



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Fachbereich 2
Abfallwirtschaft, Bodenschutz,
Anlagentechnik Wasserwirtschaft

Arzneistoffe in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt

(Bericht zum Sondermessprogramm 2002-2004)



Inhaltsverzeichnis		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Sonderuntersuchungen 2002-2004	2
2.1	Messprogramm	2
2.2	Analytik	3
2.3	Kläranlagen	4
2.4	Hinweise zur Auswertung	4
3.	Darstellung der Messergebnisse und Auswertung	5
4.	Zusammenfassung	17
5.	Literatur	18

Anlagen

- Anlage 1** **Messstellenübersicht 2002 - 2004 – Karte untersuchte Kläranlagen**
- Anlage 2** **Einzelmesswerte Kläranlagen 2002-2004**
- Anlage 3** **Arzneistoffe in Kläranlagenzu- und -abläufen –
Messwertbereiche (MIN – MAX)**

Titelbild: Medikamente/Kläranlage Laucha

1. Einleitung

Das „Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln (Arzneimittelgesetz)“ definiert im §2 Arzneimittel u.a. als “Stoffe oder Zubereitungen aus Stoffen die dazu bestimmt sind, durch ihre Anwendung am oder im menschlichen oder tierischen Körper Krankheiten, Leiden, Körperschäden oder krankhafte Beschwerden zu heilen, zu lindern, zu verhüten oder zu erkennen”.

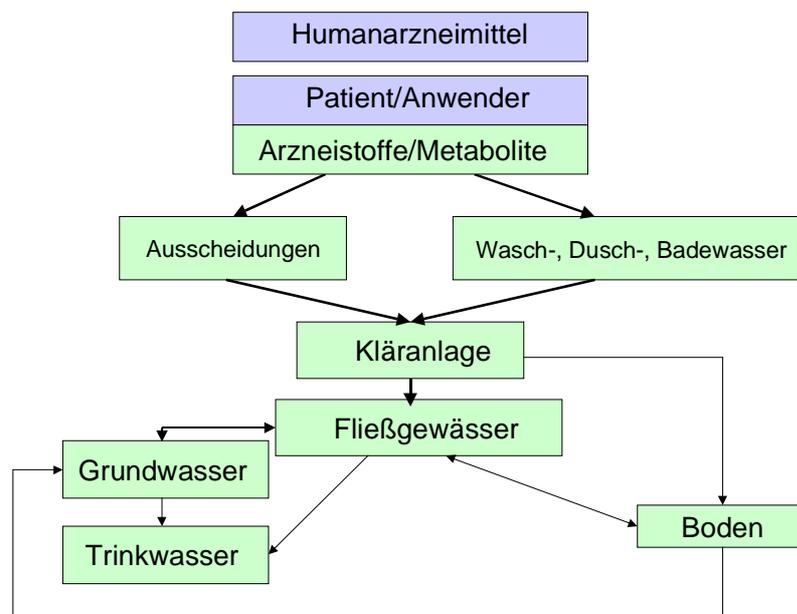


Abb. 1: Haupteintragspfad von Humanarzneistoffen und deren Metaboliten in die Umwelt

Für Humanarzneistoffe und deren Metabolite ergibt sich der Haupteintragspfad in die Umwelt, bei bestimmungsgemäßen Gebrauch, über den Patienten bzw. Anwender in das kommunale Abwasser (private Haushalte, Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen usw.) und somit in die Kläranlage (siehe Abb. 1). Von hier gelangen Arzneistoffe und deren Metabolite über das gereinigte Kläranlagenabwasser in den Vorfluter (Fließgewässer) und über den Klärschlamm ist bei der Verwertung in Landwirtschaft und Landschaftsbau eine Kontamination des Bodens möglich /1/, /2/, /3/, /4/.

Eine Gefährdung von Mensch und Natur ist aufgrund einer oder mehrerer der folgenden umweltrelevanten Eigenschaften /5/ der meisten Arzneistoffe zu besorgen:

- hohe Persistenz in der Umwelt,
- hohe Mobilität in der wässrigen Phase,
- umwelt- und gesundheitsschädigendes Potenzial.

Aufgrund ihres toxikologischen Potenzials, des erheblichen flächendeckenden Eintrages in die aquatische Umwelt und festgestellter Positivfunde im Oberflächenwasser, Grundwasser und Trinkwasser sind national und international Arzneistoffe seit den 90er Jahren verstärkt in

den Blickpunkt von Politik und Wissenschaft gerückt. In Berichten des Bund/Länderausschusses für Chemikaliensicherheit (BLAC) an die Umweltministerkonferenz (UMK) und in deren Beschlüssen wurde die verstärkte Berücksichtigung von Arzneistoffen in Umweltüberwachungsprogrammen der Länder begründet und gefordert /6/, /7/, /8/. So wurde im Rahmen des Gewässerüberwachungsprogrammes Sachsen-Anhalt (GÜSA) im Jahr 2002 ein Sondermessprogramm begonnen. Hier sollten erste Erkenntnisse zur Belastung der Fließgewässer, des Grundwassers sowie der Kläranlagenzu- und -abläufe mit Arzneistoffen gewonnen werden. Im Jahr 2004 wurde auf der Basis der 2002 und 2003 gewonnenen Untersuchungsergebnisse ein erster zusammenfassender Bericht veröffentlicht /9/.

Im Mittelpunkt dieser vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) vorgelegten Fachinformation stehen die im Zeitraum 2002–2004 ermittelten Ergebnisse der Abwasseruntersuchungen an verschiedenen kommunalen Kläranlagen.

2. Sonderuntersuchungen 2002-2004

2.1 Messprogramm

Im Rahmen des Gewässerüberwachungsprogrammes Sachsen-Anhalt (GÜSA) erfolgten im Zeitraum 2002-2004 Sonderuntersuchungen an kommunalen Kläranlagen (siehe Pkt. 2.3).

Tab. 1: Ausgewählte Arzneistoffe und deren Anwendungsgebiete

Arzneistoffe	Kürzel	Anwendungsgebiete	Untersuchungsjahr
Phenazon, Acetylsalicylsäure	Phen Acet	Analgetika (Schmerzmittel)	2002, 2003, 2004
Diclofenac, Ibuprofen	Diclo Ibup	Analgetika und Antirheumatika (Rheumatische Beschwerden)	2002, 2003, 2004
Bezafibrat, Clofibrinsäure	Beza Clofi	Lipidsenker und Metaboliten (Stoffwechselerkrankungen)	2002, 2003, 2004
Carbamazepin	Carb	Antiepileptika (Epilepsieerkrankungen)	2002, 2003, 2004
Iopamidol	Iopam	Röntgenkontrastmittel	2004

Es wurden jeweils über ein Untersuchungsjahr verteilt 5-6 Probenahmen pro Kläranlagenzulauf und Kläranlagenablauf durchgeführt und die ausgewählten Arzneistoffe (siehe Tab. 1) analysiert. Eine Ausnahme bildete lediglich das im Untersuchungsprogramm 2004 neu aufgenommene Röntgenkontrastmittel Iopamidol, welches nur 2-mal untersucht werden konnte.

2.2 Analytik

Für die Gruppe der Arzneistoffe gibt es zur Zeit keine genormten Analysenverfahren.

Die eingesetzten analytischen Verfahren zur Wasser- und Abwasseranalyse wurden im Rahmen von Forschungsarbeiten entwickelt und werden z.Z. in einigen Laboratorien im Routinebetrieb angewendet. Auf Veranlassung der BLAC- Arbeitsgruppe „Arzneimittel in der Umwelt“ ist für die Stoffgruppe der Arzneistoffe ein Ringversuch durchgeführt worden, an dem auch das Labor des LAU erfolgreich teilgenommen hat, welches die Analysen in den Jahren 2002-2004 durchführte.

Für die im Rahmen des Messprogrammes zu untersuchenden Arzneistoffe waren verschiedene Probenvorbereitungen erforderlich:

- sauer anreicherbare Arzneistoffe (Acetylsalicylsäure, Clofibrinsäure, Bezafibrat, Diclofenac, Ibuprofen):
 - Filtration über einen Glasfaserfilter und Einstellung der Abwasserprobe auf pH 2,
 - Festphasenextraktion über Chromabond Easy Glassäulen,
 - Elution mit 3 x 2 ml Methanol/Aceton,
 - Derivatisierung mit Diazomethan,
- neutral anreicherbare Arzneistoffe (Phenazon, Carbamazepin):
 - Filtration über einen Glasfaserfilter und Einstellung der Abwasserprobe auf pH 7,
 - Festphasenextraktion über Chromabond C18 ec,
 - Elution mit 3 x 2 ml Methanol/Aceton,
- Röntgenkontrastmittel (Iopamidol):
 - Filtration über einen Glasfaserfilter und Einstellung der Abwasserprobe auf pH 7,
 - Festphasenextraktion über Isolute ENV⁺,
 - Elution mit 3 x 2 ml Methanol.

Die Quantifizierung der sauer und neutral anreicherbaren Analyten erfolgte mittels Gaschromatographie gekoppelt mit einem massenselektiven Detektor (GC-MS) und für das Röntgenkontrastmittel mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie gekoppelt mit einem Tripel-Quadrupol-Massenspektrometer (HPLC-MS/MS) anhand ihrer spezifischen Massen.

Eine Übersicht über die Bestimmungsgrenzen (BG) der einzelnen Arzneistoffe, bezogen auf die Matrix Abwasser, ist der nachfolgenden Tabelle 2 zu entnehmen:

Tab. 2: Bestimmungsgrenzen für Arzneistoffe im Abwasser (2002-2004)

Arzneistoffe	BG: Abwasser in µg/l
Acetylsalicylsäure, Clofibrinsäure, Bezafibrat, Diclofenac, Ibuprofen	0,025
Phenazon, Carbamazepin	0,050
Iopamidol	0,010

2.3 Kläranlagen

Im Rahmen des Sonderuntersuchungsprogrammes wurden die Zu- und Abläufe von 14 kommunalen Kläranlagen untersucht (siehe Tab. 3 und Anlage 1).

