dargestellt.

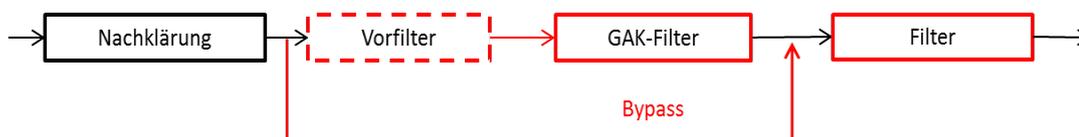


Abbildung 5-11: Mögliche Verfahrensführung Variante 4 (GAK)

Die GAK Filtration wird in der Regel auf eine Leerbettkontaktzeit (EBCT) zwischen 5 – 30 Minuten und einer Filterbettgeschwindigkeit von 5 – 15 m/h bemessen (22).

Auslegung der GAK-Filtration:

Für die Auslegung der GAK-Filtration wird der Bemessungsvolumenstrom ($Q_{\text{bem.}}$) von 260 m³/h zuzüglich des Rückspülwassers ($Q_{\text{Rück}}$; ca. 10 % der Bemessungswassermenge) eingesetzt. Die Leerbettkontaktzeit ($t_{\text{Kont. GAK}}$) wird auf 20 Minuten und die maximale Filterbettgeschwindigkeit (v_{Filt}) auf 10 m/h festgesetzt. Das rechnerisch erforderliche Filtervolumen ($V_{\text{Filt. GAK}}$) ergibt sich damit zu:

$$V_{\text{Filt. GAK}} = (Q_{\text{bem}} + Q_{\text{Rück}}) \cdot t_{\text{Kont. GAK}} = (260 + 26) \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,333 \text{ h} = 95 \text{ m}^3$$

Die Filterbetthöhe der GAK (h_{Filt}) wird mit 2,0 m angesetzt. Damit ergibt sich eine benötigte Gesamtfläche der GAK-Filtration von (A_{Filt}):

$$A_{\text{Filt}} = V_{\text{Filt}} / h_{\text{Filt}} = 95 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} = 48 \text{ m}^2$$

Aus der erforderlichen Fläche (A_{Filt}) ergibt sich durch den Bemessungsvolumenstrom ($Q_{\text{bem}} + Q_{\text{Rück}}$) die Filtergeschwindigkeit

$$v_{\text{Filt}} = (Q_{\text{bem.}} + Q_{\text{Rück}}) / A_{\text{Filt.}} = (260 + 26) \text{ m}^3/\text{h} / 48 \text{ m}^2 = 6 \text{ m/h}$$

Damit wird im Auslegungsfall die maximale Filtergeschwindigkeit ($v_{\text{Filt.}}$) von 10 m/h nicht überschritten.

Die GAK-Filtration wird auf mehrere parallele Filter aufgeteilt. Es werden 6 (5 + 1 Reserve) parallele Rundfilter mit einer Fläche von je 9,6 m² gewählt. Das Gesamfiltervolumen liegt demnach bei etwa 115 m³.

Zur Ausführung werden 6 Filter vorgesehen, um die Filtrationsleistung zu gewährleisten, wenn sich ein Filter in Rückspülung befindet.

Abschätzung des GAK-Bedarfs:

Für die Abschätzung des GAK-Bedarfs wird ohne vorherige Untersuchungen im Labor davon ausgegangen, dass der Zulauf der GAK-Stufe nahezu feststofffrei ist (ggf. erfolgt die Filtration vor der GAK-Filtration). Unter diesen Voraussetzungen kann beim Betrieb der Anlage von erreichbaren Bettvolumina von bis zu 13.000 Bettvolumina (BTV) ausgegangen werden. Damit ergäbe sich eine Nutzungsdauer der GAK von ca. 10 Monaten.

Anordnung der GAK-Filtration und Flockungsfiltration:

Auch für diese Variante wird ein neues Pumpwerk benötigt. Das Wasser wird von einem Abwasserverteiler auf die 6 parallel betriebenen GAK-Filter verteilt. Die Flockungsfiltration ist für eine Vollstrombehandlung ausgelegt und kann vor oder hinter der GAK-Filtration betrieben werden. Hier werden 5 Filtrationseinheiten mit einer Filterfläche von jeweils 20 m² eingesetzt.

Abbildung 5-12 zeigt den Lageplan für die Variante GAK-Filtration. Der Längsschnitt findet sich in Abbildung 5-13.

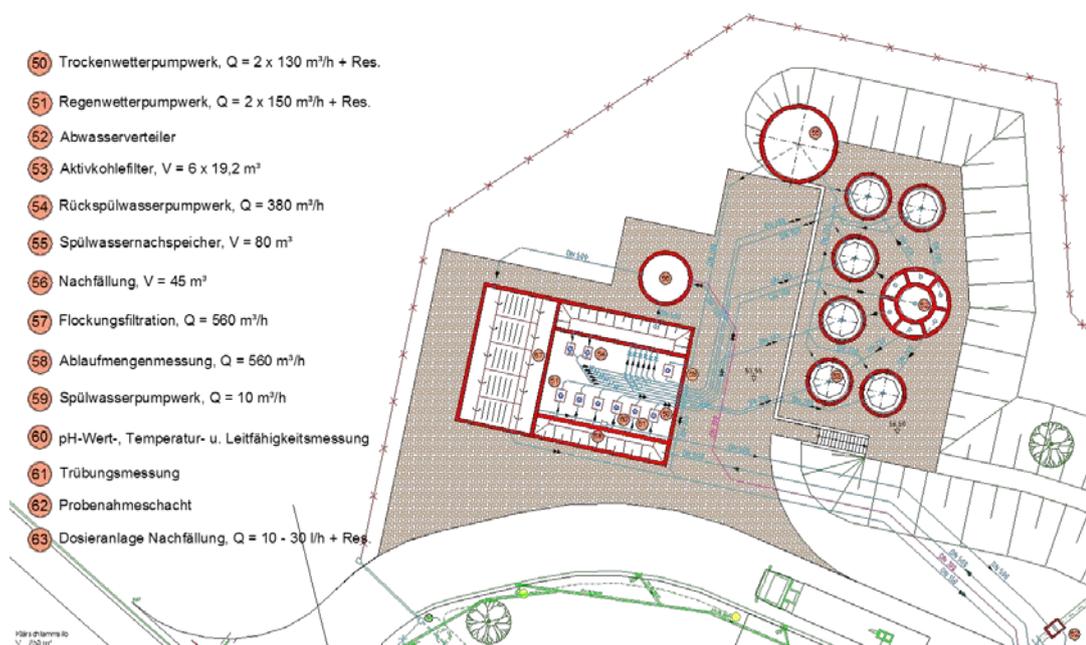


Abbildung 5-12: GAK-Filtration, Lageplan, Ausschnitt

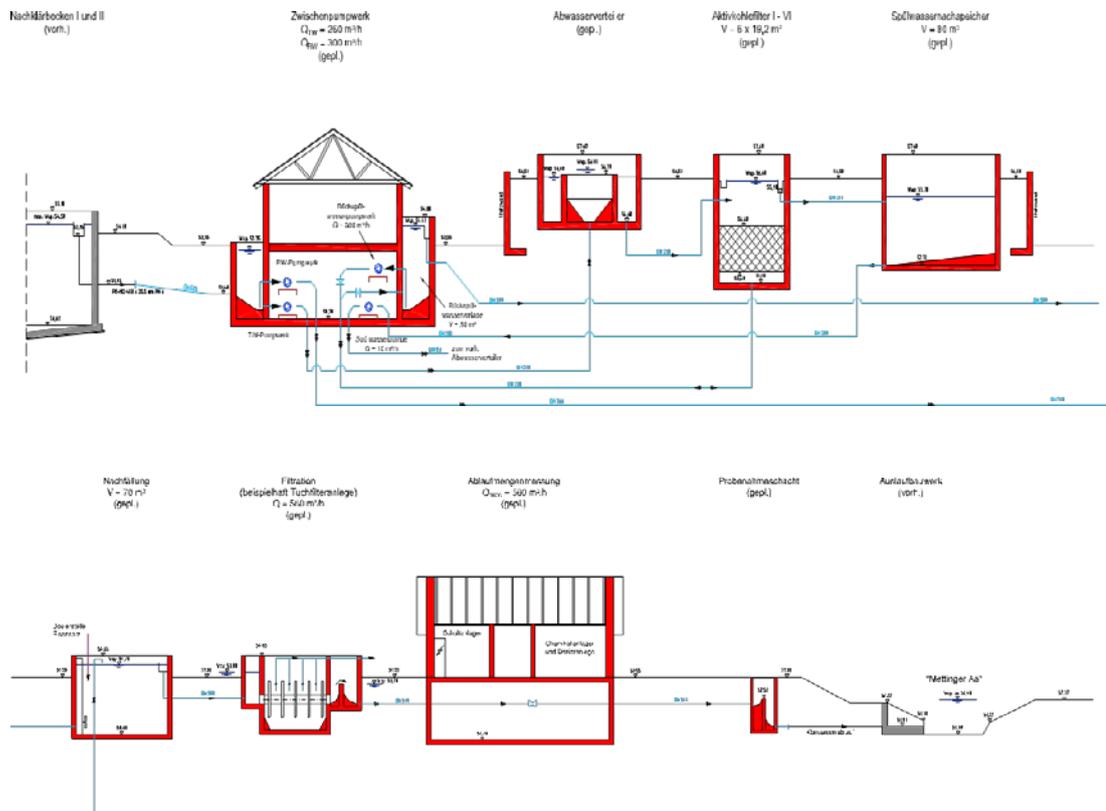


Abbildung 5-13: GAK-Filtration, Längsschnitt

5.4.6 Auslegung der Flockungsfiltration

Wie in Kap. 5.1 beschrieben, ist für den zukünftigen Kläranlagenbetrieb am Standort Mettingen u.U. eine Flockungsfiltration erforderlich, falls der Grenzwert für die P_{ges} -Ablaufkonzentration abgesenkt wird. Des Weiteren ist für die 4. Reinigungsstufe eine nachgeschaltete Filtration erforderlich, um Restfraktionen der Pulveraktivkohle abzuscheiden oder wie bei der Ozonierung mögliche Transformationsprodukte in einem biologisch aktiven Filter abzubauen. Auch bei der granulierten Aktivkohle kann eine zusätzliche Filtrationsstufe erforderlich sein, um einen effektiven Suspensa-Rückhalt vor der GAK-Filtration sicherzustellen.

Nachfolgend wird die Filtrationsstufe exemplarisch für die weitergehende P-Elimination ausgelegt. In diesem Fall ist eine Vollstrombehandlung des Abwasserstroms erforderlich. Alle anderen Anwendungsfälle der 4. Reinigungsstufe (s.o.), die zum Teil eine geringere Filterfläche erfordern würden, können damit ebenfalls abgedeckt werden.

Der Bemessungsvolumenstrom ($Q_{bem., Filt.}$) für die Auslegung der Flockungsfiltration beträgt $560 \text{ m}^3/\text{h}$.

Raumfiltration:

Die Bemessung von Raumfiltern (Sandfiltern, etc.) erfolgt über die Filtergeschwindigkeit ($v_{\text{Filt. Ges.}}$). Empfohlen werden die folgenden Filtergeschwindigkeiten ($v_{\text{Filt.}}$): Für den Trockenwetterfall 7,5 m/h und im Regenwetterfall 15 m/h.

Für den vorliegenden Fall wird die Filtergeschwindigkeit auf 10 m/h festgelegt. Dem Bemessungsvolumenstrom muss das Rückspülwasser hinzugerechnet werden. Die Rückspülwassermenge ($Q_{\text{rück}}$) wird mit 10 % der Auslegungswassermenge angenommen. Damit ergibt sich eine erforderliche Filterfläche ($A_{\text{Filt., ges.}}$) von:

$$A_{\text{Filt., ges.}} = (Q_{\text{bem., Filt.}} + Q_{\text{rück}}) / v_{\text{Filt.}} = 616 \text{ m}^3/\text{h} / 10 \text{ m/h} = 62 \text{ m}^2$$

Es wird ein 2-Schichtfilter mit einer Sandschicht von 1 m und einer Hydroanthrazitschicht von 1 m vorgesehen. Um auch bei der Rückspülung eines Filters eine ausreichende Filterfläche verfügbar zu haben, werden mindestens 6 Filtereinheiten mit einer Fläche von 13,5 m² gewählt.

Für die Speicherung des Spülwassers und des Rückspülwassers werden Speicher mit einem Nutzvolumen von 124 m³ vorgesehen.

Tuchfilter/Gewebefilter:

Alternativ zur Raumfiltration können Gewebefilter eingesetzt werden. Diese können z.B. als Trommelfilter oder Scheibenfilter ausgeführt werden. Exemplarisch wird die Filterstufe für den Einsatz von Polstoff-Tuchfiltern der Firma Mecana ausgelegt. Für diese Filter wird eine maximale Filtergeschwindigkeit von 10 m/h empfohlen. Die erforderliche Filterfläche ergibt sich damit zu:

$$A_{\text{Filt., ges.}} = Q_{\text{bem., Filt.}} / v_{\text{Filt.}} = 560 \text{ m}^3/\text{h} / 10 \text{ m/h} = 56 \text{ m}^2$$

Es werden 5 Scheibenfilter (Mecana Scheibenfilter Typ SF4/20) mit einer Filterfläche von 20 m²/Stk. gewählt. Damit ist sichergestellt, dass eine ausreichende Filterfläche zur Verfügung steht, wenn eine Filtereinheit gereinigt wird. Eine Spülwasser- und Rückspüleinheit ist nicht erforderlich.

6 Kostenschätzung und Bewertung der Verfahrenskonzepte

Für die Bewertung der eingesetzten Verfahrenstechniken und die wirtschaftliche Bewertung werden für die Kläranlage Mettingen folgende Verfahrenskonzepte berücksichtigt:

- Variante 1: Dosierung von PAK in die Belebung
- Variante 2: Dosierung von PAK in ein Kontaktbecken
- Variante 3: Ozonierung
- Variante 4: GAK-Filtration

Es gilt dabei, die o.g. Verfahrenskonzepte wirtschaftlich zu vergleichen. Für den wirtschaftlichen Vergleich werden die vom Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe, NRW veröffentlichten Vorgaben zur Kostenermittlung genutzt (37). Die Ermittlung erfolgt dabei in Anlehnung an die LAWA-Richtlinie. In diese Berechnung gehen sowohl die Erstinvestitionen mit den Re-Investitionen als auch die Betriebsmittelverbräuche, Versicherungen, Personalbedarf und Reststoffverwertungskosten ein.

6.1 Investitionen

Für die Ermittlung der Investitionen wurden folgende Annahmen getroffen:

- Bei allen Varianten (1 – 4) muss ein neues Hebewerk (Zwischenpumpwerk) errichtet werden, um die 4. Reinigungsstufe und die Flockungsfiltration zu beschicken,
- Bei allen Varianten ist eine Abschlussfiltration mittels Tuchfiltration für den Vollstrom enthalten (im Hinblick auf eine weitergehende P-Elimination),
- Für die Unterbringung der neuen Pumpwerke wird bei jeder Variante ein neues Betriebsgebäude errichtet,
- Die Unterbringung des Ozongenerators, des Sauerstofftanks sowie der notwendigen Kühlung erfolgt ebenfalls in einem neuen Betriebsgebäude,
- Die Sauerstofflagereinheit wird als Mietanlage vorgesehen.

Die Investitionen für die verschiedenen Verfahrensvarianten wurden anhand der Anlagenvorbemessung und der Lageplanskizzen abgeschätzt und sind in Tabelle 6-1 zusammengestellt.

Tabelle 6-1: Zusammenstellung der geschätzten Investitionskosten (inkl. Tuchfiltration)

	Variante 1 PAK-Dosierung in die Belebung	Variante 2 PAK-Dosierung in Kontaktbecken	Variante 3 Ozonung	Variante 4 GAK-Filtration
Baukosten	794.700,00 €	1.079.700,00 €	1.099.200,00 €	1.261.600,00 €
Maschinentechnik- Kosten	612.600,00 €	772.600,00 €	654.600,00 €	726.600,00 €
EMSR-Technik-Kosten	174.000,00 €	174.000,00 €	177.000,00 €	178.000,00 €
Baunebenkosten	285.000,00 €	365.000,00 €	347.500,00 €	389.700,00 €
Investitionskosten (netto)	1.866.300,00 €	2.391.300,00 €	2.278.300,00 €	2.555.900,00 €
Investitionskosten (brutto)	2.220.897,00 €	2.845.647,00 €	2.711.177,00 €	3.041.521,00 €

Eine detaillierte Aufschlüsselung der Investitionen ist den Kapiteln 8.1 bis 8.4 zu entnehmen. Die Kostenangaben basieren auf den Submissionsergebnissen aus der Ausschreibung vergleichbarer Anlagen und auf Anfragen von Richtpreisen für Hauptkomponenten bei verschiedenen Lieferanten.

Die Investitionen sind für Variante 1 (PAK-Dosierung in die Belebung) mit 2.220.897 Euro brutto mit Abstand am niedrigsten. Bei dieser Variante sind die geringsten Infrastrukturmaßnahmen notwendig. Für Variante 3 (Ozon) sind Investitionen von 2.711.177 Euro brutto erforderlich. Die Investitionen für die Aktivkohlevarianten liegen eng beieinander, für Variante 2 (PAK-Dosierung in Kontaktbecken) wurden die Investitionen mit 2.845.647 Euro brutto und für Variante 4 (GAK) mit 3.041.521 Euro brutto ermittelt.

Für die Ozonbehandlung und die GAK-Filtration wäre streng genommen verfahrenstechnisch keine Flockungsfiltration notwendig. Würde man diese Kosten entfallen lassen, dann ergäben sich Investitionen von ca. 1.900.000 Euro brutto für die Ozonbehandlung und 2.200.000 Euro brutto für die GAK-Filtration. Die Filtration wurde für die Ozonung allerdings als biologisch aktiver Filter zur Entfernung möglicher Transformationsprodukte vorgesehen. Entfällt diese Filtration, so müsste ersatzweise eine biologische Nachbehandlung berücksichtigt werden. Bei der GAK-Filtration wurde davon ausgegangen, dass die Filtrationsstufe – falls erforderlich - der GAK-Filtration vorgeschaltet wird, um Restsuspensa zu entfernen. Würde die Filtrationsstufe entfallen, müssten u.U. geringere Standzeiten für das GAK Filtermaterial angesetzt werden.

Vor dem Hintergrund der Vorgaben der Bezirksregierung Münster hinsichtlich der Phosphorelimination (siehe Kap. 2.1) wird jedoch für alle Verfahrensvarianten eine Flockungsfiltration berücksichtigt.

6.2 Betriebsmittel- / Verbrauchsmittelkosten

Die jährlichen Betriebsmittel- und Verbrauchsmittelkosten setzen sich aus den Personalkosten, den Energiekosten, dem Verbrauch an Hilfsstoffen und Chemikalien (PAK, GAK, Fällmittel, Flockungs-

hilfsmittel) und den Schlamm Entsorgungskosten zusammen. Bei der Berechnung der Betriebsmittel- / Verbrauchsmittelkosten wurden die folgenden spezifischen Kosten (netto) angesetzt:

Energiekosten:	0,15 Euro/kWh
Personalkosten für Facharbeiter:	40.000 Euro/Mannjahr
Pulveraktivkohle:	1.500 Euro/t
Granulierte Aktivkohle:	1.400 Euro/t (als regenerierte Kohle)
Fällmittel:	140 Euro/t
Flockungshilfsmittel:	1.400 Euro/t
Sauerstoff:	0,22 Euro/kg (inklusive Miete der Sauerstofftankanlage)
Schlamm Entsorgung:	320 Euro/t TR

Die Abschätzung der Verbrauchsmittelkosten erfolgt für alle Varianten für den gesamten zurzeit anfallenden Abwasserstrom von ca. 1.400.000 m³/a. Damit ist sichergestellt, dass die Kosten nicht zu niedrig abgeschätzt werden. Bei in der Zukunft steigenden Abwassermengen erhöhen sich die Kosten entsprechend. Die Zusammenstellung der Betriebsmittel- und Verbrauchsmittelkosten ist in Anhang B (Kap.8.6) dargestellt.

Für die Abschätzung des Energiebedarfs wurden die Hauptverbraucher wie Pumpen, Rührwerke, Räumler und der Ozongenerator berücksichtigt. Eine Übersicht über die Ermittlung des Energiebedarfs ist Kap. 8.5 zu entnehmen.

Bei den Varianten mit PAK Dosierung (Varianten 1 und 2) wurde der zusätzliche Schlammfall durch die PAK- und Fällmitteldosierung abgeschätzt. Die resultierenden Entsorgungskosten wurden in die Kostenschätzung mit aufgenommen.

Bei Variante 4 (GAK) wurde ein Bettvolumen von 13.000 BTV angesetzt. Damit ergibt sich für die Kläranlage Mettingen eine Standzeit des GAK-Filtermaterials von ca. 13 Monaten. Bei dieser Annahme wird davon ausgegangen, dass die neue Filtrationsanlage (Tuchfiltration) ggf. vor die GAK-Filtration platziert wird und damit eine weitgehende AFS-Reduktion vor der GAK-Filtration erreicht wird. Falls vor der GAK-Filtration keine Vorfiltration des Ablaufs der Nachklärung stattfindet, müsste mit einer kürzeren GAK-Filterstandzeit gerechnet werden. Diese würde dann voraussichtlich zwischen 4 und 8 Monaten liegen.

