

Pharmaka und Hormone in der aquatischen Umwelt

Projekt-Nr. U33-00.01

Teilprojekt:

**VORKOMMEN VON PHARMAKA UND HORMONEN IN
GRUND-, OBERFLÄCHENWÄSSERN UND BÖDEN IN
BADEN-WÜRTTEMBERG**

Abschlußbericht

zum

Werkvertrag B.-Nr. 11246/42

zwischen der

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

und dem

DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

01.06.2000 – 30.06.2002

Projektleiter: Dr. Heinz-Jürgen Brauch

Bearbeiter: Sabine Gabriel
Uta Hüther-Windbiel
Nathalie Leclerc
Dr. Elena Mallat
Melanie Metzinger
Dr. Frank Sacher
Alexandra Stretz
Michael Wenz

Inhalt

1	Einführung	1
2	Auswahl der zu analysierenden Verbindungen.....	3
3	Beschreibung der Analysenverfahren	6
3.1	Bestimmung von Metoprolol, Propranolol, Atenolol, Bisoprolol, Sotalol, Pindolol, Betaxolol, Salbutamol, Clenbuterol, Terbutalin, Phenazon, Dimethylaminophenazon, Propyphenazon, Ifosfamid, Cyclophosphamid und Simvastatin in Wasserproben	6
3.2	Bestimmung von Carbamazepin, Clofibrinsäure, Bezafibrat, Gemfibrozil, Fenofibrinsäure, Fenofibrat, Etofibrat, Diclofenac, Ketoprofen, Ibuprofen, Indometacin, Naproxen, Fenoprofen, Pentoxifyllin und Diazepam in Wasserproben	8
3.3	Bestimmung von Estron, 17- β -Estradiol, Estriol, 17- α -Ethinylestradiol, Mestranol, Norethisteron, Hexestrol, Diethylstilbestrol, Daidzein, β -Sitosterol, Bisphenol A, Bisphenol F und iso-Nonylphenol in Wasserproben.....	11
3.4	Bestimmung von Iopamidol, Iopromid, Iomeprol und Amidotrizoesäure in Wasserproben	13
3.5	Bestimmung von Amoxicillin, Cloxacillin, Dicloxacillin, Nafcillin, Oxacillin, Penicillin G, Penicillin V, Chloramphenicol, Clarithromycin, Erythromycin, Dehydrato-Erythromycin, Oleandomycin, Roxithromycin, Spiramycin, Tylosin, Virginiamycin, Dapson, Furazolidon, Metronidazol, Monensin, Ronidazol, Sulfadiazin, Sulfadimidin, Sulfamerazin, Sulfamethoxazol und Trimethoprim in Wasserproben	14
3.6	Bestimmung von Meclocyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin, Chlortetracyclin, Doxycyclin, Ciprofloxacin, Enoxacin, Enrofloxacin, Norfloxacin und Ofloxacin in Wasserproben	18
3.7	Bestimmung von Arzneimittelwirkstoffen in Feststoffen	20
4	Validierung der Analysenverfahren.....	24
4.1	Vorgehensweise	24
4.2	Validierung des Analysenverfahrens für Metoprolol, Propranolol, Atenolol, Bisoprolol, Sotalol, Pindolol, Betaxolol, Salbutamol, Clenbuterol, Terbutalin, Phenazon, Dimethylaminophenazon, Propyphenazon, Ifosfamid, Cyclophosphamid und Simvastatin	25
4.3	Validierung des Analysenverfahrens für Carbamazepin, Clofibrinsäure,	

	Bezafibrat, Gemfibrozil, Fenofibrinsäure, Fenofibrat, Etofibrat, Diclofenac, Ketoprofen, Ibuprofen, Indometacin, Naproxen, Fenoprofen, Pentoxifyllin und Diazepam	27
4.4	Validierung des Analysenverfahrens für 17- β -Estradiol, 17- α -Ethinylestradiol, Estriol, Estron, Mestranol, Norethisteron, Diethylstilbestrol, Hexestrol, Daidzein, β -Sitosterol, Bisphenol A, Bisphenol F und iso-Nonylphenol	30
4.5	Validierung des Analysenverfahrens für Iopamidol, Iopromid, Iomeprol und Amidotrizoesäure	32
4.6	Validierung des Analysenverfahrens für Amoxicillin, Cloxacillin, Dicloxacillin, Nafcillin, Oxacillin, Penicillin G und Penicillin V	33
4.7	Validierung des Analysenverfahrens für Chloramphenicol, Clarithromycin, Erythromycin, Dehydrato-Erythromycin, Oleandomycin, Roxithromycin, Virginiamycin, Spiramycin und Tylosin	34
4.8	Validierung des Analysenverfahrens für Dapson, Furazolidon, Metronidazol, Monensin, Ronidazol, Sulfadiazin, Sulfadimidin, Sulfamerazin, Sulfamethoxazol und Trimethoprim	36
4.9	Validierung des Analysenverfahrens für Meclocyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin, Chlortetracyclin, Doxycyclin, Ciprofloxacin, Enoxacin, Enrofloxacin, Norfloxacin und Ofloxacin	37
4.10	Gesamtbeurteilung der Analysenverfahren	38
5	Ergebnisse der Ringanalysen	40
6	Vorkommen von Pharmaka und hormonell wirksamen Verbindungen in Grundwässern in Baden-Württemberg	49
6.1	Einführung	49
6.2	Statistische Betrachtung der Analysenergebnisse	50
6.3	Vorkommen verschiedener Stoffklassen im Grundwasser	53
6.4	Ergebnisse der Untersuchungen im Jahr 2001	60
6.5	Zeitliche Veränderung der Gehalte an Arzneimittelrückständen im Grundwasser	61
6.6	Korrelation der Befunde an Arzneimittelrückständen im Grundwasser mit dem Bor-Gehalt	65
6.7	Detaillierte Betrachtung einzelner Grundwassermessstellen	66
6.8	Beeinflussung des Grundwassers im Nahbereich der Körsch	68
7	Vorkommen von Pharmaka und hormonell wirksamen Verbindungen in Oberflächengewässern	71
7.1	Untersuchung verschiedener Fließgewässer in Baden-Württemberg	71

7.2	Korrelation der Arzneimittel-Befunde mit der Wasserführung – Berechnung von Transporten	96
7.3	Korrelation der Arzneimittel-Befunde mit dem Abwasseranteil der Fließgewässer	101
7.4	Längsprofiluntersuchungen an Neckar und Rhein	105
8	Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Schwebstoffen.....	115
8.1	Verteilung der Arzneimittelwirkstoffe zwischen Wasser- und Schwebstoffphase .	115
8.2	Untersuchung von Schwebstoffen aus Fließgewässern in Baden-Württemberg ..	117
9	Untersuchung von Klärschlämmen.....	120
10	Untersuchung von Schweinegülle und Putenmist.....	127
11	Untersuchung von Klärschlamm beaufschlagten Böden.....	130
12	Zusammenfassung.....	132
13	Literatur.....	135
Anhang	138

1 Einführung

In Deutschland sind derzeit etwa 3000 verschiedene Arzneimittelwirkstoffe in über 9000 Präparaten erhältlich [1]. Für die wichtigsten dieser Arzneimittel betragen die jährlichen Verschreibungsmengen über 100 t [2]. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch, aber auch durch die unsachgemäße Entsorgung nicht eingenommener Arzneimittel oder durch produktionsbedingte Einleitungen gelangen die Wirkstoffe in das Abwasser und in die Kläranlagen, von wo sie im Falle einer unvollständigen Elimination in die Gewässer eingetragen werden können. Auch die Ausbringung von Klärschlamm muss als möglicher Eintragspfad von Arzneimitteln in die Umwelt betrachtet werden. Für Tierarzneimittel muss darüber hinaus berücksichtigt werden, dass über die Gülle ein Eintrag in den Boden und möglicherweise in das Grundwasser erfolgen kann. In Oberflächengewässern, die als Vorfluter von Kläranlagen genutzt werden, wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl von Arzneimittelrückständen nachgewiesen (siehe z.B. [3 bis 7]).

Obwohl sich ein Reihe von Arbeitsgruppen mit Messungen zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in der Umwelt beschäftigen und eine Vielzahl von Einzeldaten bereits vorliegen, standen systematische und abgestimmte Untersuchungen lange Zeit aus. Auf der 51. Umweltministerkonferenz (UMK) am 19./20.11.1998 wurde deshalb beschlossen, ein koordiniertes Untersuchungsprogramm der Länder zu planen und durchzuführen, in das insbesondere Untersuchungen auf Arzneistoffe in Wasser, Boden und maßgeblichen Eintragspfaden aufgenommen werden sollten. Der Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit (BLAC) hat zu diesem Ziel den Arbeitskreis „Arzneimittel in der Umwelt – Untersuchungsprogramm“ gegründet, der zur 53. UMK am 27./28. Oktober 1999 einen Bericht erarbeitet hat, der Vorschläge für ein Untersuchungsprogramm mit einer Charakterisierung der zu beprobenden Messstellen sowie einer Übersicht über den zu untersuchenden maximalen Parameterumfang enthält [8]. Das Forschungsvorhaben „Vorkommen von Pharmaka und Hormonen in Grund-, Oberflächengewässern und Böden in Baden-Württemberg“ war Teil des vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg geförderten Projekts „Pharmaka und Hormone in der aquatischen Umwelt“. Ziel des Gesamtprojekts war es, umfassende und aussagekräftige Daten zum Vorkommen und Umweltverhalten von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in Grundwässern, Oberflächengewässern, Abwässern und Deponiesickerwässern sowie in Böden und Klärschlamm in Baden-Württemberg zu gewinnen.

Im Rahmen des Teilprojekts, das am DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe bearbeitet wurde, sollten systematische Untersuchungen zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in Grundwässern, Oberflächenwässern sowie in Böden in Baden-Württemberg durchgeführt werden. Zunächst sollte eine Opti-

mierung und Validierung der erforderlichen Analysenverfahren erfolgen, wobei neben der Wasserphase auch Untersuchungen an Schwebstoffen und Böden einbezogen werden sollten. Anschließend wurden ausgewählte Grundwasser- und Oberflächenwassermessstellen in Baden-Württemberg beprobt und auf Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Substanzen untersucht. Der Parameterumfang sollte sich an dem Vorschlag des BLAC-Arbeitskreises orientieren, konnte aber modifiziert werden, um beispielsweise hormonell wirksame Industriechemikalien oder Phyto- und Mykoöstrogene in das Untersuchungsprogramm aufzunehmen. Ausgewählte Untersuchungsergebnisse aus dem baden-württembergischen Monitoringprogramm sollten dann in die bundesweite Bestandsaufnahme des BLAC als Beitrag Baden-Württembergs einfließen.

Im folgenden Abschlußbericht werden zunächst die entwickelten und optimierten Analysenverfahren zur Bestimmung von insgesamt 74 Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen vorgestellt. Die Ergebnisse einer ausführlichen Validierung aller Analysenverfahren sowie die wesentlichen Punkte der Auswertung zweier länderübergreifender Ringversuche zur Bestimmung von Arzneimittelwirkstoffen in Oberflächenwässern und kommunalen Abwässern sollen die Qualität der entwickelten Analysenverfahren dokumentieren.

Es werden umfangreiche Ergebnisse zum Vorkommen von Arzneimitteln und hormonell wirksamen Verbindungen in Grund- und Oberflächenwässern in Baden-Württemberg präsentiert und ausführlich diskutiert. Insgesamt wurden mehr als 180 Proben aus 105 Grundwassermessstellen und etwa 80 Proben aus verschiedenen Fließgewässern analysiert. Die Untersuchungen in Oberflächenwässern werden ergänzt durch Messungen in Schwebstoffen, die aus den entsprechenden Fließgewässern parallel zu den Wasserproben entnommen wurden. Untersuchungen zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Klärschlämmen aus 30 verschiedenen Kläranlagen in Baden-Württemberg, in Schweinegülle und Putenmist sowie in Böden, die in der Vergangenheit entweder mit Klärschlamm oder mit Putenmist beaufschlagt worden waren, runden das Gesamtprogramm der Untersuchungen zum Vorkommen von Pharmaka und Hormonen in Grund-, Oberflächenwässern und Böden in Baden-Württemberg ab.

2 Auswahl der zu analysierenden Verbindungen

Bei der Auswahl der zu analysierenden Verbindungen wurde zunächst der Vorschlag des BLAC-Arbeitskreises „Arzneimittel in der Umwelt – Untersuchungsprogramm“ berücksichtigt [8]. Von diesem Arbeitskreis wurde im Oktober 1999 eine Liste von insgesamt 62 Verbindungen erarbeitet, welche in die Gruppen Betablocker, Broncholytika und Sekrolytika, Lipidsenker und Metabolite, Antiphlogistika, Antipyretika und Analgetika, Zytostatika, Psychopharmaka, Antiepileptika, natürlich vorkommende Östrogene, synthetische Östrogene, allgemeine Pharmaka, Futtermittelzusatzstoffe sowie iodierter Röntgenkontrastmittel eingeteilt wurden. In der Folgezeit wurde diese Liste durch den BLAC-Arbeitskreis mehrfach überarbeitet und geändert. Nach Abschluss der Auswertung eines Ringversuchs zur Bestimmung von 35 ausgewählten Arzneimittelwirkstoffen in Oberflächenwässern und kommunalen Abwässern (siehe Kapitel 5) fand im Sommer 2000 eine abschließende Festlegung des Parameterumfangs für das bundesweite Monitoring-Programm auf insgesamt 22 Wirkstoffe statt, für die nach Ansicht des Arbeitskreises eine ausreichende Anzahl an Laboratorien zuverlässige Analysenverfahren vorweisen konnte.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde dieser Parameterumfang allerdings wesentlich erweitert, indem zum einen Verbindungen einbezogen wurden, die in der ursprünglichen Liste des BLAC-Arbeitskreises enthalten waren, später aber gestrichen wurden, und indem zum anderen weitere relevante Verbindungen wie Futtermittelzusatzstoffe, Tierarzneimittel, Stoffe aus der Fischhaltung, Phyto- und Mykoöstrogene sowie Industriechemikalien mit hormonartiger (endokriner) Wirkung wie z.B. die Nonylphenolisomere oder Bisphenol A einbezogen wurden. Bei der Auswahl der Verbindungen wurde auf Literaturangaben (z.B. [4, 5, 9, 10]) aber auch auf die langjährigen Erfahrungen des TZW bei der Untersuchung von Grund- und Oberflächenwässern zurückgegriffen.

Insgesamt wurde zunächst eine Stoffliste aus 74 Einzelstoffen erstellt, die in Tabelle 2.1 zusammengestellt ist. Bei der Einteilung der Stoffe in Gruppen bzw. Indikationsklassen wurde weitgehend die Vorgabe des BLAC-Arbeitskreises übernommen. Diese Einteilung ist unabhängig von der in Kapitel 3 vorgenommenen Gruppierung, bei der die Stoffe entsprechend ihrer analytischen Erfassbarkeit zusammengestellt werden. Die 22 Einzelstoffe, die durch den BLAC-Arbeitskreis ausgewählt wurden und für die im Rahmen des bundesweiten Monitoring-Programms Daten zu erheben waren, sind dunkel hinterlegt. Zusätzliche Stoffe sind in Tabelle 2.1 kursiv dargestellt. Darüber hinaus sind im Anhang in Tabelle A.1 für die Arzneimittelwirkstoffe und in Tabelle A.2 für die hormonell wirksamen Stoffe – soweit vorhanden – die CAS-Nummern, die chemischen Strukturformeln und die Anwendungsgebiete dargestellt. Weitere Informationen zu den Arzneimittelwirkstoffen finden sich beispielsweise in [11], zu den hormonell wirksamen Verbindungen in [10].

Tabelle 2.1: Ausgewählte Einzelstoffe

Gruppe I	Betablocker:			
	Metoprolol	Propranolol	Atenolol	
	Bisoprolol	Sotalol	<i>Pindolol</i>	
	<i>Betaxolol</i>			
	Broncholytika, Sekretolytika:			
	Salbutamol	Clenbuterol	<i>Terbutalin</i>	
Gruppe II	Antiphlogistika, Antipyretika, Analgetika:			
	Phenazon	Dimethylaminophenazon	Propyphenazon	
	Zytostatika:			
	Ifosfamid	Cyclophosphamid		
	Psychopharmaka:			
	<i>Diazepam</i>			
	Antiepileptika:			
	Carbamazepin			
Gruppe III	Lipidsenker und Metabolite:			
	Clofibrinsäure	Bezafibrat	Fenofibrinsäure	
	<i>Gemfibrozil</i>	<i>Fenofibrat</i>	<i>Etofibrat</i>	
	Antiphlogistika, Antipyretika, Analgetika:			
	Diclofenac	Ketoprofen	Ibuprofen	
	Indometacin	Naproxen	<i>Fenoprofen</i>	
	Durchblutungsförderer:			
	<i>Pentoxifyllin</i>			
Gruppe IV	natürlich vorkommende Östrogene:			
	<i>Estron</i>	<i>Estradiol</i>	<i>Estriol</i>	
	synthetische Östrogene:			
	<i>Ethinylestradiol</i>	<i>Mestranol</i>	<i>Norethisteron</i>	
Gruppe V	Pharmaka:			
	<i>Chloramphenicol</i>	<i>Virginiamycin</i>	<i>Oleandomycin</i>	
	<i>Erythromycin</i>	<i>Dehydrato-Erythromycin</i>	<i>Roxithromycin</i>	
	<i>Clarithromycin</i>	<i>Ronidazol</i>	<i>Metronidazol</i>	
	<i>Sulfadiazin</i>	<i>Sulfamerazin</i>	<i>Furazolidon</i>	
	<i>Sulfadimidin</i>	<i>Sulfamethoxazol</i>	<i>Dapson</i>	
	<i>Trimethoprim</i>	<i>Monensin</i>	<i>Amoxicillin</i>	
	<i>Penicillin G</i>	<i>Penicillin V</i>	<i>Oxacillin</i>	
	<i>Cloxacillin</i>	<i>Nafcillin</i>	<i>Dicloxacillin</i>	
		Tierarzneimittel:		
	<i>Spiramycin</i>	<i>Tylosin</i>	<i>Hexestrol</i>	
	<i>Diethylstilbestrol</i>			
	Gruppe VI	Iodierte Röntgenkontrastmittel:		
		<i>Iopamidol</i>	<i>Iopromid</i>	<i>Iomeprol</i>
		<i>Amidotrizoesäure</i>		
Lipidsenker:				
Simvastatin				
Phytoöstrogene:				
<i>Daidzein</i>	<i>β-Sitosterol</i>			
	Alkylphenole:			
<i>Bisphenol A</i>	<i>Bisphenol F</i>	<i>iso-Nonylphenol (Isomeregemisch)</i>		

Im Projektverlauf wurden über die in Tabelle 2.1 genannten Stoffe hinaus weitere Verbindungen in das Messprogramm aufgenommen, die entweder in bestehende Analysenverfahren integriert wurden (z.B. einige iodierete Röntgenkontrastmittel oder das Antibiotikum Clindamycin) oder für die neue analytische Bestimmungsverfahren entwickelt wurden (z.B. die Tetracyclin-Antibiotika Meclocyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin, Chlortetracyclin und Doxycyclin oder die Fluorchinolon-Antibiotika Ciprofloxacin, Enoxacin, Enrofloxacin, Norfloxacin und Ofloxacin). Einzelheiten hierzu finden sich zum einen in Kapitel 3, in dem die entsprechenden Analysenverfahren beschrieben werden, und bei der Diskussion der Ergebnisse.

3 Beschreibung der Analysenverfahren

Im Folgenden werden zunächst die Analysenverfahren für die Bestimmung der 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksamen Verbindungen beschrieben, die für die Untersuchung von Grund- und Oberflächenwässern in Baden-Württemberg angewendet wurden [12]. Die Verfahren für die Analyse von Feststoffproben (z.B. Schwebstoff, Boden, Klärschlamm, Mist) werden im Anschluß hieran vorgestellt. Die Zuordnung einer Verbindung zu einem Analysenverfahren erfolgte aufgrund chemisch-analytischer Gesichtspunkte und sagt nichts aus über die Wirkung eines Arzneimittels oder seine Zugehörigkeit zu einer bestimmten Indikationsgruppe. Bei Verbindungen, für die eine Bestimmung durch mehrere Analysenverfahren möglich ist, wird jeweils auf das alternative Bestimmungsverfahren verwiesen, eine detaillierte Beschreibung erfolgt allerdings nur für das im Rahmen des Monitoring-Programms angewendete Verfahren. Um eine möglichst effektive Bearbeitung einer großen Anzahl von Proben zu gewährleisten, wurde angestrebt, die Anzahl der erforderlichen Analysenverfahren gering zu halten und möglichst viele Verbindungen mit einem Verfahren zu erfassen. Es wurden ausschließlich massenspektroskopische Detektionstechniken (GC/MS oder HPLC/MS/MS) eingesetzt, da nur diese Verfahren eine zweifelsfreie Identifizierung der Analyte erlauben.

3.1 Bestimmung von Metoprolol, Propranolol, Atenolol, Bisoprolol, Sotalol, Pindolol, Betaxolol, Salbutamol, Clenbuterol, Terbutalin, Phenazon, Dimethylaminophenazon, Propyphenazon, Ifosfamid, Cyclophosphamid und Simvastatin in Wasserproben

Die Bestimmung der o.g. Verbindungen, bei denen es sich um Verbindungen aus den Substanzklassen der Betablocker und Bronchospasmolytika, Analgetika, Zytostatika und Lipidsenker handelt, erfolgt in einem Analysenverfahren mittels HPLC/MS/MS nach Festphasenextraktion auf einem Polymermaterial (PPL bondelut). Die Vorgehensweise bei der Anreicherung der Verbindungen zeigt das Fließschema in Bild 3.1. Der Nachweis von Phenazon, Dimethylaminophenazon, Propyphenazon, Ifosfamid und Cyclophosphamid kann alternativ mittels GC/MS-Kopplung erfolgen. Wie die Ergebnisse des Ringversuchs allerdings gezeigt haben (siehe Kapitel 5), ist die Zuverlässigkeit der GC/MS-Methode insbesondere für die Bestimmung von Ifosfamid und Cyclophosphamid nicht sehr hoch, sodass für das Forschungsvorhaben ausschließlich die HPLC/MS/MS-Methode eingesetzt wurde.

In den Tabellen 3.1 und 3.2 sind die HPLC-Parameter sowie die Mutter- und Tochterionen für die MS/MS-Detektion der einzelnen Verbindungen zusammengestellt. Die Quantifizierung erfolgt i.d.R. über zwei Tochterionen (Produkt-Ion I und Produkt-Ion II). Nur wenn die be-

rechnete Konzentration für beide Ionen weniger als 10 % differiert, wird eine Verbindung als identifiziert eingestuft und der Mittelwert als Ergebnis angegeben.

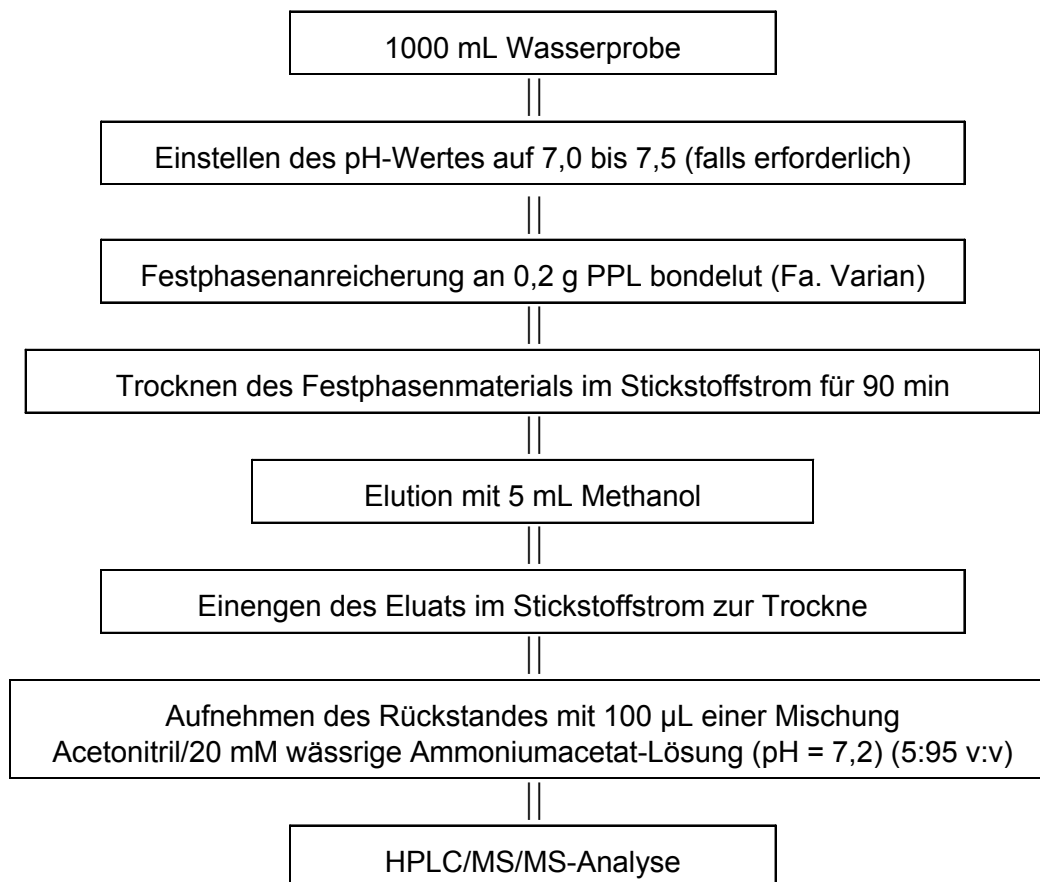


Bild 3.1: Bestimmung von Metoprolol, Propranolol, Atenolol, Bisoprolol, Sotalol, Pindolol, Betaxolol, Salbutamol, Clenbuterol, Terbutalin, Phenazon, Dimethylaminophenazon, Propyphenazon, Ifosfamid, Cyclophosphamid und Simvastatin

Tabelle 3.1: HPLC/MS/MS-Parameter

HPLC-System:	Hewlett-Packard 1090, Serie II Liquid Chromatograph		
MS/MS-System:	PE Sciex API 2000		
Injektionsvolumen:	12,5 µL		
Trennsäule:	Hypersil ODS, (250 mm x 2 mm, 3 µm)		
Eluent:	A: 20 mM wässrige Ammoniumacetat-Lösung (pH = 6,8) B: 20 mM Ammoniumacetat in Acetonitril/Methanol (2:1 v:v)		
Eluentenprogramm:	0 min:	98 % A	2 % B
	1 min:	98 % A	2 % B
	6 min:	90 % A	10 % B
	20 min:		100 % B
	29 min:		100 % B
	29,5 min:	100 % A	
Fluß:	0,2 mL/min		
Interface:	Elektrospray		
Ionisierungsmodus:	positiv		

Ionisierungsspannung: 5500 V
 Detektion: MS/MS

Tabelle 3.2: Precursor-Ion und Produkt-Ionen zur Auswertung bei der MS/MS-Detektion

Verbindung	Precursor-Ion m/z	Produkt-Ion I m/z	Produkt-Ion II m/z
Atenolol	267,3	190,2	145,2
Betaxolol	308,3	55,2	56,2
Bisoprolol	326,6	116,3	56,1
Clenbuterol	277,1	203,0	168,2
Cyclophosphamid	261,1	140,0	106,0
Dimethylaminophenazon	232,1	111,0	56,2
Ifosfamid	261,1	92,0	63,2
Metoprolol	268,4	116,1	74,1
Phenazon	189,0	104,3	77,1
Pindolol	250,1	56,2	72,0
Propranolol	260,2	183,3	116,1
Propyphenazon	231,3	189,2	56,2
Salbutamol	240,3	166,2	148,2
Simvastatin	419,0	285,3	199,3
Sotalol	273,4	213,1	133,1
Terbutalin	226,1	152,2	107,0

3.2 Bestimmung von Carbamazepin, Clofibrinsäure, Bezafibrat, Gemfibrozil, Fenofibrinsäure, Fenofibrat, Etofibrat, Diclofenac, Ketoprofen, Ibuprofen, Indometacin, Naproxen, Fenoprofen, Pentoxifyllin und Diazepam in Wasserproben

Die Bestimmung der o.g. Arzneimittelwirkstoffe und Metabolite erfolgt mittels GC/MS nach Festphasenextraktion auf RP-C18-Material. Es handelt sich bei den Verbindungen teilweise um neutrale und teilweise um saure Wirkstoffe. Um alle Verbindungen mit einer Methode erfassen zu können, muss bei der Anreicherung ein Kompromiss bezüglich des eingestellten pH-Wertes eingegangen werden. Für die Anreicherung der sauren Komponenten wäre ein möglichst kleiner pH-Wert günstig, während die neutralen Verbindungen bei zu sauren Bedingungen protoniert werden können und dann nicht mehr auf dem unpolaren Festphasenmaterial angereichert werden. Vor der Anreicherung wurde die Wasserprobe daher stets auf einen pH-Wert von 3 eingestellt, der sich in Voruntersuchungen als optimal herausgestellt hatte. Wie die Daten der Validierung zeigen (siehe Kapitel 4), erhält man unter diesen Bedin-

gungen für alle Verbindungen zufriedenstellende Wiederfindungen und eine sehr gute Reproduzierbarkeit der Analyseergebnisse.

Nach der Anreicherung wird eine Derivatisierung durchgeführt, bei der die sauren Verbindungen in ihre Pentafluorbenzylderivate überführt werden, während die neutralen Wirkstoffe (Fenofibrat, Etofibrat, Carbamazepin, Pentoxifyllin und Diazepam) nicht derivatisiert werden. Als interner Standard über das Gesamtverfahren wird 2,3-D (2,3-Dichlorphenoxyessigsäure) verwendet, das der Wasserprobe zugegeben und ebenfalls angereichert und derivatisiert wird. Die Vorgehensweise bei der Anreicherung und Derivatisierung der Verbindungen ist in Bild 3.2 dargestellt.

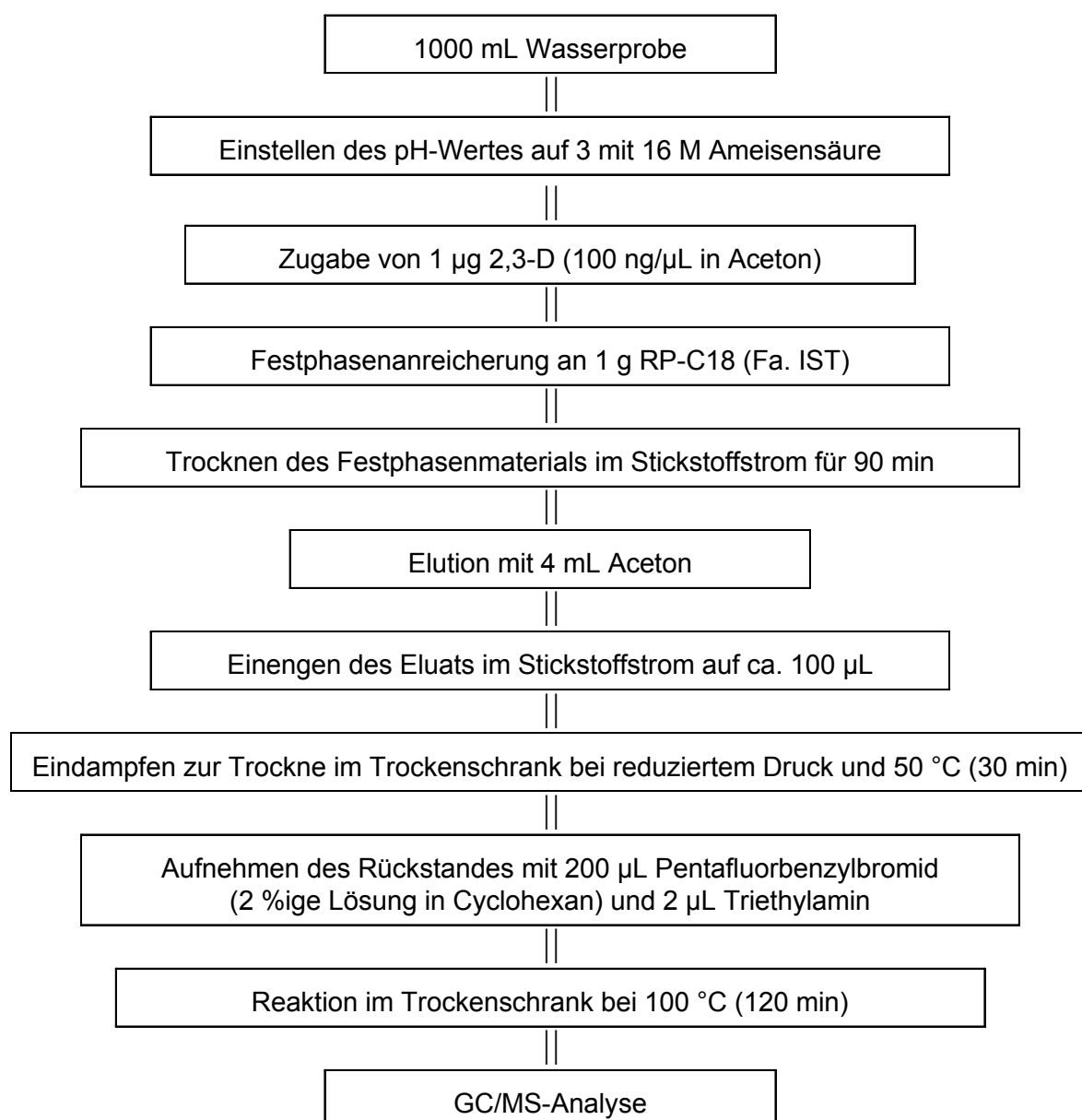


Bild 3.2: Bestimmung von Carbamazepin, Clofibrinsäure, Bezafibrat, Gemfibrozil, Fenofibrinsäure, Fenofibrat, Etofibrat, Diclofenac, Ketoprofen, Ibuprofen, Indometacin, Naproxen, Fenoprofen, Pentoxifyllin und Diazepam

Die Messung der derivatisierten und underivatisierten Spezies erfolgt gemeinsam mittels GC/MS im full-scan-Modus. In den Tabellen 3.3 und 3.4 sind die GC/MS-Parameter, die charakteristischen Massenfragmente in den full-scan-Spektren und die Quantifizierungsmassen für die einzelnen Verbindungen zusammengestellt.

Tabelle 3.3: GC/MS-Parameter für die Bestimmung der Arzneimittelwirkstoffe

GC/MS-System:	ThermoQuest GCQ
Injektor:	Split/splitless-Injektor
Injektortemperatur:	275 °C
Injektionsvolumen:	2 µL (splitlos, 1 min)
Trennsäule:	DB 35 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm)
Trärgas:	Helium
Temperaturprogramm:	65 °C (2 min), 30 °C/min bis 180 °C (2min), 5 °C/min bis 300 °C (12 min)
Analysenzeit:	44 min
Detektor:	ion trap-Massenspektrometer
Detektortemperatur:	200 °C
Transfer-Line:	275 °C
scan Modus:	full scan (Massenbereich m/z = 80 – 400)

Tabelle 3.4: Charakteristische Fragmente m/z in den EI-Massenspektren der Arzneimittelwirkstoffe (d: derivatisiert; nd: nicht derivatisiert; unterstrichen: Quantifizierungsmassen; teilweise wird über die Summe mehrerer Massenfragmente ausgewertet)

Verbindung	m/z
Indometacin (d)	111, 113, <u>139</u> , <u>141</u> , 181
Diclofenac (d)	179, 181, <u>214</u> , 216, <u>242</u> , 244
Ibuprofen (d)	91, 117, <u>118</u> , <u>161</u> , 181
Fenoprofen (d)	<u>91</u> , 103, 181, <u>197</u> , 225
Ketoprofen (d)	<u>105</u> , 181, 194, <u>209</u> , 210
Gemfibrozil (d)	<u>83</u> , 122, 161, 181, <u>309</u>
Fenofibrat (nd)	<u>121</u> , <u>139</u> , 197, 232, 273
Bezafibrat (d)	107, <u>120</u> , 139, 181
Etofibrat (nd)	150, 169, <u>236</u> , 363
Clofibrinsäure (d)	<u>128</u> , <u>130</u> , 169, 171, 181
Fenofibrinsäure (d)	<u>121</u> , 139, 181, 197, <u>232</u> , 234

Carbamazepin (nd)	<u>165</u> , 191, 192, <u>193</u> , <u>236</u>
Pentoxifyllin (nd)	<u>180</u> , 193, <u>221</u> , 222, 278
Naproxen (d)	115, 141, 153, <u>170</u> , <u>185</u>
Diazepam (nd)	110, 165, 177, <u>221</u> , <u>256</u> , <u>283</u>
2,3-D (IS, d)	<u>111</u> , 113, 147, 149, <u>175</u> , 177, 181

3.3 Bestimmung von Estron, 17- β -Estradiol, Estriol, 17- α -Ethinylestradiol, Mestranol, Norethisteron, Hexestrol, Diethylstilbestrol, Daidzein, β -Sito-sterol, Bisphenol A, Bisphenol F und iso-Nonylphenol in Wasserproben

Das Verfahren zur Bestimmung der o.g. Verbindungen mittels GC/MS-Kopplung nach Festphasenextraktion auf einem Polymermaterial (PPL bondelut) ist in Bild 3.3 dargestellt.

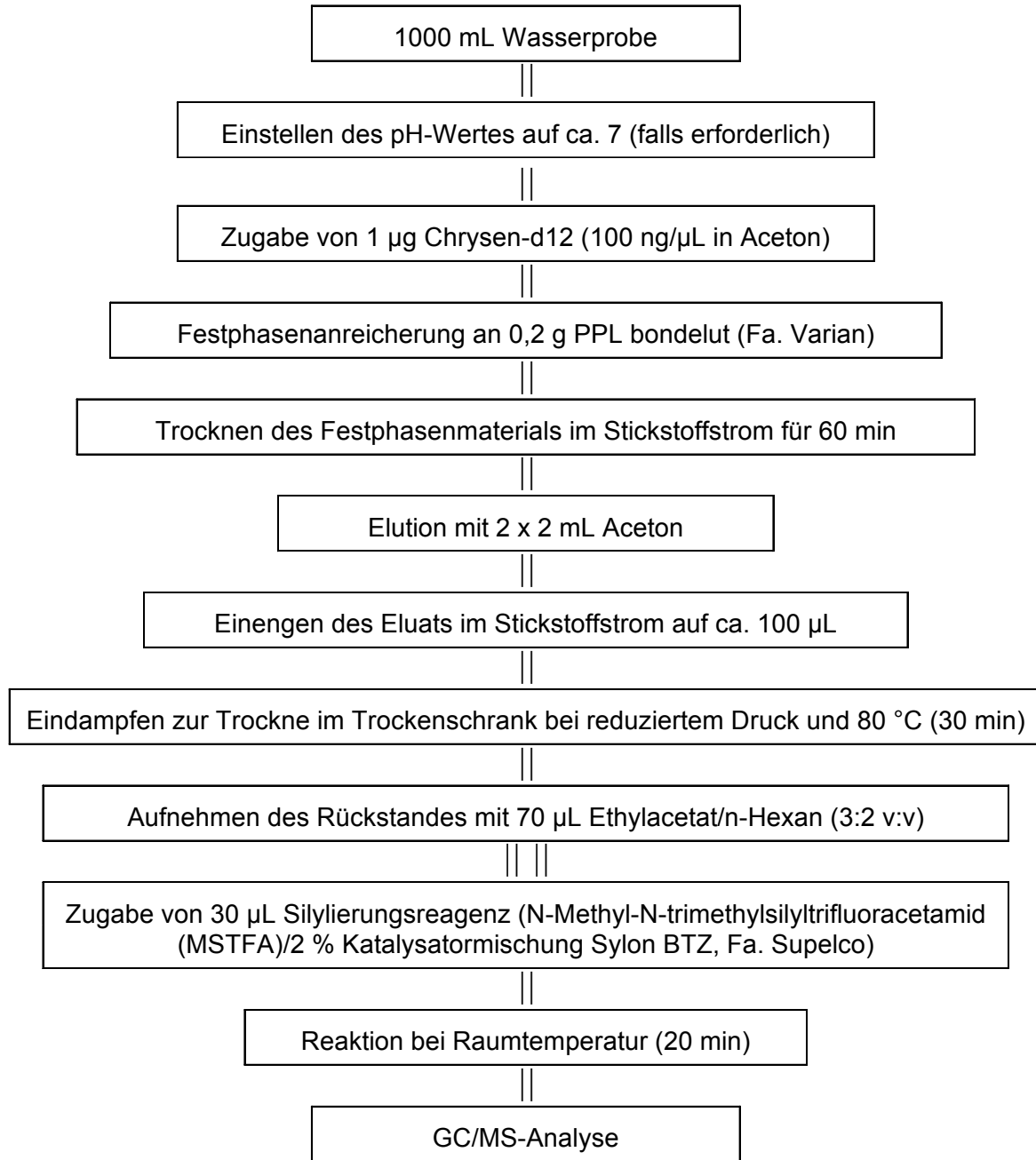


Bild 3.3: Bestimmung von Estron, 17- β -Estradiol, Estriol, 17- α -Ethinylestradiol, Mestranol, Norethisteron, Hexestrol, Diethylstilbestrol, Daidzein, β -Sitosterol, Bisphenol A, Bisphenol F und iso-Nonylphenol (Sylon BTZ: N,O-Bis(trimethylsilyl)acetamid:Trimethylchlorsilan:N-Trimethylsilylimidazol 3:2:3)

Nach der Anreicherung wird eine Derivatisierung durchgeführt, bei der die Stoffe in ihre Trimethylsilylderivate überführt werden. Als interner Standard über das Gesamtverfahren wird Chrysen-d12 verwendet. Diese Verbindung wird ebenfalls angereichert, jedoch nicht derivatisiert. Die Messung der derivatisierten Spezies erfolgt mittels GC/MS im full-scan-Modus. In

den Tabellen 3.5 und 3.6 sind die GC/MS-Parameter, die charakteristischen Massenfragmente in den full-scan-Spektren und die Quantifizierungsmassen zusammengestellt.

Tabelle 3.5: GC/MS-Parameter für die Bestimmung der Steroidhormone und hormonell wirksamen Verbindungen

GC/MS-System:	Varian Saturn 2000
Injektor:	temperaturprogrammierbarer split/splitless-Injektor (PTV)
Injektortemperatur:	50 °C (0,25 min), 200 °C/min bis 250 °C (38 min)
Injektionsvolumen:	2 µL (splitlos, 5 min)
Trennsäule:	MDN 5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm)
Trägergas:	Helium
Temperaturprogramm:	50 °C (2 min), 16 °C/min bis 180 °C, 5 °C/min bis 290 °C (7 min)
Detektor:	ion trap-Massenspektrometer
Detektortemperatur:	190 °C
Transfer-Line:	240 °C
scan Modus:	full scan (Massenbereich m/z = 100 – 650)

Tabelle 3.6: Charakteristische Fragmente m/z in den EI-Massenspektren der derivatisierten Verbindungen (unterstrichen: Quantifizierungsmassen; Chrysen-d12 wird nicht derivatisiert)

Verbindung	m/z
Estron	155, 399, 400, <u>414</u>
17-β-Estradiol	285, 326, <u>416</u> , 417
Estriol	311, 386, 414, <u>504</u>
17-α-Ethinylestradiol	285, 300, <u>425</u> , 426
Mestranol	174, 227, <u>367</u> , 368
Norethisteron	194, 427, <u>442</u> , 443
Hexestrol	<u>207</u> , 208
Diethylstilbestrol	217, 383, <u>412</u> , 413
Daidzein	383, <u>398</u>
β-Sitosterol	129, 357, <u>396</u> , 486
Bisphenol A	<u>357</u> , 358, 372
Bisphenol F	179, 329, <u>344</u>
iso-Nonylphenol	<u>179</u> , 221
Chrysen-d12 (IS)	<u>240</u>

Die Bestimmung von 4-tert.-Oktylphenol ist mit der beschriebenen Methode prinzipiell ebenfalls möglich. Allerdings ergaben Vorversuche, dass insbesondere GC-Septen größere Mengen an 4-tert.-Oktylphenol enthalten und damit Quellen falscher Befunde darstellen. Auch mehrfache Reinigungsversuche führten nicht zu einer vollständigen Beseitigung der Blind-

werte. Aus diesem Grund wurde auf die Bestimmung von 4-tert.-Oktylphenol, dessen technische Bedeutung weit geringer ist als die von 4-Nonylphenol, verzichtet.