Tab. 3 : Sondermessprogramm 2002-2004, beprobte kommunale Kläranlagen

Name der Kläranlage	Einleitungsgewässer	Einzugsgebiet	Inbetriebnahmejahr *	Kapazität in EW	im Beprobungsjahr angeschlossene		KA im GÜSA
					EW	E	
MD-Gerwisch	Elbe	Elbe	1999	426.000	407.850	246.284	2002
Halle-Nord (neu)	Saale	Saale	1999	300.000	289.523	250.259	2002
Dessau	Elbe	Elbe	1996	185.000	123.307	83.307	2002
Bernburg	Saale	Saale	1995	55.000	58.213	44.378	2002
Aschersleben	Eine	Wipper	1999	48.000	37.203	28.461	2003
Hecklingen	Zflgr. z Heckl. Hauptg	Bode	1992	48.000	27.107	27.107	2003
Köthen	Ziethen	Fuhne	1999	45.000	40.201	37.177	2003
Staßfurt (neu)	Bode	Bode	1997	40.000	34.265	29.106	2003
Hoym	Selke	Bode	2001	10.000	6.599	6.019	2003
Sangerhausen (neu)	Gonna	Gonna	2000	40.000	30.677	29.477	2004
Laucha	Graben zur Unstrut	Unstrut	1993	37.000	9.297	3.550	2004
Freyburg	Unstrut	Unstrut	1993	33.250	17.420	7.098	2004
Karsdorf	Unstrut	Unstrut	1993	30.000	16.303	8.200	2004
Thüringen	Helme	Helme	1998	7.000	6.813	6.813	2004

* ...Neubau, Sanierung, Inbetriebnahme letzte Reinigungsstufe, Erweiterung

Bei den Kläranlagen handelt es sich um Belebtschlammmanlagen mit weitergehender Nährstoffeliminierung, wobei durchaus Unterschiede bei der jeweiligen Abwasserbehandlungstechnik im Detail bestehen.

2.4 Hinweise zur Auswertung

Für die Berechnung des arithmetischen Mittelwertes der Arzneistoffkonzentrationen erfolgte bei Analysen mit dem Ergebnis „kleiner Bestimmungsgrenze“ (" $<BG$ ") die Verwendung des Zahlenwertes ($\frac{1}{2} BG$) bei allen Auswertungen.

Aus den berechneten Konzentrationsmittelwerten für die einzelnen Arzneistoffe und den Jahresschmutzwassermengen wurden Frachten berechnet. Es ist zu beachten, dass die so ermittelten Frachten überschlägliche Werte darstellen und die untere Belastung anzeigen dürften. Eine korrespondierende Probenahme war im Rahmen des Sondermessprogrammes nicht möglich.

3. Darstellung der Messergebnisse und Auswertung

Im Jahr 2002 wurde in Sachsen-Anhalt im Rahmen des GÜSA-Sondermessprogrammes „Arzneimittelwirkstoffe in Grund- und Fließgewässern“ mit der Untersuchung der Kläranlagen Magdeburg-Gerwisch, Dessau, Bernburg und Halle-Nord begonnen. Im Jahr 2003 erfolgten weitere Untersuchungen an Kläranlagen, die in kleinere Fließgewässer ableiten. Im Jahr 2004 wurden diese Untersuchungen im Flussgebiet der Unstrut fortgeführt und das Messprogramm von 7 auf 8 Arzneistoffe erweitert.

Bei den im Untersuchungsprogramm befindlichen Kläranlagen handelt es sich ausnahmslos um Belebtschlammanlagen mit weitergehender Nährstoffeliminierung.

Bei der Auswertung der Jahresschmutzwassermengen der Kläranlagen für die jeweiligen Untersuchungsjahre wurden z.T. erhebliche Unterschiede für den daraus resultierenden täglichen Schmutzwasseranfall pro im Untersuchungsjahr an die jeweilige Kläranlage angeschlossener Einwohner (E) bzw. Einwohnerwerte (EW) festgestellt (siehe Abb. 2).

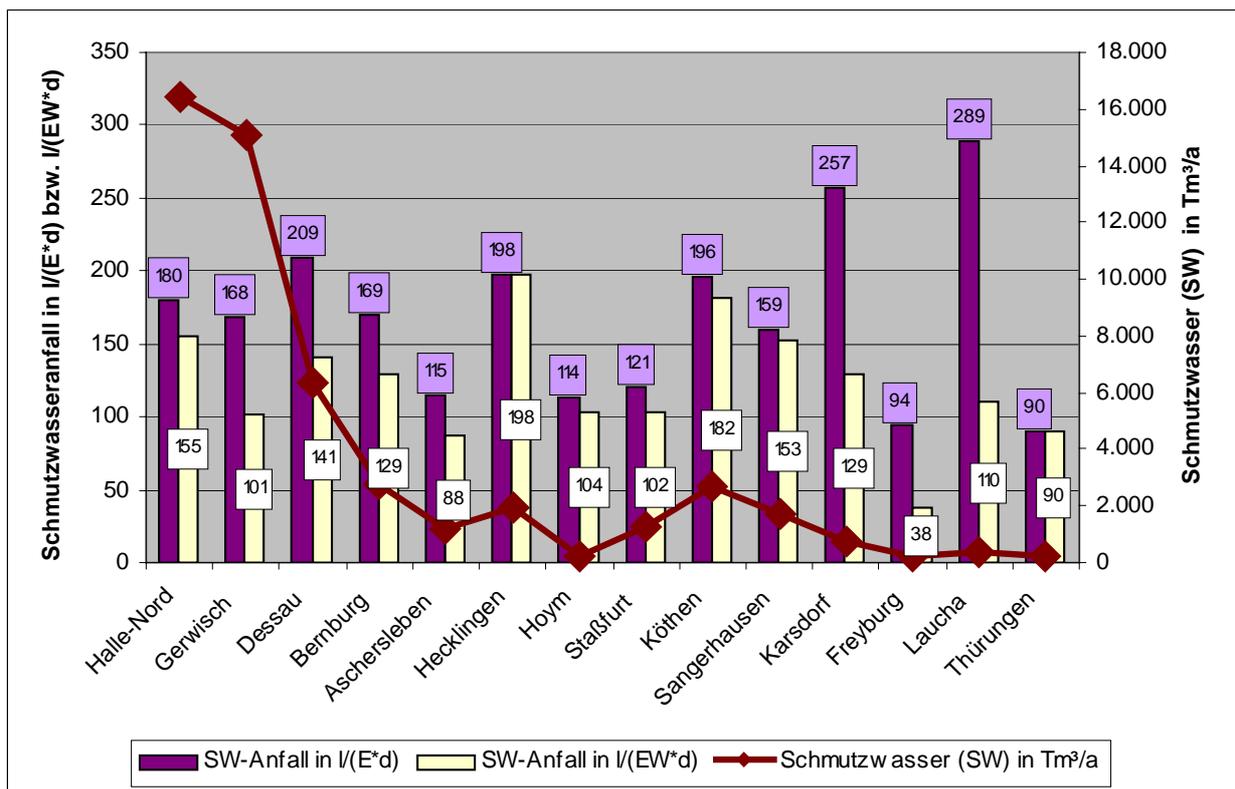


Abb. 2: Jahresschmutzwassermengen des jeweiligen Untersuchungsjahres in Tm³/a und täglicher Schmutzwasseranfall pro angeschlossene Einwohner (E) bzw. Einwohnerwerte (EW)

Auffällig sind die niedrigen berechneten täglichen Schmutzwassermengen pro angeschlossene Einwohner für die Kläranlagen Freyburg und Thürungen sowie die sehr hohen Werte für die Kläranlagen Köthen und Hecklingen. Unter Bezugnahme auf die angeschlossenen

Einwohnerwerte verschiebt sich die berechnete Schmutzwassermenge für einige Kläranlagen zum Teil erheblich. Hier wirken sich die zu dem Schmutzwasser aus privaten Haushalten hinzukommenden gewerblichen und industriellen indirekten Abwassereinleitungen aus.

Da es sich bei den auf ausgewählte Arzneistoffe untersuchten Abwasserproben lediglich um 5-6 bzw. im Falle von Iopamidol um 2 auf das Untersuchungsjahr verteilte Stichproben pro Kläranlage handelt, sind die Daten statistisch nicht gesichert. Mögliche Schwankungen der Parameter (Abwassermengen und Arzneistoffkonzentration im Zu- und Ablauf der Kläranlagen) zum jeweiligen Probenahmezeitpunkt sind deshalb nicht zu vernachlässigen. Dennoch zeigen die Untersuchungsergebnisse sehr gut die Belastung der einzelnen Kläranlagenzu- und -abläufe mit den 7 bzw. 8 Arzneistoffen an (siehe Anlage 2).

Die ermittelten Arzneistoffkonzentrationen im Zulauf der kommunalen Kläranlagen waren in der Regel zum Teil deutlich oberhalb der Bestimmungsgrenze, im Bereich von einigen µg/l, nachweisbar. Die höchsten Zulaufkonzentrationen wurden für die Kläranlagen Freyburg (Ibuprofen: 22,8 µg/l) und Halle-Nord (Acetylsalicylsäure: 13,6 µg/l und Phenazon: 10,0 µg/l) ermittelt (siehe Tab. 4).

Die Wirkstoffkonzentrationen im Ablauf der untersuchten Kläranlagen lagen entweder im Bereich der Bestimmungsgrenze (Phenazon, Clofibrinsäure, Acetylsalicylsäure, Bezafibrat), unterschritten die Bestimmungsgrenze selten (Ibuprofen, Carbamazepin) oder lagen konstant deutlich darüber (Diclofenac, Iopamidol). Bei dem Röntgenkontrastmittel Iopamidol schwankten die Ablaufwerte auf Grund des geringen Rückhaltes in den Kläranlagen zwischen 1,5 und 4,0 µg/l und erreichten damit nahezu die Messwerte der Zulaufkonzentrationen. Im Kläranlagenablauf erreichte die Kläranlage Sangerhausen für Acetylsalicylsäure (0,53 µg/l), Diclofenac (4,6 µg/l) und Iopamidol (4,2 µg/l) Spitzenwerte. Weitere Höchstwerte wurden in den Abläufen der Kläranlagen Freyburg für Clofibrinsäure (1,7 µg/l) und Ibuprofen (9,6 µg/l), Gerwisch für Bezafibrat (1,7 µg/l) und Phenazon (0,36 µg/l) sowie der Kläranlage Hoym für Carbamazepin (1,6 µg/l) gemessen.

Bei den Kläranlagenabläufen dominiert das in den meisten Kläranlagen schlecht zurückgehaltene Diclofenac (siehe Abb. 6). Zusätzlich lagen für verschiedene Kläranlagen (z.B. Staßfurt, Köthen, Hecklingen) die gemessenen Werte im Zulauf unter denen des jeweiligen Kläranlagenablaufes. Die Hauptursache hierfür dürfte darin liegen, dass keine korrespondierende Probenahme erfolgte. Die Häufung dieser Tatsache für einzelne Kläranlagen weist auch auf starke Konzentrationsschwankungen im Zulauf und/oder auf individuelle Besonderheiten im Klärprozess der betreffenden Kläranlagen (z.B. Kläranlage Köthen – Wirbelbett-

Biofilm-Biologie) hin. Für eine Beurteilung der relevanten Einflüsse wären weitergehende Untersuchungen erforderlich.