Bei der Ozonungsanlage wurden Kosten in Höhe von 0,22 Euro/kg Sauerstoff angesetzt. Die spezifischen Kosten beinhalten auch die Miete für die Sauerstofflagereinheit.

Bei den Personalkosten wurden je nach Verfahren zwischen 16 – 20 Arbeitsstunden / Woche für die Betreuung der 4. Reinigungsstufe veranschlagt.

Eine detaillierte Aufschlüsselung der ermittelten Betriebskosten ist in Kap. 8.6 gezeigt. Eine Zusammenfassung der Betriebskosten zeigt Tabelle 6-2. Die gezeigten Betriebskosten wurden zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Studien auf das Jahr 2013 als Bezugsjahr umgerechnet.

Tabelle 6-2: Betriebskosten

Bezugsjahr: 2013		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
		PAK-Dosierung in die Belebung	PAK-Dosierung in Kontaktbecken	Ozon	GAK-Filtration
Energie	[€/a]	12.649	19.585	35.121	10.460
Personal	[€/a]	15.841	19.801	15.841	15.841
Wartung/ Instandhaltung	[€/a]	42.505	52.282	48.646	53.608
Sauerstoff	[€/a]	0	0	16.835	0
PAK/GAK	[€/a]	41.172	20.586	0	54.329
FHM, FM	[€/a]	10.183	4.502	0	0
Schlamm Entsorgung	[€/a]	20.861	12.077	0	0
Betrieb Gesamtkosten (Nettokosten)	[€/a]	143.212	128.834	116.444	134.237

Aus Tabelle 6-2 geht hervor, dass bei Variante 3 (Ozonung) voraussichtlich mit den niedrigsten Betriebskosten von 116.444 Euro netto/a zu rechnen ist. Die Betriebskosten aller anderen Varianten liegen höher und zwischen 128.834 Euro netto/a und 143.212 Euro netto/a.

6.3 Jahreskosten

Der Berechnung der Jahreskosten wurde die vom Kompetenzzentrum NRW zur Verfügung gestellte Tabelle zur Berechnung der Kosten zugrunde gelegt. Kap. 8.7 zeigt die Berechnung der Jahreskosten für die 4 Varianten. Die Kosten wurden für eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien auf das Bezugsjahr 2013 umgerechnet.

Es zeigt sich, dass die Variante 3 (Ozon) mit 265.756 Euro netto die niedrigsten Jahreskosten aufweist. Variante 1 liegt mit 269.970 Euro netto nur wenig darüber. Die Varianten 2 (PAK in Kontaktbecken) und 4 (GAK-Filtration) liegen ebenfalls nur wenig höher (287.695 Euro netto bzw. 300.105 Euro netto).

Die spezifischen Kosten je in der 4. Reinigungsstufe behandeltem m³ Abwasser liegen für alle Varianten um 0,20 Euro netto (0,19 Euro netto (Variante 1) bis 0,23 Euro netto (Variante 4)). Die spezifischen Kosten je Einwohner liegen bei rund 5 Euro netto pro Jahr (4,43 Euro netto (Variante 3) bis 5,00 Euro netto (Variante 4)).

6.4 Diskussion der voraussichtlichen Kostensituation

Im Rahmen der Kostenermittlung wurden für den Standort Mettingen verschiedene Annahmen getroffen, die die Kostensituation wesentlich beeinflussen.

Insgesamt sind die ermittelten Investitionen verhältnismäßig hoch. Dieses liegt unter anderem daran, dass wie schon zuvor erläutert bei allen Varianten eine Flockungsfiltration bei der Kostenberechnung berücksichtigt wurde. Diese könnte theoretisch bei den Varianten 3 (Ozon) und 4 (GAK-Filtration) entfallen und im Falle der Variante 3 (Ozon) durch eine andere biologische Nachbehandlung ersetzt werden (z.B. Wirbelbett), wodurch sich die Investitionen verringern würden. Hinsichtlich des Ziels der Verbesserung der Kläranlagenablaufwerte auch im Hinblick auf die allgemeinen chemisch-physikalischen Parameter (ACP's) wie P_{ges} , CSB bzw. TOC kann der Verzicht auf eine Flockungsfiltration in Variante 3 nicht favorisiert werden. Bei Variante 4 (GAK-Filtration) wird die Flockungsfiltration ggf. vor die GAK-Filtration geschaltet. Durch den geringeren Eintrag an AFS könnte die Standzeit voraussichtlich der verwendeten GAK verlängert werden. Ein Verzicht auf die Flockungsfiltration ist hier insbesondere im Hinblick auf die durch den erheblich höheren GAK-Verbrauch entstehenden Kosten nicht zu empfehlen.

Des Weiteren ergeben sich hohe Investitionen, weil auf der Kläranlage keine Bestandsbauwerke zur Unterbringung von Anlagenteilen genutzt werden können. Für die Aufstellung neuer Aggregate (z.B. Pumpen oder Ozonerzeuger) werden Gebäude in Massivbauweise vorgesehen und keine Containerlösungen. Einsparpotenziale wären hier vorhanden, werden jedoch nicht als Vorzugslösung angesehen.

Einen besonders hohen Anteil an den Betriebsmittelkosten verursachen die Verbräuche an Chemikalien und Hilfsmitteln. Die erforderlichen Dosiermengen an Pulveraktivkohle wurden über mittlere Dosiermengen abgeschätzt. Für die granulierten Aktivkohle wurde eine Annahme für das erzielbare Bettvolumen getroffen (BTV = 13.000). Damit ergibt sich eine mittlere Nutzungsdauer für die granulierten Aktivkohle von ca. 10 Monaten. Die Verbrauchsmengen an den vorgenannten Kohlen können sich jedoch drastisch erhöhen, wenn besondere Reinigungsziele (Eliminationsleistungen für ausgewählte Spurenstoffe) mit der 4. Reinigungsstufe eingehalten werden müssen. Zurzeit bestehen dazu noch keine gesetzlichen Anforderungen. Die Verbrauchsmittelkosten werden also in Zukunft voraussichtlich auch von neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen abhängen. Ebenso haben die angesetzten Nutzungszeiten bzw. Bettvolumina einen wesentlichen Einfluss auf die Betriebskosten, so dass diese in Abhängigkeit einer längeren oder kürzeren Standzeit deutlich anders ausfallen können. Die vorgenannte Feststellung gilt auch für die Variante 3 (Ozon). Je nach erforderlichem Reinigungsziel können der Stromverbrauch und der Sauerstoffbedarf stark variieren, womit auch die Betriebsmittelkosten sich deutlich verändern können.

Auch zeigt die Vielzahl der veröffentlichten Studien und Forschungsvorhaben, dass bei allen Verfahrensvarianten noch Optimierungspotenzial vorhanden ist. Neue Erkenntnisse durch Anlagen, die jetzt

in Betrieb sind und zukünftig in Betrieb gehen, werden die Verfahrensführungen und Betriebsweise voraussichtlich weiter beeinflussen und damit Auswirkungen auf die Kostensituation haben.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Kostenschätzung nach heutigem Wissensstand noch mit Unsicherheiten behaftet ist, da zum einen Langzeiterfahrungen fehlen und derzeit noch keine gesetzlichen Vorgaben für die zu erreichenden Reinigungsziele vorliegen.

6.5 Bewertung der Verfahrenskonzepte und der Errichtung einer 4. Reinigungsstufe am Standort Mettingen

Neben den voraussichtlich anfallenden Kosten sind für die Verfahrenswahl noch weitere Kriterien von Bedeutung. Bei diesen Kriterien handelt es sich beispielsweise um die voraussichtlich erzielbare Reinigungsleistung der verschiedenen Verfahren und den Betriebsaufwand, der verursacht wird.

Bei der Verfahrensbewertung muss – wie schon in Kap. 5.1 erläutert – berücksichtigt werden, dass nicht für alle Verfahrensvarianten und für alle relevanten Spurenstoffe ausreichende Informationen zur Eliminationsleistung und zur optimalen Verfahrensführung vorliegen. Bei den hier in der Studie untersuchten Verfahrensvarianten handelt es sich jedoch durchweg um Verfahren, die eine Breitbandwirkung hinsichtlich der Spurenstoffelimination aufweisen.

Eliminationsleistungen

Hinsichtlich der voraussichtlichen Eliminationsleistung sind nach bisherigen Erkenntnissen die PAK-Dosierung und die Ozonbehandlung als effektivste Verfahren zu nennen. Bei der PAK-Dosierung werden die besten Eliminationsraten erwartet, wenn die PAK in ein separates Kontaktbecken mit nachfolgender Sedimentationseinheit dosiert und die PAK zusätzlich rezirkuliert wird (Variante 2). Im Hinblick auf die Zugabe der PAK direkt in die bestehende Belebung (Variante 1) stehen noch keine ausreichenden Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit zur Verfügung. Aufgrund der Konkurrenzsituation der Spurenstoffe mit den Abwasserinhaltsstoffen und mit dem Schlamm in der Belebung um die Bindungsplätze an der PAK wurden für diese Verfahrensweise bisher eher niedrige Eliminationsraten bei gleichzeitig hohen PAK-Dosiermengen angenommen. Gute Eliminationsleistungen bei einer akzeptablen PAK-Dosiermenge von ca. 18 mg PAK/l wurden bei aktuellen Untersuchungen auf der ARA Flos in Wetzikon (Schweiz) ermittelt (36). Für eine abschließende Bewertung dieser Verfahrensvariante, die mit relativ geringen Infrastrukturmaßnahmen auskommt, sollten weitere Untersuchungen abgewartet werden.

Beim Einsatz der granulierten Aktivkohle wird von sehr unterschiedlichen Eliminationsleistungen berichtet. Während auf der KA Obere Lutter bei Gütersloh sowie auf der KA Gütersloh-Putzhagen von guten Eliminationsleistungen berichtet wurde, wurde bei Untersuchungen auf der ARA Neugut (Schweiz) die Spurenstoffelimination mittels GAK als nicht ausreichend bewertet, da schon nach kurzen Filterlaufzeiten eine Verschlechterung der Eliminationsleistung für einige Spurenstoffe festgestellt wurde (25). Generell wurden bisher beim Einsatz von GAK zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen schlechtere Eliminationsleistungen als beim Einsatz von Ozon oder Pulveraktivkohle erzielt. Unter der

Annahme, dass das GAK-Filtermaterial sehr häufig ausgetauscht wird oder mehrere GAK-Adsorber hintereinander geschaltet werden würden, könnten bessere Eliminationsleistungen erzielt werden. Dieses ist zurzeit jedoch wirtschaftlich nicht darzustellen.

Betriebsaufwand

Allgemein wird der Wartungsaufwand für den Betrieb von GAK-Filtern als relativ gering eingestuft. Auch der Betrieb der Ozonanlage ist nicht übermäßig aufwendig. Es ist jedoch zu beachten, dass das Personal für den Umgang mit der Sauerstofflagereinheit und der Ozonanlage speziell geschult werden muss. Wegen der aufwendigen Dosiertechnik bei den PAK-Anlagen ist dort mit einem höheren Wartungs- und Betriebsaufwand zu rechnen. Dies gilt insbesondere in Abhängigkeit von der gewählten Dosierart (volumetrisch oder gravimetrisch).

Sonstiges

Beim Einsatz von Ozon kann es zur Bildung von Transformationsprodukten kommen, die u.U. schädlich sind. Es wird jedoch vermutet, dass diese Produkte in biologisch aktiven nachfolgenden Stufen wie Wirbelbett, Tropfkörpern oder biologisch aktiven Filtern wieder abgebaut werden. Für den Standort Mettingen wird eine biologisch aktive Filtrationsanlage im Anschluss an die Ozonung geplant, so dass vor diesem Hintergrund dem Einsatz einer Ozonung am Standort nichts im Wege steht. Es wird jedoch vor einer Umsetzung empfohlen, die Bromid-Konzentration im Abwasser im Hinblick auf eine Ozonbehandlung über einen längeren Zeitraum genauer zu untersuchen. Bei der Dosierung von Pulveraktivkohle mit einer Entnahme der PAK mit dem Überschussschlamm ist zu beachten, dass der Schlamm nicht mehr in der Landwirtschaft verwertet werden kann.

Voraussichtliche Kosten und Eignung der Verfahren

Die ermittelten Jahreskosten liegen für die Kläranlage Mettingen sehr nah beieinander. Das Verfahren mit den geringsten Jahreskosten ist die Ozonbehandlung des Abwassers (Variante 3). Das nächstgünstigste Verfahren ist die PAK-Dosierung in die Belebung (Variante 1). Bisherige Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit Hilfe der Ozonung – ebenso wie mit der PAK-Dosierung in ein Kontaktbecken (Variante 2) – die besten Eliminationsleistungen der vier Varianten erreicht werden können. Für die PAK-Dosierung in die Belebung (Variante 1) und die GAK-Filtration (Variante 4) ist bisher nicht abschließend belegt, dass die langfristige Eliminationsleistung ausreichend ist.

Bewertung einer 4. Reinigungsstufe am Standort Mettingen

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie konnte gezeigt werden, dass am Standort Mettingen grundsätzlich verschiedene Verfahren zur Spurenstoffelimination umgesetzt werden können, die zu einer Verbesserung der Ablaufqualität der Kläranlage führen werden. Auf dem Kläranlagengelände steht jedoch keine ausreichende Freifläche zur Errichtung einer 4. Reinigungsstufe zur Verfügung. Die Aufstellfläche für die 4. Reinigungsstufe muss daher von der Gemeinde erworben werden. Diese Kosten sind nicht in den Kostenrechnungen berücksichtigt.

Die Kläranlage Mettingen ist trotz ihrer jetzigen Ausbaugröße von 117.200 EW im Zulauf zur Biologie nur mit weniger als 40.000 EW belastet. Dies liegt an der leistungsstarken flotativen Vorbehandlung des industriellen Abwasseranteils. Auch ist die behandelte Abwassermenge im Vergleich anderen Kläranlagen mit vergleichbarer Ausbaugröße eher gering. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden u.a. die Ablaufqualität der Kläranlage Mettingen sowie der Vorfluter Mettinger Aa untersucht. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Kläranlage Mettingen insgesamt eine gute Reinigungsleistung aufweist. Das an den Vorfluter angrenzende Umland wird durch intensive Landwirtschaft geprägt. Daher ist hier mit einem erheblichen Nährstoffeintrag in die Mettinger Aa zu rechnen.

Bei den gemessenen Spurenstoffkonzentrationen im Ablauf der Kläranlage konnten nach heutigem Kenntnisstand keine besonderen Auffälligkeiten festgestellt werden. Die meisten untersuchten Stoffkonzentrationen lagen unterhalb der Konzentrationen, die in Abläufen anderer Kläranlagen gefunden wurden. Untersuchungen auf prioritäre Stoffe haben durchweg Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze ergeben. Industrieeinleiter sind im Einzugsgebiet neben den Backwarenherstellern Coppenrath und Wiese sowie Kuchenmeister nicht vorhanden, so dass von dieser Seite nicht mit relevanten Spurenstoffeinträgen zu rechnen ist. Der Spurenstoffgehalt im Zulauf der industriellen Einleiter war ebenfalls gering.

Bei der Mettinger Aa handelt es sich einerseits um einen schwachen Vorfluter. Ein Großteil der Wassermenge stammt aus dem Ablauf der Kläranlage Mettingen. Andererseits befindet sich die Kläranlage Mettingen nicht im Einzugsgebiet von Trinkwassergebieten und die Mettinger Aa durchfließt keine Naturschutzgebiete. Die Spurenstoffkonzentrationen im Ablauf der Kläranlage Mettingen sind nach jetzigem Kenntnisstand eher niedrig. Ein unmittelbarer und ganz kurzfristiger Handlungsbedarf für die Umsetzung der 4. Reinigungsstufe kann aus den Untersuchungen nicht abgeleitet werden. Der Betreiber der Kläranlage Mettingen hat sich schon Mitte 2015 mit der Bezirksregierung darauf geeinigt, die Ablaufqualität der Kläranlage weiter zu verbessern, indem ein niedriger Betriebsmittelwert für die P_{ges} -Konzentration angestrebt wird, um den Vorfluter schon jetzt zu entlasten.

Eine Schwierigkeit für Planer und Betreiber besteht zurzeit darin, dass keine gesetzlichen Vorgaben zum Reinigungsziel einer 4. Reinigungsstufe festgelegt sind. Um eine belastbare Auswahl einer Verfahrensvariante wirklich treffen zu können, müssten anhand von Leitparametern Reinigungsziele für eine 4. Reinigungsstufe definiert werden.

Hinsichtlich der Verbesserung der Gewässersituation in NRW ist es voraussichtlich vorrangig sinnvoll zunächst Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe auszustatten, die große Abwassermengen einleiten, um so eine hohe Frachtreduktion der eingetragenen Stoffe zu erreichen.

Durch diese Maßnahmen kann eine wesentliche Verringerung der Spurenstoffeinträge in die Gewässer erreicht werden. Zusätzlich können durch den Betrieb dieser Anlagen zur Spurenstoffelimination weitere Kenntnisse zum Bau und Betrieb gesammelt werden. Mögliche Finanzierungsmodelle für Kläranlagen, die vorrangig eine Spurenstoffelimination durchführen sollten, werden z.B. im sog. „Leipziger Modell“ vorgestellt (8).

Die Kläranlage Mettingen gehört zwar mit einer Ausbaugröße von 117.200 EW zu den großen Kläranlagen in NRW, bezogen auf die Abwassermenge ist die Kläranlage Mettingen aber relativ klein. Problematisch ist hier eher der schwache Vorfluter. Vor dem Hintergrund der eher niedrigen Spurenstoffkonzentrationen, die im Ablauf gefunden wurden, wäre es für den Betreiber der Kläranlage Mettingen sinnvoll, wenn Betriebserfahrungen bestehender und bald in Betrieb gehender Anlagen sowie Ergebnisse von Forschungsprojekten der kommenden Jahre abgewartet werden können, um dann ggf. in Zukunft eine effektive und zuverlässige Verfahrenstechnik am Standort auszuwählen und umzusetzen. Vorteilhaft wäre auch, wenn die weiteren Entwicklungen bei alternativen Verfahren abgewartet werden können. Zu nennen ist hier das Verfahren der Ferrat-Dosierung, das auf Kläranlagen auch für die P-Fällung sinnvoll sein könnte.

Auch wurden von der Bezirksregierung Münster für die kommenden Jahre regelmäßige Spurenstoffuntersuchungen in den Vorflutern oberhalb und unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen initiiert. Es ist zu erwarten, dass auf der Grundlage dieser Daten in den kommenden Jahren fundierte Kenntnisse vorliegen, auf welchen Kläranlagen die Einführung einer 4. Reinigungsstufe vorrangig erfolgen sollte.

Daneben ist in den kommenden Jahren mit Entscheidungen bezüglich gesetzlicher Vorgaben zur Reinigungsleistung der 4. Reinigungsstufe zu rechnen. Dieses wird die Planungssicherheit für die Kläranlagenbetreiber erheblich erhöhen, da dann auch mit den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Erfahrungen die standortspezifisch effektivste Verfahrenstechnik zum Einsatz kommen kann.

Anhand der durchgeführten Kostenbetrachtung kann festgehalten werden, dass alle untersuchten Varianten im Hinblick auf die zu erwartenden Betriebskosten in der gleichen Größenordnung liegen, so dass vor dem Hintergrund der vorstehend beschriebenen Unsicherheiten und Entwicklungspotenziale der Verfahren zum jetzigen Zeitpunkt kein Verfahren favorisiert werden sollte.

Vielmehr sollte die weitere Entwicklung beobachtet werden, um zu einem späteren Zeitpunkt nach Klärung der rechtlichen Randbedingungen die optimale Variante für die Kläranlage Mettingen aussuchen zu können.

