

Kläranlage Borken

Ergänzungen zur Machbarkeitsstudie über die weitergehende Spurenstoff- elimination

Mai 2016 | 1. Ausfertigung
Projektnummer 0132 080





Kläranlage Borken

Ergänzungen zur Machbarkeitsstudie über die weitergehende Spurenstoff- elimination

Mai 2016 | 1. Ausfertigung
Projektnummer 0132 080

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

Aufgestellt:
Bochum, im Mai 2016
bie-uru

Dipl.-Ing. Norbert Biebersdorf



Auftraggeber:

Stadt Borken
Im Piepershagen 17
46325 Borken

Telefon: 02861 939 0
Telefax: 02861 939 253

Projektleiter:

Herr Bücker

Telefon: 02861 939 550
ludger.buecker@borken.de

Bearbeitung durch:

TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft mbH
Universitätsstraße 74
44789 Bochum

Telefon: 0234 33305-0
Telefax: 0234 33305-11
info@tum-bochum.de

Herr M.Sc. Fernando Urueta

Telefon: 0234 33305-64
f.urueta@tum-bochum.de

Herr Dipl.-Ing. Norbert Biebersdorf

Telefon: 0234 33305-54
n.biebersdorf@tum-bochum.de

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	5
2	Zugrunde liegende Unterlagen	5
3	Mikroschadstoffe.....	6
3.1	Allgemeines.....	6
3.2	Kläranlagenablauf	6
3.3	Gewässer	7
3.4	Bewertung der Messwerte	8
3.5	Auswirkungen auf das Gewässer	9
3.5.1	Beeinflussung des Gewässers anhand einer ökotoxikologischen Betrachtung	10
4	Allgemeine chemische Parameter (ACP).....	12
4.1	Allgemeines.....	12
4.2	Messwerte im Kläranlagenablauf und im Gewässer	12
4.3	Beurteilung ökologischer Zustand	13
4.4	Auswirkungen auf das Gewässer	14
4.4.1	Beeinflussung des Gewässers anhand einer Frachtbetrachtung	14
5	Zusammenfassung.....	16

Bildverzeichnis

Bild 1:	Vergleich der Messwerte im Kläranlagenablauf mit Literaturwerten.....	7
Bild 2:	Bewertung des chemischen Zustandes (Quelle: ELWAS-Web).....	9
Bild 3:	Bewertung des ökologischen Zustandes (Quelle: ELWAS-Web).....	10
Bild 4:	GÜS-Messstellen ober- und unterhalb der Einleitungsstelle (Quelle: ELWAS-Web)	12

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Auswertung der Ergebnisse im Ablauf der KA Borken.....	6
Tabelle 2:	Auswertung der Spurenstoffmesswerte ober- und unterhalb der Einleitungsstelle	7
Tabelle 3:	Gegenüberstellung Spurenstoffmesswerte und Beurteilungsgrundlagen.....	9
Tabelle 4:	Abschätzung der PEC/PNEC-Verhältnisse.....	11
Tabelle 5:	Abschätzung der PEC/PNEC-Werte für Carbamazepin und Diclofenac nach Errichtung einer Verfahrensstufe zur weitergehenden Spurenstoffelimination	11
Tabelle 6:	ACP-Messwerte	13
Tabelle 7:	Gegenüberstellung ACP-Messwerte und Orientierungswerte aus D5-Liste	13
Tabelle 8:	Frachtbilanz für ACP um die Einleitungsstelle	15
Tabelle 9:	Zu erwartende Konzentrationen unterhalb der Einleitungsstelle	15

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur weitergehenden Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Borken wurden bereits verschiedene Konzepte zur Elimination von Mikroschadstoffen technisch und wirtschaftlich untersucht. Auf Nachfrage der Bezirksregierung Münster ist nun die Studie um mehrere Punkte zu ergänzen. Ziel der Behörde ist, mit der Ergänzung der Machbarkeitsstudie die Entscheidungsgrundlage zu liefern, ob eine weitergehende Spurenstoffelimination am Kläranlagenstandort notwendig ist.

Die ergänzende Untersuchung umfasst folgende Punkte:

- Auswertung der im Abwasser der Kläranlage sowie ober- und unterhalb der Kläranlageneinleitung im Gewässer enthaltenen Mikroschadstoffe.
- Bewertung der wasserwirtschaftlichen Relevanz der weitergehenden Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Borken. Es soll die Frage beantwortet werden, ob die Errichtung einer Verfahrensstufe zur Spurenstoffelimination zur Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. des guten ökologischen Potenzials im Wasserkörper beitragen kann.
- Unter Zugrundelegung der durch die Wasserrahmenrichtlinie zukünftig zu erwartenden, strengeren Überwachungswerte zeigt die Bocholter Aa nach Aussage der Bezirksregierung Münster Auffälligkeiten bei den allgemeinen chemischen Parametern TOC und Phosphor. Für diese Parameter ist aufzuzeigen, in wie weit die Kläranlage mit einer gezielten, weitergehenden Spurenstoffelimination zu einer Verbesserung des Gewässers beisteuern kann.