Die Abb. 3 zeigt die aus den Konzentrations-Mittelwerten gebildeten Arzneistoffsummen für die Kläranlagenzu- und -abläufe. Die Kläranlagen sind nach der Höhe der zur Zeit der Probenahme angeschlossenen Einwohner absteigend sortiert. Besonders auffällig sind die sehr hohen Werte - auch ohne Berücksichtigung des Iopamidols - für die Kläranlagen Sangerhausen, Freyburg, Karsdorf und Thürungen.

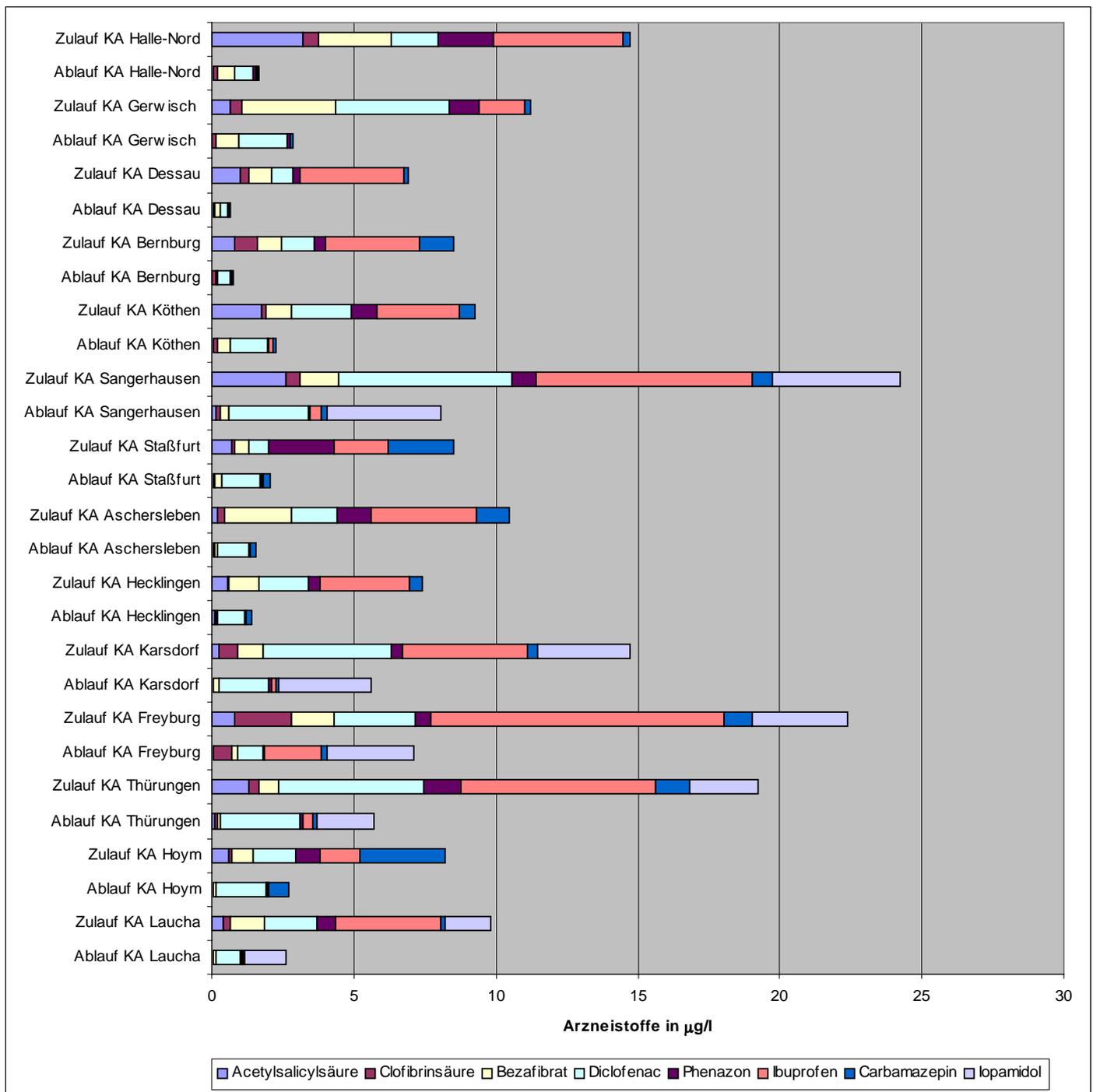


Abb. 3: Arzneistoffe in den Kläranlagenzu- und -abläufen – Arzneistoffsummen in µg/l

Die mittleren Ablaufwerte lagen - bis auf sehr wenige Ausnahmen für Diclofenac (Kläranlagen Hoym und Staßfurt) und Clofibrinsäure (Kläranlage Köthen) - unter den mittleren Zulaufwerten (siehe Tab. 4).

Tab. 4: Untersuchungsergebnisse an Kläranlagenzu- und -abläufen 2002, 2003 und 2004 – Mittelwerte

Kläranlage	Acetylsalicylsäure		Clofibrinsäure		Bezafibrat		Diclofenac	
	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL
Gerwisch	0,663	0,017	0,395	0,112	3,283	0,823	4,002	1,695
Halle Nord	3,182	0,043	0,565	0,174	2,565	0,587	1,670	0,660
Dessau	1,002	0,034	0,293	0,074	0,828	0,178	0,733	0,273
Bernburg	0,822	0,013	0,772	0,115	0,855	0,053	1,136	0,470
Aschersleben	0,205	0,036	0,257	0,064	2,333	0,091	1,598	1,101
Hecklingen	0,555	0,118	0,064	0,015	1,040	0,071	1,742	0,928
Hoym	0,596	0,034	0,116	0,016	0,718	0,089	1,547	1,763
Staßfurt	0,685	0,058	0,098	0,017	0,502	0,265	0,738	1,347
Köthen	1,761	0,040	0,133	0,155	0,918	0,437	2,110	1,307
Thürungen	1,323	0,091	0,328	0,092	0,714	0,138	5,100	2,800
Sangerhausen	2,616	0,157	0,478	0,130	1,374	0,317	6,080	2,814
Karsdorf	0,262	0,040	0,642	0,024	0,918	0,186	4,480	1,778
Laucha	0,415	0,027	0,248	0,019	1,189	0,100	1,866	0,847
Freyburg	0,782	0,030	2,004	0,671	1,502	0,178	2,880	0,920

Kläranlage	Phenazon		Ibuprofen		Carbamazepin		Iopamidol	
	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL	MITTEL
Gerwisch	1,051	0,093	1,617	0,013	0,223	0,087		
Halle Nord	1,914	0,080	4,590	0,059	0,240	0,070		
Dessau	0,225	0,034	3,683	0,013	0,155	0,053		
Bernburg	0,432	0,025	3,286	0,027	1,206	0,046		
Aschersleben	1,215	0,057	3,700	0,017	1,153	0,200		
Hecklingen	0,421	0,073	3,158	0,017	0,408	0,192		
Hoym	0,848	0,065	1,392	0,032	3,003	0,691		
Staßfurt	2,264	0,069	1,903	0,033	2,348	0,281		
Köthen	0,863	0,070	2,912	0,167	0,560	0,066		
Thürungen	1,282	0,072	6,860	0,383	1,232	0,140	2,400	2,000
Sangerhausen	0,870	0,030	7,620	0,394	0,706	0,193	4,500	4,050
Karsdorf	0,398	0,056	4,398	0,147	0,348	0,140	3,300	3,250
Laucha	0,634	0,035	3,700	0,058	0,182	0,074	1,600	1,450
Freyburg	0,567	0,054	10,300	2,003	0,980	0,203	3,350	3,050

Mittelwertberechnung mit 1/2 BG

Die Minima und Maxima der gemessenen Arzneistoffkonzentrationen in den Zu- und Abläufen der kommunalen Kläranlagen des Untersuchungszeitraumes 2002–2004 sind in der folgenden Tabelle 5 zusammengefasst. Weiterhin sind in der Tabelle die Kläranlagen aufgeführt, bei denen der jeweilige Maximalwert gemessen wurde.

Tab. 5 : Minima (MIN), Maxima (MAX) und Kläranlagen mit Maximalwert (KA MAX) der Arzneistoffe in µg/l für alle untersuchten Kläranlagen

Kläranlage	Acetylsalicylsäure		Clofibrinsäure		Bezafibrat		Diclofenac	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
KA-Zulauf	BG	13,600	BG	3,900	0,047	7,900	0,260	8,200
KA MAX	KA Halle-Nord		KA Freyburg		KA MD-Gerwisch		KA Sangerhausen	
KA-Ablauf	BG	0,530	BG	1,700	BG	1,700	0,032	4,600
KA MAX	KA Sangerhausen		KA Freyburg		KA MD-Gerwisch		KA Sangerhausen	

Kläranlage	Phenazon		Ibuprofen		Carbamazepin		Iopamidol	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
KA-Zulauf	0,050	10,000	0,036	22,800	BG	5,800	1,100	4,700
KA MAX	KA Halle-Nord		KA Freyburg		KA Hoym		KA Sangerhausen	
KA-Ablauf	BG	0,360	BG	9,600	BG	1,600	1,000	4,200
KA MAX	KA MD-Gerwisch		KA Freyburg		KA Hoym		KA Sangerhausen	

Bei der Auswertung der Jahresfrachten pro Arzneistoff und angeschlossenem Einwohner zeigt sich, analog zu den Einzelmessergebnissen (siehe Anlage 2), eine große Spannweite. In Abbildung 4 und Tabelle 6 sind die Arzneistoffjahresfrachten pro Einwohner dargestellt. Diese wurden aus den Mittelwerten der gemessenen Arzneistoffkonzentrationen, den Jahresschmutzwassermengen und der Anzahl angeschlossener Einwohner im jeweiligen Untersuchungsjahr errechnet.

Für die Gesamtfracht der untersuchten Arzneistoffe ohne Iopamidol (in Tab. 6 mit „Summe 7“ bezeichnet) ergibt sich das folgende Bild:

Die Kläranlage Sangerhausen liegt mit einer Jahresarzneistofffracht pro angeschlossenem Einwohner (ohne Iopamidol) im Kläranlagenzulauf mit 1.149 µg/(E*a) vor den Kläranlagen Karsdorf mit 1.077 µg/(E*a) und Halle-Nord mit 965 µg/(E*a). Die erhöhte Fracht für die Kläranlage Halle-Nord wäre mit der großen Zahl angeschlossener Krankenhauskapazitäten (6 große medizinische Einrichtungen mit ca. 3.000 Betten) zu erklären. Im Falle der Kläranlagen Sangerhausen und Karsdorf lässt sich der Wert, der sich aus den vergleichsweise hohen ermittelten Arzneistoffkonzentrationen und Schmutzwassermengen ergibt, auf der Grundlage der vorhandenen Daten vorerst nicht weiter begründen. Die niedrigsten Gesamtfrachten in den Kläranlagenzuläufen wurden für die Kläranlagen Hoym mit 341 µg/(E*a) und Staßfurt mit 376 µg/(E*a) ermittelt.