3.4 Bestimmung von Iopamidol, Iopromid, Iomeprol und Amidotrizoesäure in Wasserproben

Die Bestimmung der o.g. iodierten Röntgenkontrastmittel erfolgt mittels HPLC/MS/MS nach Festphasenextraktion auf einem Styrol-Divinylbenzol-Polymer (SDB-Material). Die gesamte Vorgehensweise ist in Bild 3.4 dargestellt. In den Tabellen 3.7 und 3.8 sind die HPLC-Parameter sowie die Mutter- und Tochterionen für die MS/MS-Detektion der einzelnen Verbindungen zusammengestellt. Mit dem Verfahren lassen sich auch die Röntgenkontrastmittel Iopamid, Iohexol, Iopansäure, Iotalaminsäure, Ioxaglinsäure und Ioxitalaminsäure bestimmen [13]. Diese Stoffe wurden allerdings erst nach Abschluss des Monitoring-Programms in das Analysenverfahren integriert,

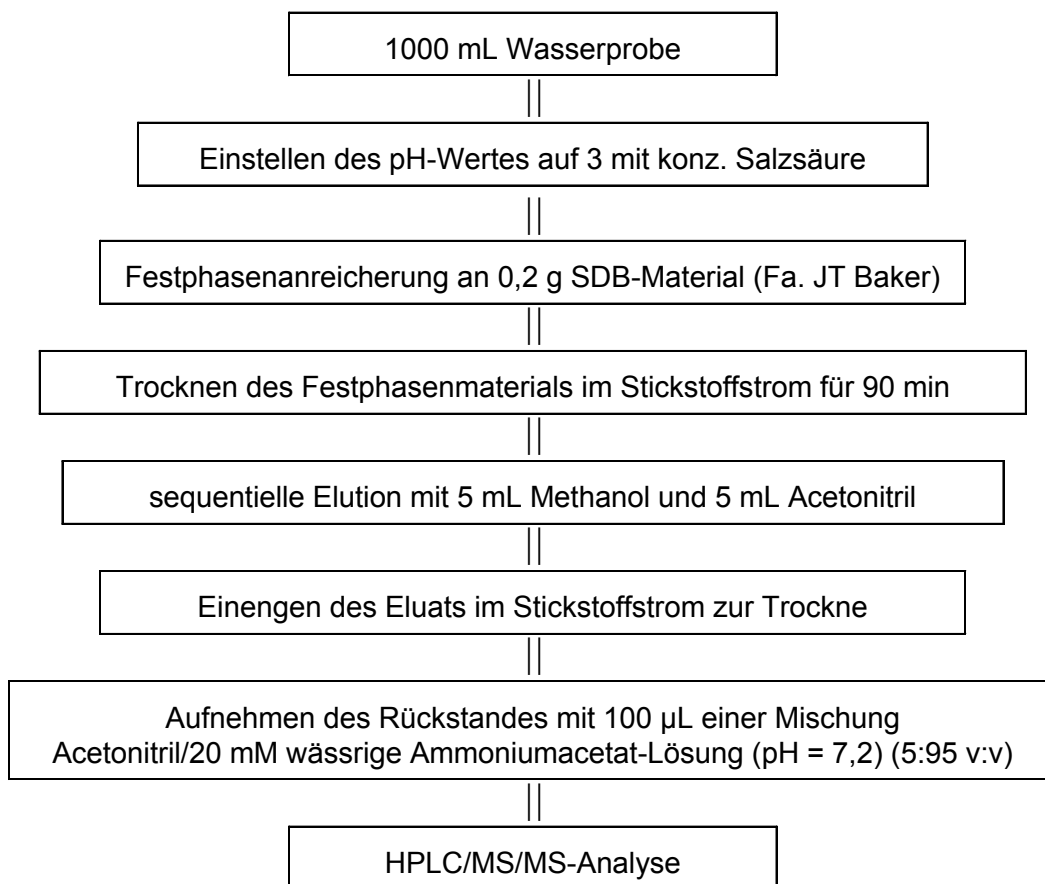


Bild 3.4: Bestimmung von Iopamidol, Iopromid, Iomeprol und Amidotrizoesäure

Tabelle 3.7: HPLC/MS/MS-Parameter für die Bestimmung von Iopamidol, Iopromid, Iomeprol und Amidotrizoesäure (Röntgenkontrastmittel)

HPLC-System:	Hewlett-Packard 1090, Serie II Liquid Chromatograph		
MS/MS-System:	PE Sciex API 2000		
Injektionsvolumen:	12,5 µL		
Trennsäule:	Nucleosil 120-3-C18, (250 mm x 2 mm, 3 µm)		
Eluent:	A: 2 mM wässrige Ammoniumformiat-Lösung (pH = 7,0) B: 2 mM Ammoniumformiat in Acetonitril/Methanol (2:1 v:v)		
Eluentenprogramm:	0 min:	95 % A	5 % B
	1 min:	95 % A	5 % B
	22 min:	50 % A	50 % B
	23 min:		100 % B
	29 min:		100 % B
	29,5 min:	95 % A	5 % B
Fluß:	0,2 mL/min		
Interface:	Elektrospray		
Ionisierungsmodus:	positiv		
Ionisierungsspannung:	5500 V		
Detektion:	MS/MS		

Tabelle 3.8: Precursor-Ion und Produkt-Ionen bei der MS/MS-Detektion der Röntgenkontrastmittel

Verbindung	Precursor-Ion m/z	Produkt-Ion I m/z	Produkt-Ion II m/z
Amidotrizoesäure	614,6	361,0	233,2
lomeprol	778,1	687,0	405,2
lopamidol	778,1	558,8	387,0
lopromid	791,8	573,0	300,1

3.5 Bestimmung von Amoxicillin, Cloxacillin, Dicloxacillin, Nafcillin, Oxacillin, Penicillin G, Penicillin V, Chloramphenicol, Clarithromycin, Erythromycin, Dehydrato-Erythromycin, Oleandomycin, Roxithromycin, Spiramycin, Tylosin, Virginiamycin, Dapson, Furazolidon, Metronidazol, Monensin, Ronidazol, Sulfadiazin, Sulfadimidin, Sulfamerazin, Sulfamethoxazol und Trimethoprim in Wasserproben

Die Bestimmung der o.g. Verbindungen, bei denen es sich im wesentlichen um Antibiotika aus den Substanzklassen der Penicilline, Makrolide und Chemotherapeutika handelt, erfolgt mittels HPLC/MS/MS nach Festphasenextraktion auf einem Polymermaterial (Isolut ENV+). Alle Verbindungen werden gemeinsam angereichert. Der resultierende Extrakt wird dreifach in das HPLC-System injiziert, um die verschiedenen Verbindungsklassen bei unterschiedlichen chromatographischen Bedingungen (unterschiedliche Eluentenzusammensetzungen

und -programme) auftrennen und anschließend detektieren zu können. Die Vorgehensweise bei der Anreicherung der Verbindungen ist in dem Fließschema in Bild 3.5 dargestellt.

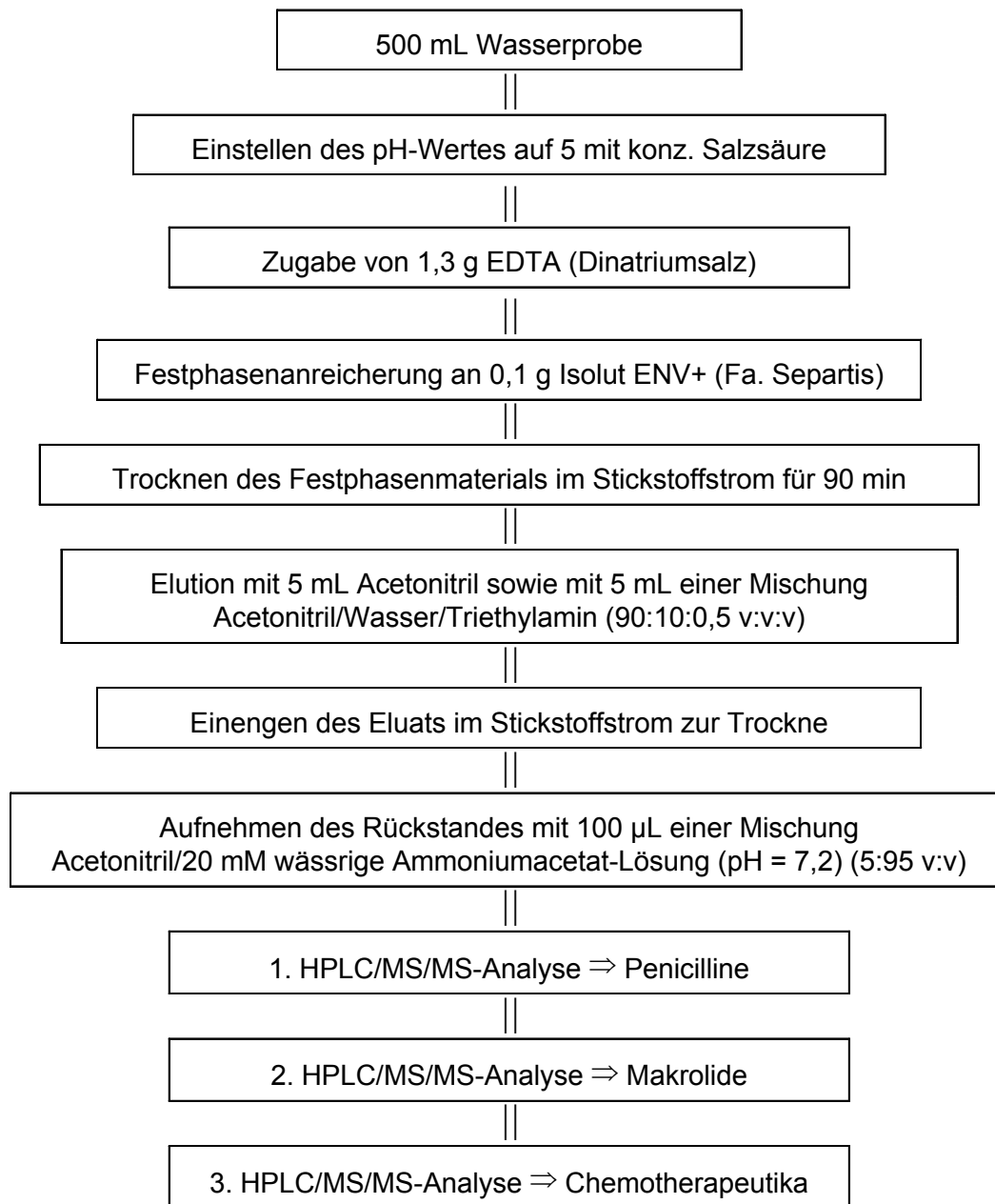


Bild 3.5: Gemeinsame Anreicherung der Antibiotika

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die HPLC-Parameter sowie die Mutter- und Tochterionen für die MS/MS-Detektion der Penicilline (Tabellen 3.9 und 3.12), Makrolide (Tabellen 3.10 und 3.13) und Chemotherapeutika (Tabellen 3.11 und 3.14). Zu beachten ist die negative Ionisierungsspannung für die Bestimmung von Chloramphenicol (alle anderen Verbindungen werden im positiven Ionisierungsmodus bestimmt).

Tabelle 3.9: HPLC/MS/MS-Parameter für die Bestimmung von Amoxicillin, Cloxacillin, Dicloxacillin, Nafcillin, Oxacillin, Penicillin G und Penicillin V (Penicilline)

HPLC-System:	Hewlett-Packard 1090, Serie II Liquid Chromatograph		
MS/MS-System:	PE Sciex API 2000		
Injektionsvolumen:	12,5 µL		
Trennsäule:	Nucleosil 120-3-C18, (250 mm x 2 mm, 3 µm)		
Eluent:	A: 2 mM wässrige Ammoniumformiat-Lösung (pH = 7,0) B: 2 mM Ammoniumformiat in Acetonitril/Methanol (2:1 v:v)		
Eluentenprogramm:	0 min:	95 % A	5 % B
	1 min:	95 % A	5 % B
	22 min:	50 % A	50 % B
	23 min:		100 % B
	29 min:		100 % B
	29,5 min:	95 % A	5 % B
Fluß:	0,2 mL/min		
Interface:	Elektrospray		
Ionisierungsmodus:	positiv		
Ionisierungsspannung:	5500 V		
Detektion:	MS/MS		

Tabelle 3.10: HPLC/MS/MS-Parameter für die Bestimmung von Chloramphenicol, Clarithromycin, Erythromycin, Dehydrato-Erythromycin, Oleandomycin, Roxithromycin, Spiramycin, Tylosin und Virginiamycin (Makrolide)

HPLC-System:	Hewlett-Packard 1090, Serie II Liquid Chromatograph		
MS/MS-System:	PE Sciex API 2000		
Injektionsvolumen:	12,5 µL		
Trennsäule:	Nucleosil 120-3-C18, (250 mm x 2 mm, 3 µm)		
Eluent:	A: 20 mM wässrige Ammoniumacetat-Lösung (pH = 6,8) B: 20 mM Ammoniumacetat in Acetonitril/Methanol (2:1 v:v)		
Eluentenprogramm:	0 min:	80 % A	20 % B
	3 min:	80 % A	20 % B
	13 min:	20 % A	80 % B
	18 min:		100 % B
	29 min:		100 % B
	29,5 min:	80 % A	20 % B
Fluß:	0,2 mL/min		
Interface:	Elektrospray		
Ionisierungsmodus:	positiv (negativ für Chloramphenicol)		
Ionisierungsspannung:	5500 V (-4500 V für Chloramphenicol)		
Detektion:	MS/MS		

Für die Bestimmung von Dehydrato-Erythromycin, dem (nicht antibiotisch wirksamen) Metaboliten des Makrolid-Antibiotikums Erythromycin [14], ist keine Referenzsubstanz erhältlich. Hier wurde so vorgegangen, dass eine wässrige Erythromycin-Lösung auf pH 3 angesäuert und mehrere Stunden stehen gelassen wurde. Anschließend konnte in dieser Lösung kein

Erythromycin mehr nachgewiesen werden, sodass von einer 100 % Umsetzung zu Dehydro-erythromycin ausgegangen werden kann.

Tabelle 3.11: HPLC/MS/MS-Parameter für die Bestimmung von Dapson, Furazolidon, Metronidazol, Monensin, Ronidazol, Sulfadiazin, Sulfadimidin, Sulfamerazin, Sulfamethoxazol und Trimethoprim (Chemotherapeutika)

HPLC-System:	Hewlett-Packard 1090, Serie II Liquid Chromatograph		
MS/MS-System:	PE Sciex API 2000		
Injektionsvolumen:	12,5 µL		
Trennsäule:	Nucleosil 120-3-C18, (250 mm x 2 mm, 3 µm)		
Eluent:	A: 20 mM wässrige Ammoniumacetat-Lösung (pH = 5,1) B: 20 mM Ammoniumacetat in Acetonitril/Methanol (2:1 v:v)		
Eluentenprogramm:	0 min:	98 % A	2 % B
	1 min:	98 % A	2 % B
	6 min:	90 % A	10 % B
	20 min:		100 % B
	29 min:		100 % B
	29,5 min:	100 % A	
Fluß:	0,2 mL/min		
Interface:	Elektrospray		
Ionisierungsmodus:	positiv		
Ionisierungsspannung:	5500 V		
Detektion:	MS/MS		

Tabelle 3.12: Precursor-Ion und Produkt-Ionen bei der MS/MS-Detektion der Penicilline

Verbindung	Precursor-Ion m/z	Produkt-Ion I m/z	Produkt-Ion II m/z	Produkt-Ion III m/z
Amoxicillin	365,8	349,0	208,2	114,2
Cloxacillin	435,9	277,0	160,2	
Diclocaxillin	469,8	311,1	160,1	
Nafcillin	414,8	199,2	171,0	
Oxacillin	401,8	243,2	160,2	
Penicillin G	335,0	176,1	160,1	
Penicillin V	350,8	192,2	160,2	

Tabelle 3.13: Precursor-Ion und Produkt-Ionen bei der MS/MS-Detektion der Makrolide

Verbindung	Precursor-Ion m/z	Produkt-Ion I m/z	Produkt-Ion II m/z
Chloramphenicol	321,1	152,0	

Clarithromycin	748,3	590,2	158,2
Erythromycin	734,5	576,4	158,2
Oleandomycin	688,5	544,4	158,2
Roxithromycin	837,4	679,3	158,1
Spiramycin	843,4	174,1	100,9
Tylosin	916,4	772,3	174,1
Virginiamycin	526,5	355,2	109,2

Tabelle 3.14: Precursor-Ion und Produkt-Ionen bei der MS/MS-Detektion der Chemotherapeutika

Verbindung	Precursor-Ion m/z	Produkt-Ion I m/z	Produkt-Ion II m/z
Dapson	249,0	155,9	107,9
Furazolidon	226,1	138,8	121,8
Metronidazol	172,1	127,8	82,0
Monensin	693,3	501,2	461,2
Ronidazol	201,0	140,1	109,9
Sulfadiazin	251,0	155,9	107,7
Sulfadimidin	278,9	186,2	92,0
Sulfamerazin	265,1	172,0	156,0
Sulfamethoxazol	254,1	155,8	107,8
Trimethoprim	291,1	261,2	230,2

3.6 Bestimmung von Meclocyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin, Chlortetracyclin, Doxycyclin, Ciprofloxacin, Enoxacin, Enrofloxacin, Norfloxacin und Ofloxacin in Wasserproben

Im Verlauf des Forschungsvorhabens wurden Analysenverfahren für weitere Arzneimittelwirkstoffe entwickelt, die nicht im Rahmen des gesamten Monitoring-Programms, sondern nur für die Untersuchung einzelner Proben eingesetzt wurden. Die Bestimmung der o.g. Verbindungen, bei denen es sich um Antibiotika aus den Substanzklassen der Tetracycline und Fluorchinolone handelt, erfolgt in Analogie zu dem in Kapitel 3.5 beschriebenen Verfahren mittels HPLC/MS/MS nach Festphasenextraktion auf einem Polymermaterial (Isolut ENV+). Die Anreicherung kann dabei gemeinsam mit den anderen Antibiotika-Wirkstoffen nach dem in Bild 3.5 beschriebenen Verfahren erfolgen. Ein Aliquot des resultierenden Extrakts wird dann ein weiteres Mal in das HPLC-System injiziert, um die Tetracycline und Fluorchinolone chromatographisch aufzutrennen und zu detektieren. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die HPLC-Parameter (Tabelle 3.15) sowie die Mutter- und Tochterionen für die MS/MS-Detektion (Tabelle 3.16).

Tabelle 3.15: HPLC/MS/MS-Parameter für die Bestimmung von Meclocyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin, Chlortetracyclin und Doxycyclin (Tetracycline) sowie von Ciprofloxacin, Enoxacin, Enrofloxacin, Norfloxacin und Ofloxacin (Fluorchinolone)

HPLC-System:	Hewlett-Packard 1090, Serie II Liquid Chromatograph		
MS/MS-System:	PE Sciex API 2000		
Injektionsvolumen:	12,5 µL		
Trennsäule:	Luna C18-5 (Phenomenex), (250 mm x 2 mm, 5 µm)		
Eluent:	A: 5mM wässrige Oxalsäure-Lösung B: 80 % Acetonitril, 20 % 10 mM wässrige Oxalsäure-Lösung (2:1 v:v)		
Eluentenprogramm:	0 min:	90 % A	10 % B
	5 min:	80 % A	20 % B
	15 min:	40 % A	60 % B
	20 min:		100 % B
	28 min:		100 % B
	29,5 min:	90 % A	10 % B
Fluß:	0,2 mL/min		
Interface:	Elektrospray		
Ionisierungsmodus:	positiv		
Ionisierungsspannung:	5500 V		
Detektion:	MS/MS		

Tabelle 3.16: Precursor-Ion und Produkt-Ionen bei der MS/MS-Detektion der Tetracycline und Fluorchinolone

Verbindung	Precursor-Ion m/z	Produkt-Ion I m/z	Produkt-Ion II m/z
Tetracyclin	445,2	410,1	427,0
Oxytetracyclin	461,2	426,1	443,0
Chlortetracyclin	479,1	462,1	444,0
Doxycyclin	445,2	428,1	267,0
Meclocyclin	477,0	460,0	235,0
Ciprofloxacin	332,1	314,1	288,1
Enoxacin	321,2	303,1	234,2
Enrofloxacin	360,2	316,1	245,2
Norfloxacin	320,1	302,1	276,2
Ofloxacin	362,2	318,2	261,1

3.7 Bestimmung von Arzneimittelwirkstoffen in Feststoffen

Das im folgenden beschriebene Verfahren zur Bestimmung von Arzneimittelwirkstoffen in festen Proben basiert auf einer Methode, wie sie am TZW zur Bestimmung von PAK und PCB aus Schwebstoffen und Sedimenten angewendet wird. Grundlage des Verfahrens ist eine Ultraschall-Extraktion mit nachfolgender Fest-flüssig-Trennung durch Zentrifugation. Im Rahmen der Methodenentwicklung und -optimierung wurden verschiedene Extraktionsmittel

und Extraktionsbedingungen ausgetestet und verglichen [15]. Eine Zusammenstellung der untersuchten Extraktionsmittel zeigt Tabelle 3.17.

Tabelle 3.17: Getestete Lösungsmittel zur Extraktion von Arzneimittelwirkstoffen aus Schwebstoffen (die Versuche mit sauren Extraktionsmitteln wurden erst in einer späteren Versuchsphase durchgeführt)

Cyclohexan
Cyclohexan + 10 % Aceton
Wasser, pH 7
Wasser, pH 9
Wasser, pH 12
Wasser, pH 7 + 10 % Methanol
Wasser, pH 9 + 10 % Methanol
Wasser, pH 12 + 10 % Methanol
Wasser, pH 7 + 10 % Acetonitril
Wasser, pH 9 + 10 % Acetonitril
Wasser, pH 12 + 10 % Acetonitril
Wasser, pH 9 + 30 % Acetonitril
(Wasser, pH 1 + 30 % Aceton)
(Wasser, pH 1 + 30 % Methanol)

Zum Vergleich der verschiedenen Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemische wurden vor allem dotierte Schwebstoffe herangezogen, die zur Ermittlung der Verteilungsgleichgewichte zwischen Wasser- und Feststoffphase eingesetzt wurden (siehe Kapitel 8.1). Versuche mit natürlichen Schwebstoffen ergaben zu geringe Gehalte an Arzneimittelwirkstoffen, um Unterschiede zwischen den Extraktionsmitteln deutlich werden zu lassen.

Für die dotierten Schwebstoffproben erhielt man signifikant höhere Ausbeuten für die wässrigen Extraktionsmittel, wobei das Wasser/Acetonitril-Gemisch zu geringfügig besseren Ergebnissen führte als das Wasser/Methanol-Gemisch. Eine Erhöhung des Acetonitril-Anteils auf 30 % führte ebenfalls noch einmal zu einer leichten Verbesserung der Extraktionsausbeuten. Gleichzeitig erwies sich zunächst ein pH-Wert von 9 als optimal, sodass sich aus den Vorversuchen die Extraktion der Feststoffproben mit einem Gemisch aus 70 % Wasser und 30 % Acetonitril bei einem pH-Wert von 9 als optimales Verfahren zur Bestimmung der Arzneimittel ergab. Versuche mit pH-Werten unter 7 wurden zunächst nicht durchgeführt, da einige Antibiotikawirkstoffe im sauren Milieu bekanntermaßen nicht sehr stabil sind.

Im weiteren Projektverlauf wurden allerdings auch Extraktionsversuche bei pH-Werten weit unter 7 durchgeführt. Aus Gründen der geringen Stabilität einiger Arzneimittelwirkstoffe wurde der pH-Wert allerdings nur während der eigentlichen Extraktion erniedrigt; direkt anschlie-

ßend wurde die Extraktionslösung wieder neutralisiert. Bei diesen Versuchen zeigte sich, dass durch die Extraktion bei sauren pH-Werten für einige Verbindungen höhere Ausbeuten erhalten werden. Tabelle 3.18 zeigt im Vergleich die Ergebnisse für eine Schwebstoffprobe und eine Klärschlammprobe, die jeweils bei pH 9 und bei pH 1 extrahiert wurden. Angegeben sind nur Daten für solche Arzneimittelwirkstoffe, die bei mindestens einem pH-Wert nachgewiesen wurden.

Tabelle 3.18: Extraktionsausbeuten für Schwebstoffproben bei pH 9 und pH 1

	Konzentration in mg/kg TS		Konzentration in mg/kg TS	
	pH 9	pH 1	pH 9	pH 1
Metoprolol	6,6	13	12	23
Propranolol	< 2	4,0	(0,7)	4,4
Sotalol	1,9	5,3	17	33
Phenazon	-	-	< 2	4,6
Propyphenazon	-	-	5,3	6,1
Clarithromycin	2,0	2,0	-	-
Roxithromycin	1,4	1,4	-	-

Die Daten belegen, dass insbesondere für die Betablocker durch die Extraktion mit einer sauren Lösung höhere Ausbeuten erhalten werden. Da die wäßrige Lösung direkt nach dem 20-minütigen Extraktionsschritt wieder neutralisiert wird, scheint die Stabilität der untersuchten Verbindungen ausreichend, um die kurzzeitige Absenkung des pH-Werts zu überstehen. Für die nachgewiesenen Makrolid-Antibiotika scheint es durch den sauren pH-Wert keine Verbesserung der Extraktion, aber auch keine nachteiligen Auswirkungen zu geben. Nach diesen Ergebnissen wurden alle weiteren Extraktionen bei sauren pH-Werten durchgeführt. Zudem erwies sich die Verwendung von Aceton anstelle von Acetonitril als organische Komponente des Extraktionsmittels als etwas günstiger, sodass auch hier eine Änderung des ursprünglichen Verfahrens vorgenommen wurde.

In einem weiteren Vorversuch wurde schließlich die Stabilität aller Arzneimittelwirkstoffe bei einer 30-minütigen Ultraschall-Behandlung in dem ausgewählten Lösungsmittelgemisch untersucht. Hierbei zeigten sich keine signifikanten Verluste, die auf eine Hydrolyse der Wirkstoffe hindeuten würden. Aus diesem Grund wurden die ersten Versuche zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Schwebstoffen und Sedimenten mit dem in Bild 3.6 dargestellten Verfahren durchgeführt.

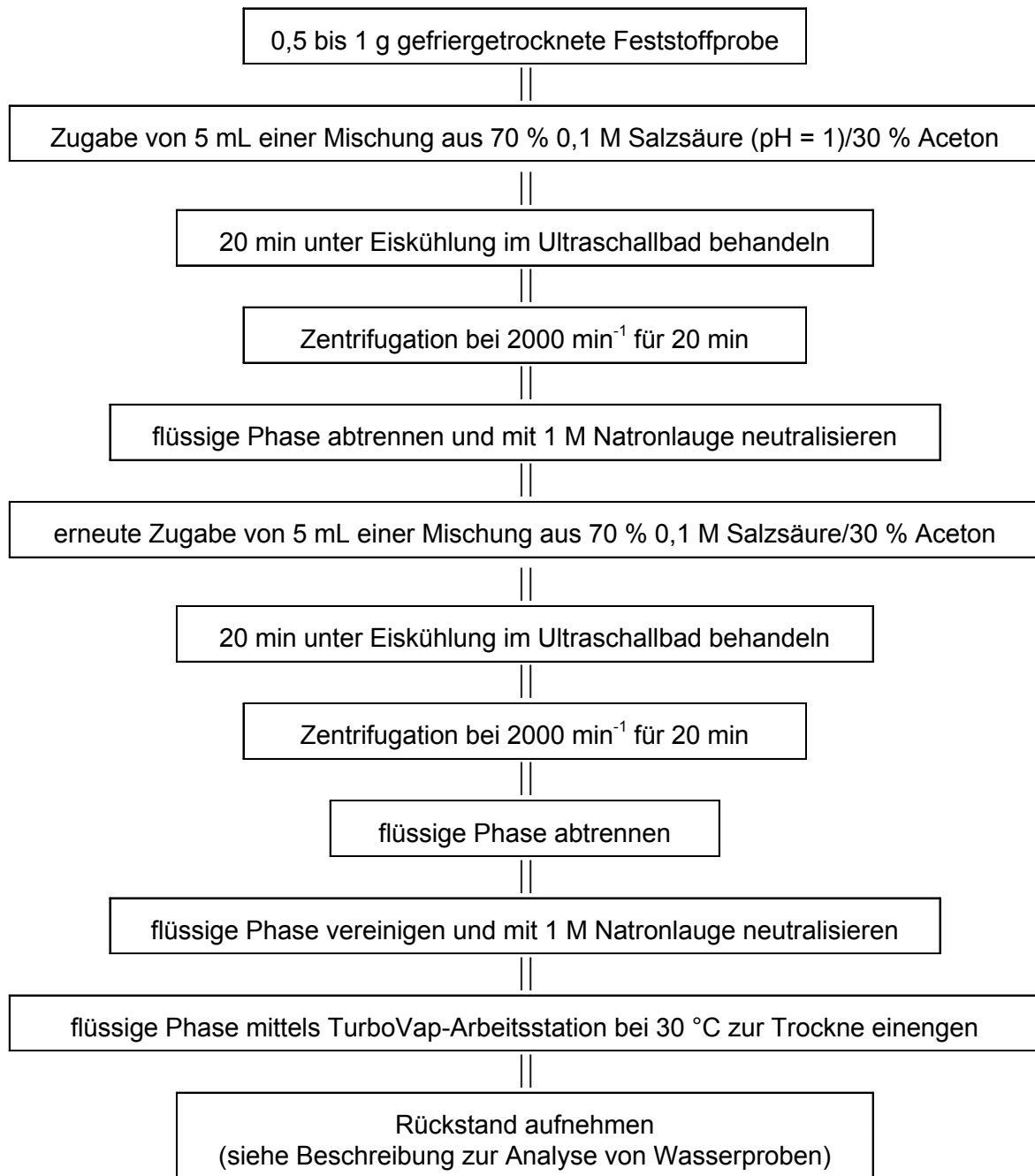


Bild 3.6: Bestimmung von Arzneimittelrückständen in Feststoffproben

Die Vorgehensweise nach der Extraktion und dem Abdampfen des Lösungsmittels entspricht der Methodik, wie sie in den vorangegangenen Kapiteln für die Bestimmung der verschiedenen Arzneimittelwirkstoffe aus dem Wasser beschrieben wurde. Auch hier wird nach der Festphasenextraktion das Lösungsmittel verdampft und der Rückstand entweder mit dem entsprechenden Derivatisierungsgemisch aufgenommen und anschließend mittels GC/MS analysiert oder aber mit dem Laufmittel für die HPLC-Trennung aufgenommen und mittels HPLC/MS-MS analysiert. Um durch Teilung des Extrakts nicht an Nachweisempfindlichkeit

zu verlieren, wurden für die GC- und HPLC-Verfahren jeweils getrennte Extraktionen durchgeführt.

Die Kalibrierung des Verfahrens erfolgte anhand von Direktinjektionen von Standardlösungen verschiedener Konzentration (externe Kalibrierung). Bei diesem Verfahren wird die Extraktionsausbeute, d.h. die Wiederfindung bei der Extraktion des Feststoffs, nicht berücksichtigt. Anhand dieser externen Kalibrierung ergeben sich mit dem beschriebenen Verfahren für Schwebstoffe und Sedimente Bestimmungsgrenzen von 0,5 µg/kg TS bzw. 2 µg/kg TS (für die sauren Wirkstoffe). Diese Werte sind allerdings zunächst unter Forschungsaspekten zu sehen. Eine ausführliche Validierung des Verfahrens kann allerdings nicht vorgenommen werden, da entsprechende Referenzmaterialien, d.h. mit definierten Mengen an Arzneimittelwirkstoffen versetzte Feststoffe, derzeit nicht zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund ist insbesondere die Ermittlung der Extraktionsausbeuten, die für eine Beurteilung des Verfahrens von großem Interesse wäre, nicht möglich. Unter Berücksichtigung der möglicherweise nicht vollständigen Extraktion wäre bei einer routinemäßigen Anwendung des Verfahrens auf Feststoffproben – insbesondere bei schwierigeren Matrices – die Angabe einer Bestimmungsgrenze von 10 µg/kg TS sinnvoll.

4 Validierung der Analyseverfahren

4.1 Vorgehensweise

Unter Validierung versteht man nach DIN EN ISO 8402 das „Bestätigen aufgrund einer Untersuchung und durch Bereitstellung eines Nachweises, dass die besonderen Forderungen für einen speziellen beabsichtigten Gebrauch erfüllt worden sind“. Entsprechend einer Empfehlung des DVGW sollen bei der Einführung eines Analyseverfahrens anhand einer Kalibrierung im Arbeitsbereich die Parameter Linearität, Richtigkeit und Präzision bestimmt sowie die Bestimmungsgrenze berechnet werden [16]. Anschließend sollen Untersuchungen auf eventuell auftretende Matrixeffekte durchgeführt werden.

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben wurde bei der Validierung der in Kapitel 3 beschriebenen Analyseverfahren zur Bestimmung der Arzneimittel und hormonell wirksamen Verbindungen folgendermaßen vorgegangen: Zunächst wurde für alle Stoffe eine 10-Punkt-Kalibrierung aus Trinkwasser im Konzentrationsbereich zwischen 5 bis 50 ng/L (für die Steroidhormone zwischen 0,5 bis 5 ng/L) aufgenommen. Die Kalibrierpunkte waren in allen Fällen äquidistant über den Kalibrierbereich verteilt. Nach DIN 32 645 ist unter diesen Bedingungen von Varianzenhomogenität auszugehen [17]. Mit der Kalibrierung wurden für jede Verbindung durch Berechnung des Korrelationskoeffizienten die Linearität des Verfahrens im betrachteten Arbeitsbereich geprüft. Anschließend wurden mit Hilfe der Auswerte-Software SQS 3.3 (Fa. Perkin-Elmer) nach DIN 32 645 die Nachweis- und Bestimmungsgrenze sowie die relative Verfahrensstandardabweichung berechnet [17]. Die relative Verfahrensstandardabweichung gibt die mittlere Abweichung der Kalibrierpunkte von der Ausgleichsgerade an und ist ein Maß für die Qualität der Anpassung und der Kalibrierung. Für die Berechnung der Parameter nach DIN 32 645 wurde maximal ein Messwert der 10-Punktkalibrierung verworfen bzw. wiederholt bestimmt.

Zur Bestimmung der Präzision (bzw. der Messunsicherheit) wurden fünf Trinkwasserproben und fünf Oberflächenwasserproben (Rhein bei Karlsruhe) jeweils mit Arzneimittelwirkstoffen in einer Konzentration von 25 ng/L pro Einzelstoff (5 ng/L für die Steroidhormone) dotiert und analysiert. Gleichzeitig wurde der Originalgehalt des Oberflächenwassers bestimmt. Das Trinkwasser war frei von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen. Durch Berechnung der Standardabweichung aus den fünf Ansätzen läßt sich in beiden Fällen die Präzision bzw. die Messunsicherheit angeben. Der Vergleich der Mittelwerte mit den Ergebnissen einer Direktinjektion derselben Konzentration ergibt die Wiederfindung. Vergleicht man schließlich die Ergebnisse für die Rheinwasserprobe mit den entsprechenden Zahlen für die Trinkwasserprobe lassen sich Aussagen über den Matrixeinfluß machen. Abschließend wurde noch der Extrakt einer Trinkwasserprobe 5-fach in den Gaschromatographen bzw. Flüssigchromatographen injiziert, um die Präzision des chroma-

tographischen Bestimmungsschrittes allein beurteilen zu können. Die Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse der Validierung sollen im Folgenden getrennt nach Analyseverfahren entsprechend der in Kapitel 3 vorgenommenen Einteilung erfolgen.

4.2 Validierung des Analyseverfahrens für Metoprolol, Propranolol, Atenolol, Bisoprolol, Sotalol, Pindolol, Betaxolol, Salbutamol, Clenbuterol, Terbutalin, Phenazon, Dimethylaminophenazon, Propyphenazon, Ifosfamid, Cyclophosphamid und Simvastatin

Die Ergebnisse der Validierung für die o.g. Verbindungen, deren Analyseverfahren in Kapitel 3.1 beschrieben wurde, sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst. Tabelle 4.1 enthält die Wiederfindungen und die Standardabweichungen bei der Anreicherung aus Trink- und Oberflächenwasser, Tabelle 4.2 die Korrelationskoeffizienten sowie die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen und die relative Verfahrensstandardabweichung aus der 10-Punkt-Kalibrierung aus Trinkwasser.

Tabelle 4.1: Wiederfindung WF und Standardabweichung σ bei der Anreicherung aus Trink- (TW) und Oberflächenwasser (OW) sowie Standardabweichung des chromatographischen Bestimmungsschrittes $\sigma(\text{CB})$; jeweils 5-fache Bestimmung bei 25 ng/L

	WF(TW) in %	WF(OW) in %	σ (TW) in %	σ (OW) in %	σ (CB) in %
Metoprolol	96	54	5,6	6,8	0,8
Propranolol	84	48	12	7,1	2,4
Atenolol	86	67	9,2	6,0	5,8
Bisoprolol	67	44	3,8	5,7	5,2
Sotalol	76	81	8,3	5,8	0,7
Pindolol	83	75	9,2	8,2	3,9
Betaxolol	70	45	4,8	9,2	3,6
Salbutamol	80	66	10	15	6,1
Clenbuterol	68	37	8,4	12	6,1
Terbutalin	44	39	13	18	1,8
Phenazon	81	59	7,6	3,1	4,0
Dimethylaminophenazon	72	66	9,0	6,0	2,4
Propyphenazon	89	48	8,0	8,5	2,0
Ifosfamid	87	73	12	2,6	1,4
Cyclophosphamid	102	71	3,5	6,3	6,4
Simvastatin	70	53	14	9,2	13

Tabelle 4.2: Korrelationskoeffizient r , Nachweis- (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) sowie relative Verfahrensstandardabweichung V_{x0} (nach DIN 32 645); 10-Punkt-Kalibrierung zwischen 5 und 50 ng/L aus Trinkwasser

	r	NG in ng/L	BG in ng/L	V_{x0} in %
Metoprolol	0,998	2,2	7,9	3,5
Propranolol	0,993	4,6	15	7,4
Atenolol	0,998	2,4	8,2	3,8
Bisoprolol	0,996	3,3	11	5,3
Sotalol	0,998	2,3	8,0	3,7
Pindolol	0,991	5,0	17	8,5
Betaxolol	0,996	3,7	13	5,7
Salbutamol	0,998	2,6	9,1	4,4
Clenbuterol	0,994	3,8	12	5,5
Terbutalin	0,993	4,5	15	6,6
Phenazon	0,996	3,4	12	5,5
Dimethylaminophenazon	0,993	4,3	14	7,3
Propyphenazon	0,995	3,7	13	6,0
Ifosfamid	0,994	4,2	14	6,6
Cyclophosphamid	0,970	10	32	16
Simvastatin	0,939	13	44	21

Man erkennt aus den Daten in Tabelle 4.1, dass die Wiederfindungen im Trinkwasser für die meisten Verbindungen über 70 % und die Standardabweichungen für Oberflächen- und Trinkwasser mit einer Ausnahme unter 15 % liegen. Diese Kenngrößen sind insbesondere bei Berücksichtigung des niedrigen Konzentrationsniveaus, bei dem die Untersuchungen durchgeführt wurden, als sehr gut zu bezeichnen. Eine Ausnahme stellt Terbutalin dar, das sowohl in Trink- als auch in Oberflächenwasser eine Wiederfindung von nur etwa 40 % aufweist. Vergleichsweise hoch liegen auch die Standardabweichungen mit 13 % im Oberflächenwasser und 18 % im Trinkwasser. Allerdings liegen selbst diese Zahlenwerte noch in einer Größenordnung, die für die Bestimmung organischer Verbindungen im Spurenbereich üblich ist. Wie die Zahlen für den Korrelationskoeffizienten und die Nachweis- und Bestimmungsgrenze in Tabelle 4.2 zeigen, liegen diese Verfahrenskenndaten für Terbutalin in der gleichen Größenordnung wie für viele andere Verbindungen, sodass davon auszugehen ist, dass sich Terbutalin vergleichbar gut analysieren lässt wie andere Vertreter dieser Gruppe.

Auffällig an den Daten in Tabelle 4.1 sind die relativ großen Unterschiede in den Wiederfindungen zwischen Oberflächenwasser und Trinkwasser, die für viele Verbindungen deutlich größer als die Messungenauigkeiten sind und oft in der Größenordnung von 20 bis 30 % liegen. Dieses Ergebnis deutet auf einen signifikanten Matrixeinfluss bei der Anreicherung der

o.g. Verbindungen hin, der beispielsweise durch eine Kalibrierung aus der jeweils untersuchten Matrix berücksichtigt werden könnte. Allerdings zeigen die Ergebnisse der Ringanalyse (Kapitel 5), dass auch bei der Analyse von Oberflächenwasserproben und sogar Abwasserproben mit einer Kalibrierung aus Trinkwasser richtige Ergebnisse erhalten werden. Aus diesem Grund wurde bei der Untersuchung von Flusswasserproben im Rahmen des Monitoringprogramms (Kapitel 6) auf eine getrennte Kalibrierung aus Oberflächenwasser verzichtet.

Die Parameter der 10-Punkt-Kalibrierung in Tabelle 4.2 zeigen darüber hinaus, dass das angewendete Verfahren über den untersuchten Konzentrationsbereich linear ist. Die Korrelationskoeffizienten liegen für alle Verbindungen außer für Cyclophosphamid ($r = 0,97$) und Simvastatin ($r = 0,94$) über 0,99 und auch für diese beiden Wirkstoffe lässt sich keine systematische Abweichung der Kalibrierpunkte von der Ausgleichsgeraden feststellen. Dies wird auch durch die relative Verfahrensstandardabweichung bestätigt, die für alle Verbindungen außer Cyclophosphamid und Simvastatin deutlich unter 10 % liegt.

Die Nachweisgrenzen nach DIN 32 645 liegen i.d.R. zwischen 2 und 5 ng/L, nur für Cyclophosphamid (NG = 10 ng/L) und Simvastatin (NG = 13 ng/L) werden aufgrund der höheren Verfahrensstandardabweichung höhere Werte erhalten. Die Bestimmungsgrenzen liegen entsprechend für die meisten Verbindungen zwischen 8 und 15 ng/L bzw. bei 32 ng/L (Cyclophosphamid) und 44 ng/L (Simvastatin). Es ist bekannt, dass die nach DIN 32 645 errechneten Nachweis- und Bestimmungsgrenzen deutlich höher liegen als auf andere Weise ermittelte Werte. Berechnet man dagegen die Bestimmungsgrenze als 5-faches der Standardabweichung bei einer niedrigen Konzentration (beispielsweise bei 25 ng/L), so erhält man Zahlenwerte in der Größenordnung von 10 ng/L. Zieht man das Dreifache des Grundrauschens für die Ermittlung der Bestimmungsgrenze heran, ergeben sich noch deutlich niedrigere Werte. Vom BLAC-Arbeitskreis werden für Arzneimittelwirkstoffe Bestimmungsgrenzen von 10 ng/L für Grundwässer und 25 ng/L für Oberflächenwässer gefordert, ohne dass ein Verfahren zu ihrer Ermittlung vorgegeben wäre. Diese Bestimmungsgrenzen werden mit dem angewendeten Verfahren auf jeden Fall eingehalten.

4.3 Validierung des Analysenverfahrens für Carbamazepin, Clofibrinsäure, Bezafibrat, Gemfibrozil, Fenofibrinsäure, Fenofibrat, Etofibrat, Diclofenac, Ketoprofen, Ibuprofen, Indometacin, Naproxen, Fenoprofen, Pentoxifyllin und Diazepam

Die Ergebnisse der Validierung für die o.g. Verbindungen sind in den Tabellen 4.3 und Tabelle 4.4 zusammengefasst. Das Analysenverfahren zur Bestimmung der Verbindungen wurden in Kapitel 3.2 beschrieben.

Tabelle 4.3: Wiederfindung WF und Standardabweichung σ bei der Anreicherung aus Trinkwasser (TW) und Oberflächenwasser (OW) sowie Standardabw. des chromatographischen Bestimmungsschrittes σ (CB); jeweils 5-fache Bestimmung bei 25 ng/L

	WF(TW) in %	WF(OW) in %	σ (TW) in %	σ (OW) in %	σ (CB) in %
Bezafibrat	93	151	9,5	14	13
Carbamazepin	80	74	13	6,1	5,9
Clofibrinsäure	77	103	8,3	4,6	2,3
Diazepam	73	99	8,7	14	8,4
Diclofenac	70	70	10	7,1	4,0
Etofibrat	95	101	8,6	5,5	7,8
Fenofibrat	86	116	8,7	6,1	3,2
Fenofibrinsäure	82	113	7,0	6,0	4,5
Fenoprofen	71	99	9,3	2,7	3,3
Gemfibrozil	49	89	19	4,7	6,9
Ibuprofen	67	110	9,5	1,6	2,8
Indometacin	86	114	8,8	15	4,1
Ketoprofen	80	104	5,8	4,5	2,2
Naproxen	68	105	8,9	3,0	2,5
Pentoxifyllin	90	134	5,6	5,8	7,2

Tabelle 4.4: Korrelationskoeffizient r , Nachweis- (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) sowie Verfahrensvariationskoeffizient V_{x_0} (nach DIN 32 645); 10-Punkt-Kalibrierung zwischen 5 und 50 ng/L aus Trinkwasser

	r	NG in ng/L	BG in ng/L	V_{x_0} in %
Bezafibrat	0,985	7,5	24	11
Carbamazepin	0,976	9,6	32	15
Clofibrinsäure	0,991	5,3	18	8,4
Diazepam	0,997	6,9	22	12
Diclofenac	0,979	8,7	29	14
Etofibrat	0,986	6,7	22	10
Fenofibrat	0,995	3,7	13	6,1
Fenofibrinsäure	0,989	6,4	21	9,5
Fenoprofen	0,997	3,3	12	5,4
Gemfibrozil	0,993	5,2	17	7,9
Ibuprofen	0,997	3,5	12	5,6
Indometacin	0,990	5,4	18	8,9
Ketoprofen	0,991	4,8	16	7,7
Naproxen	0,996	3,8	13	6,2
Pentoxifyllin	0,989	6,5	22	11

Man erkennt aus den Daten in Tabelle 4.3, dass die Wiederfindungen für nahezu alle Verbindungen zwischen 70 und 130 % und die Standardabweichungen für beide Matrices mit einer Ausnahme unter 15 % liegen. Diese Kenngrößen sind wiederum als gut zu bezeichnen. Ausnahmen stellen Bezafibrat und Pentoxifyllin dar, deren Wiederfindungen aus Oberflächenwasser mit 151 und 134 % deutlich über 100 % liegen. Dies könnte auf Spuren dieser Verbindungen in dem verwendeten Oberflächenwasser zurückzuführen sein, die sich zwar bei der direkten Analyse des Originalwassers nicht nachweisen lassen, aber nach der Dotierung zu einem erhöhten Befund führen. Die Wiederfindungen für das Trinkwasser, die mit 93 und 90 % für diese beiden Wirkstoffe sehr gut sind, unterlegen diese Vermutung. Auffällig sind darüber hinaus die vergleichsweise geringen Wiederfindungen aus Trinkwasser für Gemfibrozil (49 %), Ibuprofen (67 %) und Naproxen (68 %). Für Gemfibrozil fällt die geringe Wiederfindung mit einer vergleichsweise hohen Standardabweichung von 19 % bei der Mehrfachbestimmung zusammen. Allerdings liegen die Parameter immer noch in einem Bereich, der eine Bestimmung der Verbindungen mit zufriedenstellender Genauigkeit zulässt.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass bezüglich der Verfahrensparameter Wiederfindung und Standardabweichung keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Oberflächenwasser und dem Trinkwasser festzustellen sind. Der Matrixeinfluss bei diesem Verfahren ist danach nicht sehr gross. Wie der Vergleich der Standardabweichungen über das Gesamtverfahren mit der Standardabweichung für den gaschromatographischen Bestimmungsschritt allein zeigt, sind die Verfahrensschwankungen i.d.R. sowohl auf die Probenvorbereitung (Anreicherung und Derivatisierung) als auch auf die eigentliche Messung zurückzuführen. Nur für Bezafibrat ergeben sich allein für die GC-Bestimmung ähnlich große Standardabweichungen wie für das Gesamtverfahren. Dies ist auf die bekanntermaßen schlechte Chromatographierbarkeit des Bezafibratesters zurückzuführen.