2 Zugrunde liegende Unterlagen

Die Grundlage der vorliegenden Untersuchung bilden im Wesentlichen die folgenden Unterlagen:

- „DWA-Position: Anthropogene Spurenstoffe im Gewässer“, Dezember 2010,
- „Erfahrungen aus Bau- und Betrieb einer Aktivkohleadsorptionsanlage“, TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH u. Zweckverband Kläranlage Böblingen-Sindelfingen, 15. Kölner Kanal und Kläranlagen Kolloquium, Oktober 2014,
- „Kläranlage Borken – 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen – Machbarkeitsstudie“, TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH, Dezember 2014,
- „Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern – vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge“, Umweltbundesamt, März 2015,
- „Potenzial der Spurenstoffelimination mit Pulver- und Kornkohle in bestehenden Filteranlagen“, Dr.-Ing. Gerd Kolisch, Wupperverbandgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft, Mai 2014,
- „Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in NRW“, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, Dezember 2012,
- „Ergänzungen zu Analysenbericht Nr. FA – 13/200 B“, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Januar 2014.

3 Mikroschadstoffe

3.1 Allgemeines

Ob Maßnahmen zur Spurenstoffelimination notwendig sind, hängt in erster Linie vom Vorkommen relevanter Spurenstoffe im Gewässer bzw. im Rohwasser sowie von deren toxikologischen oder ökotoxikologischen Relevanz ab. Notwendige Maßnahmen können entweder beim Produzenten, dem Direkt- oder Indirekteinleiter oder der Kläranlage ansetzen. Nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist die effizienteste, kostengünstigste Kombination zu wählen. Wenn Vermeidungs- oder Verminderungsstrategien keine Wirkung zeigen, kann eine Reduzierung bestimmter Mikroschadstoffe durch den Neubau einer zusätzlichen Verfahrensstufe zur Spurenstoffelimination erreicht werden.

Im Rahmen der Studie zur Ertüchtigung und Erweiterung der Kläranlage Borken in Bezug auf die Elimination von anthropogenen Spurenstoffen im Jahr 2014 wurden verschiedene Verfahrenskombinationen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht untersucht. Besonderer Wert wird mittlerweile jedoch darauf gelegt, dass der Bezug zum Gewässer in den Machbarkeitsstudien mit dargestellt wird. Aus diesem Grund ist nachfolgend eine Auswertung bereits durchgeführter Screening-Untersuchungen aufgeführt.

3.2 Kläranlagenablauf

Die Untersuchung von Wasserproben im Kläranlagenablauf auf ausgewählte Spurenstoffe wurde vom Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. durchgeführt. Es wurden insgesamt 9 qualifizierte Stichproben analysiert. Die daraus ermittelten Mittelwerte sind in der **Tabelle 1** dargestellt. Es wurden nur diejenigen Stoffe berücksichtigt, deren Messwerte im Kläranlagenablauf sowie ober- und unterhalb der Einleitungsstelle oberhalb der Bestimmungsgrenze lagen.

Tabelle 1: Auswertung der Ergebnisse im Ablauf der KA Borken

Parameter	Einheit	Ablauf KA Borken (Mittelwerte)
Anzahl von Messwerten		n = 9
Arzneimittel, Haushalts- und Industriechemikalien		
Clarithromycin	ng/l	110
Carbamazepin	ng/l	750
Diclofenac	ng/l	1.850
Metoprolol	ng/l	1.200
Sulfamethoxazol	ng/l	250
Bisoprolol	ng/l	270
Benzotriazol	ng/l	7.740
DEHP	ng/l	240
Terbutryn	ng/l	40
Endokrine Desruptoren		
4-Octylphenol	ng/l	250
4-Nonylphenol	ng/l	110

Bild 1 zeigt die Messwerte einiger untersuchter Spurenstoffe im Vergleich zu Literaturwerten. Die Balken stellen den Bereich zwischen dem niedrigsten und höchsten Messwert für den jeweiligen Schadstoff dar. Das Konzentrationsniveau im Ablauf der KA Borken entspricht größtenteils den Literaturwerten und ist vergleichbar mit anderen Kläranlagen, deren Ablauf im Rahmen der Machbarkeitsstudien zur weitergehenden Spurenstoffelimination untersucht wurde.