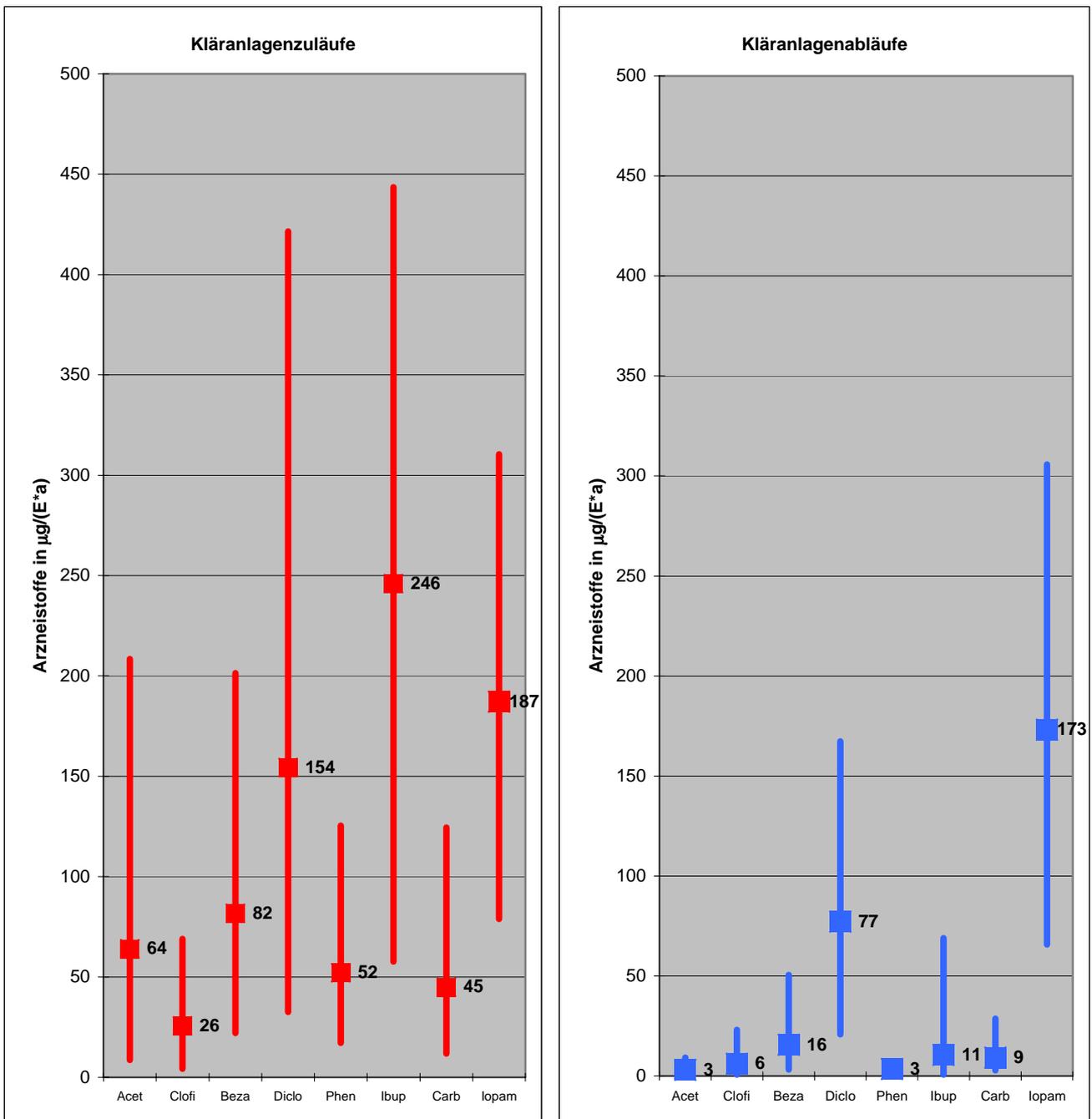


Abb. 4: Spannweite der Jahresfrachten in $\mu\text{g}/(\text{E}^*\text{a})$ bei den 14 untersuchten Kläranlagen pro Arzneistoff und angeschlossenem Einwohner (Maximum – Mittelwert – Minimum)

Bei den ausgetragenen Arzneistoffjahresfrachten liegen die Kläranlagen Sangerhausen mit $235 \mu\text{g}/(\text{E}^*\text{a})$, Karsdorf mit $223 \mu\text{g}/(\text{E}^*\text{a})$ und Magdeburg-Gerwisch mit $174 \mu\text{g}/(\text{E}^*\text{a})$ an der Spitze. Niedrigste Werte erreichten die Kläranlagen Bernburg und Dessau mit 46 bzw. $50 \mu\text{g}/(\text{E}^*\text{a})$.

Besonders auffällig sind die großen Wertebereiche der Jahresfrachten für die Arzneistoffe Diclofenac und Iopamidol im Zu- und Ablauf sowie für Ibuprofen im Zulauf der Kläranlagen.

Tab. 6: Arzneistofffrachten in μg pro Einwohner und Jahr in Kläranlagenzu- und –abläufen

Arzneistoffe in $\mu\text{g}/(\text{E}^*\text{a})$	Kläranlagenzuläufe			Kläranlagenabläufe		
	MAX	MIN	MITTEL	MAX	MIN	MITTEL
Acetylsalicylsäure	208,463	8,591	64,089	9,157	0,772	3,131
Clofibrinsäure	68,889	4,307	25,675	23,049	0,674	6,077
Bezafibrat	201,405	22,084	81,653	50,505	3,249	15,608
Diclofenac	421,501	32,502	154,349	167,283	20,780	77,176
Phenazon	125,416	17,132	52,031	5,725	1,545	3,464
Ibuprofen	443,597	57,713	246,075	68,855	0,709	10,587
Carbamazepin	124,534	11,782	44,909	28,646	2,832	9,172
Iopamidol	310,481	78,908	187,136	305,777	65,757	173,092
Summe 7	1149,395	340,847	668,781	234,926	46,188	125,215

Im Mittel betrug die in den Kläranlagen aufgenommene Jahresfracht pro Einwohner für die analysierten Arzneistoffe ohne Iopamidol $669 \mu\text{g}/(\text{E}^*\text{a})$ und die aus den Kläranlagen abgegebene Jahresfracht $125 \mu\text{g}/(\text{E}^*\text{a})$.

Generell muss hierbei beachtet werden, dass es sich bei den errechneten Frachten nur um Richtwerte handeln kann, da pro Arzneistoff nur 5-6 Messwerte und die jeweilige Jahres-schmutzwassermenge für die Berechnung zur Verfügung standen.

Die Analyse der prozentualen Anteile der einzelnen Arzneistoffe an der Gesamtsumme der mittleren Arzneistoffkonzentrationen (7 Arzneistoffe ohne Iopamidol) zeigt zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen den 14 untersuchten Kläranlagen (siehe Abb. 5 und 6).

Insbesondere für die Arzneistoffe Carbamazepin, Phenazon und Acetylsalicylsäure wurden starke Konzentrationsunterschiede in den Kläranlagenzuläufen registriert. Wohingegen Ibuprofen und Diclofenac bei der Mehrzahl der Kläranlagen mit hohen Konzentrationen gemessen wurden.

Bei den Kläranlagenabläufen dominiert das in den meisten Kläranlagen schlecht zurückgehaltene Diclofenac.

Unter Einbeziehung des neu im Jahr 2004 untersuchten Röntgenkontrastmittels Iopamidol verschiebt sich die prozentuale Verteilung der Arzneistoffe erheblich. Das Röntgenkontrastmittel Iopamidol wird erwartungsgemäß nur schlecht in den Kläranlagen zurückgehalten. Somit erhöht sich dessen Anteil im Ablauf der Kläranlage und kann dann bis zu 60 % der gemessenen Gesamtmenge für die 8 analysierten Arzneistoffe betragen.

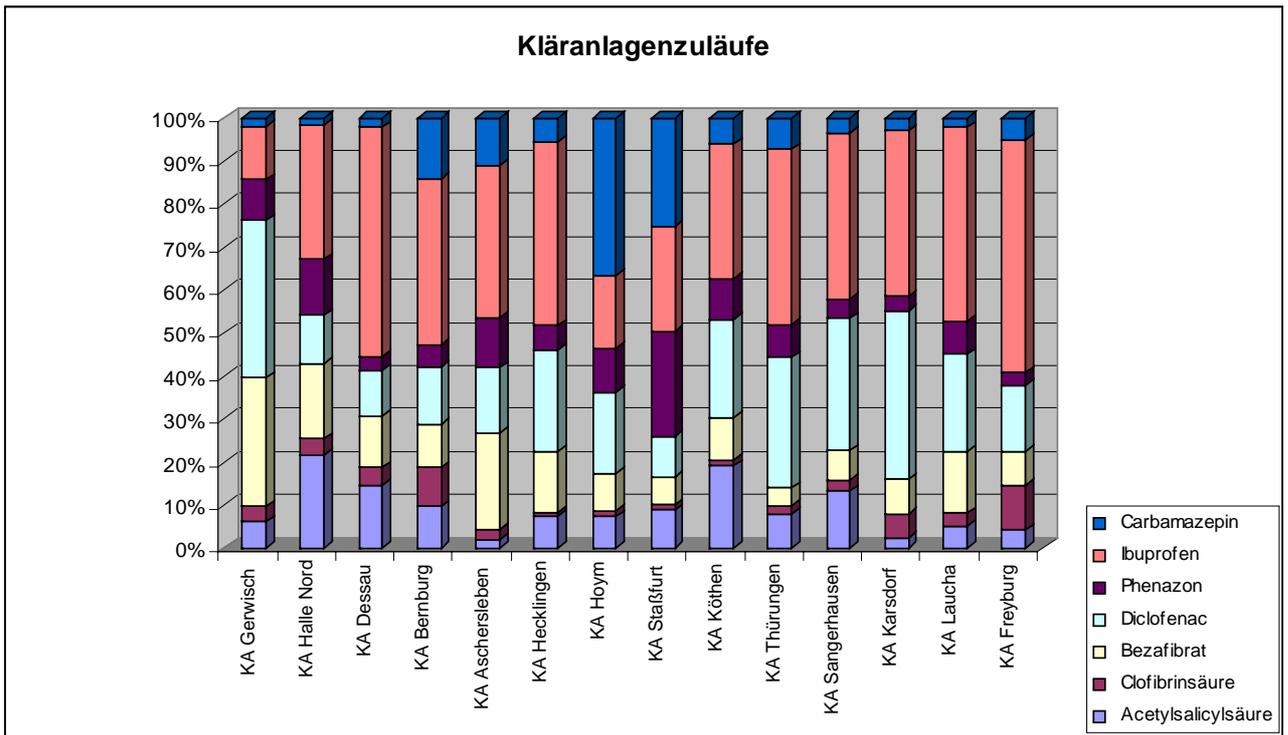


Abb. 5 : Prozentuale Anteile einzelner Arzneistoffe bezogen auf die Gesamtmenge der untersuchten Arzneistoffe im Zulauf kommunaler Kläranlagen (ohne Iopamidol)

