



SACHSEN-ANHALT



Landesbetrieb für
Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft
Sachsen-Anhalt

Gewässerkundlicher Landesdienst

LHW

www.lhw.sachsen-anhalt.de

Nr. 9 / 2018

Arzneistoffe in Sachsen-Anhalt 2008-2012

Untersuchungen in Fließgewässern und im Grundwasser

Fotos Titelseite:

1	2	3
4		
5	6	

- 1 - Lossa im Bereich der Messstelle Lossa
(Foto: LHW, Archiv)
- 2 - Biese im Bereich der Messstelle Dobbrun
(Foto: LHW, Archiv)
- 3 - Aller im Bereich der Messstelle Seggerde
(Foto: LHW, Archiv)
- 4 - Medikamente
(Foto: pixabay)
- 5 - Weiße Elster im Bereich der Messstelle Zeitz
(Foto: LHW, Archiv)
- 6 - Grundwasser-Messstelle Teutschenthal
(Foto: LHW, Archiv)

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
Gewässerkundlicher Landesdienst
Otto- von Guericke- Str. 5
39104 Magdeburg

Nr. 9 / 2018

August 2018

Arzneistoffe in Sachsen-Anhalt

2008 - 2012

Untersuchungen in Fließgewässern und im Grundwasser

Bearbeitung

LHW Sachsen-Anhalt - Gewässerkundlicher Landesdienst
Sachbereich Gewässerkunde

unter Verwendung der Bachelorarbeit von Steven Klein

„Auswertung von Arzneistoffuntersuchungen der Jahre 2008 - 2012
im Oberflächengewässer in Sachsen- Anhalt“

Hochschule Magdeburg- Stendal; Fachbereich Wasser- und
Kreislaufwirtschaft, Studiengang Wasserwirtschaft

September 2014



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Anlagenverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	3
Abkürzungsverzeichnis.....	3
1 Einleitung	4
2 Analytik	5
3 Arzneistoffuntersuchungen 2008-2012	6
3.1 Messprogramm	6
3.2 Messstellenauswahl	9
3.2.1 Messstellenauswahl Oberflächenwasser.....	9
3.2.2 Messstellenauswahl Grundwasser	11
3.3 Hinweis zur Auswertung.....	12
4 Ergebnisse und Auswertung Oberflächengewässer	14
4.1 Stoffbezogene Auswertung	14
4.1.1 Lipidsenker.....	17
4.1.2 Analgetika	17
4.1.3 Antiepileptika.....	19
4.1.4 Antibiotika	19
4.1.5 Röntgenkontrastmittel	20
4.1.6 Betablocker	21
4.1.7 Hormone	22
4.2 Messstellenbezogene Auswertung	23
4.2.1 Jährliche untersuchte Messstellen.....	23
4.2.2 Vergleich Wochenmischproben / Einzelproben sowie Elbe linkes und rechtes Ufer.....	26
4.2.3 Gebietsauslass-Messstellen (Havel, Ilse, Mulde, Aller, Unstrut, Schwarze Elster)	30
4.2.4 Einzugsgebiet Saale	32
4.2.5 Einzugsgebiet Milde/Biese/Aland	37
4.2.6 Einzugsgebiet Bode	39
4.2.7 Gewässer mit dezentraler Abwasserentsorgung (Lossa).....	42
5 Ergebnisse und Auswertung Grundwasser.....	43
5.1 Wirkstoffbezogene Auswertung der Untersuchungsbefunde	43
5.2 Messstellenbezogene Auswertung der Untersuchungsbefunde	45
6 Zusammenfassung.....	47
6.1 Oberflächenwasser	47
6.2 Grundwasser.....	48
Literaturverzeichnis	49

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Messstellen Oberflächengewässer 2008 – 2012
- Anlage 2 Fließgewässer - Einzelmesswerte 2008 – 2012
- Anlage 3 Fließgewässer - Bewertung Maximal- und Jahresmittelwerte 2008 – 2012
- Anlage 4 Messstellen Grundwasser 2008 – 2012
- Anlage 5 Grundwasser - Einzelmesswerte 2008-2012

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: LC-MS-MS-Analysensystem API 5500	5
Abbildung 2: P ₉₀ P/PNEC-Verhältnis der Arzneistoffe.....	16
Abbildung 3: jährlich untersuchte KEMP-Messstellen	23
Abbildung 4: Jahresmittelkonzentrationen Elbe - Magdeburg, links	24
Abbildung 5: Jahresmittelkonzentrationen Saale - Groß Rosenburg.....	25
Abbildung 6: Jahresmittelkonzentrationen der Weiße Elster - Halle-Ammendorf	26
Abbildung 7: Vergleichsmessstellen an Elbe und Saale	26
Abbildung 8: Vergleich Einzelprobe / Wochenmischprobe für Saale und Elbe (2012) – Beispiel Diclofenac	27
Abbildung 9: Vergleich Einzelprobe / Wochenmischprobe für Saale und Elbe (2012).....	28
Abbildung 10: Vergleich Elbe, linkes und rechtes Ufer in Magdeburg (Jahr 2012)	29
Abbildung 11: ausgewählte Gebietsauslass-Messstellen.....	30
Abbildung 12: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Arzneistoffe an den untersuchten Gebietsauslass-Messstellen (2008 / 2009).....	30
Abbildung 13: Messstellen im Einzugsgebiet Saale	32
Abbildung 14: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe in Nebengewässern der Saale	33
Abbildung 15: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe im Längsverlauf der Saale	33
Abbildung 16: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe im Einzugsgebiet Milde/ Biese/Aland	37
Abbildung 17: Messstellen im Einzugsgebiet Milde/Biese/Aland.....	37
Abbildung 18: Messstellen im Einzugsgebiet Bode.....	39
Abbildung 19: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe in Nebengewässern der Bode	39
Abbildung 20: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe im Längsverlauf der Bode	41
Abbildung 21: Messstelle Lossa, unterhalb Lossa	42
Abbildung 22: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe in der Lossa und in der Getel.....	42
Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung Positivbefunde im Grundwasser in Abhängigkeit des Untersuchungsumfangs, im Zeitraum 2008-2012.....	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messprogramm 2008 bis 2012 - Arzneistoffe, Bestimmungsgrenzen, Anwendung und Eigenschaften.....	7
Tabelle 2: Arzneistoffe 2008 bis 2012 - untersuchte Fließgewässermessstellen	9
Tabelle 3: Arzneistoffe 2008 bis 2012 - untersuchte Grundwassermessstellen	11
Tabelle 4: Sicherheitsfaktoren zur Herleitung der aquatischen PNEC-Werte [32].....	13
Tabelle 5: Arzneistoffe 2008-2012 Fließgewässer, Wertebereich: Minimum (Min) – Maximum (Max) – Jahresmittelwert (messstellenunabhängiger MW aller Einzelwerte des Jahres) im Vergleich zu Literaturwerten.	14
Tabelle 6: Risikobewertung der Arzneistoffe in Sachsen-Anhalt (2008-2012).....	15
Tabelle 7: Übersicht/ Ranking der Arzneistoffnachweise im Grundwasser 2008 bis 2012	43
Tabelle 8: Anforderungen an Arzneimittelwirkstoffe aus humantoxikologischer Sicht	46

Abkürzungsverzeichnis

AMB	Automatische Messstation – Beschaffenheit
BG.....	Bestimmungsgrenze
BLAC.....	Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit
ETOX	Informationssystem Ökotoxikologie und Umweltqualitätsziele
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
GrwV	Grundwasserverordnung
GÜSA.....	Gewässerüberwachung in Sachsen-Anhalt
IKSE.....	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
JD	Jahresdurchschnitt
KA	Kläranlage
KEMP	Koordiniertes Elbe-Messprogramm
LAWA.....	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
MST	Messstelle(n)
NOEC.....	no observed effect concentration
PNEC	predicted no effect concentration
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UMK	Umweltministerkonferenz
UQN.....	Umweltqualitätsnorm
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
ZHK.....	zulässige Höchst Konzentration

1 Einleitung

Seit den 1990er Jahren wurden Arzneistoffe wiederholt, national und international, in der aquatischen Umwelt (im Oberflächenwasser, Grundwasser und Trinkwasser) nachgewiesen. Weiterhin konnte ein stetiger flächendeckender Eintrag der Wirkstoffe in den Wasserkreislauf (z.B. über Kläranlagen, Landwirtschaft) festgestellt werden. Diese Problematiken sind verstärkt in den Fokus der Politik und Wissenschaft gerückt. Die Umweltministerkonferenz (UMK) forderte, aufgrund der Ergebnisse aus dem Bericht des Bund/Länderausschusses für Chemikaliensicherheit (BLAC), in den Umweltüberwachungsprogrammen der Länder die Berücksichtigung von Arzneistoffen [1].

Auch im Rahmen des Umsetzungsprozesses der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) spielen Arzneistoffe zunehmend eine Rolle. In Deutschland wurden für einige Arzneistoffe Vorschläge für Umweltqualitätsnormen erarbeitet, die jedoch bisher noch keinen Eingang in die gesetzlichen Regelungen gefunden haben.

Der Haupteintrag von Arzneistoffen sowie deren Metaboliten in die Umwelt erfolgt über den Anwender über das kommunale Abwasser (häusliche Abwässer, Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen sowie unsachgemäße Entsorgung) zur Kläranlage (KA). Der Abbau dieser Substanzen in der biologischen Stufe einer Abwasserreinigungsanlage ist aufgrund der verschiedenen Stabilität der Wirkstoffe unterschiedlich. Die nur teilweise oder gar nicht abgebauten Wirkstoffe gelangen über den Ablauf der Kläranlage in die Oberflächengewässer. Stabile Moleküle können über die Bodenpassage in das Grundwasser dringen und durch das Trinkwasser wieder zum Menschen gelangen [2].

Die folgenden umweltrelevanten Eigenschaften der Arzneistoffe können Mensch und Natur gefährden [3]:

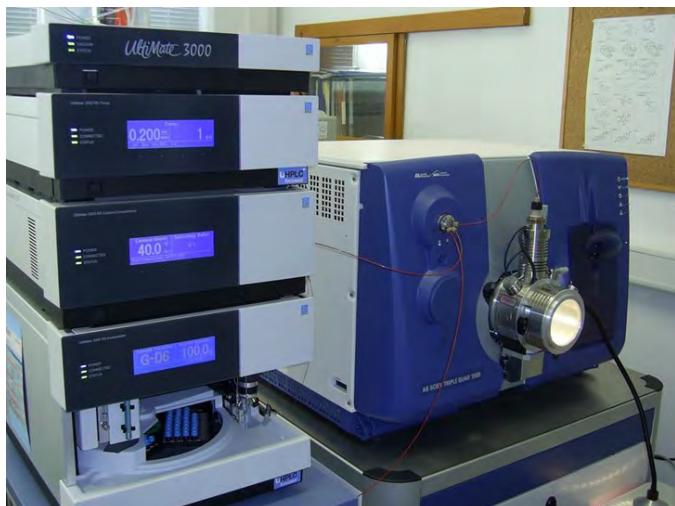
- hohe Persistenz in der Umwelt,
- hohe Mobilität in der wässrigen Phase,
- umwelt- und gesundheitsschädigendes Potenzial.

In Sachsen-Anhalt werden seit 2002 Arzneimitteluntersuchungen im Rahmen der Gewässerüberwachung durchgeführt. Zusammenfassende Berichte wurden bereits für die Untersuchungsergebnisse der Jahre 2002-2003, 2004-2005 und 2006-2007 veröffentlicht [4] [5] [6].

Unter Verwendung einer im Jahr 2014 erarbeiteten Bachelorarbeit der Fachhochschule Magdeburg-Stendal werden nachfolgend die Ergebnisse der Untersuchungsjahre 2008 - 2012 ausgewertet.

2 Analytik

Die Wasserproben wurden als Stichprobe oder qualifizierte Stichprobe in 1l-Braunglasflaschen mit Vollschliffstopfen gewonnen. Die Flaschen wurden blasenfrei und randvoll gefüllt. Der Transport der Proben erfolgte unter Kühlung. Die Probenvorbereitung erfolgte innerhalb von 24h.



Eine moderne Technik zur Analytik von Arzneistoffen unterschiedlichster Verbindungsklassen ist die Kopplung von Flüssigchromatographie und Massenspektrometrie (HPLC-MS-MS). Als Massenspektrometer kamen die Systeme Q-Trap 4000 und API 5500 der Fa. Sciex zum Einsatz.

Abbildung 1: LC-MS-MS-Analysensystem API 5500

Probenvorbereitung und Dotierung:

Die zu analysierenden Arzneistoffe wurden aus dem Wasser isoliert und angereichert:

- Einstellung des pH-Wertes auf 3-4 Festphasenextraktion von 100ml Probe mittels SDB-Kartuschen zur Anreicherung der
- Elution der Analyten von der Festphase mittels organischem Lösemittel (Methanol/Aceton)
- vollständige Verdampfung der Probe und Aufnahme des Rückstandes in Wasser/Puffer
- Filtration über Spritzenvorsatz- Membranfilter

Flüssigchromatographie:

- Eluent A: MeOH/ Puffer 2.5mmol NH4Ac/ 0.1 % Ameisensäure;
- Eluent B: H2O/ Puffer 2.5mmol NH4Ac/ 0.1% Ameisensäure
- Analytische Trennsäulen
Syngi Hydro RP (Phenomenex), Onyx C18 (Phenomenex) , Eclipse XDB-C18 (Agilent)

Die Kopplung von Flüssigchromatographie und Massenspektrometrie ermöglicht die Trennung und Quantifizierung der Analyten. Die Bedingungen der massenspektrometrischen Detektion und der flüssigchromatographischen Trennung wurden für alle Arzneistoffe optimiert.

3 Arzneistoffuntersuchungen 2008-2012

Die jährlichen Planungen zur Gewässerüberwachung in Sachsen-Anhalt (GÜSA) werden unter Berücksichtigung nationaler und internationaler Vorgaben (FGG Elbe, IKSE) erstellt.

Im Rahmen des GÜSA wurden auch in den Jahren 2008 bis 2012 Untersuchungen auf Arzneistoffe an ausgewählten Messstellen im Oberflächenwasser und im Grundwasser durchgeführt [7] [8] [9] [10] [11].

3.1 Messprogramm

Die Auswahl der zu untersuchenden Arzneistoffe erfolgte unter Verwendung von Literaturstudien zu gleichartigen Untersuchungen in anderen Bundesländern sowie aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse in Sachsen-Anhalt und im Rahmen der Kapazität des LHW-Labors.

Im Untersuchungszeitraum 2008 bis 2012 wurden bis zu 21 Arzneistoffe (siehe Tab. 1) auf ihr Vorkommen im Grund- und Oberflächenwasser in Sachsen-Anhalt analysiert. An Fließgewässermessstellen wurden jährlich jeweils 4 bis 12 Einzelproben bzw. an den Messstationen 24 Mischproben entnommen. Die Grundwassermessstellen wurden im Gesamtzeitraum ein bis maximal fünfmal beprobt.

Das Parameterspektrum umfasst zunächst die Arzneistoffe aus dem Untersuchungsjahr 2007 mit Ausnahme der 2007 untersuchten Antibiotika aus der Tiermedizin, da deren Konzentrationen in den Jahren 2006/2007 stets unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lagen. Darüber hinaus wurde das Parameterspektrum im Lauf der Jahre erweitert. 2008 kamen *Propyphenazon*, *Erythromycin*, *Sulfamethoxazol*, *Metoprolol* und *Sotalol* hinzu, 2009 die Hormone *Estron*, *17 β -Estradiol* und *17 α -Ethinylestradiol* und 2012 *Tramadol*, *Gabapentin* und *Amidotrizoësäure*. Die Untersuchung der Wirkstoffe *Clofibrinsäure*, *Phenazon*, *Propyphenazon* und *Erythromycin* wurde 2012 eingestellt.

Tabelle 1: Messprogramm 2008 bis 2012 - Arzneistoffe, Bestimmungsgrenzen, Anwendung und Eigenschaften

Arzneistoff	Bestimmungs grenze in µg/l	Verwendung	Eigenschaften	2008	2009	2010	2011	2012
Diclofenac	0,005	Analgetikum (Schmerzmittel) / Antirheumatikum (Rheumatische Beschwerden)	<ul style="list-style-type: none"> • schwer biologisch abbaubar • wenig wasserlöslich • mittleres Adsorptionspotential • schädlich für Wasserorganismen 	X	X	X	X	X
Phenazon	0,001	Analgetikum (Schmerzmittel)	<ul style="list-style-type: none"> • gut wasserlöslich • schlecht abbaubar • keine Sorption an Klärschlamm, Boden oder Filtermaterial 	X	X	X	X	
Ibuprofen	0,025	Analgetikum (Schmerzmittel) / Antirheumatikum (Rheumatische Beschwerden)	<ul style="list-style-type: none"> • biologisch abbaubar • mittleres Adsorptionspotential • hohe Bioakkumulationstendenz • umweltgefährlich (giftig für Wasserorganismen) • wenig wasserlöslich 	X	X	X	X	X
Propyphen- azon	0,001	Analgetikum (Schmerzmittel) / Antirheumatikum (Rheumatische Beschwerden)	<ul style="list-style-type: none"> • nicht biologisch abbaubar • hohe Mobilität • geringe Sorption 	X	X	X	X	
Tramadol	0,001	Analgetikum (Schmerzmittel)	<ul style="list-style-type: none"> • gut wasserlöslich 					X
Clarithro- mycin	0,005	Antibiotikum	<ul style="list-style-type: none"> • relativ schlecht wasserlöslich, aber hydrophiler als Tetracycline • geringe Sorption an tonhaltigen Boden • Sorption an organische Bestandteile des Bodens und an Wurzeln • biologisch abbaubar 	X	X	X	X	X
Roxithro- mycin	0,005	Antibiotikum	<ul style="list-style-type: none"> • relativ schlecht wasserlöslich, aber hydrophiler als Tetracycline • geringe Sorption an tonhaltigen Boden • Sorption an organische Bestandteile des Bodens und an Wurzeln • biologisch abbaubar 	X	X	X	X	nur Grundwasser
Erythromycin	0,010	Antibiotikum	<ul style="list-style-type: none"> • relativ schlecht wasserlöslich, aber hydrophiler als Tetracycline • Sorption an organische Bestandteile des Bodens und an Wurzeln • biologisch abbaubar 	X	X	X	X	
Sulfamethox- azol	0,001 µg/l ab 2012 0,005	Antibiotikum	<ul style="list-style-type: none"> • gut wasserlöslich, • persistent • geringe Sorption ans Sediment • hohe Mobilität • biologisch nicht abbaubar 	X	X	X	X	X

Arzneistoff	Bestimmungs grenze in µg/l	Verwendung	Eigenschaften	2008	2009	2010	2011	2012
Clofibrinsäure	0,001	Lipidsenker und Metaboliten (Stoffwechsel-erkrankungen)	<ul style="list-style-type: none"> • schwer biologisch abbaubar • hohe Persistenz und Mobilität in der aquatischen Umwelt • geringes Adsorptionspotential • gut wasserlöslich 	X	X	X	X	
Bezafibrat	0,001	Lipidsenker und Metaboliten (Stoffwechsel-erkrankungen)	<ul style="list-style-type: none"> • biologisch abbaubar • hohes Adsorptionspotential 	X	X	X	X	X
Carbamazepin	0,001	Antiepileptikum (Epilepsie-erkrankungen)	<ul style="list-style-type: none"> • schwer biologisch abbaubar • geringes Adsorptionspotential • Akkumulationspotential im aquatischen Organismus • reproductionstoxische Wirkung bei Säugern • hohe Mobilität • wenig wasserlöslich • persistent 	X	X	X	X	X
Gabapentin	0,050	Antiepileptikum (Epilepsie-erkrankungen)	Keine Angaben					X
Metoprolol	0,010	Betablocker	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Bioakkumulationspotenzial 	X	X	X	X	X
Sotalol	0,010	Betablocker	Keine Angaben	X	X	X	X	X
Iopamidol	0,005	Röntgenkontrastmittel	<ul style="list-style-type: none"> • schwer biologisch abbaubar • persistent • geringes Adsorptionspotential • gut wasserlöslich 	X	X	X	X	X
Iopromid	0,010	Röntgenkontrastmittel	<ul style="list-style-type: none"> • schwer biologisch abbaubar • persistent • geringes Adsorptionspotential • gut wasserlöslich 	X	X	X	X	X
Amidotrizoënsäure	0,010	Röntgenkontrastmittel	<ul style="list-style-type: none"> • schwer biologisch abbaubar • persistent • geringes Adsorptionspotential • gut wasserlöslich 					X
Estron	0,0002	Hormone (Metabolit)	<ul style="list-style-type: none"> • biologisch abbaubar • lipophil daher mögl. Sorptionsneigung 		X	X		
17β-Estradiol	0,0002	natürliches Hormon	<ul style="list-style-type: none"> • biologisch abbaubar • lipophil daher mögl. Sorptionsneigung 		X	X		
17α-Ethinylestradiol	0,0002	synthetisches Hormon	<ul style="list-style-type: none"> • biologisch abbaubar • lipophil daher mögl. Sorptionsneigung 		X	X		

3.2 Messstellenauswahl

3.2.1 Messstellenauswahl Oberflächenwasser

Im Rahmen des GÜSA erfolgten im Zeitraum 2008 bis 2012 Untersuchungen an 43 Fließgewässermessstellen (siehe Tabelle 2; Übersichtskarte siehe Anlage 1).