7 Anhang A - Untersuchungsergebnisse

7.1 Untersuchungsergebnisse prioritäre Stoffe im Ablauf der Kläranlage (29.04.-02.05.2013)

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 21.05.2013 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: **Gemeinde Mettingen, Bauamt**

Entnahmestelle: **Kläranlage Mettingen**

Probenahmestelle: **(1) Ablauf Nachklärung**

Entnahme: (1) 29.04.2013 mehrtägige Mischprobe: 29.04.2013 08:00 Uhr - 02.05.2013 08:00 Uhr

Analysennummer:		45317 109177	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Nonylphenol	µg/l	0,2	GC/MS
Octylphenol	µg/l	< 0,1	GC/MS
BDE-28 2,4,4"-Tribromdiphenyl...	µg/l	< 0,001	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
BDE-47 2,2",4,4"-Tetrabromdiph...	µg/l	< 0,001	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
BDE-99 2,2",4,4",5-Pentabromd...	µg/l	< 0,001	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
BDE-100 2,3",4,4",6-Pentabrom...	µg/l	< 0,001	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
BDE-153 2,2",4,4",5,5"-Hexabr...	µg/l	< 0,001	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
BDE 154 2,2",4,4",5,6"-Hexabr...	µg/l	< 0,001	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
BDE-183 2,2",3,4,4",5",6-Hepta...	µg/l	< 0,001	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
BDE-209 Decabromdiphenylether	µg/l	< 0,01	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
Tributylzinn	µg/l	< 0,01	DIN EN ISO 17363 - F13
Trifluralin	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F2 (GC/MS)
Chlorpyrifos-ethyl	µg/l	< 0,03	DIN EN 12918-F24
Chloralkane C10-C13	µg/l	< 0,5	U.S. EPA 8270; GC/MS (N..
Blei (Pb) - filtriert	mg/l	< 0,003	DIN EN ISO 11885
Cadmium (Cd) - filtriert	mg/l	< 0,0005	DIN EN ISO 11885
Nickel (Ni) - filtriert	mg/l	< 0,005	DIN EN ISO 11885-E22
Quecksilber (Hg) - filtriert	mg/l	< 0,0002	Hg Analytator 254
1,2 - Dichlorethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301-F4-3, M
Dichlormethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301-F4-3, M
Trichlormethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301-F4-3, M
Benzol	µg/l	< 0,5	DIN 38407-F9-1, GC/MS
Pentachlorphenol	µg/l	< 0,1	Acetylierung, GC-MS
Anthracen	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F8
Benzo(a)pyren	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F 18
Benzo(b)fluoranthen	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F 18
Benzo(ghi)perylene	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F 18

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysennummer:		45317 109177	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F 18
Fluoranthren	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F 18
Naphthalin	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	< 0,01	DIN 38407-F8
Bis-(2-ethylhexyl)Phthalat (DEHP)	µg/l	< 1	U.S. EPA 8270
1,2,3-Trichlorbenzol	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F2 (GC/MS)
1,2,4-Trichlorbenzol	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F2 (GC/MS)
1,3,5-Trichlorbenzol	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F2 (GC/MS)
Hexachlorbenzol	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F2 (GC/MS)
Pentachlorbenzol	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F2 (GC/MS)
Hexachlorbutadien	µg/l	< 0,2	DIN EN ISO 10301-F4 (HS..)
Alachlor	µg/l	< 0,025	analog DIN 38407-F2, GC..
Atrazin	µg/l	< 0,1	DIN 38407-F12
Diuron	µg/l	0,05	EN ISO 11369 (F12) LC/MS
alpha-Endosulfan	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F2 (GC/MS)
gamma-HCH (Lindan)	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F2 (GC/MS)
Isoproturon	µg/l	< 0,1	EN ISO 11369 (F12) LC/MS
Chlorfenvinphos	µg/l	< 0,05	EN ISO 10695-F6
Simazin	µg/l	< 0,1	DIN 38407-F12

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

OWL Umweltanalytik
Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 21.05.2013 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt

Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen

Probenahmestelle: (1) Ablauf Nachklärung

Entnahme: (1) 29.04.2013 mehrtägige Mischprobe: 29.04.2013 08:00 Uhr - 02.05.2013 08:00 Uhr

Analysennummer:		45318 138649	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Acesulfam	µg/l	25	Hausmethode LC/MS
Cyclamat	µg/l	0,39	EN ISO 11369 (F12) LC/MS
Saccharin	µg/l	0,65	EN ISO 11369 (F12) LC/MS
Sucralose	µg/l	1,48	EN ISO 11369 (F12) LC/MS

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

OWL Umweltanalytik
Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.



Leopoldshöhe, 23.05.2013 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt

Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen

Probenahmestelle: (1) Ablauf Nachklärung

Entnahme: (1) 29.04.2013 mehrtägige Mischprobe: 29.04.2013 08:00 Uhr - 02.05.2013 08:00 Uhr

Analysennummer:		45319 141999	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Bezafibrat	µg/l	0,110	Hausmethode (LC-MS-MS)
Diclofenac	µg/l	1,70	Hausmethode (LC-MS-MS)
Naproxen	µg/l	0,120	Hausmethode (LC-MS-MS)
Phenazon	µg/l	0,110	Hausmethode (LC-MS-MS)
Carbamazepin	µg/l	0,750	Hausmethode (LC-MS-MS)
Atenolol	µg/l	0,120	Hausmethode (LC-MS-MS)
Bisoprolol	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
Metoprolol	µg/l	0,840	Hausmethode (LC-MS-MS)
Sotalol	µg/l	0,580	Hausmethode (LC-MS-MS)
Clarithromycin	µg/l	0,180	Hausmethode (LC-MS-MS)
Sulfamethoxazol	µg/l	0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
Oxazepam	µg/l	0,1100	Hausmethode (LC-MS-MS)
Amidotrizoensäure	µg/l	1,30	Hausmethode (LC-MS-MS)
lomeprol	µg/l	0,490	Hausmethode (LC-MS-MS)
Iopamidol	µg/l	0,350	Hausmethode (LC-MS-MS)
Iopromid	µg/l	1,10	Hausmethode (LC-MS-MS)
Diuron	µg/l	0,098	DIN 38407-F12
Isoproturon	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F12
Terbutryn	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F12
Benzotriazol	µg/l	3,30	Hausmethode (LC-MS-MS)
17-alpha-Ethinylestradiol	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
17-beta-Estradiol	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
Estron	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14170-01-00).

OWL Umweltanalytik
 Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.2 Untersuchungsergebnisse prioritäre Stoffe im Ablauf der Kläranlage (07.-10.08.2013)

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax - 92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 10.09.2013 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: **Gemeinde Mettingen, Bauamt**

Entnahmestelle: **Kläranlage Mettingen**

Probenahmestelle: **(1) Ablauf Nachklärung**

Entnahme: (1) 07.08.2013 mehrtägige Mischprobe: 07.08.2013 Uhr - 10.08.2013 Uhr

Analysennummer:		45319 142000	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Bezafibrat	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
Diclofenac	µg/l	1,20	Hausmethode (LC-MS-MS)
Naproxen	µg/l	0,052	Hausmethode (LC-MS-MS)
Phenazon	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
Carbamazepin	µg/l	0,820	Hausmethode (LC-MS-MS)
Atenolol	µg/l	0,150	Hausmethode (LC-MS-MS)
Bisoprolol	µg/l	0,08	Hausmethode (LC-MS-MS)
Metoprolol	µg/l	0,850	Hausmethode (LC-MS-MS)
Sotalol	µg/l	0,480	Hausmethode (LC-MS-MS)
Clarithromycin	µg/l	0,092	Hausmethode (LC-MS-MS)
Sulfamethoxazol	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
Oxazepam	µg/l	0,1600	Hausmethode (LC-MS-MS)
Amidotrizoensäure	µg/l	0,240	Hausmethode (LC-MS-MS)
lomeprol	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
lopamidol	µg/l	0,09	Hausmethode (LC-MS-MS)
lopromid	µg/l	0,07	Hausmethode (LC-MS-MS)
Diuron	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F12
Isoproturon	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F12
Terbutryn	µg/l	< 0,05	DIN 38407-F12
Benzotriazol	µg/l	3,80	Hausmethode (LC-MS-MS)
17-alpha-Ethinylestradiol	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
17-beta-Estradiol	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)
Estron	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14170-01-00).

OWL Umweltanalytik
 Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.3 Untersuchungsergebnisse prioritäre Stoffe im Ablauf der Kläranlage (Laboreingang: 12.12.2013)

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax - 02 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 09.01.2014 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Ablauf Nachklärung

Entnahme: mehrtägige Mischprobe: Uhr - Uhr Laboreingang: 12.12.2013

Analysennummer:		45319 142001	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Wassermenge in 72 h	m³	nicht angegeben	
Bezafibrat	µg/l	0,140	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Diclofenac	µg/l	1,50	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Naproxen	µg/l	0,076	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Phenazon	µg/l	0,10	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Carbamazepin	µg/l	0,710	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Atenolol	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Bisoprolol	µg/l	0,150	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Metoprolol	µg/l	0,690	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Sotalol	µg/l	0,600	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Clarithromycin	µg/l	0,150	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Sulfamethoxazol	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Oxazepam	µg/l	0,2000	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Amido-trizoensäure	µg/l	0,780	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Iomeprol	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Iopamidol	µg/l	0,170	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Iopromid	µg/l	1,70	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Diuron	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Isoproturon	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Terbutryn	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Benzotriazol	µg/l	5,10	Hausmethode (LC-MS-MS)
17-alpha-Ethinylestradiol	ng/l	< 5	Fl-Extr., GC-MSD É
17-beta-Estradiol	ng/l	< 5	Fl-Extr., GC-MSD É
Estron	ng/l	< 5	Fl-Extr., GC-MSD É

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

<i>Analysennummer:</i>		45319 142001	
<i>Parameter:</i>	<i>Einheit:</i>	(1)	Verfahren

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14170-01-00).

OWL Umweltanalytik
Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.4 Ablauf Flotation Oktober 2014

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 07.11.2014 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Ablauf Coppenrath & Wiece/Abf. Flotation

Entnahme: mehrtägige Mischprobe: 07.10.2014 14:00 Uhr - 10.10.2014 14:00 Uhr Laboreingang: 15.10.2014

Analysennummer:		51998 164149	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
Messungen in Labor			
Wassermenge in 72 h	m ³	4151	
AOX	mg/l	< 0,05	DIN EN 1485 (H 14)
Benzotriazol	µg/l	2,70	Haarmethode (LC-MS-MS)
5,6-Benzotriazol	µg/l	5,20	Haarmethode (LC-MS-MS)
4-Methyl-Benzotriazol	µg/l	1,40	Haarmethode (LC-MS-MS)
5-Methyl-Benzotriazol	µg/l	< 0,05	Haarmethode (LC-MS-MS)

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14170-01-00).

OWL Umweltanalytik
Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.5 Ablauf Flotation Januar 2015

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 16.02.2015 JB

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Ablauf Coppentrath & Wiesel/Abf. Flotation

Entnahme: mehrtägige Mischprobe: 26.01.2015 10:00 Uhr - 29.01.2015 10:00 Uhr Laboreingang: 29.01.2015

Analysenummer:		51566 164167	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Wassermenge in 72 h	m³	3672	
AOX	mg/l	< 0,05 (pe)	DIN EN ISO 9562 (H 14)
Benzotriazol	µg/l	4,30	Hausmethode (LC-MS-MS)
4-Methyl-Benzotriazol	µg/l	2,60	Hausmethode (LC-MS-MS)
5-Methyl-Benzotriazol	µg/l	1,80	Hausmethode (LC-MS-MS)
5,6-Benzotriazol	µg/l	< 0,05	Hausmethode (LC-MS-MS)

(pe) Die Nachweis-, bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da Matrixeffekte eine Veränderung des Verhältnisses von Probenmenge zum Extraktionsmittel erforderten.

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14170-01-00).

OWL Umweltanalytik
 Master of Science Brauer

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.6 Zulauf Biologische Stufe Oktober 2014

ANALYTIK BERATUNG GUTÄCHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 07.11.2014 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: **Gemeinde Mettingen, Bauamt**

Entnahmestelle: **Kläranlage Mettingen**

Probenahmestelle: **(1) Zulauf Biostufe**

Entnahme: **mehrfältige Mischprobe: 07.10.2014 10:00 Uhr - 10.10.2014 10:00 Uhr Laboreingang: 15.10.2014**

Analysenummer:		51584 184147	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
Messungen im Labor			
Wassermenge in 72 h	m³	(keine Angabe)	
Blei (Pb)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Cadmium (Cd)	mg/l	< 0,001	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Chrom (Cr)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Kupfer (Cu)	mg/l	0,08	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Nickel (Ni)	mg/l	0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Quecksilber (Hg)	mg/l	< 0,001	DIN EN 1483 (E 12-4)
Zink (Zn)	mg/l	0,24	DIN EN ISO 11885 (E 22)
AOX	mg/l	< 0,05	DIN EN 1485 (H 14)
Acesulfam	µg/l	0,43	Haarmethode LC/MS
Sucralose	ng/l	0,48	Haarmethode (LC-MS-MS)
Bezafibrat	µg/l	0,880	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Diclofenac	µg/l	2,50	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Naproxen	µg/l	0,910	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Phenazon	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Carbamazepin	µg/l	0,460	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Atenolol	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Bisoprolol	µg/l	0,480	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Metoprolol	µg/l	2,20	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Sotalol	µg/l	0,520	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Clarithromycin	µg/l	0,054	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Sulfamethoxazol	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Oxazepam	µg/l	0,1400	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Amidotrizoessäure	µg/l	1,60	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
lomeprol	µg/l	2,80	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
lopamidol	µg/l	3,90	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Veröffentlichung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysennummer:		51964 164147	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Iopromid	µg/l	0,740	SOP: HM-MA-M U-3-25*
Diuron	µg/l	0,061	DIN 38407-35*
Isoproturon	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Terbutryn	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Benzotriazol	µg/l	7,40	Hausmethode (LC-MS-MS)
17-alpha-Ethinylestradiol	ng/l	< 1	Fl-Extr., GC-MSD É
17-beta-Estradiol	ng/l	34	Fl-Extr., GC-MSD É
Estron	ng/l	23	Fl-Extr., GC-MSD É

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14170-01-00).

OWL Umweltanalytik
Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.7 Ablauf Oktober 2014

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



UNTERSUCHUNGSBEFUND

Leopoldshöhe, 24.11.2014 RN

Auftraggeber: **Gemeinde Mettingen, Bauamt**

Entnahmestelle: **Kläranlage Mettingen**

Probenahmestelle: **(1) Ablauf Nachklärung (PN)**

Entnahme: **mehrtägige Mischprobe: 05.10.2014 08:00 Uhr - 09.10.2014 08:00 Uhr Laboreingang: 15.10.2014**

Analysennummer:		51965 164148	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Wassermenge in 72 h	m³	13796	
Blei (Pb)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Cadmium (Cd)	mg/l	< 0,001	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Chrom (Cr)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Kupfer (Cu)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Nickel (Ni)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Quecksilber (Hg)	mg/l	< 0,001	DIN EN 1483 (E 12-4)
Zink (Zn)	mg/l	0,07	DIN EN ISO 11885 (E 22)
AOX	mg/l	0,03	DIN EN ISO 9562 (H 14)
Acesulfam	µg/l	0,15	Haarmethode LCMS
Sucralose	µg/l	0,62	Haarmethode (LC-MS-MS)
Bezafibrat	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Diclofenac	µg/l	2,60	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Naproxen	µg/l	0,083	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Phenazon	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Carbamazepin	µg/l	0,520	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Atenolol	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Bisoprolol	µg/l	0,160	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Metoprolol	µg/l	0,630	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Sotalol	µg/l	0,640	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Clarithromycin	µg/l	0,089	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Sulfamethoxazol	µg/l	0,180	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Oxazepam	µg/l	0,1200	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Amidotrizoessäure	µg/l	1,30	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Iomeprol	µg/l	0,160	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Iopamidol	µg/l	0,750	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysennummer:		51565 164148	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Iopromid	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Diuron	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Isoproturon	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Terbutryn	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Benzotriazol	µg/l	3,30	Hausmethode (LC-MS-MS)
17-alpha-Ethinylestradiol	ng/l	< 1	Fl-Extr., GC-MSD É
17-beta-Estradiol	ng/l	< 5	Fl-Extr., GC-MSD É
Estron	ng/l	< 5	Fl-Extr., GC-MSD É

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14170-01-00).

Zum Befundbericht siehe Text oder Rückseite

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.8 Ablauf Januar 2015

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 16.02.2015 JB

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: **Gemeinde Mettingen, Bauamt**

Entnahmestelle: **Kläranlage Mettingen**

Probenahmestelle: **(1) Ablauf Nachklärung**

Entnahme: **mehrtägige Mischprobe: 26.01.2015 10:00 Uhr - 29.01.2015 10:00 Uhr Laboreingang: 29.01.2015**

Analysennummer:		51605 164035	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Wassermenge in 72 h	m³	17386	
Bromid (Br)	mg/l	0,12	DIN EN ISO 10304-1 (D 20)
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
1,1-Dichlorethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
1,2 - Dichlorethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
cis-Dichlorethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Dichlormethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Tetrachlorethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Tetrachlormethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
trans-Dichlorethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Trichlorethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Trichlormethan	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Vinylchlorid	µg/l	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Acenaphthen	µg/l	0,02	DIN 38407-39 (F 39)
Acenaphthylen	µg/l	< 0,01	DIN 38407-39 (F 39)
Anthracen	µg/l	0,02	DIN 38407-39 (F 39)
Benzo(a)anthracen	µg/l	0,02	DIN 38407-39 (F 39)
Benzo(a)pyren	µg/l	< 0,01 (wf)	DIN 38407-39 (F 39)
Benzo(b)fluoranthen	µg/l	< 0,01 (wf)	DIN 38407-39 (F 39)
Benzo(ghi)perylen	µg/l	< 0,01 (wf)	DIN 38407-39 (F 39)
Benzo(k)fluoranthen	µg/l	< 0,01 (wf)	DIN 38407-39 (F 39)
Dibenz(a,h)anthracen	µg/l	< 0,01 (wf)	DIN 38407-39 (F 39)
Chrysen	µg/l	0,03	DIN 38407-39 (F 39)
Fluoranthen	µg/l	0,01	DIN 38407-39 (F 39)
Fluoren	µg/l	0,07	DIN 38407-39 (F 39)
Naphthalin	µg/l	0,05	DIN 38407-39 (F 39)

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysennummer:		51803 164035	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Phenanthren	µg/l	0,13	DIN 38407-30 (F 30)
Pyren	µg/l	0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	< 0,01 (wf)	DIN 38407-30 (F 30)
PAK nach EPA	µg/l	0,37	DIN 38407-30 (F 30)
Blei (Pb) - gelöst	mg/l	< 0,003	DIN EN ISO 17294-2 (E 20)
Cadmium (Cd) - gelöst	mg/l	< 0,0005	DIN EN ISO 17294-2 (E 20)
Chrom (Cr) - gelöst	mg/l	< 0,005	DIN EN ISO 17294-2 (E 20)
Kupfer (Cu) - gelöst	mg/l	< 0,005	DIN EN ISO 17294-2 (E 20)
Nickel (Ni) - gelöst	mg/l	< 0,005	DIN EN ISO 17294-2 (E 20)
Quecksilber (Hg) - gelöst	mg/l	< 0,0002	DIN EN 1483 (E 12-4)
Zink (Zn) - gelöst	mg/l	0,03	DIN EN ISO 17294-2 (E 20)
4-Nonylphenol	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Nonylphenoldiethoxyat	µg/l	< 0,2	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Nonylphenolmonoethoxyat	µg/l	< 0,2	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Octylphenoldiethoxyat	µg/l	< 0,2	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Octylphenolmonoethoxyat	µg/l	< 0,2	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
t-Octylphenol	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
BDE-183 2,2',3,4,4',5',6-Hepta...	µg/l	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-153 2,2',4,4',5,5'-Hexabr...	µg/l	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE 154 2,2',4,4',5,5'-Hexabr...	µg/l	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-99 2,2',4,4',5-Pentabromd...	µg/l	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-47 2,2',4,4'-Tetrabromdiph...	µg/l	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-100 2,3',4,4',5-Pentabrom...	µg/l	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-28 2,4,4'-Tribromdiphenyl...	µg/l	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-209 Decabromdiphenylether	µg/l	< 0,01	EPA 8270 GC/MS (NCI)
Benzylbutylphthalat	µg/l	< 1	EPA 8270
Bis-(2-ethylhexyl)Phthalat (DEHP)	µg/l	< 1	EPA 8270
Dibutylphthalat	µg/l	< 1	EPA 8270
Diethylphthalat	µg/l	< 1	EPA 8270
Dimethylphthalat	µg/l	< 1	EPA 8270
Di-n-octylphthalat	µg/l	< 1	EPA 8270
Dibutylzinn	µg/l	< 0,01 (pm)	DIN EN ISO 17353 (F 13)
Monobutylzinn	µg/l	< 0,01 (pm)	DIN EN ISO 17353 (F 13)
Tributylzinn	µg/l	< 0,01 (pm)	DIN EN ISO 17353 (F 13)
2,4 - Dichlorphenoxyessigsäure	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
2,4-Dichlorphenoxybuttersäure	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
Atrazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
Bentazon	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
Bromacil	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
Chlortoluron	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
Cyanazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)
Desethylatrazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11389 (F 12)

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysennummer:		51803 164035	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Desethylterbutylazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Desisopropylatrazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Dichlorprop (2,4-DP)	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Dimeturon	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Dinoseb	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Diuron	µg/l	< 0,05	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Ethidimuron	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Fenoprop (2,4,5-TP)	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Flazasulfuron	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Flumioxazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Hexazinon	µg/l	< 0,05	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Isoproturon	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Linuron	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
MCPA	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
MCPB	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Mecoprop (MCPF)	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Metazachlor	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Methabenzthiazuron	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Metobromuron	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Metolachlor	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Metoxuron	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Monolinuron	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Prometryn	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Propazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Sebuthylazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Simazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Terbutylazin	µg/l	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)

(pm) Die Nachweis-, bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da zur Extraktion und Analyse nur eine geringe Probenmenge vorlag.

(wf) Die Wiederfindung eines oder mehrerer internen Standards liegen bei vorliegender Probe bei <50%, jedoch >10%. Es ist somit eine erhöhte Messunsicherheit zu erwarten.

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

OWL Umweltanalytik
Master of Science Brauer

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.