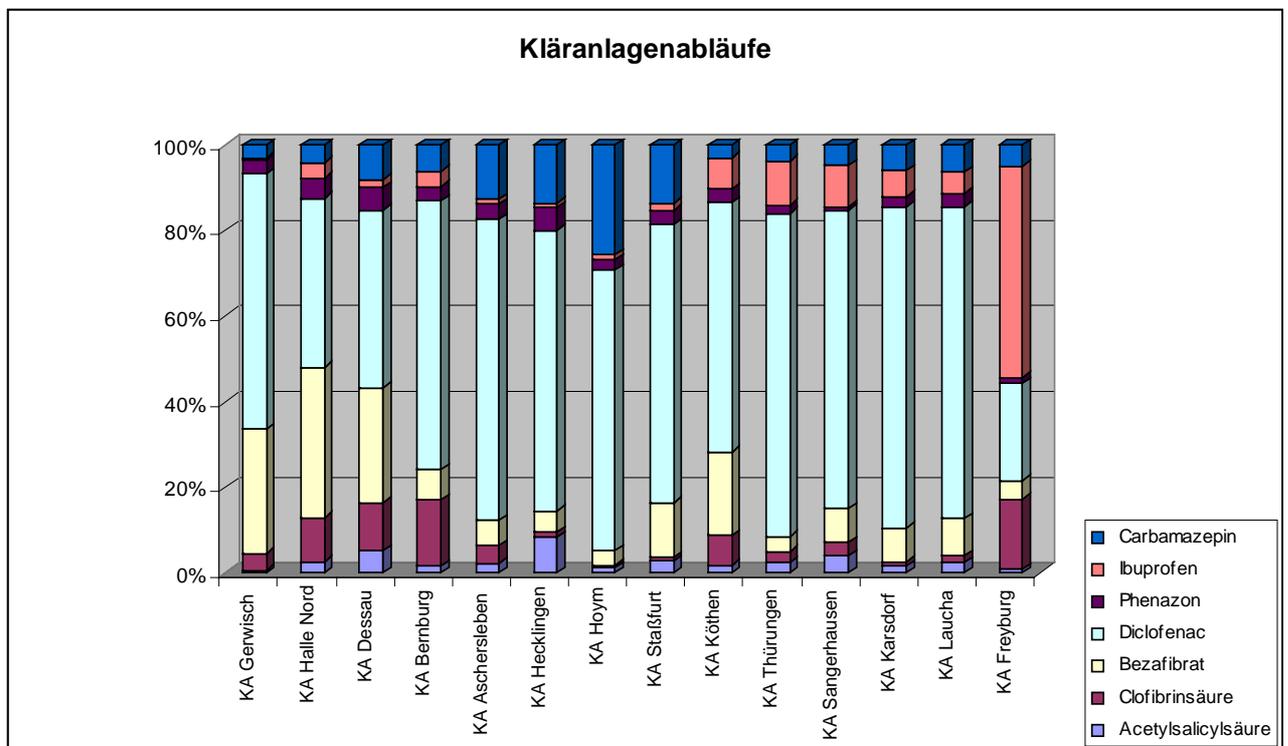


Abb. 6 : Prozentuale Anteile einzelner Arzneistoffe bezogen auf die Gesamtmenge der untersuchten Arzneistoffe im Ablauf kommunaler Kläranlagen (ohne Iopamidol)

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass das Abwasser der 14 kommunalen Kläranlagen mit den untersuchten Arzneistoffen belastet ist. Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenfassung der ermittelten Messwerte pro Arzneistoff. Aus der Anlage 3 sind die ermittelten Messwertbereiche für die analysierten Arzneistoffe zu entnehmen.

Tab. 7: Zusammenfassende Auswertung der Analysendaten für alle Kläranlagen

Arzneistoffe	Probenahme-stelle	Anzahl der Messwerte insges.	Anzahl der Messwerte < BG	Mittelwert in µg/l	Maximum in µg/l	Rückhalt in KA in %	
						MITTEL*	MIN -MAX
Acetylsalicylsäure	KA-Zulauf	79	1	1,061	13,600	93	79 - 99
	KA-Ablauf	79	41	0,052	0,530		
Clofibrinsäure	KA-Zulauf	79	6	0,439	3,900	73	0 - 96
	KA-Ablauf	79	33	0,115	1,700		
Bezafibrat	KA-Zulauf	79	0	1,351	7,900	80	47 - 96
	KA-Ablauf	79	23	0,255	1,700		
Diclofenac	KA-Zulauf	79	0	2,452	8,200	46	0 - 68
	KA-Ablauf	79	0	1,304	4,600		
Ibuprofen	KA-Zulauf	78	0	4,105	22,800	96	81 - 99,7
	KA-Ablauf	79	42	0,218	9,600		
Phenazon	KA-Zulauf	78	0	0,922	10,000	92	83 - 97
	KA-Ablauf	79	48	0,059	0,360		
Carbamazepin	KA-Zulauf	78	1	0,906	5,800	74	53 - 96
	KA-Ablauf	79	22	0,175	1,600		
Iopamidol	KA-Zulauf	10	0	3,030	4,700	9	2 - 17
	KA-Ablauf	10	0	2,760	4,200		

*...Berechnung aus Rückhaltwerten der einzelnen Kläranlagen (siehe Tab. 8)

Ein direkter Vergleich der gewonnenen Untersuchungsergebnisse mit Literaturdaten verschiedener Autoren ist schwierig. Es gibt für die Gruppe der Arzneistoffe zur Zeit keine genormten Analysenverfahren. Die jeweils vorhandene Kläranlagentechnik hat ebenso einen Einfluss auf den Wirkstoffrückhalt in der Kläranlage wie die unterschiedlichen Zulaufkonzentrationen aus den Einzugsgebieten der betreffenden Kläranlagen /10/, /11/. So sind innerhalb der Einzugsgebiete der untersuchten 14 kommunalen Kläranlagen in Sachsen-Anhalt bereits Unterschiede feststellbar (Trinkwasserverbrauch, Regenwassernutzung, Altersstruktur, medizinische Einrichtungen usw.).

Die zur Verfügung stehenden Literaturquellen aus Deutschland zeigen zwar eine gewisse Schwankungsbreite bezüglich der Konzentrationsangaben (siehe Tab. 8), dennoch liegen die im Rahmen der Analysen zum Sondermessprogramm in den Jahren 2002 - 2004 ermittelten Arzneistoffkonzentrationen in etwa in deren Bereich.

Tab. 8: Literaturangaben zu Arzneistoffen in Kläranlagenabläufen

Arzneistoffe	KA-Ablauf Konzentration in µg/l	Rückhalt in KA in %	Literaturquelle
Acetylsalicylsäure	0,29 – 0,92	81	/15/, /16/, /17/
Clofibrinsäure	< BG – 4,55	6 bzw. 51	/15/, /18/, /19/, /16/, /2/, /10/, /20/, /21/, /17/
Bezafibrat	0,29 – 4,8	75 - >95	/15/, /2/, /14/, /10/, /17/
Diclofenac	> 0,10 – 10,0	15 - 69	/15/, /18/, /19/, /22/, /23/, /2/, /14/, /10/
Phenazon	0,042 – 0,13	33	/15/, /2/, /10/
Ibuprofen	< 0,05 – 3,7	90 - 99	/15/, /18/, /19/, /23/, /24/, /2/, /14/, /10/
Carbamazepin	0,92 - 22,00	kein Rückhalt bzw. max 10	/15/, /2/, /14/, /10/, /25/, /22/
Iopamidol	0,59 – 9,4	k. A.	/26/, /2/

Betrachtet man Untersuchungsergebnisse aus verschiedenen Ländern (z.B. Österreich, Schweiz, Spanien, Finnland, Frankreich, USA, Kanada), so sind diese einzugsgebietsbezogenen Unterschiede bei den Arzneistoffkonzentrationen wesentlich ausgeprägter /12/, /13/, /14/. Des Weiteren kommt hinzu, dass keine genormten Analysenverfahren für die Arzneistoffe im Abwasser existieren und auch hier Unterschiede in der Analytik nicht zu vermeiden sind.

Die jeweiligen Eigenschaften der analysierten Arzneistoffe wirken sich auf das Verhalten während der Klärwerkspassage aus. So unterscheidet sich deren Eliminierungsgrad in den jeweiligen Reinigungsstufen (siehe /3/, /4/, /11/, /12/). Da nur Proben von den Zu- und Abläufen der Kläranlagen auf das Vorkommen der 7 bzw. 8 Arzneistoffe untersucht wurden, sind keine Aussagen zum Verbleib der eliminierten Arzneistoffmengen (Klärschlamm: Feststoffphase, Wasserphase) und zu deren Abbauprodukten (aerober oder anaerober

Abbau) möglich. Es ist aber davon auszugehen, dass ein großer Teil bestimmter Arzneistoffe und Abbauprodukte am Klärschlamm adsorbiert wurde bzw. sich noch in der Wasserphase der Klärschlammfraktion (Restwassergehalt je nach Klärschlammbehandlung in der Regel bei 60-80 %) befindet.

Bei den Betrachtungen zum Arzneistoffrückhalt in den untersuchten 14 Kläranlagen sollte bedacht werden, dass es sich bei den analysierten Abwasserproben aus den Zu- und Abläufen der kommunalen Kläranlagen lediglich um Stichproben handelt und keine Analysen zu den Abbauprodukten durchgeführt wurden, so dass die einzelnen Messergebnisse nur bedingt zur Einschätzung einer Eliminationsleistung herangezogen werden können.

Auch unter den o.g. Einschränkungen lassen sich aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen dennoch grundlegende Aussagen zum Arzneistoffrückhalt gewinnen (Tab. 9).