Die Überwachung der Elbe-Messstellen wird jährlich national durch die Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG) und international durch die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) koordiniert [12] [13] [14] [15] [16]. In diesem „Koordiniertem Elbe-Messprogramm“ (KEMP) werden sowohl die Überwachungsparameter als auch Häufigkeit und Zeitpunkt der Beprobungen abgestimmt. Im Zeitraum 2008 bis 2011 wurden in Sachsen-Anhalt im Rahmen dieser Messungen an drei Messstellen (MST) jährlich Arzneistoffe untersucht: Magdeburg links (Elbe), Groß Rosenburg (Saale) und Halle-Ammendorf (Weiße Elster).

Im Jahr 2008 wurden darüber hinaus hydrologisch wichtige Gebietsauslass-Messstellen (Havel, Mulde, Schwarze Elster und Unstrut) untersucht.

2009 wurden neben den KEMP-Messstellen die Gebietsauslass-Messstellen der Aller und Ilse beprobt. Darüber hinaus erfolgten Beprobungen dreier Nebengewässer der Saale (Weiße Elster, Böse Sieben und Wipper).

Im Jahr 2010 wurden neben den KEMP-Messstellen die Einzugsgebiete Saale, Milde/Biese/Aland und Bode vertieft untersucht. Die Beprobungen der Fließgewässer Saale und Milde/Biese/Aland erfolgten im Längsschnitt an repräsentativen Messstellen.

2011 wurde neben den KEMP-Messstellen die Bode im Längsschnitt sowie deren Nebenflüsse Selke und Getel untersucht. Darüber hinaus wurde die Lossa (Bereich uh. Lossa) beprobt, um exemplarisch die Belastungssituation in einem Gebiet zu erfassen, in dem das Abwasser ausschließlich dezentral entsorgt wird.

Im Jahr 2012 lag der Untersuchungsschwerpunkt bei den drei KEMP-Messstellen. Hinzu kamen die „Automatischen Messstationen – Beschaffenheit“ (AMB) in Magdeburg und Groß Rosenburg, um die Einzelproben der KEMP-Messstellen mit den Wochenmischproben zu vergleichen. An der Elbe wurde darüber hinaus die Messstelle Magdeburg rechts beprobt, um einen Vergleich zwischen der linken und rechten Flussseite der Elbe zu erhalten.

Tabelle 2: Arzneistoffe 2008 bis 2012 - untersuchte Fließgewässermessstellen

Schwerpunkt der Untersuchung	Einzugsgebiet	Gewässer	Messstelle	MST-Nr	2008	2009	2010	2011	2012
Jährliche Messung (KEMP/IKSE)	Weißer Elster	Weißer Elster	Halle-Ammendorf	310110	x		x	x	x
	Saale	Saale	Groß	410200	x	x	x	x	x
	Elbe	Elbe	Magdeburg, links	410020	x	x	x	x	x

Schwerpunkt der Untersuchung	Einzugsgebiet	Gewässer	Messstelle	MST-Nr	2008	2009	2010	2011	2012
Vergleich der WMP / EP	Saale	Saale	Groß Rosenburg, AMB	470201					x
	Elbe	Elbe	Magdeburg, links; AMB	470022					x
	Elbe	Elbe	Magdeburg, rechts	410021					x
Gebietsauslass - MST	Schwarze Elster	Schwarze Elster	Gorsdorf	2150020	x				
	Unstrut	Unstrut	Freyburg	310140	x				
	Mulde	Mulde	Dessau	2130040	x				
	Havel	Havel	unterhalb Toppel	410720	x				
	Aller	Ilse	Rimbeck, Str.Br.	411020		x			
	Aller	Aller	Seggerde	410970		x			
Einzugsgebiet / Längsschnitt	Saale	Weißer Elster	Zeitz	310100		x			
		Weißer Elster	Oberthau	313236		x			
		Böse Sieben	Wormsleben	310770		x			
		Wipper	Aderstedt	310150		x			
		Saale	Bad Kösen	310010			x		
		Saale	Halle-Trotha	310070			x		
		Saale	Wettin	310080			x		
		Saale	Alsleben	310083			x		
		Ziethe	uh. KA Köthen	2173020			x		
		Saale	Nienburg (oberhalb Bode)	310090			x		
		Saale	Jesar (unterhalb Bode)	310095			x		
	Milde/ Biese/ Aland	Kuhgraben	uh. KA Stendal	417520			x		
		Uchte	Möllendorf, uh. KA Goldbeck	417435			x		
		Uchte	Osterburg	417440			x		
		Biese	Gladigau	418035			x		
		Biese	unterhalb Osterburg	417020			x		
		Biese	Dobbrun	417010			x		
	Bode	Aland	Wanzer	410610			x		
		Getel	Hoym, Mühle	411950				x	
		Selke	Hoym	411160				x	
		Selke	Hedersleben	411170				x	
		Bode	Thale unterhalb EHW	410105				x	
		Bode	oberhalb Quedlinburg	410120				x	
		Bode	Ditfurt	410130				x	
		Bode	Wegeleben	410140				x	
		Bode	Gröningen	410145				x	
		Bode	Hadmersleben	410160				x	
		Bode	Egeln-Nord (Einzelwert)	410170				x	
		Bode	Staßfurt-Wehr	410185				x	
		Bode	Neugattersleben	410195			x	x	
EZG mit dezentraler Abwasserentsorgung	Unstrut	Lossa	unterhalb Lossa	312696				x	

3.2.2 Messstellenauswahl Grundwasser

Im Betrachtungszeitraum 2008 bis 2012 wurden insgesamt 41 ausgewählte Messstellen aus dem Landesmessnetz und dem Stadtmessnetz Halle (Saale) untersucht (siehe Tabelle 3; Übersichtskarte siehe Anlage 4).

Zielstellung der Untersuchungen war es, Messstellen in den Regionen zu untersuchen, wo ein erhöhtes Eintragsrisiko besteht. Zu Gebieten mit einem erhöhten Eintragsrisiko zählen

- Siedlungsgebiete (diffuse Abwassereinträge aus undichten Kanalsystemen oder Versickerungen aus Kleinkläranlagen),
- Gebiete mit Uferfiltrateinfluss (Grundwasser steht in engem Kontakt mit Oberflächengewässer) und
- Landwirtschaftliche Intensivgebiete (Verwertung hoher Mengen an Gülle, Klärschlamm und Gärresten).

Weiterhin wurden Messstellen untersucht, die im vorhergehenden Untersuchungszeitraum bereits Positivbefunde aufwiesen. Dies betraf v.a. Messstellen aus dem Stadtmessnetz Halle, dem Großraum Magdeburg und dem Stadtgebiet Dessau. Aber auch Messstellen in der Flussaue der Weißen Elster im Raum Zeitz wurden in die Untersuchungen einbezogen.

Tabelle 3: Arzneistoffe 2008 bis 2012 - untersuchte Grundwassermessstellen

Messstelle	Messstellen-Nr	Landkreis	Flächennutzung
Aken	2464014	Anhalt- Bitterfeld	Acker, Straßenrand
Arendsee 1, UP	445204	Altmarkkreis Salzwedel	Siedlung
Arendsee 1, OP	445205	Altmarkkreis Salzwedel	Siedlung
Arendsee 2	445206	Altmarkkreis Salzwedel	Siedlung
Arendsee 3, UP	445207	Altmarkkreis Salzwedel	Acker
Arendsee 3, OP	445208	Altmarkkreis Salzwedel	Acker
Arendsee Wendfeld, OP	445228	Altmarkkreis Salzwedel	Seeufer
Arendsee Wendfeld, UP	445229	Altmarkkreis Salzwedel	Seeufer
Auligk 101/00	340290	Burgenlandkreis	Grünland, Weideland
Bageritz	340820	Saalekreis	Acker
Biere Hy Ek Sbe 113/85	445027	Salzland	Acker
Brücken	341445	Mansfeld- Südharz	Acker
Colbitz_2393 OP	2494906	Stendal	Acker, Wald
Dessau-Alten	2434012	Dessau-Roßlau	Brachland
Dietrichsdorf	2484012	Wittenberg	Acker/ Straße,
Frauborn	440046	Salzland	Acker, Grünland
Göbitz 0101	341430 (Ermittlung)	Burgenlandkreis	Acker, Grünland, Elsteraue
Göbitz 102/00	340360	Burgenlandkreis	Acker, Wegesrand
Griebo	2580501	Wittenberg	Deponie
Halle, Brauhausstraße	341350	Halle	Siedlung, Unland
Halle, Frohe Zukunft	341340	Halle	Siedlung
Halle, Pestalozzipark	2409005 (Ermittlung)	Halle	Siedlung, Kleingärten, Park
Halle-Lettin, Äußere Lettiner Str.	2409001 (Ermittlung)	Halle	Grünland, Saaleaue, Kläranlage

Messstelle	Messstellen-Nr	Landkreis	Flächennutzung
Halle-Silberhöhe, Freyburger Ecke Kasseler Str.	2409003 (Ermittlung)	Halle	Siedlung, Unland, Tankstelle
Klieken	2471007	Wittenberg	Elbaue
Klöden (neu)	2451009	Wittenberg	Elbaue, Wegrand
MD-Neu Olvenstedt / Stadt	445153	Magdeburg	Siedlung, Unland
MD-Blumenbergerstr.	445013	Magdeburg	Siedlung, Gärten
MD-Rennbahn	445042	Magdeburg	Wald, Siedlung
Merkwitz	2481107	Wittenberg	Grünland, Straße
Nessa 1/01	340933	Burgenlandkreis	Acker
Ottersleben JH-Amtsgarten	445012	Magdeburg	Siedlung, Park
Reideburg / Kapellenplatz	340630	Halle	Siedlung
Röpzig 1/94	340450	Saalekreis	Siedlung, Saaleaue
Saubach 1/98	340230	Burgenlandkreis	Ödland
Schmon 105/96	340420	Saalekreis	Acker
Teufelsquelle Neidschütz	345050	Burgenlandkreis	Wald, Siedlung
Tröglitz 0102	341435 (Ermittlung)	Burgenlandkreis	Acker, Siedlung, Elsteraue
Urtalsborn	345080	Saalekreis	Acker, Waldrand
Weickelsdorf - Roda 1/01	340936	Burgenlandkreis	Grünland
Zangenberg 103/00	340300	Burgenlandkreis	Grünland, Acker

3.3 Hinweis zur Auswertung

Die EG-WRRL gibt für viele Stoffe Umweltqualitätsnormen (UQN) vor, d.h. Schadstoffkonzentrationen im Wasser, in Sedimenten oder in der Biota, die zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft nicht überschritten werden dürfen [17]. Für Arzneistoffe gibt die WRRL bislang keine UQN vor. Auch für das Grundwasser existieren in der GrwV aktuell keine Schwellenwerte. Zur Bewertung des Grundwassers wird auf die nutzungsbezogene Beurteilung von Trinkwasserressourcen (gesundheitliche Orientierungswerte der LAWA) orientiert [25].

Das Umweltbundesamt hat die Online-Datenbank ETOX (Informationssystem Ökotoxikologie und Umweltqualitätsziele) erstellt, die Datensätze zur Wirkung auf aquatische und terrestrische Organismen, sowie nationale und internationale Umweltqualitätsziele für die Medien Wasser und Boden enthält [18]. In dieser Datenbank sind auch für viele Arzneistoffe UQN-Vorschläge aufgeführt, deren Erarbeitung die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) veranlasst hat. Für die Bewertung sind meist die Jahresdurchschnitts-Werte (JD-UQN) heranzuziehen. Zur Beurteilung der Einhaltung der zulässigen Höchst Konzentration (ZHK-UQN) ist das Jahres-Maximum der Einzelwerte zu verwenden.

Für Arzneistoffe, für die keine UQN-V vorliegen, werden für die Bewertung die PNEC-Werte (predicted no effect concentration – vorausgesagte maximal nicht wirksame Dosis) herangezogen. Diese werden auf Basis der mit ökotoxikologischen Tests gewonnenen

Wirkwerte ermittelt [19]. Sie beruhen auf der ermittelten chronischen Toxizität (NOEC: no observed effect concentration) für den empfindlichsten Organismus eines Gewässers. Durch Tests mit Wasserorganismen aus drei Stufen der Nahrungskette, den so genannten trophischen Stufen Pflanzen (Alge), Wirbellose (Daphnie) und Wirbeltier (Fisch), wird mit hoher Wahrscheinlichkeit der empfindlichste Organismus mit erfasst [20]. Der Testwert wird durch einen Sicherheitsfaktor dividiert, um den PNEC-Wert zu erhalten (siehe Tabelle 4). Die Wahl des Sicherheitsfaktors hängt von den vorhandenen Ökotoxizitätsdaten ab. Je besser die Kenntnisse, v.a. zur chronischen Ökotoxizität, desto niedriger ist der Sicherheitsfaktor.

Tabelle 4: Sicherheitsfaktoren zur Herleitung der aquatischen PNEC-Werte [32]

verfügbare Daten	Sicherheitsfaktor
Chronische Studien (NOEC) an mindestens drei Arten unterschiedlicher trophischer Ebenen (Alge, Daphnie, Fisch)	10
Zwei chronische Studien (NOEC) an Arten unterschiedlicher trophischer Ebenen (Alge und/oder Daphnie und/oder Fisch)	50
Eine chronische Studie (NOEC) an Daphnie oder Fisch	100
Je eine Kurzzeit-Studie (L(E)C50) an Alge, Daphnie und Fisch als Vertreter verschiedener trophischer Ebenen	1.000
Zwei Kurzzeit-Studien (L(E)C50) an Arten unterschiedlicher trophischer Ebenen (Algen und/oder Daphnie und/oder Fisch)	5.000
Eine Kurzzeit-Studie (L(E)C50) an Arten unterschiedlicher trophischer Ebenen (Algen oder Daphnie oder Fisch)	25.000

Für eine Wirkungsanalyse wird nachfolgend das Verhältnis zwischen den aus den Messwerten ermittelten 90%-Perzentilen ($P_{90}P$) und den PNEC-Werten gebildet (s. Tabelle 5). Bei einem Verhältnis $P_{90}P/PNEC$ von <1 „ist davon auszugehen, dass von der betreffenden Substanz nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand kein Risiko für die Umwelt ausgeht. Liegt der Wert ≥ 1 , werden Maßnahmen zur Risikovermeidung und -minderung erforderlich“ [19].

Für die im Untersuchungszeitraum analysierten 21 Arzneistoffe liegen 14 JD-UQN-Vorschläge, 7 ZHK-UQN-Vorschläge und 19 PNEC-Werte vor. (siehe Anlage 3).

In allen nachfolgenden Auswertungen wurden Einzelmesswerte „kleiner Bestimmungsgrenze“ ("<BG") für weitere Berechnungen mit dem Zahlenwert der halben BG berücksichtigt. [21]

Grundsätzlich ist zu betonen, dass die folgenden Auswertungen auf einer relativ geringen Datengrundlage basieren. Eine generelle statistisch gesicherte Aussage ist bei dem jährlichen Probenahmeumfang nicht möglich, da dieser zu gering ist.

4 Ergebnisse und Auswertung Oberflächengewässer

4.1 Stoffbezogene Auswertung

Im Untersuchungszeitraum 2008 bis 2012 wurden 43 Fließgewässermessstellen beprobt und auf insgesamt 21 Arzneistoffe untersucht.

Die gemessenen Einzelmesswerte der Arzneistoffkonzentrationen sind der Anlage 2 zu entnehmen. Die Minimal-, Maximal-, und Jahresmittelwerte der Arzneistoffkonzentrationen sind der Anlage 3 zu entnehmen.

Die Ergebnisse (Minima, Maxima und Jahresmittelwert) der Untersuchungsprogramme 2008 bis 2012 sind der folgenden Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Arzneistoffe 2008-2012 Fließgewässer, Wertebereich: Minimum (Min) – Maximum (Max) – Jahresmittelwert (MW des Jahres aus allen Einzelwerten aller Messstellen) im Vergleich zu Literaturwerten

Arzneistoff			2008	2009	2010	2011	2012	Maximalwerte aus der Literatur / Quelle	
Clofibrinsäure	Lipidsenker in µg/l	Min	<0,001					1,8 / [22]	
		Max	0,14	0,008	0,022	0,035			
		MW	0,003	<BG	0,001	0,001			
Bezafibrat	Analgetika in µg/l	Min	<0,001					5,0 / [22]	
		Max	0,22	0,72	0,11	0,1	0,52		
		MW	0,025	0,049	0,010	0,011	0,018		
Diclofenac		Min	<0,005					3,1 / [22]	
		Max	0,45	1,1	0,39	0,62	0,52		
		MW	0,069	0,196	0,083	0,097	0,111		
Phenazon		Min	<0,001					2,5 / [22]	
		Max	0,17	0,1	0,023	0,43			
		MW	0,013	0,005	0,003	0,015			
Ibuprofen		Min	<0,025			<0,01		2,4 / [22]	
		Max	0,1	1,7	0,13	0,83	0,064		
		MW	0,009	0,073	0,011	0,036	0,021		
Propyphenazon		Min	<0,001					0,88 / [22]	
		Max	0,021	<BG	0,004	0,041			
		MW	0,002	<BG	0,001	0,002			
Tramadol		Min				<0,001		0,052 / [22]	
		Max					0,13		
		MW					0,063		
Carbamazepin	Antiepileptika in µg/l	Min	<0,001					6,1 / [22]	
		Max	0,73	1,6	0,76	1,6	0,33		
		MW	0,178	0,240	0,117	0,167	0,150		
Gabapentin		Min					<0,05	1,97 / [23]	
		Max					3		
		MW					1,002		
Clarithromycin	Antibiotika in µg/l	Min	<0,005					0,98 / [22]	
		Max	0,2	0,15	0,069	0,12	0,062		
		MW	0,018	0,019	0,007	0,007	0,024		
Roxithromycin		Min	<0,005					0,59 / [22]	
		Max	0,21	0,13	0,29	0,044			
		MW	0,010	0,011	0,007	0,006			

Arzneistoff		2008	2009	2010	2011	2012	Maximalwerte aus der Literatur / Quelle
Erythromycin		Min	<0,01				1,7 / [22]
		Max	0,15	0,077	0,019	0,025	
		MW	0,010	0,009	<BG	<BG	
Sulfamethoxazol		Min	<0,01			<0,001	1,1 / [22]
		Max	0,14	1,7	0,18	0,31	
		MW	0,045	0,094	0,018	0,023	
Iopamidol	Röntgenkontrastmittel in µg/l	min	<0,005				7,58 / [22]
		max	1,4	1,6	1,4	1,3	
		MW	0,271	0,305	0,196	0,140	
Iopromid		min	<0,005				30 / [22]
		max	0,77	2,9	1,2	0,7	
		MW	0,216	0,192	0,187	0,120	
Amidotrizoësäure		min	<0,01				15,8 / [24]
		max				0,92	
		MW				0,387	
Metoprolol	Beta-Blocker in µg/l	min	<0,01				2,5 / [22]
		max	0,26	0,42	0,24	0,12	
		MW	0,069	0,088	0,060	0,049	
Sotalol		min	<0,01				1,3 / [22]
		max	0,088	0,16	0,076	0,26	
		MW	0,019	0,035	0,013	0,026	
Estron	Hormone in ng/l	min	<0,2				1,0 / [22]
		max		1,8	0,83		
		MW		0,582	0,512		
17β-Estradiol		min	<0,2				2,7 / [22]
		max		<BG	0,62		
		MW		<BG	0,197		
17α-Ethinylestradiol		min	<0,2				38 / [22]
		max		<BG	0,70		
		MW		<BG	0,150		

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse entsprechend der unter 3.3 beschriebenen Wirkungsanalyse ist in der nachfolgenden Tabelle 6 und in der Abbildung 2 dargestellt. Anschließend werden die Arzneistoffe einzeln detaillierter betrachtet. Die Risikobewertung wurde folgendermaßen durchgeführt:

P90P/ PNEC < 1 → kein Risiko für die Umwelt

P90P/ PNEC ≥ 1 → potenzielles Risiko für die Umwelt (Maßnahmen zur Risikovermeidung und -minderung sind erforderlich)

Tabelle 6: Risikobewertung der Arzneistoffe in Sachsen-Anhalt (2008-2012)

Konzentrationen in µg/l außer Hormone in ng/l; k.A. = keine PNEC vorhanden

Arzneistoff	Anzahl Proben	Anzahl Werte >BG	Max aus allen Proben	P ₉₀ P *	Anzahl der Proben >P ₉₀ P	PNEC	P ₉₀ P/ PNEC **
Clofibrinsäure	380	49	0,140	0,021	5	25	0,001
Bezafibrat	484	376	0,720	0,052	40	1,2	0,043
Diclofenac	482	442	1,100	0,230	47	0,1	2,3

Arzneistoff	Anzahl Proben	Anzahl Werte >BG	Max aus allen Proben	P ₉₀ P *	Anzahl der Proben >P ₉₀ P	PNEC	P ₉₀ P/ PNEC **
Phenazon	386	170	0,430	0,038	17	20	0,002
Ibuprofen	467	150	1,700	0,101	15	60	0,002
Propyphenazon	377	33	0,041	0,104	4	44	0,002
Tramadol	88	86	0,130	0,100	12	0,32	0,313
Carbamazepin	487	475	1,600	0,304	49	2,5	0,122
Gabapentin	88	83	3,000	1,600	11	44	0,036
Clarithromycin	468	254	0,200	0,046	26	0,2	0,229
Roxithromycin	399	140	0,290	0,038	14	0,2	0,191
Erythromycin	342	40	0,150	0,051	4	0,21	0,242
Sulfamethoxazol	472	351	1,700	0,076	36	0,59	0,129
Iopamidol	487	420	1,600	0,732	42	k.A.	-
Iopromid	487	436	2,600	0,455	44	6800	<0,001
Amidotrizoësäure	88	88	0,920	0,680	10	k.A.	-
Metoprolol	443	400	0,420	0,131	40	3,2	0,041
Sotalol	478	287	0,260	0,058	29	12	0,005
Estron	48	37	1,800	1,300	5	100	0,013
17 β -Estradiol	48	3	0,620	0,580	1	0,02	29
17 α -Ethinylestradiol	48	1	0,700	0,700	1	0,01	70

*P₉₀P = 90%-Perzentil aus allen Proben

** Bei P₉₀P/PNEC Werten < 1 ist davon auszugehen, dass von der betreffenden Substanz nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand kein Risiko für die Umwelt ausgeht. Liegt der Wert ≥ 1 , werden Maßnahmen zur Risikovermeidung und Risikominderung erforderlich (rot hinterlegt).