Die Parameter der 10-Punkt-Kalibrierung, die in Tabelle 4.4 zusammengefasst sind, zeigen, dass das Verfahren über den untersuchten Konzentrationsbereich linear ist. Die Korrelationskoeffizienten betragen i.d.R. mindestens 0,99 und auch für Verbindungen mit etwas niedrigeren Koeffizienten lässt sich keine systematische Abweichung der Kalibrierpunkte von der Ausgleichsgeraden feststellen. Dies wird auch durch den Verfahrensvariationskoeffizienten bestätigt, der für alle Verbindungen in der Größenordnung von 10 % liegt.

Die Nachweisgrenzen nach DIN 32 645 der mit diesem Verfahren bestimmten Verbindungen liegen zwischen 3 und 10 ng/L, die Bestimmungsgrenzen zwischen 12 und 32 ng/L. Wie bereits in Kapitel 4.2 erläutert ergeben sich deutlich niedrigere Werte, wenn man die Bestimmungsgrenze als 5-faches der Standardabweichung bei einer niedrigen Konzentration (beispielsweise bei 25 ng/L) berechnet oder wenn man das Dreifache des Grundrauschens für die Ermittlung der Bestimmungsgrenze heranzieht.

4.4 Validierung des Analysenverfahrens für 17- β -Estradiol, 17- α -Ethinylestradiol, Estriol, Estron, Mestranol, Norethisteron, Diethylstilbestrol, Hexestrol, Daidzein, β -Sitosterol, Bisphenol A, Bisphenol F und iso-Nonylphenol

Für die Validierung des Analysenverfahrens für die o.g. Verbindungen wurden Kalibrierungen in mehreren Konzentrationsbereichen aufgenommen. Die Validierung der Steroidhormone musste aufgrund der geforderten niedrigen Bestimmungsgrenze von 1 ng/L in einem Konzentrationsbereich von 0,5 ng/L bis 5 ng/L durchgeführt werden. Die Wiederfindungen und Standardabweichungen wurden entsprechen bei einer Konzentration von 5 ng/L ermittelt. Für die anderen Verbindungen dagegen sind höhere Bestimmungsgrenzen akzeptabel, sodass für Diethylstilbestrol, Hexestrol, Bisphenol A und Bisphenol F eine Kalibrierung im Konzentrationsbereich von 5 bis 50 ng/L und für β -Sitosterol, Daidzein sowie iso-Nonylphenol im Konzentrationsbereich von 10 bis 100 ng/L durchgeführt wurde. Die Bestimmung der Wiederfindungen und Reproduzierbarkeitsdaten erfolgte für alle Verbindungen mit Ausnahme der Steroidhormone bei 25 ng/L. Die Ergebnisse der Validierung sind in den Tabellen 4.5 und 4.6 zusammengefasst. Das Analysenverfahren zur Bestimmung der Verbindungen wurden in Kapitel 3.3 beschrieben.

Tabelle 4.5: Wiederfindung WF und Standardabweichung σ bei der Anreicherung aus Trink- (TW) und Oberflächenwasser (OW) sowie Standardabweichung des chromatographischen Bestimmungsschrittes σ (CB); jeweils 5-fache Bestimmung bei 5 ng/L (Steroidhormone) bzw. 25 ng/L (Rest)

	WF(TW) in %	WF(OW) in %	σ (TW) in %	σ (OW) in %	σ (CB) in %
17- β -Estradiol	68	40	5,0	8,8	6,3
17- α -Ethinylestradiol	69	40	6,7	9,1	5,6
Estriol	88	49	11	15	14
Estron	70	47	4,4	6,4	4,7
Mestranol	82	48	3,0	9,3	5,6
Norethisteron	93	54	13	16	16
Diethylstilbestrol	89	49	3,6	4,2	1,8
Hexestrol	83	52	6,6	5,0	2,0
Daidzein	85	56	2,8	7,9	3,1
β -Sitosterol	52	35	11	19	15
Bisphenol A	79	61	3,6	2,6	0,6
Bisphenol F	72	60	2,1	6,3	1,7
iso-Nonylphenol	73	62	10	6,3	3,2

Tabelle 4.6: Korrelationskoeffizient r , Nachweis- (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) sowie Verfahrensvariationskoeffizient V_{x_0} (nach DIN 32 645); 10-Punkt-

Kalibrierung zwischen 0,5 und 5 ng/L (Steroidhormone), zwischen 5 und 50 ng/L (Diethylstilbestrol, Hexestrol, Bisphenol A und Bisphenol F) bzw. zwischen 10 und 100 ng/L (β -Sitosterol, Daidzein und iso-Nonylphenol) jeweils aus Trinkwasser

	r	NG in ng/L	BG in ng/L	V _{xo} in %
17- β -Estradiol	0,991	0,5	1,6	8,3
17- α -Ethinylestradiol	0,987	0,6	2,1	10
Estriol	0,993	0,5	1,5	6,5
Estron	0,989	0,6	1,8	9,3
Mestranol	0,990	0,6	1,8	8,7
Norethisteron	0,987	0,6	2,0	8,8
Diethylstilbestrol	0,994	3,9	13	6,3
Hexestrol	0,990	5,0	17	8,1
Daidzein	0,994	7,8	25	5,2
β -Sitosterol	0,995	7,5	26	6,0
Bisphenol A	1,000	1,0	3,7	1,7
Bisphenol F	0,999	1,5	5,3	2,4
iso-Nonylphenol	0,941	8,4	28	9,0

Die Daten in Tabelle 4.5 zeigen, dass die Wiederfindungen aus Trinkwasser für fast alle Verbindungen über 70 % und die Standardabweichungen für beide Matrices mit zwei Ausnahmen (Norethisteron 16 % und β -Sitosterol 19 % jeweils aus Oberflächenwasser) unter 15 % liegen. Diese Kenngrößen sind insbesondere bei Berücksichtigung des niedrigen Konzentrationsniveaus, bei dem die Untersuchungen für die Steroidhormone durchgeführt wurden, als gut zu bezeichnen. Die Wiederfindungen aus Oberflächenwasser sind für alle Verbindungen geringer als für das Trinkwasser, was auf einen Matrixeinfluss bei der Anreicherung hindeutet. Die Reproduzierbarkeit des Verfahrens ist jedoch aus beiden Matrices sehr gut.

Die Parameter der 10-Punkt-Kalibrierung, die in Tabelle 4.6 zusammengefasst sind, zeigen, dass das Verfahren über den untersuchten Konzentrationsbereich linear ist. Die Korrelationskoeffizienten betragen i.d.R. mindestens 0,99 und auch für Verbindungen mit etwas niedrigeren Koeffizienten lässt sich keine systematische Abweichung der Kalibrierpunkte von der Ausgleichsgeraden feststellen. Dies wird auch durch den Verfahrensvariationskoeffizienten bestätigt, der für alle Verbindungen unter 10 % liegt. Die Nachweisgrenzen nach DIN 32 645 liegen für die Steroidhormone bei etwa 0,5 ng/L, die Bestimmungsgrenzen bei etwa 2 ng/L. Zieht man das Dreifache des Grundrauschens für die Ermittlung der Bestimmungsgrenze heran, ergeben sich deutlich niedrigere Werte, sodass

die vom BLAC-Arbeitskreis für die Steroidhormone geforderte Bestimmungsgrenze von 1 ng/L mit dem angewendeten Verfahren auf jeden Fall eingehalten werden.

Für die anderen Verbindungen ergeben sich aufgrund des höheren Kalibrierbereiches natürlich auch höhere Nachweis- und Bestimmungsgrenzen. Für die Verbindungen Diethylstilbestrol, Hexestrol, Bisphenol A und Bisphenol F ist eine Bestimmungsgrenze von 10 ng/L auf jeden Fall einzuhalten, während für Daidzein, β -Sitosterol und iso-Nonylphenol eine höhere Bestimmungsgrenze von 25 ng/L sinnvoll erscheint. Hier muss auch beachtet werden, dass insbesondere für β -Sitosterol und iso-Nonylphenol immer wieder Blindwerte auftreten, die vermutlich aus dem Festphasenmaterial oder aus Kunststoffbehältnissen stammen. Aus diesem Grund wird bei jeder Messserie auf Alkylphenole mindestens ein Blindwert mitgeführt.

4.5 Validierung des Analysenverfahrens für lopamidol, lopromid, lomeprol und Amidotrizesäure

Die Ergebnisse der Validierung für die iodierten Röntgenkontrastmittel sind in den Tabellen 4.7 und 4.8 zusammengefasst. Das Analysenverfahren zur Bestimmung der vier Verbindungen wurde in Kapitel 3.4 beschrieben.

Tabelle 4.7: Wiederfindung WF und Standardabweichung σ bei der Anreicherung aus Trink- (TW) und Oberflächenwasser (OW) sowie Standardabweichung des chromatographischen Bestimmungsschrittes $\sigma(\text{CB})$; jeweils 5-fach Bestimmung bei 25 ng/L

	WF(TW) in %	WF(OW) in %	σ (TW) in %	σ (OW) in %	σ (CB) in %
lopamidol	19	28	5,2	3,7	5,7
lopromid	46	29	3,8	3,3	2,0
lomeprol	15	7,4	6,9	7,5	1,9
Amidotrizesäure	9,0	7,2	4,7	3,4	3,0

Tabelle 4.8: Korrelationskoeffizient r , Nachweis- (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) sowie Verfahrensvariationskoeffizient V_{x_0} (nach DIN 32 645); 10-Punkt-Kalibrierung zwischen 5 und 50 ng/L aus Trinkwasser

	r	NG in ng/L	BG in ng/L	V_{x_0} in %
lopamidol	0,992	4,5	14	6,2
lopromid	0,998	2,3	8,0	3,7
lomeprol	0,993	4,8	16	6,4
Amidotrizesäure	0,996	3,6	12	5,9

Die Daten in Tabelle 4.7 zeigen, dass die Wiederfindungen für die Röntgenkontrastmittel auf dem zur Anreicherung verwendeten Festphasenmaterial vergleichsweise niedrig sind. Sowohl im Trinkwasser als auch im Oberflächenwasser liegen die Wiederfindungen für alle vier Verbindungen unter 50 %, für einige Verbindungen sogar unter 10 %. Diese schlechte Wiederfindung ist in der sehr polaren Struktur der Röntgenkontrastmittel begründet. Für andere Festphasenmaterialien als dem hier verwendeten LiChrolut EN wurden noch geringere Wiederfindungen erhalten. Wie die Werte für die Standardabweichungen, die für alle vier Stoffe weit unter 10 % liegen, und die Korrelationskoeffizienten jedoch zeigen, ist das Verfahren sehr gut reproduzierbar.

Auch die nach DIN 32 645 ermittelten Nachweis- und Bestimmungsgrenzen liegen in derselben Größenordnung wie für andere Arzneimittelwirkstoffe, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Verfahren trotz der geringen Wiederfindungen sehr gut für die Bestimmung der Röntgenkontrastmittel geeignet ist und verlässliche Ergebnisse liefert. Die vom BLAC-Arbeitskreis vorgegebenen Bestimmungsgrenzen von 10 ng/L für Grundwässer und 25 ng/L für Oberflächenwässer können mit dem angewendeten Verfahren auf jeden Fall eingehalten werden.

4.6 Validierung des Analysenverfahrens für Amoxicillin, Cloxacillin, Dicloxacillin, Nafcillin, Oxacillin, Penicillin G und Penicillin V

Die Ergebnisse der Validierung für die Antibiotika aus der Gruppe der Penicilline sind in den Tabelle 4.9 und 4.10 zusammengefasst. Das Analysenverfahren zur Bestimmung der Verbindungen wurden in Kapitel 3.5 beschrieben.

Tabelle 4.9: Wiederfindung WF und Standardabweichung σ bei der Anreicherung aus Trink- (TW) und Oberflächenwasser (OW) sowie Standardabweichung des chromatographischen Bestimmungsschrittes $\sigma(\text{CB})$; jeweils 5-fach Bestimmung bei 25 ng/L

	WF(TW) in %	WF(OW) in %	σ (TW) in %	σ (OW) in %	σ (CB) in %
Amoxicillin	36	36	4,1	5,9	6,0
Cloxacillin	98	101	4,5	2,5	2,7
Dicloxacillin	112	119	5,1	0,6	2,3
Nafcillin	69	82	6,9	1,9	1,8
Oxacillin	77	76	3,4	3,0	1,2
Penicillin G	33	44	5,1	1,8	1,7
Penicillin V	58	63	2,5	2,5	1,7

Tabelle 4.10: Korrelationskoeffizient r , Nachweis- (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) sowie Verfahrensvariationskoeffizient V_{x_0} (nach DIN 32 645); 10-Punkt-Kalibrierung zwischen 5 und 50 ng/L aus Trinkwasser

	r	NG in ng/L	BG in ng/L	V_{x_0} in %
Amoxicillin	0,994	4,6	15	4,9
Cloxacillin	0,995	3,9	13	6,5
Dicloxacillin	0,992	4,6	15	7,4
Nafcillin	0,994	4,4	15	7,1
Oxacillin	0,993	4,6	15	7,1
Penicillin G	0,991	5,0	16	8,0
Penicillin V	0,984	6,5	21	10

Man erkennt, dass die Wiederfindungen der Penicilline sehr unterschiedlich sind. Während für Cloxacillin und Dicloxacillin Wiederfindungen von nahezu 100 % ermittelt werden, liegen die Wiederfindungen für Amoxicillin und Penicillin G nur bei etwa 40 %. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen aus Trink- und Oberflächenwasser ist wiederum nicht zu erkennen. Jedoch zeigen die Standardabweichungen, die fast für alle Verbindungen unter 5 % liegen, dass das Verfahren sehr reproduzierbar ist. Auch die Daten für die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen in Tabelle 4.10 belegen dies. Die Einhaltung einer Bestimmungsgrenze von 10 ng/L ist mit dem angewendeten Verfahren ohne Einschränkung möglich.

4.7 Validierung des Analysenverfahrens für Chloramphenicol, Clarithromycin, Erythromycin, Dehydrato-Erythromycin, Oleandomycin, Roxithromycin, Virginiamycin, Spiramycin und Tylosin

Die Ergebnisse der Validierung für die Antibiotika aus der Gruppe der Makrolide sind in den Tabellen 4.11 und 4.12 zusammengefasst. Das Analysenverfahren zur Bestimmung der Verbindungen wurden in Kapitel 3.5 beschrieben. Für Erythromycin und Dehydrato-Erythromycin lassen sich nur mit Einschränkungen Verfahrensparameter angeben, da Erythromycin in Trink- und Oberflächenwasser nicht stabil ist und zu Dehydrato-Erythromycin umgewandelt wird. Für Dehydrato-Erythromycin selbst ist keine Referenzverbindung erhältlich. Für die Bestimmung der Verfahrensparameter wurde eine Lösung von Erythromycin für 24 Stunden in einer mit Essigsäure auf pH 3 eingestellten wässrigen Lösung bei Raumtemperatur stehen gelassen. Nach dieser Zeit war kein Erythromycin mehr nachweisbar, sodass von einer vollständigen Umwandlung zu Dehydrato-Erythromycin auszugehen ist.

Tabelle 4.11: Wiederfindung WF und Standardabweichung σ bei der Anreicherung aus Trink- (TW) und Oberflächenwasser (OW) sowie Standardabweichung des chromatographischen Bestimmungsschrittes $\sigma(\text{CB})$; jeweils 5-fach Bestimmung bei 25 ng/L

	WF(TW) in %	WF(OW) in %	σ (TW) in %	σ (OW) in %	σ (CB) in %
Chloramphenicol	84	84	5,2	1,9	0,8
Clarithromycin	103	108	1,4	1,1	1,2
Erythromycin	n.a.	n.a.	9,0	5,9	1,9
Dehydrato-Erythromycin	n.a.	n.a.	2,4	3,4	1,6
Oleandomycin	79	76	0,6	1,0	0,3
Roxithromycin	82	99	1,2	0,6	2,1
Virginiamycin	82	75	2,9	2,7	2,6
Spiramycin	68	43	2,1	1,5	1,3
Tylosin	57	59	0,4	1,1	1,3

n.a.: nicht auswertbar (es findet eine Umwandlung von Erythromycin in Dehydrato-Erythromycin statt)

Tabelle 4.12: Korrelationskoeffizient r , Nachweis- (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) sowie Verfahrensvariationskoeffizient V_{x_0} (nach DIN 32 645); 10-Punkt-Kalibrierung zwischen 5 und 50 ng/L aus Trinkwasser

	r	NG in ng/L	BG in ng/L	V_{x_0} in %
Chloramphenicol	0,999	1,8	6,4	2,9
Clarithromycin	0,996	3,6	13	6,0
Erythromycin	0,995	3,6	12	5,0
Dehydrato-Erythromycin	0,993	4,2	14	6,8
Oleandomycin	0,998	2,2	7,5	3,7
Roxithromycin	0,992	4,5	15	7,3
Virginiamycin	0,998	2,2	7,8	3,6
Spiramycin	0,995	3,8	13	6,1
Tylosin	0,999	1,9	6,7	2,8

Die Daten zeigen, dass die Wiederfindungen für die Makrolid-Antibiotika i.d.R. höher sind als für die Penicilline, was sich auch in einer sehr niedrigen Standardabweichung, d.h. einer sehr guten Reproduzierbarkeit auswirkt. Signifikante Matrixeffekte lassen sich nicht erkennen. Die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen nach DIN 32 645 sind ebenfalls sehr niedrig, in vielen Fällen wird mit dieser Methode eine Bestimmungsgrenze unter 10 ng/L erreicht.

4.8 Validierung des Analysenverfahrens für Dapson, Furazolidon, Metronidazol, Monensin, Ronidazol, Sulfadiazin, Sulfadimidin, Sulfamerazin, Sulfamethoxazol und Trimethoprim

Die Ergebnisse der Validierung für die Antibiotika aus der Gruppe der Sulfonamide sind in den Tabellen 4.13 und 4.14 zusammengefasst. Das Analysenverfahren zur Bestimmung der Verbindungen wurden in Kapitel 3.5 beschrieben.

Tabelle 4.13: Wiederfindung WF und Standardabweichung σ bei der Anreicherung aus Trink- (TW) und Oberflächenwasser (OW) sowie Standardabweichung des chromatographischen Bestimmungsschrittes $\sigma(\text{CB})$; jeweils 5-fach Bestimmung bei 25 ng/L

	WF(TW) in %	WF(OW) in %	σ (TW) in %	σ (OW) in %	σ (CB) in %
Dapson	19	6,1	2,4	13	1,7
Furazolidon	29	36	5,1	3,2	4,0
Metronidazol	37	33	4,0	3,4	4,2
Ronidazol	59	52	2,9	3,5	3,5
Sulfadiazin	25	14	2,8	2,7	2,2
Sulfadimidin	25	11	1,7	4,4	2,0
Sulfamerazin	23	11	1,4	3,0	1,5
Sulfamethoxazol	23	21	3,2	3,6	2,0
Trimethoprim	55	50	2,6	0,5	2,0

Tabelle 4.14: Korrelationskoeffizient r , Nachweis- (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) sowie Verfahrensvariationskoeffizient V_{x0} (nach DIN 32 645); 10-Punkt-Kalibrierung zwischen 5 und 50 ng/L aus Trinkwasser

	r	NG in ng/L	BG in ng/L	V_{x0} in %
Dapson	0,999	2,1	7,3	3,3
Furazolidon	1,000	1,0	3,7	1,7
Metronidazol	0,998	2,7	9,3	4,3
Ronidazol	0,996	3,2	11	5,4
Sulfadiazin	0,998	2,6	9,1	4,2
Sulfadimidin	0,997	2,7	9,2	4,3
Sulfamerazin	1,000	1,0	3,5	1,5
Sulfamethoxazol	0,999	1,8	6,2	2,8
Trimethoprim	0,999	1,3	4,8	2,2

Die in Tabelle 4.13 aufgeführten Daten zeigen, dass die Wiederfindungen für alle Makrolide deutlich unter 100 % liegen. Ronidazol und Trimethoprim weisen mit etwa 55 % sowohl aus Trink- als auch aus Oberflächenwasser noch die höchsten Werte auf, Dapson mit 6,1 % aus Oberflächenwasser den niedrigsten. Grund für diese schlechte Wiederfindungen dürfte die hohe Affinität der Verbindungen zu der verwendeten Festphase sein. Trotz der Tatsache, dass bei diesem Verfahren mit insgesamt 10 mL ein sehr großes Lösungsmittelvolumen zur Elution verwendet wird, lassen sich die Verbindungen anscheinend nicht vollständig von der Festphase herunterlösen. Ein besseres Ergebnis als das in den Tabellen 4.13 und 4.14 dargestellte war allerdings im Rahmen der Methodenentwicklung nicht zu erreichen. Wie die weiteren Verfahrensparameter allerdings zeigen, ist das Verfahren trotz der geringen Wiederfindungen sehr gut reproduzierbar und empfindlich. Die Standardabweichungen liegen sowohl in Trink- als auch in Oberflächenwasser unter 5 % (Ausnahme: Anreicherung von Dapson aus Oberflächenwasser $\sigma = 13\%$) und selbst die Bestimmungsgrenzen nach DIN 32 645 liegen unter 10 ng/L. Ein signifikanter Matrixeinfluss ist nicht zu erkennen.

Für Monensin können derzeit keine Verfahrensparameter angegeben werden, da diese Verbindung erst nach Abschluss der Validierung in den Untersuchungsumfang aufgenommen wurde. Die Ergebnisse der Kalibrierungen im Rahmen des Messprogramms zeigen jedoch, dass die Verfahrenskenndaten mit denen der anderen Antibiotika vergleichbar sind.

4.9 Validierung des Analysenverfahrens für Meclocyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin, Chlortetracyclin, Doxycyclin, Ciprofloxacin, Enoxacin, Enrofloxacin, Norfloxacin und Ofloxacin

Die Ergebnisse der Validierung für die Antibiotika aus der Gruppe der Tetracycline und Fluorchinolone sind in den Tabellen 4.15 und 4.16 zusammengefasst. Für Meclocyclin liegen derzeit noch keine Validierungsdaten vor, da es erst zu einem späteren Zeitpunkt in das Analysenverfahren integriert wurde. Allerdings ist nach den Resultaten der messtäglichen Kalibrierungen davon auszugehen, dass die Validierungsparameter in der gleichen Größenordnung liegen wie die der anderen Tetracycline.

Die Daten in Tabelle 4.15 zeigen, dass die Wiederfindungen für die Tetracycline sowohl aus Trink- als auch aus Oberflächenwasser über 60 % und damit in der gleichen Größenordnung wie für viele andere pharmazeutische Wirkstoffe liegen. Die Wiederfindungen einiger Fluorchinolone dagegen liegen deutlich niedriger. Ciprofloxacin, Enoxacin und Norfloxacin besitzen Wiederfindungen von unter 15 %. Wie die weiteren Verfahrensparameter allerdings auch für diese Stoffe zeigen, ist das Verfahren sehr gut reproduzierbar und empfindlich. Die Standardabweichungen liegen sowohl in Trink- als auch in Oberflächenwasser unter 5 % und die Bestimmungsgrenzen nach DIN 32 645 liegen im Bereich von 10 ng/L. Ein

signifikanter Matrixeinfluss ist weder für die Tetracycline noch für die Fluorchinolone zu erkennen.

Tabelle 4.15: Wiederfindung WF und Standardabweichung σ bei der Anreicherung aus Trink- (TW) und Oberflächenwasser (OW) sowie Standardabweichung des chromatographischen Bestimmungsschrittes $\sigma(\text{CB})$; jeweils 5-fach Bestimmung bei 25 ng/L

	WF(TW) in %	WF(OW) in %	σ (TW) in %	σ (OW) in %	σ (CB) in %
Tetracyclin	61	60	4,4	3,1	3,0
Oxytetracyclin	71	72	1,8	1,6	3,7
Chlortetracyclin	95	134	14	2,3	11
Doxycyclin	63	60	2,4	3,1	8,6
Meclocyclin	-	-	-	-	-
Ciprofloxacin	17	17	3,1	1,6	3,2
Enoxacin	17	17	1,8	2,1	4,6
Enrofloxacin	49	47	3,4	6,7	2,1
Norfloxacin	15	15	5,4	2,6	3,7
Ofloxacin	67	65	6,6	1,2	1,3

Tabelle 4.16: Korrelationskoeffizient r , Nachweis- (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) sowie Verfahrensvariationskoeffizient V_{x0} (nach DIN 32 645); 10-Punkt-Kalibrierung zwischen 5 und 50 ng/L aus Trinkwasser

	r	NG in ng/L	BG in ng/L	V_{x0} in %
Tetracyclin	0,998	4,7	16	4,1
Oxytetracyclin	0,999	3,5	12	3,0
Chlortetracyclin	0,998	3,9	13	3,3
Doxycyclin	0,999	2,1	7,5	1,8
Meclocyclin	-	-	-	-
Ciprofloxacin	0,998	5,4	19	4,7
Enoxacin	0,999	4,1	15	3,6
Enrofloxacin	0,995	7,1	24	5,7
Norfloxacin	0,997	6,3	21	4,1
Ofloxacin	0,999	3,3	12	3,0

4.10 Gesamtbeurteilung der Analysenverfahren

Zusammenfassend läßt sich als Ergebnis der durchgeführten Validierungen festhalten, dass die angewendeten Analysenverfahren in allen Fällen sehr gut zur Bestimmung der Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksamen Verbindungen geeignet sind. In einigen Fällen liegen die Wiederfindungen zwar sowohl in Trink- als auch in Oberflächenwasser unter 50 %, allerdings zeigen die weiteren Verfahrenskenndaten wie Reproduzierbarkeit und Verfahrensvariationskoeffizient, dass diese Verfahren dennoch zuverlässige Resultate liefern.

Die vom BLAC geforderten Bestimmungsgrenzen für Grund- und Oberflächenwässer lassen sich einhalten, sofern man nicht das allzu strenge Kriterium der DIN 32 645 anlegt. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts werden Bestimmungsgrenzen von 1 ng/L für die Steroidhormone, 10 ng/L für alle Arzneimittelwirkstoffe sowie Bisphenol A und Bisphenol F und 25 ng/L für Daidzein, β -Sitosterol und iso-Nonylphenol angesetzt. Eine Unterscheidung zwischen Grund- und Oberflächenwässern wird nicht gemacht. Bei der Präsentation der Einzelergebnisse für die Arzneimittelwirkstoffe werden Konzentrationen zwischen 5 ng/L und 10 ng/L in Klammern angegeben. Bei der statistischen Auswertung der Daten werden diese Befunde allerdings nicht berücksichtigt.

Für die Messungen im Rahmen des Monitoring-Programms zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in Grund- und Oberflächenwässern wurde messtäglich eine neue Kalibrierung aufgenommen. Diese Kalibrierung wurde stets über das Gesamtverfahren erstellt, d.h. es wurde Trinkwasser, das die zu bestimmenden Stoffe nicht in nachweisbaren Konzentrationen enthielt, mit den entsprechenden Stoffen dotiert und wie eine Probe aufgearbeitet. I.d.R. wurden für die Erstellung einer Kalibrierung 8 verschiedene Konzentrationsniveaus verwendet. Lagen für einzelne Verbindungen die in einer Probe ermittelten Konzentrationen oberhalb des kalibrierten Arbeitsbereiches, so wurde die Probe ein zweites Mal in einer entsprechenden Verdünnung analysiert.

5 Ergebnisse der Ringanalysen

Im Rahmen der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) für das bundesweite Messprogramm „Arzneimittel in der Umwelt“ wurden von der AQS-Leitstelle des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft im Juni 2000 und im Juli 2001 zwei Ringversuche zur Bestimmung von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in Oberflächenwässern und Abwässern durchgeführt. Für eine detaillierte Auswertung und Darstellung der Ringversuchsergebnisse sei auf die beiden Berichte des Bayerischen Landesamts für Wasserwirtschaft verwiesen [18,19]. Im Folgenden werden nur die Ergebnisse des TZW betrachtet.

Bei dem ersten Ringversuch, der im Sommer 2000 veranstaltet wurde, sollten insgesamt 35 Einzelstoffe, die vom BLAC-Arbeitskreis „Arzneimittel in der Umwelt“ ausgewählt worden waren, in vier verschiedenen Proben analysiert werden. Bei den vier Proben handelte es sich um eine in Methanol/10-15 % Acetonitril gelöste Standardprobe (Probe 1), um ein aufgestocktes Oberflächenwasser (Probe 2), um ein kommunales Abwasser (Kläranlagenablauf, Probe 3) und um ein aufgestocktes kommunales Abwasser (Probe 4). In den Tabelle 5.1 bis 5.4 sind für alle zu analysierenden Verbindungen die am TZW nachgewiesene Konzentration, der Sollwert (berechnet als Mittelwert aller abgegebenen Einzelergebnisse) sowie für die Proben 1 und 2 der Referenzwert (entspricht der aufgestockten Konzentration) zusammengefasst. Die statistische Auswertung durch das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft erfolgte auf der Basis robuster Methoden (Huber, Q-Methode) und die Bewertung der einzelnen Parameter über sog. Z_u -scores [18]. In der letzten Spalte jeder Tabelle ist das Ergebnis dieser Bewertung symbolisch dargestellt.

Die Auswertung des ersten Ringversuchs bestätigt die gute Qualität der angewendeten Analysenverfahren. Alle 11 Substanzklassen, in welche die 35 Einzelstoffe eingeteilt worden waren, wurden bestanden. Bei insgesamt 128 bewerteten Einzelergebnissen wurde nur zweimal die Beurteilung „nicht bestanden“ erhalten, alle anderen Ergebnisse lagen innerhalb des zulässigen Intervalls. Hier ist die Übereinstimmung des am TZW erhaltenen Ergebnisses mit dem Referenzwert, d.h. der dotierten Konzentration, sehr gut und die Abweichungen liegen sowohl für das Oberflächenwasser als auch für das Abwasser meist unter 25 %. Dieses Resultat zeigt, dass die angewendeten Analysenverfahren auch auf Abwasserproben anwendbar sind, sofern diese entsprechend verdünnt werden. Bei den beiden Verbindungen, die in jeweils einer Probe als „nicht bestanden“ bewertet wurden, handelt es sich um die beiden Zytostatika Cyclophosphamid (Probe 1) und Ifosfamid (Probe 4). Hier erfolgte die analytische Bestimmung zunächst mittels GC/MS. Als Konsequenz aus den Ergebnissen des Ringversuchs wurde das Verfahren auf eine HPLC/MS-MS-Methode (siehe Kapitel 3.1) umgestellt. Wie die Ergebnisse der Methodvalidierung zeigen, liefert dieses Verfahren wesentlich zuverlässigere Ergebnisse.

Tabelle 5.1: Am TZW nachgewiesene Konzentration c(TZW), Sollwert, Referenzwert sowie Bewertung B nach Z_U-score (+ = bestanden, - = nicht bestanden) für **Probe 1 (Standardlösung)**

	<i>Verbindung</i>	<i>c(TZW) in ng/L</i>	<i>Sollwert in ng/L</i>	<i>Ref.-wert in ng/L</i>	<i>B</i>
Betablocker:	Propranolol	116	112	120	+
	Atenolol	137	120	90	+
	Bisoprolol	187	199	210	+
	Sotalol	175	189	170	+
Broncholytika:	Salbutamol	115	94	95	+
	Clenbuterol	185	180	180	+
Antiphlogistika:	Phenazon	175	127	125	+
	Dimethylaminophenazon	133	124	110	+
Zytostatika:	Ifosfamid	220	122	100	+
	Cyclophosphamid	410	188	150	-
Psychopharmaka:	Diazepam	92	125	75	+
Antiepileptika:	Carbamazepin	267	228	250	+
Lipidsenker:	Clofibrinsäure	418	293	300	+
	Bezafibrat	456	252	230	+
Antiphlogistika, Anti- pyretika, Analgetika:	Diclofenac	538	374	410	+
	Ketoprofen	315	241	220	+
	Ibuprofen	452	367	360	+
	Indometacin	224	151	140	+
	Naproxen	230	200	200	+
	Piroxicam	100	113	100	+
Östrogene:	Estron	19	17	10	+
	Estradiol	4,4	6,3	5,0	+
	Ethinylestradiol	11	7,2	6,0	+
	Mestranol	10	7,6	8,0	+
Pharmaka:	Clarithromycin	191	178	140	+
	Erythromycin	177	199	150	+
	Roxithromycin	383	340	300	+
	Sulfamethoxazol	198	238	190	+
	Sulfadimidin	279	286	260	+
	Trimethoprim	128	86	90	+
	Chloramphenicol	195	151	200	+
Röntgenkontrastmittel:	Iopamidol	305	246	300	+
	Iopromid	181	109	180	+
	Iomeprol	191	146	210	+
	Amidotrizoesäure	173	119	150	+

Tabelle 5.2: Am TZW nachgewiesene Konzentration $c(\text{TZW})$, Sollwert, Referenzwert sowie Bewertung B nach Z_U -score (+ = bestanden, - = nicht bestanden) für **Probe 2 (dot. Oberflächenwasser)**

	<i>Verbindung</i>	<i>c(TZW) in ng/L</i>	<i>Sollwert in ng/L</i>	<i>Ref.-wert in ng/L</i>	<i>B</i>
Betablocker:	Propranolol	51	76	85	+
	Atenolol	92	80	65	+
	Bisoprolol	100	95	120	+
	Sotalol	159	122	145	+
Broncholytika:	Salbutamol	91	93	65	+
	Clenbuterol	108	116	110	+
Antiphlogistika:	Phenazon	109	67	75	+
	Dimethylaminophenazon	84	68	60	+
Zytostatika:	Ifosfamid	57	101	100	+
	Cyclophosphamid	123	82	55	+
Psychopharmaka:	Diazepam	59	67	50	+
Antiepileptika:	Carbamazepin	278	234	190	+
Lipidsenker:	Clofibrinsäure	212	256	235	+
	Bezafibrat	148	176	140	+
Antiphlogistika, Anti- pyretika, Analgetika:	Diclofenac	335	307	270	+
	Ketoprofen	130	180	145	+
	Ibuprofen	202	237	215	+
	Indometacin	59	90	75	+
	Naproxen	110	151	130	+
	Piroxicam	237	130	95	+
Östrogene:	Estron	3,0	4,4	4,0	+
	Estradiol	0,6	2,6	0,5	+
	Ethinylestradiol	2,1	2,3	2,0	+
	Mestranol	1,1	2,1	3,0	+
Pharmaka:	Clarithromycin	92	79	85	+
	Erythromycin	128	100	110	+
	Roxithromycin	232	169	225	+
	Sulfamethoxazol	145	133	130	+
	Sulfadimidin	103	120	100	+
	Trimethoprim	83	59	60	+
	Chloramphenicol	161	154	170	+
Röntgenkontrastmittel:	Iopamidol	308	262	265	+
	Iopromid	164	111	110	+
	Iomeprol	139	183	190	+
	Amidotrizoesäure	293	213	130	+

Tabelle 5.3: Am TZW nachgewiesene Konzentration $c(\text{TZW})$, Sollwert sowie Bewertung B nach Z_u -score (+ = bestanden, - = nicht bestanden) für **Probe 3** (kommunales Abwasser)

	<i>Verbindung</i>	<i>c(TZW) in ng/L</i>	<i>Sollwert in ng/L</i>	<i>B</i>
Betablocker:	Propranolol	38	51	+
	Atenolol	222	162	+
	Bisoprolol	82	71	+
	Sotalol	607	392	+
Broncholytika:	Salbutamol	< 25	15	
	Clenbuterol	< 25	-	
Antiphlogistika:	Phenazon	< 50	96	
	Dimethylaminophenazon	< 50	33	
Zytostatika:	Ifosfamid	< 50	-	
	Cyclophosphamid	< 50	139	
Psychopharmaka:	Diazepam	18	20	+
Antiepileptika:	Carbamazepin	662	528	+
Lipidsenker:	Clofibrinsäure	103	139	+
	Bezafibrat	396	858	+
Antiphlogistika, Anti- pyretika, Analgetika:	Diclofenac	851	841	+
	Ketoprofen	< 25	76	
	Ibuprofen	532	389	+
	Indometacin	43	93	+
	Naproxen	129	192	+
	Piroxicam	< 50	-	
Östrogene:	Estron	0,8	1,2	+
	Estradiol	< 1	417(?)	
	Ethinylestradiol	< 1	3,9	
	Mestranol	< 1	-	
Pharmaka:	Clarithromycin	91	66	+
	Erythromycin	195	200	+
	Roxithromycin	66	58	+
	Sulfamethoxazol	296	347	+
	Sulfadimidin	< 25	-	
	Trimethoprim	182	175	+
	Chloramphenicol	< 25	-	
Röntgenkontrastmittel:	Iopamidol	111	-	+
	Iopromid	199	248	+
	Iomeprol	313	322	+
	Amidotrizoesäure	565	672	+

Tabelle 5.4: Am TZW nachgewiesene Konzentration $c(\text{TZW})$, Sollwert sowie Bewertung B nach Z_u -score (+ = bestanden, - = nicht bestanden) für **Probe 4 (dot. kommunales Abwasser)**

	<i>Verbindung</i>	<i>c(TZW) in ng/L</i>	<i>Sollwert in ng/L</i>	<i>B</i>
Betablocker:	Propranolol	282	295	+
	Atenolol	372	421	+
	Bisoprolol	350	300	+
	Sotalol	733	600	+
Broncholytika:	Salbutamol	142	201	+
	Clenbuterol	171	206	+
Antiphlogistika:	Phenazon	193	211	+
	Dimethylaminophenazon	217	132	+
Zytostatika:	Ifosfamid	317	103	-
	Cyclophosphamid	428	253	+
Psychopharmaka:	Diazepam	128	119	+
Antiepileptika:	Carbamazepin	1220	1125	+
Lipidsenker:	Clofibrinsäure	584	734	+
	Bezafibrat	1460	1694	+
Antiphlogistika, Anti- pyretika, Analgetika:	Diclofenac	2600	2438	+
	Ketoprofen	681	665	+
	Ibuprofen	1960	1166	+
	Indometacin	282	352	+
	Naproxen	477	454	+
	Piroxicam	718	558	+
Östrogene:	Estron	5,8	7,6	+
	Estradiol	5,2	7,7	+
	Ethinylestradiol	7,9	11	+
	Mestranol	18,4	7,3	+
Pharmaka:	Clarithromycin	285	238	+
	Erythromycin	284	256	+
	Roxithromycin	478	508	+
	Sulfamethoxazol	453	463	+
	Sulfadimidin	193	266	+
	Trimethoprim	308	212	+
	Chloramphenicol	219	402	+
Röntgenkontrastmittel:	Iopamidol	1530	1371	+
	Iopromid	5590	6620	+
	Iomeprol	5540	4670	+
	Amidotrizoesäure	2480	2263	+

Bei dem zweiten Ringversuch, der im Juli 2001 veranstaltet wurde und an dem nur diejenigen Laboratorien teilnahmen, die auch am bundesweiten Messprogramm „Arzneimittel in der Umwelt“ beteiligt waren, sollten insgesamt 20 Arzneimittelwirkstoffe in drei Proben analysiert werden. Die Auswahl der Einzelstoffe erfolgte anhand der Stoffliste des länderübergreifenden Messprogramms. Bei den drei Proben handelt es sich um ein dotiertes Oberflächenwasser (Isarkanal bei München, Probe 1), um ein kommunales Abwasser (Gesamtablauf der Kläranlage München, Probe 2) und um ein dotiertes kommunales Abwasser (dotierter Gesamtablauf der Kläranlage München, Probe 3).

In den Tabellen 5.5 bis 5.7 sind für alle zu analysierenden Verbindungen die am TZW nachgewiesene Konzentration, der jeweilige Sollwert (berechnet als Mittelwert aller abgegebenen Einzelergebnisse) sowie für Probe 1 der Referenzwert (entspricht der aufgestockten Konzentration) zusammengefasst.

Tabelle 5.5: Am TZW nachgewiesene Konzentration c(TZW), Soll- und Referenzwert für Probe 1 (dotiertes Oberflächenwasser)

	Verbindung	c(TZW) in ng/L	Sollwert in ng/L	Ref.-wert in ng/L
Betablocker:	Metoprolol	85	93	95
	Propranolol	140	159	135
	Atenolol	50	53	55
	Bisoprolol	74	86	90
	Sotalol	175	156	165
Broncholytika:	Salbutamol	95	96	95
	Clenbuterol	73	92	80
	Terbutalin	114	106	125
Antiphlogistika:	Phenazon	64	77	60
	Dimethylaminophenazon	103	148	95
	Propyphenazon	108	141	100
Psychopharmaka:	Diazepam	60	80	65
Antiepileptika:	Carbamazepin	239	286	260
Lipidsenker:	Clofibrinsäure	171	196	175
	Bezafibrat	195	263	190
Antiphlogistika, Antipyretika, Analgetika:	Diclofenac	159	223	190
	Ketoprofen	106	134	110
	Ibuprofen	133	170	170
	Indometacin	67	62	60
	Naproxen	99	103	110

Tabelle 5.6: Am TZW nachgewiesene Konzentration c(TZW) und Sollwert für **Probe 2** (kommunales Abwasser)

	Verbindung	c(TZW) in ng/L	Sollwert in ng/L
Betablocker:	Metoprolol	200	641
	Propranolol	< 50	57
	Atenolol	157	267
	Bisoprolol	29	221
	Sotalol	438	689
Broncholytika:	Salbutamol	< 50	25
	Clenbuterol	< 50	10
	Terbutalin	< 50	7,7
Antiphlogistika:	Phenazon	< 50	82
	Dimethylaminophenazon	< 50	70
	Propyphenazon	(34)	139
Psychopharmaka:	Diazepam	< 50	52
Antiepileptika:	Carbamazepin	885	817
Lipidsenker:	Clofibrinsäure	159	130
	Bezafibrat	1333	1392
Antiphlogistika, Anti-pyretika, Analgetika:	Diclofenac	1024	1195
	Ketoprofen	84	78
	Ibuprofen	892	795
	Indometacin	< 50	56
	Naproxen	293	366

Tabelle 5.7: Am TZW nachgewiesene Konzentration c(TZW) und Sollwert für **Probe 3** (dotiertes kommunales Abwasser)

	Verbindung	c(TZW) in ng/L	Sollwert in ng/L
Betablocker:	Metoprolol	257	902
	Propranolol	122	297
	Atenolol	213	524
	Bisoprolol	100	588
	Sotalol	500	955
Broncholytika:	Salbutamol	73	238
	Clenbuterol	49	144
	Terbutalin	200	358
			...

Tabelle 5.7f: Am TZW nachgewiesene Konzentration $c(\text{TZW})$ und Sollwert für **Probe 3** (dotiertes kommunales Abwasser)

	Verbindung	$c(\text{TZW})$ in ng/L	Sollwert in ng/L
Antiphlogistika:	Phenazon	115	395
	Dimethylaminophenazon	44	316
	Propyphenazon	87	352
Psychopharmaka:	Diazepam	98	126
Antiepileptika:	Carbamazepin	1046	1126
Lipidsenker:	Clofibrinsäure	440	501
	Bezafibrat	1707	1695
Antiphlogistika, Antipyretika, Analgetika:	Diclofenac	2022	2017
	Ketoprofen	447	586
	Ibuprofen	1100	1187
	Indometacin	355	454
	Naproxen	471	554

Die statistische Auswertung durch die AQS-Leitstelle des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft erfolgte auch für den zweiten Ringversuch auf der Basis robuster Methoden (Q-Methode, Huber-Schätzer) und durch die Berechnung der sog. Z_u -scores [19]. Aufgrund der geringen Anzahl an teilnehmenden Labors (9) und der für viele Parameter noch geringeren Anzahl an abgegebenen Ergebnissen (oft nur 4 bis 6 Einzeldaten), ist eine aussagekräftige statistische Auswertung der Daten und eine sinnvolle Beurteilung der einzelnen Labors allerdings nicht möglich. Hinzu kommt, dass in vielen Fällen der Sollwert, d.h. der Mittelwert aller abgegebenen Ergebnisse, durch einen, i.d.R. viel zu hohen Einzelwert „verfälscht“ wurde. Wegen der geringen Zahl an abgegebenen Ergebnissen war eine Erkennung eines solchen Ausreißers über die statistische Auswertung und eine nachfolgende Elimination des Datensatzes jedoch nicht möglich.

Daher soll zur Beurteilung der Qualität der Analysenergebnisse des TZW auch nur der Referenzwert, d.h. die dotierte Konzentration, in Probe 1 herangezogen werden (für die Proben 2 und 3 ist ein entsprechender Vergleich nicht möglich, da die Referenzwerte, d.h. die tatsächlichen Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe in der Abwasserprobe nicht bekannt sind). Der graphische Vergleich für Probe 1 ist in Bild 5.1 dargestellt. Man erkennt, dass das am TZW ermittelte Ergebnis für alle Arzneimittelwirkstoffe sehr nah an der dotierten Konzentration liegt. Die Abweichungen liegen i.d.R. unter 10%. Dieses Resultat bestätigt – wie bereits die Ergebnisse der ersten Vergleichsuntersuchung – die gute Qualität der am TZW eingesetzten Analysenverfahren.