Leopoldshöhe, 19.02.2015 JB

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt

Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen

Probenahmestelle: (1) Ablauf Nachklärung (PN)

Entnahme: mehrtägige Mischprobe: 26.01.2015 10:00 Uhr - 29.01.2015 10:00 Uhr Laboreingang: 29.01.2015

Analysennummer:		51565 164188	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Wassermenge in 72 h	m³	17386	
Blei (Pb)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Cadmium (Cd)	mg/l	< 0,001	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Chrom (Cr)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Kupfer (Cu)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Nickel (Ni)	mg/l	< 0,01	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Quecksilber (Hg)	mg/l	< 0,001	DIN EN 1485 (E 12-4)
Zink (Zn)	mg/l	< 0,05	DIN EN ISO 11885 (E 22)
AOX	mg/l	0,02	DIN EN ISO 9562 (H 14)
Acesulfam	µg/l	8,7	Haumethode LC/MS
Sucralose	µg/l	1,1	Haumethode (LC-MS-MS)
Bezafibrat	µg/l	0,380	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Diclofenac	µg/l	2,40	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Naproxen	µg/l	0,150	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Phenazon	µg/l	0,110	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Carbamazepin	µg/l	0,500	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Atenolol	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Bisoprolol	µg/l	0,140	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Metoprolol	µg/l	0,820	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Sotalol	µg/l	0,096	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Clarithromycin	µg/l	0,520	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Sulfamethoxazol	µg/l	0,530	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Oxazepam	µg/l	0,066	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
Amidotrizoesäure	µg/l	0,880	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
lomeprol	µg/l	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a
lepamidol	µg/l	1,10	SOP: HM-MA-M U-3-25 ^a

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysennummer:		51565 184186	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>			
Iopromid	µg/l	0,08	SOP: HM-MA-M U-2-25*
Diuron	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Isoproturon	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Terbutryn	µg/l	< 0,05	DIN 38407-35*
Benzotriazol	µg/l	5,10	Hausmethode (LC-MS-MS)
17-alpha-Ethinylestradiol	ng/l	< 1	Fl-Extr., GC-MSD É
17-beta-Estradiol	ng/l	< 1	Fl-Extr., GC-MSD É
Estron	ng/l	< 5	Fl-Extr., GC-MSD É

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14170-01-00).

OWL Umweltanalytik
Master of Science Brauer

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.9 PERLODES-Untersuchung der Mettinger Aa 2010



OWL
Umwelt
analytik

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
www.owlumwelt.de

OWL Umweltanalytik GmbH • Westring 93 • 33818 Leopoldshöhe

Gemeinde Mettingen
Bauamt
Herr Breulmann
Markt 6-8
49497 Mettingen

Gemeindeverwaltung
15. NOV 2010
Amt

In Zeichen/Ihre Nachricht vom Unser Zeichen/Unsere Nachricht vom Leopoldshöhe, 11.11.2010
MKN

**Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung der Speller Aa
am 29.06.2010 gemäß des Erlaubnisbescheides der Kläranlage Mettingen**

Sehr geehrte Damen und Herren,
sehr geehrter Herr Breulmann,

die beigefügten Untersuchungsbefunde der am 29.06.2010 auf Grundlage der wasserrechtlichen Einleitungserlaubnis am Vorfluter der Kläranlage Mettingen nach dem PERLODES-Verfahren durchgeführten Gewässeruntersuchungen kommentieren wir wie folgt:

1. Gewässerzustand (Speller Aa)

In den Nebenbestimmungen des Erlaubnisbescheids nach § 7 WHG für die Einleitung von Abwasser aus der Kläranlage Mettingen wird als biologisch-ökologische Untersuchungsmethode des Makrozoobenthos das sog. PERLODES-Verfahren vorgeschrieben. Hierbei handelt es sich um modular aufgebaute, gewässertypspezifische Bewertungen auf Grundlage der Wirbellosenfauna gemäß Anhang V der EG-WRRL. Die berechneten Teilmodule „Saprobie“ (organische Belastung) und „Allgemeine Degradation“ (Gewässermorphologie, Nutzungen, hydraulischer Stress) ergeben als zentrales Ergebnis eine Leitbild bezogene „ökologische Zustandsklasse“. Da die Speller Aa im Rahmen der Bestandsaufnahmen zur EG-WRRL vorläufig als sog. „erheblich verändertes“ Gewässer ausgewiesen wurde, wird nicht gefordert, dass der „gute ökologische Zustand“, sondern das „gute ökologische Potenzial“, innerhalb dessen die Biologie geringfügig vom Referenzzustand abweichen kann, an diesem Gewässer anzustreben ist. Da es sich hierbei um einen übergeordneten Bewertungsschritt handelt, wird nachfolgend auf Grundlage des potenziell natürlichen Fließgewässertypus Nr. 19 („Kleine Niederungsfließgewässer in Fluss- und Stromtälern“) unter Anwendung der für PERLODES entwickelten Software ASTERICS (aktuelle Version 3.1.1) die „ökologische Zustandsklasse“ ermittelt. Dieser Gewässertyp zeichnet sich durch einen hohen saprobiellen Grundzustand (Saprobie = Intensität der Abbauprozesse im Gewässer) aus. Für den Fließgewässertypus 19 wurde bislang noch kein eigener Fauna-Index (s.u.) entwickelt. Daher ist die Repräsentativität nicht aller dort ausgewiesenen Taxa abschließend für den Typus 19 validiert, so dass die entsprechenden Auswertungen dieses multimetrischen Indexes zum jetzigen Zeitpunkt noch mit gewissen Unschärfen behaftet bleiben.

OWL Umweltanalytik GmbH Westring 93 33818 Leopoldshöhe	☎ (0 52 02) 92 332 0 ☎ (0 52 02) 92 332 20 Geschäftsführer: Dr. R. Noll HRB 2744 (AG Lemgo)	Email: info@owlumwelt.de Internet: http://www.owlumwelt.de
--	--	--

Seite 1 von 4

2. Speller Aa oberhalb der Einleitung der Kläranlage Mettingen

Oberhalb der betrachteten Einleitung verläuft die Speller Aa in der Nähe der L 796 zwischen landwirtschaftlichen Nutzflächen weitgehend unbeschattet mit gestrecktem Verlauf in einem gut erhaltenen Regelprofil. Abgesehen von Beständen submerser Makrophyten zeigt das Fließgewässer der Niederungen nur wenige naturnahe Gewässerstrukturen auf einer sandgeprägten Gewässersohle, welche auf größeren Flächen mittels Steinschüttungen gesichert wurde. Zum Zeitpunkt der Erhebungen war der Abfluss des Vorfluters gegenüber der mittleren Wasserführung in begrenztem Umfang reduziert, ohne dass bereits Niedrigwasserhältnisse vorlagen.

Modul Saprobie

Das unter Berücksichtigung der Beprobungsintensität als recht artenreich zu bezeichnende biologische Besiedlungsbild setzte sich aus einem begrenzten Anteil typischer Abwasserindikatoren, mehreren weitverbreiteten, ökologisch sowie saprobiell eher indifferenten Arten zusammen als auch vereinzelt solchen Invertebraten, welche gegenüber organischen Belastungen vergleichsweise empfindlich reagieren. Wie für Fließgewässer mit einem weit gestreuten Artenspektrum charakteristisch, traten keine Mesocenwicklungen einzelner Arten auf, vielmehr erwies sich die Häufigkeitsverteilung auf einzelne Wirbellose als vergleichsweise ausgeglichen. Die höchste Besiedlungsdichte zeigte der Flohkrebis *Gammarus pulex*. Insgesamt entsprach die Zusammensetzung der Wirbellosenfauna an Saprobien an diesem Gewässerabschnitt stabil der weitgefassten Wassergüteklasse II (mäßige organische Belastung) bzw. auf den Gewässertypus bezogen der "guten saprobiellen Qualitätsklasse". Über die bei weitem hinreichenden Abundanzsummen konnte diese saprobielle Einstufung als in hohem Maße gesichert gelten.

Allgemeine Degradation

Für den vorliegenden Fließgewässertypus 19 werden innerhalb des Moduls „Allgemeine Degradation“ 3 Metrics über ein integrierenden, auf eine Skala von 0 (schlechtester Zustand) bis 1 (Referenzzustand) umgerechneten Multimetricischen Index durch einfache Mittelwertbildung zusammengefasst.

Wie dem Befundblatt zu entnehmen ist, stützte sich die insgesamt „mäßige Bewertung“ der „Allgemeinen Degradation“ (Bewertungsstufe 3 auf einer 5-teiligen Skala) im Detail auf uneinheitliche Einstufungen. Demzufolge fiel der Deutsche Fauna Index (DFI), ein funktionaler Metric, welcher auf der Habitatbindung des Makrozoobenthos (Substrat, Fließgeschwindigkeit) basiert, gegenüber den weiteren Teilindices mit einem Indexwert von 0,14 sehr deutlich ab und entsprach somit einer „schlechten Bewertung“. So traten an der oberen Kontrollstelle nur in geringen Anteilen solche Invertebraten in Erscheinung, welchen spezifische bzw. für den betrachteten Gewässertypus kennzeichnende Habitat-Ansprüche zugesprochen werden. Im Gegensatz hierzu erfuhr der Anteil der sog. EPT-Fauna (Eintags-, Stein- und Köcherfliegen) mit ca. 38% eine sehr gute Beurteilung. Dieser Index spiegelt die Ungestörtheit (z.B. gegenüber hydraulischem Stress) als auch den Strukturreichtum des Gewässerlaufes wieder, wobei er durch stärkere organische Belastung nachteilig beeinflusst wird. Das sehr gute Ergebnis dieses Metric sollte teilweise auch auf der anthropogen verursachten Erhöhung der Substrat- und Strömungsdiversität in Folge der Ausbringung von Steinschüttungen beruhen. Schließlich entsprach die taxonomische Diversität (Artenvielfalt) an Trichopteren (6 Arten) für den Fließgewässertypus 19 ebenfalls einer „sehr guten Einstufung“. Als für Fließgewässer der Niederungen charakteristische Wirbellose traten die Köcherfliegenlarven *Anabolia nervosa*, *Limnephilus lunatus* sowie Arten der Gattung *Athripsodes* ssp. in Erscheinung. Insgesamt

drückten die Teilmodule des Metrics „Allgemeine Degradation“ auf Grundlage der Bewertungsmuster von ASTERICS die Ausbildung einer teilweise typspezifischen Makrozoobenthosgemeinschaft aus.

3. Speller Aa unterhalb der Einleitung der Kläranlage Mettingen

An dem unteren Probenahmeabschnitt veränderte sich die strukturelle Beschaffenheit der Speller Aa im Vergleich mit den kurz skizzierten Verhältnissen an der oberen Kontrollstelle nicht wesentlich. Allerdings waren hier submerse Makrophyten weitaus stärker entwickelt und bedeckten zum Zeitpunkt der Probenahme etwa die Hälfte der Gewässersohle.

Modul Saprobie

Im Vergleich mit der oberen Probenahmestelle ergaben sich für die saprobielle Anzeige der bodengebundenen Wirbellosenfauna keine nennenswerten Veränderungen. So fiel der berechnete Saprobienindex marginal um lediglich 0,01 Punkte ab und entsprach daher unverändert der Zuordnung der mäßigen Belastungsklasse (Wassergüteklasse II), respektive auf den Gewässertypus bezogen der „guten saprobiellen Qualitätsklasse“. Das an diesem Gewässerabschnitt vergleichbar artenreich ausgebildete Makrozoobenthos zeigte weiterhin recht ausgeglichene Besiedlungsmuster. Ein etwas höherer Abundanzanteil Abwasser präferierender Taxa (Anstieg um ca. 5%) wurde weitgehend kompensiert durch das gehäufte Auftreten solcher Saprobier, welche ihren Verbreitungsschwerpunkt im mittleren Bereich der Wassergüteklasse II inne haben.

Allgemeine Degradation

Vergleichbar zur saprobiellen Indikation fiel der Gesamtindex für dieses Modul unterhalb der Einmischung der gereinigten Abwässer der Kläranlage Mettingen ebenfalls nur ganz geringfügig, um 0,02 Punkte ab. Dies entsprach unverändert der „mäßigen Bewertungsklasse“. Auch die Zuordnungen der einzelnen Teilmetrics veränderten sich kaum. So entsprach ein Indexwert von 0,09 für den zentralen Metric „Deutscher Fauna Index“ weiter einer „schlechten Einstufung“, was ein nicht typspezifisch ausgeprägtes Makrozoobenthos widerspiegelte. Zwar wurden auch an dieser Kontrolle einige für den Fließgewässertypus 19 charakteristische Invertebraten nachgewiesen, jedoch stellten diese insgesamt nur einen geringen Abundanzanteil. Zudem handelte es sich hierbei i.d.R. um weitverbreitete Arten mit vergleichsweise geringen abiotischen Ansprüchen. Gleichzeitig verblieben die Bewertungen des Häufigkeitsanteils der EPT-Fauna als auch bezüglich der Diversität an Trichopteren weiterhin „sehr gut“. Demzufolge indizierte die Zusammensetzung der bodengebundenen Invertebratenfauna unterhalb der Zufuhr der gereinigten Abwässer des betrachteten Klärwerks über einen kaum variierenden Multimetric Index für dieses Modul einerseits ein nicht typspezifisches Besiedlungsspektrum, andererseits keine nennenswerten Beeinträchtigungen der Unge störtheit (stoffliche Belastungen, hydraulischer Stress) sowie der Habitatvielfalt (Fehlen von Mikrohabitaten, z.B. Totholzablagerungen).

4. Ökologische Zustandsklassen

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Gesamtbewertung an beiden Kontrollstellen einer Zuordnung in die „mäßige ökologische Qualitätsklasse“ genügte. Im Rahmen des 5-stufigen Bewertungssystems PERLODES handelt es sich hierbei um die mittlere Einstufung, eine Stufe unterhalb der im Sinne der EG-WRRL anzustrebenden „guten Qualitätsklasse“. Zu beachten gilt, dass im Allgemeinen die Gesamtbewertung im Sinne des Prinzips „worst case“ dem jeweils schlechtesten Ergebnis eines Teilmoduls folgt und die Einstufungen für den vorliegenden Fließgewässertypus 19 noch einer abschließenden Validierung bedürfen. Hier blieben entsprechende Forschungsarbeiten abzuwarten.

DWL Umweltanalytik GmbH
Westing 83
33618 Leopoldshöhe

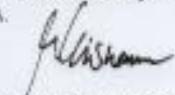
☎ (0 52 02) 92 332 0
☎ (0 52 02) 92 332 20
Geschäftsführer Dr. R. Noll
HRB 2744 (AG Lemgo)

Email: info@owl.umwelt.de
Internet: <http://www.owlumwelt.de>

Seite 3 von 4

Im Einzelnen führte die Einleitung der gereinigten Abwässer des Klärwerks Mettingen auf Grundlage der biologischen Indikation, welche die Belastungssituation über einen längeren Zeitraum integriert, zu keiner Abwertung der Biologischen Gewässergüteklassifikation im Sinne der DIN 38410, auch die Gewässertypspezifische Güteklassifizierung veränderte sich nicht. Die Zusammensetzung der aquatischen Invertebratenfauna erwies sich an der unteren Kontrollstelle unter Anwendung der Auswertungssoftware ASTERICS im Vergleich mit den Verhältnissen gewässeraufwärts als weiterhin nicht typspezifisch ausgebildet. Gleichzeitig verdeutlichte das Teilmodul „Allgemeine Degradation“ keine stärkeren strukturellen Defizite bzw. zunehmenden externen Einflüsse wie stoffliche Belastungen und/oder hydraulischer Stress des betrachteten Vorfluters.

Mit freundlichen Grüßen
OWL Umweltanalytik GmbH
i.A.


(Diplom-Biologe M. Kriemert)

OWL Umweltanalytik GmbH
Westring 93
33818 Leopoldshöhe

☎ (0 52 02) 92 332 0
☎ (0 52 02) 92 332 20
Geschäftsführer: Dr. R. Noll
HRB 2744 (AG Lemgo)

Email: info@owlumwelt.de
Internet: <http://www.owlumwelt.de>

Seite 4 von 4

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



UNTERSUCHUNGSBEFUND

Leopoldshöhe, 10.11.2010 MK

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Mettinger Aa oberhalb (Hp 5a)
 (2) Mettinger Aa unterhalb (Hp 5)
Entnahme: 29.05.2010 **Zeit(en):** (1) 09:30 Uhr (2) 12:30 Uhr
Abfluss: (1) Niedrig- bis Mittelwasser (2) Niedrig- bis Mittelwasser
Strömung: (1) fließend ohne Turbulenz (2) fließend ohne Turbulenz
Sohle: (1) teilweise Steinschüttung und Sand; vermehrt Makrophyten, wenig Grünalgen und Moos
 (2) teilweise Steinschüttung und Sand; viele Makrophyten, wenig Grünalgen
Witterung: (1) Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: 20 °C
 (2) Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: 26 °C

Analysenummer		32290 96026	32291 96027	
Parameter	Einheit	(1)	(2)	Verfahren
Messungen vor Ort				
Plankton (> 6 µm - 2 mm)	%	40	25	visuell
Technolthal 1 (künst. Substrate)	%	45	25	visuell
Submerse Makrophyten	%	15	50	visuell
biologische Untersuchung				
Fließgewässertypus		19	19	LAWA (2004)
Saprobienindex (S)		2,12	2,13	DIN 38410 (Novelle 2005)
Summe Abundanzen		75	83	DIN 38410 (Novelle 2005)
Wassergüteklasse		II	II	DIN 38410 (Novelle 2005)
Saprobien Qualitätsklasse		gut	gut	PERLODES (2006)
Absicherung Saprobie		gesichert	gesichert	
Deutscher Fauna Index 11/12		0,14	0,09	Multimetr. Index (0-1)
Ergebnisabsicherung DFI 1112		gesichert	gesichert	
Anzahl Indikatorarten DFI 1112		21	23	
Σ Abundenklassen DFI 1112		48	49	
Zusammensetzung EPT (%)		0,93	0,92	Multimetr. Index (0-1)
Anzahl Trichoptera-Arten		1	1	Multimetr. Index (0-1)
Multimetrischer Index gesamt		0,55	0,53	Multimetr. Index (0-1)
Allgemeine Degradation		mäßig	mäßig	PERLODES (2006)
Ökologische Zustandsklasse		mäßig	mäßig	PERLODES (2006)

Die Untersuchung erfolgte gemäß den Aufgaben des Erlaubnisbescheides vom 22.12.2009 sowie Auftrag vom 11.01.2010

OWL Umweltanalytik
 Dipl.-Biologe Krsmann

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Rückabklärung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



SAPROBIOLOGISCHER UNTERSUCHUNGSBEFUND

Leopoldshöhe, 10.11.2010 MK

Auftraggeber: **Gemeinde Mettingen, Bauamt**

Entnahmestelle: **Kläranlage Mettingen**

Probenahmestelle: (1) **Mettinger Aa oberhalb (Hp 5a)**
 (2) **Mettinger Aa unterhalb (Hp 5)**

Entnahme 29.05.2010 (1) Stichprobe: 09:30 Uhr (2) Stichprobe: 12:30 Uhr

Taxon:	Analysenummer:			32290 96026	32291 96027
	DV-Nr.:	G:	s:	A (1)	A (2)
Makrozoobenthos					
Dugesia goniocephala	1011	8	1,5		2
Polycelis nigra / tenuis	1122	8	2,0	1	3
Ancylus fluviatilis	1005	4	1,8	1	
Anodonta anatina	1993	8	2,0	1	
Physa fontinalis	1063	4	2,0		1
Planorbis amnicum	1962	8	2,0	3	3
Planorbis casertanum	1102	-	0,0	1	
Radix balthica	1409	4	2,3	2	2
Sphaerium corneum	1012	4	2,4	4	4
Erpobdella octoculata	1000	8	2,8	3	2
Glossiphonia complanata	1017	4	2,3	2	2
Helobdella stagnalis	1008	4	2,6	2	1
Lumbriculus spp.	1110	4	3,3		2
Lumbriculus variegatus	1094	4	3,0	2	
Stylocryptus heringianus	1106	-	-	2	
Tubificoides spp.	1167	4	3,6	2	1
Aeolus aquaticus	1004	4	2,8		2
Gammarus pulex	1002	4	2,0	5	5
Baetis rhodani	107	4	2,1	2	
Baetis vernus	276	4	2,1	4	4
Caenis horaria	196	4	2,0	3	2

Bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Herkunft ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Herleitung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Taxon:	Analysenummer:			32260 96026	32261 96027
	DV-Nr.:	G:	s:	A (1)	A (2)
Makrozoobenthos					
Centroptilum luteolum	252	4	2,0		3
Ephemera danica	47	6	1,8	2	1
Ephemera vulgata	196	4	2,3		1
Procladius spp.	10018	6	2,0	3	
Sanatella ignita	20021	4	2,0	4	3
Calopteryx splendens	124	6	2,2		1
Calopteryx virgo	30	6	1,8	1	
Platyonemis pennipes	101	4	2,1	1	1
Elmis aenea / maugeli	576	4	1,5	2	2
Halplus fluvialis	35	4	2,0		1
Helophorus aquaticus	199	4	2,2		1
Helophorus brevipalpis	50	-	-		2
Limnius volckmari	28	6	1,6	2	1
Nectoporus depressus	2015d	4	2,1		2
Oulimnius tuberculatus	17	6	1,9	4	4
Stictotarsus duodecimpustulatus	40	4	2,0	2	
Salix fuliginosa	249	6	2,0	2	
Salix lutaria	248	4	2,5		3
Anabolia nervosa	14	6	2,0	2	3
Athripsodes albifrons	937	4	2,1	2	2
Athripsodes bilineatus	210	4	2,1	4	4
Coera pilosa	190	4	2,0	2	1
Halesus spp.	15	4	1,9		1
Hydropsyche angustipennis	125	4	2,3	3	3
Hydropsyche saxonica	116	6	1,5		1
Limnephilus lunatus	220	4	2,0	2	3
Molanna angustata	506	-	-		4
Mystacides nigra	818	4	2,1		2
Atherix ibis	379	4	2,0		1
Bezzia spp.	608	-	-	2	2
Chironomi	910	-	-	2	1
Chironomus riparius - Gruppe	20201	4	3,6		1
Dicranota spp.	132	-	-	2	
Orthocladiinae	106	-	-		3
Prodiamesininae	10489	-	-		3
Simulium ornatum	10167	4	2,5		1
Tabanidae	122	-	-	2	
Tanyptodinae	502	-	-		2
Tanytarsini	605	-	-	2	3
Hydrachnida	15273	-	-	4	3

Zielerreichung (Z) = Indikatorgewicht; Die Einzelwerte Zehn 1, 2, 4, 6, 16 zur Kennzeichnung der zugehörigen Indikatorwerte der einzelnen Stationen auf der Basis ihrer engen weiten oder separaten Station; (S) = Saprobiewert; Zahl von 1,0 bis 4,0, die der einzelnen Stationen entsprechend ihrer Indikatorwerteschaften für gewisse Saprobiewerte zugeordnet ist; (G) = Güteklasse; Ganze Zahlen von 1 (Erstellung der 7 Klassen) bis 7 zur Kennzeichnung von Indikatorwerten eines Taxon.