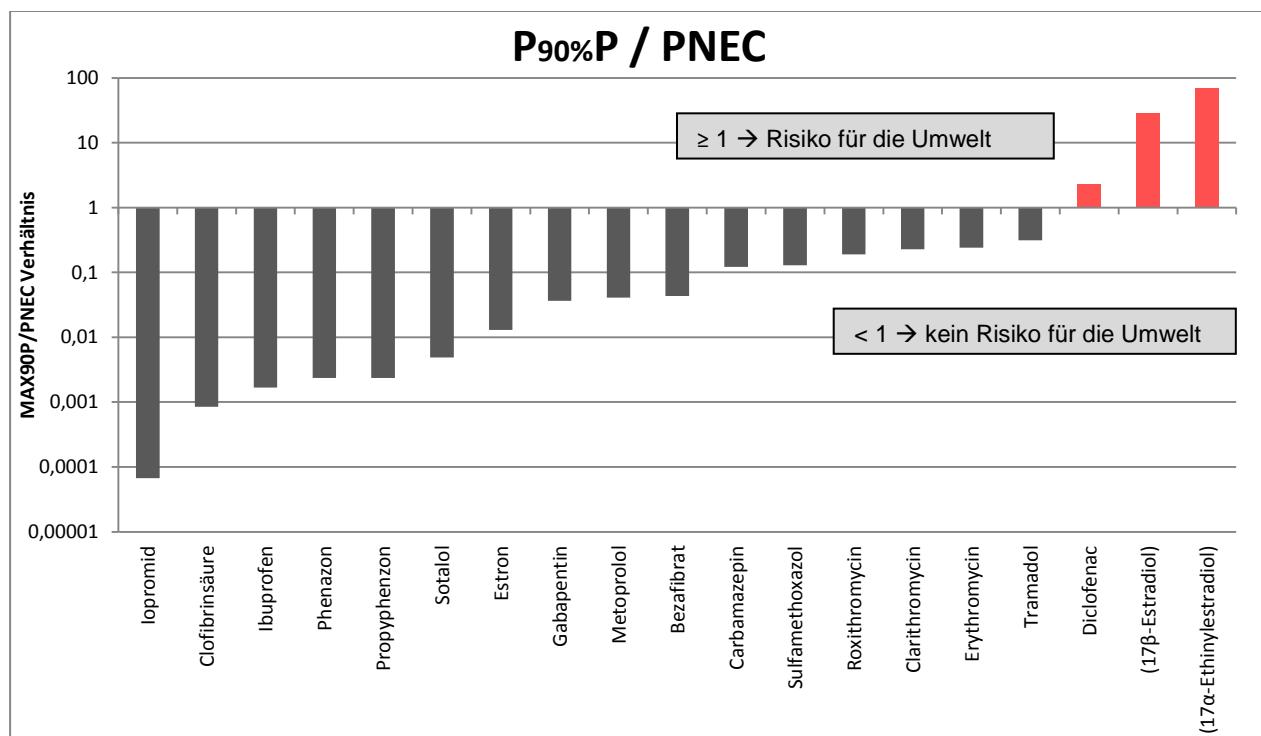


Abbildung 2: P₉₀P/PNEC-Verhältnis der Arzneistoffe

4.1.1 Lipidsenker

Clofibrinsäure	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	5 µg/l	ohne	25 µg/l

Die ausgewählten Oberflächengewässer in Sachsen-Anhalt wurden im Untersuchungszeitraum (2008 bis 2011) 380mal auf Clofibrinsäure untersucht. 87 % der Werte waren < BG. Die im Untersuchungszeitraum ermittelte Höchstkonzentration von 0,14 µg/l lag unterhalb der UQN-Vorschläge. Die gemessenen Konzentrationen lagen weit unter dem PNEC-Wert von 25 µg/l.

Hinsichtlich der Belastung mit Clofibrinsäure besteht für die untersuchten Gewässer ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Bezafibrat	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	2 µg/l	760 µg/l	1,2 µg/l

Bei Bezafibrat waren 376 der 484 Messungen >BG. Mit einer maximalen Konzentration von 0,72 µg/l wurden der ZHK-UQN-Vorschlag von 760 µg/l und der PNEC-Wert von 1,2 µg/l jedoch nicht überschritten. Die JD-Werte lagen mit 0,010 bis 0,049 µg/l deutlich unter dem JD-UQN-Vorschlag.

Hinsichtlich der Belastung mit Bezafibrat besteht für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

4.1.2 Analgetika

Diclofenac	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,05 µg/l	ohne	0,1 µg/l

Diclofenac wurde in 92 % der 482 Messungen nachgewiesen. Dieser Arzneistoff ist als problematisch zu beurteilen. Der JD-UQN-Vorschlag wurde an 24 Messstellen 40mal überschritten, 18 JD-Werte überschritten die doppelte UQN. Die mittleren Jahreskonzentrationen lagen im Bereich von 0,069 bis 0,196 µg/l. Der höchste Einzelwert beträgt 1,1 µg/l. Für die untersuchten Oberflächengewässer in Sachsen-Anhalt wurde ein P90P/PNEC-Verhältnis von 2,3 ermittelt.

Hinsichtlich der Belastung mit Diclofenac besteht für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt ökotoxikologisch ein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Phenazon	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	1,1 µg/l	ohne	20 µg/l

Phenazon wurde 170mal bei 386 Messungen im Untersuchungszeitraum (2008 bis 2011) in den Oberflächengewässern nachgewiesen. Die JD-Werte lagen mit 0,003 bis 0,015 µg/l

unterhalb des JD-UQN-Vorschlags von 1,1 µg/l. Der höchste Einzelwert von 0,43 µg/l (2011) war deutlich kleiner als der PNEC-Wert von 20 µg/l.

Auf Grundlage der ökotoxikologischen Bewertung geht von Phenazon kein potenzielles Risiko aus.

Ibuprofen	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	3 µg/l	23 µg/l	60 µg/l

Bei Ibuprofen wurde in 150 von 467 Proben nachgewiesen. 68 % der Werte waren < BG. Mit einer maximalen Konzentration von 1,7 µg/l wurden der ZHK-UQN-Vorschlag von 23 µg/l und der PNEC-Wert von 60 µg/l nicht überschritten. Die JD-Werte lagen zwischen 0,009 und 0,073 µg/l und überschritten somit nicht den JD-UQN-Vorschlag.

Hinsichtlich der Belastung mit Ibuprofen besteht für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Propyphenazon	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,8 µg/l	ohne	44 µg/l

Bei Propyphenazon (Untersuchungszeitraum 2008 bis 2011) lagen in 91 % der 377 Proben die Konzentrationen unterhalb der BG. Die 33 Konzentrationen > BG blieben weit unter dem UQN-Vorschlag bzw. PNEC-Wert. Die höchste mittlere Konzentration lag bei 0,002 µg/l und der höchste Einzelmesswert wurde mit 0,041 µg/l gemessen.

Hinsichtlich der Belastung mit Propyphenazon besteht für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Tramadol	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	ohne	ohne	0,32 µg/l

Seit 2012 wurde das Schmerzmittel Tramadol untersucht. Dieses Analgetikum wurde bei 88 Probenahmen 83mal nachgewiesen. Da keine UQN-Vorschläge vorliegen, wurde der PNEC-Wert als Bewertungskriterium herangezogen. Der höchste Einzelmesswert mit 0,103 µg/l lag unter dem PNEC-Wert von 0,32 µg/l.

Das P90P/PNEC-Verhältnis beträgt 0,313, dem zufolge besteht kein potenzielles Risiko für die Umwelt.

Von den 83 nach gewiesenen Einzelmesswerten überschritten 48 Werte den in der Literatur genannten Maximalwert von 0,052 µg/l für Deutschland (siehe Tabelle 5).

4.1.3 Antiepileptika

Carbamazepin	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,5 µg/l	2000 µg/l	2,5 µg/l

Für Carbamazepin lagen die JD-Werte zwischen 0,119 und 0,240 µg/l und überschritten somit nicht den JD-UQN-Vorschlag. Nur in 2 % der 487 Proben lagen die Konzentrationen unterhalb der BG. Der höchste Einzelmesswert lag mit 1,6 µg/l jedoch weit unterhalb des ZHK-UQN-Vorschlags von 2000 µg/l.

Hinsichtlich der Belastung mit Carbamazepin besteht für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt bei einem P90P/PNEC-Verhältnis von 0,122 ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Gabapentin	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	ohne	ohne	44 µg/l

Seit 2012 wurde der Arzneistoff in den Oberflächengewässern untersucht. Gabapentin wurde bei 88 Probenahmen 86mal nachgewiesen. Der höchste Einzelmesswert lag bei 3 µg/l, somit blieb Gabapentin unter dem PNEC-Wert von 44 µg/l. Einige der ermittelten Konzentrationen lagen oberhalb des in der Literatur genannten maximalen Messwerts von 1,97 µg/l aus der Literatur.

Hinsichtlich der Belastung mit Gabapentin besteht für die untersuchten Gewässer ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

4.1.4 Antibiotika

Clarithromycin	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,1 µg/l	0,6 µg/l	0,2 µg/l

Beim Clarithromycin lagen rund die Hälfte der gemessenen Proben (254 von 468) im nachweisbaren Messbereich. Die JD-Werte lagen mit 0,007 bis 0,024 µg/l unterhalb des JD-UQN-Vorschlags. Der höchste Einzelmesswert von 0,2 µg/l lag unter dem ZHK-UQN-Vorschlag.

Hinsichtlich der Belastung mit Clarithromycin besteht für die untersuchten Gewässer ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Roxithromycin	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,047 µg/l	ohne	0,2 µg/l

Roxithromycin wurde in den Jahren 2008 bis 2011 analysiert. Rund die Hälfte der gemessenen Proben befand sich im nachweisbaren Messbereich. Der höchste Jahresmittelwert lag bei 0,011 µg/l und überschritt somit nicht den JD-UQN-Vorschlag. Bei

zwei Einzelwerten konnte eine Überschreitung des PNEC-Wertes von 0,2 µg/l festgestellt werden.

Hinsichtlich der Belastung mit Roxithromycin besteht für die untersuchten Gewässer ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Erythromycin	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,2 µg/l	2 µg/l	0,21 µg/l

Erythromycin konnte in 40 von 342 Proben nachgewiesen werden. Der höchste Einzelmesswert von 0,15 µg/l lag unter dem ZHK-UQN-Vorschlag von 2 µg/l. Die Jahresmittelwerte lagen bei maximal 0,010 µg/l und überschritten ebenfalls nicht den JD-UQN-Vorschlag.

Hinsichtlich der Belastung mit Roxithromycin besteht für die untersuchten Gewässer ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Sulfamethoxazol	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,6 µg/l	3 µg/l	0,59 µg/l

Sulfamethoxazol konnte von den Antibiotika am häufigsten nachgewiesen werden (bei 351 von 472 Probenahmen). Die mittleren Jahreskonzentrationen lagen mit 0,018 bis 0,094 µg/l deutlich unterhalb des JD-UQN-Vorschlages. Der maximal gemessene Einzelwert lag mit 1,7 µg/l zwar über dem in der Literatur angegebenen Wert von 1,1 µg/l, aber unter dem ZHK-UQN-Vorschlag.

Hinsichtlich der Belastung mit Erythromycin besteht mit einem P90P/PNEC-Verhältnis von 0,129 für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

4.1.5 Röntgenkontrastmittel

Die Konzentrationen der Röntgenkontrastmittel blieben durchweg unterhalb der in der Literatur angegebenen maximalen Konzentrationen (siehe Tabelle 5).

Iopamidol	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	ohne	ohne	ohne

Iopamidol wurde 420mal bei 487 Probenahmen nachgewiesen. Eine Bewertung kann nicht vorgenommen werden, da es für diesen Stoff weder UQN-Vorschläge noch einen PNEC-Wert gibt. Die JD-Werte lagen zwischen 0,140 und 0,396 µg/l.

Iopromid	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	ohne	ohne	6800 µg/l

Iopromid wurde bei 487 Probenahmen 436mal nachgewiesen. Die JD-Werte lagen zwischen 0,120 und 0,244 µg/l. Für Iopromid sind Ökotoxizitätsdaten vorhanden. Der PNEC-Wert von 6800 µg/l zeigt, dass eine Toxizität erst bei hoher Dosierung eintritt.

Iopromid weist das niedrigste P90P/PNEC-Verhältnis (< 0,001) der untersuchten Arzneistoffe auf und kann somit für die aquatische Lebensgemeinschaft in Sachsen-Anhalt als ökotoxikologisch nicht relevant eingestuft werden.

Amidotrizoësäure	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	ohne	ohne	ohne

Amidotrizoësäure wurde 2012 in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Die Konzentrationen dieses Röntgenkontrastmittels lagen bei den 88 Probenahmen immer im Bereich >BG. Der höchste Einzelmesswert lag bei 0,920 µg/l und der höchste Jahresmittelwert bei 0,387 µg/l.

Eine Bewertung kann nicht vorgenommen werden, da keine UQN-Vorschläge und kein PNEC-Wert vorhanden sind.

4.1.6 Betablocker

Metoprolol	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	43 µg/l	180 µg/l	3,2 µg/l

Metoprolol wurde bei 43 von 443 Messungen nachgewiesen. Die Jahresmittelwerte (0,049 bis 0,088 µg/l) und der Maximalwert (0,42 µg/l) im Untersuchungszeitraum lagen an allen Messstellen unterhalb des JD-UQN-Vorschlags und des ZHK-UQN-Vorschlags.

Hinsichtlich der Belastung mit Metoprolol besteht für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

Sotalol	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	ohne	ohne	12 µg/l

Bei Sotalol waren 287 der 478 Messungen >BG. Die JD-Werte lagen zwischen 0,013 und 0,035 µg/l. Der höchste Einzelwert wurde mit 0,26 µg/l im Jahr 2011 gemessen.

Hinsichtlich der Belastung mit Sotalol besteht bei einem P90P/PNEC-Verhältnis von 0,005 für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

4.1.7 Hormone

Die Hormone wurden jeweils 48mal im Untersuchungszeitraum 2009 – 2010 an insgesamt 6 Messstellen untersucht. Für die Auswertung wurden die JD-UQN-Vorschläge der Schweiz herangezogen. Diese stammen aus der Online Datenbank ETOX des Umweltbundesamtes.

Auf Grund der erreichbaren Bestimmungsgrenze von 0,2 ng/l und den teilweise noch niedrigeren PNEC-Werten und UQN-Vorschlägen sind Bewertungen nur eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund wurden die Hormone 2011 aus dem Messprogramm gestrichen.

Estron	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	3,6 ng/l	ohne	100 ng/l

Das natürliche Hormon Estron wurde in 37 von 48 Proben nachgewiesen. Die Konzentrationen der Jahresmittelwerte (0,512 und 0,582 ng/l) überschritten an keiner Messstelle den JD-UQN-Vorschlag von 3,6 ng/l. Sieben Einzelmesswerte lagen oberhalb des aus der Literatur zu entnehmenden Maximalwertes.

Hinsichtlich der Belastung mit Estron besteht mit einem P90P/PNEC-Verhältnis von 0,013 für die untersuchten Gewässer in Sachsen-Anhalt ökotoxikologisch kein potenzielles Risiko für die aquatische Lebensgemeinschaft.

17-β-Estradiol	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,4 ng/l	ohne	0,02 ng/l
17-α-Ethinylestradiol	JD-UQN-V	ZHK-UQN-V	PNEC
	0,037ng/l	ohne	0,01 ng/l

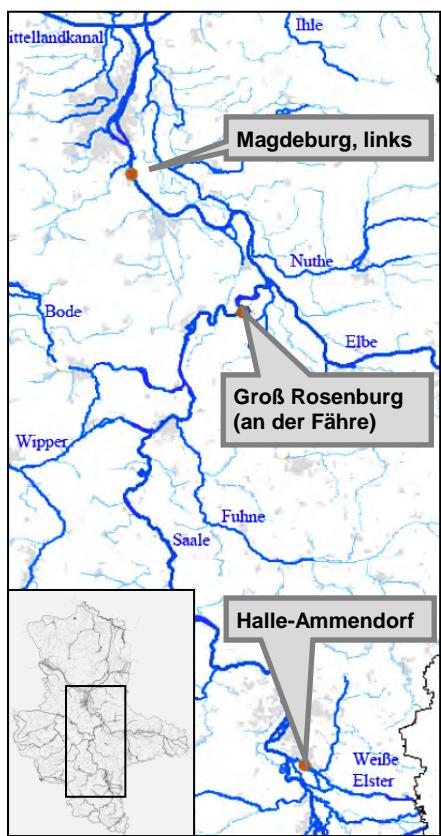
Eine Bewertung von 17-β-Estradiol und 17-α-Ethinylestradiol kann aufgrund der Bestimmungsgrenze von 0,2 ng/l nur bedingt vorgenommen werden. Die UQN-Vorschläge und PNEC-Werte liegen mit 0,037 ng/l und 0,01 bzw. 0,02 ng/l erheblich unterhalb der BG. Aus diesem Grund ist eine Auswertung zur ökotoxikologischen Bewertung nicht möglich.

17-β-Estradiol wurde 3mal von 48 Messungen nachgewiesen, die Konzentrationen lagen bei 0,40 ng/l, 0,42 ng/l und 0,62 ng/l. Der PNEC-Wert von 0,02 ng/l wurde bei diesen Einzelwerten um etwa das 20fache überschritten.

17-α-Ethinylestradiol wurde 1mal von 48 Messungen nachgewiesen, die gemessene Konzentration lag bei 0,7 ng/l und damit um das 70fache über dem PNEC-Wert von 0,01 ng/l.

4.2 Messstellenbezogene Auswertung

4.2.1 Jährliche untersuchte Messstellen



In Sachsen-Anhalt befinden sich 3 Messstellen (MST), die im Rahmen des Koordinierten Elbmessprogramms (KEMP) im Zeitraum 2008 bis 2012 jährlich auf Arzneistoffe untersucht wurden:

- Halle-Ammendorf (Weiße Elster)
- Groß Rosenberg (Saale)
- Magdeburg links (Elbe).

Die auftretenden Konzentrationsunterschiede zwischen den Flüssen Elbe, Saale und Weiße Elster sind neben den unterschiedlichen Stoffeinträgen auch auf die unterschiedlichen Durchflüsse zurückzuführen, da z.B. die Elbe im Vergleich zur Saale und Weißen Elster ein höheres Verdünnungsverhältnis hat. Die jahresweisen Konzentrationsunterschiede der jeweiligen Messstellen können auf die veränderte Niederschlagsmengen der jeweiligen Jahre zurückzuführen sein.

Abbildung 3: jährlich untersuchte KEMP-Messstellen

Die MST **Elbe - Magdeburg, links** weist über dem gesamten Zeitraum (2008-2012) nur für Diclofenac

Überschreitungen des JD-UQN-Vorschlages von 0,05 µg/l auf. Die JD-Werte lagen zwischen 0,077 und 0,11 µg/l.

Für die Carbamazepin, lopamidol und lopromid wurden ebenfalls über die Jahre relativ konstant hohe Jahresmittelwerte ermittelt (siehe Abb. 4).

Als Ursache für die Arzneistoffbelastungen in Magdeburg, links können die oberhalb einleitenden Kläranlagen im Einzugsgebiet (z.B. Dessau, Schönebeck, Zerbst) sowie die Zuflüsse Mulde und Saale genannt werden.

Die Konzentrationsschwankungen der einzelnen Parameter im Vergleich der Jahre 2008 - 2012 sind relativ gering.