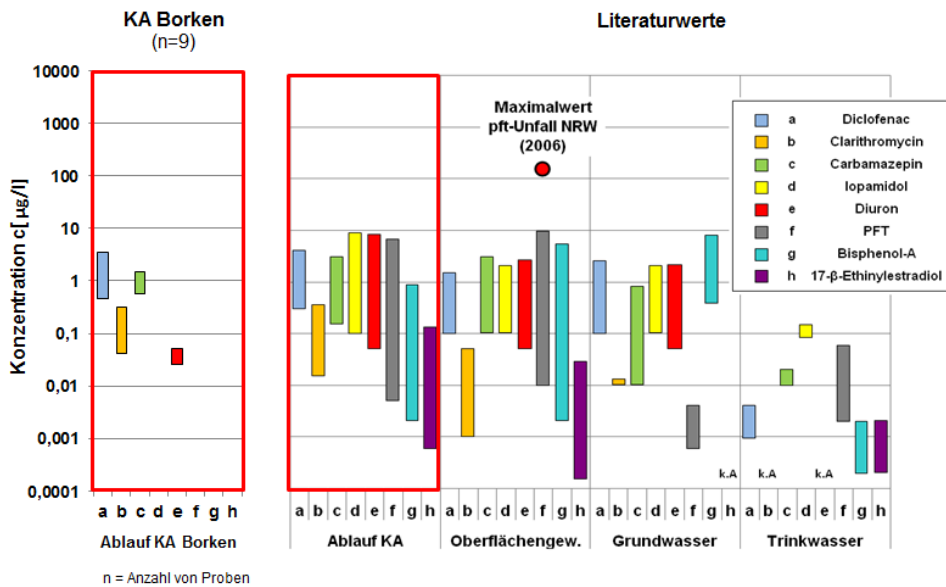


Bild 1: Vergleich der Messwerte im Kläranlagenablauf mit Literaturwerten

3.3 Gewässer

Die Spurenstoffmesswerte ober- und unterhalb der Einleitungsstelle wurden ebenfalls vom Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. bestimmt. Eine Zusammenstellung der ermittelten Konzentrationen ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Auswertung der Spurenstoffmesswerte ober- und unterhalb der Einleitungsstelle

Parameter	Einheit	Gewässer oberhalb KA (Mittelwerte)	Gewässer unterhalb KA (Mittelwerte)
Anzahl von Messwerten		n = 9	n = 9
Arzneimittel, Haushalts- und Industriechemikalien			
Clarithromycin	ng/l	40	30
Carbamazepin	ng/l	110	140
Diclofenac	ng/l	110	280
Metoprolol	ng/l	60	200
Sulfamethoxazol	ng/l	60	50
Bisoprolol	ng/l	20	50
Benzotriazol	ng/l	230	1.170
DEHP	ng/l	230	300
Terbutryn	ng/l	20	10
Endokrine Desruptoren			
4-Octylphenol	ng/l	n.a.	190
4-Nonyphenol	ng/l	30	50

n.a.: nicht angegeben

3.4 Bewertung der Messwerte

Derzeit bestehen weder auf europäischer Ebene noch in Deutschland für eine überwiegende Mehrheit von Spurenstoffen gesetzliche Anforderungen bzw. Grenzwerte hinsichtlich der zu erzielenden Ablaufqualität von Kläranlagen oder für eine tolerierbare Gewässerbelastung, die den Betrieb einer weitergehenden Spurenstoffelimination zwingend erfordern. Eine rechtliche Bewertung der Monitoring-Ergebnisse wird hierdurch erschwert. Zur Beurteilung der ermittelten Untersuchungsergebnisse wurden verschiedene Beurteilungsgrundlagen berücksichtigt.

Beurteilung anhand von Orientierungswerten

Zur Ermittlung des Handlungsbedarfes können die fachlich abgeleiteten Orientierungswerte der sogenannten „D4-Liste“ aus dem Monitoring-Leitfaden des LANUV (April 2014) zur Beurteilung herangezogen werden.

Beurteilung anhand der Trinkwasserrelevanz

Ein weiterer Bewertungsmaßstab kann z.B. anhand der Trinkwasserrelevanz erfolgen. Hiernach finden die vorgegebenen Stoffe eine Bewertung anhand des vom Umweltbundesamt empfohlenen allgemeinen Vorsorgewertes (VWa). Dieser kann für Humanarzneimittel mit 100 ng/l, für sonstige Spurenstoffe und Industriechemikalien mit 10.000 ng/l angenommen werden. Dieser Wert soll sicherstellen, dass der Umfang der Trinkwasseraufbereitung zur Entfernung der Spurenstoffe gering gehalten bzw. ganz auf Aufbereitungsmaßnahmen für die vorgenannten Stoffe verzichtet werden kann.

Stoffe ohne vollständige humantoxikologische Bewertung werden auf Basis der vorhandenen Daten unter dem Gesichtspunkt der gesundheitlichen Vorsorge bewertet. Dabei wird der „gesundheitliche Orientierungswert (GOW)“ abgeleitet. Abhängig vom Wirkmechanismus wird der Wert in einem Bereich von 0,01 bis 3,0 µg/l festgelegt. Der GOW wird so niedrig angesetzt, dass auch bei lebenslanger Aufnahme der betreffenden Substanz kein Anlass zur gesundheitlichen Besorgnis besteht.

Beurteilung anhand der Gewässerrelevanz

Die Beurteilung der Gewässerrelevanz kann anhand der PNEC-Wasser-Werte (Predicted-No-Effect-Concentration) erfolgen, unterhalb derer nach derzeitigem Kenntnisstand keine Schadefekte auf das aquatische Ökosystem zu erwarten sind.