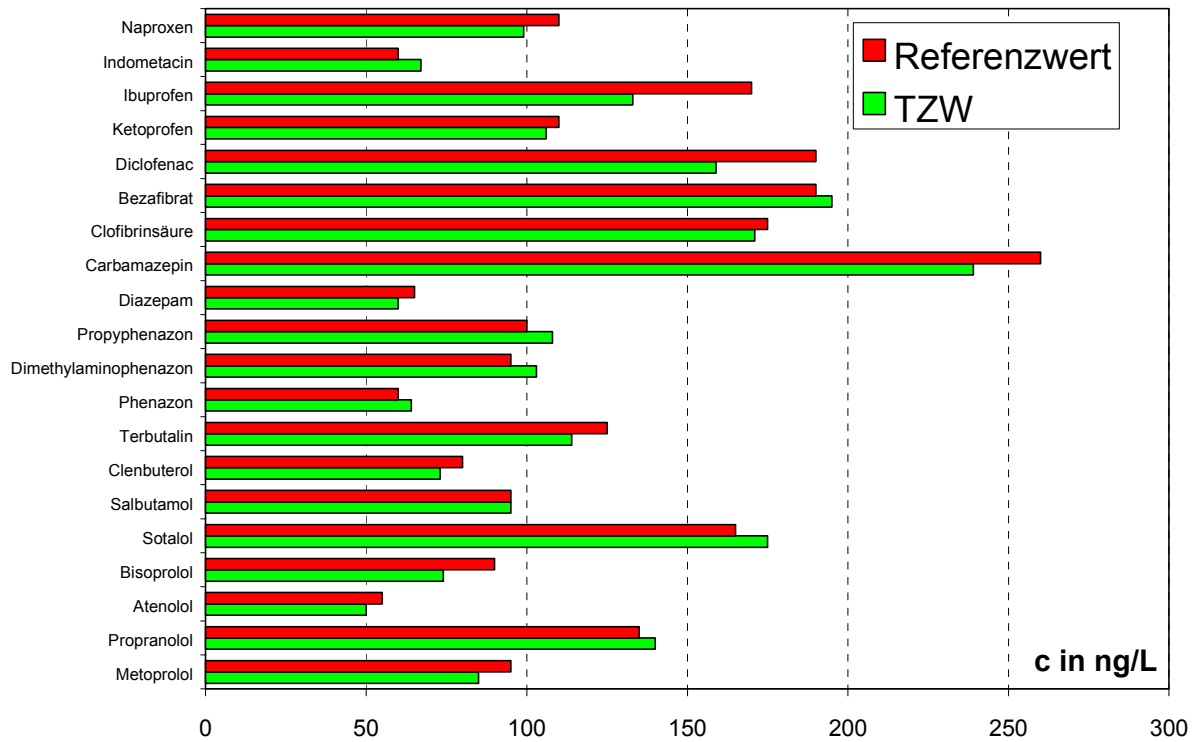


Bild 5.1: Vergleich der am TZW ermittelten Konzentration mit dem Referenzwert, d.h. der dotierten Konzentration, für **Probe 1** (dotiertes Oberflächenwasser)

6 Vorkommen von Pharmaka und hormonell wirksamen Verbindungen in Grundwässern in Baden-Württemberg

6.1 Einführung

Um einen Überblick über die Grundwasserbelastung in Baden-Württemberg mit Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen zu erhalten, wurden im September 2000 80 „repräsentative Grundwassermessstellen“ und 25 „exponierte Grundwassermessstellen“ beprobt. Repräsentative Messstellen sind solche, die für nationale und internationale Berichtspflichten verwendet werden, bei exponierten Messstellen ist eine Abwasserbeeinflussung möglich. Die geographische Lage der 105 Messstellen in Baden-Württemberg kann Bild 6.1 entnommen werden.

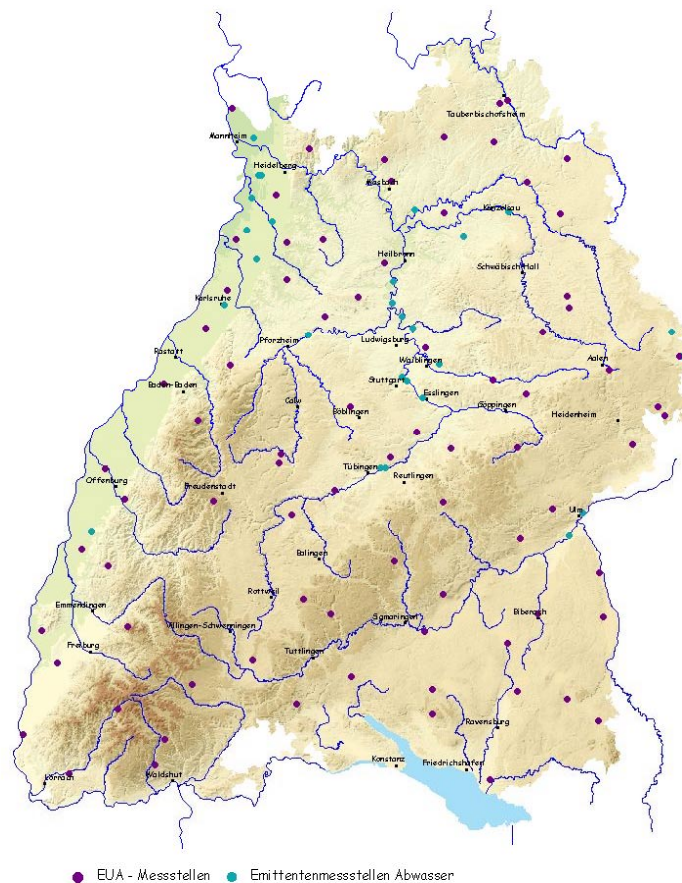


Bild 6.1: Geographische Lage der 105 beprobten Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg

Alle 105 Proben wurden auf die in Tabelle 2.1 genannten 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksamen Verbindungen untersucht. Um eine mögliche Abwasserbeeinflussung der Messstellen nachweisen zu können, wurde parallel in allen Proben der Bor-Gehalt bestimmt.

Zur Absicherung der Ergebnisse dieser ersten Beprobungskampagne und um mögliche kurzzeitige Veränderungen erkennen zu können, wurden ausgewählte Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg im Verlauf des Jahres 2001 nochmals – teilweise auch mehrfach – beprobt. Insbesondere Messstellen, deren Ergebnisse an die BLAC-Arbeitsgruppe gemeldet werden sollten oder für die bei der ersten Beprobung auffällige Befunde erhalten worden waren, wurden mehrfach beprobt. Insgesamt wurden zwischen Januar und September 2001 69 weitere Grundwasserproben in Baden-Württemberg entnommen und analysiert. Der Untersuchungsumfang wurde für einige Proben entsprechend den Ergebnissen der ersten Beprobungskampagne oder den Anforderungen der BLAC-Arbeitsgruppe geringfügig reduziert.

6.2 Statistische Betrachtung der Analysenergebnisse

Bild 6.2 zeigt das Ergebnis einer statistischen Auswertung aller Analysenergebnisse, die bei der Untersuchung der 105 Grundwasserproben im September 2000 erhalten wurden. Dargestellt ist jeweils die Anzahl an Proben, in denen eine bestimmte Zahl an Verbindungen nachgewiesen wurden. In der Darstellung wird unterschieden zwischen der Zahl an nachgewiesenen Arzneimittelwirkstoffen (ohne hormonell wirksame Verbindungen) und der Gesamtzahl an nachgewiesenen Verbindungen, d.h. Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen. In Tabelle A.3 im Anhang sind alle Analysenergebnisse, die für die 105 Grundwasserproben im September 2000 erhalten wurden, zusammengestellt.

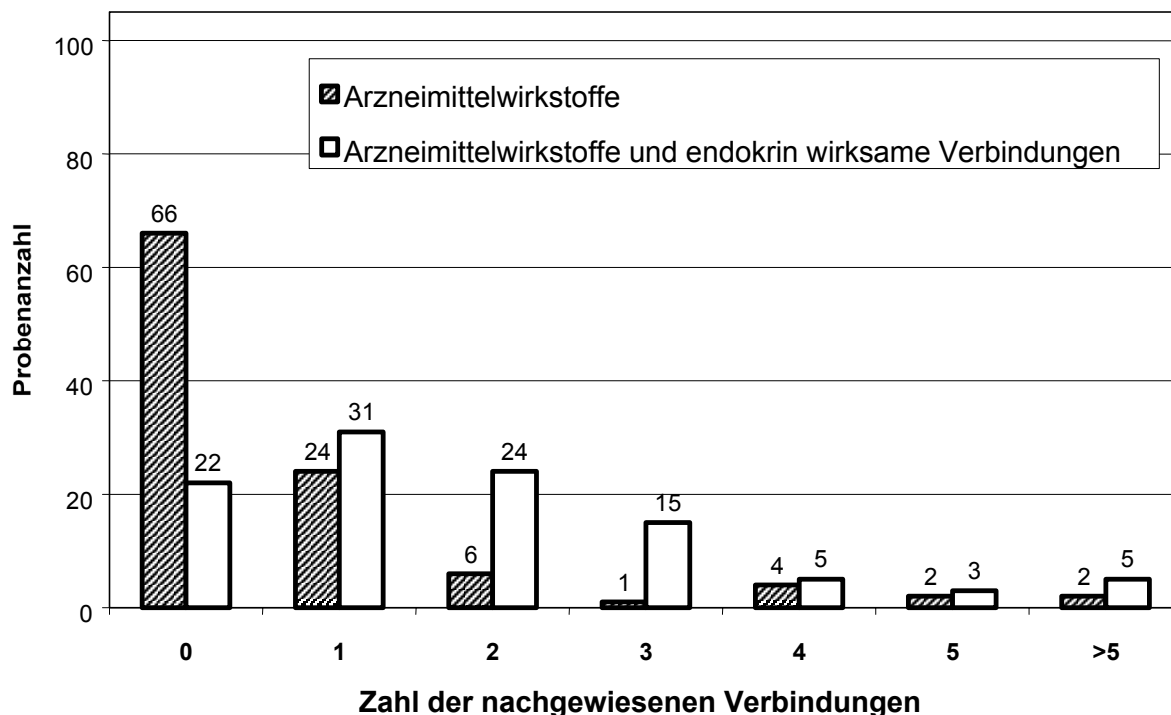


Bild 6.2: Verteilung der Befunde an Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen bei Proben von 105 Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg aus dem September 2000

Man erkennt aus den in Bild 6.2 dargestellten Daten, dass in 66 der 105 untersuchten Grundwasserproben keine Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen wurden. In 39 Proben, d.h. in etwa einem Drittel der untersuchten Grundwässer, wurde dagegen mindestens ein Arzneimittelwirkstoff gefunden. In zwei Proben wurden fünf Wirkstoffe nachgewiesen, in einer 9 und in einer weiteren sogar 10. Betrachtet man nicht nur die Arzneimittelwirkstoffe sondern bezieht die hormonell wirksamen Verbindungen mit ein, so nimmt die Zahl der Proben, in denen keine Befunde auftreten, stark ab. Nur in 22 von 105 Grundwasserproben wurden weder Arzneimittelwirkstoffe noch hormonell wirksame Verbindungen gefunden, d.h. etwa 80 % aller untersuchten Proben waren mit mindestens einer dieser Verbindungen belastet. Eine genauere Betrachtung der Einzelergebnisse zeigt, dass die unterschiedlichen Ergebnisse bei Betrachtung der Arzneimittelwirkstoffe allein sowie der Summe aus Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen im wesentlichen auf das Auftreten der hormonell wirksamen Alkylphenole (Bisphenol A und Nonylphenol) und des pflanzlichen Östrogens β -Sitosterol zurückzuführen ist.

Im Vergleich hierzu zeigt Bild 6.3 das Ergebnis einer statistischen Auswertung der Analyseergebnisse, welche bei der Untersuchungen der 69 Grundwasserproben im Jahr 2001 erhalten wurden. Dargestellt ist wiederum die Anzahl an Proben, in denen eine bestimmte Zahl an Arzneimittelwirkstoffen nachgewiesen wurden. Da bei den Untersuchungen im Jahr 2001 die hormonell wirksamen Verbindungen vielfach nicht bestimmt wurden, wird auf eine statistische Auswertung dieser Daten verzichtet. Eine Zusammenstellung aller Einzeldaten aus dem Jahr 2001 enthält Tabelle A.5 im Anhang.

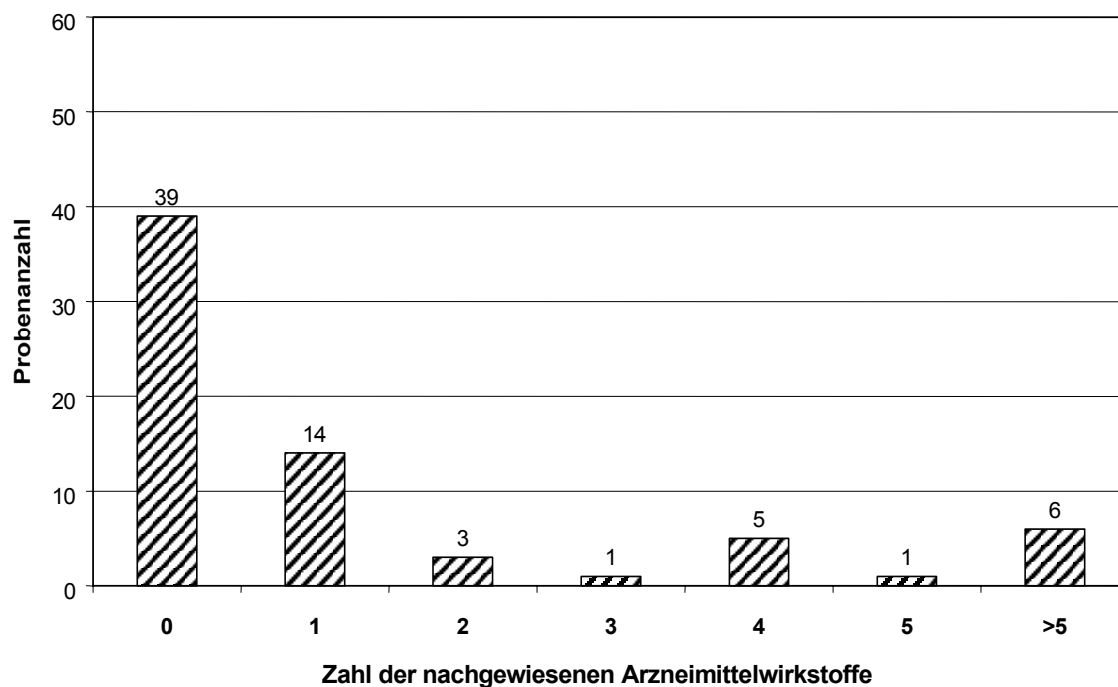


Bild 6.3: Verteilung der Befunde an Arzneimittelwirkstoffen bei 69 Grundwasserproben, die im Jahr 2001 in Baden-Württemberg entnommen wurden

Man erkennt aus den in Bild 6.3 dargestellten Daten, dass in 39 der 69 im Jahr 2000 untersuchten Grundwasserproben keine Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen wurden. Der Anteil der Proben ohne Befund lag damit mit 57 % in der gleichen Größenordnung wie im Herbst 2000, als 63 % der untersuchten Proben ohne Arzneimittelbefund waren. Auch die weitere Verteilung der Proben mit unterschiedliche Anzahl an positiven Befunden entspricht weitgehend den Ergebnissen der vorangegangenen Beprobung.

Entsprechend ergibt sich auch für die Gesamtzahl der in den Jahren 2000 und 2001 untersuchten Proben eine vergleichbare Verteilung. In 105 von 174, d.h. in 60 % aller untersuchten Grundwasserproben, wurden keine Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen. In etwa 20 % aller Proben wurde ein Wirkstoff gefunden, und in immerhin 11 % aller Proben konnten mehr als 3 Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen werden. Eine Darstellung der statistischen Auswertung aller Proben zeigt Bild 6.4.

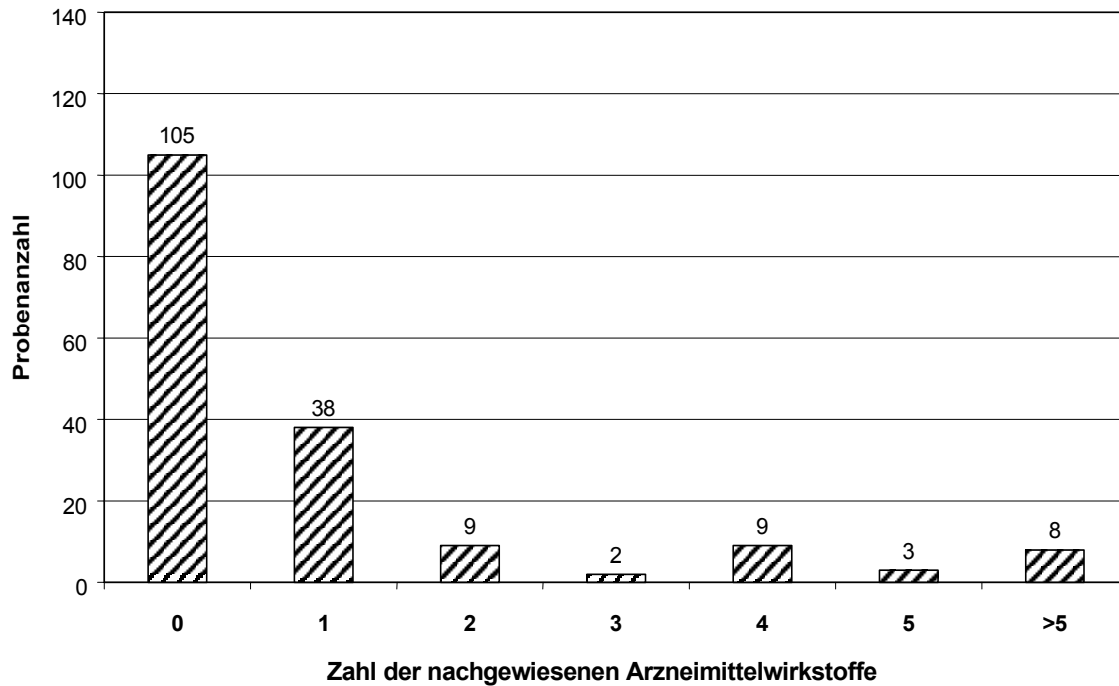


Bild 6.4: Verteilung der Befunde an Arzneimittelwirkstoffen bei insgesamt 174 Proben aus 105 Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg

Unterscheidet man bei der Auswertung der Resultate zwischen exponierten, d.h. bekanntermaßen abwasserbeeinflussten und repräsentativen Grundwassermessstellen, so erhält man die in Bild 6.5 dargestellte Verteilung. Man erkennt, dass im Falle der 80 untersuchten repräsentativen Messstellen in der Mehrzahl der Proben (76 %) keine Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen werden konnten. In 20 % aller repräsentativen Messstellen wurde ein Wirkstoff und nur in 4 % aller Proben wurde mehr als ein Wirkstoff gefunden. Im Falle der 25 exponierten, d.h. abwasserbeeinflussten Grundwassermessstellen ergibt sich ein völlig anderes Bild. Nur in 20 % der Messstellen wurden keine Arzneimittelwirkstoffe gefunden, d.h. in 80 % der untersuchten abwasserbeeinflussten Messstellen traten Arzneimittelrückstände auf. Bei allen Proben, in denen mehr als drei Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen wurden, handelt es sich ausschließlich um solche aus exponierten Grundwassermessstellen. Eine detaillierte Diskussion einzelner Grundwassermessstellen wird in Kapitel 6.6 vorgenommen.

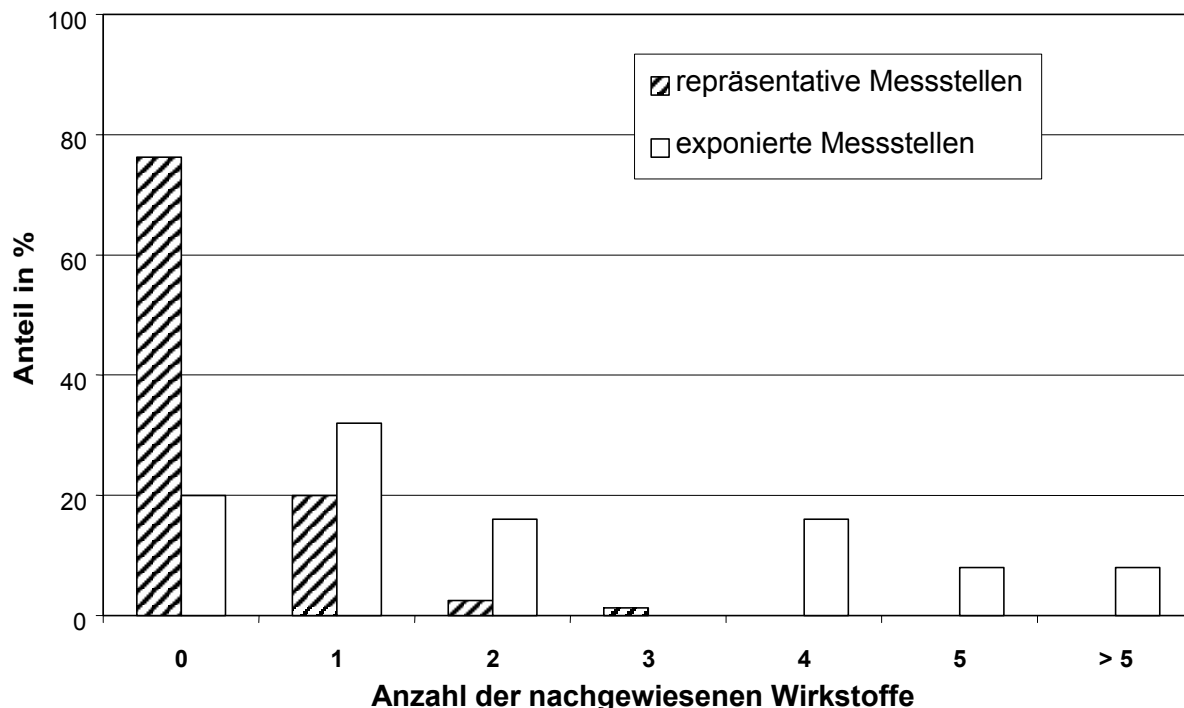


Bild 6.5: Verteilung der Befunde an Arzneimittelwirkstoffen bei Stichproben aus 80 repräsentativen und 25 exponierten Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg

Betrachtet man im Vergleich hierzu die Befunde an hormonell wirksamen Verbindungen in den exponierten und repräsentativen Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg, so erhält man eine andere Verteilung. Zwar ist der Anteil der Proben mit mehr als einem Befund bei den abwasserbeeinflussten Messstellen größer als bei den repräsentativen, doch findet man auch bei den repräsentativen Messstellen zahlreiche Proben, die positive Befunde aufwiesen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass β -Sitosterol als pflanzliches Hormon auch natürlich vorkommt. Darüber hinaus kann jedoch nicht in allen Fällen eine Kontamination der Proben durch Alkylphenole, die beispielsweise in manchen Probenahmeschläuchen enthalten sein können, ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund soll auf eine Darstellung und weitergehende Diskussion dieser Resultate verzichtet werden.

6.3 Vorkommen verschiedener Stoffklassen im Grundwasser

Da nur bei den Untersuchungen im September 2000 sämtliche Proben auf alle 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksamen Verbindungen analysiert worden waren, während bei den Untersuchungen im Jahr 2001 eine Vorauswahl der Messstellen hinsichtlich auffälliger Befunde vorgenommen und der Analysenumfang teilweise reduziert wurde, sollen für die folgenden Betrachtungen zunächst nur die Resultate aus dem September 2000 herangezogen werden. Im Folgenden soll eine Bewertung der verschiedenen Stoffklassen in Hinblick auf ihr Vorkommen in den untersuchten Grundwasserproben erfolgen.

- **Betablocker und Bronchospasmolytika**

In Tabelle 6.1 ist – wie auch in den nachfolgenden Tabellen zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in den untersuchten Grundwasserproben – neben der Anzahl an positiven Befunden bei einer Bestimmungsgrenze von 10 ng/L auch die Anzahl der positiven Befunde bei einer Bestimmungsgrenze von 5 ng/L angegeben. Diese Bestimmungsgrenze ist nicht für alle Verbindungen statistisch abgesichert, ist aber unter Forschungsaspekten hilfreich, um auch das Auftreten von Verbindungen erkennen zu können, deren Konzentrationen knapp unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Da die Konzentration von 5 ng/L in den allermeisten Fällen oberhalb der statistischen Nachweisgrenze liegt, kann das Vorkommen der Verbindung aus einer solchen Betrachtung auf jeden Fall sicher abgeleitet werden, auch wenn die Angabe der Konzentration mit einem größeren Fehler behaftet ist.

Tabelle 6.1: Vorkommen von Betablockern und Bronchospasmolytika in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl positiver Befunde bei BG = 5 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Metoprolol	1	2	110
Propranolol	0	1	< 10
Atenolol	0	0	
Bisoprolol	1	1	12
Sotalol	3	4	560
Pindolol	0	0	
Betaxolol	0	0	
Salbutamol	0	0	
Clenbuterol	0	0	
Terbutalin	1	2	12

Man kann den Zahlen in Tabelle 6.1 entnehmen, dass Betablocker und mit Einschränkungen Broncholytika in den untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen werden konnten. Als wichtigste Verbindungen, die am häufigsten und in den höchsten Konzentrationen auftraten, sind Sotalol und Metoprolol zu nennen, daneben wurden aber auch Terbutalin, Propranolol und Bisoprolol gefunden.

- **Lipidsenker**

Tabelle 6.2: Vorkommen von Lipidsenkern in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde	Anzahl positiver Befunde	maximale Konzentration
--	--------------------------	--------------------------	------------------------

	bei BG = 10 ng/L	bei BG = 5 ng/L	in ng/L
Bezafibrat	0	0	
Clofibrinsäure	0	0	
Etofibrat	0	0	
Fenofibrat	0	0	
Fenofibrinsäure	0	0	
Gemfibrozil	1	1	14
Simvastatin	0	0	

Die Zahlenwerte in Tabelle 6.2 zeigen, dass die Lipidsenker bezüglich ihres Vorkommens in Grundwässern in Baden-Württemberg nur von untergeordneter Bedeutung sind. Allein Gemfibrozil wurde in einer Probe in einer Konzentration von 14 ng/L gefunden. Clofibrinsäure, die von der BLAC-Arbeitsgruppe als Tracer für eine Grundwasserbelastung mit Arzneimittelwirkstoffen genannt worden war, wurde in keiner der untersuchten Proben nachgewiesen.

- **Antiphlogistika, Antipyretika, Analgetika**

Tabelle 6.3: Vorkommen von Antiphlogistika, Antipyretika und Analgetika in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl positiver Befunde bei BG = 5 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Phenazon	5	6	25
Dimethylaminophenazon	0	0	
Propyphenazon	2	3	19
Diclofenac	4	4	590
Ibuprofen	0	0	
Indometacin	1	1	22
Ketoprofen	0	0	
Fenoprofen	0	0	
Naproxen	0	0	

Wie man aus den Daten in Tabelle 6.3 erkennen kann, gehören die schmerzstillenden und entzündungshemmenden Wirkstoffe zu denjenigen Verbindungen, die vergleichsweise häufig in den untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen wurden. Die wichtigsten Verbindungen aus dieser Klasse sind Phenazon, Propyphenazon und Diclofenac. Während Phenazon und Propyphenazon relativ häufig in vergleichsweise geringen Konzentrationen auftraten, wurde Diclofenac zwar seltener, aber in Konzentrationen bis über 500 ng/L gefunden. Indometacin wurde in einer Grundwasserprobe nachgewiesen.

- **Iodierte Röntgenkontrastmittel**

Tabelle 6.4: Vorkommen von iodierten Röntgenkontrastmitteln in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl positiver Befunde bei BG = 5 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
lopamidol	5	5	300
lopromid	0	1	< 10
lomeprol	0	0	
Amidotrizoesäure	21	25	1100

Obwohl Röntgenkontrastmittel keine pharmakologische Wirkung besitzen, werden sie zu der Klasse der Arzneimittel gezählt. Wie die Daten in Tabelle 6.4 belegen, wurden Verbindungen aus dieser Klasse vergleichsweise häufig in Grundwässern in Baden-Württemberg nachgewiesen. Das iodierte Röntgenkontrastmittel Amidotrizoesäure ist derjenige Verbindung aus der Klasse der Arzneimittel, die am häufigsten in den untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen wurde. Auch das Röntgenkontrastmittel lopamidol wurde vergleichsweise häufig gefunden. Neben der Zahl an positiven Befunden sind bei den Röntgenkontrastmitteln auch deren Gehalte auffällig hoch. Amidotrizoesäure wurde wiederholt in Konzentrationen von über 100 ng/L nachgewiesen und weist mit 1100 ng/L die höchste Maximalkonzentration auf, die im Rahmen dieser Beprobungskampagne für einen Arzneimittelwirkstoff im Grundwasser gefunden wurde. Auch lopamidol trat in Konzentrationen von über 100 ng/L auf. Iopromid wurde nur einmalig in einer Konzentration unter 10 ng/L nachgewiesen, lomeprol wurde in keiner Probe gefunden.

- **Weitere Humanarzneimittel**

In Tabelle 6.5 werden die Ergebnisse für verschiedene Klassen an Humanarzneimittel gemeinsam dargestellt, aus denen im Rahmen des Monitoring-Programms nicht mehr als zwei Vertreter untersucht worden sind.

Tabelle 6.5: Vorkommen von Humanarzneimitteln in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl positiver Befunde bei BG = 5 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Antiepileptika:			
Carbamazepin	13	13	900

Durchblutungsförderer:		
Pentoxifyllin	0	0
Psychopharmaka:		
Diazepam	0	0
Zytostatika:		
Ifosfamid	0	0
Cyclophosphamid	0	0

Wie die Zahlenwerte in Tabelle 6.5 zeigen, wurde das Antiepileptikum Carbamazepin, das gleichzeitig eine stimmungsaufhellende Wirkung besitzt und daher auch als Antidepressivum eingesetzt wird, vergleichsweise häufig in den untersuchten Grundwasserproben gefunden. Auffällig sind für diesen Wirkstoff auch die relativ hohen Konzentrationen, in denen er im Grundwasser auftritt. Carbamazepin wurde mehrfach in Konzentrationen von über 100 ng/L mit einem Maximalwert von 900 ng/L nachgewiesen. Der Durchblutungsförderer Pentoxifyllin wurde dagegen genauso wenig gefunden wie das Psychopharmakum Diazepam. Die beiden Zytostatika Ifosfamid und Cyclophosphamid wurden ebenfalls in keiner Probe nachgewiesen.

- **Steroidhormone**

Tabelle 6.6: Vorkommen von Steroidhormonen in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 1 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
17- β -Estradiol	0	
17- α -Ethinylestradiol	0	
Estriol	0	
Estron	0	
Mestranol	0	
Norethisteron	0	

Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass Steroidhormone trotz der niedrigen Bestimmungsgrenze von 1 ng/L in den Grundwasserproben nicht nachgewiesen werden konnten.

- **Antibiotika**

Die Ergebnisse für die Antibiotika sollen im Folgenden getrennt für die Wirkstoffgruppen Penicilline, Makrolide und Sulfonamide (und sonstige) betrachtet werden.

Tabelle 6.7: Vorkommen von Penicillin-Antibiotika in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl positiver Befunde bei BG = 5 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Amoxicillin	0	0	
Cloxacillin	0	0	
Dicloxacillin	0	0	
Nafcillin	0	0	
Oxacillin	0	0	
Penicillin G	0	0	
Penicillin V	0	0	

Man kann Tabelle 6.7 entnehmen, dass Vertreter aus der Gruppe der Penicilline in den untersuchten Grundwasserproben nicht nachgewiesen werden konnten.

Tabelle 6.8: Vorkommen von Makrolid-Antibiotika in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl positiver Befunde bei BG = 5 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Clarithromycin	0	1	< 10
Erythromycin	0	0	
Dehydrato-Erythromycin	10	15	49
Oleandomycin	0	0	
Roxithromycin	1	1	26
Virginiamycin	0	0	
Spiramycin	0	0	

Die Zahlenwerte in Tabelle 6.8 zeigen, dass Makrolid-Antibiotika im Grundwasser in Baden-Württemberg nachzuweisen sind. Am häufigsten wurde Dehydrato-Erythromycin gefunden, ein Abbauprodukt, das nach Wasserabspaltung aus dem Antibiotikum Erythromycin gebildet wird [14]. Dehydrato-Erythromycin besitzt keine antibiotische Wirkung. Es ist bislang allerdings noch nicht zweifelsfrei geklärt, ob die Umwandlung von Erythromycin in Dehydrato-Erythromycin bereits in der Umwelt erfolgt (was sehr wahrscheinlich ist), oder erst bei der Analytik im Labor (die Anreicherung erfolgt bei pH 5).

Tabelle 6.9: Vorkommen von Sulfonamid-Antibiotika und sonstigen Antibiotika in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl positiver Befunde bei BG = 5 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
--	---	--	--------------------------------

Sulfamethoxazol	11	14	410
Sulfadiazin	2	2	17
Sulfadimidin	1	1	23
Sulfamerazin	0	0	
Sonstige:			
Trimethoprim	0	1	< 10
Chloramphenicol	0	4	< 10
Furazolidon	0	0	
Metronidazol	0	0	
Dapson	0	0	
Monensin	0	0	
Ronidazol	1	1	10

Man erkennt aus Tabelle 6.9, dass die Sulfonamid-Antibiotika Sulfamethoxazol, Sulfadiazin und Sulfadimidin in einzelnen Grundwasserproben nachgewiesen werden konnten, wobei insbesondere das vergleichsweise häufige Auftreten von Sulfamethoxazol auffällig ist. Weitere Antibiotika traten nur sehr vereinzelt und in relativ geringen Konzentrationen (10 ng/L und darunter) auf. Trimethoprim, das als Kombinationspräparat zusammen mit einem Sulfonamid-Antibiotikum, v.a. mit Sulfamethoxazol, verschrieben wird, wurde nur ein einziges Mal, in einer Konzentration unter 10 ng/L nachgewiesen.

- **Phytoöstrogene**

Tabelle 6.10: Vorkommen von β -Sitosterol und Daidzein in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 25 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
β -Sitosterol	21	260
Daidzein	0	

Die Daten in Tabelle 6.10 zeigen, dass das pflanzliche Östrogen β -Sitosterol, das insbesondere in der Sojabohne in hohen Konzentrationen vorkommt, vergleichsweise häufig und in relativ hohen Konzentrationen nachgewiesen wurde. Daidzein, ein Isoflavon, das in Sojamehl vorkommt, wurde dagegen in den untersuchten Proben nicht gefunden.

- **Alkylphenole**

Tabelle 6.11: Vorkommen von Alkylphenolen in Grundwässern in Baden-Württemberg

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl positiver Befunde bei BG = 5 ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Bisphenol A	26	38	1600
Bisphenol F	4	5	270
iso-Nonylphenol (BG = 25 ng/L)	68	-	7100

Die Zahlenwerte in Tabelle 6.11 zeigen, dass Alkylphenole, die weitverbreitete Industriechemikalien mit hohen Produktionszahlen (Bisphenol A 1999: 290.000 t allein in Deutschland [10, 20]) sind, häufig in den untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen wurden. Die Anzahl der positiven Befunde liegt für Bisphenol A und vor allem für das iso-Nonylphenol weit über den Zahlenwerten, die für die Arzneimittelwirkstoffe erhalten wurden, und auch die Konzentrationen betragen teilweise mehrere 100 ng/L und liegen damit meist deutlich über den Gehalten der Arzneimittelwirkstoffe in den untersuchten Grundwasserproben. Auch Bisphenol F wurde in einigen Proben nachgewiesen.

Sehr hohe Gehalte an Bisphenol A und iso-Nonylphenol von teilweise mehreren µg/L, die für einzelne Proben ermittelt wurden, sind allerdings mit Vorbehalt zu betrachten. Es ist bekannt, dass einige Kunststoffe – insbesondere auch einige PVC-Materialien – diese Verbindungen enthalten und auch wieder an das Wasser abgeben können. Wurden entsprechende Materialien beim Einrichten der Messstelle oder bei der Probenahme verwendet, kann es zu Kontaminationen und falschen Befunden kommen.

6.4 Ergebnisse der Untersuchungen im Jahr 2001

Als Ergebnis der Untersuchungen vom September 2000 zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen im Grundwasser in Baden-Württemberg wurden für das Grundwasser-Untersuchungsprogramm im Jahr 2001 Steroidhormone, Alkylphenole und Penicillin-Antibiotika gestrichen.

Alle Analysenergebnisse, die bei den wiederholten Untersuchungen der Grundwasserproben im Jahr 2001 erhalten wurden, sind in den Tabellen A.4 und A.5 im Anhang zusammengestellt, wobei Tabelle A.4 diejenigen Daten, die zum 21. Oktober 2001 durch die LfU Baden-Württemberg an die BLAC-Arbeitsgruppe bzw. das Umweltbundesamt gemeldet wurden, und Tabelle A.5 alle weiteren Ergebnisse der nachträglichen Beprobungen aus dem Jahr 2001 enthält.

Der Vergleich der bei den Beprobungen im Jahr 2001 erhaltenen Resultate mit den Ergebnissen aus dem September 2000 zeigt im wesentlichen keine auffälligen Veränderungen. Bei den Nachbeprobungen wurden i.d.R. in denselben Messstellen dieselben Verbindungen gefunden wie bei der ersten Untersuchung im September 2000, auch wenn die Konzentra-

tionen gewissen Schwankungen unterlagen. Die zeitlichen Veränderungen der Arzneimittelgehalte im Grundwasser werden in Kapitel 6.5 diskutiert.

Bemerkenswert ist allerdings das Auftreten von Clofibrinsäure in der Grundwassermessstelle 0082/861-3 zu allen vier Terminen im Jahr 2001 (Januar, Mai, Juli und September), während die Verbindung bei der Beprobung im September 2000 und auch bei weiter zurückliegenden Messungen nicht festzustellen gewesen war. Diese Ergebnisse stellen bislang die einzigen Befunde an Clofibrinsäure dar, die bei den Grundwasseruntersuchungen in Baden-Württemberg aufgetreten sind.

Auffällig ist darüber hinaus auch der einmalige Befund an Cyclophosphamid in einer Grundwasserprobe (Messstelle 0082/861-3; Probenahmedatum: 10.09.2001). Cyclophosphamid, ein Zytostatikum, wurde zuvor in keiner Grundwasserprobe und auch in keiner Oberflächenwasserprobe (siehe Kapitel 7) aus Baden-Württemberg nachgewiesen. Die ermittelte Konzentration von 14 ng/L liegt allerdings im Bereich der analytischen Bestimmungsgrenze.

6.5 Zeitliche Veränderung der Gehalte an Arzneimittelrückständen im Grundwasser

Für einige der abwasserbeeinflussten Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg wurden bereits in den Jahren 1998 und 1999 Untersuchungsprogramme durchgeführt, in denen jeweils im Auftrag der LfU Baden-Württemberg durch das TZW Daten zur Grundwasserbelastung mit Arzneimittelwirkstoffen erhoben worden waren (siehe auch [21]). Die Palette der untersuchten Wirkstoffe beschränkte sich in der Vergangenheit jedoch auf die 12 Wirkstoffe Bezafibrat, Carbamazepin, Clofibrinsäure, Diclofenac, Fenofibrat, Fenofibrinsäure, Fenoprofen, Gemfibrozil, Ibuprofen, Indometacin, Ketoprofen und Pentoxifyllin, sodass nur für diese Stoffe Aussagen über die zeitlichen Veränderungen der Gehalte im Grundwasser gemacht werden können.

In den Tabellen 6.12 bis 6.17 sind für Messstellen, für die mindestens ein positiver Befund vorlag, die Daten für die Jahre 1998, 1999 und 2000, und – sofern vorhanden – 2001 gegenübergestellt. Die Beprobungen fanden in den Jahren 1998, 1999 und 2000 stets im Monat September statt; für das Jahr 2001 liegen zumindest für einige Messstellen Daten für die Monate Januar, Mai, Juli und September vor. Positive Ergebnisse sind in den Tabellen jeweils dunkel hinterlegt.

Tabelle 6.12: Arzneimittelwirkstoffe in ausgewählten abwasserbeeinflussten Grundwassermessstellen in den Jahren 1998 bis 2001 (Angaben in ng/L)

Messstelle (LfU-Bez.):	0082/861-3							
	PN-Datum:	01.09.98	01.09.99	13.09.00	29.01.01	22.05.01	09.07.01	10.09.01
Bezafibrat		480	390	< 10	990	250	85	< 10

Carbamazepin	98	460	630	170	220	140	750
Clofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	190	65	44	49
Diclofenac	1200	1100	580	660	720	540	460
Fenofibrat	< 25	< 25	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	88	62	< 10	< 10
Fenoprofen	< 5	< 5	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Gemfibrozil	< 5	< 5	< 10	< 10	< 10	< 10	43
Ibuprofen	< 5	< 5	< 10	170	100	< 10	< 10
Indometacin	230	< 5	22	88	140	110	96
Ketoprofen	< 10	< 10	< 10	61	61	29	< 10
Pentoxifyllin	< 25	< 25	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Tabelle 6.13: Arzneimittelwirkstoffe in ausgewählten abwasserbeeinflussten Grundwassermessstellen in den Jahren 1998 bis 2001 (Angaben in ng/L)

Messstelle (LfU-Bez.):	1150/512-0							
	PN-Datum:	08.09.98	01.09.99	18.09.00	29.01.01	22.05.01	09.07.01	05.09.01
Bezafibrat		< 20	< 20	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Carbamazepin		85	67	230	130	94	30	190
Clofibrinsäure		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diclofenac		21	< 20	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenofibrat		< 25	< 25	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenofibrinsäure		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenoprofen		< 5	< 5	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Gemfibrozil		< 5	< 5	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ibuprofen		< 5	< 5	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Indometacin		< 5	< 5	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ketoprofen		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pentoxifyllin		< 25	< 25	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Tabelle 6.14: Arzneimittelwirkstoffe in ausgewählten abwasserbeeinflussten Grundwassermessstellen in den Jahren 1998 bis 2001 (Angaben in ng/L)

Messstelle (LfU-Bez.):	0126/459-5							
	PN-Datum:	20.09.98	16.09.99	18.09.00	11.01.01	29.05.01	16.07.01	03.09.01
Bezafibrat		< 20	< 20	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Carbamazepin		32	< 20	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Diclofenac	< 20	< 20	< 10	< 20	< 20	< 10	< 10
Fenofibrat	< 25	< 25	< 10	< 25	< 25	< 10	< 10
Fenofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenoprofen	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 10	< 10
Gemfibrozil	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 10	< 10
Ibuprofen	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 10	17
Indometacin	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 10	< 10
Ketoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pentoxifyllin	< 25	< 25	< 10	< 25	< 25	< 10	< 10

Tabelle 6.17: Arzneimittelwirkstoffe in ausgewählten abwasserbeeinflussten Grundwassermessstellen in den Jahren 1998 bis 2001 (Angaben in ng/L)

Messstelle (LfU-Bez.):	0007/308-4			0129/306-1			
	PN-Datum:	22.09.98	08.09.99	06.09.00	22.09.98	09.09.99	12.09.00
Bezafibrat	< 20	< 20	< 10	< 20	37	< 10	< 10
Carbamazepin	24	< 20	< 10	36	< 20	180	57
Clofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diclofenac	< 20	< 20	< 10	34	71	38	43
Fenofibrat	< 25	< 25	< 10	< 25	< 25	< 10	< 10
Fenofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenoprofen	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 10	< 10
Gemfibrozil	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 10	< 10
Ibuprofen	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 10	< 10
Indometacin	< 5	< 5	< 10	< 5	< 5	< 10	< 10
Ketoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pentoxifyllin	< 25	< 25	< 10	< 25	< 25	< 10	< 10

Man erkennt aus den vorliegenden Daten, dass sich die Stoffpalette, die an einer bestimmten Grundwassermessstelle gefunden wurde, über einen Zeitraum von drei Jahren i.d.R. nur geringfügig verändert hat. Meist werden diejenigen Stoffe, die bereits im September 1998 nachgewiesen wurden, auch in den Folgejahren gefunden. Neue Stoffe traten zumeist nicht auf. Die Konzentrationen der einzelnen Wirkstoffe unterliegen zeitlichen Schwankungen, einheitliche Trends sind jedoch i.d.R. nicht auszumachen. Allerdings sind die zeitlichen Veränderungen deutlich größer als man es üblicherweise für die Gehalte anorganischer und organischer Stoffe in einem Grundwasserleiter beobachtet. Insgesamt entspricht das beobachtete Zeitverhalten eher demjenigen, das man für Arzneimittelwirk-

stoffe in Fließgewässern kennt. Auch dort ist die Stoffpalette meist über längere Zeiträume konstant, während die Konzentrationen oftmals großen Schwankungen unterliegen.

6.6 Korrelation der Befunde an Arzneimittelrückständen im Grundwasser mit dem Bor-Gehalt

Um Informationen über die Herkunft der Arzneimittelwirkstoffe im Grundwasser zu erhalten, wurde in allen untersuchten Proben parallel zu den Arzneimittelwirkstoffen der Bor-Gehalt bestimmt. Bor ist ein Bestandteil vieler Waschmittel und dient häufig als Indikatorparameter für eine Abwasserbeeinflussung. Die in den Grundwasserproben gemessenen Konzentrationen an Bor sind ebenfalls in den Tabellen A.3 bis A.5 im Anhang enthalten. In Bild 6.6 sind für die im September 2000 untersuchten 105 Grundwasserproben die Anzahl an positiven Arzneimittelbefunden und die gemessenen Bor-Gehalte gegenübergestellt.

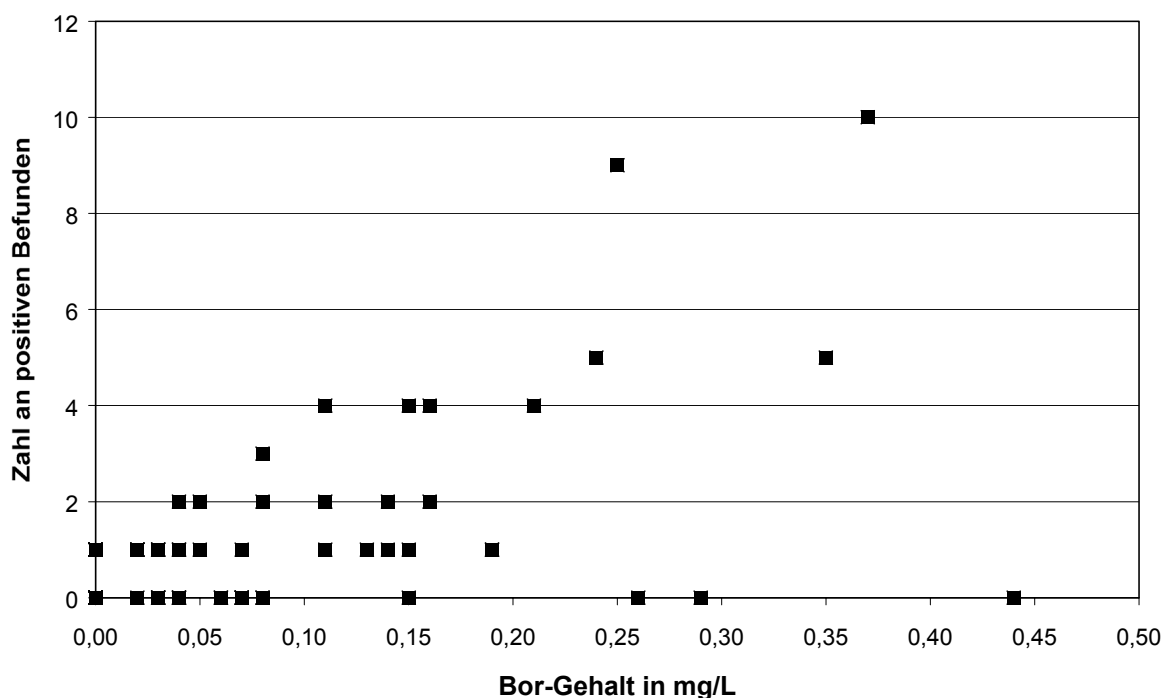


Bild 6.6: Zusammenhang zwischen Anzahl an Arzneimittelbefunden und Bor-Gehalten

Man erkennt, dass zwar keine strenge Korrelation zwischen der Anzahl an nachgewiesenen Arzneimitteln und dem Bor-Gehalt gegeben ist, dass aber i.d.R. eine erhöhte Anzahl an Arzneimittelwirkstoffen in solchen Proben gefunden werden, die erhöhte Bor-Gehalte aufweisen. Umgekehrt findet man in Proben, die geringe oder nicht nachweisbare Gehalte an Bor zeigen, i.d.R. auch nur geringe Mengen an Arzneimitteln. Der gefundene Zusammenhang zwischen den Arzneimittelbefunden und dem Auftreten erhöhter Bor-Gehalte ist ein weiterer Beleg für die Annahme, dass Abwassereinflüsse die wesentliche Ursache der Arzneimittel-einträge in das Grundwasser darstellen.