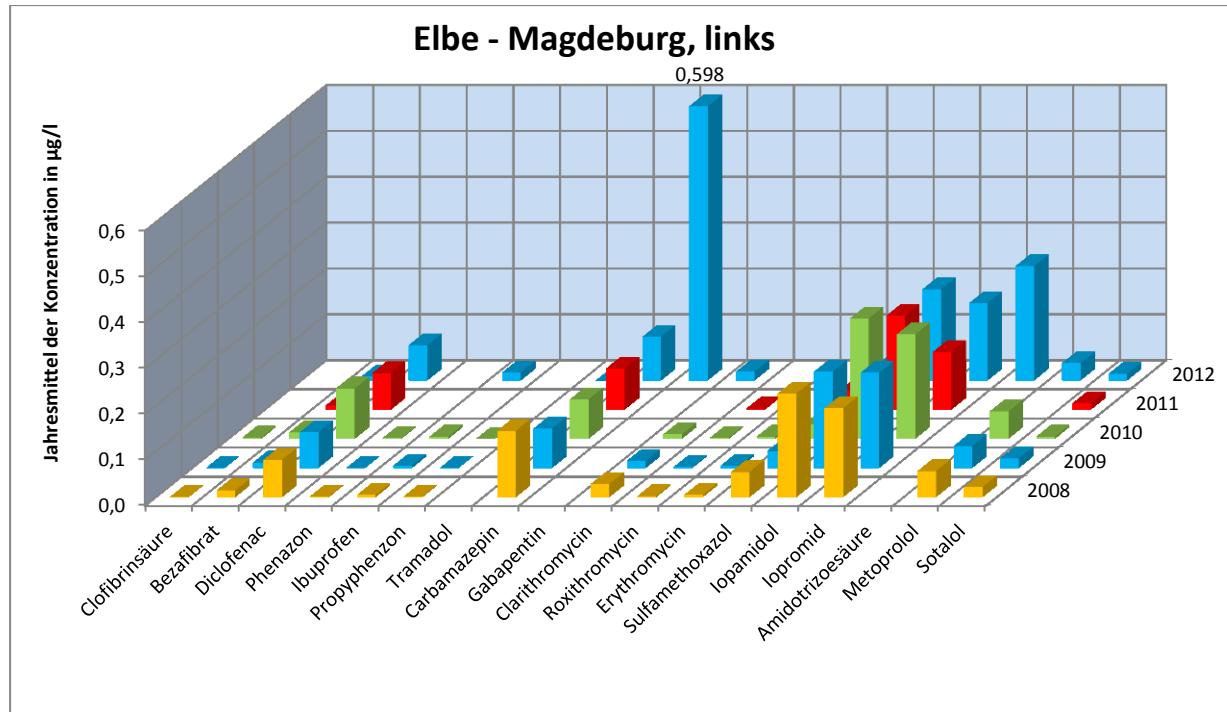


Abbildung 4: Jahresmittelkonzentrationen Elbe - Magdeburg, links

An der MST **Saale - Groß Rosenburg** wurden im Vergleich zur MST Magdeburg, links höhere Jahresmittel der Röntgenkontrastmittel (Magdeburg, links: 0,126-0,263 µg/l; Groß Rosenburg: 0,204-0,683 µg/l) und Carbamazepin (Magdeburg, links: 0,086-0,145 µg/l; Groß Rosenburg: 0,106-0,202 µg/l) gemessen. Der Parameter Gabapentin (1,007 µg/l) wies ebenfalls deutlich höhere Jahresmittelkonzentrationen auf (siehe Abb. 5).

Eine Überschreitung der jeweiligen JD-UQN-Vorschläge konnte nur für Diclofenac, mit den JD-Werten von 0,059 bis 0,123 µg/l festgestellt werden.

Im Jahr 2009 wurde die MST Groß Rosenburg nur auf Hormone untersucht. Die Auswertung ergab keine Überschreitungen der JD-UQN-Vorschläge. Die Arzneistoffbelastungen in der Saale können auf die einleitenden Kläranlagen (z.B. Weißenfels, Halle-Nord, Bernburg und Calbe/Saale) und auf die Einmündung der Weißen Elster und anderer Nebenflüsse zurückgeführt werden.

Im Vergleich der Jahresmittelwerte 2008 - 2012 sind bei einigen Parametern deutliche Schwankungen erkennbar.

Auf die Ergebnisse der MST Groß Rosenburg wird im Kapitel 4.2.4 (Einzugsgebiet der Saale) nochmals im Rahmen einer Längsschnittbetrachtung der Saale in Sachsen-Anhalt eingegangen.

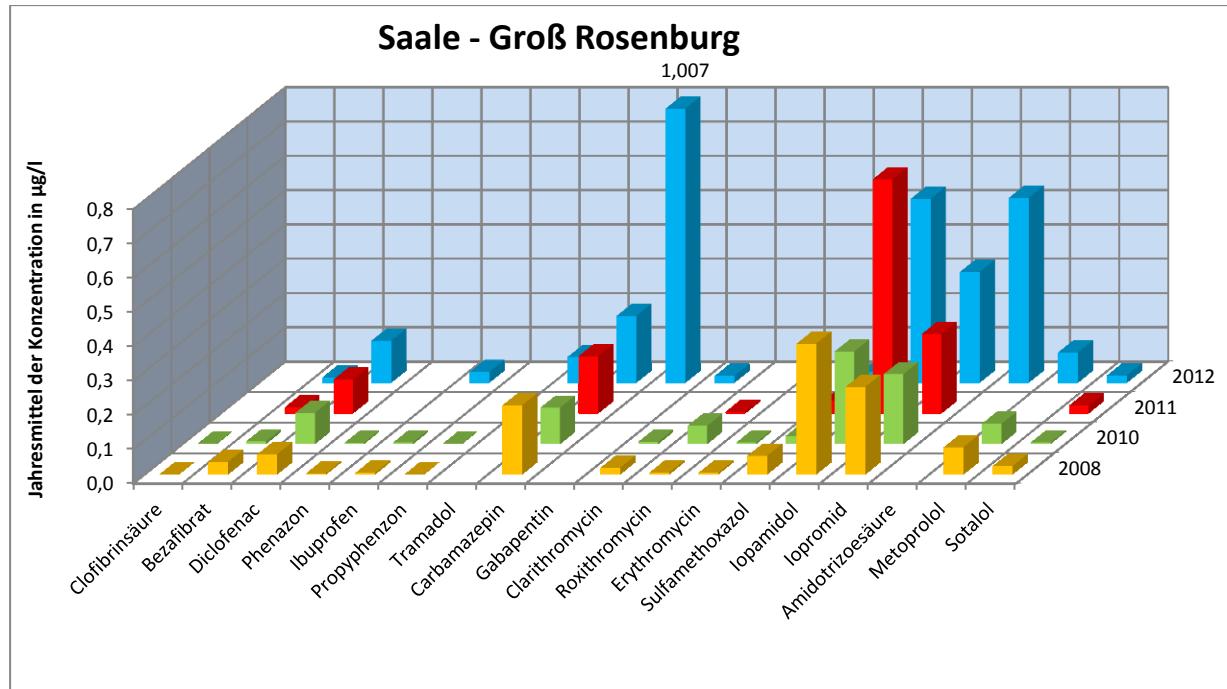


Abbildung 5: Jahresmittelkonzentrationen Saale - Groß Rosenburg

Die MST **Weisse Elster - Halle-Ammendorf** weist in den Jahren 2008 und 2010 – 2012 die höchsten Arzneistoffkonzentrationen der untersuchten KEMP-MST auf. Am deutlichsten ist dies an den JD-Werten der Parameter Diclofenac (0,185-0,258 µg/l), Carbamazepin (0,156-0,328 µg/l), Iopamidol (0,544-0,813 µg/l), Iopromid (0,319-0,458 µg/l) und Metoprolol (0,117-0,167 µg/l), sowie 2012 für Gabapentin (1,980 µg/l) und Amidotrizoësäure (0,602 µg/l) zu erkennen (siehe Abb. 6). Eine Überschreitung der JD-UQN-Vorschläge ist jedoch nur für Diclofenac festzustellen. Die hohen Arzneistoffbelastungen werden auf kommunale Einleitungen oberhalb der MST Halle-Ammendorf zurückgeführt, vor allem aus dem Großraum Leipzig. Auf die Ergebnisse der Weißen Elster wird auch im Kapitel 4.2.4 (Einzugsgebiet der Saale) nochmals eingegangen.

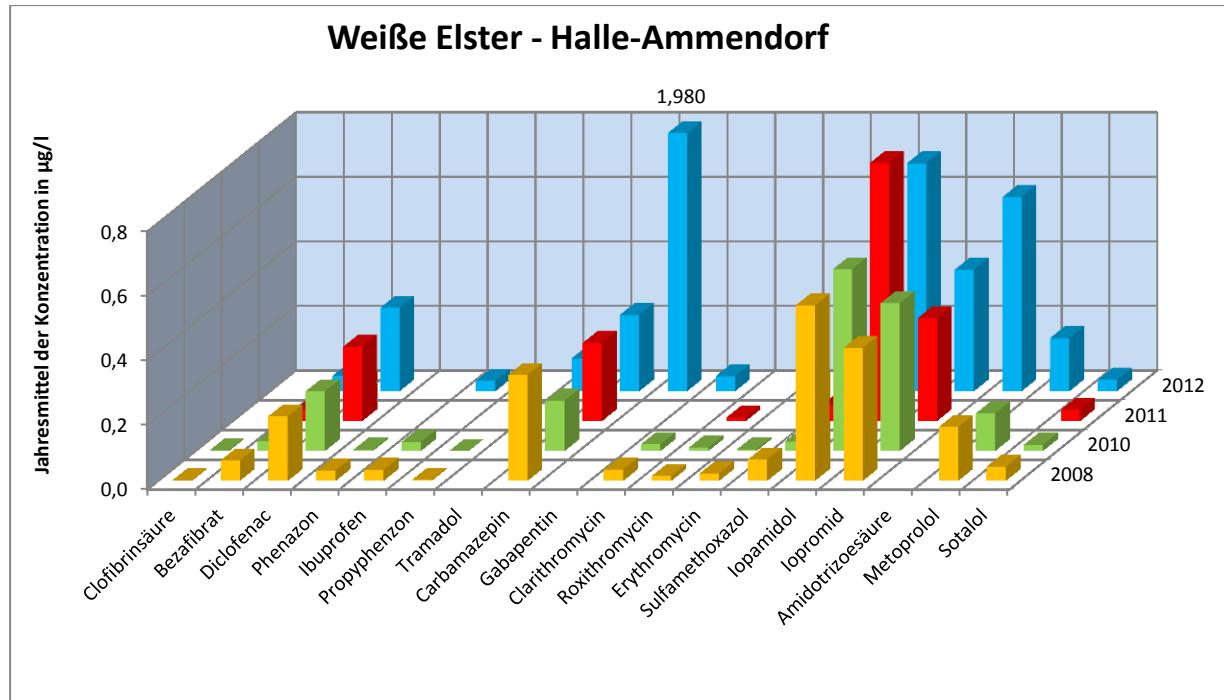
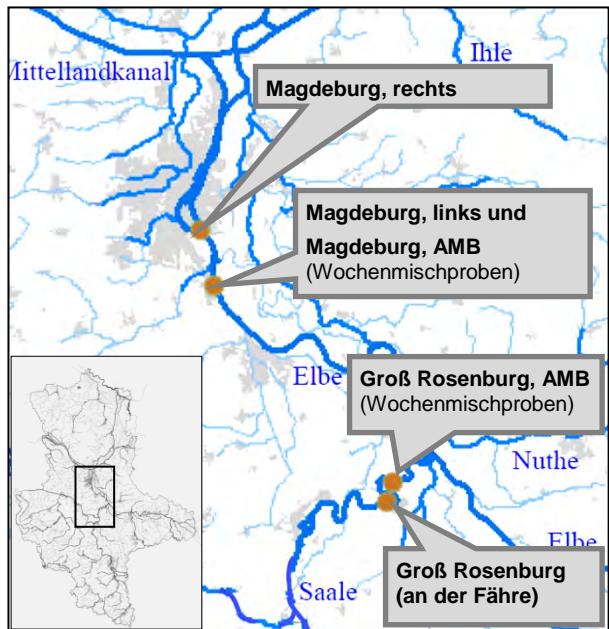


Abbildung 6: Jahresmittelkonzentrationen der Weisse Elster - Halle-Ammendorf

4.2.2 Vergleich Wochenmischproben / Einzelproben sowie Elbe linkes und rechtes Ufer



Im Jahr 2012 wurden neben den KEMP-Messstellen an der Elbe und der Saale auch die „Automatischen Messstationen – Beschafftheit“ (AMB) auf Arzneistoffe untersucht, um die Einzelproben der KEMP-Messstellen mit den Wochenmischproben zu vergleichen. An der Elbe wurde darüber hinaus die Messstelle Magdeburg rechts beprobt, um einen Vergleich zwischen der linken und rechten Flussseite der Elbe zu erhalten.

Abbildung 7: Vergleichsmessstellen an Elbe und Saale

Vergleich Einzelproben (EP) / Wochenmischproben (WMP)

Im Jahr 2012 wurden in der Elbe (Magdeburg) und in der Saale (Gr. Rosenburg) neben jeweils 26 Wochenmischproben (WMP) der Automatischen Messstationen – Beschaffenheit (AMB) auch jeweils 12 Einzelproben (EP) entnommen.

Insgesamt lagen die Werte beider Probenarten in vergleichbarer Größenordnung, wie die folgende Abbildung zeigt:

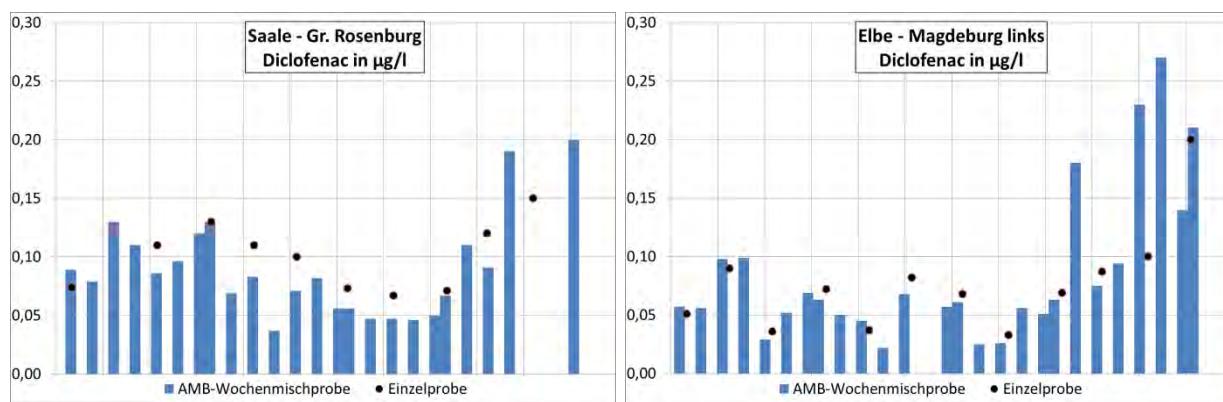
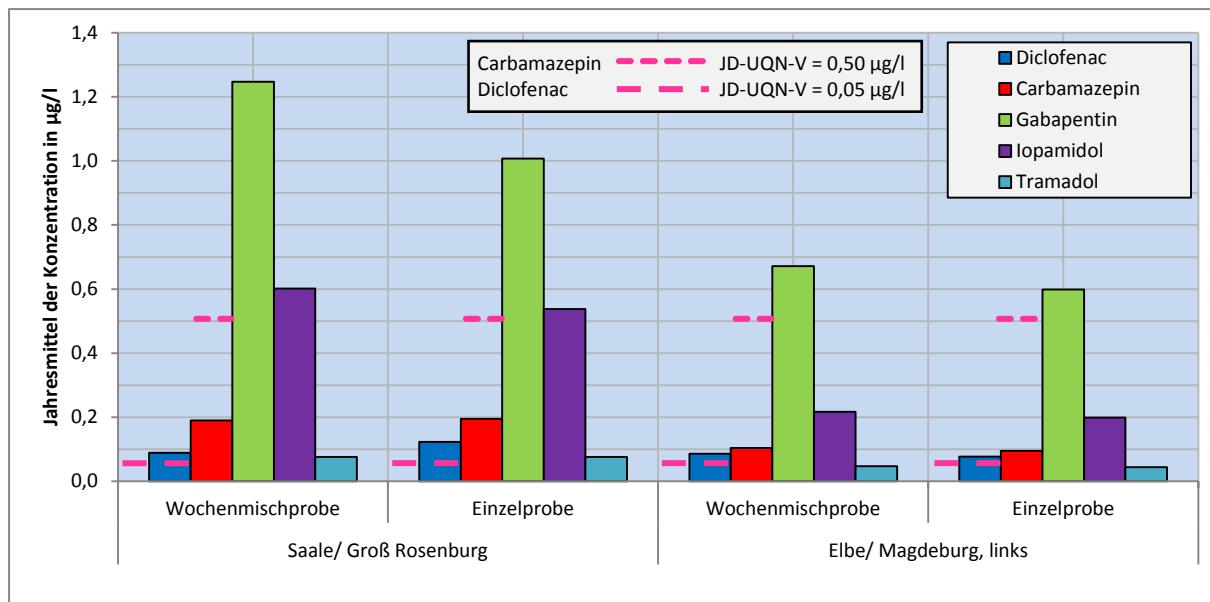


Abbildung 8: Vergleich Einzelprobe / Wochenmischprobe für Saale und Elbe (2012) – Beispiel Diclofenac

Es wird deutlich, dass mit den Einzelproben die Konzentrationsmaxima und –minima nicht optimal erfasst werden. Die Konzentrationsunterschiede bei den einzelnen Probenahmetermen lassen sich auf die Art der Probenahme zurückführen. Während die Einzelproben als Schöpfprobe eine Momentaufnahme der Konzentration in Ufernähe sind, erfolgt bei den Wochenmischproben die Probenahme automatisch in regelmäßigen Abständen, die Teilproben von 7 Tagen werden (ebenfalls automatisch) gemischt.

Die zum Jahresende ansteigenden Diclofenac-Konzentrationen lassen sich nicht durch Veränderungen der hydrologischen Situation zu erklären, da die Durchflussverhältnisse der Monate September-November keine deutlichen Änderungen gegenüber den vorhergehenden Monaten aufweisen. Möglicherweise spielt hier die jahreszeitlich unterschiedliche Anwendung des Wirkstoffs eine Rolle, da dieser Jahresgang bei anderen Wirkstoffen nicht zu beobachten war.

Die Jahresmittel-Konzentrationen der meisten Parameter lagen bei beiden Probenarten in ähnlicher Höhe (s. Abb. 9). Die aufgetretenen Unterschiede bei den Jahresmittelwerten sind neben den o.g. Ursachen für die unterschiedlichen Werte der jeweiligen Termine hauptsächlich auf die unterschiedliche Anzahl der Proben pro Jahr zurück zu führen (Nichterfassen der Extremwerte bei Einzelproben). In Einzelproben traten tendenziell etwas geringere Jahresmittelwerte auf. Eine Ausnahme hiervon bildet die Saale in Groß Rosenburg, wo das Jahresmittel der Diclofenac-Konzentration in der Einzelprobe höher war als in der Wochenmischprobe (s. Abb. 9)

**Abbildung 9: Vergleich Einzelprobe / Wochenmischprobe für Saale und Elbe (2012)**

Als einziger Wirkstoff überschreitet Diclofenac sowohl in der Saale als auch in der Elbe den JD-UQN-Vorschlag von 0,05 µg/l.

Insgesamt kann also festgestellt werden, dass die Konzentrationen aus Wochenmischproben und Einzelwerten grundsätzlich vergleichbar sind, wobei jedoch in Einzelproben tendenziell etwas geringere Jahresmittel auftraten.

Vergleich Elbe, Magdeburg linkes und rechtes Ufer

Im Jahr 2012 wurde die Elbe in Magdeburg an beiden Ufern beprobt, um die Unterschiede hinsichtlich der Arzneistoffkonzentrationen zu dokumentieren. Die unterschiedlichen Konzentrationen sind von anderen Parametern (z.B. Chlorid) lange bekannt und gut dokumentiert. Ca. 30 km oberhalb Magdeburg mündet linksseitig die Saale in die Elbe. In Flüssen erfolgt eine komplette Durchmischung in Abhängigkeit von Querprofil, Laufkrümmung und Fleißgeschwindigkeit erst nach einer längeren Fließstrecke.

Die MST Magdeburg rechts weist außer bei Sulfamethoxazol erwartungsgemäß durchweg geringere Jahresmittel der Arzneistoffkonzentrationen auf als die MST Magdeburg links (siehe Abb. 10). Die Unterschiede sind parameterbezogen unterschiedlich deutlich ausgeprägt. Die Konzentrationen am rechten Ufer betragen dabei meist zwischen 55% und 85 % der Konzentration des linken Ufers. So trat auch die Überschreitung des UQN-Vorschlags für Diclofenac mit einem Jahresmittel von 0,077 µg/l nur an der linksseitigen MST auf.