Für kontinuierliche Einträge von Mikroverunreinigungen durch gereinigtes Abwasser ist nach Angabe des Schweizerischen Zentrums für Ökotoxikologie besonders das chronische Qualitätskriterium AA-EQS (zulässige durchschnittliche Jahreskonzentration) relevant (Oekotoxzentrum, 2015). Werden diese Qualitätskriterien unterschritten werden, sind die Gewässerorganismen vor den Folgen von Langzeitbelastungen geschützt. Hierbei lässt sich analog zu den PNEC-Werten für die gleichen Spurenstoffe ein ähnlicher Handlungsbedarf ableiten.

Beurteilung anhand aktueller Rechtsprechung

Bisher existieren lediglich für die untersuchten Pflanzenschutzmittel Terbutryn und Diuron festgelegte Umweltqualitätsnormen und damit gesetzlich verbindliche Vorgaben.

Nachfolgende Tabelle enthält eine Übersicht der ermittelten Messwerte und der oben beschriebenen Beurteilungsgrundlagen (Referenzwerte).

Tabelle 3: Gegenüberstellung Spurenstoffmesswerte und Beurteilungsgrundlagen

Parameter	Einheit	Ablauf KA Borken (Mittelwerte)	Gewässer oberhalb KA (Mittelwerte)	Gewässer unterhalb KA (Mittelwerte)	Beurteilungsgrundlagen					
					OW D4	Vwa	GOW	PNEC	AA-EQS	UQN
Anzahl von Messwerten		n = 9	n = 9	n = 9						
Arzneimittel, Haushalts- und Industriechemikalien										
Clarithromycin	ng/l	110	40	30	20	100	n.a.	150	60	n.a.
Carbamazepin	ng/l	750	110	140	500	100	300	500	500	n.a.
Diclofenac	ng/l	1.850	110	280	100	100	300	100	50	n.a.
Metoprolol	ng/l	1.200	60	200	7.300	100	n.a.	7.300	64.000	n.a.
Sulfamethoxazol	ng/l	250	60	50	150	100	n.a.	150	600	n.a.
Bisoprolol	ng/l	270	20	50	100	100	n.a.	700	n.a.	n.a.
Benzotriazol	ng/l	7.740	230	1.170	10.000	10.000	3.000	30.000	30.000	n.a.
DEHP	ng/l	240	230	300	n.a.	10.000	n.a.	n.a.	1.300	n.a.
Terbutryn	ng/l	40	20	10	34	10.000	n.a.	n.a.	65	34
Endokrine Desruptoren										
4-Octylphenol	ng/l	250	n.a.	190	100	10.000	n.a.	100	100	n.a.
4-Nonylphenol	ng/l	110	30	50	n.a.	10.000	n.a.	333	300	n.a.

n.a.: nicht angegeben

3.5 Auswirkungen auf das Gewässer

Neben der Messung und Bewertung der Spurenstoffbelastung im Abwasser und Gewässer werden nachfolgend auch die möglichen Auswirkungen der Kläranlageneinleitung auf das Gewässer betrachtet. Das gereinigte Abwasser der Kläranlage Borken wird in die Bocholter Aa eingeleitet. Aus den Abbildungen **Bild 2** und **Bild 3** geht hervor, dass sich der betrachtete Gewässerabschnitt losgelöst von den im Rahmen dieser Untersuchung betrachteten Spurenstoffen in einem nicht guten chemischen Zustand und in einem mäßigen ökologischen Zustand befindet bzw. ein mäßiges ökologisches Potential aufweist.



Bild 2: Bewertung des chemischen Zustandes (Quelle: ELWAS-Web)