Die saprobiologische Untersuchung wurde vorgenommen und freigegeben von Herr Dipl.-Biologe Hartmut Friedrich.

Zum Befundbericht siehe Text oder Rückseite

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugswweise Verfertigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.10 PERLODES-Untersuchung der Mettinger Aa 2013

OWL Umweltanalytik GmbH · Westring 93 · 33818 Leopoldshöhe

Gemeinde Mettingen
Bauamt
Herr Breulmann
Markt 6-8
49497 Mettingen

Ihr Zeichen/Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen/Unsere Nachricht vom
MKN

Leopoldshöhe, 25.06.2013

Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung der Speller Aa am 03.06.2013 gemäß des Erlaubnisbescheides der Kläranlage Mettingen

Sehr geehrte Damen und Herren,
sehr geehrter Herr Breulmann,

die beigefügten Untersuchungsbefunde der am 03.06.2013 auf Grundlage der wasserrechtlichen Einleitungserlaubnis am Vorfluter der Kläranlage Mettingen nach dem PERLODES-Verfahren durchgeführten Gewässeruntersuchungen werden unten stehend detailliert kommentiert. Die Erhebungen erfolgten bei Trockenwetter, der Abfluss des Vorfluters bewegte sich zwischen dem mittleren Niedrigwasser und der mittleren Wasserführung. Für allgemeine Begriffserläuterungen des Verfahrens wird auf das beigefügte Informationsschreiben verwiesen. Für den vorliegenden Fließgewässertypus 19 steht im Zuge einer ständigen Fortentwicklung der Auswertungsmethodik, anders als noch im Vorbefund, mittlerweile ein spezifischer Fauna-Index zur Verfügung.

1. Speller Aa oberhalb der Einleitung der Kläranlage Mettingen

Zum Zeitpunkt der Aufnahmen erwies sich die Sohle des Vorfluters als vorwiegend sandgeprägt und war in geringer Mächtigkeit von Grünalgen bewachsen.

Modul Saprobie

Das Makrozoobenthos der Speller Aa setzte sich zum einen nur vereinzelt aus solchen Organismen zusammen, welche einen schwachen saprobiellen Zustand (niedrige Belastung) bevorzugen. Abgesehen von einem dominierenden Anteil im Bereich der Wassergüteklasse II eingestuft Arten rekrutierte sich das Biologische Besiedlungsbild an diesem Gewässerabschnitt mit einem leicht erhöhten Anteil aus solchen Wirbellosen, welche gegenüber organischen Verunreinigungen als unempfindlich reagierend gelten. In ihrer Gesamtheit indizierte die Zusammensetzung an Saprobien (Indikatororganismen) über einen zur Voruntersuchung gering um 0,04 Punkte ungünstigeren Saprobienindex unverändert die Wassergüteklasse II (mäßige organische Belastung). Dies entsprach auf den Gewässertypus bezogen wie im Vorjahr der "guten saprobiellen Qualitätsklasse". Über die bei weiten hinreichende Abundanzsumme konnte diese Einstufung als in hohem Maße gesichert gelten.

OWL Umweltanalytik GmbH
Westring 93
33818 Leopoldshöhe
HRB 2744 (AG Lemgo)

☎ (0 52 02) 92 332 0
☎ (0 52 02) 92 332 20
Geschäftsführer Dr. R. Noll,
M.Sc. J. Brauer

Email: info@owlumwelt.de
Internet: <http://www.owlumwelt.de>

Seite 1 von 2

Allgemeine Degradation

Die Lebensgemeinschaft an Wirbellosen konnte unter Berücksichtigung der Beprobungsintensität als vergleichsweise artenreich bezeichnet werden (39 Taxa). Die mit Abstand höchsten Besiedlungsdichten zeigte der weitverbreitete Flohkrebs *Gammarus pulex*. In mittleren Dichten traten weiter die gewöhnliche Schlammschnecke *Radix balthica* sowie Wassermilben (*Hydrachnida*) in den Vordergrund. Gegenüber dem Vorbefund vom Juni 2010 variierte der summierende Multimetric Index lediglich gering 0,06 Punkte, so dass sich für dieses Teilmodul wie zuletzt die „mäßige Zustandsklasse“ (Bewertungsstufe 3 auf einer 5-teiligen Skala) berechnete. Diese beruhte im Detail auf recht einheitliche Einstufungen der einzelnen Metrics. So entsprach der im Mittelpunkt stehende Deutsche Fauna Index (DFI), ein funktionaler Metric, welcher auf der Habitatbindung des Makrozoobenthos (Substrat, Fließgeschwindigkeit) basiert (vgl. beiliegendes Infoschreiben), ebenfalls einer mäßigen Einstufung. Dieselbe Zuordnung resultierte sich aus einem Häufigkeitsanteil der EPT-Fauna (Eintags-, Stein- und Köcherfliegen) von ca. 25%. Schließlich genügte auch der Nachweis von fünf Köcherfliegen für den Diversitätsmetric „Anzahl an Trichoptera“ einer durchschnittlichen Bewertung.

2. Speller Aa unterhalb der Einleitung der Kläranlage Mettingen

In wesentlich höheren Flächenanteilen waren am unteren Kontrollabschnitt Steinschüttungen ausgebracht. Hier gründeten zusätzlich auch wenige Wasserpflanzen.

Modul Saprobie

Die saprobielle Indikation der bodengebundenen Invertebraten setzte sich über einen Saprobienindex von $S = 2,17$ nur marginal vom oberen Kontrollabschnitt ab und genügte weiter der Wassergüteklasse II, bzw. auf den Gewässertypus bezogen der „guten saprobiellen Qualitätsklasse“. Auch bezogen auf die Häufigkeitsanteile verschiedener Typen an Indikatororganismen ergaben sich keine nennenswerten Verschiebungen.

Allgemeine Degradation

Sowohl die taxonomische Diversität als auch Besiedlungsdichten fielen am unteren Überwachungsabschnitt etwas ab. Als zahlenmäßig dominante Wirbellose trat unverändert die o.g. Flohkrebsart in Erscheinung, die noch prägnanter die weitere Besiedlung dominierte. Hier erreichten lediglich verschiedene Kriebelmückenlarven (*Simuliidae*) höhere Stückzahlen. Die Bewertung dieses Teilmoduls entsprach trotz einer Aufwertung um 0,09 Punkte in der Summe weiter der „mäßigen Qualitätsklasse“. Im Einzelnen ergaben sich bei einer konstanten Zuordnung für die Anzahl an Trichopteren sowohl für den DFI 19 (obwohl nur eine für den Gewässertypus kennzeichnende Tierart nachgewiesen wurde) als auch für den Abundanzanteil der EPT-Fauna günstiger ausfallende Zuordnungen.

3. Ökologische Zustandsklassen

Im Umfeld der Zufuhr der gereinigten Abwässer der Kläranlage Mettingen in die Speller Aa ergab sich im Sinne des 5-skalligen Bewertungssystem PERLODES für beiden Kontrollabschnitte vergleichbar mit dem Vorbefund aus 2010 die Zuordnung der „mäßigen ökologischen Zustandsklasse“, eine Bewertungsstufe unterhalb des Qualitätsziels der WRRL. Auch die saprobielle Anzeige der bodengebundenen Wirbellosenfauna variierte an der gewässerabwärts gelegenen Überwachungsstelle kaum, weshalb sich ebenso keine Veränderung der Wassergüteklassifikation ergab.

Mit freundlichen Grüßen
OWL Umweltanalytik GmbH
LA.

(Diplom-Biologe M. Krismann)

OWL Umweltanalytik GmbH
Westring 93
33818 Leopoldshöhe
HRB 2744 (AG Lemgo)

☎ (0 52 02) 92 332 0
☎ (0 52 02) 92 332 20
Geschäftsführer Dr. R. Noll,
M.Sc. J. Brauer

Email: info@owlumwelt.de
Internet: <http://www.owlumwelt.de>

Seite 2 von 2



UNTERSUCHUNGSBEFUND

Leopoldshöhe, 25.06.2013 MK

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Mettinger Aa oberhalb (Hp 6a)
 (2) Mettinger Aa unterhalb (Hp 6)
Entnahme: 03.06.2013 Zeiten: (1) 12:45 Uhr (2) 13:15 Uhr
Abfluss: (1) Niedrig- bis Mittelwasser (2) Niedrig- bis Mittelwasser
Strömung: (1) fließend ohne Turbulenz (2) fließend ohne Turbulenz
Sohle: (1) vorwiegend Sand, wenig Kies; wenig Grünalgen
 (2) vorwiegend Sand, teilweise Steinschüttung; wenig Grünalgen und submerse Makrophyten
Witterung: (1) Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: 16 °C
 (2) Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: 16 °C

Analysennummer:		138854	138855	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren
Messungen vor Ort				
Mikrolithal (> 2 - 6 cm)	%	10		visuell
Akal (> 0,2 - 2 cm)	%	5		visuell
Psammal (> 6 µm - 2 mm)	%	80	60	visuell
Technolithal 1 (künstl. Substrate)	%		30	visuell
Algen	%	5	5	visuell
Submerse Makrophyten	%		5	visuell
biologische Untersuchung				
Fließgewässertypus		19	19	LAWA (2004)
Saprobienindex (S)		2,16	2,17	DIN 38410 (Novelle 2005)
Summe Abundanzen		89	82	DIN 38410 (Novelle 2005)
Wassergüteklasse		II	II	DIN 38410 (Novelle 2005)
Saprobienle Qualitätsklasse		gut [>1,9 - 2,35]	gut [>1,9 - 2,35]	PERLODES (2008)
Absicherung Saprobien		gesichert	gesichert	
Deutscher Fauna Index Typ 19		0,47	0,56	Multimetr. Index (0-1)
Ergebnisabsicherung DFI 19		gesichert	gesichert	
Anzahl Indikatorarten DFI 19		17	13	
Σ Abundanzklassen DFI 19		50	42	
Zusammensetzung EPT (%)		0,56	0,69	Multimetr. Index (0-1)
Anzahl Trichoptera-Arten		0,5	0,5	Multimetr. Index (0-1)
Multimetrischer Index gesamt		0,49	0,58	Multimetr. Index (0-1)
Allgemeine Degradation		mäßig	mäßig	PERLODES (2008)
Ökologische Zustandsklasse		mäßig	mäßig	PERLODES (2008)

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Pleusibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analyzennummer:		19884	19885	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren

Die Untersuchung erfolgte gemäß den Auflagen des Erlaubnisbescheides vom 22.12.2009 sowie Auftrag vom 11.01.2010

OWL Umweltanalytik
Dipl.-Biologe Krismann

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der
DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

*Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine
Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht
zulässig.*

BIOLOGISCH-ÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNG PERLODES

Leopoldshöhe, 25.05.2013 MK

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Mettinger Aa oberhalb (Hp 6a)
 (2) Mettinger Aa unterhalb (Hp 6)

Entnahme: 03.06.2013

Analysennummer		(1) 43158 138854		(2) 43150 138855	
Taxon	DV-Nr.	Ind./m ²	HK	Ind./m ²	HK
Makrozoobenthos					
Dendrocoelum lacteum	1007			1	1
Dugesia lugubris / polychroa	1177	2	1		
Polycelis nigra / tenuis	1122	6	2	8	2
Anisus vortex	1040	16	3	5	2
Lymnaea stagnalis	1030	16	3	2	1
Physa fontinalis	1083	7	2	16	3
Pisidium amnicum	1982	8	2		
Pisidium subtruncatum	1075	8	2	16	3
Potamopyrgus antipodarum	1036	52	4		
Radix bathica	1409	160	5	4	2
Sphaerium corneum	1012	52	4	52	4
Erpobdella octoculata	1000	52	4	52	4
Glossiphonia complanata	1017	52	4	12	3
Glossiphonia nebulosa	1334			4	2
Helobdella stagnalis	1008	3	2		
Lumbriculus variegatus	1094			20	3
Stylodrilus heringianus	1106	5	2		
Theromyzon tessulatum	1057	1	1		
Tubifex spp.	1167	11	3	32	4
Asellus aquaticus	1004	2	1		
Gammarus pulex	1002	520	6	520	6
Baetis vernus	278	52	4	47	4
Caenis horaria	156	52	4	52	4
Ephemera danica	47	16	3		
Habrophlebia fusca	192			4	2
Procladius spp.	10018			5	2
Serratella ignita	20021	52	4	52	4
Platycnemis pennipes	101			5	2
Elmis aenea / maugetii	576	26	3	14	3
Limnius volckmar	28			3	2

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysenummer		(1) 43158 138854		(2) 43159 138855	
Taxon	DV-Nr.	Ind./m ²	HK	Ind./m ²	HK
Makrozoobenthos					
Nepiopterus depressus	20153	16	3		
Oulimnius tuberculatus	17	134	5	34	4
Riolus subviolaceus	18	1	1		
Anabolia nervosa	14	5	2	46	4
Athripsodes bilineatus	210	52	4	52	4
Hydropsyche pellucidula	115			4	2
Hydropsyche siltalai	848			12	3
Hydroptila spp.	331	16	3		
Limnephilus lunatus	220	47	4	6	2
Molanna angustata	506	1	1		
Bezzia spp.	608	52	4	3	2
Chironomini	910	3	2	7	2
Dicranota spp.	132	16	3		
Orthocladinae	106	13	3	34	4
Simuliidae	13	15	3	113	5
Simulium (Wilhelmia) lineatum	754	12	3		
Simulium ornatum	10187	17	3	47	4
Tanytarsini	605			11	3
Hydrachnida	15273	160	5	52	4

Zachweisendring: Ind./m² = Anzahl der Individuen/m², berechnet aus der Aufzählung und Summierung von 1,25 m² Fläche des Fließgewässers gemäß der Verteilung der Habitate. HK = Hauptkategorie: ganze Zahl von 1 (Fitzelland) bis 7 (Massenvorkommen) zur Kennzeichnung von Individuendichten eines Taxons gemäß Umrechnungstabelle PERLODES.

Die Biologisch-Ökologische Gewässeruntersuchung nach dem Bewertungssystem PERLODES wurde vorgenommen und freigegeben von Herr Felix Eisenhuth.

OWL Umweltanalytik
Dipl.-Biologe Krismann

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.11 Chemisch-physikalische Charakterisierung der Mettinger Aa Juli 2011

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
www.owlumwelt.de



UNTERSUCHUNGSBEFUND

Leopoldshöhe, 29.07.2011 RN

Auftraggeber: **Gemeinde Mettingen, Bauamt**
 Entnahmestelle: **Kläranlage Mettingen**
 Probenahmepunkt: **Ablauf Nachklärung (PN)**
 Entnahme: **18.07.2011** Stichprobe: **12:50 Uhr** qualifizierte Stichprobe: **12:45 Uhr - 12:55 Uhr**
 Wetter: **Während der Probe kein Niederschlag, davor leichte Bohauer, Lufttemperatur: 17 °C**
 Analysen-Nr.: **35168 108338**

Parameter	Einheit	Überwachungswert	Messwert	Voruntersuchungen			
Messungen vor Ort							
Farbe			angedeutet gelb				
Durchsicht	cm		160				
Sauerstoff (O2)	mg/l		6,37				
Wassertemperatur	°C		19,4				
Temperatur Biofilme	°C		19,5				
pH-Wert			7,10				
Leitfähigkeit 25 °C	µS/cm		750				
Wassermenge 0,5 h	m³	350	92				
Messungen im Labor							
CSB (homogenisiert)	mg/l	5,6	20	29	31	35	19
BSS 5 (homogenisiert)	mg/l	1,0	2,6	2,5	4,0	2,7	1,5
Ammonium - N	mg/l	4,0	0,21	0,14	+ 5,4	0,99	(-)
Nitrit - N	mg/l		0,006				
Nitrat - N	mg/l		0,29				
Summe anorganischer Stickstoff	mg/l	1,3	0,51	0,68	10,4	3,61	(-)
organischer Stickstoff (N)	mg/l		1,4				
Gesamt-Stickstoff (N)	mg/l		1,9				
Ges.-Phosphat (P)	mg/l	1,0	0,17	0,41	0,31	0,30	0,56

- (-) Hier war kein oder ein anderer Überwachungswert gültig.
 Alle Überwachungswerte wurden in dieser Untersuchung eingehalten.
 + Hier wurde der Überwachungswert in der Voruntersuchung überschritten.
 Bei den Voruntersuchungen wurden unterschiedliche Messtage berücksichtigt.

Az.: 500-0352982/0003.E Erl.-Nr. 3021

Die Untersuchung erfolgte gemäß Auflagen des Erlaubnisbescheides vom 22. Dezember 2009 und Auftrag.
 Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

Zum Befundbericht siehe Text oder Rückseite

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

1. Allgemeines

Bei trockener, für die Jahreszeit aber zu kühler Witterung am Entnahmetag nach leichten Schauern am Vortag wurde das am 18. Juli 2011 aus der Kläranlage Mettingen abgeleitete Abwasser (Vortagesmenge: 3181 m³) auftragsgemäß zur Untersuchung entnommen. Das geprüfte Belebungsbecken zeigte sich schaumfrei, die in Augenschein genommene Nachklärung wies keinen Schwimmschlamm auf.

2. Beschaffenheit des Ablaufes der Kläranlage Mettingen

Die Qualität des zum Zeitpunkt der Probenahme aus der Kläranlage Mettingen abgeleiteten Abwassers gab im Vergleich mit den Überwachungswerten des Erlaubnisbescheides zu einer Beanstandung erneut **keinen Anlass**.

Im angedeutet gelb gefärbten Abwasser der Nachklärung lag mit 160 cm eine sehr gute Durchsicht vor. Das in die Mettinger Aa abgeleiteten, merklich erwärmte Abwasser zeichnete sich durch eine annähernd neutrale Reaktion sowie eine sehr gute Sauerstoffanreicherung aus. Die laborchemische Prüfung wies eine sehr gute Eliminierung organischer Verschmutzungsstoffe nach. Nahezu quantitativ wurden die anorganischen Stickstoffverbindungen durch Nitrifikation und Denitrifikation eliminiert, so dass nicht nur der Schwellenwert der Abwasserabgabe ausgeprägt unterschritten wurde, sondern auch der in geringem Umfang vorliegende, organisch gebundene Stickstoff die größte Fraktion stellte. Ein ausgezeichnetes Ergebnis lieferte abermals die Phosphatfällung.

OWL Umweltanalytik GmbH

(Dr. R. Noll)

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Leopoldshöhe, 29.07.2011 RN

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt

Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen

Probenahmestelle: (1) Mettinger Aa oberhalb (Hp 6a)
 (2) Mettinger Aa unterhalb (Hp 6)

Entnahme: 18.07.2011 Zeit(en): (1) 12:30 Uhr (2) 13:15 Uhr

Abfluss: (1) Mittel-Niedrigwasser (2) Mittel-Niedrigwasser

Strömung: (1) fließend mit Turbulenz (2) fließend ohne Turbulenz

Sohle: (1) vorherrschend Steinschüttung, teilweise Sand, wenig Kies; wenig Grün- und Kieselalgen, Moos
 (2) vorherrschend Sand, teilweise Steinschüttung/grobes Geröll; vermehrt Makrophyten, Grün- und Kieselalgen, wenig Moos

Witterung: (1) Während der Probe kein Niederschlag, davor leichte Schauer, Lufttemperatur: 17,5 °C
 (2) Während der Probe kein Niederschlag, davor leichte Schauer, Lufttemperatur: 17 °C

Analysennummer:		32283 110459	32284 110488	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren
<i>Messungen vor Ort</i>				
Farbe		angedeutet gelb	angedeutet gelb	visuell
Geruch		schwach muffig	schwach muffig	olfaktorisch
Trübung		keine	keine	visuell
Sauerstoff (O2)	mg/l	11,3	7,35	DIN 38406-G22
Sauerstoffsättigung	%	123	80	berechnet
Wassertemperatur	°C	17,8	17,8	DIN 38404-C4
pH-Wert		8,35	7,54	DIN 38404-C5
Leitfähigkeit 25 °C	µS/cm	450	570	DIN EN 27888 C8
<i>Messungen im Labor</i>				
TOC	mg/l	7,5	8,0	DIN EN 1484
Sauerstoffzehrung	mg/l	1,8	1,5	berechnet
Ammonium - N	mg/l	0,038	0,083	EN ISO 11732
Nitrit - N	mg/l	0,058	0,033	DIN EN ISO 10304-3-020
Nitrat - N	mg/l	2,7	1,4	DIN EN ISO 10304-3-020
Phosphor-ges. (PO4-P)	mg/l	0,06	0,10	DIN EN ISO 6878-D11
Chlorid (Cl)	mg/l	38	62	EN 10304-1-D19

Az.: 500-0352982/0003.E Eri.-Nr. 3021

Die Untersuchung erfolgte gemäß den Auflagen des Erlaubnisbescheides der BR Münster vom 22.12.2009 und Auftrag.