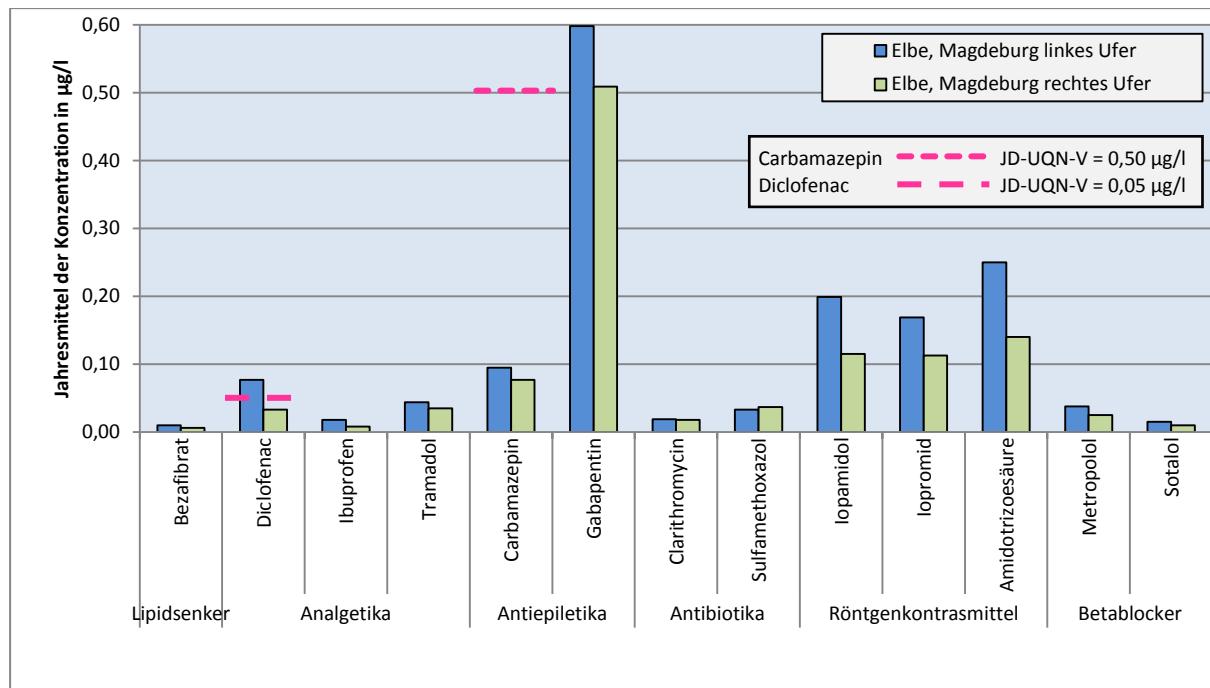
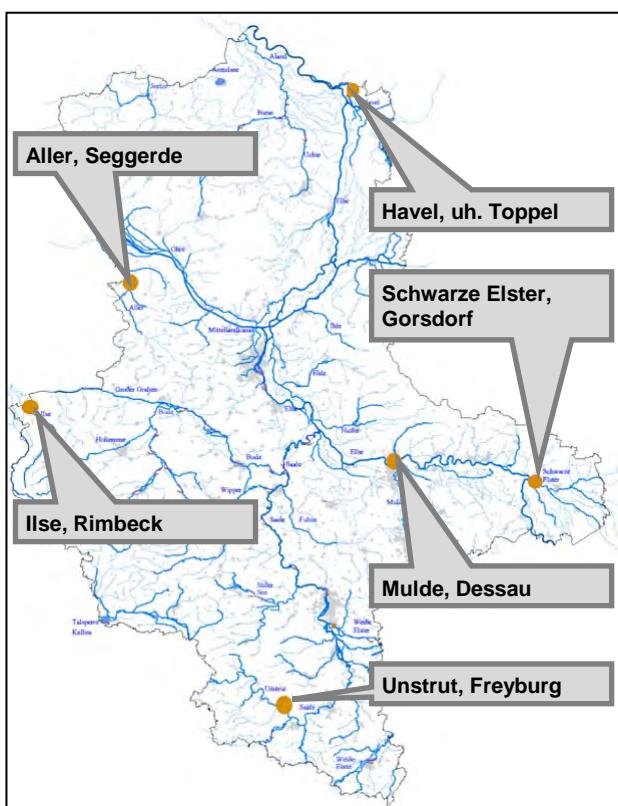


Abbildung 10: Vergleich Elbe, linkes und rechtes Ufer in Magdeburg (Jahr 2012)

Als Hauptursache für die Unterschiede in Magdeburg können die Einmündung der Saale ca. 30 km oberhalb Magdeburg sowie der Einfluss der KA Schönebeck (linksseitig über Einmündung Solgraben; > 50000 Einwohner; ca. 4 km oberhalb der MST) genannt werden.

4.2.3 Gebietsauslass-Messstellen (Havel, Ilse, Mulde, Aller, Unstrut, Schwarze Elster)



Im Jahr 2008 wurden die Gebietsauslässe der Unstrut (MST Freyburg), der Schwarzen Elster (MST Gorsdorf), der Mulde (MST Dessau) und der Havel (MST unterhalb Toppel) monatlich einmal untersucht. Die Gewässer Aller (MST Rimbeck) und Ilse (MST Seggerde) wurden im Jahr 2009 an den Grenzmessstellen Sachsen-Anhalt / Niedersachsen ebenfalls einmal monatlich beprobt.

In der Abbildung 12 sind ausgewählte Arzneistoffe (Diclofenac, Carbamazepin und Iopamidol) grafisch dargestellt.

Abbildung 11: ausgewählte Gebietsauslass-Messstellen

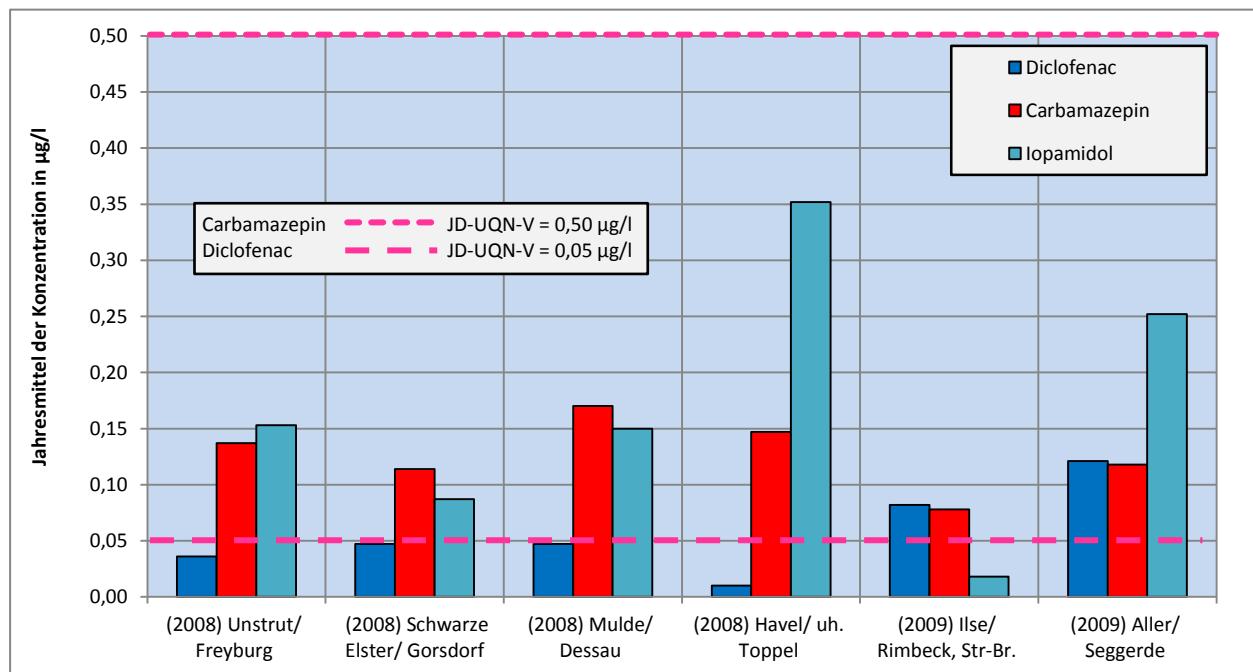


Abbildung 12: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Arzneistoffe an den untersuchten Gebietsauslass-Messstellen (2008 / 2009)

Die Unstrut hat ein Einzugsgebiet von rund 6.400 km², davon ca. 1110 km² in Sachsen-Anhalt. Trotz der kommunalen Einleitungen im Einzugsgebiet sowohl in Thüringen als auch

in Sachsen-Anhalt liegen die Jahresmittel der Arzneistoffkonzentrationen an der MST Freyburg unterhalb der existierenden JD-UQN-Vorschläge. Auf die Ergebnisse der Unstrut wird auch im nächsten Kapitel (Einzugsgebiet der Saale) nochmals eingegangen.

Die **Schwarze Elster** hat ein Einzugsgebiet von rund 5.700 km² und erstreckt sich über Teile Sachsens, Brandenburgs und Sachsen-Anhalts. Alle Jahresmittelwerte lagen am Gebietsauslass in Gorsdorf unter den JD-UQN-Vorschlägen. Im Vergleich zu den anderen Gebietsauslass-MST JD-Werte von Carbamazepin (0,114 µg/l) und Iopamidol (0,087 µg/l) am niedrigsten. Das Jahresmittel der Diclofenac-Konzentration lag mit 0,047 µg/l jedoch nur geringfügig unterhalb des JD-UQN-Vorschlags.

Am Gebietsauslass der **Mulde** in Dessau mit einem Einzugsgebiet von rund 7.400 km², davon ca. 750 km² in Sachsen-Anhalt, wurden trotz kommunaler und industrieller Einleitungen die die JD-UQN-Vorschläge nicht überschritten. Das Jahresmittel der Diclofenac-Konzentration lag mit 0,047 µg/l jedoch nur geringfügig unterhalb des JD-UQN-Vorschlags. Die höchsten Konzentrationen weisen die Parameter Carbamazepin (0,170 µg/l), Iopamidol (0,150 µg/l) sowie Iopromid (0,181 µg/l) auf.

Die **Havel** hat ein Einzugsgebiet von 24.000 km². Dieses liegt zum größten Teil in Mecklenburg-Vorpommern und Berlin/Brandenburg. Der Anteil Sachsen-Anhalts beträgt etwa 1500 km² und umfasst den Unterlauf und die Mündung in die Elbe. An der MST unterhalb Töppel lagen die Jahresmittelwerte unter den vorhandenen JD-UQN-Vorschlägen. Auffällig sind relativ hohe Jahresmittelwerte der Röntgenkontrastmittel (z.B. Iopamidol 0,352 µg/l). Mögliche Ursache hierfür können Abwassereinleitungen der KA Havelberg (ca. 8000 Einwohner) oder Einleitungen im oberhalb liegenden Einzugsgebiet (Brandenburg und Berlin) sein.

In der **Aller** an der MST Seggerde mit einem Einzugsgebiet von ca. 270 km² wurden für einige Parameter relativ hohe Jahresmittelwerte ermittelt. So wurde der JD-UQN-Vorschlag für Diclofenac (0,05 µg/l) mit 0,121 µg/l deutlich überschritten. Die Arzneistoffbelastung in der Aller wird auf die Einleitungen der kommunalen Kläranlagen im Einzugsgebiet (Grasleben [Niedersachsen], Weferlingen und Eilsleben) zurückgeführt.

Das Einzugsgebiet der **Ilse** in Sachsen-Anhalt beträgt ca. 200 km². Die Jahresmittelwerte der Arzneistoffe an der MST Rimbeck waren für einige Parameter deutlich niedriger als an den anderen Gebietsauslass-MST (z.B. Carbamazepin, Iopamidol). Für Diclofenac wurde jedoch mit einem Jahresmittel von 0,082 µg/l eine deutliche Überschreitung des JD-UQN-Vorschlags festgestellt. Dies ist auf die Einleitung der KA Osterwieck zurückzuführen. Insgesamt jedoch ist die Ableitung aus kommunalen Kläranlagen im Einzugsgebiet der Ilse relativ gering, da das Abwasser aus Ilsenburg, der einzigen größeren Stadt, aus dem Einzugsgebiet heraus zur KA Silstedt (Einzugsgebiet Holtemme) abgeleitet wird.

4.2.4 Einzugsgebiet Saale

Im EZG der Saale wurden im Jahr 2008 die Unstrut und 2009 die Weiße Elster, die Böse Sieben und die Wipper beprobt. Im Jahr 2010 wurde die Saale als Längsschnitt sowie die Nebenflüsse Bode und Ziethe mit je einer MST beprobt.

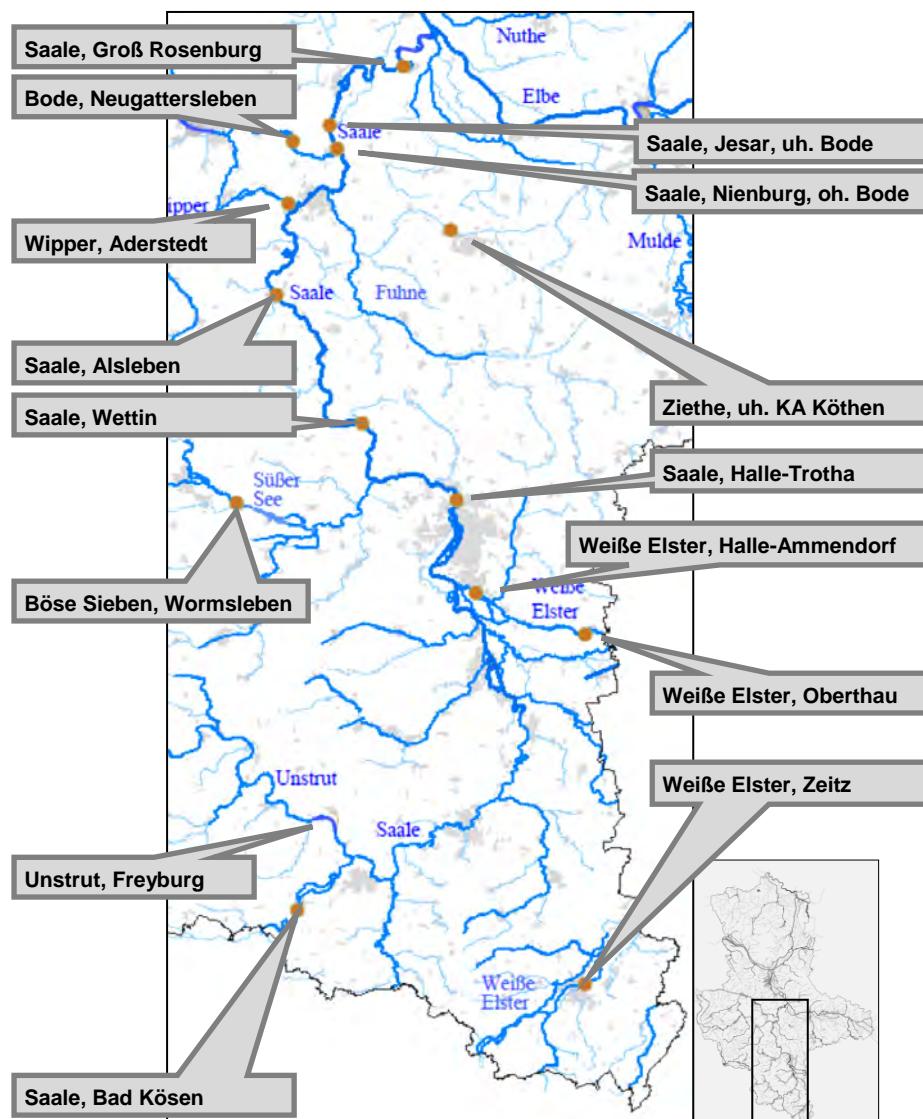


Abbildung 13: Messstellen im Einzugsgebiet Saale

In den Abbildungen 14 und 15 sind die Jahresmittelwerte für Diclofenac, Carbamazepin und Iopamidol getrennt für Zuflüsse und Saaleverlauf grafisch dargestellt. Um eine Vergleichbarkeit der Konzentrationen zu ermöglichen, ist die Skalierung der Konzentrations-Achsen in beiden Abbildungen gleich.

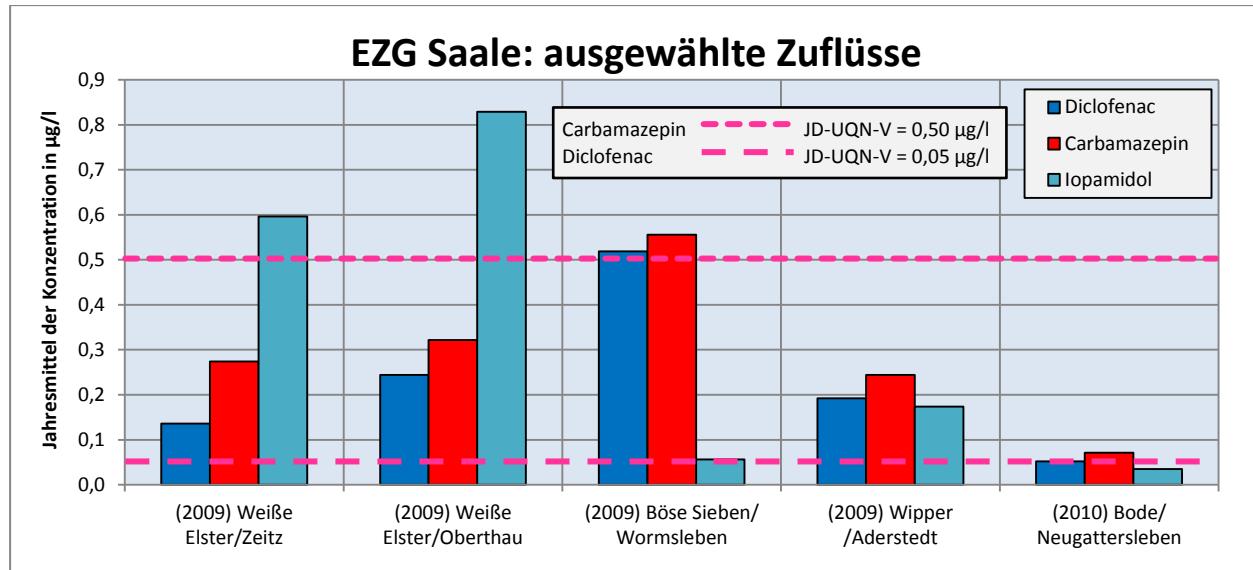


Abbildung 14: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe in Nebengewässern der Saale

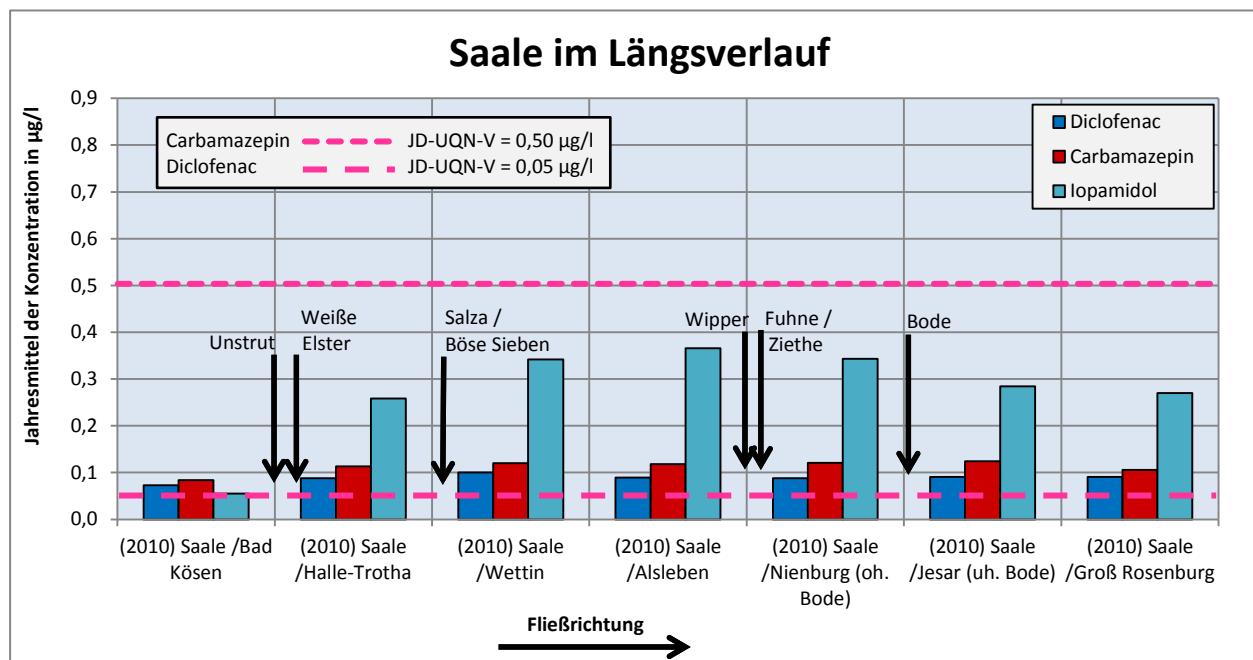


Abbildung 15: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe im Längsverlauf der Saale

Saalezuflüsse

Die Unstrut wurde im Jahr 2008 an der MST Freyburg 12mal beprobt. Die Jahresmittel der Arzneistoffkonzentrationen an der MST Freyburg lagen unterhalb der existierenden JD-UQN-Vorschläge. Das Konzentrationsniveau entsprach für die meisten gemessenen Parameter etwa dem der Saale oberhalb der Einmündung der Unstrut (2010 Bad Kösen). Ausnahmen sind die Parameter Carbamazepin und Iopamidol, bei denen die Jahresmittel der Unstrut deutlich höher als die der Saale waren.

Die **Weisse Elster** wurde jeweils 12mal an den MST Zeitz und Oberthau im Jahr 2008 sowie an der MST Halle-Ammendorf in mehreren Jahren untersucht. Durch kommunale Einleitungen in Thüringen (z.B. Greiz, Weida, Gera) ist die Weiße Elster bereits an der MST Zeitz auch mit Arzneistoffen belastet. Nach ca. 33 km Fließstrecke mit Abwassereinleitungen aus dem Großraum Zeitz (Kläranlagen Zeitz und Göbitz) verlässt die Weiße Elster das Gebiet Sachsen-Anhalts in Richtung Sachsen. Nach weiteren ca. 50 km Fließstrecke mit mehreren Zuflüssen (Pleiße, Parthe) und Abwassereinleitungen aus dem Großraum Leipzig (> 600.000 Einwohner) erreicht die Weiße Elster westlich von Schkeuditz mit einer erheblich angestiegenen Belastung wieder das Gebiet Sachsen-Anhalts. Hier befinden sich die MST Oberthau (unterhalb Grenze Sachsen) und Halle-Ammendorf (vor Mündung in die Saale) mit einer dazwischen liegenden Kläranlage (Raßnitz, da. 4500 Einwohner).