6.7 Detaillierte Betrachtung einzelner Grundwassermessstellen

In Tabelle 6.18 sind für einige Grundwassermessstellen, für die im Rahmen des Monitoring-Programms auf Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen auffällige Befunde erhalten worden waren, Informationen über das Einzugsgebiet der Messstelle, die von der LfU Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt wurden, zusammengefasst.

Tabelle 6.18: Zusammenhang zwischen dem Einzugsgebiet der Grundwassermessstellen und Arzneimittelbefunden

Messstelle	Einzugsgebiet der Messstelle	Arzneimittelbefunde
1	direkt am Abwassersammler	Phenazon (15 ng/L) Propyphenazon (10 ng/L)
2	100 m neben Abwassersammler	Amidotrizoesäure (100 ng/L) Phenazon (25 ng/L)
3	direkt am Abwassersammler	Iopamidol (18 ng/L)
4	direkt am Abwassersammler	-
5	100 bzw. 200 m neben Abwassersammler	Amidotrizoesäure (24 ng/L)
6	Talaue, Kläranlage (22200 EWG) 2500 m oberhalb	Amidotrizoesäure (25 ng/L)
7	Kläranlage	Carbamazepin (900 ng/L) Diclofenac (590 ng/L) Sulfamethoxazol (410 ng/L) Iopamidol (300 ng/L) ...
8	Kläranlage	-
9	Talaue, neben Abwassersammler	-
10	direkt am Abwassersammler, Bach in unmittelbarer Nähe	Carbamazepin (180 ng/L) Diclofenac (38 ng/L) Propyphenazon (19 ng/L) Sulfadiazin (17 ng/L) Phenazon (14 ng/L) ...

Tabelle 6.18 Fortsetzung: Zusammenhang zwischen dem Einzugsgebiet der Grundwassermessstellen und Arzneimittelbefunden

Messstelle	Einzugsgebiet der Messstelle	Arzneimittelbefunde
11	zwischen Abwassersammler und Bach	Carbamazepin (530 ng/L) Amidotrizoesäure (100 ng/L) Sulfamethoxazol (33 ng/L) Iopamidol (16 ng/L) Terbutalin (12 ng/L)
12	Kläranlage	Carbamazepin (630 ng/L) Diclofenac (580 ng/L) Sotalol (560 ng/L) Metoprolol (110 ng/L)

		Sulfamethoxazol (100 ng/L)
		...
13	Kläranlage (42200 EWG)	Amidotrizoesäure (44 ng/L) Sulfamethoxazol (14 ng/L) Carbamazepin (11 ng/L) Sotalol (10 ng/L)
14	Kläranlage (19000 EWG)	Amidotrizoesäure (44 ng/L) Carbamazepin (11 ng/L)
15	direkt am Abwassersammler	Amidotrizoesäure (1100 ng/L) Carbamazepin (230 ng/L) Sulfamethoxazol (14 ng/L) Iopamidol (61 ng/L)
16	Talaue, Kläranlage (4800 EWG) 350 m oberhalb	Amidotrizoesäure (40 ng/L)
17	direkt am Abwassersammler	-
18	Talaue, Kläranlage (200000 EWG) in 500 m Entfernung	Amidotrizoesäure (350 ng/L) Carbamazepin (130 ng/L) Dehydrato-Erythromycin (33 ng/L) Sulfamethoxazol (15 ng/L)
19	Talaue, Kläranlage (200000 EWG) in 3000 m Entfernung	Dehydrato-Erythromycin (44 ng/L) Amidotrizoesäure (16 ng/L)
20	Talaue, Kläranlage (7500 EWG) 1000 m oberhalb, Kläranlage (10000 EWG) 1500 m oberhalb	Amidotrizoesäure (760 ng/L) Iopamidol (210 ng/L) Carbamazepin (65 ng/L) Sulfamethoxazol (23 ng/L)

Man erkennt aus der Zusammenstellung, dass – wie bereits zuvor vermutet – für viele Messstellen ein direkter Zusammenhang zwischen den Arzneimittelbefunden im Grundwasser und einer Abwasserbeeinflussung im Einzugsgebiet besteht. Die Abwasserbeeinflussung kann dabei sowohl durch eine Kläranlage als auch durch einen Abwassersammler gegeben sein. Unter einem Abwassersammler versteht man die Kanalisation oder einen zum Bestandteil der Kanalisation erklärten offenen Wasserlauf, der Abwässer aufnimmt. Jedoch zeigen einige Beispiele in Tabelle 6.18 auch, dass nicht in jedem Fall durch eine Kläranlage oder einen Abwassersammler im Einzugsgebiet eine Belastung des Grundwassers mit Arzneimittelwirkstoffen hervorgerufen wird. Auffällig bei Betrachtung aller Daten in Tabelle 6.18 ist auch, dass mikrobiell gut abbaubare Stoffe wie Diclofenac, die beispielsweise bei einer Uferpassage vollständig eliminiert werden [22, 23], i.d.R. nur in solchen Grundwassermessstellen gefunden werden, die sich in direkter Nähe zu einer Kläranlage befinden (siehe z.B. Messstelle 12). Besteht ein etwas größerer Abstand zwischen der Grundwassermessstelle und der Quelle des Eintrags, werden zumeist nur noch die mikrobiell nicht leicht abbaubaren, also persistenten Verbindungen wie Carbamazepin, Sulfamethoxazol oder die iodierten Röntgenkontrastmittel nachgewiesen. Ein Zusammenhang zwischen den Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und der Art der Abwasserbeeinflussung, der Größe der Kläranlage oder dem Abstand von der Quelle läßt

sich aus den vorliegenden Informationen nicht ableiten. Hier spielen sicher weitere Faktoren, wie der Abwasseranteil im Grundwasser, eine wesentliche Rolle.

6.8 Beeinflussung des Grundwassers im Nahbereich der Körsch

Die Körsch ist ein kleines Fließgewässer, das unterhalb von Deizisau in den Neckar mündet und das einen sehr hohen Abwasseranteil aufweist. Wie aus den Fließgewässeruntersuchungen in Baden-Württemberg, die ausführlich in Kapitel 7 präsentiert werden, bekannt ist, findet man in der Körsch aufgrund ihres hohen Abwasseranteils vergleichsweise hohe Gehalte an Arzneimittelwirkstoffen. Um eine mögliche Beeinflussung von Grundwässern durch nahe gelegene Oberflächenwässer insbesondere bezüglich des Eintrags von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen abschätzen zu können, wurden fünf Grundwassermessstellen in direkter Nähe zur Körsch beprobt und auf die 74 Verbindungen nach Tabelle 2.1 analysiert. Die Lage der fünf Messstellen kann Bild 6.7 entnommen werden. Die Beprobung der fünf Messstellen wurde zweimal durchgeführt, zunächst im Januar 2001 und dann noch einmal im März 2001. Die Ergebnisse beider Untersuchungsreihen sind im Anhang in Tabelle A.6 zusammengestellt.

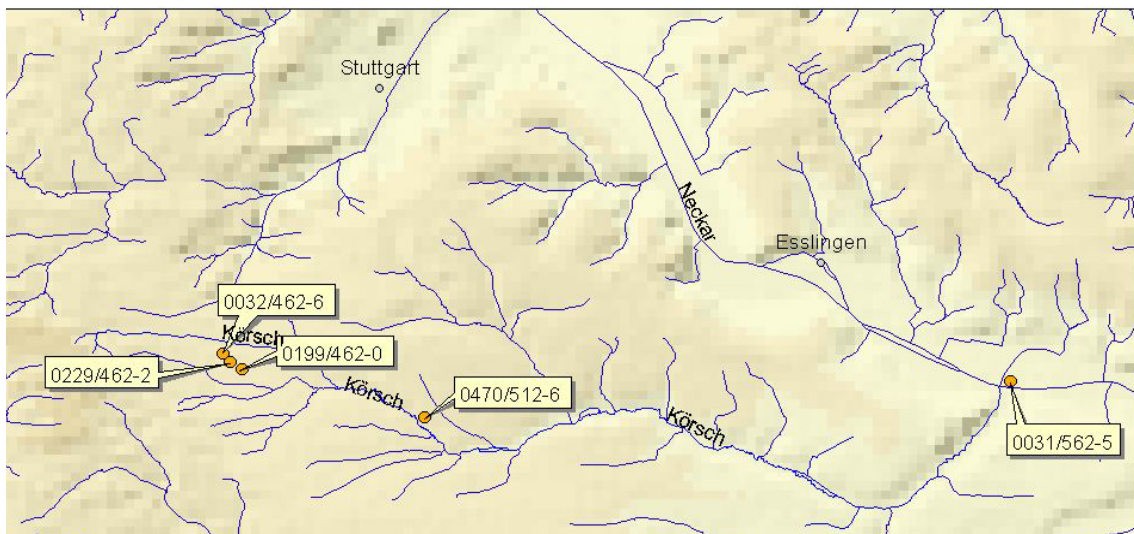


Bild 6.7: Grundwassermessstellen im Bereich der Körsch

Wie die vorliegenden Analysenergebnisse zeigen, lassen sich in den beiden Grundwassermessstellen 0229/462 und 0031/562-5 Arzneimittelwirkstoffe und Alkylphenole nachweisen. In der Messstelle 0470/512-6 wurden zu beiden Untersuchungsterminen Spuren an Bisphenol A gefunden.

Die Messstelle 0031/562-5 liegt im Bereich der Einmündung der Körsch in den Neckar. Das iodidierte Röntgenkontrastmittel Iopamidol, das in dieser Messstelle zum zweiten Probenahmetermin im März 2001 gefunden wurde, stellt sowohl in der Körsch als auch im Neckar

die Verbindung dar, die in den höchsten Konzentrationen auftrat (siehe Kapitel 7.2). Propyphenazon wurde ebenfalls in beiden Fließgewässern nachgewiesen, sodass auch das Auftreten dieser Verbindung in der Messstelle 0031/562-5 auf eine Beeinflussung durch die Oberflächengewässer zurückzuführen sein könnte. Das Schmerzmittel Phenazon allerdings, das ebenfalls in dieser Grundwassermessstelle gefunden wurde, konnte im Untersuchungszeitraum in keiner Probe aus Körsch oder Neckar nachgewiesen werden, sodass das Auftreten dieser Verbindung nicht verständlich ist, wenn man Körsch und Neckar als einzige Quellen der Grundwasserbeeinflussung sieht. Auch das Vorkommen von Bisphenol A und iso-Nonylphenol sowie der vergleichsweise hohe Bor-Gehalt in Messstelle 0031/562-5 lassen sich mit einer Beeinflussung des Grundwassers durch die beiden Fließgewässer erklären, wobei andere Quellen hierdurch natürlich nicht ausgeschlossen werden.

Das Auftreten von geringen Mengen an Bisphenol A in der Messstelle 0470/512-6 könnte ebenfalls auf einen Einfluß der nahe gelegenen Körsch hindeuten. Allerdings ist es dann wenig plausibel, dass andere Verbindungen, die in der Körsch in wesentlich höheren Konzentrationen als Bisphenol A vorkommen, nicht in der Grundwassermessstelle gefunden werden. Zudem ist bekannt, dass beispielsweise bei der Uferpassage am Rhein Bisphenol A sehr gut eliminiert wird, während Arzneimittelwirkstoffe wie Carbamazepin oder die iodierten Röntgenkontrastmittel während der Bodenpassage nahezu nicht zurückgehalten werden [22, 23]. Dies weist darauf hin, dass die Befunde an Bisphenol A in der Messstelle 0470/512-6 auf eine andere Quelle als die Körsch zurückgehen.

Die drei Grundwassermessstellen 0032/462-6, 0229/462-2 und 0199/462-0 befinden sich in einer Reihe, die von der Körsch wegführt, wobei der Abstand in der genannten Reihenfolge zunimmt (siehe Bild 6.7). Diese Lage wird sehr gut durch die Bor-Gehalte in den drei Messstellen wiedergegeben. In der Körsch-nächsten Messstelle 0032/462-6 wurden stets die höchsten Gehalte an Bor gefunden, während in den beiden anderen Messstellen zu beiden Untersuchungsterminen nur noch vergleichsweise geringe Bor-Gehalte auftraten. Vor diesem Hintergrund sind die teilweise recht hohen Befunde an Arzneimittelwirkstoffen in der Messstelle 0229/462-2, also der mittleren der drei Messstellen, nicht plausibel, sofern man nur die Körsch als mögliche Quelle ansieht. Da in den beiden anderen Messstellen keine Arzneimittelwirkstoffe und keine Alkylphenole nachzuweisen waren, erscheint es wahrscheinlich, dass das Vorkommen dieser Stoffe in der Messstelle 0229/462-2 auf andere Ursachen zurückgeführt werden muss.

Zusammenfassend läßt sich damit festhalten, dass sich durch die Untersuchungen der fünf Grundwassermessstellen in direkter Nähe zur Körsch keine unmittelbaren Hinweise auf eine signifikante Beeinflussung des Grundwassers durch die Belastung des Fließgewässers mit Arzneimittelwirkstoffen oder hormonell wirksamen Verbindungen ergeben haben. Nur in

einer Messstelle (0031/562-5) ergaben sich Befunde, die möglicherweise (aber nicht zwangsläufig) auf eine Beeinflussung des Grundwassers durch ein Fließgewässer mit Arzneimittelwirkstoffen und Alkylphenolen zurückgeführt werden können. In allen anderen Fällen wurden entweder keine der untersuchten Verbindungen nachgewiesen oder müssen andere Ursachen für das Auftreten der Arzneimittelwirkstoffe gesucht werden.

7 Vorkommen von Pharmaka und hormonell wirksamen Verbindungen in Oberflächengewässern

7.1 Untersuchung verschiedener Fließgewässer in Baden-Württemberg

Zur Untersuchung der Fließgewässerbelastung in Baden-Württemberg mit Arzneimitteln und hormonell wirksamen Verbindungen wurden zwischen August 2000 und Juli 2001 an insgesamt sechs Messstellen (Donau bei Wiblingen, Neckar bei Feudenheim, Rhein bei Iffezheim, Körsch bei Friedrichsmühle, Blau bei Söflingen, Elz vor und nach der Einmündung der Dreisam) in zeitlichen Abständen von etwa zwei Monaten Proben entnommen und auf alle in Tabelle 2.1 aufgeführten 74 Einzelstoffe analysiert. Die geographische Lage der untersuchten Messstellen kann Bild 7.1 entnommen werden. Alle erhaltenen Einzelergebnisse sind in den Tabellen A.7 bis A.12 im Anhang wiedergegeben. Im folgenden sollen die einzelnen Messstellen zunächst separat betrachtet und diskutiert werden.

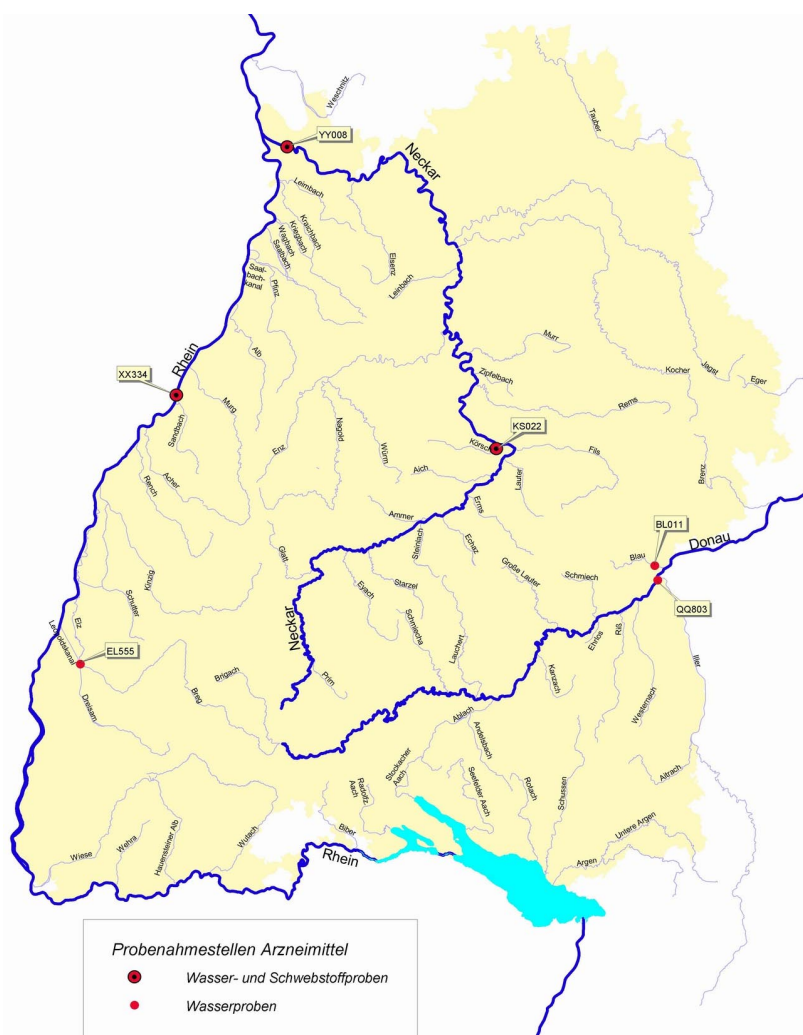


Bild 7.1: Geographische Lage der beprobten Fließgewässermessstellen in Baden-Württemberg

- **Donau bei Wiblingen (LfU-Bezeichnung QQ803)**

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 9 Proben aus der Donau bei Wiblingen (Fluss-km 803) entnommen und auf 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen untersucht. Alle Einzeldaten sind in Tabelle A.7 zusammengestellt. In Tabelle 7.1 sind für diejenigen Stoffe, für die mindestens ein positiver Befund erhalten wurde, die Anzahl der positiven Befunde sowie die mittlere und die höchste Konzentration im Untersuchungszeitraum zusammengefasst. Die mittlere Konzentration wurde nur dann berechnet, wenn eine Verbindung in mindestens der Hälfte aller Proben, in diesem Fall in mindestens fünf Proben, nachgewiesen wurde. Für die Berechnung der mittleren Konzentrationen wurde für Proben, in denen ein Stoff nicht nachgewiesen wurde, eine Konzentration von 5 ng/L, entsprechend der halben Bestimmungsgrenze, angenommen. Verbindungen, die in Tabelle 7.1 nicht aufgeführt sind, traten in keiner Probe in einer Konzentration über der analytischen Bestimmungsgrenze von 10 ng/L auf.

Tabelle 7.1: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in der Donau bei Wiblingen (9 Proben)

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	Mittlere Konzentration in ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Metoprolol	5	44	320
Propranolol	1		52
Bisoprolol	1		21
Sotalol	9	32	47
Carbamazepin	7	43	82
Clofibrinsäure	1		15
Bezafibrat	5	18	52
Diclofenac	8	30	65
Ibuprofen	4		19
Dehydrato-Erythromycin	9	22	42
Roxithromycin	1		14
Sulfamethoxazol	7	15	26
Iopamidol	8	80	280
Iopromid	8	40	76
Iomeprol	7	60	120
Amidotrizoesäure	8	43	110
β-Sitosterol	9	67	110
Bisphenol A	2		12
iso-Nonylphenol	1		43

Die Daten in Tabelle 7.1 zeigen, dass verschiedene Betablocker, das Antiepileptikum Carbamazepin, zwei Lipidsenker und zwei Analgetika, einige Antibiotika, alle vier Röntgenkontrastmittel sowie die hormonell wirksamen Verbindungen Bisphenol A, iso-Nonylphenol und β -Sitosterol in jeweils mindestens einer Probe aus der Donau nachgewiesen werden konnten. Nur Sotalol, Dehydrato-Erythromycin und β -Sitosterol traten in allen 9 untersuchten Proben auf. Die Konzentrationen der einzelnen Verbindungen lagen i.d.R. unter 100 ng/L

In den Bildern 7.2 und 7.3 sind exemplarisch die Konzentrationen für die Betablocker Metoprolol und Sotalol, das Antiepileptikum Carbamazepin und den Lipidsenker Bezafibrat sowie für die vier untersuchten Röntgenkontrastmittel in der Donau bei Wiblingen dargestellt. Man erkennt, dass die Konzentrationen aller Verbindungen zeitlich vergleichsweise stark variieren, ohne dass eine eindeutige Abhängigkeit der gefundenen Konzentrationen vom Zeitpunkt der Probenahme erkennbar wäre.

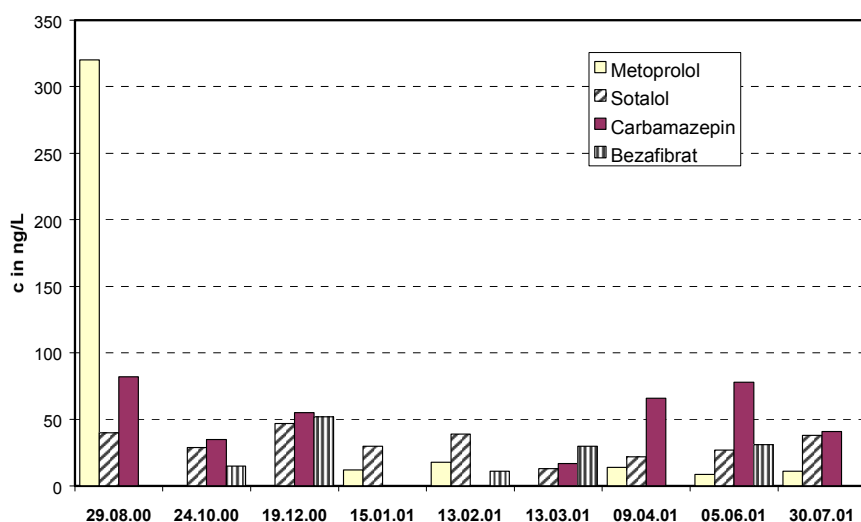


Bild 7.2: Arzneimittelwirkstoffe in der Donau bei Wiblingen

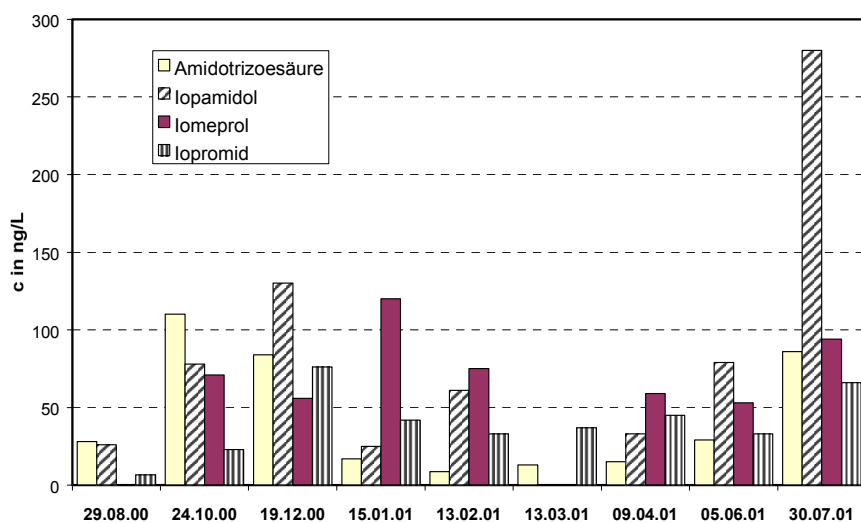


Bild 7.3: Iodierte Röntgenkontrastmittel in der Donau bei Wiblingen

Bei einer einmaligen Beprobung der Donau bei Ulm (Fluss-km 904) am 13.02.2001 wurden dieselben Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksamen Verbindungen wie bei der Probenahmestelle Wiblingen nachgewiesen und auch die gefundenen Konzentrationen lagen in demselben Bereich.

- **Rhein bei Iffezheim (LfU-Bezeichnung XX334)**

Aus dem Rhein bei Iffezheim (Fluss-km 334) wurden im Untersuchungszeitraum insgesamt 7 Proben entnommen und analysiert. Eine Zusammenstellung aller Analyseergebnisse zeigt Tabelle A.8 im Anhang. Die nachgewiesenen Verbindungen, die Anzahl positiver Befunde sowie die mittleren und maximalen Konzentrationen sind in Tabelle 7.2 wiedergegeben. Die mittlere Konzentration wurde nur für diejenigen Verbindungen berechnet, für die mindestens vier positive Befunde erhalten worden waren.

Tabelle 7.2: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen im Rhein bei Iffezheim (7 Proben)

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	mittlere Konzentration in ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Metoprolol	1		13
Atenolol	4	11	17
Sotalol	6	25	62
Carbamazepin	7	130	180
Clofibrinsäure	1		43
Bezafibrat	2		67
Gemfibrozil	2		45
Diclofenac	6	47	150
Ibuprofen	4	19	72
Naproxen	2		76
Dehydrato-Erythromycin	1		32
Clarithromycin	1		11
Sulfamethoxazol	6	14	20
Iopamidol	7	127	210
Iopromid	7	47	64
Iomeprol	5	26	68
Amidotrizoesäure	6	29	56
β-Sitosterol	6	39	93
Bisphenol A	5	34	150
iso-Nonylphenol	3		110

Wie Tabelle 7.2 zeigt, konnten auch im Rhein zahlreiche Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen nachgewiesen werden. In allen Proben wurden die Stoffe Carbamazepin, Iopamidol und Iopromid gefunden. Auffälligkeiten im Vergleich zu den Daten anderer Fließgewässer gibt es nicht. Die Konzentrationen lagen für die meisten Verbindungen etwas höher als in der Donau. Die Bilder 7.4 und 7.5 zeigen die zeitlichen Verläufe der Konzentrationen für verschiedene Arzneimittelwirkstoffe sowie für die iodierten Röntgenkontrastmittel. Die Ergebnisse einer Längsprofilbeprobung am Rhein werden in Kapitel 7.4 vorgestellt und diskutiert.

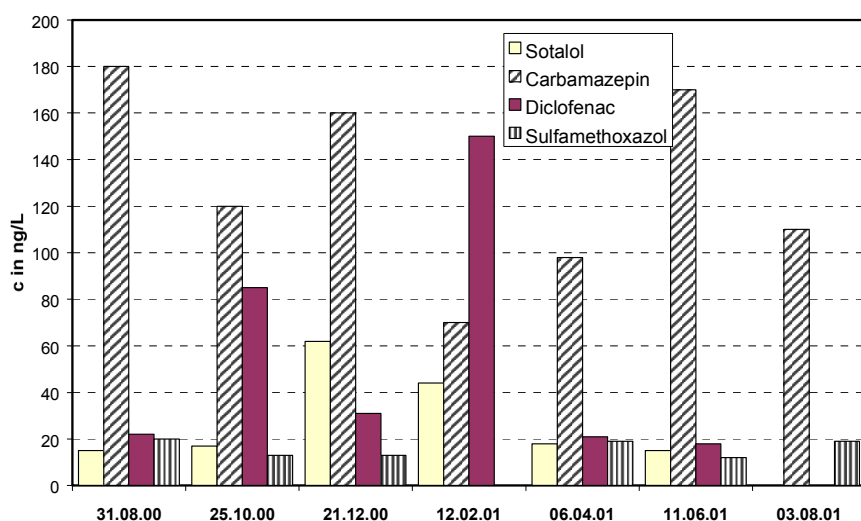


Bild 7.4: Verschiedene Arzneimittelwirkstoffe im Rhein bei Iffezheim

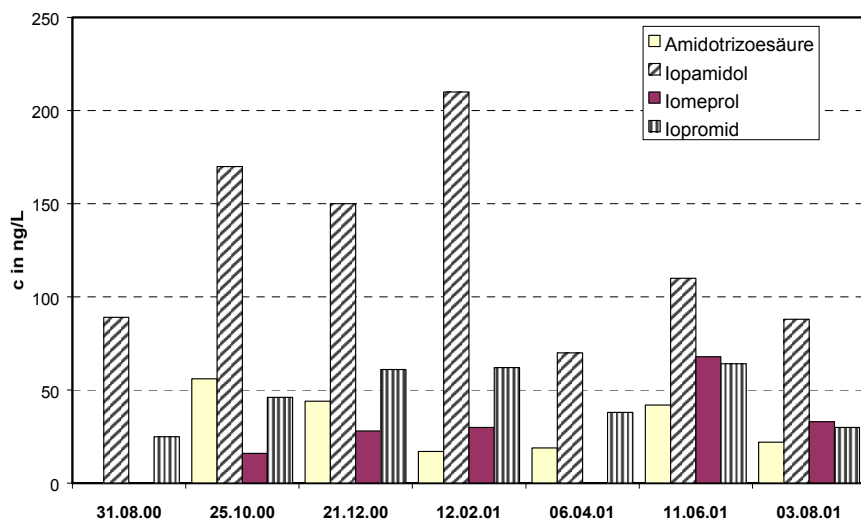


Bild 7.5: Iodierte Röntgenkontrastmittel im Rhein bei Iffezheim

- **Neckar bei Feudenheim (LfU-Bezeichnung YY008)**

Aus dem Neckar bei Feudenheim (Fluss-km 8, kurz vor der Einmündung in den Rhein) wurden im Untersuchungszeitraum insgesamt 7 Proben entnommen und analysiert. Alle Analy-

senergebnisse können Tabelle A.9 im Anhang entnommen werden. Eine Zusammenstellung der nachgewiesenen Verbindungen, der Anzahl positiver Befunde sowie der mittleren und maximalen Konzentrationen gibt Tabelle 7.3. Die mittlere Konzentration wurde hier wiederum nur für solche Verbindungen berechnet, für die mindestens vier positive Befunde erhalten worden waren.

Tabelle 7.3: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen im Neckar bei Feudenheim (7 Proben)

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	mittlere Konzentration in ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Metoprolol	7	39	47
Propranolol	1		11
Atenolol	5	11	16
Sotalol	7	96	130
Propyphenazon	1		11
Diazepam	2		33
Carbamazepin	7	160	290
Clofibrinsäure	7	25	45
Bezafibrat	6	103	190
Gemfibrozil	4	18	36
Diclofenac	7	106	200
Ibuprofen	5	31	92
Indometacin	1		11
Naproxen	2		27
Fenoprofen	2		14
Dehydrato-Erythromycin	7	66	100
Roxithromycin	7	19	32
Clarithromycin	7	18	32
Sulfamethoxazol	7	73	160
Trimethoprim	3		24
Iopamidol	7	324	710
Iopromid	7	127	160
Iomeprol	7	151	360
Amidotrizoesäure	7	461	740
Bisphenol A	7	22	28
iso-Nonylphenol	1		42

Wie Tabelle 7.3 zu entnehmen ist, konnten im Neckar im wesentlichen dieselben Verbindungen wie in der Donau und im Rhein nachgewiesen werden. Die Konzentrationen im Neckar lagen allerdings für die meisten Verbindungen deutlich höher und Gehalte von 100 ng/L wur-

den für viele Stoffe mehrfach übertroffen. Die höchsten Einzelstoffkonzentrationen wurden für die beiden iodierten Röntgenkontrastmittel Iopamidol und Amidotrizesäure mit Werten von über 700 ng/L gefunden. Viele Stoffe, wie die vier Röntgenkontrastmittel oder Metoprolol, Sotalol, Carbamazepin, Clofibrinsäure, Diclofenac, Dehydrato-Erythromycin, Roxithromycin, Clarithromycin, Sulfamethoxazol und Bisphenol A, traten in allen untersuchten Proben auf. Untersuchungen zum Vorkommen von Arzneimittelrückständen im Längsprofil des Neckars werden in Kapitel 7.2 vorgestellt.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Probenahme und den Konzentrationen der nachgewiesenen Verbindungen ist auch für den Neckar nicht erkennbar. In den Bildern 7.6 bis 7.9 ist dies exemplarisch für die Gehalte an Betablockern, Analgetika, Antibiotika sowie wiederum für die Konzentrationen der iodierten Röntgenkontrastmittel gezeigt.

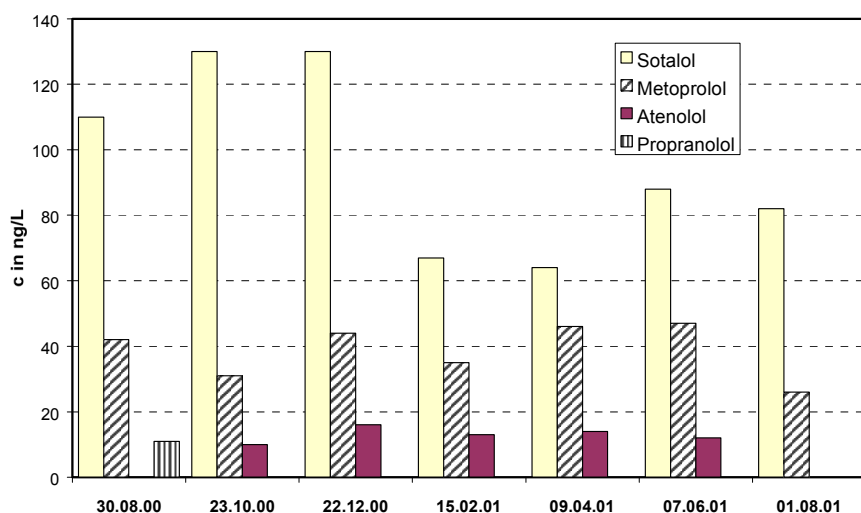


Bild 7.6: Betablocker im Neckar bei Feudenheim

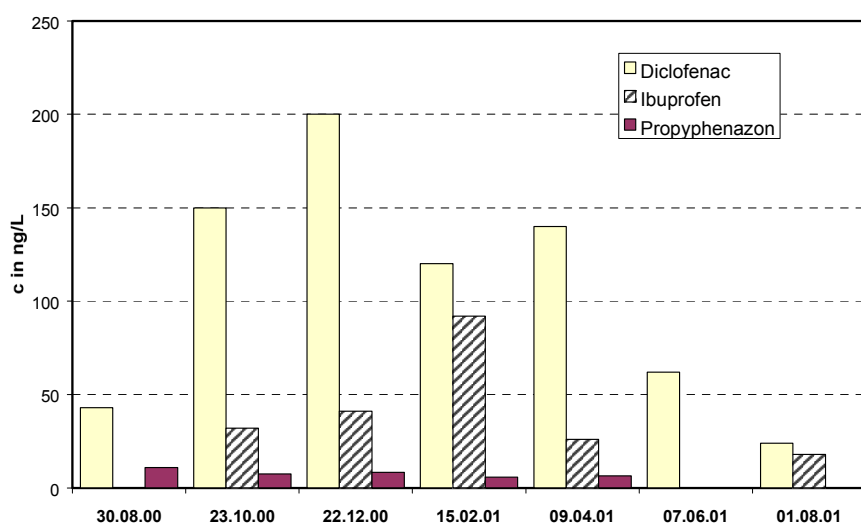


Bild 7.7: Analgetika und Antiphlogistika im Neckar bei Feudenheim

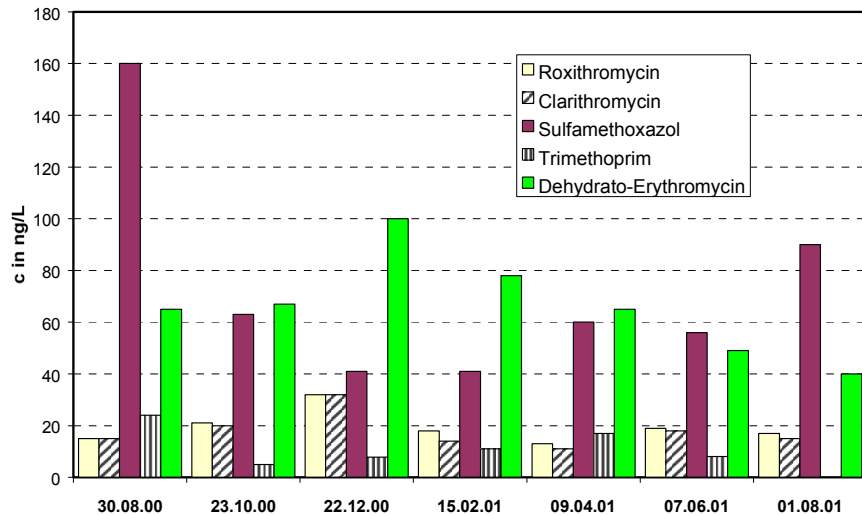


Bild 7.8: Antibiotika im Neckar bei Feudenheim

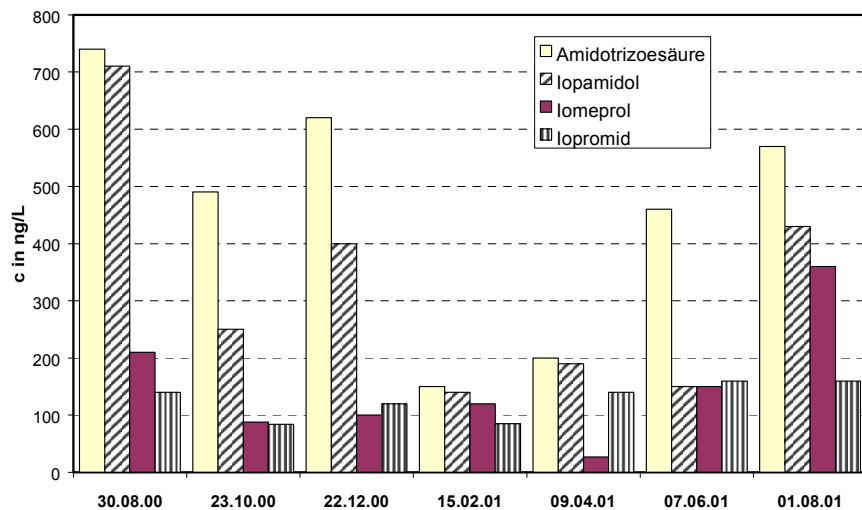


Bild 7.9: Iodierte Röntgenkontrastmittel im Neckar bei Feudenheim

- **Körsch bei Friedrichsmühle (LfU-Bezeichnung KS022)**

Die Körsch ist ein kleines Fließgewässer, das unterhalb von Deizisau in den Neckar mündet und das sich bekanntermaßen durch einen hohen Abwasseranteil auszeichnet. In Kapitel 6.8 wurde bereits die Auswirkung der Belastung der Körsch mit Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Substanzen auf das nahe Grundwasser untersucht und diskutiert. An der Probenahmestelle Friedrichsmühle wurden im Untersuchungszeitraum insgesamt 6 Proben entnommen und auf alle in Tabelle 2.1 aufgeführten Verbindungen analysiert. Alle Analyseergebnisse können Tabelle A.10 im Anhang entnommen werden. Eine Zusammenstellung der nachgewiesenen Verbindungen, der Anzahl positiver Befunde sowie der mittleren und maximalen Konzentrationen gibt Tabelle 7.4. Die mittleren Konzentrationen in Tabelle 7.4 wurden nur für diejenigen Verbindungen berechnet, für die mindestens drei positive Befunde erhalten worden waren.

Tabelle 7.4: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in der Körsch bei Friedrichsmühle (6 Proben)

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	mittlere Konzentration in ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Metoprolol	6	175	260
Propranolol	3	11	19
Atenolol	6	28	37
Bisoprolol	4	16	36
Sotalol	6	523	760
Terbutalin	1		25
Dimethylaminophenazon	1		120
Propyphenazon	6	20	27
Diazepam	1		100
Carbamazepin	6	460	1200
Clofibrinsäure	6	127	170
Bezafibrat	6	495	810
Gemfibrozil	6	80	150
Fenofibrinsäure	6	64	98
Diclofenac	6	678	900
Ibuprofen	6	71	140
Ketoprofen	1		11
Indometacin	6	58	97
Naproxen	6	48	61
Estron*	2		9,9
Dehydrato-Erythromycin	6	121	290
Roxithromycin	6	59	140
Clarithromycin	6	43	98
Sulfadiazin	1		17
Sulfamethoxazol	6	119	220
Dapson	1		10
Trimethoprim	5	25	44
Iopamidol	6	775	1500
Iopromid	5	16	390
Iomeprol	5	145	380
Amidotrizoesäure	6	340	660
β-Sitosterol	4	31	56
Bisphenol A	6	41	60

* Bestimmungsgrenze für Estron: 1 ng/L

Wie die Tabelle zeigt, sind die Konzentrationen vieler Arzneimittelwirkstoffe in der Körsch deutlich höher als in den bislang betrachteten Fließgewässern. Die mittleren Konzentrationen liegen für viele Wirkstoffe im Bereich von mehreren 100 ng/L und die Maximalwerte insbesondere für die iodierten Röntgenkontrastmittel in der Größenordnung von 1 µg/L. Zahlreiche Einzelstoffe wie Metoprolol, Atenolol, Sotalol, Propyphenazon, Carbamazepin, Clofibrinsäure, Bezafibrat, Gemfibrozil, Fenofibrinsäure, Diclofenac, Ibuprofen, Indometacin, Naproxen, Dehydrato-Erythromycin, Roxithromycin, Clarithromycin, Sulfamethoxazol, Iopamidol, Amidotrizesäure und Bisphenol A wurden in allen untersuchten Proben nachgewiesen.

Bemerkenswert an den Ergebnissen, die bei den Untersuchungen an der Körsch erhalten wurden, sind neben den hohen Konzentrationen an Arzneimittelwirkstoffen die Befunde für das Steroidhormon Estron. Estron, ein natürliches Östrogen, wurde in der Probe vom 04.09.2000 in einer Konzentration von 9,9 ng/L und in der Probe vom 12.04.2001 in einer Konzentration von 3,6 ng/L nachgewiesen. Diese beiden Ergebnisse stellen die einzigen Befunde an Steroidhormonen in Oberflächenwässern dar, die im Rahmen des Monitoring-Programms aufgetreten sind. Basierend auf Abschätzungen oder Messungen werden in der Literatur für die Steroidhormone maximale Konzentrationen in Fließgewässern von wenigen ng/L angegeben [24, 25], sodass die gefundenen Konzentrationen – insbesondere bei Berücksichtigung des hohen Abwasseranteil des Körsch – durchaus plausibel sind.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Probenahme und den gefundenen Konzentrationen an Arzneimittelwirkstoffen ist auch für die Körsch nicht erkennbar. In den Bildern 7.10 bis 7.13 ist dies exemplarisch für die Gehalte an Carbamazepin und den drei Lipidsenkern Bezafibrat, Clofibrinsäure und Gemfibrozil, für die Konzentrationen der Betablocker und verschiedener Antibiotika sowie für die Gehalte an iodierten Röntgenkontrastmitteln gezeigt.