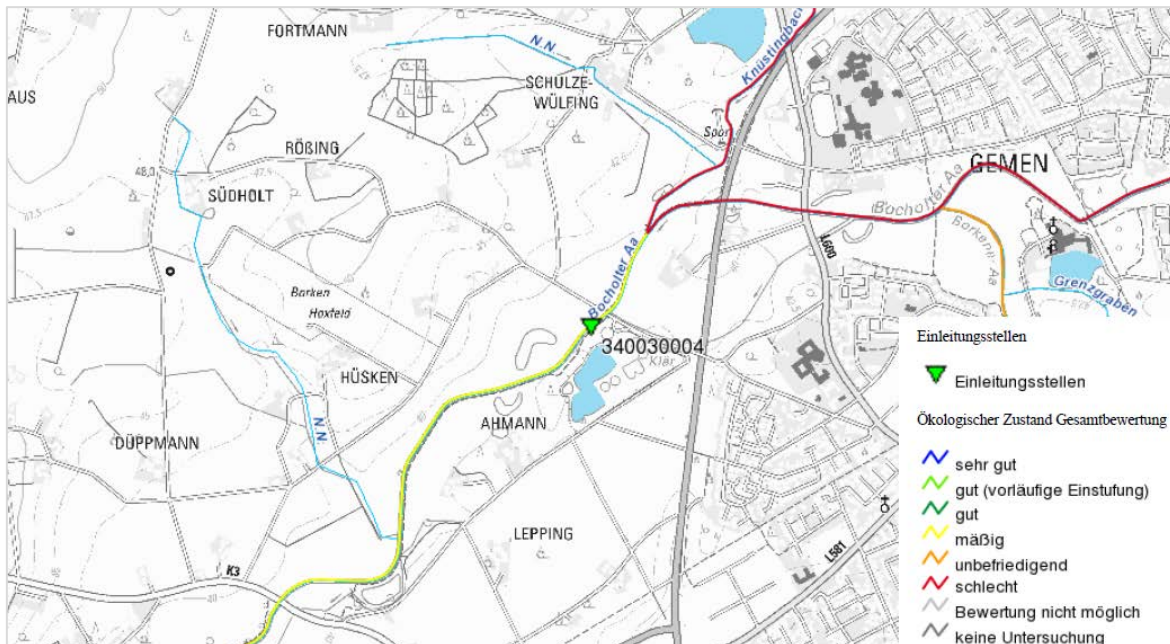


Bild 3: Bewertung des ökologischen Zustandes (Quelle: ELWAS-Web)

3.5.1 Beeinflussung des Gewässers anhand einer ökotoxikologischen Betrachtung

Eine Abschätzung ökotoxikologischer Auswirkungen auf das Gewässer durch die Kläranlageneinleitung kann über das Verhältnis der PEC- und PNEC-Werte ermittelt werden, welches das Risiko einer Substanz für die Umwelt charakterisiert. Gemäß Umweltbundesamt kann bei einem PEC/PNEC-Wert < 1 davon ausgegangen werden, dass von der betreffenden Substanz nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand kein Risiko für die Umwelt ausgeht. Bei einem Verhältnis > 1 werden hingegen Maßnahmen zur Risikovermeidung und Risikominderung erforderlich. Der PEC-Wert (predicted environmental concentration) stellt dabei die vorausgesagte wahrscheinliche Konzentration eines bedenklichen Stoffes in der Umwelt dar. Der PEC kann anhand der Mobilität, der Persistenz, der Bioakkumulation einer Substanz unter Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Eigenschaften und der biologischen Abbaubarkeit bestimmt werden. Im Rahmen dieser Untersuchung erfolgt jedoch ausschließlich eine pauschale Abschätzung des PEC-Wertes über die Berechnung:

$$PEC = \frac{\text{Fracht Ablauf KA} + \text{Fracht Gewässer oberhalb KA}}{MNQ}$$

Die Frachtermittlung des Gewässers erfolgte auf Grundlage des mittleren Abflusses (MQ). Dieser wurde für den Kläranlagenstandort von der Bezirksregierung Münster zur Verfügung gestellt.

MQ Bocholter Aa oberhalb der Einleitung: 2,442 m³/s

Die Frachtberechnung für den Kläranlagenablauf erfolgte auf Basis der ebenfalls von der Bezirksregierung Münster angegebenen Jahresabwassermenge von 6.159.423 m³/a für das Jahr 2014.

Q_a Ablauf KA Borken: 6.159.423 m³/a \triangleq 0,195 m³/s

Der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) wurde von der Bezirksregierung mit 0,533 m³/s angegeben.

Ist-Zustand

Bei den Stoffen Carbamazepin, Diclofenac, Bisoprolol, Benzotriazol und Metroprolol wurde anhand der Messwerte eine Verschlechterung im Gewässer durch die Kläranlageneinleitung festgestellt. Für diese Stoffe wurden die PEC/PNEC-Werte abgeschätzt (siehe **Tabelle 4**).

Tabelle 4: Abschätzung der PEC/PNEC-Verhältnisse

Parameter	Einheit	Fracht Ablauf KA Borken	Fracht Gewässer oberhalb KA	PEC	PNEC	PEC/PNEC
		[kg/a]	[kg/a]	[ng/l]	[ng/l]	[-]
Arzneimittel, Haushalts- und Industriechemikalien						
Carbamazepin	kg/a	4,62	8,47	779	500	1,56
Diclofenac	kg/a	11,39	8,47	1.182	100	11,82
Bisoprolol	kg/a	1,66	1,54	191	700	0,27
Benzotriazol	kg/a	47,67	17,71	3.890	30.000	0,13
Metroprolol	kg/a	7,39	4,62	715	7.300	0,10

Aus der oben stehenden Tabelle geht hervor, dass für die Stoffe Carbamazepin und Diclofenac ein mögliches toxikologisches Risiko vorliegt. Die Stoffe Metoprolol, Benzotriazol und Bisoprolol stellen nach dem PEC/PNEC-Kriterium kein Risiko für die Umwelt dar.

Weitergehende Spurenstoffelimination

Sollte beispielsweise eine zusätzliche Verfahrensstufe zur Eliminierung von Carbamazepin und Diclofenac errichtet werden, dann wird ein durchschnittlicher Eliminationsgrad von ca. 80 % für die nachstehende Berechnung angenommen. Da in der bestehenden Anlage bereits eine Elimination erfolgt (i.d.R. 25%), wird von einem zusätzlichen Eliminationsgrad von 74% bezogen auf den Kläranlagenablauf ausgegangen. Somit ergeben sich gemäß **Tabelle 5** neue PEC/PNEC-Verhältnisse.