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

OWL Umweltanalytik
 Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugewiesene Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

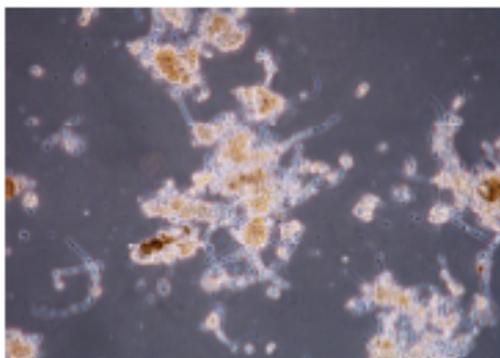
Belebtschlamm
Mikroskopischer Befund

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
fon 0 52 02 – 92 332 0 fax 0 52 02 92 332 20
www.owlumwelt.de



Anlage Kläranlage Mettingen
Entnahmestelle Belebtschlamm Anlage I
Entnahmetag 18.07.2011 Analysennummer 35058 108010

Morphologie		Fädigkeit	
Flockengröße	klein bis mittelgroß	an den Flocken	viele Fadenbrücken
Flockenstruktur	kompakt und überkompakt	im freien Wasser	mäßig
Flockenform	abgerundet	Fädigkeitsstufe	3: steigert den Schlammindex
Ciliatenfauna, Flagellaten und freie Bakterien		Sessile Strudler	mäßig
freie Bakterien	begrenzt	Weidegänger	-
Flagellaten	wenige	freischwimmende	mäßig
		weitere Ciliaten	-
Anzeiger für Schlammalter		Anzeiger für Sauerstoffdefizite und Fäulnis	
Rotatorien	-	Spirochäten	wenige
beschaltete Amöben	mäßig Aroella, wenig Euglypha	Schwefelbakterien	-
Borstenwürmer	-	Anzeiger für zusätzlichen Auftrieb	
Bärtchen	wenige	Zooglooen	-
		Fadenpilze	-
Andere Begleitbesiedlung			
Nacktamöben	-	Cyanobakterien	wenige
Nematoden	-	Andere Algen	-



Übersichtsbild

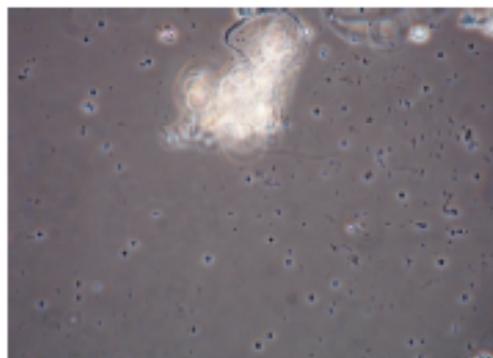


Bild 2

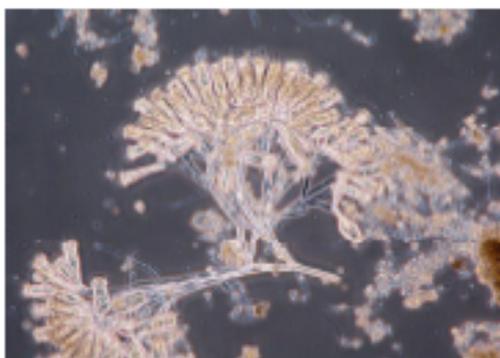


Bild 3



Bild 4

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 29.07.2011 RN

BELEBTSCHLAMMBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt

Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen

Probenahmestelle: (1) Belebtschlamm Anlage I

Entnahme: (1) 18.07.2011 Stichprobe: 12:40 Uhr

Witterung: (1) Während der Probe kein Niederschlag, davor leichte Schauer, Lufttemperatur: 17 °C

Analysennummer:		35058 108010	
Parameter:	Einheit:	(1)	Verfahren
Messungen vor Ort			
Schaum auf der Belüftung		ohne	optisch
Sauerstoff in der Nachklärung	mg/l	1,50	DIN 38406-G22
Aussehen Nachklärung		ohne Befund	optisch
Schwimmschlamm Nachklärung		ohne	optisch
Schlammvolumen (orig.)	ml/l	420	DIN 38414 H 10
Schlammvolumen (DIN)	ml/l	320	DIN 38414 S 10
Messungen im Labor			
TS (Schlammgehalt)	g/l	3,7	DIN 38414-S10
Schlammindex	ml/g	88	DIN 38414 H 10
Atmungsaktivität	mg/l/h	505	Hausmethode
Farbe		dunkelbraun	optisch
Geruch		muffig	olfaktorisch
Gehalt an Fasern		wenige	mikroskopisch
Mineralanteil		im Normalbereich	mikroskopisch
Denitrifikationsversuch		keine Gasbläschen	optisch
Schaum bei Aktivitätsbelüftung		wenig am Rand, zäh	optisch
Besonderheiten		keine	

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

Zum Befundbericht siehe Text oder Rückseite

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Am 18. Juli 2011 wurde gemeinsam mit der Beprobung der gereinigten Abwässer auch der Belebtschlamm der Kläranlage Mettingen aus Anlage I entnommen. Das Ergebnis der erweiterten mikroskopischen Untersuchung wird im folgenden Text diskutiert:

Aktuell war auf dem in Augenschein genommenen Belebungsbecken keine Schaumbildung wahrzunehmen, die geprüfte Nachklärung erwies sich als schwimmschlammfrei. Bei gleich bleibender Trockensubstanz war das Schlammvolumen im Originalansatz ebenso wie in der Messung nach DIN leicht angestiegen; der Schlammindeks verblieb aber unter dem Idealwert. Erkennbar an einer dunkelbraunen Färbung nahm der Mineralisierungsgrad des Belebtschlammes zu; die volumenbezogene Atmungsaktivität der Biomasse ging leicht zurück. Mit einem Restgehalt von 1,50 mg/l O₂, gemessen im ablaufnahen Bereich der Nachklärung, erwies sich die Sauerstoffversorgung im System als sehr gut.

Das mikroskopische Präparat zeigte unverändert kleine bis mittelgroße, teils kompakt, teils überkompakt strukturierte Belebtschlammflocken, die durch viele Fadenbrücken miteinander verbunden wurden (Übersichtsbild, 125 fach). Nur der noch mäßigen Fädigkeit im freien Wasser war die Klassifizierung in die mittlere Fädigkeitsstufe 3 zu verdanken. In deutlich höherem Umfang wurden freie Bakterien (Bild 2, 500 fach) vorgefunden. Bei geringer Zahl an Flagellaten bestand die Cilienfauna aus höheren Mengen sessiler Strudler (Bild 3, 250 fach) und freischwimmenden Wimperntierchen; Weldegänger fehlten. Beschaltete Amöben der Gattungen *Arcella* spp. und *Euglypha* spp. indizierten ebenso wie die beobachteten Bärtierchen (Bild 4, 250 fach) ein sehr hohes Schlammalter. Die Menge der Sprochaeten blieb gering. In der Begleitbesiedlung wiesen fädige Cyanobakterien auf die gute Eliminierung anorganischer Stickstoffverbindungen hin. Zuletzt noch gesichtete Nematoden waren verschwunden. Abermals trat im Laborbeobachtungsversuch keine Gasbläschenbildung durch Denitrifikation auf. Analog den Verhältnissen vor Ort bildete sich während der vorbereitenden Belüftung zur Aktivitätsmessung nur sehr wenig Schaum.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung und verbleibe

mit freundlichen Grüßen

OWL Umweltanalytik GmbH

(Dr. R. Noll)

7.12 Chemisch-physikalische Charakterisierung der Mettinger Aa Februar 2012

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



UNTERSUCHUNGSBEFUND

Leopoldshöhe, 10.02.2012 RN

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmepunkt: Ablauf Nachklärung (PN)
Entnahme: 02.02.2012 Stichprobe: 08:55 Uhr qualifizierte Stichprobe: 08:50 Uhr - 10:00 Uhr
Wetter: Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: -11 °C
Analysen-Nr.: 38085 122867

Parameter	Einheit	Überwachungswert	Messwert	Voruntersuchungen				
Messungen vor Ort								
Farbe			angedeutet gelb					
Durchsicht	cm		140					
Sauerstoff (O2)	mg/l		8,55					
Wassertemperatur	°C		6,3					
Temperatur Bioslufe	°C		8,6					
pH-Wert			7,22					
Leitfähigkeit 25 °C	µS/cm		983					
Wassermenge 0,5 h	m³	350	39					
Messungen im Labor								
CSB (homogenisiert)	mg/l	56	28	23	20	28	31	
BSS 5 (homogenisiert)	mg/l	10	2,5	1,7	2,4	2,5	4,0	
Ammonium - N	mg/l	(4,0)	0,091					
Nitrit - N	mg/l		0,025					
Nitrat - N	mg/l		< 0,23					
Summe anorganischer Stickstoff	mg/l	(13)	< 0,3					
organischer Stickstoff (N)	mg/l		1,4					
Gesamt-Stickstoff (N)	mg/l		1,5					
Ges.-Phosphat (P)	mg/l	1,0	0,22	0,53	0,17	0,41	0,31	

- () Der Überwachungswert war wegen der zu niedrigen Temperatur nicht gültig.
 Alle Überwachungswerte wurden in dieser Untersuchung eingehalten.
 Die Überwachungswerte wurden auch in den Voruntersuchungen eingehalten.
 Bei den Voruntersuchungen wurden unterschiedliche Messtage berücksichtigt.

Az.: 500-0352982/0003.E Erl.-Nr. 3021

Die Untersuchung erfolgte gemäß Auftrag des Erlaubnisbescheides vom 22.Dezember 2009 und Auftrag.
 Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

Zum Befundbericht siehe Text oder Rückseite

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

1. Allgemeines

Erstmals für dieses Jahr wurde das bei trockener und anhaltend winterlicher Witterung mit Dauerfrost am 2. Februar 2012 aus der Kläranlage Mettingen abgeleitete Abwasser (Vortagsmenge: 3028 m³) auftragsgemäß zur Untersuchung entnommen. Die parallel entnommene Belebtschlammprobe konnte wegen eines Fehlers im Labor nicht ausgewertet werden und wird mit dem nächsten Messprogramm wiederholt.

2. Beschaffenheit des Ablaufes der Kläranlage Mettingen

Die Qualität des zum Zeitpunkt der Prüfung aus der Kläranlage Mettingen abgeleiteten Abwassers entsprach in vollem Umfang den Bedingungen des Erlaubnisbescheides und gab somit zu einer Beanstandung erneut keinen Anlass.

Die Durchsicht war im angedeutet gelb gefärbten Abwasser der Nachklärung um 50 auf immer noch gute 140 cm gesunken. Das in den Vorfluter abgeleitete, inzwischen stark abgekühlte Abwasser zeichnete sich durch eine angedeutet alkalische Reaktion sowie eine ausgesprochen hohe Sauerstoffanreicherung aus. Ungeachtet einer etwas niedrigeren Wassermenge sank die elektrolytische Leitfähigkeit im Vergleich zum Vorbefund kaum. Trotz der niedrigen Temperaturen wurden die organischen Verschmutzungsstoffe ausgezeichnet eliminiert. Beinahe quantitativ waren die anorganischen Stickstoffverbindungen nitrifiziert und die oxidierten Anteile durch Denitrifikation komplett eliminiert worden, so dass der Schwellenwert der Abwasserabgabe ausgeprägt unterschritten wurde. Bei Wegfall der Temperaturklausel wären die Überwachungswerte für Stickstoffverbindungen mit hohem Sicherheitspielraum eingehalten worden. Im unauffälligen Bereich bewegte sich die Konzentration an organisch gebundenem Stickstoff. Wiederholt wurden die Phosphate ausgezeichnet entfernt.

OWL Umweltanalytik GmbH

(Dr. R. Noll)

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 10.02.2012 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Mettinger Aa oberhalb (Hp 6a)
 (2) Mettinger Aa unterhalb (Hp 6)
Entnahme: 02.02.2012 Zeit(en): (1) 09:30 Uhr (2) 10:40 Uhr
Abfluss: (1) Niedrig- bis Mittelwasser (2) Niedrig- bis Mittelwasser
Strömung: (1) fließend mit Turbulenz (2) fließend ohne Turbulenz
Sohle: (1) vorherrschend Steinschüttung, teilweise Sand, wenig Kies; -
 (2) vorherrschend Sand, teilweise Steinschüttung/grobes Geröll; wenig Makrophyten und Kieselalgen
Witterung: (1) Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: -11,5 °C
 (2) Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: -10,5 °C

Analysennummer:		110480	110489	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren
Messungen vor Ort				
Farbe		angedeutet gelb	schwach gelb	visuell
Geruch		geruchlos	sehr schwach muffig	olfaktorisch
Trübung		keine	gering	visuell
Sauerstoff (O2)	mg/l	13,3	12,7	DIN 38408-G22
Sauerstoffsättigung	%	94	90	berechnet
Wassertemperatur	°C	0,1	0,3	DIN 38404-C4
pH-Wert		7,55	7,49	DIN 38404-C5
Leitfähigkeit 25 °C	µS/cm	560	590	DIN EN 27888 C8
Messungen im Labor				
Sauerstoffzehrung	mg/l	2,0	2,2	berechnet
TOC	mg/l	3,8	4,1	DIN EN 1484
Ammonium - N	mg/l	0,21	0,20	analog DIN 38406-E 5, BR...
Nitrit - N	mg/l	0,025	0,025	DIN EN ISO 13395-028 *
Nitrat - N	mg/l	8,6	7,6	DIN EN ISO 13395-028 *
Phosphor-ges. (PO4-P)	mg/l	0,02	0,13	DIN EN ISO 6878-D11
Chlorid (Cl)	mg/l	48	53	analog DIN EN ISO 15682...

Az.: 500-0352982/0003.E Erl.-Nr. 3021

Die Untersuchung erfolgte gemäß den Auflagen des Erlaubnisbescheides der BR Münster vom 22.12.2009 und Auftrag.

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

OWL Umweltanalytik
 Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.13 Chemisch-physikalische Charakterisierung der Mettinger Aa August 2012

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 21.08.2012 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Mettinger Aa oberhalb (Hp 5a)
 (2) Mettinger Aa unterhalb (Hp 5)
Entnahme: 14.08.2012 Zeit(en): (1) 13:40 Uhr (2) 13:55 Uhr
Abfluss: (1) Niedrig- bis Mittelwasser (2) Niedrig- bis Mittelwasser
Strömung: (1) fließend ohne Turbulenz (2) fließend ohne Turbulenz
Sohle: (1) vorherrschend Steinschüttung, teilweise Sand, wenig Kies; sehr viele Grünalgen, wenig Makrophyten
 (2) vorherrschend Sand, teilweise Steinschüttung/grobes Geröll; sehr viele Makrophyten, wenig Grünlagen
Witterung: (1) Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: 25 °C
 (2) Während der Probe kein Niederschlag, davor kein Niederschlag, Lufttemperatur: 25 °C

Parameter:	Analysenummer:	110461		110470		Verfahren
		Einheit:	(1)	(2)	(1)	
Messungen vor Ort						
Farbe			ohne	ohne		visuell
Geruch			schwach muffig	muffig		olfaktorisch
Trübung			keine	keine		visuell
Sauerstoff (O2)	mg/l		15,3	8,81		DIN 38406-C22
Sauerstoffsättigung	%		175	100		berechnet
Wassertemperatur	°C		20,5	20,4		DIN 38404-C4
pH-Wert			8,61	7,35		DIN 38404-C5
Leitfähigkeit 25 °C	µS/cm		620	880		DIN EN 27588 C8
Messungen im Labor						
Sauerstoffzehrung	mg/l		3,3	2,5		berechnet
TDC	mg/l		5,3	6,4		DIN EN 1484
Ammonium - N	mg/l		< 0,025	0,08		analog DIN38406-E 5. BR.
Nitrit - N	mg/l		0,021	0,034		DIN EN ISO 13395-D28
Nitrat - N	mg/l		1,9	2,4		DIN EN ISO 13395-D28
Phosphor-ges. (PO4-P)	mg/l		0,02	0,10		DIN EN ISO 6878-D11
Chlorid (Cl)	mg/l		53	110		analog DIN EN ISO 15682.

Az.: 500-0352982/0003 E Erl.-Nr. 3021
 Die Untersuchung erfolgte gemäß den Auflagen des Erlaubnisbescheides der BR Münster vom 22.12.2009 und Auftrag.
 Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

OWL Umweltanalytik
 Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Veröffentlichung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.14 Chemisch-physikalische Charakterisierung der Mettinger Aa März 2013

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02- 92 332 0 fax - 92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 25.03.2013 CH

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Mettinger Aa oberhalb (Hp 5a)
 (2) Mettinger Aa unterhalb (Hp 5)
Entnahme: 18.03.2013 Zeit(en): (1) 12:40 Uhr (2) 13:35 Uhr
Abfluss: (1) Mittelwasser (2) Mittelwasser
Strömung: (1) fließend ohne Turbulenz (2) fließend ohne Turbulenz
Sohle: (1) vorherrschend Steinschüttung, teilweise Sand, wenig Kies; wenig Kieselalgen
 (2) vorherrschend Sand, teilweise Steinschüttung/grobes Geröll; wenig Kieselalgen, selten Makrophyten
Witterung: (1) Während der Probe kein Niederschlag, davor Schneefall, Lufttemperatur: 6 °C
 (2) Während der Probe kein Niederschlag, davor Schneefall, Lufttemperatur: 8 °C

Analysenummer:		110462	110471	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren
Messungen vor Ort				
Farbe		schwach gelb	schwach gelb	visuell
Geruch		sehr schwach muffig	schwach muffig	olfaktorisch
Trübung		gering	gering	visuell
Sauerstoff (O2)	mg/l	13,8	13,2	DIN 38406-G22
Sauerstoffsättigung	%	116	115	berechnet
Wassertemperatur	°C	6,8	8,0	DIN 38404-C4
pH-Wert		7,51	7,40	DIN 38404-C5
Leitfähigkeit 25 °C	µS/cm	490	590	DIN EN 27888 C8
Messungen im Labor				
Sauerstoffzehrung	mg/l	3,9	3,6	berechnet
TOC	mg/l	5,6	6,0	DIN EN 1484
Ammonium - N	mg/l	0,11	0,11	analog DIN 38406-E 5. BR.
Nitrit - N	mg/l	0,026	0,038	DIN EN 20777 -D10'
Nitrat - N	mg/l	7,5	6,2	DIN EN ISO 13395-D28'
Phosphor-ges. (PO4-P)	mg/l	0,05	0,05	DIN EN 1189-D11
Chlorid (Cl)	mg/l	49	68	analog DIN EN ISO 15682..

Az.: 500-0352982/0003.E Erl.-Nr. 3021

Die Untersuchung erfolgte gemäß den Auflagen des Erlaubnisbescheides der BfR Münster vom 22.12.2009 und Auftrag.