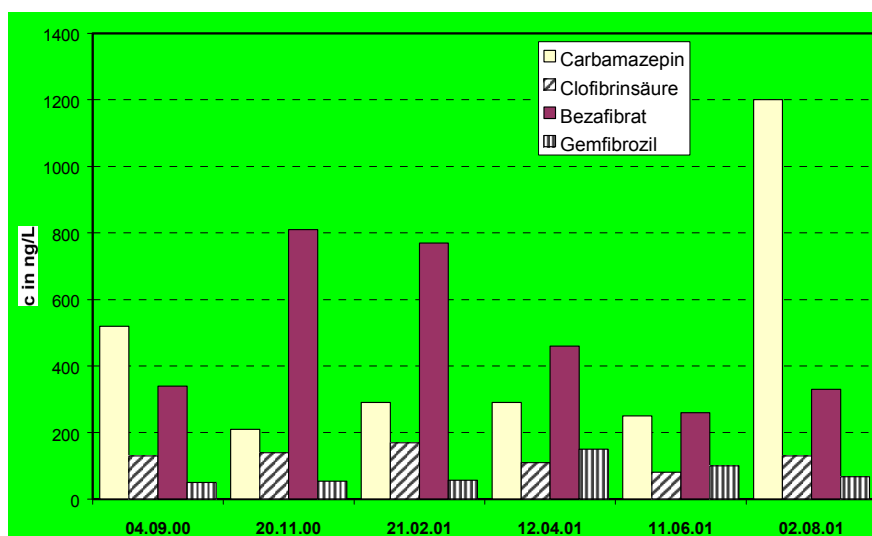


Bild 7.10: Antiepileptika und Lipidsenker in der Körsch bei Friedrichsmühle

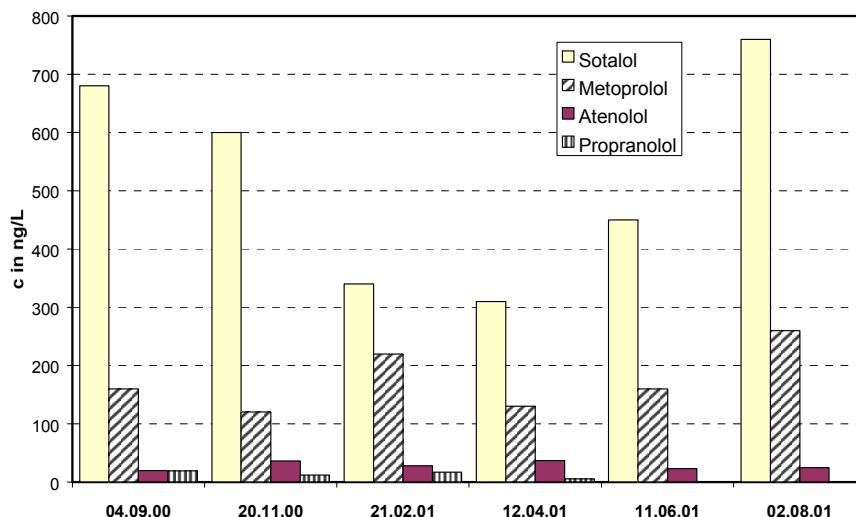


Bild 7.11: Betablocker in der Körtsch bei Friedrichsmühle

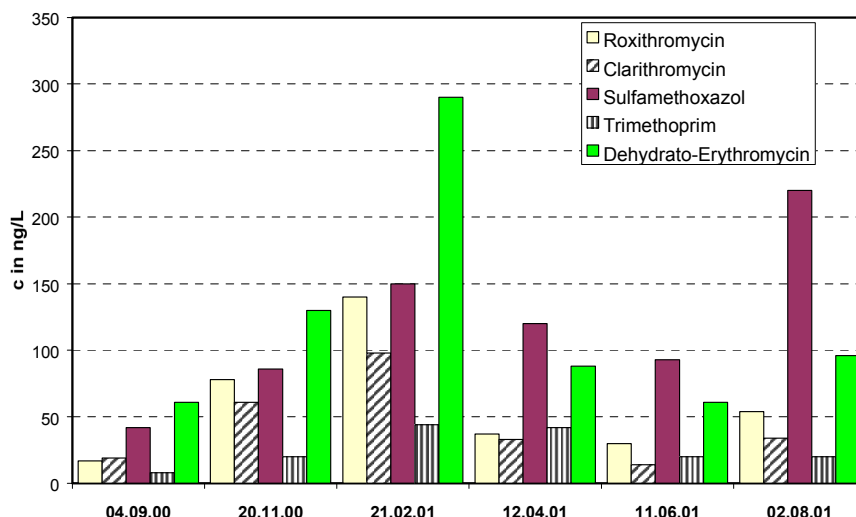


Bild 7.12: Antibiotika in der Körtsch bei Friedrichsmühle

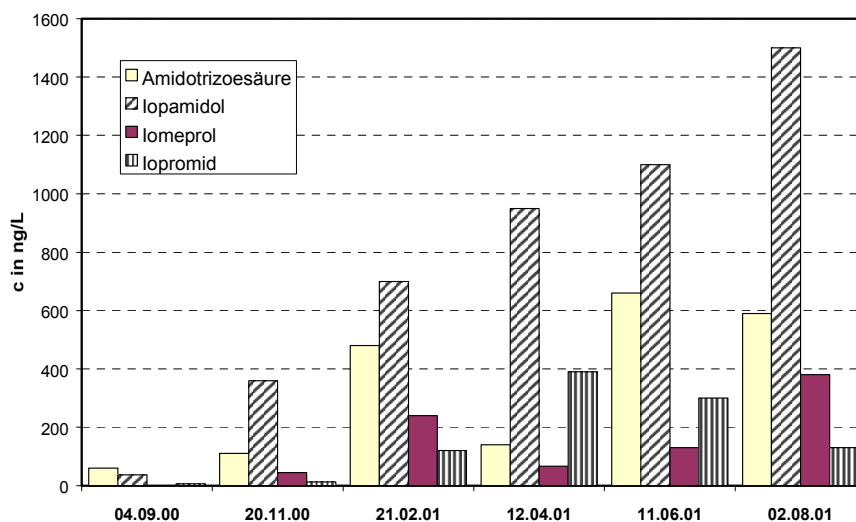


Bild 7.13: Iodierte Röntgenkontrastmittel in der Körtsch bei Friedrichsmühle

- **Blau bei Söflingen (LfU-Bezeichnung BL011)**

Die Blau ist ein kleines Fließgewässer, das zwischen Wiblingen und Ulm in die Donau mündet. An der Probenahmestelle Söflingen (Fluss-km 11) wurden im Untersuchungszeitraum 8 Proben entnommen und analysiert. Alle Analyseergebnisse sind in Tabelle A.11 im Anhang zusammengestellt. Tabelle 7.5 gibt eine Zusammenstellung der nachgewiesenen Verbindungen, der Anzahl positiver Befunde sowie der mittleren und maximalen Konzentrationen. Die mittlere Konzentration in der Blau wurde für diejenigen Verbindungen berechnet, für die mindestens vier positive Befunde erhalten worden waren.

Tabelle 7.5: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in der Blau bei Söflingen (8 Proben)

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	mittlere Konzentration in ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Metoprolol	8	197	540
Propranolol	2		81
Atenolol	2		220
Bisoprolol	1		21
Sotalol	7	43	100
Propyphenazon	1		10
Diazepam	1		140
Carbamazepin	5	51	110
Clofibrinsäure	4	145	1100
Gemfibrozil	1		13
Diclofenac	7	81	290
Ketoprofen	1		66
Ibuprofen	4	11	26
Indometacin	3		46
Naproxen	2		850
Fenoprofen	1		18
Dehydrato-Erythromycin	4	10	20
Sulfamethoxazol	7	138	760
Trimethoprim	1		140
Iopamidol	7	140	330
Iopromid	1		16
Iomeprol	1		14
Amidotrizoesäure	7	84	340
β-Sitosterol	8	109	320
Bisphenol A	4	22	61
iso-Nonylphenol	1		67

Wie die Daten in Tabelle 7.5 zeigen, wurden auch in der Blau zahlreiche Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen gefunden, wobei es sich bei den positiven Befunden im wesentlichen um dieselben Verbindungen handelt, die auch in den anderen untersuchten Fließgewässern in Baden-Württemberg nachgewiesen wurden. Die Konzentrationen in der Blau liegen zumeist vergleichsweise niedrig (im Mittel meist unter 100 ng/L) und nur zwei Stoffe, nämlich der Betablocker Metoprolol und das pflanzliche Hormon β -Sitosterol, traten in allen untersuchten Proben auf.

Bei Betrachtung aller Analyseergebnisse für die Blau fallen insbesondere die großen Konzentrationsschwankungen für einige Arzneimittelwirkstoffe auf, wie auch die nachfolgenden Bilder 7.14 bis 7.16 für die zeitlichen Konzentrationsverläufe der Betablocker, verschiedener weiterer Arzneimittelwirkstoffe sowie der iodierten Röntgenkontrastmittel zeigen. Immer wieder wurden einzelne Verbindungen zu einem Termin in einer relativ hohen Konzentration nachgewiesen, während dieselbe Verbindung zu anderen Zeitpunkten nicht oder nur in relativ geringen Konzentrationen auftrat. So wurde beispielsweise Naproxen nur zu zwei Probenahmeterminen in der Blau gefunden, allerdings in einer Probe in einer vergleichsweise hohen Konzentration von 850 ng/L (siehe Bild 7.15). Sulfamethoxazol wurde i.d.R. in Konzentrationen weit unterhalb von 100 ng/L nachgewiesen, in einer Probe jedoch in einer Konzentration von 760 ng/L. Dabei sind die Probenahmetermine, zu denen die auffällig hohen Befunde für Naproxen bzw. Sulfamethoxazol gefunden wurden, nicht identisch. Konzentrationsschwankungen wurden für die Arzneimittelwirkstoffe auch in anderen Fließgewässern beobachtet, allerdings nicht in gleichem Maße wie in der Blau. Eine befriedigende Erklärung für das Auftreten der vergleichsweise starken Konzentrationsschwankungen der Arzneimittelwirkstoffe in der Blau bei Söflingen kann derzeit nicht gegeben werden. Möglicherweise spielen aber produktionsbedingte Einleitungen eine Rolle.

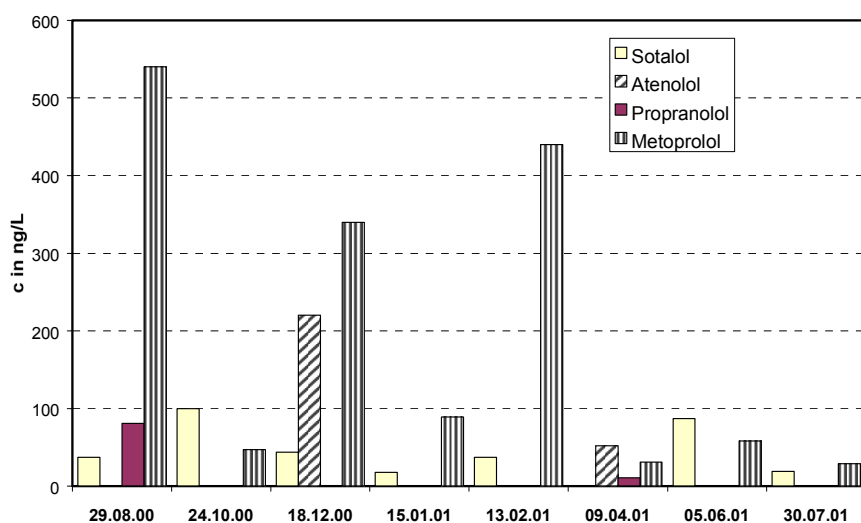


Bild 7.14: Betablocker in der Blau bei Söflingen

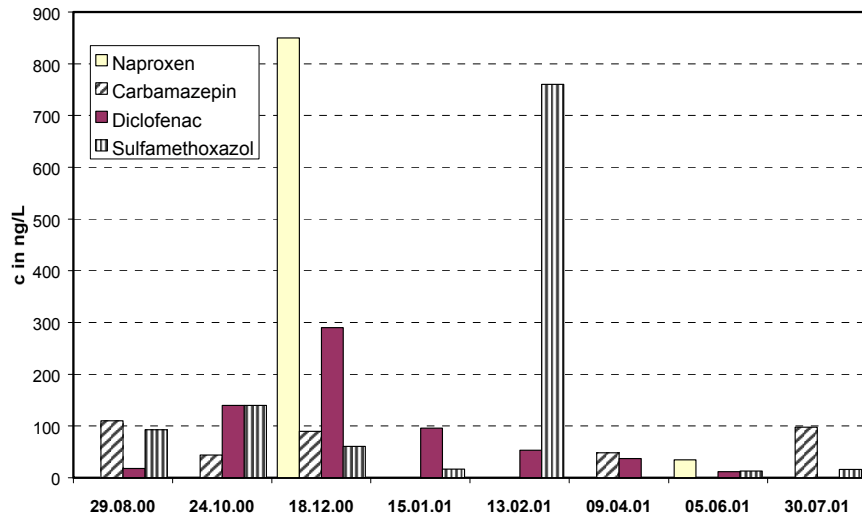


Bild 7.15: Arzneimittelwirkstoffe in der Blau bei Söflingen

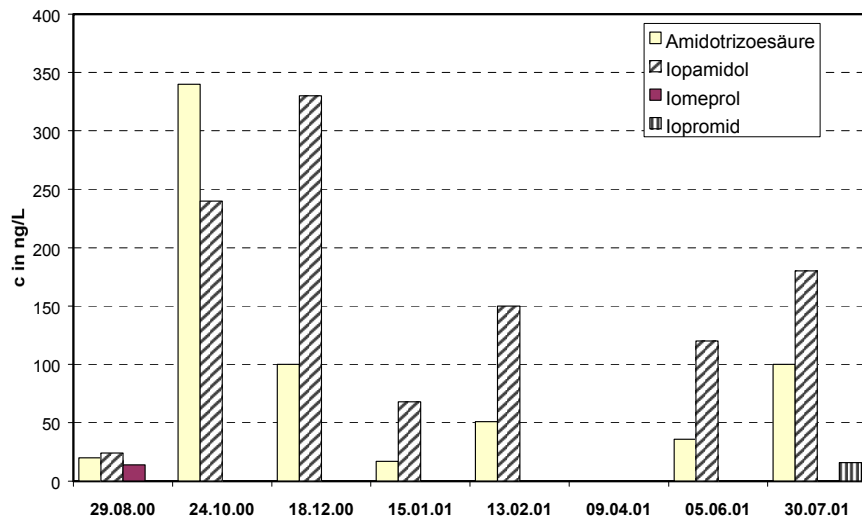


Bild 7.16: Iodierte Röntgenkontrastmittel in der Blau bei Söflingen

- **Elz vor und nach dem Zufluß der Dreisam (LfU-Bezeichnungen EL555 und EL999)**

Die Elz ist ein Fluß, der unterhalb von Weisweil in den Rhein mündet. Beprobte wurde hier zunächst oberhalb (Fluss-km 900, zwei Probenahmetermine), später unterhalb (Fluss-km 555, fünf Probenahmetermine) des Zuflusses der Dreisam. Die Analyseergebnisse für alle sieben Beprobungen können Tabelle A.12 im Anhang entnommen werden. Da anhand der untersuchten Parameter keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Messstellen festzustellen waren, wurde in Tabelle 7.6 eine gemeinsame statistische Auswertung aller Ergebnisse für die Elz vorgenommen. Die mittlere Konzentration wurde hier für diejenigen Verbindungen berechnet, für die mindestens vier positive Befunde erhalten worden waren.

Tabelle 7.6: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in der Elz (7 Proben)

	Anzahl positiver Befunde bei BG = 10 ng/L	mittlere Konzentration in ng/L	maximale Konzentration in ng/L
Metoprolol	1		25
Atenolol	2		23
Sotalol	7	41	93
Carbamazepin	4	33	100
Clofibrinsäure	2		14
Bezafibrat	1		67
Gemfibrozil	2		29
Diclofenac	4	26	72
Ibuprofen	2		40
Dehydrato-Erythromycin	2		49
Roxithromycin	1		16
Sulfamethoxazol	2		28
Penicillin G	1		20
Iopamidol	1		30
Iomeprol	1		10
Amidotrizoesäure	3		76
β -Sitosterol	7	79	230
Bisphenol A	2		22
iso-Nonylphenol	1		100

Wie Tabelle 7.6 zu entnehmen ist, wurden auch in der Elz Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen gefunden. Die Konzentrationen der nachgewiesenen Stoffe waren jedoch gering und selbst die maximalen Gehalte lagen – mit Ausnahme des pflanzlichen Östrogens β -Sitosterol – unter 100 ng/L. Nur Sotalol und β -Sitosterol traten in allen Proben auf. Auffällig an den Daten für die Elz ist der einmalige Befund von 20 ng/L an Penicillin G in der Probe vom 08.08.2001. Dies ist der einzige Nachweis eines Penicillin-Antibiotikums in allen untersuchten Proben. In den Bildern 7.16 und 7.17 sind die zeitlichen Konzentrationsverläufe für verschiedene Arzneimittelwirkstoffe sowie für die vier untersuchten iodierten Röntgenkontrastmittel dargestellt.

Insbesondere an den Daten für die iodierten Röntgenkontrastmittel fällt im Vergleich zu den entsprechenden Darstellungen für die anderen untersuchten Fließgewässer auf, dass die Arzneimittelwirkstoffe in der Elz nicht sehr häufig und vor allem nicht in hohen Konzentrationen auftreten.

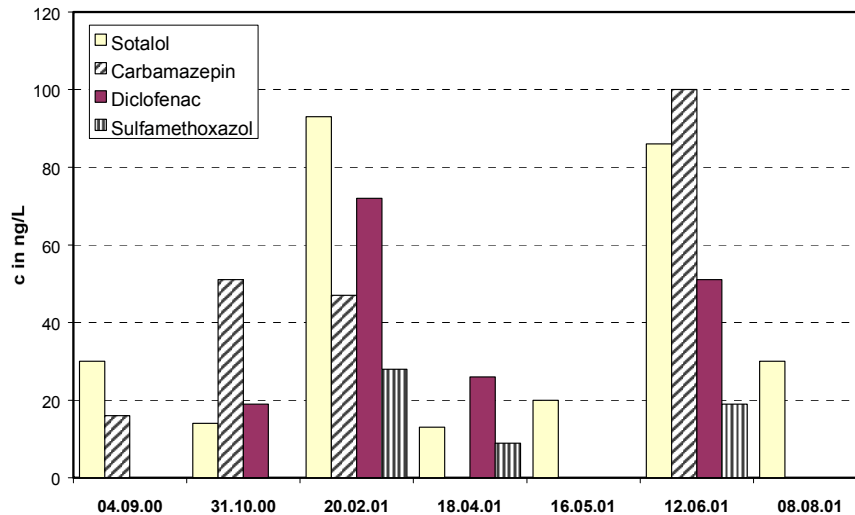


Bild 7.16: Arzneimittelwirkstoffe in der Elz

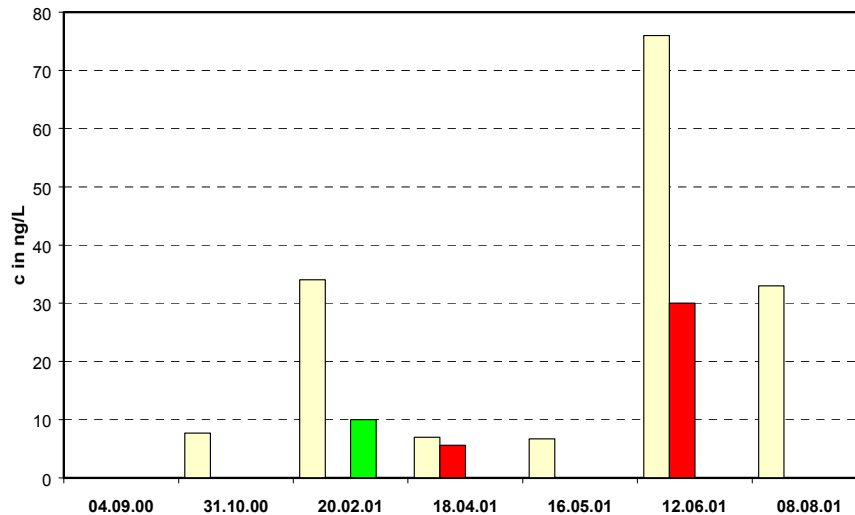


Bild 7.17: Iodierte Röntgenkontrastmittel in der Elz

• Zusammenfassung

In Tabelle 7.7 sind die wesentlichen Ergebnisse zur Belastung der untersuchten Fließgewässer in Baden-Württemberg mit Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen zusammengefasst. Die prozentuale Anzahl der Befunde gibt an, wieviele positive Befunde an Arzneimittelwirkstoffen oder hormonell wirksamen Verbindungen in allen Proben aus einer Messstelle bezogen auf die Anzahl der insgesamt untersuchten Parameter auftraten. Die Anzahl der nachgewiesenen Verbindungen gibt dagegen an, wieviele verschiedene Arzneimittelwirkstoffe in mindestens einer Probe aus der jeweiligen Messstelle gefunden wurden. Als wichtigste Verbindungen wurden in dieser Tabelle diejenigen Arzneimittelwirkstoffe oder hormonell wirksamen Verbindungen bezeichnet, die in den höchsten Konzentrationen auftraten. Die Häufigkeit des Auftretens wurde bei der Auswahl nicht berücksichtigt.

Tabelle 7.7: Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in Fließgewässern in Baden-Württemberg

prozentuale Anzahl der Befunde bei BG = 10 ng/L	Anzahl der nachgewiesenen Verbindungen	Verbindungen, die in den höchsten Konzentrationen nachgewiesen wurden (maximale Konzentration)
<i>Donau bei Wiblingen (9 Proben)</i>		Metoprolol (320 ng/L) Iopamidol (280 ng/L) Iomeprol (120 ng/L) Amidotrizoesäure (110 ng/L) β-Sitosterol (110 ng/L)
15%	19	
<i>Neckar bei Feudenheim (7 Proben)</i>		Amidotrizoesäure (740 ng/L) Iopamidol (710 ng/L) Iomeprol (360 ng/L) Carbamazepin (290 ng/L) Diclofenac (200 ng/L)
25%	26	
<i>Rhein bei Iffezheim (7 Proben)</i>		Iopamidol (210 ng/L) Carbamazepin (180 ng/L) Diclofenac (150 ng/L) Bisphenol A (150 ng/L) iso-Nonylphenol (110 ng/L)
16%	20	
<i>Körsch bei Friedrichsmühle (6 Proben)</i>		Iopamidol (1500 ng/L) Carbamazepin (1200 ng/L) Diclofenac (900 ng/L) Bezafibrat (810 ng/L) Sotalol (760 ng/L) Amidotrizoesäure (660 ng/L)
34%	32	
<i>Blau bei Söflingen (8 Proben)</i>		Clofibrinsäure (1100 ng/L) Naproxen (850 ng/L) Sulfamethoxazol (760 ng/L) Metoprolol (540 ng/L) Amidotrizoesäure (340 ng/L) Iopamidol (330 ng/L)
15%	26	
<i>Elz (7 Proben)</i>		β-Sitosterol (230 ng/L) Carbamazepin (100 ng/L) iso-Nonylphenol (100 ng/L)
8,9%	19	

Der Vergleich der Daten in Tabelle 7.7 zeigt, dass die meisten Befunde in der Körsch bei Friedrichsmühle festzustellen waren. Hier wurden auch die meisten (verschiedenen) Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen. Es folgt der Neckar bei Feudenheim und der Rhein bei Iffezheim. Die geringste Belastung mit Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen war in der Elz festzustellen.

Ein Vergleich der in den verschiedenen Fließgewässern in den höchsten Konzentrationen nachgewiesenen Verbindungen zeigt ein relativ einheitliches Bild. I.d.R. sind es die Beta-blocker Sotalol und Metoprolol, die iodierten Röntgenkontrastmittel Iopamidol, Iomeprol und Amidotrizoesäure, das Antiepileptikum Carbamazepin und das Analgetikum Diclofenac, wel-

che in den Fließgewässern am häufigsten auftreten. Vergleicht man diese Stoffpalette mit der von der BLAC-Arbeitsgruppe erarbeiteten Stoffliste (siehe Kapitel 2), so ist nur eine geringe Übereinstimmung festzustellen. Daher kann der im Rahmen des Forschungsprojekts gewählte Ansatz, eine möglichst große Palette an Verbindungen, die weit über das von der BLAC-Arbeitsgruppe geforderte Maß hinaus geht, als gerechtfertigt angesehen werden.

Eine weitere Möglichkeit, die unterschiedliche Belastung der Fließgewässer mit Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen zu veranschaulichen, ist die sog. Box-Whisker-Darstellung. Bei dieser Darstellungsweise werden die statistischen Parameter 90-, 75-, 50-, 25- und 10-Perzentil einer Messreihe berechnet und mit Hilfe festgelegter Symbole veranschaulicht. Eine Erläuterung dieser Symbole zeigt Bild 7.18.

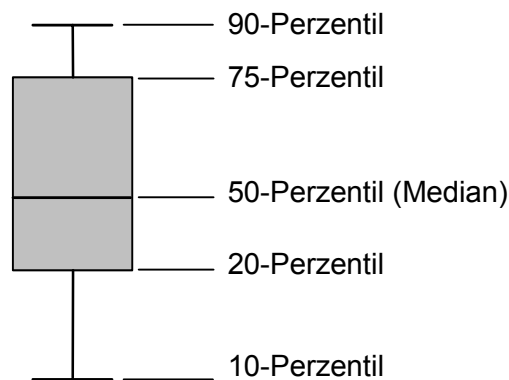


Bild 7.18: Bedeutung der Symbole bei der Box-Whisker-Darstellung

Die folgenden Bilder zeigen für die am häufigsten nachgewiesenen Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksamen Verbindungen die Konzentrationen in den verschiedenen Fließgewässern in Form der Box-Whisker-Darstellung.

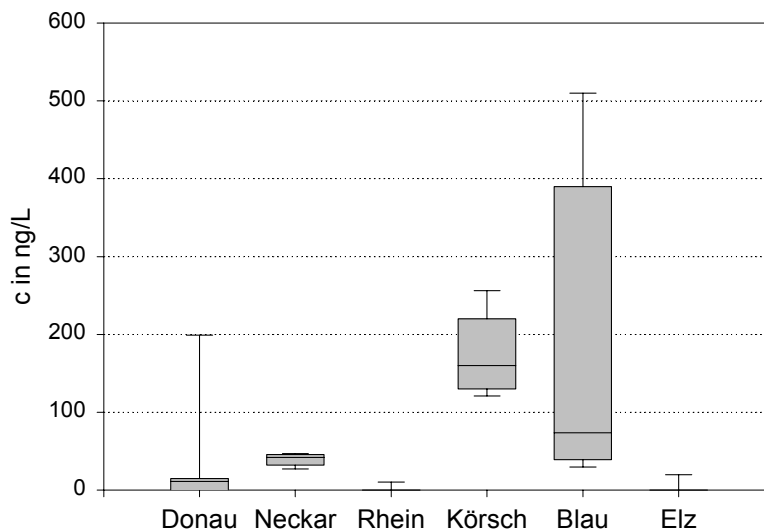


Bild 7.19: Metoprolol in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

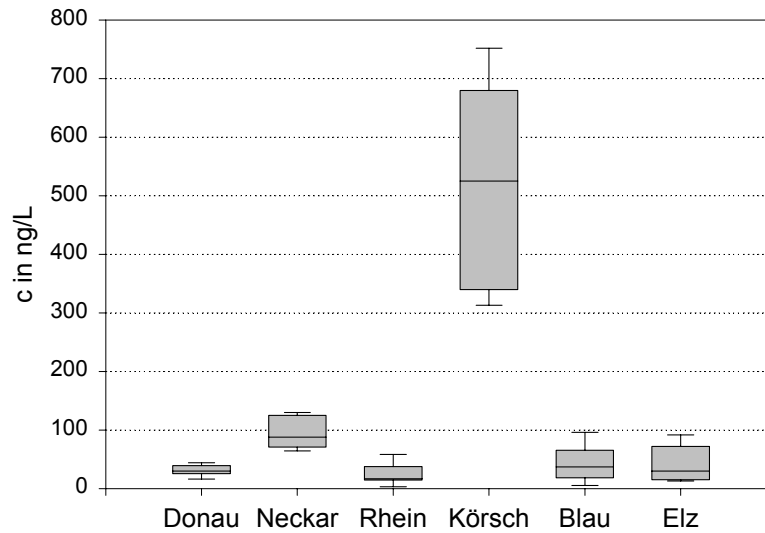


Bild 7.20: Sotalol in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

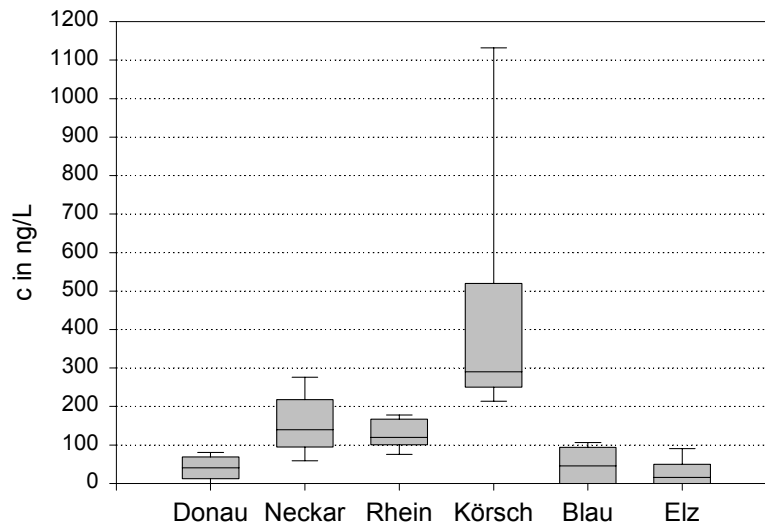


Bild 7.21: Carbamazepin in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

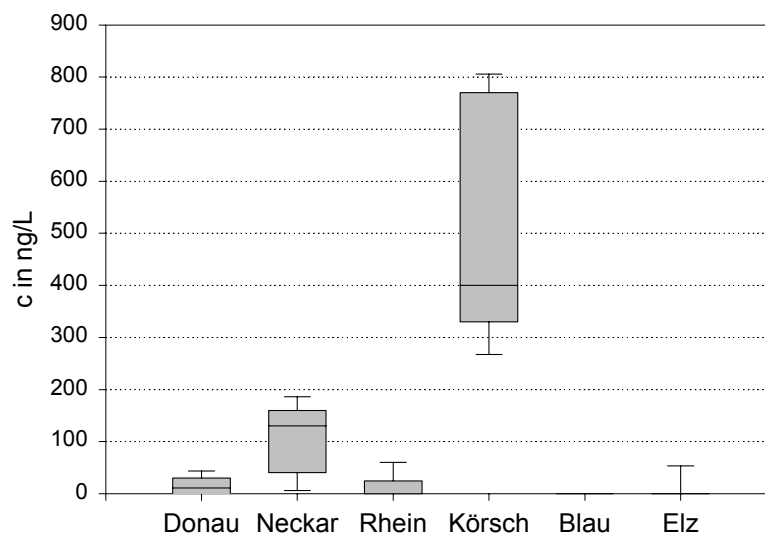


Bild 7.22: Bezafibrat in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

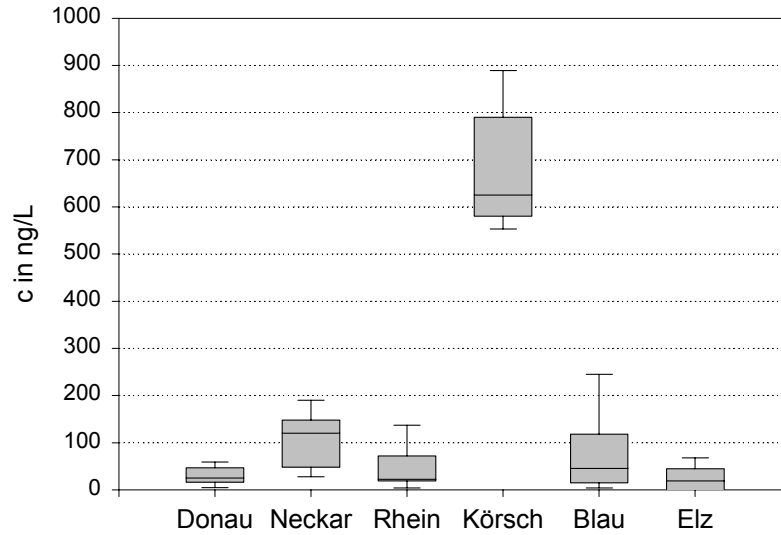


Bild 7.23: Diclofenac in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

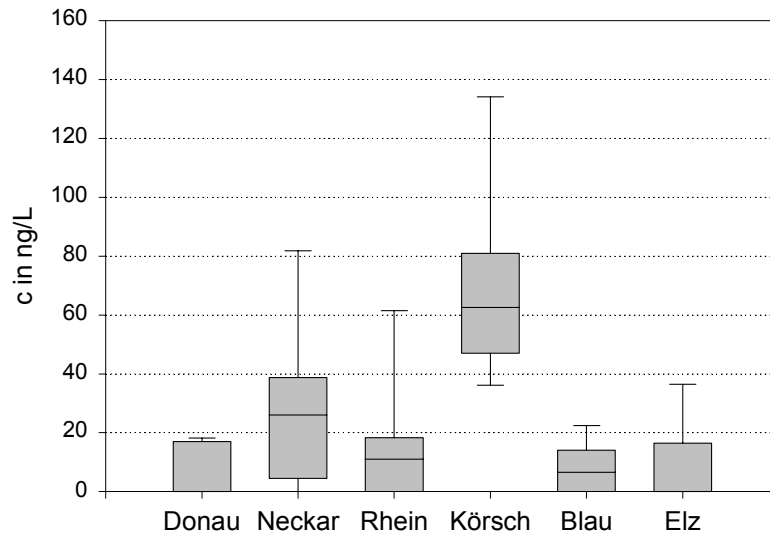


Bild 7.24: Ibuprofen in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

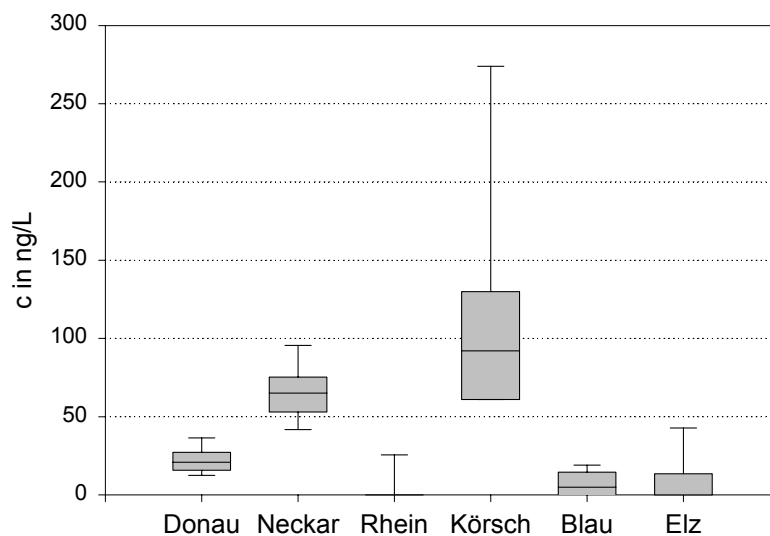


Bild 7.25: Dehydrato-Erythromycin in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

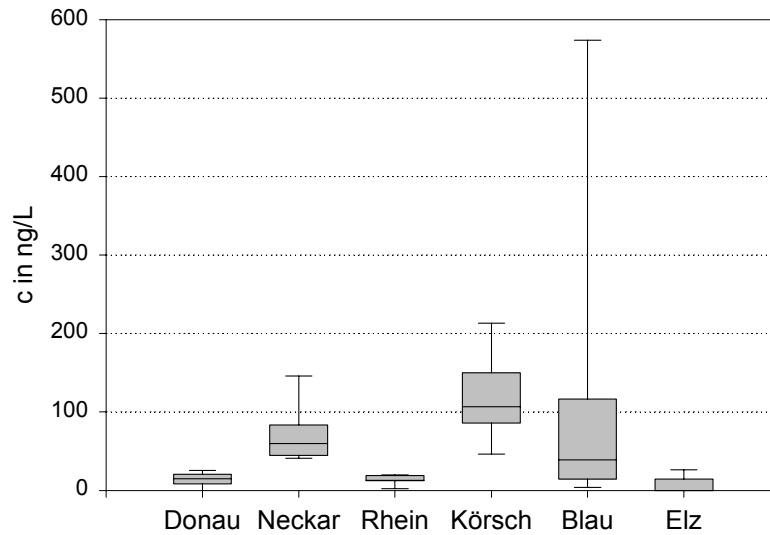


Bild 7.26: Sulfamethoxazol in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

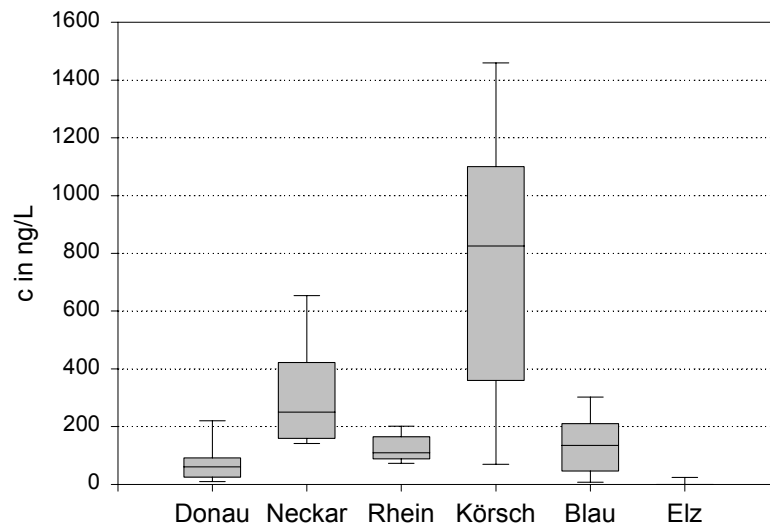


Bild 7.27: Iopamidol in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

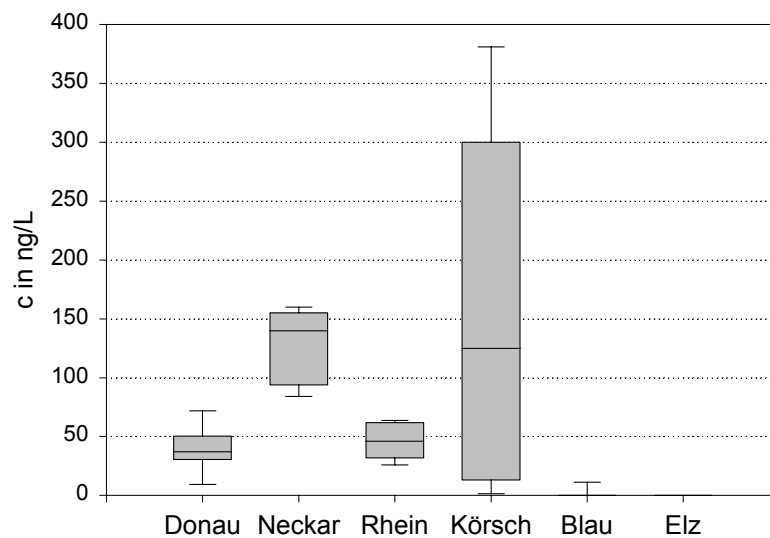


Bild 7.28: Iopromid in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

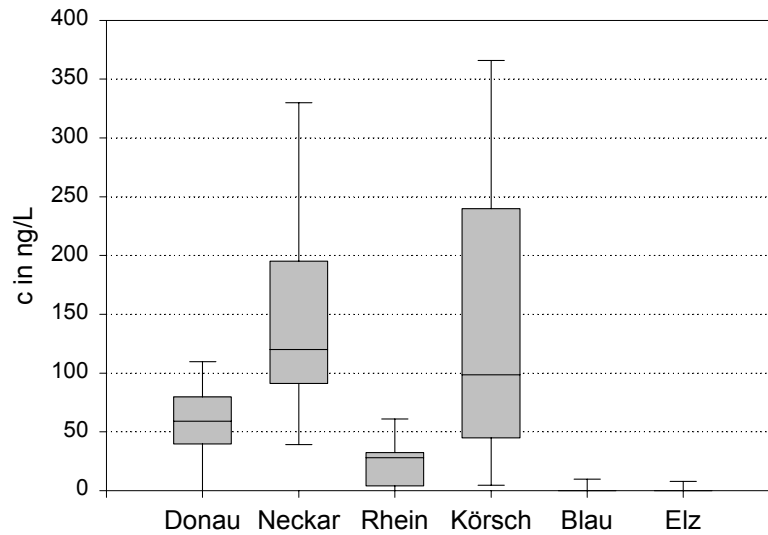


Bild 7.29: lomeprol in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

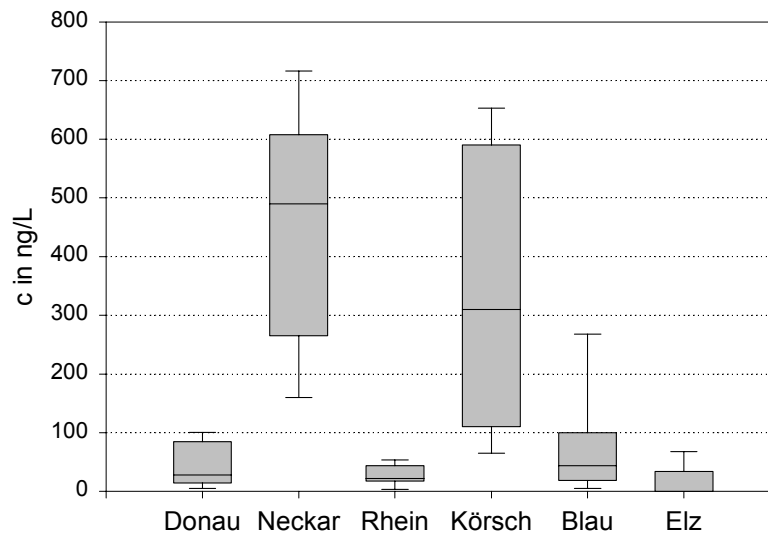


Bild 7.30: Amidotrizoesäure in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

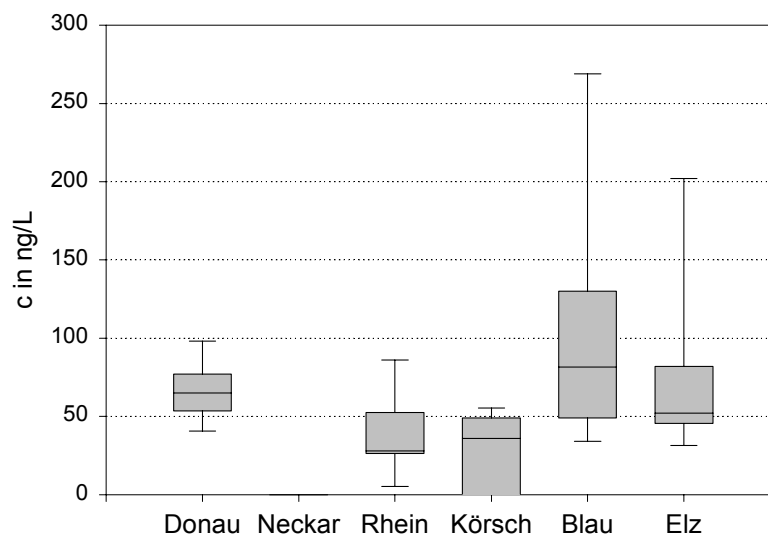


Bild 7.31: β -Sitosterol in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

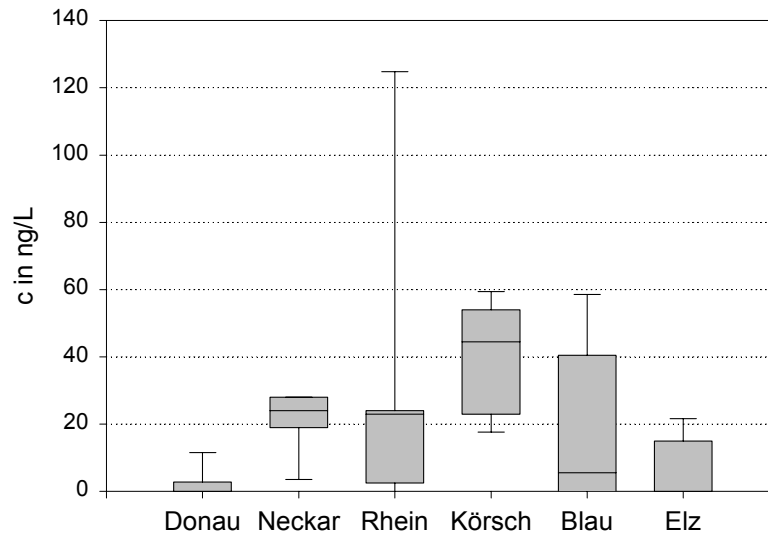


Bild 7.32: Bisphenol A in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

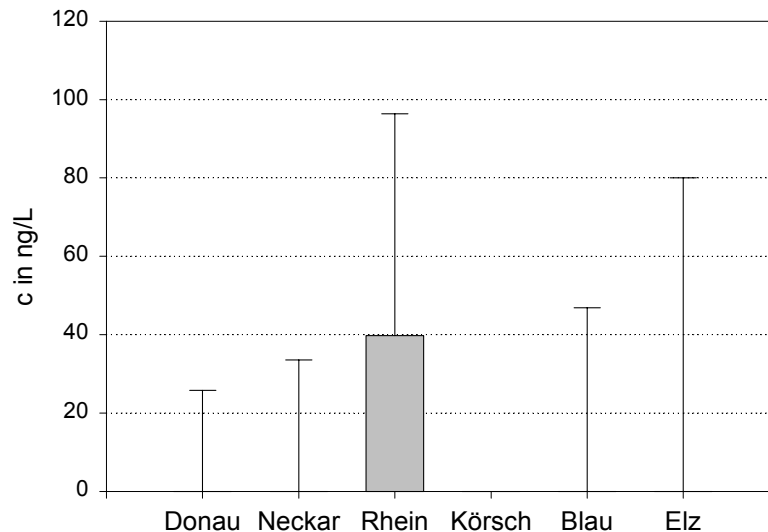


Bild 7.33: iso-Nonylphenol in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg

Die Box-Whisker-Darstellungen in den Tabellen 7.19 bis 7.32 verdeutlichen noch einmal die bereits zuvor diskutierten Erkenntnisse:

- Die Belastung der verschiedenen, in dem Monitoring-Programm untersuchten Fließgewässer in Baden-Württemberg mit Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen ist unterschiedlich. Zumeist werden in der Körsch und im Neckar die höchsten Konzentrationen an Arzneimittelwirkstoffen gemessen, während in der Blau, der Elz und in der Donau vergleichsweise geringe Konzentrationen zu finden sind.
- Für einige wenige Verbindungen (z.B. Metoprolol und Sulfamethoxazol in der Blau, Bilder 7.19 und 7.26) findet man in anderen Fließgewässern höhere Konzentrationen als in Rhein und Neckar, was möglicherweise auf produktionsbedingte Einleitungen hinweist.

- Die Konzentrationen der einzelnen Arzneimittelwirkstoffe erstrecken sich – vor allem für diejenigen Verbindungen, die in höheren Konzentrationen gefunden wurden – über einen verhältnismäßig großen Bereich. Dies zeigt sich in der Box-Whisker-Darstellung dadurch, dass die Differenzen zwischen den verschiedenen Perzentilen relativ groß sind und damit eine langgestreckte Box entsteht.
- Für die hormonell wirksamen Verbindungen β -Sitosterol, Bisphenol A und iso-Nonylphenol findet man ein anderes Verhalten als für die Arzneimittelwirkstoffe. Insbesondere die auffällig hohen Befunde in der Körsch und im Neckar werden für diese Verbindungen nicht bestätigt. β -Sitosterol wurde in allen Flüssen außer im Neckar nachgewiesen. Die höchsten Konzentrationen findet man in der Donau, der Elz und der Blau, d.h. den Flüssen mit den geringsten Gehalten an Arzneimittelwirkstoffen. Bisphenol A wurde in allen Fließgewässern nachgewiesen, allerdings nicht zu allen Probenahmeterminen und nur in vergleichsweise geringen Konzentrationen von i.d.R. weniger als 100 ng/L. iso-Nonylphenol wurde mehrfach im Rhein nachgewiesen und in allen anderen Fließgewässern nur jeweils zu einem Probenahmetermin. Die Konzentrationen lagen stets unter 100 ng/L.

Um abschließend die untersuchten Verbindungen bezüglich ihrer Relevanz für die Fließgewässer in Baden-Württemberg beurteilen zu können, sind in Tabelle 7.8 diejenigen Verbindungen zusammengefaßt, die in mindestens drei Wasserproben nachgewiesen werden konnten. Angegeben ist der prozentuale Anteil der Proben aus einer Messstelle, in der die jeweilige Verbindung gefunden wurde, sowie ihre maximale Konzentration.