Am Beispiel des Parameters Diclofenac lässt sich der Verlauf der Belastung an den drei MST gut darstellen (siehe Abb. 14). Bereits in Zeitz liegt der Jahresmittelwert 2010 mit 0,136 µg/l etwa 2,5fach über dem JD-UQN-Vorschlag. Bis zur MST Oberthau ist ein Anstieg auf 0,244 µg/l zu verzeichnen (fast 5facher JD-UQN-Vorschlag). Im weiteren Verlauf ändert sich die Konzentration nur geringfügig, so wurden in Halle-Ammendorf 2011 0,230 µg/l ermittelt.

Die **Böse Sieben** bildet einen Teil des Einzugsgebietes der Salza und mündet in den Süßen See, der wiederum über Bindersee und Kernersee entwässert. Kurz unterhalb Zusammenfluss von Mittelgraben und Ablauf Kernersee heißt das Gewässer dann Salza. 2009 wurde die MST Wormsleben 14mal beprobt. Es wurden viele Arzneistoffe wie Bezafibrat, Diclofenac, Ibuprofen, Carbamazepin, Sulfamethoxazol Iopromid und Metoprolol mit relativ hohen Jahresmittelwerten gefunden. Bei Diclofenac mit 0,519 µg/l liegen die mittleren Arzneistoffkonzentrationen etwa 10fach über dem JD-UQN-Vorschlag. Auch das Jahresmittel für Carbamazepin (0,556 µg/l) lag über dem JD-UQN-Vorschlag (siehe Abb. 14). Die Belastung in der Bösen Sieben im Jahr 2009 ist auf die Einleitung der Kläranlagen Helbra (~6500 Einwohner), Annarode (~500 Einwohner) und Schmalzerode (~300 Einwohner) sowie das dezentral entsorgte Abwasser im Einzugsgebiet (ca. 3000 Einwohner) zurückzuführen. Mittlerweile wurden die Kläranlagen Helbra und Schmalzerode stillgelegt. Seit 2011 wird das Abwasser zur KA Rollsdorf, unterhalb des Süßen Sees übergeleitet. Auch die Anzahl der dezentral entsorgten Einwohner hat sich auf ca. 650 verringert. Damit ist davon auszugehen, dass die Belastung an der MST Wormsleben seit 2009 erheblich abgenommen hat. In Bezug zur Saale ist hier keine Aussage möglich, da die Fließstrecke der Salza bis zur Saale noch mehr als 10 km beträgt, auf der z.B. die KA Rollsdorf (~50000 Einwohner) einleitet und mehrere Nebengewässer einmünden (Weida, Mittelgraben, Würdebach, Laweke).

Die **Wipper** entspringt im Südharz und ist stark geprägt durch den ehemaligen Kupferschieferbergbau im Mansfeld-Hettstedter Gebiet und durch Altlasten der damit verbundenen metallurgischen Industrie. Im Einzugsgebiet leben etwa 68000 Einwohner, deren Abwässer über 14 kommunale Kläranlagen (z.B. Hettstedt, Aschersleben) in die Wipper bzw. deren Nebengewässer eingeleitet werden. Die MST Aderstedt liegt kurz vor der Mündung in die Saale und wurde 2009 untersucht. Die Jahresmittel einiger Arzneistoffe lagen deutlich über denen der Saale oberhalb Wippermündung (MST Alsleben, 2010), so z.B. Diclofenac, Carbamazepin, Sotalol. Für Diclofenac wurde der JD-UQN-Vorschlag mit 0,192 µg/l fast 4fach überschritten. Für andere Parameter, z.B. die Röntgenkontrastmittel Iopamidol und Iopromid wurden dagegen deutlich niedrigere Jahresmittelwerte als in der Saale ermittelt.

Die **Bode** gehört neben Elbe, Saale und Mulde zu den bedeutendsten Fließgewässern in Sachsen-Anhalt und entwässert mit ihren Nebengewässern (z.B. Selke, Holtemme) den Harz und das nördliche Harzvorland. Im Einzugsgebiet leben über 300000 Einwohner, deren Abwasser über eine Vielzahl von Kläranlagen in die Gewässer gelangen. Die MST Neugattersleben befindet sich kurz vor der Einmündung in die Saale und wurde 2010 und 2011 auf Arzneistoffe untersucht. Die Daten der beiden Jahre unterschieden sich dabei für einzelne Parameter z.T. deutlich, generell wurden 2011 höhere Konzentrationen als 2010 gemessen. Die Jahresmittelwerte MST Neugattersleben liegen meist in der gleichen Größenordnung wie die der Saale oberhalb Bodemündung (MST Nienburg, 2010). Eine Ausnahme bilden die Röntgenkontrastmittel Iopamidol und Iopromid, für die in der Bode deutlich niedrigere Werte als in der Saale ermittelt wurden. Für Diclofenac wurde der JD-UQN-Vorschlag mit 0,052 µg/l (2010) bzw. 0,073 µg/l (2011) in beiden Jahren überschritten.

Die **Ziethe** ist ein Nebenfluss der Fuhne, welche bei Bernburg in die Saale mündet. Im Jahr 2010 wurde an der aus vergangenen Untersuchungen (2003, 2004) als stark abwasserbelastet bekannten MST uh. Köthen ausschließlich die Stoffgruppe der Hormone mit drei Parametern untersucht. Die Jahresmittelwerte der Parameter Estron und 17-β-Estradiol waren im Vergleich zu den JD-UQN-Vorschlägen unauffällig. Von 4 Messwerten des synthetischen Hormons 17-α-Ethinylestradiol lagen 3 Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,2 ng/l; ein Messwert betrug 0,7 ng/. Hieraus ergab sich ein Jahresmittelwert von 0,25 ng/l, der den extrem niedrigen JD-UQN-Vorschlag (0,037 ng/l) um etwa das 19fache überschritt. Durch diesen Einzelmesswert ergibt sich ein P₉₀P/PNEC-Verhältnis von 70 (Risiko für die Umwelt). In Bezug zur Saale ist keine Aussage möglich, da die Fließstrecke von der MST uh. KA Köthen bis zur Mündung der Fuhne in die Saale rund 21 km lang ist und weitere Einleitungen im Fließverlauf vorhanden sind.

Saale im Längsverlauf

Im Verlauf der **Saale** umfasste die Beprobung 2010 6 MST, mit je 12 Probenahmeterminen.

Die Probenahme in den Nebengewässern erfolgte in den Jahren 2009, 2010 oder 2011 (siehe oben).

Die Saale ist schon oberhalb der MST Bad Kösen durch kommunale Einleitungen in Thüringen mit Arzneistoffen belastet. Für Diclofenac wurde der JD-UQN-Vorschlag mit 0,073 µg/l überschritten. Durch die Einmündungen von Zuflüssen (Unstrut, Weiße Elster) und Einleitungen aus Kläranlagen (z.B. Naumburg, Weißenfels, Halle-Nord und Könnern) ist eine weitere Erhöhung der Arzneistoffkonzentrationen an den Messstellen Halle/Trotha, Wettin und Alsleben feststellbar. Der größte Anstieg ist bei der MST Halle-Trotha, unterhalb der Einmündung der stark belasteten Weißen Elster, zu verzeichnen (siehe Abb. 15). Am deutlichsten zeigte sich dieser Anstieg bei dem Röntgenkontrastmittel Iopamidol von 0,055 µg/l (Bad Kösen) auf 0,258 µg/l (Halle-Trotha). Hier stieg die mittlere Konzentration um etwa das 6fache. Im weiteren Fließverlauf bis zur MST Groß Rosenburg nehmen die Arzneistoffkonzentrationen bedingt durch Umsetzungsprozesse und Verdünnungseffekte (Einmündung von weniger belasteten Nebengewässern) ab. Die größten Konzentrationsreduzierungen sind bei den Röntgenkontrastmittel Iopamidol und Iopromid feststellbar. Die JD-Werte von Diclofenac von 0,052 µg/l (Bad Kösen) bis 0,10 µg/l (Alsleben) lagen im gesamten Längsschnitt der Saale durchgängig über dem JD-UQN-Vorschlag von 0,05 µg/l.

4.2.5 Einzugsgebiet Milde/Biese/Aland

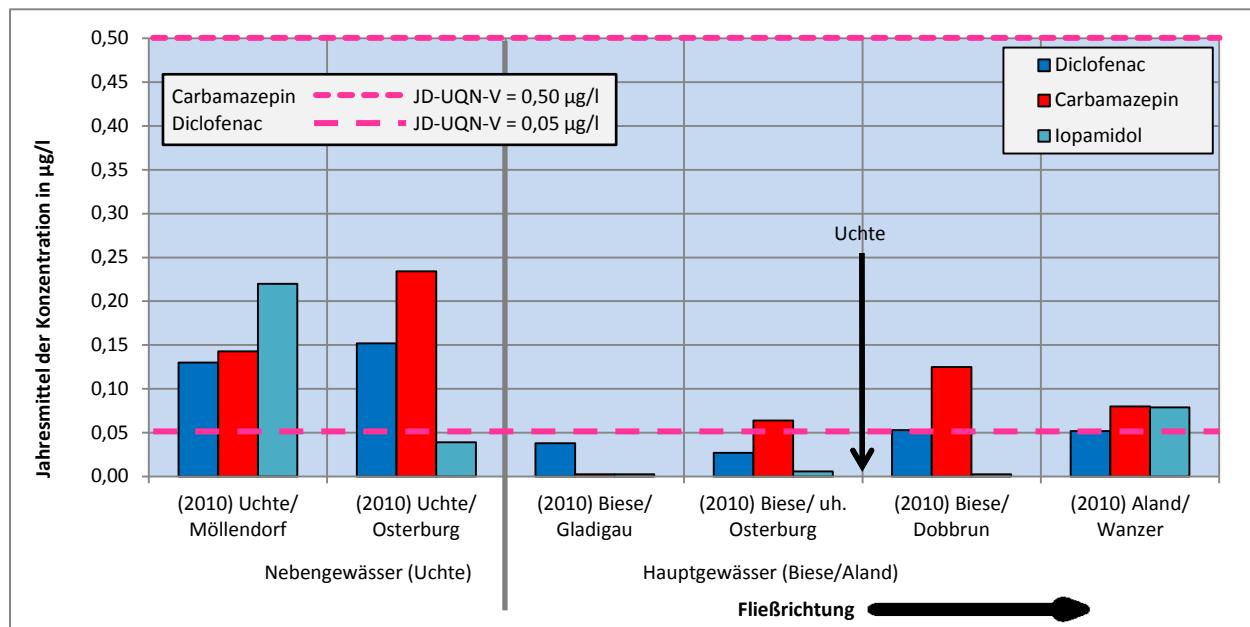


Abbildung 16: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe im Einzugsgebiet Milde/ Biese/ Aland

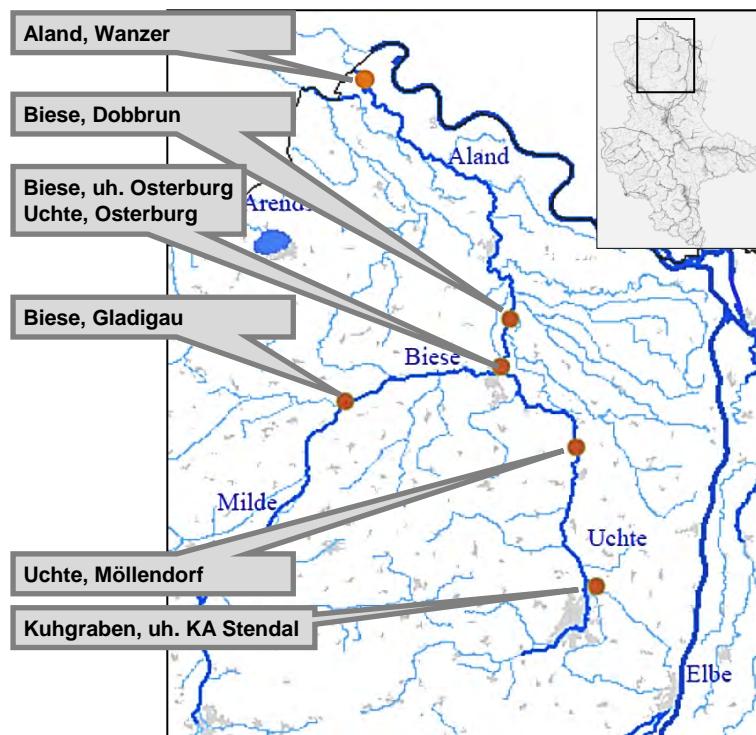


Abbildung 17: Messstellen im Einzugsgebiet Milde/Biese/Aland

Die Beprobung des Einzugsgebiets Milde, Biese, Aland sowie der Nebengewässer Kuhgraben und Uchte fand im Jahr 2010 statt.

In Abbildung 16 sind die Ergebnisse für ausgewählte Arzneistoffe (Diclofenac, Carbamazepin und Iopamidol) grafisch dargestellt.

Der als stark abwasserbelastet bekannte **Kuhgraben** wurde unterhalb der KA Stendal (> 100000 Einwohner) schon 2005 und 2006 untersucht. Dort

wurden zum Teil die höchsten Konzentrationen aller damals untersuchten MST in den Messprogrammen festgestellt, was auf die sehr ungünstigen Verdünnungsverhältnisse in Bereich der Einleitung der Kläranlage zurückzuführen ist. Bei den Beprobungen des Jahres 2010 an der MST unterhalb der KA Stendal wurde ausschließlich die Stoffgruppe der Hormone mit drei Parametern untersucht. Der Jahresmittelwert für Estron war im Vergleich

zum JD-UQN-Vorschlag unauffällig. Die Konzentrationen von 17- β -Estradiol und 17- α -Ethinylestradiol waren in allen Proben kleiner als die Bestimmungsgrenze von 0,02 ng/l. Vor allem im Hinblick auf den für 17- α -Ethinylestradiol extrem niedrigen JD-UQN-Vorschlag (0,037 ng/l) ist eine Bewertung somit nicht möglich.

Die Beprobung der **Uchte** zwischen Stendal und Osterburg an den MST Möllendorf (unterhalb KA Goldbeck, ~3600 Einwohner) und Osterburg ergab, dass die JD-Werte von Diclofenac (Möllendorf: 0,130 µg/l; Osterburg: 0,152 µg/l) etwa 2,5fach bis 3fach über dem JD-UQN-Vorschlag lagen (siehe Abb. 16). Weitere Parameter wie Carbamazepin, Ibuprofen, Iopamidol und Metoprolol wiesen ähnlich hohe oder höhere Konzentrationen auf. Diese überschritten jedoch nicht die vorhandenen JD-UQN-Vorschläge. Es ist davon auszugehen, dass vor allem die Einmündung des Kuhgrabens (KA Stendal; >100000 Einwohner) sowie die Kläranlagen Goldbeck (~3600 Einwohner) und Osterburg (~10000 Einwohner) diese Arzneistoffbelastungen hervorrufen.

Die **Biese** weist 2010 in Gladigau für die meisten Parameter geringe Jahresmittelkonzentrationen auf, wobei die vorhandenen JD-UQN-Vorschläge nicht überschritten wurden. Die wesentlichen Abwassereinleitungen oberhalb Osterburg sind die kommunalen Kläranlagen Gardelegen (~34000 Einwohner), Bismark (~31000 Einwohner) und Kläden (~8300 Einwohner).

An der MST Dobbrun, unterhalb der Stadt Osterburg und der Einmündung der Uchte, wurde für die Parameter Diclofenac und Carbamazepin ein deutlicher Anstieg der Arzneistoffkonzentrationen nachgewiesen. Beim Diclofenac lag der Jahresmittelwert mit 0,053 µg/l geringfügig über dem JD-UQN-Vorschlag.

Der Aland beginnt mit dem Zusammenfluss des Tauben Alands und der Biese oberhalb Seehausen/Altmark. Die MST Wanzer liegt ca. 20 km unterhalb von Seehausen kurz vor der Landesgrenze zu Niedersachsen. Bei Carbamazepin ist gegenüber der MST Dobbrun ein deutlicher Rückgang auf 0,080 µg/l festzustellen, bei Iopamidol hingegen ein deutlicher Anstieg auf 0,079 µg/l. Die übrigen Parameter weisen ähnliche Konzentrationen wie die MST Dobbrun auf. Der JD-Wert von Diclofenac ist mit 0,052 µg/l im Vergleich zur MST Dobbrun annähernd gleich, auch in Wanzer ist somit der JD-UQN-Vorschlag überschritten. Die Belastung mit Arzneistoffen an der MST Wanzer ist neben der Vorbelastung aus der Biese/Uchte auf den Einfluss der Kläranlagen Seehausen/Altmark (~ 6000 Einwohner) und Scharpenhufe (~ 100 Einwohner) sowie dezentrale Einleitungen im Einzugsgebiet der Messstelle zurückzuführen.

4.2.6 Einzugsgebiet Bode

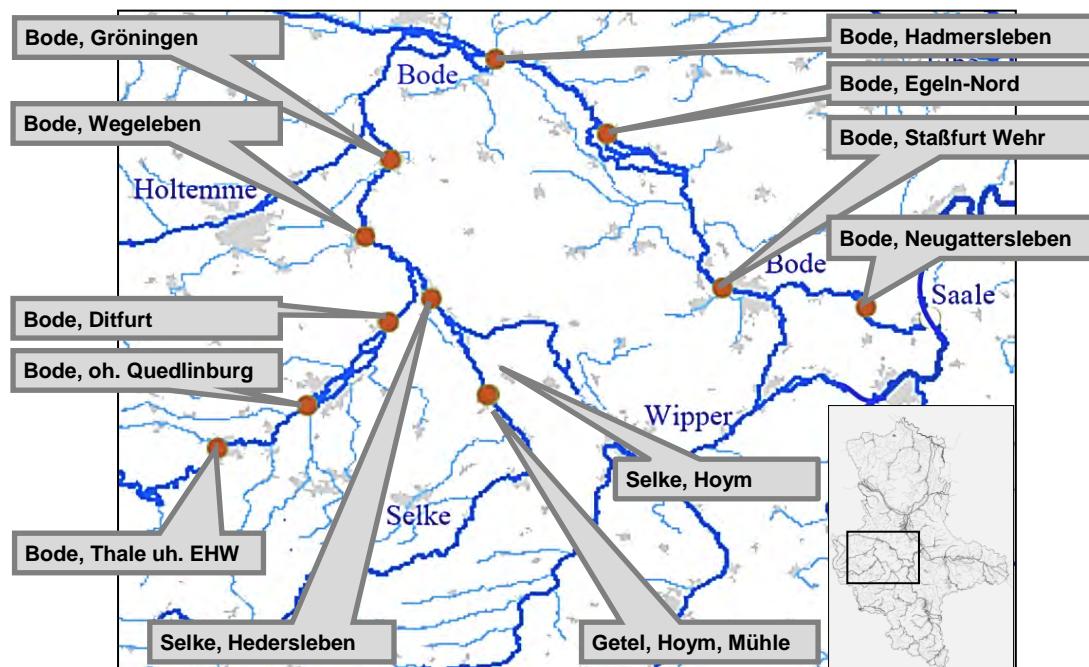


Abbildung 18: Messstellen im Einzugsgebiet Bode

Im EZG der Bode fanden 2011 Beprobungen an 9 MST in der Bode, 2 MST in der Selke und an einer MST in der Getel statt. In den Abbildungen 19 und 20 sind die Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Arzneistoffe grafisch dargestellt.

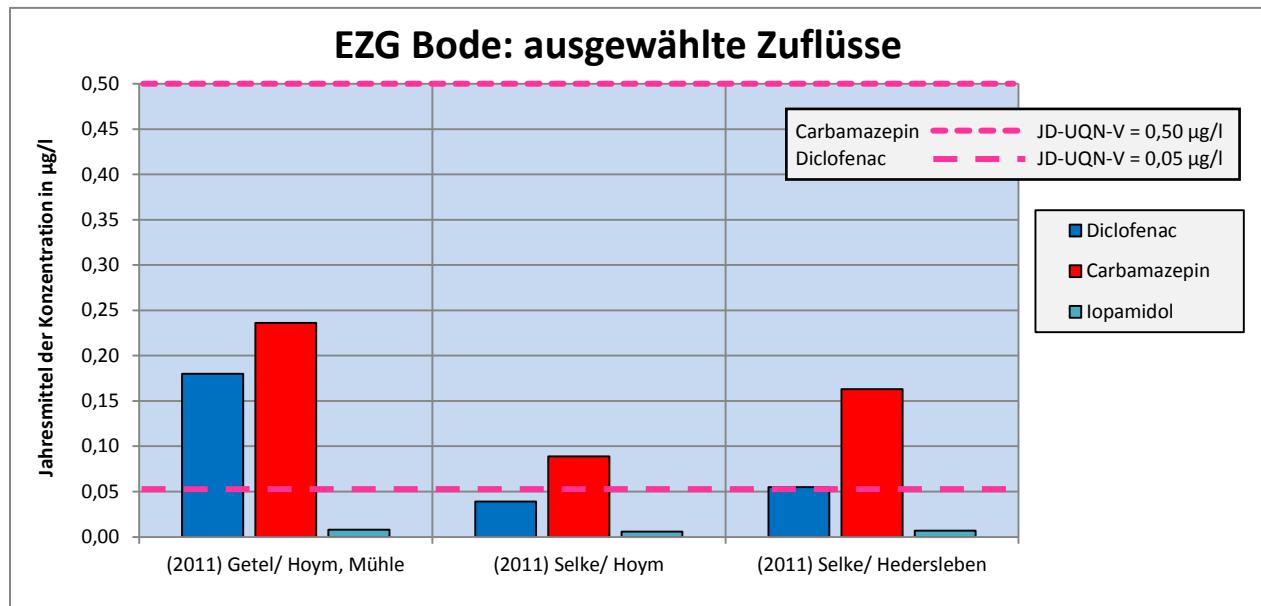


Abbildung 19: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe in Nebengewässern der Bode

Bodezuflüsse

Die **Getel** wurde an der MST Hoym, Mühle, vor Einmündung in die Selke, beprobt. Es konnten relativ hohe Arzneistoffkonzentrationen festgestellt werden (siehe Abb. 19). Bei Diclofenac lag der Jahresmittelwert mit 0,180 µg/l um mehr als das Dreifache über dem JD-UQN-Vorschlag (0,050 µg/l). Auch für Carbamazepin wurde mit einem Jahresmittel von 0,236 µg/l eine relativ hohe Belastung nachgewiesen, wenn auch dieser Wert deutlich unterhalb des JD-UQN-Vorschlages liegt. Als Ursache der Belastung wird die Einleitung der KA Ballenstedt (> 7000 Einwohner) angesehen.