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

OWL Umweltanalytik
 Dipl.-Biologin Heise

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

7.15 Mettinger Aa Oktober 2014

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 07.11.2014 RN

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Speller Aa (Mettinger Aa) oberhalb (Hp 6a)
 (2) Speller Aa (Mettinger Aa) unterhalb (Hp 6)

Entnahme: 07.10.2014 (1) Stichprobe: 11:15 Uhr (2) Stichprobe: 11:40 Uhr Laboreingang: 07.10.2014
Witterung: (1) Während der Probe starke Schauer, davor leichter Dauerregen, Lufttemperatur: 13 °C
 (2) Während der Probe starke Schauer, davor leichter Dauerregen, Lufttemperatur: 13 °C

Analyzennummer:		51472 163044	51473 163047	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>				
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
1,1-Dichlorethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
1,2 - Dichlorethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
cis-Dichlorethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Dichlormethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Tetrachlorethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Tetrachlormethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
trans-Dichlorethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Trichlorethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Trichlormethan	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Vinylchlorid	µg/l	< 0,5	< 0,5	DIN EN ISO 10301 (F 4)
Acenaphthen	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Acenaphthylen	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Anthracen	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Benzo(a)anthracen	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Benzo(a)pyren	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Benzo(ghi)perylene	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Dibenz(ah)anthracen	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Chrysen	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Fluoranthren	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Fluoren	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Naphthalin	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Phenanthren	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)
Pyren	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-30 (F 30)

bitte wenden

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysennummer:		51472 163944	51473 163947	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	< 0,01	< 0,01	DIN 38407-39 (F 39)
PAK nach EPA	µg/l	n.b.	n.b.	DIN 38407-39 (F 39)
Blei (Pb) - gelöst	mg/l	< 0,003	< 0,003	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Cadmium (Cd) - gelöst	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Chrom (Cr) - gelöst	mg/l	< 0,005	< 0,005	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Kupfer (Cu) - gelöst	mg/l	< 0,005	< 0,005	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Nickel (Ni) - gelöst	mg/l	< 0,005	< 0,005	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Quecksilber (Hg) - gelöst	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	DIN EN 1483 (E 12-4)
Zink (Zn) - gelöst	mg/l	< 0,01	0,02	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
4-Nonylphenol	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Nonylphenoldiethoxylat	µg/l	< 0,2	< 0,2	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Nonylphenolmonoethoxylat	µg/l	< 0,2	< 0,2	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Octylphenoldiethoxylat	µg/l	< 0,2	< 0,2	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Octylphenolmonoethoxylat	µg/l	< 0,2	< 0,2	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
t-Octylphenol	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 18857-2 (F 32)
Pentachlorphenol	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN 12873 (F 15)
BDE-183 2,2',3,4,4',5',6-Hepta...	µg/l	< 0,001	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-153 2,2',4,4',5,5'-Hexabr...	µg/l	< 0,001	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-154 2,2',4,4',5,5'-Hexabr...	µg/l	< 0,001	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-99 2,2',4,4',5-Pentabromd...	µg/l	< 0,001	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-47 2,2',4,4'-Tetrabromdiph...	µg/l	< 0,001	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-100 2,3',4,4',6-Pentabrom...	µg/l	< 0,001	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-28 2,4,4'-Tribromdiphenyl...	µg/l	< 0,001	< 0,001	EPA 8270 GC/MS (NCI)
BDE-209 Decabromdiphenylether	µg/l	< 0,01	< 0,01	EPA 8270 GC/MS (NCI)
Benzylbutylphthalat	µg/l	< 1	< 1	EPA 8270
Bis-(2-ethylhexyl)Phthalat (DEHP)	µg/l	< 1	< 1	EPA 8270
Dibutylphthalat	µg/l	< 1	< 1	EPA 8270
Diethylphthalat	µg/l	< 1	< 1	EPA 8270
Dimethylphthalat	µg/l	< 1	< 1	EPA 8270
Di-n-octylphthalat	µg/l	< 1	< 1	EPA 8270
Dibutylzinn	µg/l	< 0,005	< 0,005	DIN EN ISO 17353 (F 13)
Monobutylzinn	µg/l	< 0,005	< 0,005	DIN EN ISO 17353 (F 13)
Tributylzinn	µg/l	< 0,005	< 0,005	DIN EN ISO 17353 (F 13)
2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure	µg/l	< 0,1	< 0,1	ORA-20017: NOR: Norm-ID.
2,4-Dichlorphenoxybuttersäure	µg/l	< 0,1	< 0,1	ORA-20017: NOR: Norm-ID.
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Atrazin	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Desethylatrazin	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Dimeturon	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Dinoseb	µg/l	< 0,1	< 0,1	ORA-20017: NOR: Norm-ID.
Diuron	µg/l	< 0,05	< 0,05	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Ethidimuron	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Fenoprop (2,4,5-TP)	µg/l	< 0,1	< 0,1	ORA-20017: NOR: Norm-ID.
Flazasulfuron	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannter Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Analysennummer:		51472 183044	51473 183047	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>				
Flumioazin	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Isoproturon	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Linuron	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
MCPA	µg/l	< 0,1	< 0,1	ORA-20017: NOR: Norm-ID.
MCPB	µg/l	< 0,1	< 0,1	ORA-20017: NOR: Norm-ID.
Methabenzthiazuron	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Metobromuron	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Metoxuron	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Monolinuron	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)
Simazin	µg/l	< 0,1	< 0,1	DIN EN ISO 11369 (F 12)

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAP-PL-14289-01-00).

n.b. = nicht bestimmbar

OWL Umweltanalytik
Dr. Noll

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

7.16 Mettinger Aa Januar 2015

ANALYTIK BERATUNG GUTACHTEN
 fon 0 52 02-92 332 0 fax -92 332 20
 www.owlumwelt.de



Leopoldshöhe, 15.02.2015 JB

UNTERSUCHUNGSBEFUND

Auftraggeber: Gemeinde Mettingen, Bauamt
Entnahmestelle: Kläranlage Mettingen
Probenahmestelle: (1) Speller Aa (Mettinger Aa) oberhalb (Hp 6a)
 (2) Speller Aa (Mettinger Aa) unterhalb (Hp 6)
Entnahme: 29.01.2015 Zeit(en): (1) 11:15 Uhr (2) 11:05 Uhr
Abfluss: (1) Niedrig- bis Mittelwasser (2) Niedrig- bis Mittelwasser
Strömung: (1) fließend mit Turbulenz (2) fließend mit Turbulenz
Witterung: (1) Während der Probe Schneefall, davor Schneefall, Lufttemperatur: 1 °C
 (2) Während der Probe Schneefall, davor Schneefall, Lufttemperatur: 1 °C

Analysennummer:		164001	164002	
Parameter:	Einheit:	(1)	(2)	Verfahren
<i>Messungen im Labor</i>				
Diclofenac	µg/l	< 0,05	0,170	SOP: HM-MA-M U-3-25*
Carbamazepin	µg/l	< 0,05	0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25*
Metoprolol	µg/l	< 0,05	0,081	SOP: HM-MA-M U-3-25*
Sotalol	µg/l	< 0,05	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25*
Clarithromycin	µg/l	< 0,05	< 0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25*
Sulfamethoxazol	µg/l	< 0,05	0,05	SOP: HM-MA-M U-3-25*
Benzotriazol	µg/l	< 0,05	0,370	Hausmethode (LC-MS-MS)

Az.: 500-0352982/0003.E, Nr. 3021

Die Untersuchung erfolgte gemäß Aufträgen der Änderung/Ergänzung der Br. Münster vom 17.07.2014 und Auftrag.

Die Laboranalytik wurde vorgenommen von Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, akkreditiert durch DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (DAF-PL-14170-01-00).

OWL Umweltanalytik
 Master of Science Brauer

Dieser Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die Prüfungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Veröffentlichung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

8 Anhang B – Investitionen

8.1 Investitionen Variante 1

PAK-Dosierung in Belebungsbecken				
	Menge	Einheit	Einzelpreis [Euro]	Gesamtpreis netto [Euro]
Bauliche Maßnahmen				
Baustelleneinrichtung				30.000,00 €
Vorbereitende Arbeiten:				
Baufeldräumung				10.000,00 €
Rohrleitungsprovisorium zu Abwasserableitung in der Bauzeit				15.000,00 €
Herstellung Schachtbauwerk in vorhandener Ablaufleitung 3,00 x 3,00 x 5,30 m inkl. Erdarbeiten, Rohrleitungsanschlüsse DN 500 und 250, Profilbeton, Schlosserarbeiten usw.	47,7	m ³	600,00 €	28.600,00 €
Nachfüllung, d = 4,50 m, tw = 3,60 m einschl. Erdarbeiten, Rohrleitungen DN 300 und 400	70,0	m ³	600,00 €	42.000,00 €
Tuchfiltration, 12,00 m x 6,50 m x 3,50 m einschl. Zu- und Ablaufrippen, Erdarbeiten, Rohrleitungen, Schlosserarbeiten	273	m ³	400,00 €	109.200,00 €
Betriebsgebäude mit Kellergeschoss für Zwischenpumpwerk und Satteldach, 11,50 m x 7,50 m x 8,00 m				360.000,00 €
Pumpenvorlage Zwischenpumpwerk, 11,50 x 2,00m x l = 5,00 m				20.000,00 €
Verbindende Leitungen				119.900,00 €
Straßenbauarbeiten, Pflasterfläche mit Unterbau, Tiefbordeinfassung, Stützwand inkl. Entwässerung	500	m ²	100,00 €	50.000,00 €
Anlageneinzäunung				4.000,00 €
Landschaftspflegerische Maßnahmen				6.000,00 €
Zwischensumme baulich netto				794.700,00 €
Maschinelle Maßnahmen				
Zwischenpumpwerk:				
6 Pumpen, Trockenaufstellung inkl. Reserve				54.000,00 €
Rohrleitungen, Armaturen				32.000,00 €
Siloanlage für PAK inkl. Dosiertechnik				215.000,00 €
Ausrüstung Nachfüllung:				
Rührwerke				9.300,00 €
Dosieranlage für FeClSO4 (Erweiterung vorh. Anlage)				17.800,00 €
Ausrüstung Feinfiltration:				
5 Filtereinheiten, inkl. Reservemodul, Filterantriebe, Filterreinigungssystem, Bodenschlammpumpe, Filtertücher				225.000,00 €
5 Absperrschieber DN 300 mit E-Antrieb				27.500,00 €
5 Gewindeschieber DN 300				15.000,00 €
Ablaufmengenmessung:				
Rohrleitungen, Armaturen				17.000,00 €
Summe maschinell netto				612.600,00 €

Elektroausrüstung und MSR-Technik				
Schaltanlage				17.000,00 €
Sonstige Schaltanlagen / Provisorium				3.000,00 €
Automatisierungssystem				16.000,00 €
Anbindung Prozessdatenerfassung und Prozessleittechnik (PLS)				18.500,00 €
Messtechnische Ausrüstung				41.000,00 €
Installation und Kabelverlegung auf dem Gelände und in den Bauwerken				23.000,00 €
Kabelgräben / Erdarbeiten				14.000,00 €
Installationsgeräte				11.000,00 €
Beleuchtung				8.500,00 €
Blitzschutz / Potentialausgleich				9.500,00 €
Bauleistungen				2.000,00 €
Inbetriebnahme / Sonstiges				8.000,00 €
Stundenlohnarbeiten				2.500,00 €
Zwischensumme Elektroausrüstung und MSR-Technik netto				174.000,00 €
Ingenieurleistungen und sonstiges				
Gutachterkosten, Analytik usw. (rd. 2 % der Investitionskosten)				32.000,00 €
Ingenieurleistungen (rd. 15 % der Investitionskosten)				237.000,00 €
Genehmigung und sonstiges (rd. 1 % der Investitionskosten)				16.000,00 €
Zwischensumme netto				285.000,00 €
Gesamtkosten netto				1.866.300,00 €
+ 19 % Mehrwertsteuer				354.597,00 €
Zwischensumme brutto				2.220.897,00 €
gerundet				2.220.000,00 €

8.2 Investitionen Variante 2

PAK-Dosierung in Kontaktbecken				
	Menge	Einheit	Einzelpreis [Euro]	Gesamtpreis netto [Euro]
Bauliche Maßnahmen				
Baustelleneinrichtung				30.000,00 €
Vorbereitende Arbeiten:				
Baufeldräumung				10.000,00 €
Rohrleitungsprovisorium zu Abwasserableitung in der Bauzeit				15.000,00 €
5,30 m inkl. Erdarbeiten, Rohrleitungsanschlüsse DN 500 und 250, Profilbeton, Schlosserarbeiten usw.	47,7	m ³	600,00 €	28.600,00 €
Kontaktbecken I und II, di = 4,00 m, da = 6,50, tw = 4,00, Becken I mit Stahlbetondecke, inkl. Rohrleitungseinbindung DN 500, 300 und 250	132,3	m ³	650,00 €	86.000,00 €
einschl. Mittelbauwerk, Trichter, Rohrleitungen unter der Sohle DN 500 und 300	532,0	m ³	250,00 €	133.000,00 €
DN 300 und 400	56,7	m ³	600,00 €	34.000,00 €
Tuchfiltration, 12,00 m x 6,50 m x 3,50 m einschl. Zu- und Ablaufrippen, Erdarbeiten, Rohrleitungen, Schlosserarbeiten	273	m ³	400,00 €	109.200,00 €
Betriebsgebäude mit Kellergeschoss für Zwischenpumpwerk und Satteldach, 11,50 m x 7,50 m x 8,00 m	690	m ³	600,00 €	414.000,00 €
Pumpenvorlage Zwischenpumpwerk, 11,50 x 2,00m x l = 5,00 m	114,3	m ³	350,00 €	40.000,00 €
Verbindende Leitungen				
135 lfdm DN 500				47.000,00 €
40 lfdm DN 300				10.700,00 €
45 lfdm DN 250				11.200,00 €
170 lfdm DN 150				26.000,00 €
200 lfdm DN 100				25.000,00 €
Straßenbauarbeiten, Pflasterfläche mit Unterbau, Tiefbordeinfassung, Stützwand inkl. Entwässerung	500	m ²	100,00 €	50.000,00 €
Anlageneinzäunung				4.000,00 €
Landschaftspflegerische Maßnahmen				6.000,00 €
Zwischensumme baulich netto				1.079.700,00 €
Maschinelle Maßnahmen				
Zwischenpumpwerk:				
6 Pumpen, Trockenaufstellung inkl. Reserve				54.000,00 €
Rohrleitungen, Armaturen				32.000,00 €
Ausrüstung Kontaktbecken:				
2 Rührwerke				18.500,00 €
Siloanlage für PAK inkl. Dosiertechnik				215.000,00 €
Ausrüstung Sedimentationsbecken:				
Räumerbrücke				42.500,00 €
Ablaufrinne				26.000,00 €
Rückförhpumpwerk:				
3 Pumpen, Trockenaufstellung				24.000,00 €
Rohrleitungen, Armaturen				23.000,00 €

Schlammumpwerk:				
2 Pumpen, Trockenaufstellung				14.000,00 €
Rohrleitungen, Armaturen				12.000,00 €
Ausrüstung Nachfällung:				
Rührwerke				9.300,00 €
Dosieranlage für FeClSO ₄ (Erweiterung vorh. Anlage)				17.800,00 €
Ausrüstung Feinfiltration:				
5 Filtereinheiten, inkl. Reservemodul, Filterantriebe, Filterreinigungssystem, Bodenschlammpumpe, Filtertücher				225.000,00 €
5 Absperrschieber DN 300 mit E-Antrieb				27.500,00 €
5 Gewindegewichte DN 300				15.000,00 €
Ablaufmengenmessung:				
Rohrleitungen, Armaturen				17.000,00 €
Summe maschinell netto				772.600,00 €
Elektroausrüstung und MSR-Technik				
Schaltanlage				17.000,00 €
Sonstige Schaltanlagen / Provisorium				3.000,00 €
Automatisierungssystem				16.000,00 €
Anbindung Prozessdatenerfassung und Prozessleittechnik (PLS)				18.500,00 €
Messtechnische Ausrüstung				41.000,00 €
Installation und Kabelverlegung auf dem Gelände und in den Bauwerken				23.000,00 €
Kabelgräben / Erdarbeiten				14.000,00 €
Installationsgeräte				11.000,00 €
Beleuchtung				8.500,00 €
Blitzschutz / Potentialausgleich				9.500,00 €
Bauleistungen				2.000,00 €
Inbetriebnahme / Sonstiges				8.000,00 €
Stundenlohnarbeiten				2.500,00 €
Zwischensumme Elektroausrüstung und MSR-Technik netto				174.000,00 €
Ingenieurleistungen und sonstiges				
Gutachterkosten, Analytik usw. (rd. 2 % der Investitionskosten)				40.500,00 €
Ingenieurleistungen (rd. 15 % der Investitionskosten)				304.000,00 €
Genehmigung und sonstiges (rd. 1 % der Investitionskosten)				20.500,00 €
Zwischensumme netto				365.000,00 €
Gesamtkosten netto				2.391.300,00 €
+ 19 % Mehrwertsteuer				454.347,00 €
Zwischensumme brutto				2.845.647,00 €
gerundet				2.850.000,00 €

8.3 Investitionen Variante 3

Ozonung	Menge	Einheit	Einzelpreis [Euro]	Gesamtpreis netto [Euro]
Bauliche Maßnahmen				
Baustelleneinrichtung				28.000,00 €
Vorbereitende Arbeiten:				
Baufeldrämung				10.000,00 €
Rohrleitungsprovisorium zu Abwasserableitung in der Bauzeit				15.000,00 €
5,30 m inkl. Erdarbeiten, Rohrleitungsanschlüsse DN 500 und 250, Profilbeton, Schlosserarbeiten usw.	47,7	m ³	600,00 €	28.600,00 €
Betriebsgebäude mit Kellergeschoss für Zwischenpumpwerk und Satteldach, 11,50 m x 7,50 m x 8,00 m	690	m ³	600,00 €	414.000,00 €
Pumpenvorlage Zwischenpumpwerk, 11,50 x 2,00m x l = 5,00 m	114,3	m ³	350,00 €	40.000,00 €
Ozonanlage, 11,50 m x 4,00 m x 6,00 m einschl. Zu- und Ablaufrippen, 2-teilige Ausführung, inkl. Rohrleitungseinbindung DN 400	276	m ³	500,00 €	138.000,00 €
Fliesenarbeiten, Fenster, Türen, Schlosserarbeiten, Malerarbeiten einschl. Fundamentplatte für Sauerstofftank mit Kühlung	192,9	m ³	635,00 €	122.500,00 €
DN 300 und 500	56,7	m ³	600,00 €	34.000,00 €
Tuchfiltration, 12,00 m x 6,50 m x 3,50 m einschl. Zu- und Ablaufrippen, Erdarbeiten, Rohrleitungen, Schlosserarbeiten	273	m ³	400,00 €	109.200,00 €
Verbindende Leitungen				
60 lfdm DN 500				21.000,00 €
5 lfdm DN 400				1.500,00 €
25 lfdm DN 300				6.700,00 €
35 lfdm DN 250				8.700,00 €
180 lfdm DN 150				27.000,00 €
200 lfdm DN 100				25.000,00 €
Straßenbauarbeiten, Pflasterfläche mit Unterbau, Tiefbordeinfassung, Stützwand inkl. Entwässerung	600	m ²	100,00 €	60.000,00 €
Anlageneinzäunung				4.000,00 €
Landschaftspflegerische Maßnahmen				6.000,00 €
Zwischensumme baulich netto				1.099.200,00 €
Maschinelle Maßnahmen				
Zwischenpumpwerk:				
6 Pumpen, Trockenaufstellung inkl. Reserve				54.000,00 €
Rohrleitungen, Armaturen				32.000,00 €
Ausrüstung Ozonbecken:				
4 Absenkrinnschieber mit E-Antrieb				40.000,00 €
Ausrüstung Ozonanlage einschl. Keramikdiffusoren				220.000,00 €
Ausrüstung Nachfällung:				
Rührwerke				9.300,00 €
Dosieranlage für FeClSO ₄ (Erweiterung vorh. Anlage)				17.800,00 €
Ausrüstung Feinfiltration:				
5 Filtereinheiten, inkl. Reservemodul, Filterantriebe, Filterreinigungssystem, Bodenschlammpumpe, Filtertücher				225.000,00 €
5 Absperrschieber DN 300 mit E-Antrieb				27.500,00 €
5 Gewindeschieber DN 300				15.000,00 €
Ablaufmengenmessung:				
Rohrleitungen, Armaturen				14.000,00 €
Summe maschinell netto				654.600,00 €

Elektroausrüstung und MSR-Technik				
Schaltanlage				14.000,00 €
Sonstige Schaltanlagen / Provisorium				3.000,00 €
Automatisierungssystem				20.000,00 €
Anbindung Prozessdatenerfassung und Prozessleittechnik (PLS)				14.500,00 €
Messtechnische Ausrüstung				52.000,00 €
Installation und Kabelverlegung auf dem Gelände und in den Bauwerken				23.000,00 €
Kabelgräben / Erdarbeiten				14.000,00 €
Installationsgeräte				11.000,00 €
Beleuchtung				5.500,00 €
Blitzschutz / Potentialausgleich				7.500,00 €
Bauleistungen				2.000,00 €
Inbetriebnahme / Sonstiges				8.000,00 €
Stundenlohnarbeiten				2.500,00 €
Zwischensumme Elektroausrüstung und MSR-Technik netto				177.000,00 €
Ingenieurleistungen und sonstiges				
Gutachterkosten, Analytik usw. (rd. 2 % der Investitionskosten)				38.600,00 €
Ingenieurleistungen (rd. 15 % der Investitionskosten)				289.600,00 €
Genehmigung und sonstiges (rd. 1 % der Investitionskosten)				19.300,00 €
Zwischensumme netto				347.500,00 €
Gesamtkosten netto				2.278.300,00 €
+ 19 % Mehrwertsteuer				432.877,00 €
Zwischensumme brutto				2.711.177,00 €
gerundet				2.710.000,00 €

8.4 Investitionen Variante 4

GAK-Filtration				
	Menge	Einheit	Einzelpreis [Euro]	Gesamtpreis netto [Euro]
Bauliche Maßnahmen				
Baustelleneinrichtung				34.000,00 €
Vorbereitende Arbeiten:				
Baufeldräumung				10.000,00 €
Rohrleitungsprovisorium zu Abwasserableitung in der Bauzeit				15.000,00 €
5,30 m inkl. Erdarbeiten, Rohrleitungsanschlüsse DN 500 und 250, Profilbeton, Schlosserarbeiten usw.	47,7	m ³	600,00 €	28.600,00 €
Abwasserverteiler, di = 3,00 m, da = 5,50 m, t = 3,00 m mit 6 Trennwänden inkl. Rohrleitungseinbindungen	71,3	m ³	800,00 €	57.000,00 €
Rohrleitungseinbindungen				175.000,00 €
Rohrleitungseinbindungen				41.000,00 €
Betriebsgebäude mit Kellergeschoss für Zwischenpumpwerk und Satteldach, 11,50 m x 7,50 m x 8,00 m	690	m ³	600,00 €	414.000,00 €
Spülwasservorlage 11,50 m x 2,50 m, t = 5,00 m	142,9	m ³	350,00 €	50.000,00 €
Pumpenvorlage Zwischenpumpwerk, 11,50 x 2,00, l = 5,00 m	114,3	m ³	350,00 €	40.000,00 €
DN 300 und 400	56,7	m ³	600,00 €	34.000,00 €
Tuchfiltration, 12,00 m x 6,50 m x 3,50 m einschl. Zu- und Ablaufrippen, Erdarbeiten, Rohrleitungen, Schlosserarbeiten	273	m ³	400,00 €	109.200,00 €
Verbindende Leitungen				
80 lfdm DN 500				28.000,00 €
45 lfdm DN 300				12.100,00 €
35 lfdm DN 250				8.700,00 €
190 lfdm DN 200				38.000,00 €
180 lfdm DN 150				27.000,00 €
200 lfdm DN 100				25.000,00 €
Straßenbauarbeiten, Pflasterfläche mit Unterbau, Tiefbordeinfassung, Stützwand inkl. Entwässerung	700	m ²	150,00 €	105.000,00 €
Anlageneinzäunung				4.000,00 €
Landschaftspflegerische Maßnahmen				6.000,00 €
Zwischensumme baulich netto				1.261.600,00 €
Maschinelle Maßnahmen				
Ausrüstung Abwasserverteiler				9.000,00 €
Ausrüstung GAK-Filterbecken:				
6 Filterboden				36.000,00 €
6 Überlaufrippen				45.000,00 €
Erstbefüllung				87.000,00 €
Ausrüstung Spülwassernachspeicher:				
Rührwerk				9.000,00 €
Spülwasserpumpwerk inkl. Verrohrung				14.000,00 €
Rückspülumpwerk:				
2 Pumpen, Trockenaufstellung				22.000,00 €
Rohrleitungen, Armaturen				17.000,00 €
Spülluftgebläse einschl. Rohrleitungen und Armaturen				90.000,00 €