Tabelle 7.8: Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksamen Verbindungen in Fließgewässern (prozentualer Anteil der Proben aus einer Messstelle, in der die jeweilige Verbindung gefunden wurde, sowie maximale Konzentration)

	Donau	Neckar	Rhein	Körsch	Blau	Elz
Metoprolol	56% 320 ng/L	100% 47 ng/L	14% 13 ng/L	100% 260 ng/L	100% 540 ng/L	14% 25 ng/L
Propranolol	11% 52 ng/L	14% 11 ng/L	-	50% 19 ng/L	25% 81 ng/L	-
Atenolol	-	71% 16 ng/L	57% 17 ng/L	100% 37 ng/L	25% 220 ng/L	29% 23 ng/L
Bisoprolol	11% 21 ng/L	-	-	67% 36 ng/L	13% 21 ng/L	-
Sotalol	100% 47 ng/L	100% 130 ng/L	86% 62 ng/L	100% 760 ng/L	88% 86 ng/L	100% 93 ng/L
Propyphenazon	-	14% 11 ng/L	-	100% 27 ng/L	13% 10 ng/L	-
Diazepam	-	29% 33 ng/L	-	17% 100 ng/L	13% 140 ng/L	-
						...

Tabelle 7.8f: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in Fließgewässern

	Donau	Neckar	Rhein	Körsch	Blau	Elz
Carbamazepin	78% 82 ng/L	100% 290 ng/L	100% 180 ng/L	100% 1200 ng/L	63% 110 ng/L	57% 100 ng/L
Clofibrinsäure	11% 15 ng/L	100% 45 ng/L	14% 43 ng/L	100% 170 ng/L	50% 1100 ng/L	29% 29 ng/L
Bezafibrat	63% 52 ng/L	83% 190 ng/L	33% 67 ng/L	100% 810 ng/L	-	17% 67 ng/L
Gemfibrozil	-	50% 36 ng/L	17% 45 ng/L	100% 150 ng/L	14% 13 ng/L	33% 29 ng/L
Fenofibrinsäure	-	-	-	100% 98 ng/L	-	-
Diclofenac	89% 65 ng/L	100% 200 ng/L	86% 150 ng/L	100% 900 ng/L	88% 290 ng/L	57% 72 ng/L
Ibuprofen	44% 19 ng/L	71% 92 ng/L	57% 72 ng/L	100% 140 ng/L	50% 26 ng/L	29% 40 ng/L
Indometacin	-	14% 11 ng/L	-	100% 97 ng/L	38% 46 ng/L	-
Naproxen	-	29% 27 ng/L	29% 76 ng/L	100% 61 ng/L	25% 850 ng/L	-
Dehydrato-Erythromycin	100% 42 ng/L	100% 100 ng/L	14% 32 ng/L	100% 290 ng/L	50% 20 ng/L	29% 49 ng/L
Roxithromycin	11% 14 ng/L	100% 32 ng/L	-	100% 140 ng/L	-	14% 16 ng/L
Clarithromycin	-	100% 32 ng/L	14% 11 ng/L	100% 98 ng/L	-	-
Sulfamethoxazol	78% 26 ng/L	100% 160 ng/L	86% 20 ng/L	100% 220 ng/L	88% 760 ng/L	14% 28 ng/L
Trimethoprim	-	43% 24 ng/L	-	83% 44 ng/L	13% 140 ng/L	-
Iopamidol	89% 280 ng/L	100% 710 ng/L	100% 210 ng/L	100% 1500 ng/L	88% 330 ng/L	14% 30 ng/L
Iopromid	89% 76 ng/L	100% 160 ng/L	100% 64 ng/L	83% 390 ng/L	13% 16 ng/L	-
Iomeprol	78% 120 ng/L	100% 360 ng/L	71% 68 ng/L	83% 380 ng/L	13% 14 ng/L	14% 10 ng/L
Amidotrizoesäure	89% 110 ng/L	100% 740 ng/L	86% 56 ng/L	100% 660 ng/L	88% 340 ng/L	43% 76 ng/L
β-Sitosterol	100% 110 ng/L	-	86% 93 ng/L	67% 56 ng/L	100% 320 ng/L	100% 230 ng/L
Bisphenol A	22% 12 ng/L	100% 28 ng/L	71% 150 ng/L	100% 60 ng/L	50% 61 ng/L	29% 22 ng/L
iso-Nonylphenol	11% 43 ng/L	14% 42 ng/L	43% 110 ng/L	-	13% 67 ng/L	14% 100 ng/L

Tabelle 7.8 zeigt, dass insgesamt 28 Arzneimittelwirkstoffe oder hormonell wirksame Verbindungen in den untersuchten Fließgewässern nachgewiesen werden konnten. Die meisten Verbindungen traten in allen sechs untersuchten Messstellen auf. Nur Fenofibrinsäure, der Metabolit des Lipidsenkers Fenofibrat (der selbst in keiner Probe nachgewiesen wurde), wurde nur in einem Fluss, der Körsch, gefunden, dort allerdings zu allen Probenahmeterminen.

7.2 Korrelation der Arzneimittel-Befunde mit der Wasserführung – Berechnung von Transporten

Geht man von einem zeitlich konstanten Eintrag der Arzneimittelrückstände über die kommunalen Kläranlagen in die Oberflächengewässer aus, so sollte sich ein Zusammenhang zwischen der Wasserführung des Gewässers und den gefundenen Konzentrationen herstellen lassen. In den Bildern 7.34 bis 7.38 sind daher für Donau, Neckar, Rhein, Körsch und Blau die Abflüsse an den untersuchten Probenahmestellen und zu den jeweiligen Probenahmeterminen dargestellt [26]. Für die Elz liegen entsprechend vollständige Angaben nicht vor, sodass hier auf eine Darstellung und Auswertung verzichtet wurde.

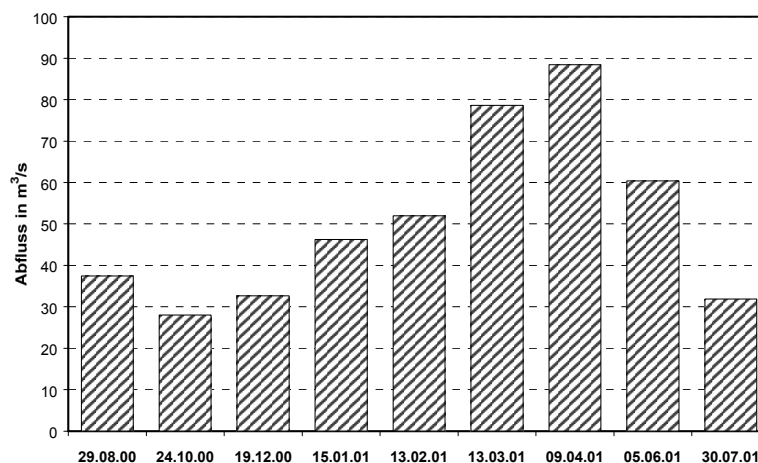


Bild 7.34: Wasserführung der Donau bei Wiblingen

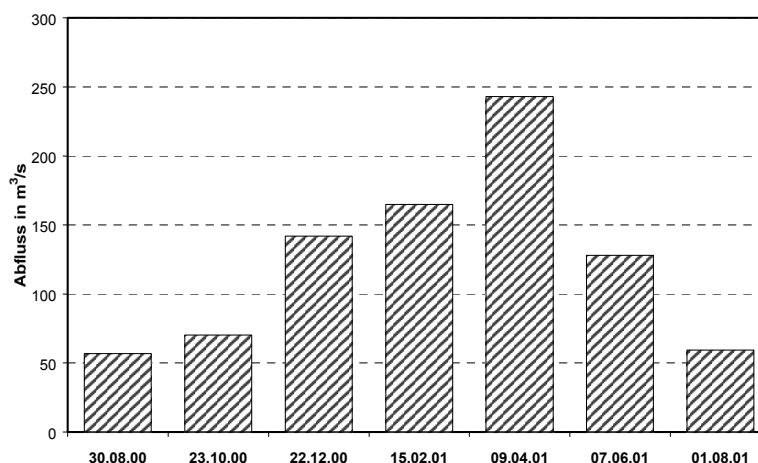
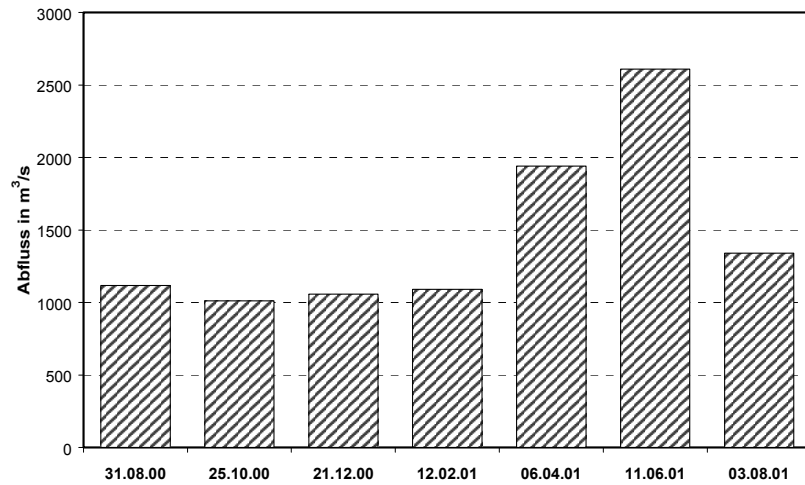
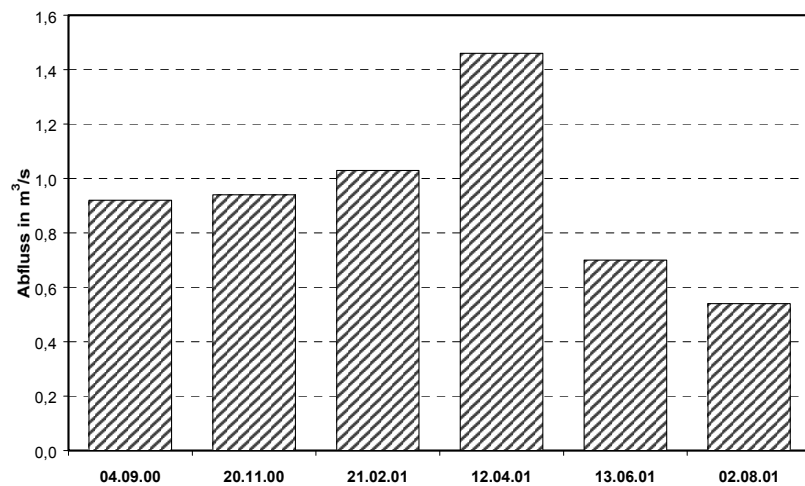
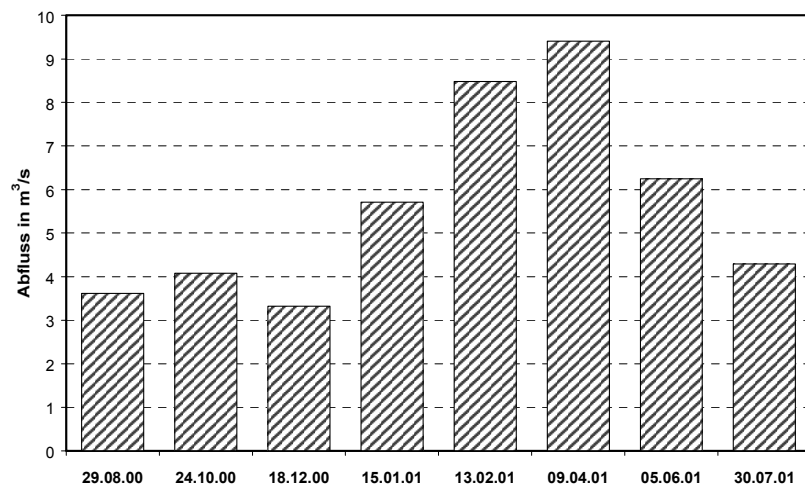


Bild 7.35: Wasserführung des Neckars bei Feudenheim**Bild 7.36:** Wasserführung des Rheins bei Iffezheim**Bild 7.37:** Wasserführung der Körsch bei Friedrichsmühle**Bild 7.38:** Wasserführung der Blau bei Söflingen

Die Abflussdaten in den Bildern 7.34 bis 7.38 zeigen für alle fünf Fließgewässermessstellen in Baden-Württemberg den gleichen zeitlichen Verlauf. Im Frühjahr (Probenahmetermin im April) wurden stets die höchsten Abflusswerte gemessen, während im Hochsommer (Probenahmetermin Juli oder August) die geringsten Wasserführungen beobachtet wurden. Die absoluten Abflusswerte der einzelnen Fließgewässer unterscheiden sich dabei allerdings sehr stark und liegen zwischen mehreren Tausend m^3/s im Rhein bei Iffezheim und unter $2 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Körsch bei Friedrichsmühle.

Vergleicht man die zeitlichen Verläufe der Abflusswerte mit den zeitlichen Veränderungen der Konzentrationen an Arzneimittelwirkstoffen in den entsprechenden Gewässern (Bilder 7.2 bis 7.17), so lässt sich ein eindeutiger und einheitlicher Zusammenhang nicht ableiten. Beispielsweise war im Neckar bei Feudenheim der Abfluss im April 2001 mehr als viermal so hoch wie im August 2000 oder im August 2001, ohne dass signifikante Unterschiede zwischen den im April und im August gemessenen Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe festzustellen wären. Beim Vergleich der Flüsse untereinander werden die höchsten Gehalte an Arzneimittelwirkstoffen zwar in dem Gewässer mit dem geringsten Abfluss, der Körsch, gefunden. Weitere Gewässer mit geringen Abflüssen wie Blau und Elz weisen jedoch auch vergleichsweise geringe Belastungen mit Arzneimittelwirkstoffen auf, während der Neckar einen relativ hohen Abfluss und auch hohe Gehalte an Arzneimittelwirkstoffen zeigt.

Wie bereits zuvor festgestellt wurde, erhält man auch beim Vergleich der Arzneimittelwirkstoffe untereinander i.d.R. keine eindeutige Aussage bezüglich einer Zeitabhängigkeit der gemessenen Konzentrationen. Beispielsweise wurden in der Donau bei Wiblingen (siehe Bild 7.2) die höchsten Konzentrationen für das Antiepileptikum Carbamazepin im Juni, für den Betablocker Metoprolol im August und für den Betablocker Sotalol, das Analgetikum Diclofenac sowie den Lipidsenker Bezafibrat im Dezember gefunden, d.h. es ergibt sich ein sehr uneinheitliches Bild, das zudem noch von Fließgewässer zu Fließgewässer variiert. Eine gewisse Häufung von vergleichsweise hohen Konzentrationen lässt sich für alle untersuchten Gewässer im Winter (Probenahmetermine Dezember und Februar) feststellen. Allerdings korrelieren die Termine mit hohen Arzneimittelkonzentrationen nicht mit extremen Abflussverhältnissen, sodass hierfür andere Ursachen – beispielsweise eine saisonale Häufung von Verordnungen des entsprechenden Arzneimittels – verantwortlich sein müssen.

Da für jede Probenahmestelle und für jeden Probenahmetermin neben den Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksamen Verbindungen auch die Abflüsse des jeweiligen Fließgewässers bekannt sind, ist eine Berechnung von Transporten möglich. Unter dem Transport versteht man den Stoffstrom durch einen Gewässerquerschnitt, d.h. die innerhalb einer gewissen Zeit (beispielsweise innerhalb eines Tages) durch das Gewässer transportierte Gewichtsmenge eines Stoffes. Im Gegensatz hierzu bezeichnet man mit dem Begriff der Fracht die innerhalb eines Jahres durch einen Gewässerquerschnitt transportierte

Stoffmenge [27]. In den folgenden Tabellen 7.9 bis 7.11 sind für einige Arzneimittelwirkstoffe die Transporte in Donau, Neckar und Rhein – berechnet als Produkt aus gemessener Konzentration und zugehörigem Abflusswert – zusammengestellt. Für die kleinen Gewässer Körsch, Blau und Elz sind die Abflüsse zu gering als dass sich – trotz der teilweise sehr hohen Konzentrationswerte – vergleichbare Transporte wie in den größeren Gewässern ergeben würden. Selbst in der Körsch, dem Gewässer, in dem die höchsten Konzentrationen an Arzneimittelwirkstoffen gemessen wurden, betragen die berechneten Transporte zu keinem Probenahmetermin mehr als 0,1 kg/Tag.

Tabelle 7.9: Transporte in kg/Tag von Arzneimittelwirkstoffen in der Donau bei Wiblingen

	29.08. 00	24.10. 00	18.12. 00	15.01. 01	13.02. 01	13.03. 01	09.04. 01	05.06. 01	30.07. 01
Sotalol	0,13	0,07	0,13	0,12	0,18	0,09	0,17	0,14	0,10
Carbamazepin	0,26	0,08	0,16	<0,04	<0,04	0,12	0,50	0,41	0,11
Diclofenac	0,08	0,12	0,18	<0,04	0,21	0,12	0,15	0,15	0,03
Dehydrato-Erythromycin	0,07	0,06	0,08	0,06	0,19	0,11	0,21	0,08	0,03
Sulfamethoxazol	0,06	0,06	0,04	0,04	0,11	<0,04	<0,04	0,06	0,05
Iopamidol	0,08	0,19	0,37	0,10	0,27	<0,04	0,25	0,41	0,77
Iopromid	<0,04	0,06	0,21	0,17	0,15	0,25	0,34	0,17	0,18
Iomeprol	<0,04	0,17	0,16	0,48	0,34	<0,04	0,45	0,28	0,26
Amidotrizoesäure	0,09	0,27	0,24	0,07	<0,04	0,09	0,11	0,15	0,24
Abfluss in m ³ /s	37,4	28,0	32,6	46,2	52,0	78,6	88,5	60,4	31,9

Tabelle 7.10: Transporte in kg/Tag von Arzneimittelwirkstoffen im Neckar bei Feudenheim

	30.08. 00	23.10. 00	22.12. 00	15.02. 01	09.04. 01	07.06. 01	01.08. 01
Sotalol	0,54	0,79	1,6	0,96	1,3	0,97	0,42
Carbamazepin	1,1	0,73	1,7	1,2	1,1	3,2	1,1
Diclofenac	0,21	0,91	2,5	1,7	2,9	0,69	0,12
Dehydrato-Erythromycin	0,32	0,41	1,2	1,1	1,4	0,54	0,20
Sulfamethoxazol	0,79	0,38	0,50	0,58	1,3	0,62	0,46
Iopamidol	3,5	1,5	4,9	2,0	4,0	1,7	2,2
Iopromid	0,69	0,51	1,5	1,2	2,9	1,8	0,82
Iomeprol	1,0	0,53	1,2	1,7	0,57	1,7	1,8
Amidotrizoesäure	3,6	3,0	7,6	2,1	4,2	5,1	2,9
Abfluss in m ³ /s	56,8	70,3	142	165	243	128	59,2

Tabelle 7.11: Transporte in kg/Tag von Arzneimittelwirkstoffen im Rhein bei Iffezheim

	31.08. 00	25.10. 00	21.12. 00	12.02. 01	06.04. 01	11.06. 01	03.08. 01
Sotalol	1,5	1,5	5,7	4,1	3,0	3,4	<1
Carbamazepin	17,4	10,5	14,6	6,6	16,4	38,3	12,7
Diclofenac	2,1	7,4	2,8	14,1	3,5	4,1	<1
Dehydrato-Erythromycin	<1	<1	<1	3,0	<1	<1	<1
Sulfamethoxazol	1,9	1,1	1,2	<1	3,2	2,7	2,2
Iopamidol	8,6	14,9	13,7	19,8	11,7	24,8	10,2
Iopromid	2,4	4,0	5,6	5,8	6,4	14,4	3,5
Iomeprol	<1	1,4	2,6	2,8	<1	15,3	3,8
Amidotrizoesäure	<1	4,9	4,0	1,6	3,2	9,5	2,6
Abfluss in m ³ /s	1118	1012	1057	1090	1940	2610	1340

Wie die Daten in den Tabellen 7.9 bis 7.11 zeigen, unterliegen die Transporte der einzelnen Arzneimittelwirkstoffe vergleichsweise starken Schwankungen, wobei eine eindeutige Korrelation mit dem Abfluss i.d.R. nicht erkennbar ist. Dennoch lassen sich aus den angegebenen zeit- und abflussabhängigen Transporten unter Annahme einer linearen Transport-Abfluss-Beziehung die Transporte bei einem mittleren Abfluss und daraus die entsprechenden Frachten, d.h. die auf einen Zeitraum von einem Jahr hochgerechneten Transporte, berechnen. In Tabelle 7.12 sind für die in den Tabellen 7.9 bis 7.11 aufgeführten Arzneimittelwirkstoffe die Frachten in Donau, Neckar und Rhein angegeben. Für die Berechnung wurden alle Konzentrationswerte unterhalb der Bestimmungsgrenze gleich der halben Bestimmungsgrenze, also 5 ng/L, gesetzt.

Tabelle 7.12: Fracht in t von Arzneimittelwirkstoffen in verschiedenen Fließgewässern in Baden-Württemberg im Zeitraum 2000/2001

	Donau	Neckar	Rhein
Sotalol	0,05	0,34	1,0
Carbamazepin	0,07	0,53	6,1
Diclofenac	0,03	0,47	1,8
Dehydrato-Erythromycin	0,04	0,27	0,36
Sulfamethoxazol	0,02	0,24	0,67
Iopamidol	0,10	1,0	5,4
Iopromid	0,06	0,49	2,2
Iomeprol	0,08	0,45	1,4
Amidotrizoesäure	0,05	1,5	1,1
mittlerer Abfluss in m ³ /s	50,63	123,5	1452

Man erkennt, dass die errechneten Frachten für den Rhein bei weitem am höchsten sind und für einige Stoffe wie Carbamazepin, Diclofenac oder die iodierten Röntgenkontrastmittel Iopamidol, Iopromid, Iomeprol und Amidotrizoesäure über 1 t betragen. Für den Neckar liegen die Frachten der wichtigsten Arzneimittelwirkstoffe zwischen 0,2 und 1 t, in der Donau i.d.R. unter 0,1 t.

Bei der Diskussion der berechneten Transporte und Frachten muss kritisch angemerkt werden, dass die vorhandene Datenbasis für die durchgeführte Auswertung nur eingeschränkt tauglich ist. Aufgrund der gegebenen Ungenauigkeiten sowohl bei der Bestimmung der Konzentrationen als auch bei der Bestimmung der Abflusswerte und der relativ willkürlichen Auswahl der Probenahmetermine, bei der besondere Ereignisse wie Hoch- oder Niedrigwasser keine Berücksichtigung fanden, liefert das angewendete Verfahren nur bei Verwendung einer ausreichenden Zahl an Einzeldaten sinnvolle Resultate [27]. Diese Voraussetzung ist bei teilweise nur sieben Datenpaaren jedoch nur bedingt erfüllt, sodass auf eine weitergehende Diskussion der berechneten Frachten an dieser Stelle verzichtet werden soll.

7.3 Korrelation der Arzneimittel-Befunde mit dem Abwasseranteil der Fließgewässer

Als Quelle der Arzneimittelwirkstoffe, die in den Oberflächengewässern in Baden-Württemberg nachgewiesen wurden, lassen sich kommunale Kläranlagen vermuten. Sollte diese Vermutung zutreffen, so sollte sich eine Korrelation der Arzneimittelbefunde mit dem Bor-Gehalt ergeben, wie dies bereits für das Grundwasser der Fall war (siehe Kapitel 6.6). In den Bildern 7.39 bis 7.46 sind die Konzentrationen einiger Arzneimittelwirkstoffe in den untersuchten Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes dargestellt. Die Bor-Gehalte wurden von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

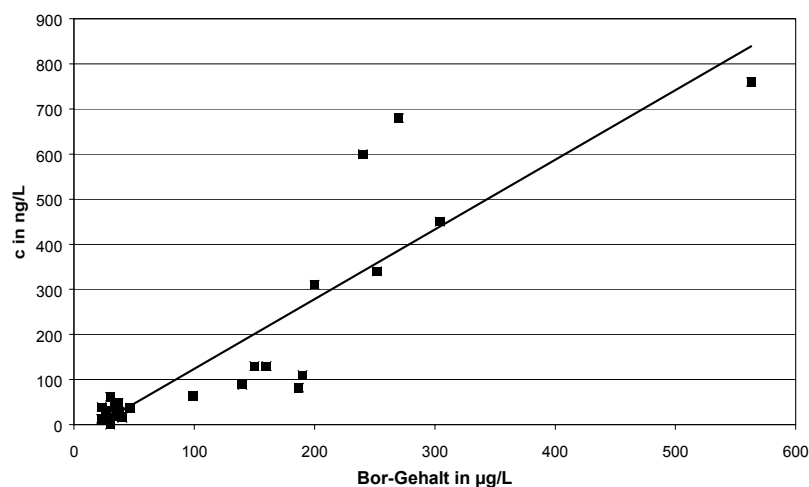


Bild 7.39: Konzentration an *Sotalol* in verschiedenen Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes

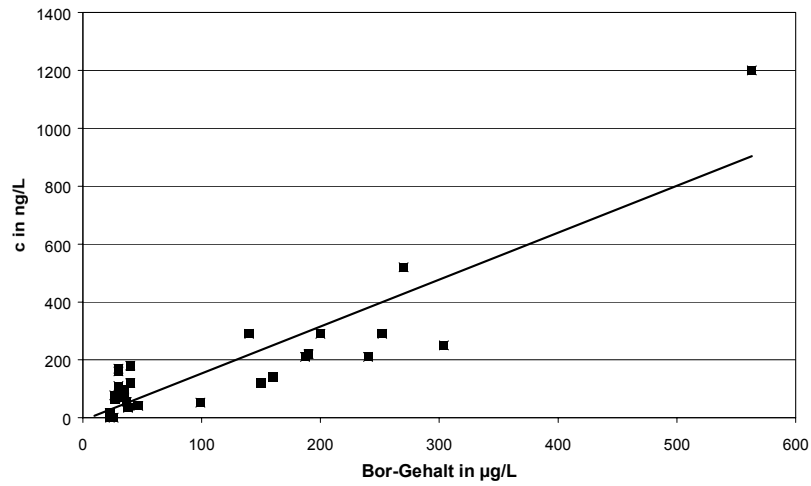


Bild 7.40: Konzentration an *Carbamazepin* in verschiedenen Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes

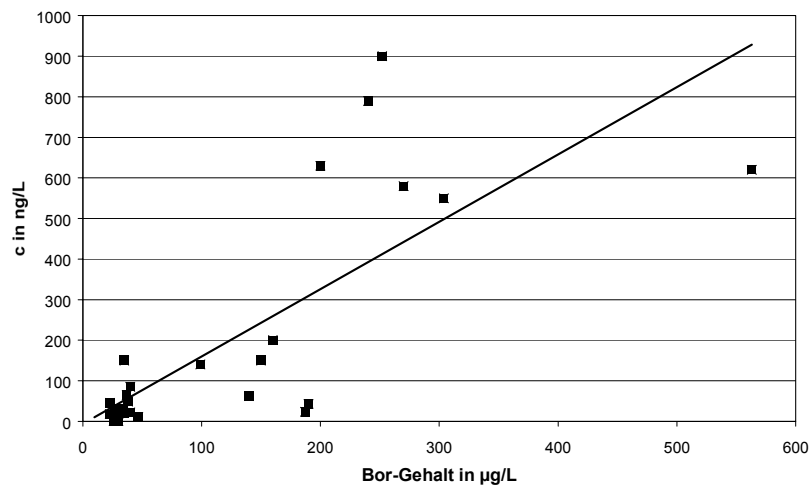


Bild 7.41: Konzentration an *Diclofenac* in verschiedenen Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes

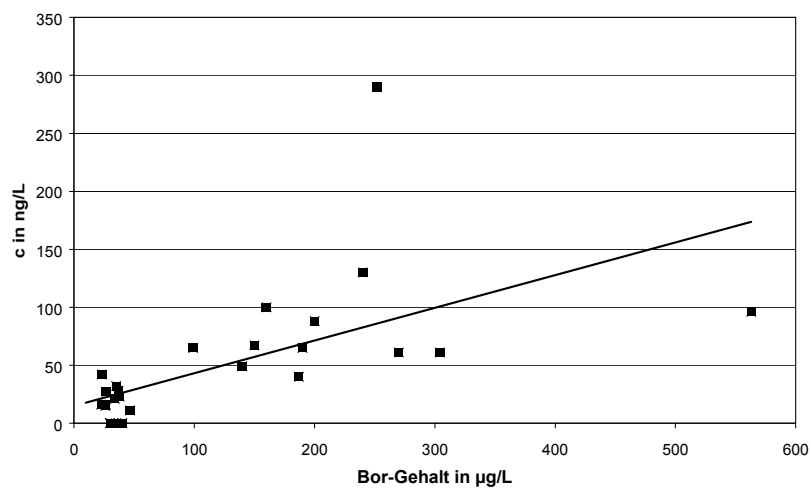


Bild 7.42: Konzentration an *Dehydrato-Erythromycin* in verschiedenen Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes

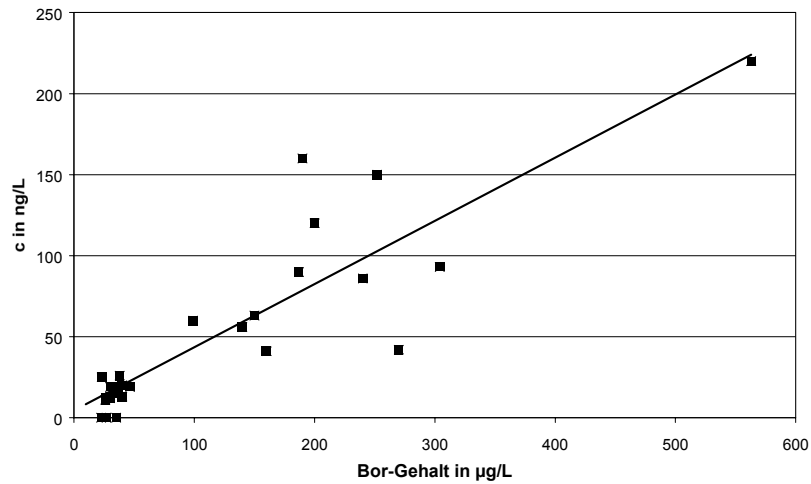


Bild 7.43: Konzentration an *Sulfamethoxazol* in verschiedenen Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes

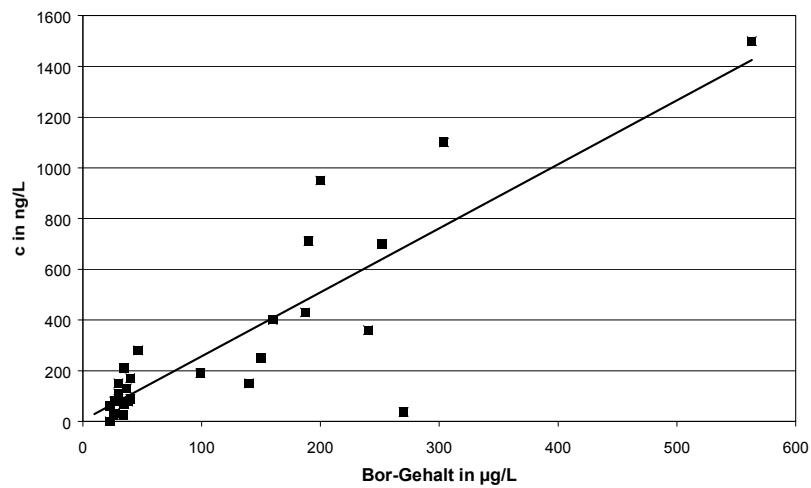


Bild 7.44: Konzentration an *lopamidol* in verschiedenen Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes

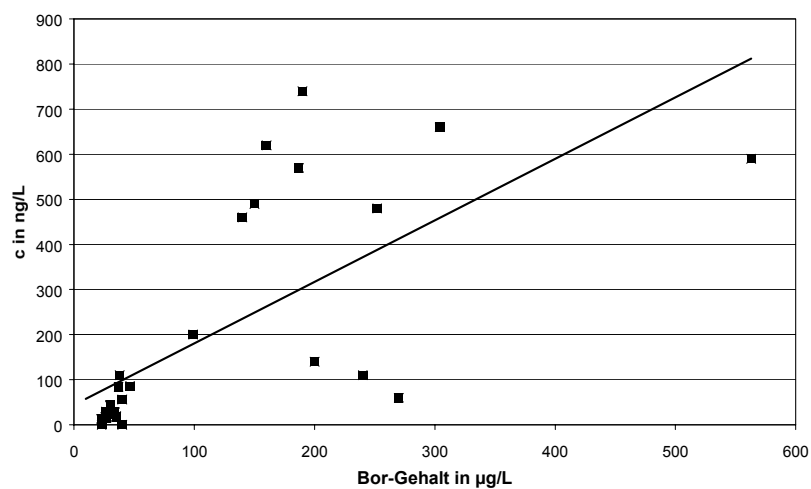


Bild 7.45: Konzentration an *Amidotrizoesäure* in verschiedenen Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes

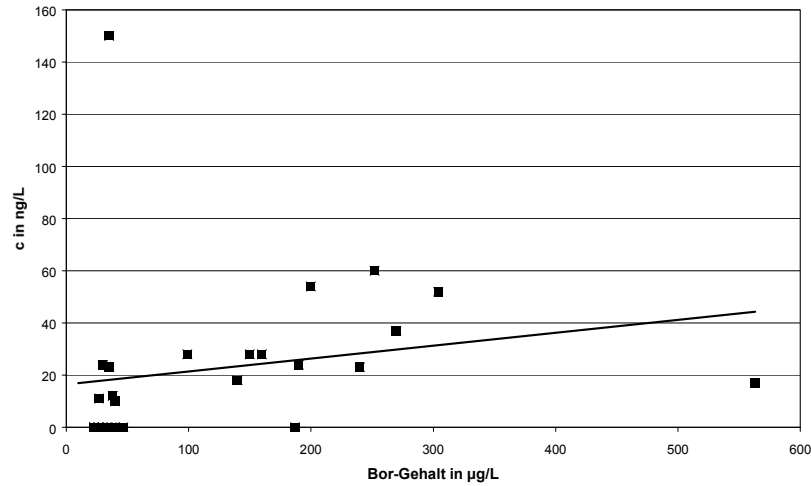


Bild 7.46: Konzentration an *Bisphenol A* in verschiedenen Fließgewässern als Funktion des Bor-Gehaltes

Man sieht, dass zumeist ein sehr eindeutiger Zusammenhang zwischen den Bor-Gehalten und den Konzentrationen an Arzneimittelwirkstoffen in den untersuchten Oberflächengewässern besteht. Je höher die Bor-Gehalte um so höher i.d.R. auch die Konzentrationen an Arzneimittelwirkstoffen. Für Bisphenol A, eine Industriechemikalie mit hormoneller Wirkung, ist dieser Zusammenhang zwar auch erkennbar, aber nicht so streng erfüllt wie für die Arzneimittelwirkstoffe. So gibt es sowohl Proben mit hohen Konzentrationen an Bisphenol A und vergleichsweise geringen Bor-Gehalten als auch Proben mit hohen Bor-Gehalten, die nur sehr wenig Bisphenol A enthalten. Für diese Verbindung scheinen neben den kommunalen Kläranlagen weitere Quellen zu existieren.

In der folgenden Tabelle sind die Abwasseranteile der untersuchten Fließgewässer – mit Ausnahme des Rheins – zusammengestellt. Die Daten wurden durch die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt und wurden errechnet aus dem durchschnittlichen Abwasseranfall kommunaler Kläranlagen im gesamten Einzugsgebiet einer Messstelle bezogen auf den dortigen mittleren Abfluss. Natürlich sind die so berechneten Abwasseranteile nur als grobe Richtwerte zu verstehen, die eine vergleichende Beurteilung der verschiedenen Gewässer ermöglichen sollen.

Tabelle 7.13: Abwasseranteile der untersuchten Fließgewässer

	Abwasseranteil in %
Donau	7
Neckar	18
Körsch	65
Blau	3
Elz (vor Zufluß der Dreisam)	2
Elz (nach Zufluß der Dreisam)	4

Man kann Tabelle 7.14 entnehmen, dass die Körsch den bei weitem höchsten Abwasseranteil aller untersuchten Gewässer aufweist. Dies steht in Einklang mit den hohen Bor-Gehalten in der Körsch und ist ein weiterer Beleg dafür, dass die Ursache für die hohen Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe in der Körsch in dem hohen Anteil an kommunalem Abwasser zu sehen ist. Verbindungen wie Bisphenol A, die auch über industrielle Einleitungen in die Gewässer gelangen, traten dagegen in der Körsch nur in geringen Konzentrationen auf. Dieselbe Aussage lässt sich auch für den Neckar treffen, der mit nahezu 20 % ebenfalls einen sehr hohen Abwasseranteil aufweist. Donau, Elz und Blau, in denen i.d.R. vergleichsweise geringe Konzentrationen an Arzneimittelwirkstoffen nachgewiesen wurden, zeichnen sich demgegenüber auch durch einen geringen Anteil an kommunalem Abwasser aus.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass alle vorliegenden Daten und Informationen darauf hinweisen, dass Einleitungen über kommunale Kläranlagen die Hauptursache für das Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in den Oberflächengewässern sind. Weitere Quellen, wie beispielsweise produktionsbedingte Einleitungen aus der Industrie sind i.d.R. nur von untergeordneter Bedeutung.

7.4 Längsprofiluntersuchungen an Neckar und Rhein

An Rhein und Neckar wurden als Ergänzung zu dem in Kapitel 7.1 beschriebenen Messprogramm, bei denen verschiedene Fließgewässer an jeweils einer Messstelle beprobt wurden, Längsprofiluntersuchungen durchgeführt, bei denen (i.d.R. mit dem LfU-Messschiff Max Honsell) an verschiedenen Stellen entlang des Flusslaufs Proben entnommen wurden.

- **Neckar**

Tabelle 7.14 zeigt die Probenahmestellen am Neckar. Bei allen Stellen am Neckar wurden für den Flussquerschnitt repräsentative Proben entnommen. Bei der Angabe der Fluss-km ist zu beachten, dass die Fließrichtung des Neckars von hohen zu niedrigen Zahlenwerten verläuft.

Tabelle 7.14: Probenahmestellen bei der Längsprofiluntersuchung des Neckars

Fluss-km	Probenahmestelle
328	Rottweil
247	Kirchentellinsfurt
200	Deizisau
172	Aldingen
165	Poppenweiler
104	Kochendorf
61	Rockenau

3 Mannheim-Feudenheim

Alle Ergebnisse der Längsprofiluntersuchungen am Neckar sind in Tabelle A.13 im Anhang zusammengestellt. In den nachfolgenden Bildern sind für ausgewählte Verbindungen Einzelergebnisse in Abhängigkeit vom Fluss-Kilometer dargestellt.

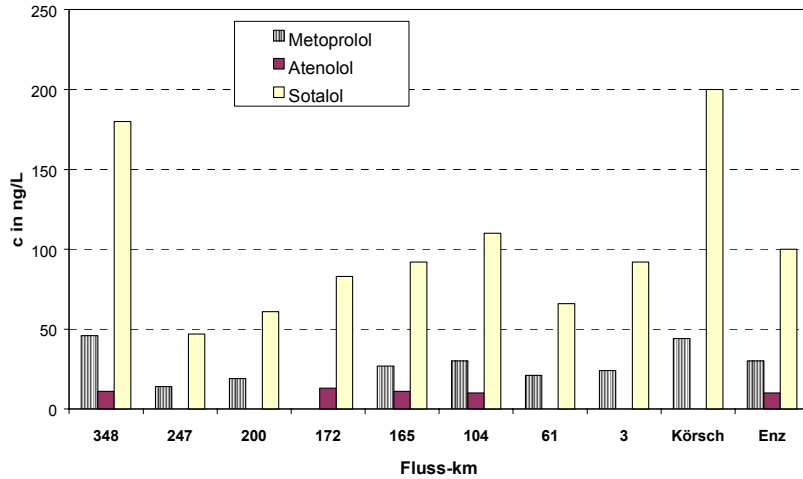


Bild 7.47: Betablocker im Neckar

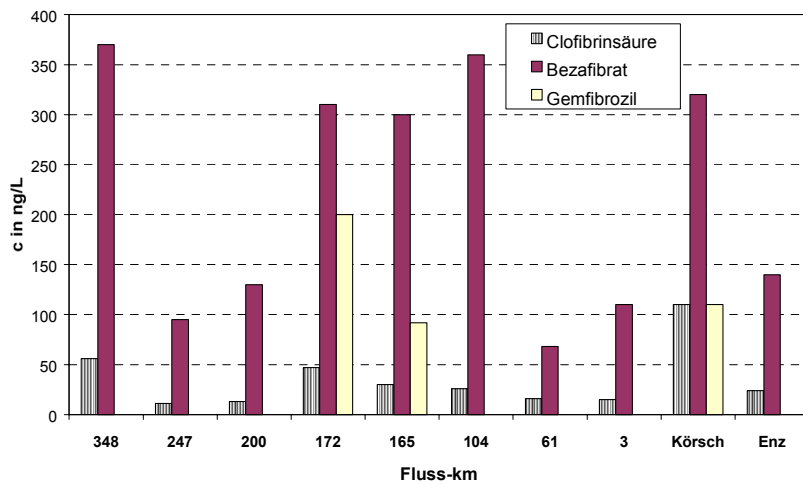


Bild 7.48: Lipidsenker im Neckar

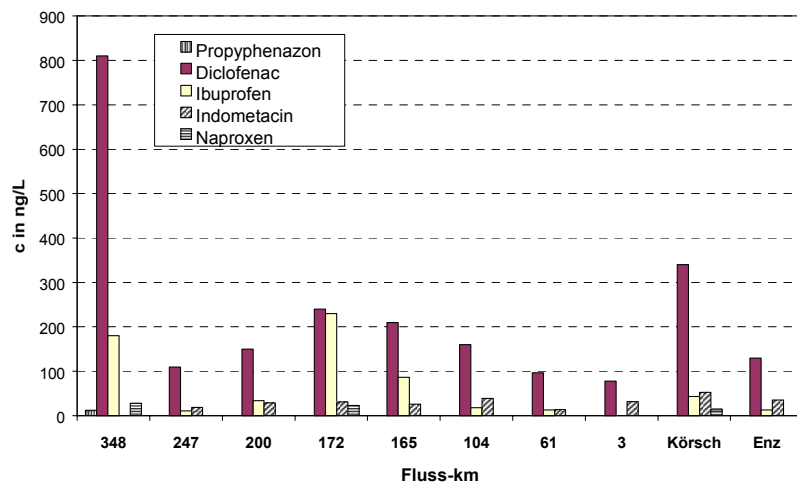


Bild 7.49: Analgetika und Antirheumatika im Neckar

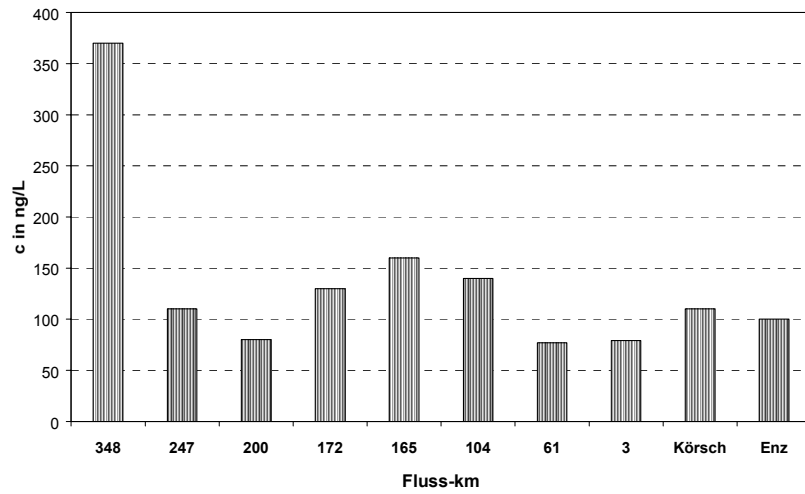


Bild 7.50: Carbamazepin im Neckar

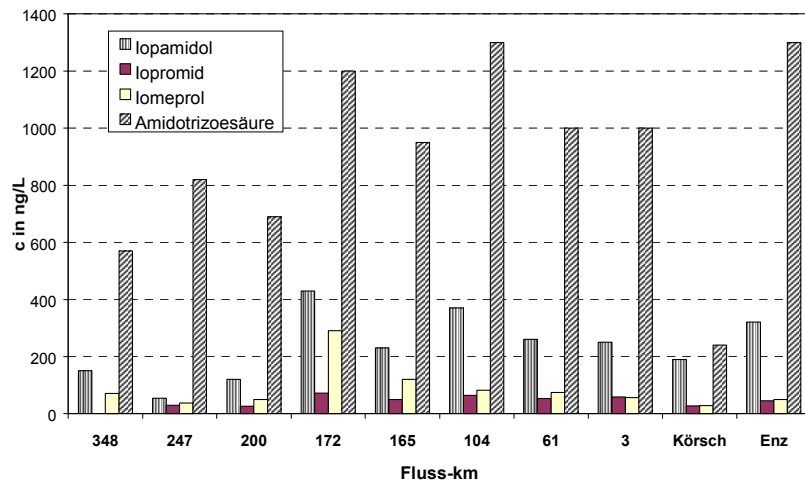


Bild 7.51: Iodierte Röntgenkontrastmittel im Neckar

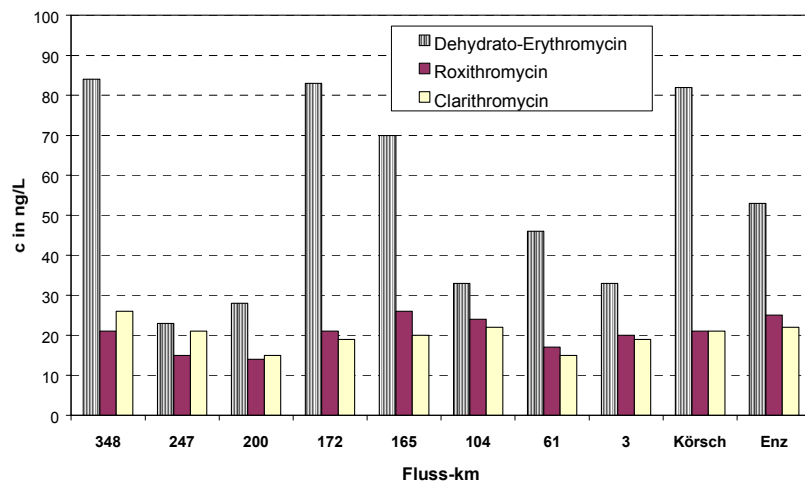


Bild 7.52: Makrolid-Antibiotika im Neckar

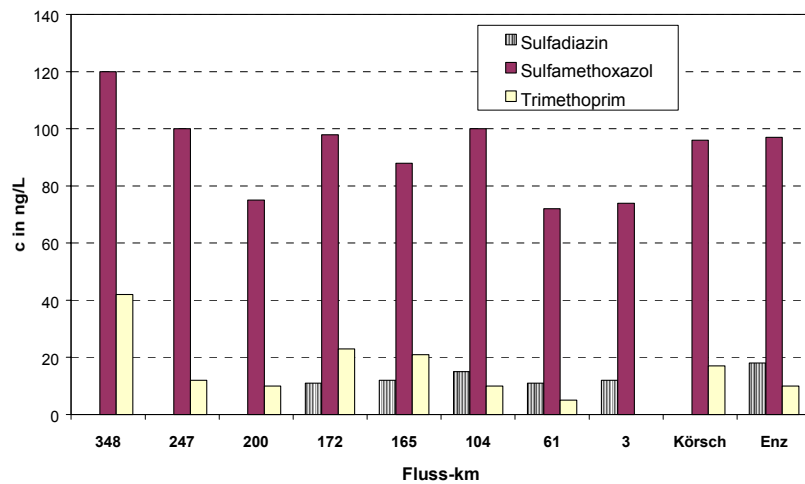


Bild 7.53: Sulfonamid-Antibiotika im Neckar

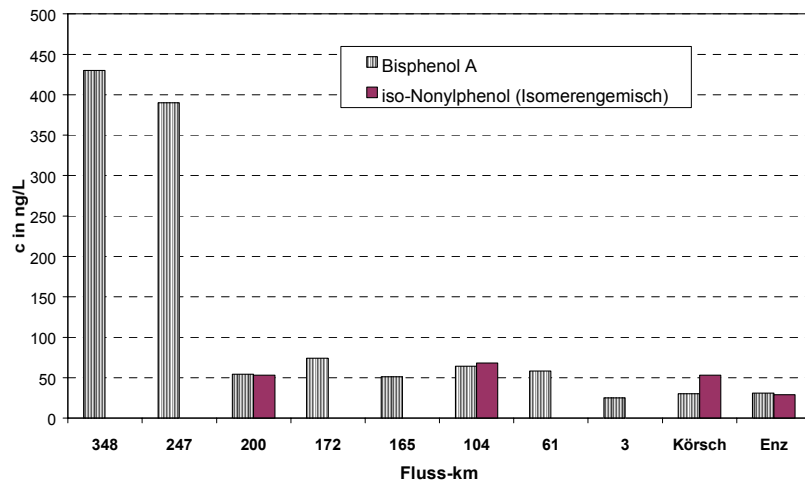


Bild 7.54: Alkylphenole im Neckar

Man erkennt aus den in den Bildern 7.47 bis 7.54 dargestellten Ergebnissen, dass relativ viele Arzneimittelwirkstoffe in vergleichsweise hohen Konzentrationen in allen untersuchten Proben aus dem Neckar nachzuweisen waren. Dies entspricht weitgehend den Resultaten, die für die Neckar-Messstelle Mannheim-Feudenheim (Fluss-km 3) bereits in Kapitel 7.1 präsentiert wurden und resultiert aus dem vergleichsweise hohen Abwasseranteil des Neckars. Als Verbindungen, die im Längsverlauf des Neckars mit den höchsten Konzentrationen auftraten, sind Sotalol (bis 200 ng/L), Bezafibrat (bis 400 ng/L), Diclofenac (bis 800 ng/L), Carbamazepin (bis 350 ng/L), Iopamidol (bis 400 ng/L) und Amidotrizoesäure (bis 1300 ng/L) zu nennen. Darüber hinaus wurde die hormonell wirksame Verbindung Bisphenol A in allen untersuchten Proben nachgewiesen, wobei die maximalen Konzentrationen bei über

400 ng/L lagen. Bei der Beurteilung der Konzentrationen muss berücksichtigt werden, dass zum Zeitpunkt der Probenahme am Neckar Niedrigwasserverhältnisse vorlagen, sodass von einer vergleichsweise geringen Verdünnung der Abwassereinleitungen ausgegangen werden muss.