Tabelle 5: Abschätzung der PEC/PNEC-Werte für Carbamazepin und Diclofenac nach Errichtung einer Verfahrensstufe zur weitergehenden Spurenstoffelimination

Parameter	Elimination	Einheit	Fracht Ablauf KA Borken	Fracht Gewässer oberhalb KA	PEC	PNEC	PEC/PNEC
	%		[kg/a]	[kg/a]	[ng/l]	[ng/l]	[-]
Arzneimittel, Haushalts- und Industriechemikalien							
Carbamazepin	74	kg/a	1,20	8,47	575,43	500,00	1,15
Diclofenac	74	kg/a	2,96	8,47	680,24	100,00	6,80

Für beide Stoffe wurde Folgendes festgestellt:

- Trotz einer signifikanten Reduzierung der Frachten im Ablauf der Kläranlage, ist der PEC/PNEC-Wert für beide Stoffe größer als 1. Dies liegt insbesondere an den hohen Konzentrationen oberhalb der Kläranlageneinleitung. Eine weitergehende Spurenstoffelimination würde zwar zu einer deutlichen Frachtreduzierung führen, aber das ökotoxikologische Risiko würde weiterhin bestehen.

4 Allgemeine chemische Parameter (ACP)

4.1 Allgemeines

Der gute ökologische Zustand eines Oberflächengewässers wird erreicht, wenn:

- alle biologische Qualitätskomponenten mindestens mit gut bewertet werden,
- alle Umweltqualitätsnormen für flussgebietspezifische Schadstoffe eingehalten werden und
- die Werte für die allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten in einem Bereich liegen, der die Funktionsfähigkeit des Ökosystems gewährleistet.

Die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter werden bei der Beurteilung der biologischen Befunde unterstützend herangezogen. Eine Beurteilung ist anhand von Orientierungswerten aus dem Anhang D 5 des Leitfaden-Monitorings für Oberflächengewässer des LANUV möglich. Nach Aussagen der Bezirksregierung Münster zeigt die Bocholter Aa Auffälligkeiten bei den Parametern TOC und Phosphor.

Für diese Parameter wurde anhand einer Frachtbetrachtung untersucht, in wie weit die Kläranlage durch die Errichtung einer weitergehenden Spurenstoffelimination zu einer Verbesserung des Gewässers beitragen kann.

4.2 Messwerte im Kläranlagenablauf und im Gewässer

Die Untersuchung von Wasserproben im Kläranlagenablauf auf ACP wurde ebenfalls vom Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. durchgeführt. Die Messwerte ober- und unterhalb der Einleitungsstelle Aa wurden der Datenbank ELWAS-Web an den GÜS-Messstellen 801112 (oberhalb) und 801343 (unterhalb) für den Zeitraum Mai bis November 2015 entnommen. **Bild 4** zeigt die Lage der oben genannten Messstellen.

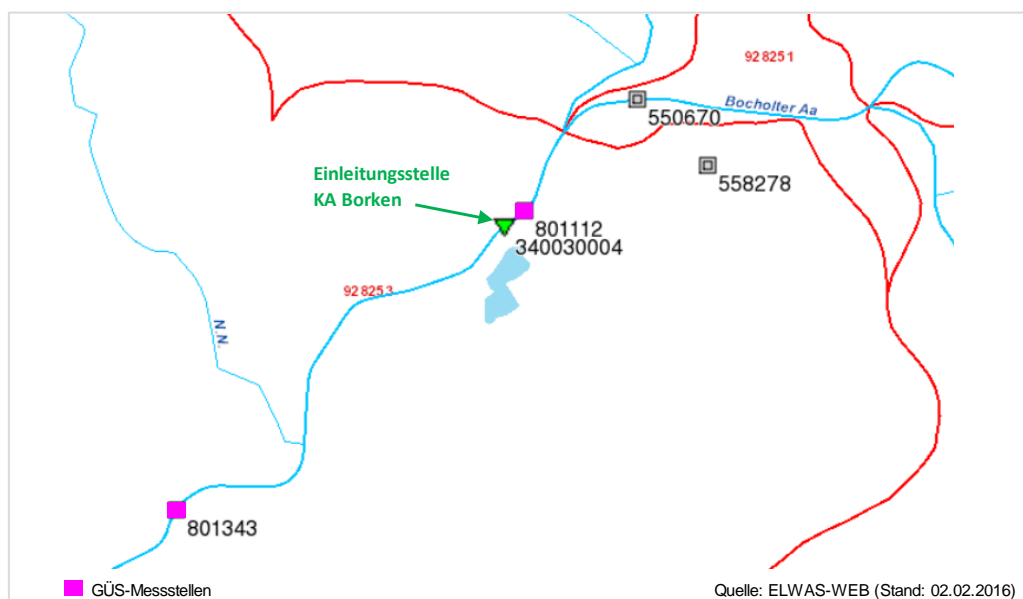


Bild 4: GÜS-Messstellen ober- und unterhalb der Einleitungsstelle (Quelle: ELWAS-Web)