In der **Selke** konnten bereits oberhalb der Einmündung der Getel eine Belastung mit Arzneistoffbelastungen festgestellt werden, wenngleich unterhalb der jeweiligen JD-UQN-Vorschläge. So betrug der Jahresmittelwert für Diclofenac 0,039 µg/l und der Jahresmittelwert für Carbamazepin 0,089 µg/l. Als Ursache kommen die KA Harzgerode (~5400 Einwohner) sowie dezentral entsorgte etwa 750 Einwohner in Meisdorf, Ermsleben und Reinstedt in Betracht.

Nach Einmündung der Getel und Einleitungen der kommunalen Kläranlagen Hoym (~10000 Einwohner) und Gatersleben (~3000 Einwohner) ist an der MST Hedersleben für einige Parameter ein Anstieg der Jahresmittelwerte festzustellen. Am deutlichsten ist dies bei den Parametern Diclofenac (0,055 µg/l) und Carbamazepin (0,163 µg/l) zu erkennen (Siehe Abb. 19), wobei für Diclofenac eine Überschreitung des vorhandenen JD-UQN-Vorschlages festgestellt wurde. Bei anderen Parametern wurde kein Anstieg gegenüber den Werten der MST Hoym registriert.

Bode im Längsverlauf

Die **Bode** gehört neben Elbe, Saale und Mulde zu den bedeutendsten Fließgewässern in Sachsen-Anhalt und entwässert mit ihren Nebengewässern (z.B. Selke, Holtemme) den Harz und das nördliche Harzvorland.

Die Bode weist bereits an der MST Thale geringe Arzneistoffkonzentrationen auf (siehe Abb. 20). Einleiter im oberhalb gelegenen Einzugsgebiet sind die kommunale Kläranlagen Treseburg (~150 Einwohner) und Rübeland (~ 27500 Einwohner). An der MST oh. Quedlinburg ist durch weitere Einleitungen, v.a. der KA Thale (~13500 Einwohner) für einige Parameter bereits ein Anstieg der Jahresmittelwerte zu verzeichnen (Diclofenac, Carbamazepin, lopromid, Metoprolol). Der starke Anstieg an der MST Ditfurt ist mit der Einleitung der Kläranlagen Quedlinburg (fast 40000 Einwohner) und Blankenburg (über den Zapfenbach; ~25000 Einwohner) sowie der anschließenden relativ kurzen Fließstrecke bis zur MST zu erklären. Am deutlichsten ist dies an den Parametern Diclofenac, Carbamazepin

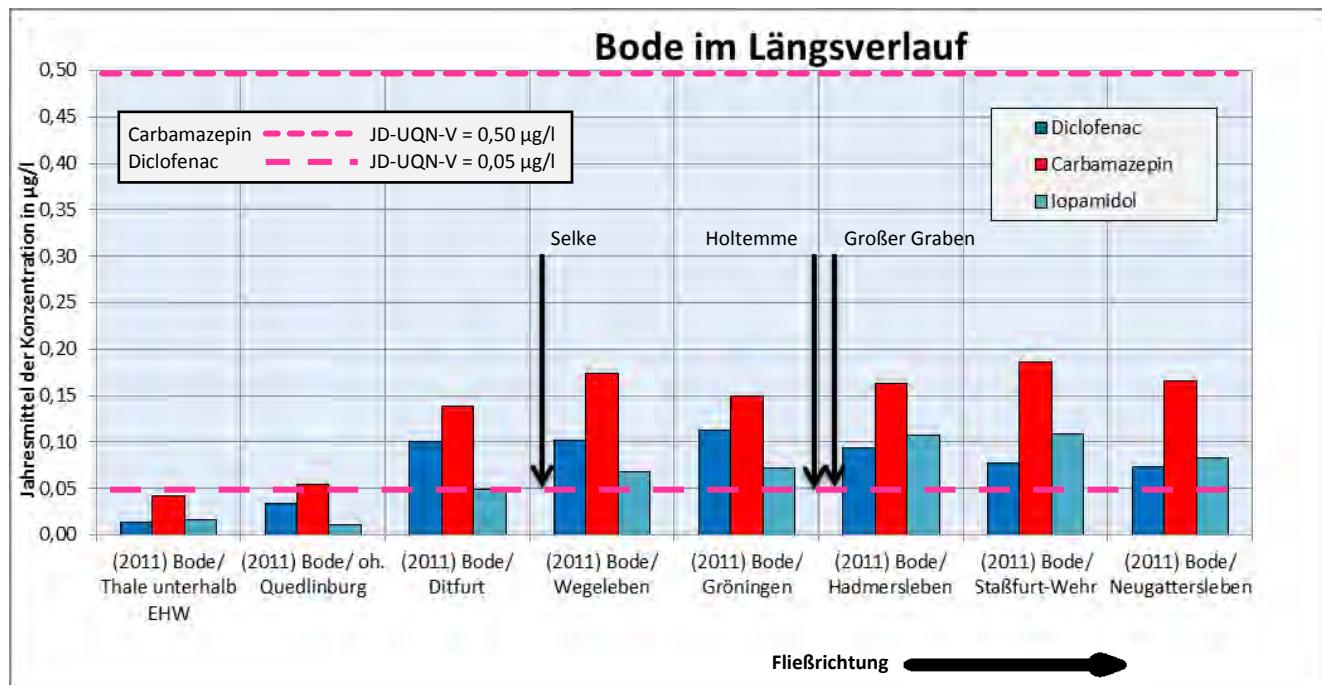


Abbildung 20: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe im Längsverlauf der Bode

und dem Röntgenkontrastmittel Iopromid zu sehen. Eine Überschreitung der vorhandenen UQN-Vorschläge ist jedoch nur bei Diclofenac ($0,101 \mu\text{g/l}$) zu verzeichnen.

Im weiteren Fließverlauf bis zur MST Staßfurt-Wehr bewirken die Einleitungen weiterer Kläranlagen (z.B. Wegeleben [~27500 Einwohner] und Oschersleben [über Großen Graben; ~32000 Einwohner]) sowie die Einmündungen von Selke, Holtemme und Großer Graben, Geesgraben) weitere Konzentrationserhöhungen für viele Parameter (Carbamazepin, Iopamidol, Iopromid, Metoprolol). Beispielsweise stiegen die Jahresdurchschnittswerte von Carbamazepin von $0,138 \mu\text{g/l}$ (MST Ditfurt) über $0,163 \mu\text{g/l}$ (MST Hadmersleben) auf $0,186 \mu\text{g/l}$ (MST Staßfurt-Wehr) an.

Bis zur MST Neugattersleben blieben die Arzneistoffkonzentrationen trotz der Einleitungen der Kläranlagen Hecklingen (über Hecklinger Hauptgraben; ~25000 Einwohner) und Staßfurt (~32000 Einwohner) für einige Parameter annähernd gleich (Diclofenac, Metoprolol), während für andere Parameter eine Abnahme festgestellt wurde (Carbamazepin, Iopamidol, Iopromid). Die bereits in Ditfurt registrierte Überschreitung des JD-UQN-Vorschlags setzt sich bis zur MST Neugattersleben fort.

Die MST Neugattersleben wurde in den beiden Jahren 2010 und 2011 untersucht, wobei 2011 durchweg höhere Jahresmittelwerte auftraten. Dies kann auf die hydrologische Situation in den Jahren zurückzuführen sein, da 2010 im Vergleich zu 2011 ein abflussreicheres Jahr war (Verdünnungseffekt), oder auch auf schwankende Ablaufwerte der Kläranlagen an den jeweiligen Probenahmetagen.

4.2.7 Gewässer mit dezentraler Abwasserentsorgung (Lossa)

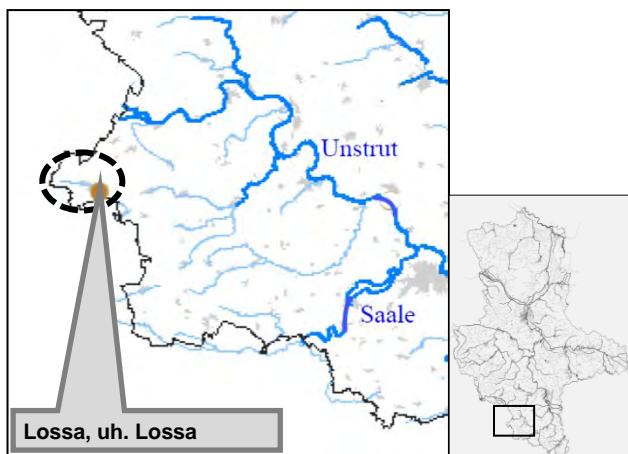


Abbildung 21: Messstelle Lossa, unterhalb Lossa

Um zu prüfen, ob auch Gewässer mit einer ausschließlich dezentralen Abwasserentsorgung im Einzugsgebiet eine Belastung mit Arzneistoffen in relevanter Größenordnung feststellbar ist, wurde im Jahr 2011 die Lossa an der MST unterhalb Lossa 6mal beprobt. Die Lossa entspringt wenige Kilometer oberhalb der Ortschaft Lossa mit ~800 Einwohnern. Die Größe des Einzugsgebiets beträgt an der MST ca. 4 km².

Die Jahresmittelkonzentrationen zeigen, dass die MST unterhalb Lossa bei einigen Parametern sehr hohe Jahresmittelwerte aufweist, auch im Vergleich zu Messstellen mit bekanntermaßen starker Abwasserbelastung (in Abbildung 22 ist als Vergleich die MST Hoym, Mühle an der Getel mit dargestellt). Dies betrifft Parameter wie z.B. Diclofenac, Ibuprofen, Carbamazepin. Bei anderen Parametern, z.B. den Röntgenkontrastmitteln, sind die Jahresmittelwerte dagegen deutlich niedriger als an anderen Messstellen. Die Wirkstoffe Carbamazepin und Diclofenac (0,229 µg/l) überschreiten die jeweiligen JD-UQN-Vorschläge. Es ist somit offensichtlich, dass auch eine ausschließlich dezentrale Abwasserentsorgung eine Belastung für Gewässer hinsichtlich Arzneistoffe hervorruft.

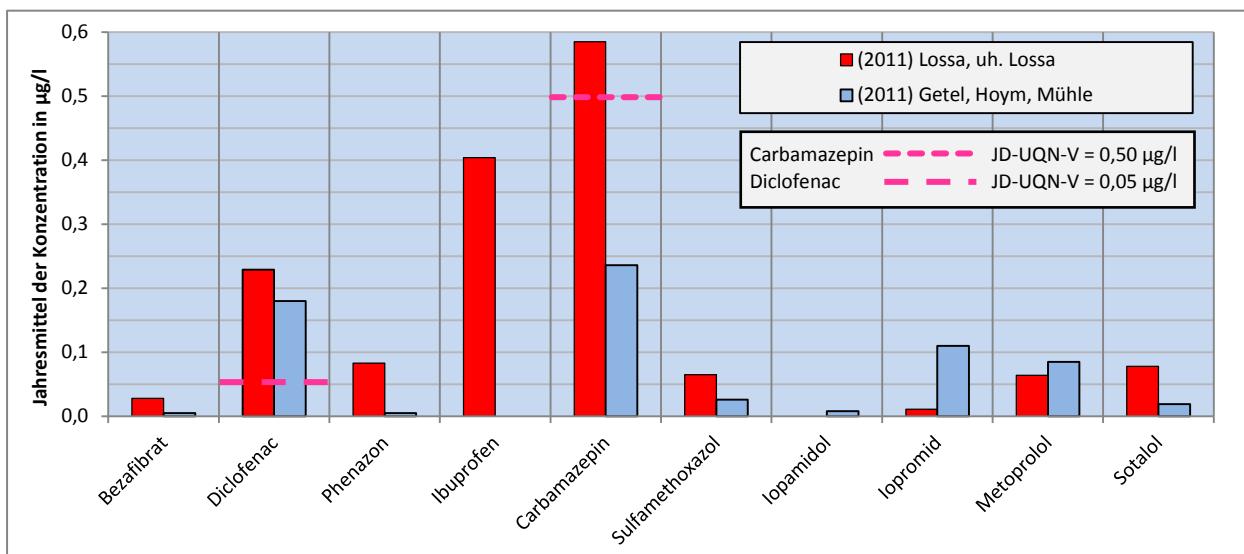


Abbildung 22: Jahresmittelkonzentrationen ausgewählter Stoffe in der Lossa und in der Getel

5 Ergebnisse und Auswertung Grundwasser

Für die ausgewählten Grundwassermessstellen liegen insgesamt 925 Analysen vor, die sich auf 41 Messstellen verteilen. Die Bestimmungsgrenze wurde bei insgesamt 83 Analysen überschritten, was bedeutet, dass bei 83 Analysen im Grundwasser Rückstände von Arzneistoffen nachgewiesen wurden.

5.1 Wirkstoffbezogene Auswertung der Untersuchungsbefunde

Die nachfolgende Tabelle enthält ein Wirkstoffranking über die Einzelbefunde der untersuchten Messstellen:

Tabelle 7: Übersicht/ Ranking der Arzneistoffnachweise im Grundwasser 2008 bis 2012

(orange gekennzeichnet sind die Wirkstoffe mit den ersten 3 Plätzen des Rankings)

Untersuchte Wirkstoffe	Bestimmungs-grenze (BG) in µg/l	Anzahl der untersuchten Messstellen	Anzahl der Messwerte	Anzahl Messwerte < BG	Anzahl Messwerte > BG	Positiv-befunde in %
Iopamidol	<0,005	38	61	52	9	15
Carbamazepin	<0,001	38	61	45	16	26
Phenazon	<0,001	22	35	25	10	29
Propyphenazon	<0,001	22	35	30	5	14
Sotalol	<0,010	38	61	58	3	5
Diclofenac	<0,005	38	59	54	5	9
Bezafibrat	<0,01	38	59	54	5	9
Iopromid	<0,005	38	60	57	3	2
Roxithromycin	<0,005	38	60	59	1	2
Clarithromycin	<0,005	38	61	60	1	2
Metoprolol	<0,010	38	59	58	1	1
Sulfamethoxazol	<0,010	38	59	54	5	9
Clofibrinsäure	<0,001	22	33	32	1	3
Ibuprofen	<0,010 und <0,025	38	61	61	0	0
Erythromycin	<0,010	22	34	34	0	0
Estron	<0,0002	13	13	13	0	0
17beta-Estradiol	<0,0002	13	13	13	0	0
17alpha-Ethinylestradiol	<0,0002	13	13	13	0	0
Amidotrizoesäure	<0,010	29	36	21	15	42
Gabapentin	<0,050	26	26	25	1	4
Tramadol	<0,001	26	26	22	4	15

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Befundsituation über alle Wirkstoffe.

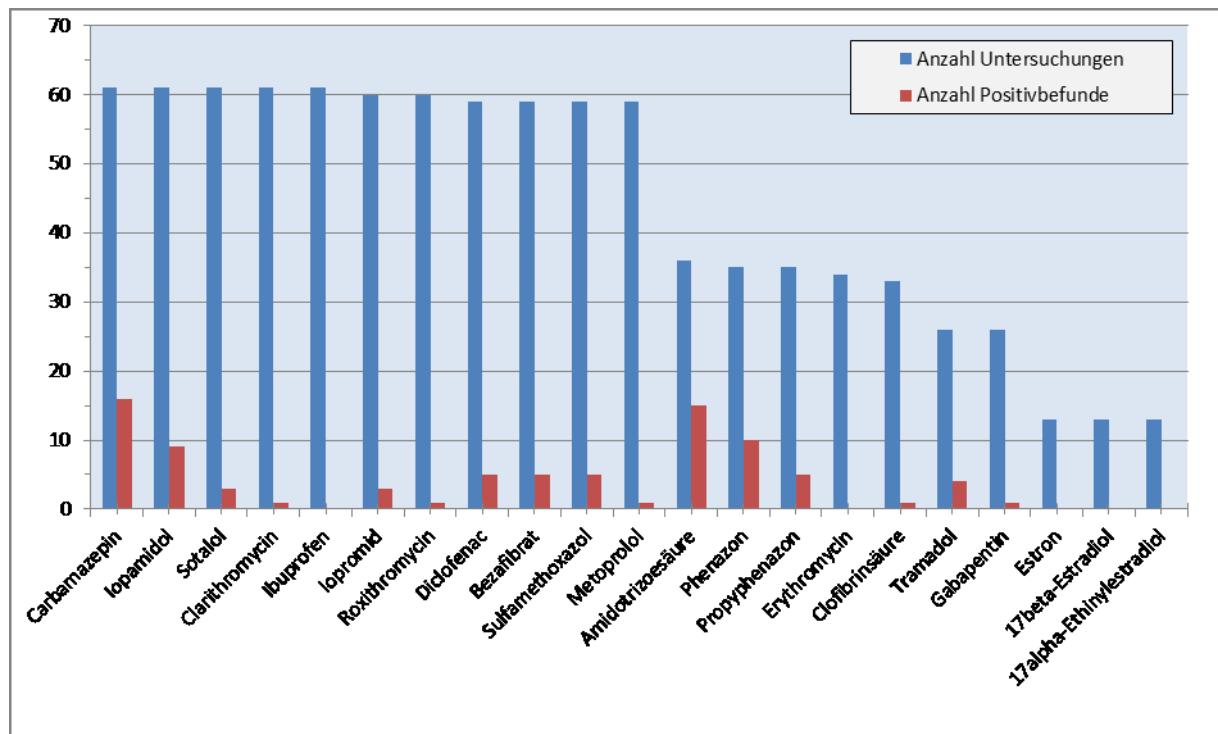


Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung Positivbefunde im Grundwasser in Abhängigkeit des Untersuchungsumfanges, im Zeitraum 2008-2012

Im Ergebnis des Rankings ist anhand der Häufigkeitsverteilung der Positivbefunde eine Priorisierung der untersuchten Wirkstoffe möglich. Als besonders bedeutsam für das Monitoring können die Wirkstoffe Amidotrizoësäure, Phenazon und Carbamazepin benannt werden. Die Nachweise dieser Wirkstoffe konzentrieren sich auf Messstellen im Einflussbereich großer Fließgewässer, urbaner Gebiete sowie von Quellen in Festgesteingrundwasserleitern.

Beispiel für Fließgewässerbeeinflussungen

Messstellen im Zeitzer Auengebiet der Weißen Elster wie

Zangenberg103, Tröglitz0102, Göbitz0101, Göbitz102 und Auligk101

waren schon bei früheren Untersuchungen bezüglich Arzneistoffen auffällig, so dass diffuse Einträge über abwasserbelastete Oberflächengewässerinfiltionen vermutet werden können. Die Weiße Elster weist für den Betrachtungszeitraum 2008-2012 (Untersuchungsjahr 2009) einen Mittelwert von 0,14 µg/l für Diclofenac, 0,60 µg/l für Iopamidol, 0,25 µg/l für Iopromid und 0,27 µg/l für Carbamazepin am nächstgelegenen Pegel (Zeitz) auf. Die im Grundwasser gemessenen Wirkstoffkonzentrationen an Diclofenac, Carbamazepin und Röntgenkontrastmitteln scheinen die Vermutungen bezüglich Oberflächenwasserbeeinflussung des Grundwassers zu bestätigen.

Beispiel für urbane Ballungsräume

Untersuchungen an verschiedenen Messstellen in Halle, Magdeburg und Dessau-Roßlau lassen keinen flächendeckenden diffusen Abwassereinfluss erkennen. Im Einzelfall (Halle-Frohe Zukunft) sind jedoch deutliche Einflüsse sichtbar. Die Höchstwerte von Iopromid mit $0,16\mu\text{g/l}$ (2009) und Amidotrizoesäure von $0,19\mu\text{g/l}$ (2012) belegen dies.

Quellen

Die untersuchten Quellen (Frauborn, Urtalsborn und Teufelsquelle Neidschütz) weisen alle eine diffuse Belastung auf. Diese ist durch die im Umfeld vorhandene Besiedlungsdichte (diffuse Abwassereinflüsse) im Zusammenhang mit hohen Fließgeschwindigkeiten in Gesteinsklüften und einer geringeren Reinigungsleistung des anstehenden Festgestein zu begründen.

5.2 Messstellenbezogene Auswertung der Untersuchungsbefunde

An insgesamt 4 Messstellen (Auligk101, Halle- Frohe Zukunft, Halle- Pestalozzipark, Reideburg-Kappellenplatz) lagen bei den Röntgenkontrastmitteln Amidotrizoesäure und Iopromid die Konzentrationen über $0,1 \mu\text{g/l}$ und damit über einer gewählten Größenklasse von $0,1 \mu\text{g/l}$ vor. Diese Klassifizierung orientiert sich an den Grenzwerten für PSM-Einzelstoffe nach TrinkwV (Vorsorgeprinzip), da letztlich für das Grundwasser noch keine Normen oder Richtwerte festgelegt wurden. [25]

Diese Messstellen lassen sich den zuvor genannten Schwerpunkteintragsbereichen zuordnen.