Tab. 9: Rückhalt der Arzneistoffe in den Kläranlagen

Anlage	Kapazität in TEW	Acet	Clofi	Beza	Diclo	Phen	Ibup	Carb	Iopam	MITTEL** bezogen auf KA
		Rückhalt in KA*								
		in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %	
KA Gerwisch	426,000	97,40	71,71	74,92	57,64	91,12	99,23	61,05		79,01
KA Halle Nord	300,000	98,65	69,29	77,13	60,48	95,81	98,71	70,97		81,58
KA Dessau	185,000	96,61	74,93	78,57	62,84	84,87	99,66	65,59		80,44
KA Bernburg	55,000	98,48	85,12	93,85	58,66	94,21	99,17	96,20		89,38
KA Aschersleben	48,000	82,52	75,21	96,09	31,14	95,31	99,54	82,69		80,36
KA Hecklingen	48,000	78,68	76,31	93,20	46,70	82,69	99,47	53,06		75,73
KA Köthen	45,000	97,73	0,00	52,40	38,07	91,89	94,26	88,30		66,09
KA Staßfurt	30,000	91,54	82,20	47,21	0,00	96,94	98,25	88,04		72,02
KA Hoym	10,000	94,28	86,02	87,62	0,00	92,31	97,70	77,00		76,42
KA Thürungen	7,000	93,15	71,99	80,74	45,10	94,38	94,42	88,65	16,67	81,20
KA Sangerhausen	40,000	93,99	72,85	76,90	53,72	96,51	94,83	72,72	10,00	80,21
KA Karsdorf	30,000	84,90	96,34	79,74	60,31	85,99	96,67	59,77	1,52	80,53
KA Laucha	37,000	93,50	92,38	91,59	54,62	94,45	98,45	59,52	9,38	83,50
KA Freyburg	33,250	96,16	66,54	88,16	68,06	90,48	80,55	79,29	8,96	81,32
MITTEL bez. auf Arzneimittel		92,68	72,92	79,87	45,52	91,92	96,49	74,49	9,30	

* Berechnung mit 1/2 BG

** Mittelwert für alle untersuchten
Arzneistoffe außer Iopamidol

Signatur	Rückhalt in KA
 	100 - 81 %
 	80 - 61 %
 	60 - 41 %
 	40 - 21 %
 	20 - 0 %
 	kein Rückh. nachgew.
 	nicht untersucht

Während Ibuprofen, Phenazon und Acetylsalicylsäure nahezu vollständig und die Arzneistoffe Clofibrinsäure, Carbamazepin und Bezafibrat zu einem hohen Anteil durch die Kläranlagen aus dem kommunalen Abwasser eliminiert wurden, passierte der Arzneistoff Diclofenac zu einem vergleichsweise hohen Anteil die Kläranlagen. Nahezu kein Rückhalt in den Kläranlagen ist für Iopamidol zu verzeichnen.

Sowohl in der Literatur als auch bei den untersuchten 14 Kläranlagen Sachsen-Anhalts bestätigten sich zum Teil erhebliche Unterschiede beim Wirkstoffrückhalt in den Kläranlagen. So wurden zwar zum Teil sehr variable Leistungen der einzelnen Kläranlagen festgestellt, generell konnten für die untersuchten sachsen-anhaltinischen modernen kommunalen Kläranlagen aber sehr gute Rückhaltwerte ermittelt werden (siehe Tab. 8 und 9). Der durchschnittliche Wirkstoffrückhalt in den 14 Kläranlagen liegt, für die untersuchten Arzneistoffe ohne Iopamidol, bei rd. 79 %. Wobei die Kläranlage Köthen mit rd. 66 % Arzneistoffrückhalt das schlechteste und die Kläranlage Bernburg mit rd. 90 % Arzneistoffrückhalt das beste Ergebnis lieferten.

Die Arzneistoffe Ibuprofen, Acetylsalicylsäure, Phenazon wurden am besten (> 90 %), Bezafibrat im Durchschnitt etwa zu 80 % in den Kläranlagen zurückgehalten. Im Bereich von rd. 70 % liegt der Rückhalt für Clofibrinsäure und Carbamazepin. Der geringste Rückhalt erfolgte für Diclofenac (rd. 50 %) und das Röntgenkontrastmittel Iopamidol (rd. 10 %).

4. Zusammenfassung

Im Berichtszeitraum 2002-2004 wurde das Abwasser von insgesamt 14 kommunalen Kläranlagen auf seine Belastung mit 7 (2002-2003) bzw. 8 Arzneistoffen (2004) untersucht und es konnten folgende Ergebnisse gewonnen werden.

- Die nachgewiesenen Arzneistoffkonzentrationen an Kläranlagenzu- und -abläufen sind mit Analysendaten anderer Autoren zur Belastung von Kläranlagenabwasser in der Bundesrepublik Deutschland vergleichbar.
- Die Arzneistoffkonzentrationen im Zu- und Ablauf der untersuchten kommunalen Kläranlagen variierten von Kläranlage zu Kläranlage z.T. sehr stark. Eine mögliche Ursache dürfte in Besonderheiten der Einzugsgebiete liegen.
- Die Arzneistoffkonzentrationen im Ablauf der untersuchten Kläranlagen lagen entweder im Bereich der Bestimmungsgrenze (Phenazon, Clofibrinsäure, Acetylsalicylsäure, Bezafibrat), unterschritten die Bestimmungsgrenze selten (Ibuprofen, Carbamazepin) oder lagen konstant deutlich darüber (Diclofenac, Iopamidol).
- Die höchsten Werte in den Kläranlagenabläufen wurden für Ibuprofen mit 9,6 µg/l (KA Freyburg), Diclofenac mit 4,6 µg/l (KA Sangerhausen) und für Iopamidol mit 4,2 µg/l (KA Sangerhausen) ermittelt.
- Es konnten für die untersuchten 14 Kläranlagen sehr gute Rückhaltwerte ermittelt werden.
- Die Leistungen der einzelnen Kläranlagen bezüglich des Rückhaltes der untersuchten Arzneistoffe variierten von Wirkstoff zu Wirkstoff.
- Es ergibt sich folgende Reihenfolge des Rückhaltes:

Ibuprofen > **Bezafibrat** >> **Diclofenac** >> **Iopamidol**
Acetylsalicylsäure > **Carbamazepin**
Phenazon > **Clofibrinsäure**

5. Literatur

- /1/ Joss (2004): Arzneimittel in Wasser und Abwasser Schlussfolgerungen von POSEIDON, Fachtagung „Arzneimittelrückstände und endokrin wirksame Stoffe in Trink- und Abwasser, Mühlheim 30.03.2004.
- /2/ BLAC (2003): Arzneimittel in der Umwelt – Auswertung der Untersuchungsergebnisse. Bericht an die 61. Umweltministerkonferenz (UMK) am 19./20. November 2003 in Hamburg.
- /3/ S. Kunst et al. (2002): Endokrin wirksame Substanzen in Kläranlagen Vorkommen, Verbleib und Wirkung -, Arbeitsbericht der ATV-DVWK-AG IG-5.4.
- /4/ UBA (2005): Arzneimittel in der Umwelt - Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie das Umweltbundesamt. UBA-Texte 29/05.
- /5/ K. Kümmerer (2001): Arzneimittel, Diagnostika und Desinfektionsmittel in der Umwelt – Beurteilung und Risikomanagement. UMSF – Z Umweltchem Ökotox 13 (5) 269-276.
- /6/ BLAC (1998): Auswirkungen der Anwendung von Clofibrinsäure und anderer Arzneimittel auf die Umwelt und Trinkwasserversorgung; Bericht an die 50. UMK.
- /7/ BLAC (1999): Arzneimittel in der Umwelt – Konzept für ein Untersuchungsprogramm; Bericht an die 53. UMK.
- /8/ UMK (1999): 53. Umweltministerkonferenz am 27./28. Oktober in Augsburg – Ergebnismitschrift Top 21.7 Arzneimittel in der Umwelt – Konzept für ein Untersuchungsprogramm.
- /9/ LAU/LHW (2004): 1. Bericht zum Sondermessprogramm „Arzneimittel im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2002-2003).
- /10/ MUNLV (2004): Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Düsseldorf, März 2004.
- /11/ W. Hegemann et al. (2002): Einfluss der Verfahrenstechnik auf die Eliminierung ausgewählter Estrogene und Xenoestrogen in Kläranlagen – ein BMBF-Verbundprojekt (Ergebnisse von Stufenbeprobungen auf kommunalen Kläranlagen). Gas- und Wasserfach, GWF, Wasser-Abwasser 143 Nr. 5, S. 422-428.
- /12/ P. Mersmann (2003): Transport- und Sorptionsverhalten der Arzneimittelwirkstoffe Carbamazepin, Clofibrinsäure, Diclofenac, Ibuprofen und Propyphenazon in der wassergesättigten und –ungesättigten Zone, Dissertation.
- /13/ S. Scharf; O. Gans; R. Sattelberger (2002): Arzneimittelwirkstoffe im Zu- und Ablauf von Kläranlagen. Bericht des UBA Österreich BE-201.
- /14/ POSEIDON (2004): Assessment of Technologies for the Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Sewage and Drinking Water Facilities to Improve the Indirect Potable Water Reuse. Report August 2004.