Nachfolgend sind die Werte der einzelnen Parameter aufgeführt:

Tabelle 6: ACP-Messwerte

Parameter	Einheit	Ablauf KA Borken (Mittelwerte)	Gewässer oberhalb KA (Mittelwerte)	Gewässer unterhalb KA (Mittelwerte)
Anzahl von Messwerten		n = 2	n = 7	n = 7
ACP				
Gesamt-Phosphor	mg/l	0,37	0,16	0,20
Orthophosphat-P	mg/l	0,25	0,07	0,09
TOC	mg/l	12,00	8,94	9,80

Anmerkung: Es ist zu beachten, dass die Phosphor-Werte im Ablauf der Kläranlage stark schwanken und in der Spitze bei 0,8 mg P_{ges}/l liegen können.

4.3 Beurteilung ökologischer Zustand

Für die Parameter TOC, Orthophosphat und Gesamt-Phosphor werden in der Anlage D5 folgende Orientierungswerte genannt:

Stoff-Nr.	Parameter	Statistische Kenngröße	Hintergrundwert [mg/l]	Orientierungswert [mg/l]
1263	Phosphor, gesamt	MW	0,05	0,1
1264	Orthophosphat-P	MW	0,02	0,07
1526	TOC*	MW	5	7

* Summenparameter (werden hier mit aufgeführt, obwohl originär nach WRRL kein ACP)

sehr guter ökologischer Zustand

guter ökologischer Zustand

Um den guten ökologischen Zustand zu erreichen, sind mindestens die Orientierungswerte (grüne Spalte) einzuhalten.

Tabelle 7: Gegenüberstellung ACP-Messwerte und Orientierungswerte aus D5-Liste

					Beurteilung
Parameter	Einheit	Ablauf KA Borken (Mittelwerte)	Gewässer oberhalb KA (Mittelwerte)	Gewässer unterhalb KA (Mittelwerte)	OW D5
Anzahl von Messwerten		n = 2	n = 7	n = 7	
ACP					
Gesamt-Phosphor	mg/l	0,37	0,16	0,20	0,100
Orthophosphat-P	mg/l	0,25	0,07	0,09	0,070
TOC	mg/l	12,00	8,94	9,80	7,000

n.a.: nicht angegeben

Mit Ausnahme vom Messwert für Orthophosphat oberhalb der Einleitungsstelle (0,07) werden sämtliche Orientierungswerte sowohl im Kläranlagenablauf als auch im Vorfluter überschritten. Dies bestätigt die Aussage der Bezirksregierung hinsichtlich der bereits festgestellten Auffälligkeiten bei den Parametern Phosphor und TOC.

4.4 Auswirkungen auf das Gewässer

Anhand einer Frachtbetrachtung wurde abgeschätzt, welche Auswirkungen eine weitergehende gezielte Spurenstoffelimination auf die ACP im Gewässer haben könnte. Dazu wurden Erfahrungswerte aus bereits realisierten Anlagen herangezogen. In Sindelfingen wurden mittels PAK-Dosierung mit Rücklaufkohleführung für die Parameter P_{ges} und CSB folgende Reinigungsleistungen erzielt:

zusätzliche P_{ges} Reduktion Sindelfingen:	ca. 74 %
zusätzliche CSB Reduktion Sindelfingen:	ca. 54 %

Diese Werte sind von der Betriebsweise und Auslastung der Kläranlage stark abhängig. In Borken ist handelt es sich wie in Sindelfingen um eine Vollstrombehandlung in der Filtrationsstufe.

Es wird darüber hinaus angenommen, dass sich die prozentualen Reduzierungen von CSB und P_{ges} bei den Parametern TOC und PO_4 -P (Orthophosphat) gleich verhalten:

zusätzliche PO_4 -P Reduktion Borken:	ca. 74 % (Annahme)
zusätzliche TOC Reduktion Borken:	ca. 54 % (Annahme)

4.4.1 Beeinflussung des Gewässers anhand einer Frachtbetrachtung

Die Frachtbilanz um die Einleitungsstelle lässt sich folgendermaßen darstellen:

$$\text{Fracht Gewässer unterhalb KA} = \text{Fracht Gewässer oberhalb KA} + \text{Fracht Ablauf KA} + \text{Fracht aus diffusen Einträgen}$$

Die Frachtermittlung oberhalb der Einleitungsstelle erfolgte auf Grundlage des mittleren Abflusses (MQ). Dieser wurde bereits im **Kapitel 3.5.1** eingeführt:

$$\text{MQ Bocholter Aa oberhalb der Einleitung:} \quad 2,442 \text{ m}^3/\text{s}$$

Die Frachtberechnung im Ablauf der Kläranlage Borken erfolgte analog zum **Kapitel 3.5.1**:

$$Q_a \text{ Ablauf KA Borken:} \quad 6.159.423 \text{ m}^3/\text{a} \quad \triangleq \quad 0,195 \text{ m}^3/\text{s}$$