Die restlichen positiven Nachweise liegen im Bereich zwischen BG und $<0,1 \mu\text{g/l}$.

Bewertung der Einzelkonzentrationen

Für die Beurteilung von Trinkwasserressourcen werden *zusätzliche Anforderungen aus gesundheitlicher Sicht* in Form gesundheitlicher Orientierungswerte gefordert. Dies begründet sich insbesondere daraus, dass Trinkwasser auch aus Uferfiltrat von möglicherweise belasteten Oberflächengewässern gewonnen wird. Viele Arzneimittelwirkstoffe, z.B. auch Röntgenkontrastmittel, gehören zu den biologisch schlecht abbaubaren Stoffen, welche in den Kläranlagen einen verminderten Rückhalt erfahren.

Zur orientierenden Bewertung des Grundwassers wird auf die nachfolgenden Ausführungen abgestellt, welche sich jedoch nur auf die nutzungsbezogene Beurteilung beziehen.

Für die Beurteilung von Trinkwasserressourcen werden von der LAWA gesundheitliche Orientierungswerte vorgeschlagen [25].

In der folgenden Tabelle sind die wirkstoffbezogenen abgeleiteten Werte zusammengestellt.

Tabelle 8: Anforderungen an Arzneimittelwirkstoffe aus humantoxikologischer Sicht

Arzneimittelwirkstoff	Gesundheitlicher Orientierungswert in µg/l	Zielwerte europäischer Trinkwasserversorger in µg/l
Carbamazepin	0,3	0,1
Diclofenac	0,3	0,1
Sulfamethoxazol		0,1
Clarithromycin		0,1
Erythromycin		0,1
Metoprolol		0,1
Bezafibrat		0,1
Iopromid	1	0,1
Iopamidol	1	0,1
Iomeprol	1	0,1

6 Zusammenfassung

6.1 Oberflächenwasser

Im Untersuchungszeitraum 2008 bis 2014 wurden insgesamt 21 Arzneistoffe untersucht, einige davon nicht in allen Jahren.

In den untersuchten Oberflächengewässern konnten alle Arzneistoffe nachgewiesen werden. Wie in den Jahren zuvor konnten unterhalb von Kläranlagen deutliche Konzentrationserhöhungen festgestellt werden. Die Parameter Clofibrinsäure und Propyphenazon wurden ab 2012 gestrichen, da diese nicht mehr relevant in Bezug auf UQN-Vorschläge bzw. PNEC waren. Die Wirkstoffe Diclofenac, Carbamazepin, Iopamidol und Iopromid wurden nahezu durchgehend mit relativ hohen Konzentrationen in den Fließgewässern festgestellt. Diclofenac und punktuell Carbamazepin sind in Bezug auf Überschreitungen von UQN-Vorschlägen die beiden relevanten Parameter in Sachsen-Anhalt.

In den mittleren und kleineren Fließgewässern (Getel, Uchte, Weiße Elster) zeigten sich unterhalb von Kläranlagen, bedingt durch die jeweiligen Verdünnungsverhältnisse höhere Konzentrationsanstiege. Bei den größeren Fließgewässern fielen die Konzentrationsanstiege geringer aus.

Bei den Fließgewässern Lossa und Böse Sieben zeigte sich, dass auch eine dezentrale Abwasserentsorgung eine bedeutsame Belastung für die Einleitgewässer bedeutet.

Der flächendeckende Eintrag von Arzneistoffen kann nicht verhindert werden. Aus diesem Grund sollten neben Maßnahmen in der Arzneistoffentwicklung (Verbesserung der Abbaubarkeit in der Umwelt) und der Vermeidung unsachgemäßer Entsorgung auch Möglichkeiten zur Optimierung im Zuge der Abwasserbehandlung (Rückhalt bzw. Entfernung der Arzneimittelrückstände) geprüft werden [2].

Bei der Weiterführung des Gewässermonitoring in Sachsen-Anhalt sind neben den mittlerweile seitens der EU im Rahmen der Watchlist betrachteten Stoffe (Diclofenac, 3 Antibiotika, 2 Hormon-Wirkstoffe) vor allem die Stoffe zu berücksichtigen, die ein relevantes Risiko für die aquatische Umwelt aufweisen.

6.2 Grundwasser

Im Grundwasser werden seit 2002 Arzneistoffe untersucht. Im Betrachtungszeitraum 2008 bis 2012 wurden die Untersuchungen an 41 verschiedenen Messstellen durchgeführt. Es handelt sich hierbei sowohl um bisher noch nicht untersuchte Messstellen als auch um Wiederholungsmessungen an vorbelasteten Messstellen. Insgesamt wurde auf maximal 18 Wirkstoffe aus der Humanmedizin untersucht.

An 6 Messstellen konnten Arzneistoffe mit zum Teil mehreren Wirkstoffnachweisen im Grundwasser festgestellt werden. Dabei traten 2 Röntgenkontrastmittel mit Höchstkonzentrationen von >0,1 µg/l auf.

Belastungsschwerpunkte bilden urbane Ballungsräume, Gebiete mit Interaktionen mit Fließgewässern und untersuchte Quellen in Festgesteingrundwasserleitern. Hier wurden wiederholt Positivbefunde verschiedener Wirkstoffe, u.a. Amidotrizoësäure, Iopamidol, Carbamazepin, Phenazon, Propyphenazon und Diclofenac, festgestellt.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Arzneistoffe regional eine Relevanz im Grundwasser besitzen. Schwerpunkte bilden hierbei Einzugsgebiete mit direktem Einfluss von Oberflächenwasser, was sich mit großer Sicherheit nicht nur auf den Auenbereich im Interaktionsgebiet der Weißen Elster beschränken lässt und urbane Ballungsräume bzw. Siedlungsbereiche.

Auch wurden mit dem bisherigen Umfang der Untersuchungen im Grundwasser nur ein kleiner Teil der exponierten Messstellen untersucht.

Aufgrund zunehmender Relevanz ist es erforderlich, im Rahmen der Gewässerüberwachung des Landes die Untersuchungen auf Arzneistoffe im Grundwasser fortzuführen. [26]

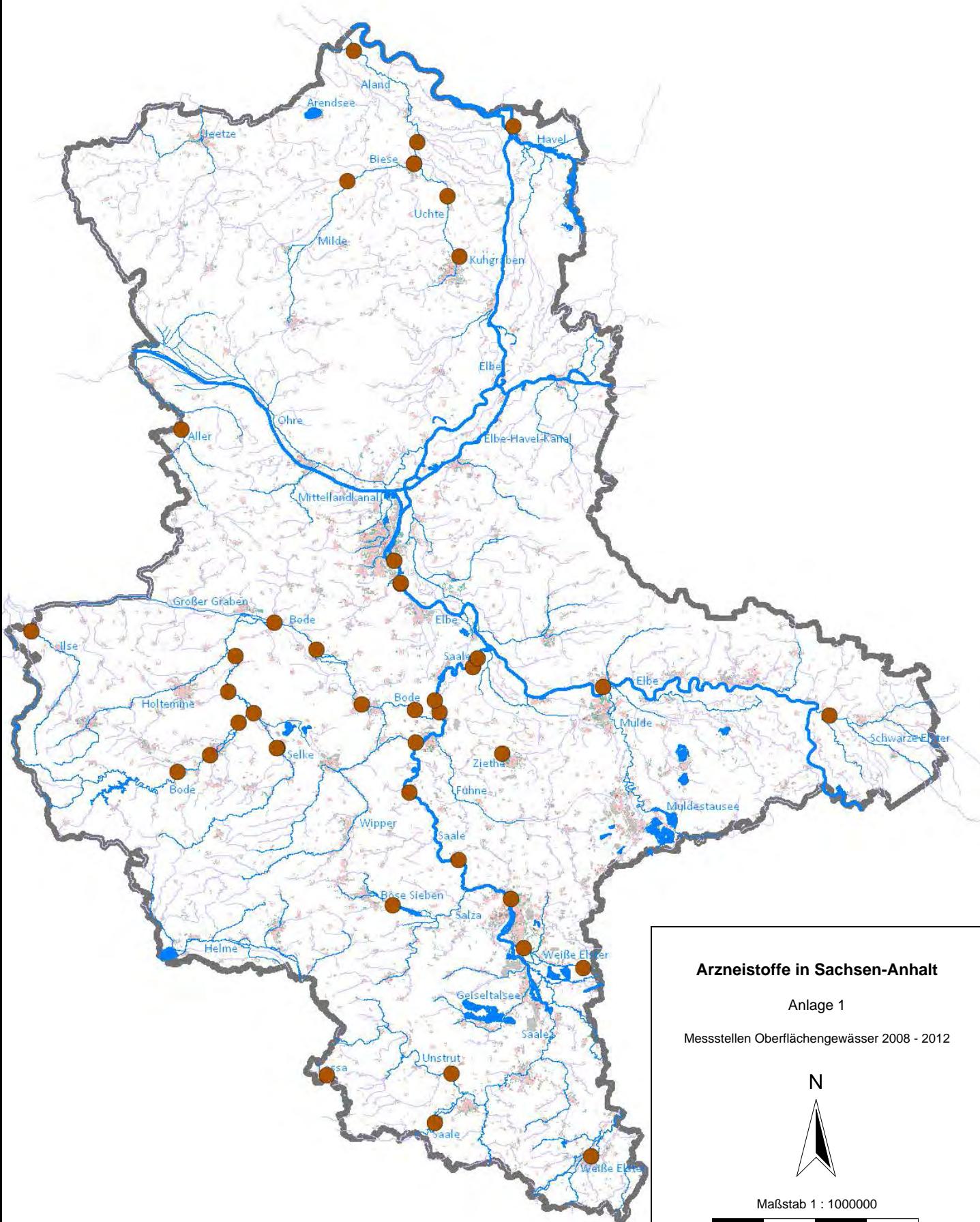
Literaturverzeichnis

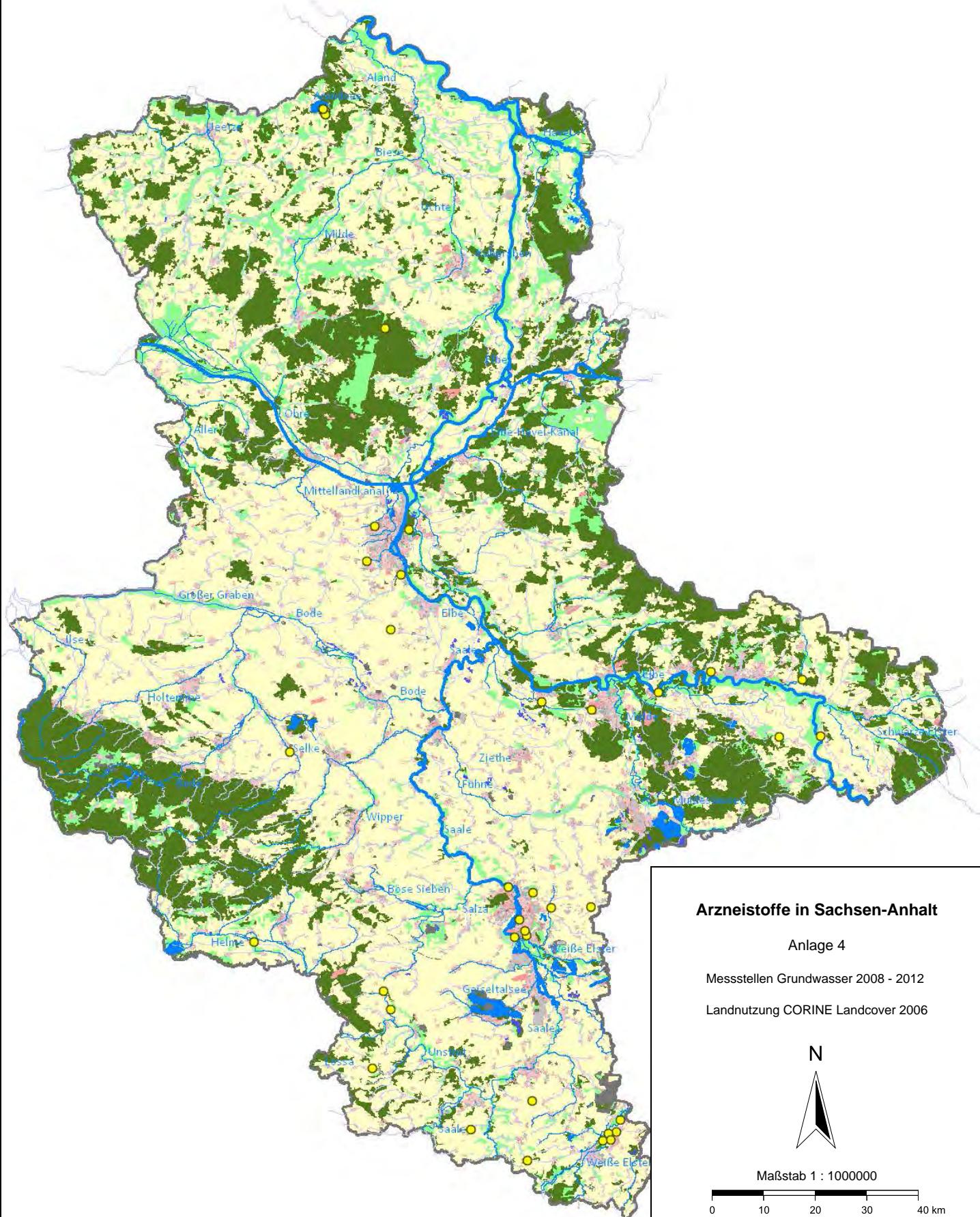
- [1] Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit (BLAC), „Arzneimittel in der Umwelt - Auswertung der Untersuchungsergebnisse,“ Hamburg, 2003. S. 9.
- [2] Institut für sozial-ökologische-Forschung (ISODE) GmbH - Forschungsprojekt start, „Humanarzneiwirkstoffe: Handlungsmöglichkeiten zur Verringerung von Gewässerbelastung,“ Frankfurt am Main, 2008.
- [3] K. Kümmeler, „Arzneimittel, Diagnostika und Desinfektionsmittel in der Umwelt - Beurteilung und Risikomanagement,“ UMSF - Z Umweltchem Ökotox 13 (5), 2001. S. 269-276.
- [4] LAU/LHW, *1. Bericht zum Sondermessprogramm „Arzneistoffe im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2002-2003)*, 2004.
- [5] LAU/LHW, *2. Bericht zum Sondermessprogramm „Arzneistoffe im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2004-2005)*, 2006.
- [6] LHW, *3. Bericht zum Messprogramm "Arzneistoffe in Gewässern und Kläranlagen in Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2006-2007)"*, 2010.
- [7] LHW, *Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt (GÜSA) 2008 für die Untersuchung der Beschaffenheit der Fließgewässer, der stehenden Gewässer und des Grundwassers*, 2008.
- [8] LHW, *Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt (GÜSA) 2009 für die Untersuchung der Beschaffenheit der Fließgewässer, der stehenden Gewässer und des Grundwassers*, 2009.
- [9] LHW, *Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt (GÜSA) 2010 für die Untersuchung der Beschaffenheit der Fließgewässer, der stehenden Gewässer und des Grundwassers*, 2010.
- [10] LHW, *Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt (GÜSA) 2011 für die Untersuchung der Beschaffenheit der Fließgewässer, der stehenden Gewässer und des Grundwassers*, 2011.
- [11] LHW, *Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt (GÜSA) 2012 für die Untersuchung der Beschaffenheit der Fließgewässer, der stehenden Gewässer und des Grundwassers*, 2012.
- [12] FGG ELBE, *Nationales Überwachungsprogramm Elbe 2008*, 2007.

- [13] FGG ELBE, *Nationales Überwachungsprogramm Elbe 2009 - Deutscher Teil des internationalen Messprogramms*, 2009.
- [14] FGG ELBE, *Nationales Überwachungsprogramm Elbe 2010 - Deutscher Teil des internationalen Messprogramms*, 2010.
- [15] FGG ELBE, *Nationales Überwachungsprogramm Elbe 2011 - Deutscher Teil des internationalen Messprogramms*, 2010.
- [16] FGG ELBE, *Koordiniertes Elbmessprogramm 2012 (KEMP)* 2012, 2011.
- [17] R. 2000/60/EG, „Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungrahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik,“ Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 327, 22.12.2000 Artikel 2, Abs 35.
- [18] UBA, „ETOX: Informationssystem Ökotoxikologie und Umweltqualität,“ Umwelt Bundesamt, 2012. [Online]. Available: webetox.uba.de/webETOX/index.do. [Zugriff am 07 08 2014].
- [19] A. Bergmann, R. Fohrmann und F.-A. Weber, „Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2011. S. 30.
- [20] A. Bergmann, R. Fohrmann und F.-A. Weber, „Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln,“ Umweltbundesamt, Desau-Roßlau, 2011. S. 33.
- [21] Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 28, „Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) vom 20.06.2016,“ Bonn, 23. Juni 2016, Anlage 9, Punkt 3.1.1.
- [22] A. Bergmann, R. Fohrmann und F.-A. Weber, „Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2011. S. 36.
- [23] Federal Environment Agency, „Pharmaceuticals in the Environment - A first Compilation of German Monitoring Data,“ 2013. S. 3.
- [24] LANUV NRW, „Eintrag von Arzneimitteln und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt - Literaturstudie - Anhänge,“ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein Westfalen (MUNLV NRW, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein Westfalen (LANUV NRW) (Hrsg.), 2007. Anhang 07.

[25] LAWA, *Ständiger Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer - Bericht "Mikroschadstoffe in Gewässern"*, Stand Januar 2016, (unveröffentlicht).

[26] Umweltbundesamt, *UBA-Texte 66/2011 "Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln"*, 2011.





Arzneistoffe in Sachsen-Anhalt - Anlage 5

Grundwasser - Einzelmesswerte 2008-2012

LHW Sachsen-Anhalt
Gewässerkundlicher Landesdienst

Messstelle	Landkreis	MST-Nr	Datum	Lipidsenker		Analgetika					Antiepileptika		Antibiotika			Röntgenkontrasmittel			Betablocker		Hormone			
				Clofibinsäure	Bezafibrat	Diclofenac	Phenazon	Ibuprofen	Propyphenazon	Tramadol	Carbamazepin	Gabapentin	Clarithromycin	Roxithromycin	Erytromycin	Sulfamethoxazol	Iopamidol	Iopromid	Amidotrizoënsäure	Metropolol	Sotalol	Estron	17β-Estradiol	17α-Ethinylestadiol
				µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ng/l	ng/l	ng/l			
Nessa 1/01	Burgenlandkreis	340933	08.10.2012			0,006	<0,005	<0,010	<0,001	<0,001	<0,050	<0,005	<0,005		<0,001	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010				
Ottersleben JH-Amtsg	Magdeburg	445012	12.10.2009	<0,001	<0,001	<0,005	<0,001	<0,025	<0,001	<0,001	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,20	<0,20	<0,20		
Reideburg/Kapellenplatz	Halle	340630	19.09.2012			<0,001	<0,005		<0,010		<0,001	0,008	<0,050	<0,005	<0,005		<0,001	<0,005	<0,005	0,12	<0,010	<0,010		
Röpzig 1/94	Saalekreis	340450	19.09.2012			<0,001	<0,005		<0,010		<0,001	0,005	<0,050	<0,005	<0,005		<0,001	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010		
Saubach 1/98	Burgenlandkreis	340230	10.10.2012			0,004	<0,005		<0,010		0,008	<0,001	<0,050	<0,005	<0,005		0,002	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010		
Schmon 105/96 (Niederschmon)	Saalekreis	340420	18.09.2012			<0,001	<0,005		<0,010		<0,001	<0,001	<0,050	<0,005	<0,005		<0,001	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010		
Teufelsquelle Neidschütz	Burgenlandkreis	345050	24.09.2012			<0,001	0,031		<0,010		<0,001	0,016	<0,050	<0,005	<0,005		<0,001	<0,005	<0,005	0,024	<0,010	<0,010		
Tröglitz 0102	Burgenlandkreis	341435	23.09.2008				<0,001	<0,025	<0,001		<0,001		<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,005	<0,005		<0,010	<0,010			
			15.09.2009	<0,001	<0,001	<0,005	<0,001	<0,025	<0,001		<0,001		<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,005	<0,005		<0,010	<0,010	<0,20	<0,20	
Urtalsborn	Saalekreis	345080	18.09.2012			<0,001	<0,005		<0,010		<0,001	<0,001	<0,050	<0,005	<0,005		<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,010	<0,010		
Weickelsdorf - Roda 1/01	Burgenlandkreis	340936	11.09.2012			<0,001	<0,005		<0,010		<0,001	<0,001	<0,050	<0,005	<0,005		<0,001	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	0,064		
Zangenberg 103/00	Burgenlandkreis	340300	23.09.2008	<0,001	<0,001	<0,005	<0,001	<0,025	<0,001		0,022		<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,005	<0,005		<0,010	0,035			
			15.09.2009	<0,001	<0,001	<0,005	<0,001	<0,025	<0,001		<0,001		<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,005	<0,005		<0,010	<0,010	<0,20	<0,20	
			25.10.2010	<0,001	<0,001	<0,005	<0,001	<0,025	<0,001		0,014		<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	0,007	<0,005		<0,010	<0,010	<0,010		
			17.05.2011	<0,001	<0,001	<0,005	0,002	<0,025	<0,001		0,009		<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,005	<0,005	0,013	<0,010	<0,010	<0,20	<0,20	
			11.09.2012		<0,001	<0,005		<0,010		<0,001	<0,001	<0,050	<0,005	<0,005		<0,001	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010			