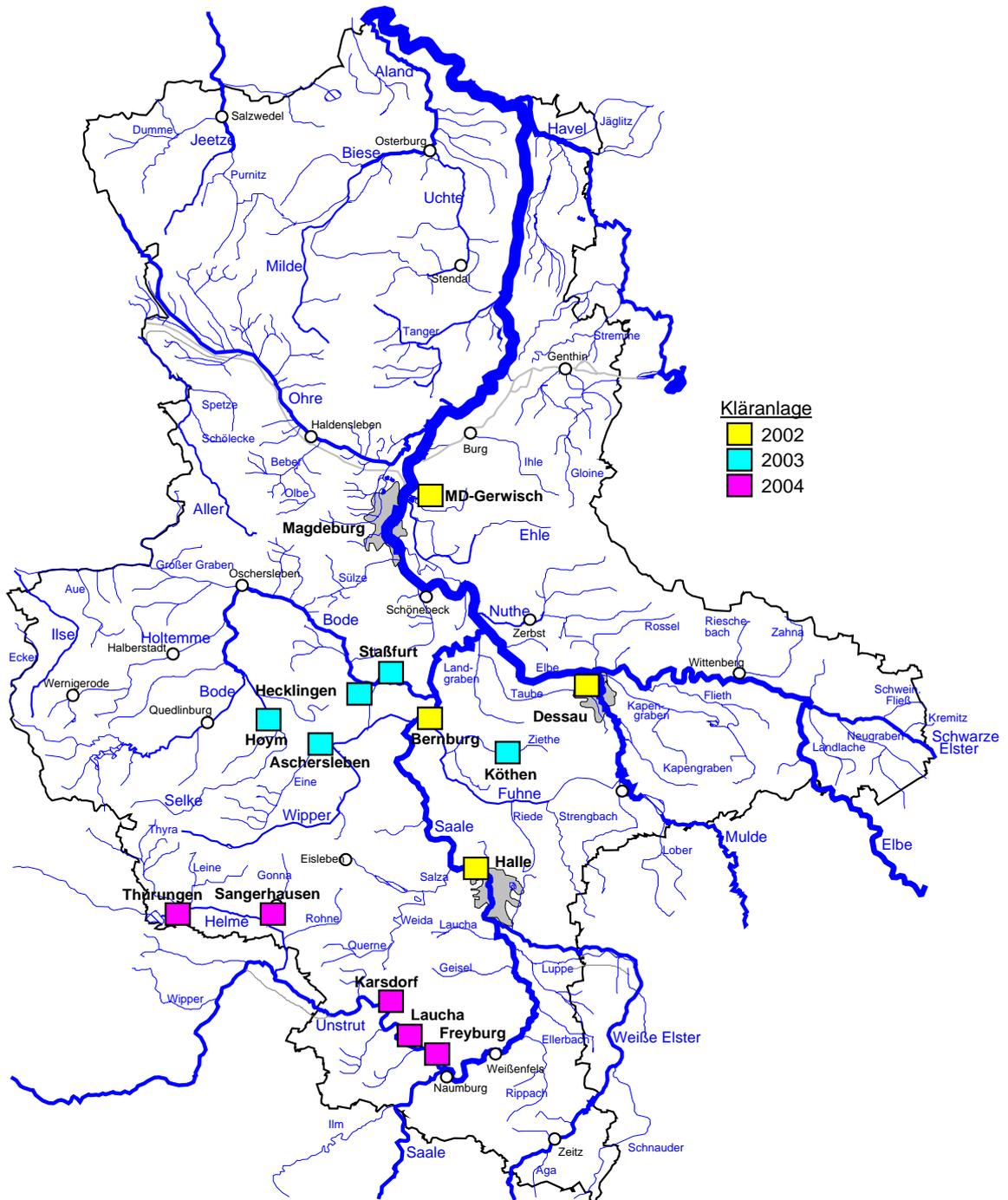
- /15/ Th. Ternes (1998): Abbau und Verhalten von Pharmaka in aquatischen Systemen; Schriftenreihe Wasserforschung 6; S. 23-33.
- /16/ V. Suling, W. Thiemann (2000): Nachweis ausgewählter Pharmaka in Bremer Wässern. Vom Wasser 95, S. 269-278.
- /17/ Ruhrverband (1995): Ruhrwassergütebericht 1995. AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr und Ruhrverband, Essen.
- /18/ M. Stumpf et al. (1996): Nachweis von Arzneimittelrückständen in Kläranlagen und Fließgewässern. – Vom Wasser 86: 291-303.
- /19/ M. Stumpf et al. (1998): Isolierung von Ibuprofen-Metaboliten und deren Bedeutung als Kontaminanten der aquatischen Umwelt. – Vom Wasser 91: 291-303.
- /20/ T. Heberer und H. J. Stan (1997): Determination of clofibric acid and N-(phenylsulfonyl)-sarcosine in sewage, river and drinking water. Int. J. Environ. Anal. Chem. 67, S. 113-124.
- /21/ T. Heberer und H. J. Stan (1998): Arzneimittelrückstände im aquatischen System. Wasser & Boden 4, S. 20-24.
- /22/ E. Möhle et al. (1999): Bestimmung von schwer abbaubaren organischen Verbindungen – Identifizierung von Arzneimittelrückständen. Vom Wasser 92, S. 207-223.
- /23/ Th. Poiger et al. (2000): Occurrence and fate of selected pharmaceuticals in surface waters. Endocrine Disruptors and Pharmaceutical Active Compounds in Drinking Water Workshop, April 19-21, 2000, Chicago, Illinois.
- /24/ Th. Poiger et al. (2003): Occurrence and Fate of Organic Micropollutants in the Environment: Regional Mass Balances and Source Apportioning in Surface Waters Based on Laboratory Incubation Studies in Soil and Water, Monitoring, and Computer Modeling. CHIMIA 57, Nr. 9, S. 492-498.
- /25/ F. Sacher et al. (1998): Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Oberflächenwässern. Vom Wasser 90, S. 233-243.
- /26/ R. Hirsch et al. (2000): A sensitive method for the determination of iodine containing diagnostic agents in aqueous matrices using LC-electrospray-tandem-MS detection. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry 366, S. 835-841.

Anlagen

- Anlage 1** **Messstellenübersicht 2002 - 2004 – Karte untersuchte Kläranlagen**
- Anlage 2** **Einzelmesswerte Kläranlagen 2002-2004**
- Anlage 3** **Arzneistoffe in Kläranlagenzu- und -abläufen –
Messwertbereiche (MIN – MAX)**

GÜSA Sondermessprogramm „Arzneimittelwirkstoffe in Grund- und Fließgewässern“

Kläranlagenzu- und -abläufe
Messstellenübersicht 2002 - 2004



Untersuchungsergebnisse an Kläranlagenzu- und -abläufen 2002, 2003 und 2004

Anlage	Datum	Acetylsalicylsäure		Clofibrinsäure		Bezafibrat		Diclofenac		Phenazon		Ibuprofen		Carbamazepin		Iopamidol	
		Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
KA Gerwisch	05.03.02	0,100	0,041	0,740	0,140	3,500	1,700	6,600	0,970	0,820	0,050	0,047	< 0,025	0,095	< 0,050		
KA Gerwisch	22.04.02	2,100	< 0,025	0,500	0,210	4,200	1,400	4,200	3,000	4,500	0,360	0,036	< 0,025	0,350	0,240		
KA Gerwisch	18.06.02	0,930	< 0,025	0,290	< 0,025	7,900	0,910	5,100	1,800	0,057	< 0,050	4,100	< 0,025	0,150	< 0,050		
KA Gerwisch	21.08.02	0,059	< 0,025	0,320	0,160	1,200	0,460	1,100	1,900	0,110	< 0,050	-	< 0,025	0,170	< 0,050		
KA Gerwisch	21.10.02	0,420	< 0,025	0,140	0,075	1,300	0,110	0,610	1,000	0,340	< 0,050	1,500	< 0,025	0,270	0,180		
KA Gerwisch	10.12.02	0,370	< 0,025	0,380	0,073	1,600	0,360	6,400	1,500	0,480	0,075	2,400	< 0,025	0,300	< 0,050		
KA Halle Nord	04.03.02	2,700	0,052	0,680	0,160	2,200	0,890	1,200	0,560	0,210	0,091	4,900	0,034	0,190	0,092		
KA Halle Nord	15.04.02	1,300	0,130	0,330	0,310	4,300	1,200	0,910	0,760	0,160	< 0,050	4,300	0,035	0,120	< 0,050		
KA Halle Nord	10.06.02	13,600	0,038	1,600	0,250	6,100	0,900	3,500	1,000	10,000	0,290	10,900	0,250	0,300	0,150		
KA Halle Nord	12.08.02	0,180	< 0,025	0,220	0,120	0,170	0,320	2,700	0,540	0,065	< 0,050	0,540	< 0,025	0,130	0,074		
KA Halle Nord	15.10.02	0,520	< 0,025	0,380	0,120	1,800	0,110	0,830	0,390	0,800	< 0,050	2,300	< 0,025	0,340	0,052		
KA Halle Nord	09.12.02	0,790	< 0,025	0,180	0,081	0,820	0,100	0,880	0,710	0,250	< 0,050	4,600	< 0,025	0,360	< 0,050		
KA Dessau	12.03.02	3,700	< 0,025	0,680	0,085	1,600	0,100	1,100	0,440	0,050	0,050	5,800	< 0,025	0,051	< 0,050		
KA Dessau	17.04.02	1,400	0,054	0,240	0,210	1,300	0,740	0,840	0,370	0,370	0,054	2,800	< 0,025	0,098	0,059		
KA Dessau	12.06.02	0,770	0,100	0,250	< 0,025	1,600	0,100	0,560	0,032	0,058	< 0,050	3,200	< 0,025	0,058	< 0,050		
KA Dessau	14.08.02	< 0,025	< 0,025	0,350	< 0,025	0,210	< 0,025	1,000	0,063	0,110	< 0,050	5,100	< 0,025	0,170	< 0,050		
KA Dessau	16.10.02	0,063	< 0,025	0,079	0,039	0,120	0,100	0,360	0,310	0,380	< 0,050	2,400	< 0,025	0,270	0,160		
KA Dessau	05.12.02	0,066	< 0,025	0,160	0,082	0,140	< 0,025	0,540	0,420	0,380	< 0,050	2,800	< 0,025	0,280	< 0,050		
KA Bernburg	01.07.02	1,590	< 0,025	0,590	0,082	0,890	< 0,025	0,727	0,480	0,496	< 0,050	2,700	< 0,025	0,092	< 0,050		
KA Bernburg	10.07.02	0,575	< 0,025	0,522	0,098	0,355	< 0,025	0,688	0,336	0,752	< 0,050	2,860	< 0,025	4,410	0,100		
KA Bernburg	24.07.02	0,685	< 0,025	0,351	< 0,025	0,073	< 0,025	0,675	0,034	0,413	< 0,050	2,071	< 0,025	2,265	0,075		
KA Bernburg	01.08.02	0,963	< 0,025	2,096	0,190	2,258	0,075	3,305	1,266	0,162	< 0,050	6,216	< 0,025	0,198	< 0,050		
KA Bernburg	08.08.02	0,714	< 0,025	0,909	0,219	1,397	0,178	0,829	0,179	0,517	< 0,050	5,142	0,101	0,149	< 0,050		
KA Bernburg	15.08.02	0,404	< 0,025	0,166	0,088	0,156	0,025	0,591	0,522	0,250	< 0,050	0,726	< 0,025	0,121	< 0,050		