Somit ergibt sich unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Frachtbilanz der mittlere Abfluss unterhalb der Einleitungsstelle zu:

$$\text{MQ Bocholter Aa unterhalb der Einleitung:} \quad 2,442 + 0,195 = 2,693 \text{ m}^3/\text{s}$$

In diesem vereinfachten Modell ist die Fracht aus diffusen Einträgen zwischen den GÜS-Messstellen unbekannt. Diese kann jedoch eine entscheidende Rolle bei der ökologischen Beurteilung des Gewässerabschnitts spielen und ist aus diesem Grund abzuschätzen:

Tabelle 8: Frachtbilanz für ACP um die Einleitungsstelle

Parameter	GÜS-Messstellen			
	Fracht Ablauf KA Borken	Fracht Gewässer oberhalb KA	Fracht Gewässer unterhalb KA	Fracht diffuse Einträge
	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]
ACP				
Gesamt-Phosphor	2.278,99	12.673,80	16.491,49	1.538,71
Orthophosphat-P	1.539,86	5.720,81	7.651,67	391,00
TOC	73.913,08	688.697,58	815.069,28	52.458,62

Weitergehende Spurenstoffelimination

Unter Berücksichtigung der oben genannten Randbedingungen ergeben sich bei Umsetzung einer weitergehenden Spurenstoffelimination folgende zu erwartende Konzentrationen für die Parameter Gesamt-Phosphor, Orthophosphat und TOC unterhalb der Kläranlage:

Tabelle 9: Zu erwartende Konzentrationen unterhalb der Einleitungsstelle

Parameter	Elimination	Fracht Ablauf KA Borken	Fracht Gewässer oberhalb KA	Fracht diffuse Einträge	Fracht Gewässer unterhalb KA	Konzentration Gewässer unterhalb KA	OW D5
	%	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[mg/l]	[mg/l]
ACP							
Gesamt-Phosphor	74	592,54	12.673,80	1.538,71	14.805,04	0,18	0,10
Orthophosphat-P	74	400,36	5.720,81	391,00	6.512,18	0,08	0,07
TOC	54	34.000,01	688.697,58	52.458,62	775.156,22	9,32	7,00

Aus **Tabelle 9** ist ersichtlich, dass der Frachtanteil aus der Kläranlage im Verhältnis zur Gewässerfracht sehr gering ist. Trotz 54- bzw. 74%-iger Frachtreduzierung im Kläranlagenablauf sind die abgeschätzten Konzentrationen unterhalb der Einleitungsstelle größer als die Orientierungswerte. Beim Parameter Orthophosphat ist die Differenz bis zur Erreichung des Orientierungswerts jedoch minimal.

Folgende Frachtreduzierungen ergaben sich unterhalb der Einleitungsstelle im Vorfluter:

P _{ges} Reduktion:	ca. 10 %
PO ₄ -P Reduktion:	ca. 15 %
TOC Reduktion:	ca. 5 %

Auffällig sind die vergleichsweise hohen abgeschätzten Frachten aus den diffusen Einträgen. Diese sind in weiterführenden Untersuchungen auf Plausibilität zu prüfen. Große Flächen für Landwirtschaft sind im untersuchten Einzugsgebiet vorhanden und stellen eine mögliche Eintragsquelle dar.

5 Zusammenfassung

In Rahmen der vorliegenden Untersuchung für die Kläranlage Borken wurde der Einfluss einer weitergehenden Spurenstoffelimination auf den ökologischen Zustand der Bocholter Aa abgeschätzt und bewertet.

Folgendes wurde festgestellt:

- Eine weitergehende Spurenstoffelimination kann zu einer signifikanten Frachtreduzierung kritischer Spurenstoffe im Kläranlagenablauf führen.
- Dennoch ist eine Verminderung des ökotoxikologischen Risikos nicht zu erwarten, da das Gewässer bereits vor der Einleitung des gereinigten Abwassers hoch belastet ist.
- Aus Referenzanlagen ist es bekannt, dass Adsorptionsverfahren zur Spurenstoffelimination eine zusätzliche Reduktion der Standardparameter hervorrufen. Für die Parameter Phosphor und TOC wurden Reduktionen von bis zu 74 bzw. 54% angenommen.
- Eine Frachtbilanzierung um den Ablauf der Kläranlage zeigte allerdings, dass eine Reduzierung der Standardparameter im Kläranlagenablauf keinen wesentlichen Einfluss auf die Konzentrationen im Gewässer hat. Ein Grund dafür ist, dass die Einträge aus dem Kläranlagenablauf im Vergleich zur Gewässerfracht nur einen kleinen Anteil ausmachen. Um eine zielführende Lösung zu finden und daraus ein effizientes Maßnahmenpaket zu entwickeln, sind weitere Eintragspfade von Spurenstoffen im Einzugsgebiet der Bocholter Aa detaillierter zu betrachten.