Zwischenpumpwerk:				
6 Pumpen, Trockenaufstellung inkl. Reserve				54.000,00 €
Rohrleitungen, Armaturen				32.000,00 €
Ausrüstung Nachfällung:				
Rührwerke				9.300,00 €
Dosieranlage für FeClSO ₄ (Erweiterung vorh. Anlage)				17.800,00 €
Ausrüstung Feinfiltration:				
5 Filtereinheiten, inkl. Reservemodul, Filterantriebe, Filterreinigungssystem, Bodenschlammpumpe, Filtertücher				225.000,00 €
5 Absperrschieber DN 300 mit E-Antrieb				27.500,00 €
5 Gewindegewinde DN 300				15.000,00 €
Ablaufmengenmessung:				
Rohrleitungen, Armaturen				17.000,00 €
Summe maschinell netto				726.600,00 €
Elektroausrüstung und MSR-Technik				
Schaltanlage				18.000,00 €
Sonstige Schaltanlagen / Provisorium				3.000,00 €
Automatisierungssystem				19.000,00 €
Anbindung Prozessdatenerfassung und Prozessleittechnik (PLS)				20.500,00 €
Messtechnische Ausrüstung				38.000,00 €
Installation und Kabelverlegung auf dem Gelände und in den Bauwerken				21.000,00 €
Kabelgräben / Erdarbeiten				13.000,00 €
Installationsgeräte				14.000,00 €
Beleuchtung				8.500,00 €
Blitzschutz / Potentialausgleich				9.500,00 €
Bauleistungen				2.000,00 €
Inbetriebnahme / Sonstiges				9.000,00 €
Stundenlohnarbeiten				2.500,00 €
Zwischensumme Elektroausrüstung und MSR-Technik netto				178.000,00 €
Ingenieurleistungen und sonstiges				
Gutachterkosten, Analytik usw. (rd. 2 % der Investitionskosten)				43.300,00 €
Ingenieurleistungen (rd. 15 % der Investitionskosten)				324.800,00 €
Genehmigung und sonstiges (rd. 1 % der Investitionskosten)				21.600,00 €
Zwischensumme netto				389.700,00 €
Gesamtkosten netto				2.555.900,00 €
+ 19 % Mehrwertsteuer				485.621,00 €
Zwischensumme brutto				3.041.521,00 €
gerundet				3.040.000,00 €

8.5 Energiebedarf

		PAK in Belebung	PAK in Kontaktbecken	Ozon	GAK
Trockenwetterpumpwerk					
Anzahl	Stück	2,0	2,0	2,0	2,0
Leistung	kW	2,6	2,6	2,6	2,6
Laufzeit	h/d	24,0	24,0	24,0	24,0
Energiebedarf	kWh/a	45552,0	45552,0	45552,0	45552,0
Regenwetterpumpwerk					
Anzahl	Stück	2,0	2,0	2,0	2,0
Leistung	kW	2,6	2,6	2,6	2,6
Laufzeit	h/d	3,0	3,0	3,0	3,0
Energiebedarf	kWh/a	5748,8	5748,8	5748,8	5748,8
PAK-Rezirkulationspumpen					
Anzahl			1,0		
Leistung	kW		3,8		
Laufzeit	h/d		24,0		
Energiebedarf	kWh/a		33288,0		
PAK Dosiereinheit					
Leistung	kW	1,2	0,6		
Laufzeit	h/d	24,0	24,0		
Energiebedarf	kWh/a	10512,0	5256,0		
Dosierpumpe Fällmittel					
Anschlussleistung	kW	0,9	0,9		
Laufzeit	h/d	24,0	24,0		
Energiebedarf	kWh/a	7884,0	7884,0		
Dosierpumpe FHM					
Anschlussleistung	kW	0,2	0,2		
Laufzeit	h/d	24,0	24,0		
Energiebedarf	kWh/a	1314,0	1314,0		
Rührwerke Kontaktbecken PAK					
Anzahl	Stück		2,0		
Anschlussleistung	kW		1,1		
Laufzeit	h/d		24,0		
Energiebedarf	kWh/a		18396,0		
Räumer					
Anzahl	Stück		1		
Anschlussleistung	kW		0,3		
Laufzeit	h/d		24		
Energiebedarf	kWh/a		2628,0		
Spülwasserpumpen					
Anschlussleistung	kW				7,5
Laufzeit	h/d				1,5
Energiebedarf	kWh/a				4106,25
Spülluftgebläse					
Anschlussleistung	kW				22,5
Laufzeit	h/d				0,015
Energiebedarf	kWh/a				123,1875
Ozonanlage					
Energiebedarf	kWh/a			178651,44	
Sonstiges (Messtechnik etc)					
Energiebedarf	kWh/a	7.500	7.500	7.500	7.500
Betrieb Tuchfiltration					
Energiebedarf je Filtrationseinheit	kWh/d	10	10	10	10
Energiebedarf	kWh/a	10.950	10.950	10.950	10.950
Summe Energiebedarf	kWh/a	89.461	138.517	248.402	73.980

8.6 Betriebskosten

Betriebskosten					
		PAK in Belebung	PAK in Kontaktbecken	Ozon	GAK
Energiekosten					
Menge/a	kWh/a	89.460,8	138.516,8	248.402,2	73.980,2
spezifische Kosten pro kWh	Euro/kWh	0,150	0,150	0,150	0,150
Summe Energiekosten	Euro/a	13.419,1	20.777,5	37.260	11.097,0
Personalkosten					
Mitarbeiter	MA/a	0,400	0,5	0,4	0,4
Jahreskosten MA	Euro/a	40.000,0	40.000,0	40.000,0	40.000,0
Summe Personalkosten	Euro/a	16.000,0	20.000,0	16.000,0	16.000,0
Wartung / Versicherungen					
Bautechnik (1,0 % vom Invest)	€/a	7.947,0	10.797,0	10.992,0	12.616,0
Maschinentechnik (3,0 % vom Invest)	€/a	18.378,0	23.178,0	19.638,0	21.798,0
Elektrotechnik (5,0 % vom Invest)	€/a	8.700,0	8.700,0	8.850,0	8.900,0
Versicherungen (0,5 % vom Invest)	€/a	7.906,5	10.131,5	9.654,0	10.831,0
Summe Wartung / Versicherungen	€/a	42.931,5	52.806,5	49.134,0	54.145,0
Kosten Sauerstoff (inkl. Miete Lagerbehälter)					
Menge/a	kg O2/a			78061	
spezifische Kosten pro kg	Euro/kg			0,22	
Summe Kosten Sauerstoff	Euro/a			17173,42	
Kosten Aktivkohle					
Menge/a	kg/a	28.000	14000		39586,2
spezifische Kosten pro Tonne	Euro/t	1.500	1500		1400
Summe Kosten Aktivkohle	Euro/a	42.000	21.000		55.421
Kosten FHM					
FHM	kg/a	420	280		
spezifische Kosten pro Tonne	Euro/t	1.400	1400		
Summe Kosten FHM	Euro/a	588	392		
Kosten Fällmittel					
Fällmittel	t Fällmittel /a	70	30		
Menge/a	Euro/t	140	140		
Summe Kosten FHM	Euro/a	9.800	4.200		
Schlamm m e h r a n f a l l					
Schlamm anfall (TR) FM	t TR/a	25	10,5		
Schlamm anfall (TR) PAK	t TR/a	28	14		
Schlamm anfall (TR) AFS	t TR/a	14	14		
spezifische Kosten Entsorgung pro t TR	Euro/t TR	320	320		
Entsorgungskosten	Euro/a	21.280	12.320		
Summe Betriebskosten (netto)	Euro/a	146.019	131.496	119.567,7	136.663
Summe Betriebskosten (brutto)	Euro/a	173.762	156.480	142.286	162.629

8.7 Jahreskosten

8.7.1 Varianten 1 (PAK in Belebung) + 2 (PAK in Kontaktbecken)

KA Mettingen 4. RS mit Flockungsfiltration					
Datenerhebung und Kostenermittlung					
ALLGEMEINES					
Kläranlage			Mettingen	Mettingen	
Variante			Variante 1	Variante 2	
			PAK in BB	PAK in Kontaktbecken	
Auftraggeber					
Planer					
Vorlage des Berichts					
Studie (S), Halbtechnische Versuchsanlage (V),			S	S	
Großtechnische Anlage (G)					
BETRIEBS- UND ANLAGENDATEN					
Ausbaugröße EW	[E]		137.500	137.500	
Anschlussgröße EW	[E]		60.000	60.000	
Jahresabwassermenge (JAM)	[m³/a]		1.400.000	1.400.000	
Behandelte JAM der 4. Stufe	[m³/a]		1.400.000	1.288.000	
Anteil JAM in der 4. Stufe an Gesamt-JAM	[%]				
Bemessungswassermenge der 4. Stufe	[m³/h]		560	260	
Frischwassermenge	[m³/a]		828.300	828.300	
Nutzung vorh. Bausubstanz [Ja/Nein]	[-]		Ja	Nein	
Anmerkungen bzgl. der Nutzung der	[-]		Dosierung in		
Bausubstanz	[-]		vorh. Belebung		
Nachbehandlung [Ja/Nein]	[-]		Flockungsfiltration	Flockungsfiltration	
Sonstige Anmerkungen					
INVESTITIONEN UND BETRIEBSKOSTEN					
Investitionskosten					
Bezugsjahr der Kosten			2015	2015	
Bautechnik	[€]		794.700	1.079.700	
Maschinenteknik	[€]		612.600	772.600	
EMSR Technik	[€]		174.000	174.000	
Nebenkosten	[€]		285.000	365.000	
Gesamtkosten (Nettokosten)	[€]		1.866.300	2.391.300	
Betriebskosten					
Energie	[€/a]		13.419	20.778	
Personal	[€/a]		16.000	20.000	
Wartung/ Instandhaltung	[€/a]		42.932	52.807	
Sauerstoff	[€/a]				
PAK/GAK	[€/a]		42.000	21.000	
FHM, FM	[€/a]		10.388	4.592	
Transport/ Logistik	[€/a]				
Schlammentsorgung	[€/a]		21.280	12.320	
Einsparungen durch bessere Wasserqualität	[€/a]				
Betrieb Gesamtkosten (Nettokosten)	[€/a]		146.019	131.496	

KA Mettingen 4. RS mit Flockungsfiltration					
Datenerhebung und Kostenermittlung					
ALLGEMEINES					
Kläranlage			Mettingen	Mettingen	
Variante			Variante 1	Variante 2	
			PAK in BB	PAK in Kontaktbecken	
Anpassung der Investitions- und Betriebskosten an einheitliches Bezugsjahr (2013)					
Annahmen zur Aktualisierung der Kosten					
Bezugszeitpunkt			2013	2013	
Jahre seit Urkalkulation	[a]		-2	-2	
Zinsen	[%]	3,00%			
AFA Bautechnik, Nebenkosten	[a]	30			
AFA Maschinenteknik	[a]	15			
AFA Elektrotechnik	[a]	10			
Preisentwicklung bis Bezugsjahr			Faktoren LAWA	Faktoren LAWA	
Preissteigerung Personal		0,5%	0,99007	0,99007	
Preissteigerung Energie/Strom		3,0%	0,94260	0,94260	
Preissteigerung PAK		1,0%	0,98030	0,98030	
Preissteigerung O2		1,0%	0,98030	0,98030	
Preissteigerung Bautechnik, Nebenkosten		0,5%	0,99007	0,99007	
Preissteigerung Maschinenteknik		0,3%	0,99502	0,99502	
Preissteigerung Elektrotechnik		0,0%	1,00000	1,00000	
Preissteigerung Allgemein		1,0%	0,98030	0,98030	
Investitionskosten					
Bezugsjahr der Kosten			2013	2013	
Bautechnik	[€]		786.812	1.068.983	
Maschinenteknik	[€]		609.548	768.751	
EMSR Technik	[€]		174.000	174.000	
Nebenkosten	[€]		282.171	361.377	
Gesamtkosten (Nettokosten)	[€]		1.852.532	2.373.112	
Betriebskosten					
Energie	[€/a]		12.649	19.585	
Personal	[€/a]		15.841	19.801	
Wartung/ Instandhaltung	[€/a]		42.505	52.282	
Sauerstoff	[€/a]		0	0	
PAK/GAK	[€/a]		41.172	20.586	
FHM, FM	[€/a]		10.183	4.502	
Transport/ Logistik	[€/a]				
Schlamm Entsorgung	[€/a]		20.861	12.077	
Einsparungen durch bessere Wasserqualität	[€/a]				
Betrieb Gesamtkosten (Nettokosten)	[€/a]		143.212	128.834	
Reinvestitionskosten in EURO					
	Faktoren LAWA				
Bautechnik	0 [€]		0	0	
Maschinenteknik (nach 15 a)	0,66636 [€]		406.177	514.828	
Elektrotechnik (nach 10 a und nach 20 a)	1,29776967 [€]		225.812	225.812	
Nebenkosten	0 [€]		0	0	
Gesamtkosten	[€]		631.989	740.640	
Kapitalkosten					
	Faktoren LAWA				
Bautechnik	0,05102 [€/a]		40.143	54.539	
Maschinenteknik	0,05102 [€/a]		51.822	65.487	
Elektrotechnik	0,05102 [€/a]		20.398	20.398	
Nebenkosten	0,05102 [€/a]		14.396	18.437	
Gesamtkosten	[€/a]		126.758	158.861	
Jahreskosten (Bezugsjahr 2013)					
Jahreskosten gesamt	[€/a]		269.970	287.695	
Spez. Jahreskosten je m ³ behandeltes Abwasser	[€/m ³ ·a]		0,19	0,22	
Spez. Jahreskosten je m ³ Frischwasser	[€/m ³ ·a]		0,33	0,35	
Spez. Jahreskosten je E	[€/(E·a)]		4,50	4,79	

8.7.2 Varianten 3 (Ozon) + 4 (GAK-Filtration)

KA Mettingen 4. RS mit Flockungsfiltration				
Datenerhebung und Kostenermittlung				
ALLGEMEINES				
Kläranlage			Mettingen	Mettingen
Variante			Variante 3	Variante 4
			Ozon	GAK
Auftraggeber				
Planer				
Vorlage des Berichts				
Studie (S), Halbtechnische Versuchsanlage (V), Großtechnische Anlage (G)			S	S
BETRIEBS- UND ANLAGENDATEN				
Ausbaugröße EW	[E]		137.500	137.500
Anschlussgröße EW	[E]		60.000	60.000
Jahresabwassermenge (JAM)	[m³/a]		1.400.000	1.400.000
Behandelte JAM der 4. Stufe	[m³/a]		1.288.000	1.288.000
Anteil JAM in der 4. Stufe an Gesamt-JAM	[%]			
Bemessungswassermenge der 4. Stufe	[m³/h]		260	260
Frischwassermenge	[m³/a]		828.300	828.300
Nutzung vorh. Bausubstanz [Ja/ Nein]	[-]		Nein	Nein
Anmerkungen bzgl. der Nutzung der Bausubstanz	[-]			
Nachbehandlung [Ja/Nein]	[-]		Flockungsfiltration	Flockungsfiltration
Sonstige Anmerkungen				
INVESTITIONEN UND BETRIEBSKOSTEN				
Investitionskosten				
Bezugsjahr der Kosten			2015	2015
Bautechnik	[€]		1.099.200	1.261.600
Maschinentechnik	[€]		654.600	726.600
EMSR Technik	[€]		177.000	178.000
Nebenkosten	[€]		347.500	389.700
Gesamtkosten (Nettokosten)	[€]		2.278.300	2.555.900
Betriebskosten				
Energie	[€/a]		37.260	11.097
Personal	[€/a]		16.000	16.000
Wartung/ Instandhaltung	[€/a]		49.134	54.145
Sauerstoff	[€/a]		17.173	
PAK/GAK	[€/a]			55.421
FHM, FM	[€/a]			
Transport/ Logistik	[€/a]			
Schlamm Entsorgung	[€/a]			
Einsparungen durch bessere Wasserqualität	[€/a]			
Betrieb Gesamtkosten (Nettokosten)	[€/a]		119.568	136.663

KA Mettingen 4. RS mit Flockungsfiltration					
Datenerhebung und Kostenermittlung					
ALLGEMEINES					
Kläranlage			Mettingen	Mettingen	
Variante			Variante 3	Variante 4	
			Ozon	GAK	
Anpassung der Investitions- und Betriebskosten an einheitliches Bezugsjahr (2013)					
Annahmen zur Aktualisierung der Kosten					
Bezugszeitpunkt			2013	2013	
Jahre seit Urkalkulation	[a]		-2	-2	
Zinsen	[%]	3,00%			
AFA Bautechnik, Nebenkosten	[a]	30			
AFA Maschinentchnik	[a]	15			
AFA Elektrotechnik	[a]	10			
Preisentwicklung bis Bezugsjahr			Faktoren LAWA	Faktoren LAWA	
Preissteigerung Personal		0,5%	0,99007	0,99007	
Preissteigerung Energie/Strom		3,0%	0,94260	0,94260	
Preissteigerung PAK		1,0%	0,98030	0,98030	
Preissteigerung O2		1,0%	0,98030	0,98030	
Preissteigerung Bautechnik, Nebenkosten		0,5%	0,99007	0,99007	
Preissteigerung Maschinentchnik		0,3%	0,99502	0,99502	
Preissteigerung Elektrotechnik		0,0%	1,00000	1,00000	
Preissteigerung Allgemein		1,0%	0,98030	0,98030	
Investitionskosten					
Bezugsjahr der Kosten			2013	2013	
Bautechnik	[€]		1.088.290	1.249.078	
Maschinentchnik	[€]		651.339	722.981	
EMSR Technik	[€]		177.000	178.000	
Nebenkosten	[€]		344.051	385.832	
Gesamtkosten (Nettokosten)	[€]		2.260.680	2.535.891	
Betriebskosten					
Energie	[€/a]		35.121	10.460	
Personal	[€/a]		15.841	15.841	
Wartung/ Instandhaltung	[€/a]		48.646	53.608	
Sauerstoff	[€/a]		16.835	0	
PAK/GAK	[€/a]		0	54.329	
FHM, FM	[€/a]		0	0	
Transport/ Logistik	[€/a]				
Schlammensorgung	[€/a]		0	0	
Einsparungen durch bessere Wasserqualität	[€/a]				
Betrieb Gesamtkosten (Nettokosten)	[€/a]		116.444	134.237	
Reinvestitionskosten in EURO					
		Faktoren LAWA			
Bautechnik	0 [€]		0	0	
Maschinentchnik (nach 15 a)	0,66636 [€]		436.198	484.175	
Elektrotechnik (nach 10 a und nach 20 a)	1,29776967 [€]		229.705	231.003	
Nebenkosten	0 [€]		0	0	
Gesamtkosten	[€]		665.903	715.178	
Kapitalkosten					
		Faktoren LAWA			
Bautechnik	0,05102 [€/a]		55.524	63.727	
Maschinentchnik	0,05102 [€/a]		55.485	61.588	
Elektrotechnik	0,05102 [€/a]		20.750	20.867	
Nebenkosten	0,05102 [€/a]		17.553	19.685	
Gesamtkosten	[€/a]		149.312	165.867	
Jahreskosten (Bezugsjahr 2013)					
Jahreskosten gesamt	[€/a]		265.756	300.105	
Spez. Jahreskosten je m³ behandeltes Abwasser	[€/(m³·a)]		0,21	0,23	
Spez. Jahreskosten je m³ Frischwasser	[€/(m³·a)]		0,32	0,36	
Spez. Jahreskosten je E	[€/(E·a)]		4,43	5,00	

9 Anhang C – Pläne

- 9.1 Lageplan Variante 2 (PAK in Kontaktbecken)**
- 9.2 Längsschnitt Variante 2 (PAK in Kontaktbecken)**
- 9.3 Lageplan Variante 3 (Ozonbehandlung)**
- 9.4 Längsschnitt Variante 3 (Ozonbehandlung)**
- 9.5 Lageplan Variante 4 (GAK-Filtration)**
- 9.6 Längsschnitt Variante 4 (GAK-Filtration)**