Untersuchungsergebnisse an Kläranlagenzu- und -abläufen 2002, 2003 und 2004

Anlage	Datum	Acetylsalicylsäure		Clofibrinsäure		Bezafibrat		Diclofenac		Phenazon		Ibuprofen		Carbamazepin		Iopamidol	
		Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
KA Aschersleben	05.03.03	0,100	< 0,025	0,330	0,210	1,000	0,340	0,890	2,400	0,320	< 0,050	1,300	< 0,025	0,500	0,080		
KA Aschersleben	09.04.03	0,140	< 0,025	0,099	0,057	1,800	0,067	2,100	0,510	0,560	< 0,050	3,400	0,039	0,400	0,160		
KA Aschersleben	04.06.03	0,220	0,048	0,280	0,035	5,500	0,028	2,300	1,800	0,230	0,067	11,000	< 0,025	0,260	0,078		
KA Aschersleben	20.08.03	0,170	0,026	0,110	< 0,025	1,200	0,052	1,300	0,250	2,700	< 0,050	2,400	< 0,025	0,660	0,120		
KA Aschersleben	15.10.03	0,290	0,032	0,650	< 0,025	2,600	0,048	1,800	0,044	2,700	0,100	2,900	< 0,025	1,300	0,340		
KA Aschersleben	19.11.03	0,310	0,084	0,072	0,055	1,900	< 0,025	1,200	1,600	0,780	0,100	1,200	< 0,025	3,800	0,420		
KA Hecklingen	04.03.03	0,430	< 0,025	0,038	< 0,025	0,750	0,180	2,000	1,000	0,210	0,180	4,400	< 0,025	0,170	0,260		
KA Hecklingen	08.04.03	0,820	< 0,025	0,220	0,028	3,600	0,053	6,100	0,220	0,064	< 0,050	4,100	0,037	0,120	0,220		
KA Hecklingen	03.06.03	0,390	0,045	< 0,025	< 0,025	0,079	0,064	0,370	2,200	0,350	0,089	0,710	< 0,025	0,300	0,280		
KA Hecklingen	27.08.03	0,290	0,190	0,069	< 0,025	0,710	0,036	1,300	0,390	0,650	0,063	0,840	< 0,025	0,320	0,170		
KA Hecklingen	13.10.03	0,980	0,250	< 0,025	< 0,025	0,570	0,047	0,260	0,560	0,370	< 0,050	6,700	< 0,025	0,620	0,110		
KA Hecklingen	24.11.03	0,420	0,200	0,030	< 0,025	0,530	0,044	0,420	1,200	0,880	0,055	2,200	< 0,025	0,920	0,110		
KA Hoym	10.03.03	1,800	0,046	< 0,025	< 0,025	0,720	0,093	1,800	2,500	0,470	0,120	2,100	0,043	1,300	0,920		
KA Hoym	14.04.03	0,044	< 0,025	0,050	0,035	1,800	0,370	0,510	2,500	0,410	0,066	1,100	0,031	5,800	1,600		
KA Hoym	11.06.03	0,082	0,048	< 0,025	< 0,025	0,150	< 0,025	2,200	0,270	0,096	< 0,050	0,051	0,050	4,700	0,960		
KA Hoym	25.08.03	0,240	< 0,025	0,230	< 0,025	0,450	< 0,025	2,600	0,910	2,300	< 0,050	1,900	< 0,025	4,300	0,190		
KA Hoym	06.10.03	0,420	0,073	0,380	< 0,025	0,920	0,033	0,970	2,900	0,210	< 0,050	1,100	0,043	0,320	0,055		
KA Hoym	18.11.03	0,990	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,270	< 0,025	1,200	1,500	1,600	0,130	2,100	< 0,025	1,600	0,420		
KA Staßfurt	11.03.03	1,300	0,035	0,031	< 0,025	1,500	1,000	1,600	1,900	0,320	0,085	3,100	0,043	0,740	0,230		
KA Staßfurt	15.04.03	0,750	0,064	0,068	0,042	0,480	0,400	0,750	1,800	2,100	0,100	5,800	0,087	2,400	0,830		
KA Staßfurt	10.06.03	0,072	< 0,025	0,058	< 0,025	0,140	0,042	0,390	1,800	-	< 0,050	0,230	0,032	-	< 0,050		
KA Staßfurt	26.08.03	0,240	< 0,025	0,140	< 0,025	0,230	0,060	0,600	0,920	3,500	0,120	1,200	< 0,025	4,900	0,240		
KA Staßfurt	08.10.03	0,450	0,034	0,230	< 0,025	0,390	0,048	0,660	0,820	3,600	0,061	0,640	< 0,025	2,700	0,160		
KA Staßfurt	25.11.03	1,300	0,190	0,060	< 0,025	0,270	0,039	0,430	0,840	1,800	< 0,050	0,450	< 0,025	1,000	0,200		
KA Köthen	03.03.03	2,900	0,095	0,067	0,360	1,100	0,980	1,200	2,300	0,380	< 0,050	2,900	0,068	0,440	< 0,050		
KA Köthen	07.04.03	3,900	< 0,025	0,170	0,240	2,000	1,500	3,400	1,800	1,500	0,160	4,000	0,840	0,350	0,130		
KA Köthen	02.06.03	0,027	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,900	< 0,025	2,300	0,100	1,700	0,120	4,300	< 0,025	0,800	< 0,050		
KA Köthen	18.08.03	0,200	0,029	0,150	0,069	0,590	0,047	2,400	0,340	0,900	< 0,050	3,100	< 0,025	1,100	0,084		
KA Köthen	14.10.03	0,240	0,078	0,190	0,160	0,480	< 0,025	0,860	1,500	0,500	< 0,050	0,470	< 0,025	0,300	0,069		
KA Köthen	20.11.03	3,300	< 0,025	0,210	0,089	0,440	0,071	2,500	1,800	0,200	0,065	2,700	0,058	0,370	0,060		

Untersuchungsergebnisse an Kläranlagenzu- und -abläufen 2002, 2003 und 2004

Anlage	Datum	Acetylsalicylsäure		Clofibrinsäure		Bezafibrat		Diclofenac		Phenazon		Ibuprofen		Carbamazepin		Iopamidol	
		Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
KA Thürungen	02/04	0,120	< 0,025	0,130	< 0,025	0,320	0,160	4,100	3,800	2,300	< 0,050	7,600	0,081	1,300	0,074		
KA Thürungen	29.03.04	2,900	0,260	0,620	0,410	0,920	0,490	6,400	2,500	1,200	< 0,050	4,200	0,880	1,100	0,065		
KA Thürungen	21.06.04	1,200	0,037	0,320	< 0,025	0,340	< 0,025	5,400	3,300	1,500	< 0,050	13,300	0,510	2,500	0,200		
KA Thürungen	31.08.04	0,093	0,045	0,032	< 0,025	0,590	< 0,025	2,400	1,800	0,520	0,260	5,600	0,350	0,420	0,270	1,200	1,200
KA Thürungen	02.11.04	2,300	0,100	0,540	< 0,025	1,400	< 0,025	7,200	2,600	0,890	< 0,050	3,600	0,093	0,840	0,090	3,600	2,800
KA Sangerhausen	02/04	0,520	< 0,025	0,360	0,084	0,910	0,890	4,800	4,600	1,200	< 0,050	8,300	0,400	0,580	0,110		
KA Sangerhausen	06.04.04	0,200	0,088	0,270	0,060	1,100	0,260	6,400	0,370	0,190	0,052	5,100	0,360	0,150	0,080		
KA Sangerhausen	22.06.04	0,560	0,026	0,550	0,240	1,400	0,190	8,200	4,200	0,170	< 0,050	8,200	0,360	0,720	0,470		
KA Sangerhausen	30.08.04	6,100	0,130	0,560	0,065	0,860	0,150	5,100	2,100	2,600	< 0,050	8,400	0,420	0,680	0,073	4,300	3,900
KA Sangerhausen	03.11.04	5,700	0,530	0,650	0,200	2,600	0,097	5,900	2,800	0,190	< 0,050	8,100	0,430	1,400	0,230	4,700	4,200
KA Karsdorf	02/04	0,045	< 0,025	0,048	< 0,025	0,880	< 0,025	1,800	0,160	1,100	0,120	0,190	< 0,025	0,400	0,250		
KA Karsdorf	19.04.04	0,240	0,094	0,150	< 0,025	1,500	0,880	6,400	3,000	0,051	< 0,050	6,600	0,370	0,190	0,120		
KA Karsdorf	16.06.04	0,790	0,066	0,720	0,034	0,900	< 0,025	6,600	3,900	0,300	< 0,050	6,700	0,110	0,180	< 0,050		
KA Karsdorf	17.08.04	0,180	< 0,025	0,190	< 0,025	0,460	< 0,025	2,500	1,300	0,330	0,084	2,800	0,130	0,280	0,280	2,800	3,000
KA Karsdorf	08.11.04	0,053	< 0,025	2,100	0,046	0,850	< 0,025	5,100	0,530	0,210	< 0,050	5,700	0,110	0,690	< 0,050	3,800	3,500
KA Laucha	02/04	0,027	< 0,025	0,160	< 0,025	0,047	< 0,025	0,360	0,034	1,500	< 0,050	4,900	< 0,025	0,440	0,084		
KA Laucha	30.03.04	0,210	0,042	0,080	< 0,025	1,800	0,450	2,500	0,640	0,830	< 0,050	0,900	0,110	0,040	< 0,050		
KA Laucha	14.06.04	0,280	0,029	0,290	0,029	1,500	< 0,025	3,000	2,600	0,200	< 0,050	7,000	0,110	< 0,050	< 0,050		
KA Laucha	25.08.04	0,930	0,039	0,320	< 0,025	1,400	< 0,025	3,000	0,690	0,390	0,076	4,600	0,027	0,320	0,150	1,100	1,000
KA Laucha	09.11.04	0,630	< 0,025	0,390	0,028	1,200	< 0,025	0,470	0,270	0,250	< 0,050	1,100	0,028	0,084	0,084	2,100	1,900
KA Freyburg	02/04	0,600	< 0,025	2,600	< 0,025	0,350	< 0,025	3,100	0,260	1,300	0,055	6,700	< 0,025	1,100	0,140		
KA Freyburg	05.04.04	0,510	< 0,025	3,900	1,700	0,960	0,490	4,200	2,300	0,096	< 0,050	7,900	0,210	1,500	0,120		
KA Freyburg	15.06.04	0,800	< 0,025	1,700	0,780	1,200	0,056	3,000	1,100	0,510	< 0,050	22,800	9,600	0,580	0,180		
KA Freyburg	24.08.04	0,700	< 0,025	1,100	0,480	3,200	0,031	2,800	0,500	0,430	0,140	8,200	< 0,025	0,720	0,550	3,600	3,100
KA Freyburg	01.11.04	1,300	0,100	0,720	0,380	1,800	0,300	1,300	0,440	0,500	< 0,050	5,900	0,180	1,000	< 0,050	3,100	3,000

2002-2004 Minimum und Maximum Zu- u. Abläufe	KA	Acetylsalicylsäure		Clofibrinsäure		Bezafibrat		Diclofenac		Phenazon		Ibuprofen		Carbamazepin		Iopamidol	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
	Zulauf	BG	13,600	BG	3,900	0,047	7,900	0,260	8,200	0,050	10,000	0,036	22,800	BG	5,800	1,100	4,700
Ablauf	BG	0,530	BG	1,700	BG	1,700	0,032	4,600	BG	0,360	BG	9,600	BG	1,600	1,000	4,200	

Arzneistoffe - Messwertbereiche für alle KA 2002 - 2004