Eine eindeutige Abhängigkeit der Gehalte von der Lage der Messstelle lässt sich für die meisten Verbindungen nicht feststellen. Für einige Verbindungen wie Diclofenac, Carbamazepin oder Bisphenol A werden die höchsten Konzentrationen am Oberlauf des Neckars (Fluss-km 348; die Fließrichtung des Neckars ist von hohen zu niedrigen km-Zahlen) gemessen und im weiteren Verlauf kommt es zu einer signifikanten Reduzierung der Gehalte. Für andere Verbindungen wie Sotalol, Bezafibrat oder Dehydrato-Erythromycin (als stabilen Metaboliten des Erythromycins) wird ebenfalls zunächst eine Reduzierung der hohen Konzentrationen im Oberlauf des Neckars beobachtet, im weiteren Verlauf kommt es allerdings wieder zu einem Konzentrationsanstieg, was auf weitere Einleitungen hindeutet. Für Verbindungen wie Roxithromycin, Clarithromycin oder Sulfamethoxazol wird dagegen über das gesamte Längsprofil eine nahezu konstante Konzentration gefunden. Die hohen Arzneimittelbefunde bereits im Oberlauf des Flusses sind nicht überraschend, da der Neckar „in einer Kläranlage entspringt“ und deshalb bereits im Oberlauf sehr hohe Abwasseranteile aufweist.

In den beiden Nebenflüssen Enz und Körsch, die jeweils an ihrer Mündung in den Neckar beprobt wurden, wurde ein vergleichbares Substanzspektrum wie im Neckar selbst nachgewiesen. Auffälligkeiten traten nicht auf.

- **Rhein**

Tabelle 7.15 zeigt alle Stellen, die bei der Längsprofiluntersuchung am Rhein beprobt wurden. Es wurden Proben aus dem für Baden-Württemberg relevanten Abschnitt des Rheins entnommen. Bei den mit „Querprofil“ bezeichneten Stellen wurden repräsentative Mischproben aus über den Flussquerschnitt entnommenen Einzelproben untersucht, bei den anderen Stellen Einzelproben aus dem Mündungsbereich eines Nebenflusses oder direkt aus einer Abwasserfahne. Die letzteren Probenahmestellen können natürlich nicht als repräsentativ für den Rhein an dieser Stelle angesehen werden und müssen daher bei der Diskussion gesondert betrachtet werden. Hinweise auf mögliche Einflußfaktoren sind für diese Probenahmestellen in Tabelle 7.15 enthalten.

Alle Ergebnisse der Längsprofiluntersuchungen am Rhein sind in Tabelle A.14 im Anhang enthalten. Man erkennt, dass auch im Längsprofil des Rheins eine ganze Reihe von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen nachgewiesen wurden, wie dies bereits in Kapitel 7.1 für die Messstelle Iffezheim dargestellt wurde. Die Messstelle Iffezheim selbst (Fluss-km 334) wurde bei dieser Längsbeprobung nicht berücksichtigt. Die Konzentra-

tionen der Stoffe sind entsprechend des geringeren Abwasseranteils des Rheins niedriger als im Neckar.

In den Bildern 7.55 bis 7.63 sind Ergebnisse ausgewählter Verbindungen, für die positive Befunde erhalten wurden, in Abhängigkeit vom Fluss-Kilometer dargestellt. Dabei wurde in den Darstellungen jeweils unterschieden zwischen den Ergebnissen für die repräsentativen Proben aus dem Querprofil und den Resultaten für die speziellen Proben aus dem Einflussbereich eines Nebenflusses oder einer Kläranlage. Die Daten der repräsentativen Proben sind jeweils mit einer zusammenhängenden Linie verbunden, die Daten der Einzelproben sind als einzelne Datenpunkte dargestellt und i.d.R. entsprechend den in Tabelle 7.15 gegebenen Erläuterungen beschriftet.

Tabelle 7.15: Probenahmestellen bei der Längsprofiluntersuchung des Rheins

Fluss-km	Probenahmestelle	
23	Öhningen	Stichprobe
91	Reckingen	Stichprobe
113	Albruck-Dogern	Stichprobe
149	Rheinfeldern	Querprofil
157	unterhalb Augst	Querprofil
162,5	Birsfelden	Querprofil
164,5	Mündung Birs	
168,3	Kläranlage Novartis	
169	Basel	Querprofil
169,3	Kläranlage Basel	
173	Märkt	Querprofil
199	Chalampé	Querprofil
223	Vogelgrün	Querprofil
268	Gerstheim	Querprofil
273	Ottenheim	Querprofil
297	Kehl	Querprofil
298,3	Mündung Kinzig	
307	Gambsheim	Querprofil
311,3	Mündung Ill	
321	Greffern	Querprofil
334,5	Mündung Moder	
344,5	Mündung Murg	
359	Karlsruhe	Querprofil
376	Hochstetten	Querprofil
402	Speyer	Querprofil
428	Mannheim	Querprofil
428,2	Mündung Neckar	

433,2	Kläranlage BASF
436	Petersau

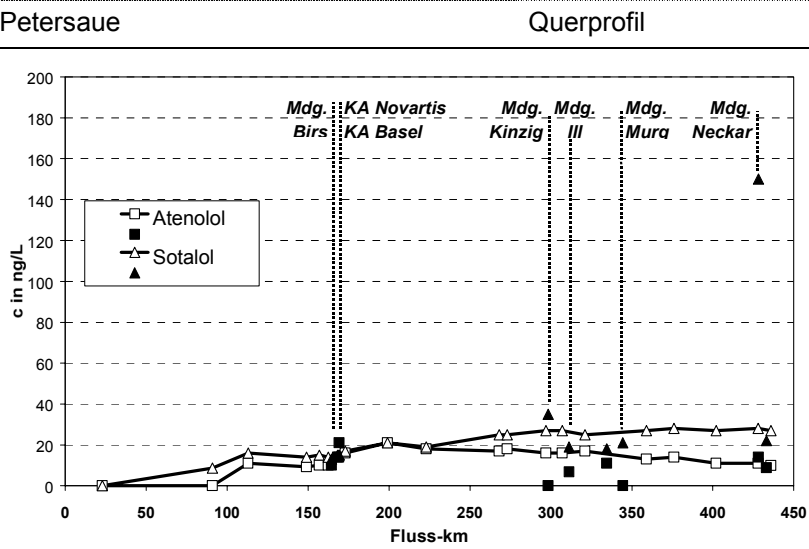


Bild 7.55: Betablocker im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)

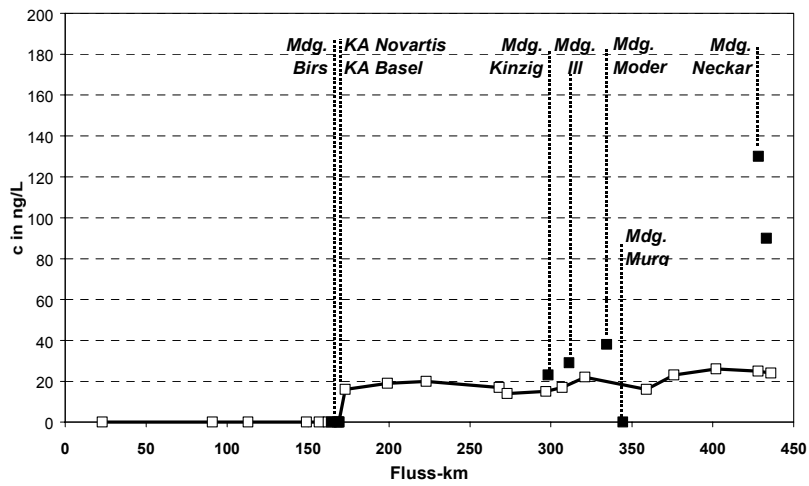


Bild 7.56: Bezafibrat im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)

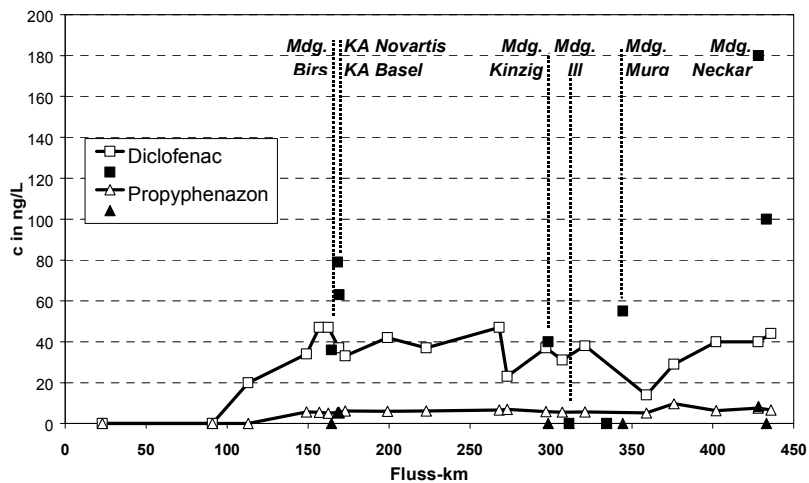


Bild 7.57: Analgetika und Antirheumatika im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)

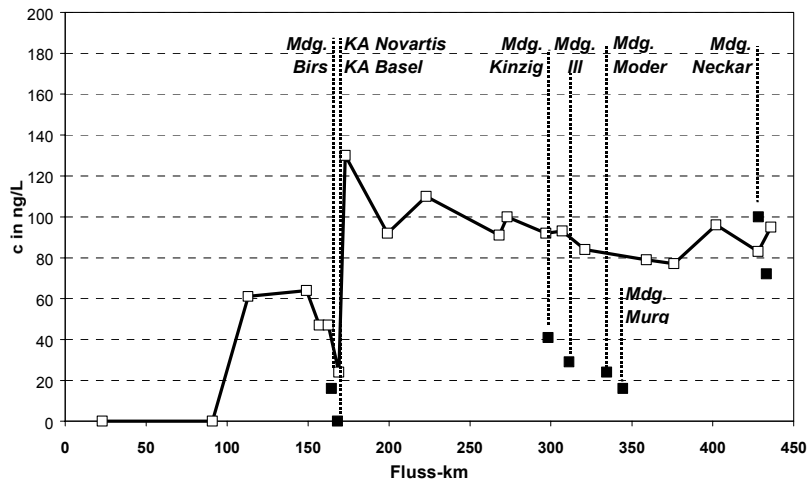


Bild 7.58: Carbamazepin im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)

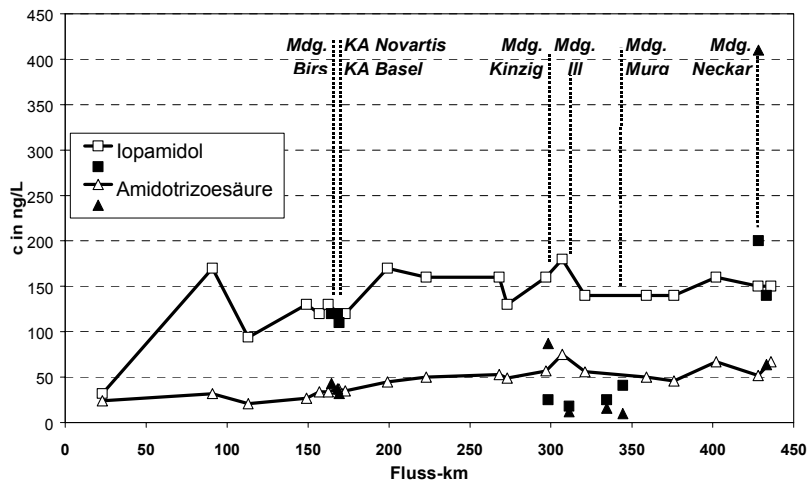


Bild 7.59: Iodierte Röntgenkontrastmittel im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)

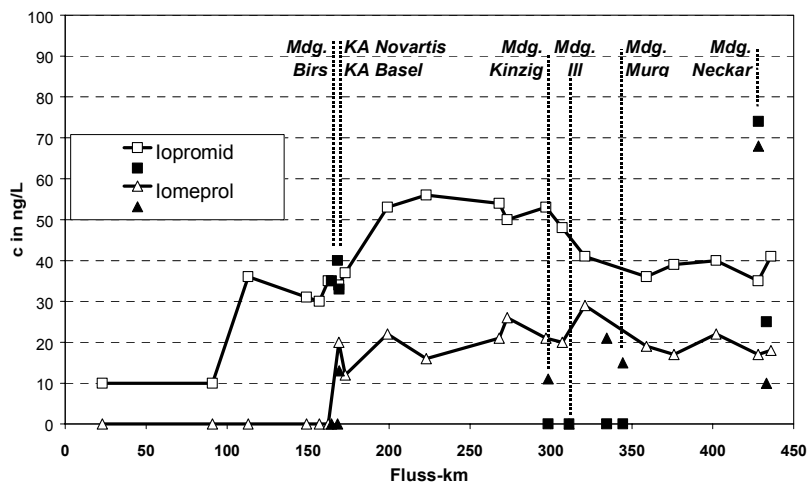


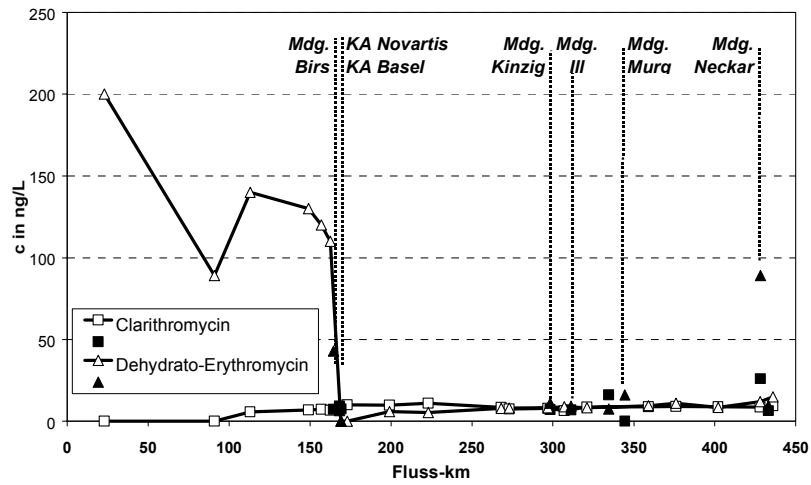
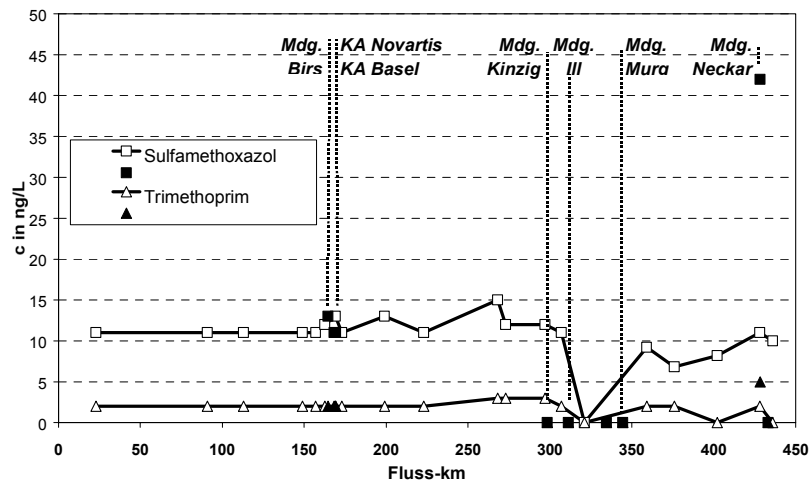
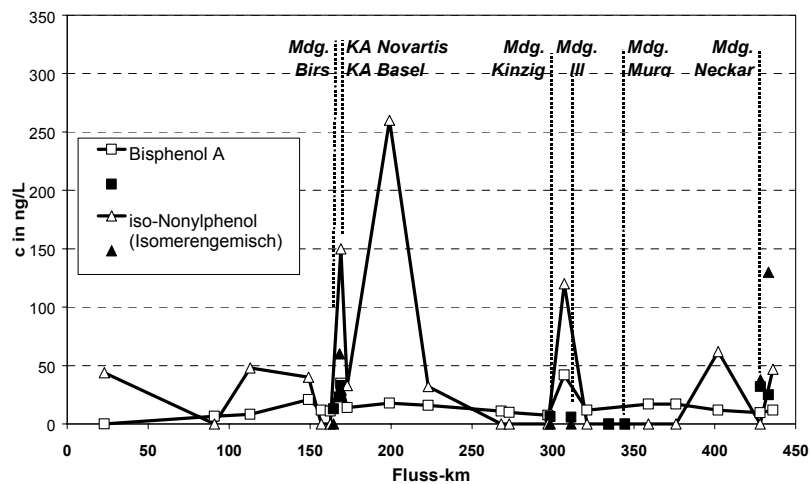
Bild 7.60: Iodierte Röntgenkontrastmittel im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)**Bild 7.61:** Makrolid-Antibiotika im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)**Bild 7.62:** Sulfamethoxazol und Trimethoprim im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)

Bild 7.63: Alkylphenole im Rhein (Mdg.: Mündung; KA: Kläranlage)

Die Bilder zeigen, dass sich die Konzentrationen der meisten untersuchten Verbindungen im Längsverlauf der Rheins nur in vergleichsweise geringem Ausmaße ändern. Große Konzentrationsdifferenzen, die auf relevante Einträge an einer bestimmten Stelle zurückzuführen sind, lassen sich bei den repräsentativen Mischproben über den Flussquerschnitt nicht erkennen. Allein die Daten der nicht-repräsentativen Proben zeigen einige auffällige Abweichungen. So führt die Einmündung des Neckars, der, wie in zuvor gezeigt, deutlich höhere Gehalte an Arzneimittelwirkstoffen als der Rhein aufweist, für viele Verbindungen zu einer sprunghaften Konzentrationserhöhung an der entsprechenden Probenahmestelle. Durch andere Rhein Nebenflüsse wie Kinzig, Ill, Moder oder Murg findet zwar oft auch ein Eintrag an Arzneimittelwirkstoffen statt, jedoch sind die Gehalte dieser Gewässer meist geringer als die Konzentrationen im Rhein. Für manche Verbindungen lassen sich erhöhte Konzentrationen im Bereich von Fluss-km 165, der durch die Einmündung der Birs und Einleitungen aus der Kläranlage eines pharmazeutischen Unternehmens und der Kläranlage Basel gekennzeichnet ist, feststellen. Allerdings ist festzuhalten, dass diese punktuellen Einleitungen nur eine lokale Konzentrationsveränderung zur Folge haben und im weiteren Verlauf des Rheins zu keiner signifikanten Erhöhung der Gehalte führen.

8 Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Schwebstoffen

8.1 Verteilung der Arzneimittelwirkstoffe zwischen Wasser- und Schwebstoffphase

Um die Relevanz einer möglichen Belastung von Schwebstoffen und Sedimenten mit Arzneimittelwirkstoffen abschätzen zu können, wurden zunächst Laborversuche zur Verteilung der Wirkstoffe zwischen Wasser- und Schwebstoffphase durchgeführt. Untersuchungen zur Verteilung und zum Vorkommen von einigen Arzneimittelwirkstoffen sowie von Steroidhormonen und Alkylphenolen in Schwebstoffen und Sedimenten erfolgten bereits in einem vorangegangenen Forschungsvorhaben [28]. Hierbei konnte gezeigt werden, dass insbesondere iso-Nonylphenol bezüglich seines Vorkommens in Schwebstoffen und Sedimenten als relevant eingestuft werden muss, während viele Arzneimittelwirkstoffe aufgrund ihrer hohen Polarität und guten Wasserlöslichkeit nicht zu einer Adsorption an den Feststoff neigen.

Bei den ergänzend durchgeführten Laborexperimenten wurden dotierte Wasserproben über einen Zeitraum von drei Tagen mit einem natürlichen Schwebstoff in Kontakt gebracht. Es wurde eine Schwebstoffprobe aus dem Neckar bei Mannheim verwendet, die zu verschiedenen Zeitpunkten im Jahr 1997 mittels einer Durchflusszentrifuge gewonnen, gefriergetrocknet und anschließend zu einer Mischprobe vereinigt wurde.

In drei parallelen Ansätzen wurden jeweils 250 mg der Schwebstoffprobe für 72 h mit 1 L Wasser aus dem Rhein bei Karlsruhe, das mit verschiedenen Arzneimittelwirkstoffen in einer Konzentration von jeweils 500 ng/L dotiert worden war, auf einer Überkopfschüttelmaschine langsam geschüttelt (3 bis 4 Umdrehungen pro Minute). Anschließend wurde jeder Ansatz bei 5130 min^{-1} für 30 Minuten zentrifugiert und der wässrige Überstand abdekantiert. Die wässrige Probe wurde anschließend geteilt und mit den in Kapitel 3 beschriebenen Verfahren auf die dotierten Einzelstoffe analysiert. Gleichzeitig wurde eine dotierte Wasserprobe, die keinen Schwebstoff enthielt, auf dieselbe Weise wie die schwebstoffhaltige Wasserprobe behandelt und ebenfalls analysiert. Diese Probe diente bei der Auswertung der Ergebnisse als Referenzprobe. Der Originalgehalt des verwendeten Rheinwassers wurde ebenfalls bestimmt. Eine Analyse der Schwebstoffprobe erfolgte nicht.

Im Folgenden sollen die aus den Untersuchungen der Wasserproben erhaltenen Ergebnisse hinsichtlich der Verteilung der Arzneimittelwirkstoffe zwischen der Wasserphase und der Schwebstoffphase beurteilt werden. In Tabelle 8.1 sind die Wiederfindungen der dotierten Verbindungen in der Wasserphase nach dem Kontakt mit der Schwebstoffprobe zusammengefasst. Die Wiederfindung wurde jeweils aus den Konzentrationen in der mit Schwebstoff geschüttelten dotierten Wasserprobe und in der Referenzprobe errechnet.

Tabelle 8.1: Wiederfindungen in der Wasserphase WF_{Wasser} (Mittelwert aus drei Einzelmessungen); experimentelle Details sind im Text beschreiben

Verbindung	WF_{Wasser} in %	Verbindung	WF_{Wasser} in %
Metoprolol	81	Ifosamid	109
Propranolol	68	Cyclophosphamid	81
Atenolol	103	Amoxicillin	97
Bisoprolol	71	Cloxacillin	96
Sotalol	128	Dicloxacillin	90
Pindolol	64	Nafcillin	98
Betaxolol	73	Oxacillin	100
Salbutamol	115	Penicillin G	49
Clenbuterol	87	Penicillin V	46
Terbutalin	91	Clarithromycin	86
Bezafibrat	86*	Erythromycin	118
Clofibrinsäure	99*	Dehydrato-Erythromycin	84
Fenofibrat	21*	Oleandomycin	93
Fenofibrinsäure	116*	Roxithromycin	83
Gemfibrozil	110*	Virginiamycin	79
Simvastatin	126	Spiramycin	24
Phenazon	108	Sulfamethoxazol	74
Dimethylaminophenazon	63	Sulfadiazin	73
Propyphenazon	61	Sulfadimidin	78
Diclofenac	122*	Sulfamerazin	66
Ibuprofen	120*	Trimethoprim	88
Indometacin	88*	Chloramphenicol	91
Ketoprofen	103*	Metronidazol	108
Fenoprofen	114*	Dapson	47
Iopamidol	112	Monensin	100
Iopromid	79	Ronidazol	92
Iomeprol	84	Bisphenol A	98*
Amidotrizoesäure	82	Bisphenol F	83
Carbamazepin	108*	iso-Nonylphenol	55*
Pentoxifyllin	100*		

* Ergebnisse aus [28]

Da die bei den Laborexperimenten eingesetzte Schwebstoffkonzentration von 250 mg/L einen sehr hohen Wert darstellt, der selbst bei Hochwassersituationen in Fließgewässern nur äußerst selten erreicht wird (die mittleren Schwebstoffgehalte in Fließgewässern liegen zwischen 10 und 30 mg/L), wird bei der folgenden Beurteilung davon ausgegangen, dass nur für Verbindungen, die zu weniger als 75 % in der Wasserphase wiedergefunden wurden, ein

Vorkommen in natürlichen Schwebstoffen und Sedimenten wahrscheinlich ist. Die Zahlen in Tabelle 8.1 zeigen, dass nur wenige Verbindungen diese Bedingung erfüllen. Nach der zuvor getroffenen Definition sind damit die folgenden Verbindungen als möglicherweise relevant für Schwebstoffe einzustufen:

- Propranolol
- Bisoprolol
- Pindolol
- Betaxolol
- Fenofibrat
- Dimethylaminophenazon
- Propyphenazon
- Penicillin G
- Penicillin V
- Spiramycin
- Sulfamethoxazol
- Sulfadiazin
- Sulfamerazin
- Dapson
- iso-Nonylphenol.

Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass das gewählte Kriterium für die Wiederfindung in der Wasserphase (>75 %) relativ willkürlich gesetzt wurde, und natürlich auch Stoffe, die dieses Kriterium in den Laborversuchen nicht erfüllt haben, in natürlichen Schwebstoffen oder Sedimenten auftreten können.

Auf eine Berechnung von Verteilungskoeffizienten (K_P - oder K_{OC} -Werte) wird aufgrund der sehr einseitigen Verteilung der untersuchten Verbindungen und der damit verbundenen hohen Ungenauigkeit bei den analytischen Bestimmungen verzichtet. Darüber hinaus waren die im Laborexperiment eingesetzten Schwebstoffkonzentrationen zu hoch, um repräsentative Aussagen, die ohne Einschränkung auf die Verhältnisse in Fließgewässern übertragen werden können, machen zu können.

8.2 Untersuchung von Schwebstoffen aus Fließgewässern in Baden-Württemberg

Um Informationen über das Vorkommen von Arzneimittelrückständen in Schwebstoffen zu erhalten, wurden natürliche Schwebstoffe aus dem Rhein bei Iffezheim und bei Mannheim, aus dem Neckar bei Feudenheim, aus der Donau bei Ulm, aus der Körsch bei Friedrichsmühle, aus dem Kocher bei Hüttling sowie aus dem Leopoldskanal (Entwässerungskanal der Freiburger Bucht) entnommen und entsprechend dem in Kapitel 3.7 beschriebenen Verfahren analysiert. In den meisten Fällen wurden parallel zu der Entnahme der Schwebstoffproben, die mittels Durchflusszentrifuge durchgeführt wurde, auch Wasserproben entnommen, sodass ein direkter Vergleich der Gehalte in der Wasserphase und in der Schwebstoffphase möglich ist.

Tabelle 8.2 zeigt alle Probenahmestellen mit ihren LfU-Bezeichnungen sowie den Terminen, zu denen eine Schwebstoffprobenahme erfolgte. Die Ergebnisse für alle untersuchten Schwebstoffproben sind in den Tabellen A.15 bis A.17 im Anhang zusammengestellt. In diesen Tabellen ist jeweils auch der pH-Wert bei der Extraktion angegeben.

Tabelle 8.2: Schwebstoffproben, die auf Arzneimittelwirkstoffe untersucht wurden

Probenahmestelle	LfU-Bezeichnung	Probenahmeterminale
Rhein bei Iffezheim	XX334	31.08.00, 25.10.00, 21.12.00, 12.02.01, 06.04.01, 11.06.01
Rhein bei Mannheim	XX426	12.02.01
Neckar bei Mannheim-Feudenheim	YY008	30.08.00, 23.10.00, 22.12.00, 15.02.01, 06.04.01, 07.06.01
Donau bei Ulm	QQ904	12.02.01
Körsch bei Friedrichsmühle	KS022	20.11.00, 21.02.01, 06.04.01, 11.06.01
Kocher bei Hüttling	KO116	15.11.00
Leopoldskanal	XL100	16.11.00

In Tabelle 8.3 sind die Befunde an Arzneimittelwirkstoffen in den untersuchten Schwebstoffproben zusammengestellt, wobei eine Unterscheidung vorgenommen wurde zwischen den verschiedenen Fließgewässern aber nicht zwischen verschiedenen Messstellen und verschiedenen Probenahmeterminen. Für alle Verbindungen, die mindestens einmal in einer Schwebstoffprobe nachgewiesen wurden, sind die maximale Konzentration und die Anzahl an positiven Befunden aufgeführt. In den Schwebstoffen aus dem Kocher sowie aus dem Leopoldskanal wurden keine Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen.

Tabelle 8.3: Maximale Gehalte in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS und Zahl an positiven Befunden (in Klammern) an Arzneimittelwirkstoffen in Schwebstoffproben in Baden-Württemberg

	Rhein (7 Proben)	Neckar (6 Proben)	Donau (1 Probe)	Körsch (4 Proben)
Metoprolol	-	6,8 (1)	3,6 (1)	18 (3)
Propranolol	-	-	-	5,7 (2)
Sotalol	-	-	-	8,0 (2)
Fenoprofen	-	4,6 (1)	-	-
Clarithromycin	1,0 (2)	12 (2)	-	10 (4)
Roxithromycin	1,4 (2)	11 (1)	-	13 (3)
Trimethoprim	1,8 (1)	1,7 (1)	-	5,0 (3)
Sulfadimidin	0,6 (1)	-	-	-
Spiramycin	0,7 (1)	-	-	-
Tylosin	1,9 (1)	-	-	-

Die Daten in Tabelle 8.3 zeigen, dass in den untersuchten Schwebstoffen nur Spuren an Arzneimittelwirkstoffen nachzuweisen waren. In den Schwebstoffproben aus dem Rhein wurden die Antibiotika Roxithromycin, Clarithromycin, Sulfadimidin, Trimethoprim, Spiramycin und Tylosin gefunden, wobei die Gehalte stets unter 2 µg/kg TS lagen. In den Schwebstoffproben aus dem Neckar wurden neben den Antibiotika Roxithromycin, Clarithromycin und Trimethoprim der Betablocker Metoprolol und das Schmerzmittel Fenoprofen nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen – zumindest in einer Probe – etwas höher als im Rhein. Mit 12 µg/kg TS wurde für das Makrolid-Antibiotikum Clarithromycin der höchste Wert gemessen. In der Körsch wurden die Antibiotika Roxithromycin, Clarithromycin und Trimethoprim sowie die Betablocker Metoprolol, Propranolol und Sotalol nachgewiesen. Wie bereits für die Wasserphase festgestellt wurde, lagen die Anzahl der Befunde und die Höhe der Konzentrationen für die Körsch etwas über den Werten, die man für die anderen Oberflächengewässer erhalten hatte, was im wesentlichen auf den höheren Abwasseranteil der Körsch zurückzuführen sein dürfte. Allerdings lagen auch in den Schwebstoffen aus der Körsch alle Einzelstoffkonzentrationen unter 20 µg/kg TS. In der einen untersuchten Schwebstoffprobe aus der Donau wurde nur Metoprolol in einer Konzentration von 3,6 µg/kg TS festgestellt.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass Arzneimittelwirkstoffe bezüglich ihres Vorkommens in Schwebstoffen aufgrund ihrer Polarität nur von vergleichsweise geringer Bedeutung sind. Die vergleichsweise größte Relevanz besitzen die Betablocker (Metoprolol, Propranolol und Sotalol) sowie die Makrolid-Antibiotika (Clarithromycin und Roxithromycin) und das Sulfonamid-Antibiotikum Trimethoprim. Die Palette der in den Schwebstoffen identifizierten Stoffe stimmt dabei recht gut mit den aus den Verteilungsexperimenten als möglicherweise relevant für Schwebstoffe und Sedimente eingestuftten Verbindungen überein.

9 Untersuchung von Klärschlämmen

Bei Untersuchungen von Kläranlagenzu- und -abläufen wird für viele Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen eine – allerdings meist unvollständige – Elimination festgestellt [4,6,29-31]. Allerdings kann diese Elimination nicht zwangsläufig auf einen mikrobiellen Abbau zurückgeführt werden, sondern es muss auch die Adsorption der Wirkstoffe an den Klärschlamm berücksichtigt werden. Der mögliche Verbleib der Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm ist vor allem unter Berücksichtigung einer landwirtschaftlichen Nutzung des Schlammes durch Ausbringung auf den Feldern von Bedeutung.

Aus diesem Grund wurden im Rahmen des Projekts auch Untersuchungen zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Klärschlämmen in Baden-Württemberg durchgeführt. Zunächst wurde im Rahmen einer ersten orientierenden Untersuchung im Juni 2001 ein Klärschlamm aus dem Klärwerk Kammerfrost entnommen und auf Arzneimittelwirkstoffe untersucht. Dabei wurde die Palette der Arzneimittelwirkstoffe aus Tabelle 2.1 um die Fluorchinolon- und Tetracyclin-Antibiotika erweitert (siehe auch Kapitel 3.6).

Das Ergebnis dieser ersten Untersuchung einer Klärschlammprobe, bei der das in Kapitel 3.7 für die Analyse von Feststoffproben beschriebene Verfahren angewendet wurde, ist im Anhang in Tabelle A.18 wiedergegeben. Man kann den Daten in Tabelle A.18 entnehmen, dass in der untersuchten Klärschlammprobe zahlreiche Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen werden konnten. Gefunden wurden verschiedene Betablocker (Metoprolol, Sotalol, Propranolol), zwei Antiphlogistika (Phenazon, Propyphenazon), ein Antiepileptikum (Carbamazepin) sowie verschiedene Antibiotikawirkstoffe (Roxithromycin, Clarithromycin, Clindamycin, Doxycyclin, Ciprofloxacin, Norfloxacin, Ofloxacin), wobei die Einzelstoffkonzentrationen bis über 500 µg/kg TS betragen.

Eine allgemeine Aussage zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen im Klärschlamm kann allerdings aus der Untersuchung nur einer Klärschlammprobe nicht abgeleitet werden. Daher wurden im weiteren Projektverlauf weitere Klärschlämme aus verschiedenen Kläranlagen in Baden-Württemberg auf Arzneimittelrückstände untersucht. Die Auswahl der beprobten Kläranlagen wurde durch das Ministerium für Umwelt und Verkehr in Baden-Württemberg und die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg getroffen, wobei verschiedene Grössenklassen, unterschiedliche Anlagenarten (Belebungsanlagen, Tropfkörperanlagen oder kombinierte Anlagen) und verschiedene Schlammbehandlungsverfahren (Faulraum, Trocknung, Kompostierung) berücksichtigt wurden.

Insgesamt wurden im November 2001 32 Klärschlammproben in verschiedenen Kläranlagen in Baden-Württemberg entnommen. Die Proben wurden am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) an der Universität Stuttgart zunächst – im Falle der Flüssigschlämme – zentrifugiert und anschließend gefriergetrocknet und gemahlen. Das ge-

trocknete Material wurde dann am ISWA auf hormonell wirksame Substanzen, auf bromierte Flammschutzmittel und auf die östrogene Gesamtaktivität mittels E-Screen-Assay und am TZW auf Arzneimittelwirkstoffe untersucht. Am TZW wurde darüber hinaus für 10 Flüssigschlämme das bei der Zentrifugation abgetrennte Wasser auf Arzneimittelwirkstoffe analysiert. Alle Ergebnisse der am TZW durchgeführten Untersuchungen auf Arzneimittelwirkstoffe sind im Anhang in den Tabellen A.19 (Ergebnisse für die Klärschlämme) und A.20 (Ergebnisse für das bei der Zentrifugation der Flüssigschlämme abgetrennte Wasser) zusammengestellt.

In Bild 9.1 ist zunächst die Verteilung der Arzneimittelbefunde auf die untersuchten 32 Klärschlämme aus Baden-Württemberg dargestellt. Angegeben ist jeweils die Anzahl an Proben, in denen eine bestimmte Zahl an Verbindungen nachgewiesen wurde. Man erkennt, dass alle untersuchten Klärschlämme Arzneimittelwirkstoffe enthielten und dass in allen Klärschlämmen mindestens 3 Verbindungen nachgewiesen werden konnten. In der Mehrzahl der Proben traten zwischen 7 und 12 Arzneimittelwirkstoffe auf, eine Klärschlammprobe enthielt sogar 15 Wirkstoffe.

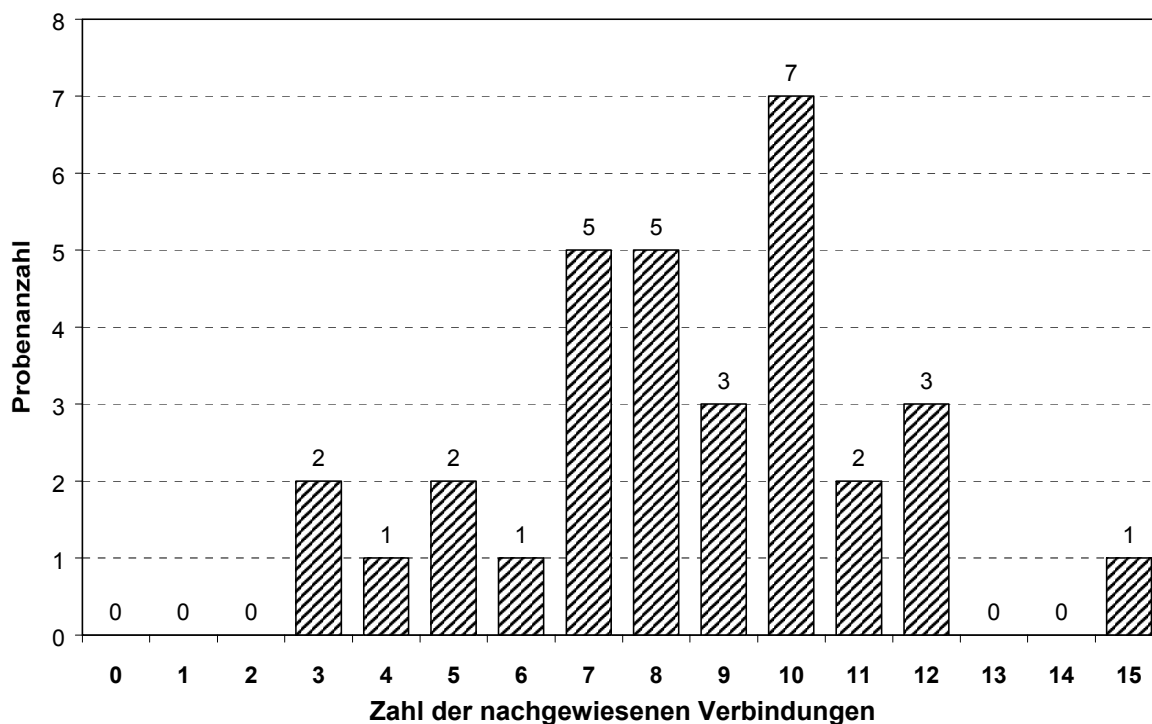


Bild 9.1: Verteilung der Befunde an Arzneimittelwirkstoffen bei 32 Klärschlämmen aus Baden-Württemberg (November 2001)

Um die Relevanz der einzelnen Verbindungsklassen bezüglich ihres Vorkommens in Klärschlämmen beurteilen zu können, zeigt Tabelle 9.1 eine Zusammenstellung der in den Klärschlammproben nachgewiesenen Verbindungen, der Anzahl positiver Befunde sowie der maximalen Konzentrationen.

Tabelle 9.1: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Klärschlämmen (32 Proben)

	Anzahl positiver Befunde (BG = 10 µg/kg TS)	maximale Konzentration in µg/kg TS
Metoprolol	29	130
Propranolol	21	50
Atenolol	2	28
Bisoprolol	1	16
Sotalol	17	40
Propyphenazon	2	24
Carbamazepin	22	380
Clofibrinsäure	1	18
Bezafibrat	3	640
Gemfibrozil	6	100
Fenofibrinsäure	14	170
Fenofibrat	5	150
Diclofenac	26	160
Ketoprofen	1	14
Ibuprofen	25	150
Fenoprofen	10	53
Naproxen	3	18
Dehydrato-Erythromycin	9	270
Roxithromycin	8	85
Clarithromycin	7	180
Clindamycin	7	35
Trimethoprim	2	15
Ciprofloxacin	16	290
Norfloxacin	8	170
Ofloxacin	26	490

Die in Tabelle 9.1 zusammengestellten Daten belegen das bereits bei der Untersuchung der ersten Klärschlammprobe erhaltene Ergebnis, dass zahlreiche Arzneimittelrückstände im Klärschlamm zu finden sind. Insgesamt 25 verschiedene Wirkstoffe wurden in den untersuchten 32 Klärschlammproben gefunden. Häufig nachgewiesen wurden insbesondere die Betablocker Metoprolol, Propranolol und Sotalol, das Antiepileptikum Carbamazepin, das Antirheumatikum Diclofenac und das Antibiotikum Ofloxacin. All diese Verbindungen traten in mehr als zwei Drittel aller untersuchten Klärschlämme auf, wobei die Konzentrationen oft bei über 100 µg/kg TS lagen. Die höchsten Gehalte wurden für den Lipidsenker Bezafibrat, das Antiepileptikum Carbamazepin und die Antibiotika Ciprofloxacin und Dehydrato-Erythromycin ermittelt.

Vergleicht man die Ergebnisse für die Klärschlammproben mit den Daten zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Grund- und Oberflächenwässern, so fällt insbesondere auf, dass die iodierten Röntgenkontrastmittel im Klärschlamm nicht auftreten. Aufgrund der hohen Polarität dieser Verbindungen scheint ihre Affinität gegenüber dem Klärschlamm nur sehr gering zu sein (was gleichzeitig eine Erklärung für die geringe Elimination der iodierten Röntgenkontrastmittel in Kläranlagen und die hohen Umweltkonzentrationen gibt).

Ein Vergleich und eine Diskussion der in den Klärschlämmen aus verschiedenen Kläranlagen gefundenen Gehalte an Arzneimittelwirkstoffen ist schwierig, da nur sehr wenige Informationen beispielsweise über die technische Ausstattung der Kläranlagen oder ihr Einzugsgebiet vorliegen. Einzig die Einwohnergleichwerte, d.h. die Anzahl der an eine Kläranlage angeschlossenen Verbraucher, sind für die einzelnen Kläranlagen bekannt. Bild 9.2 zeigt die Konzentrationen der 5 am häufigsten nachgewiesenen Arzneimittelwirkstoffe in Abhängigkeit vom Einwohnergleichwert der jeweiligen Kläranlage.

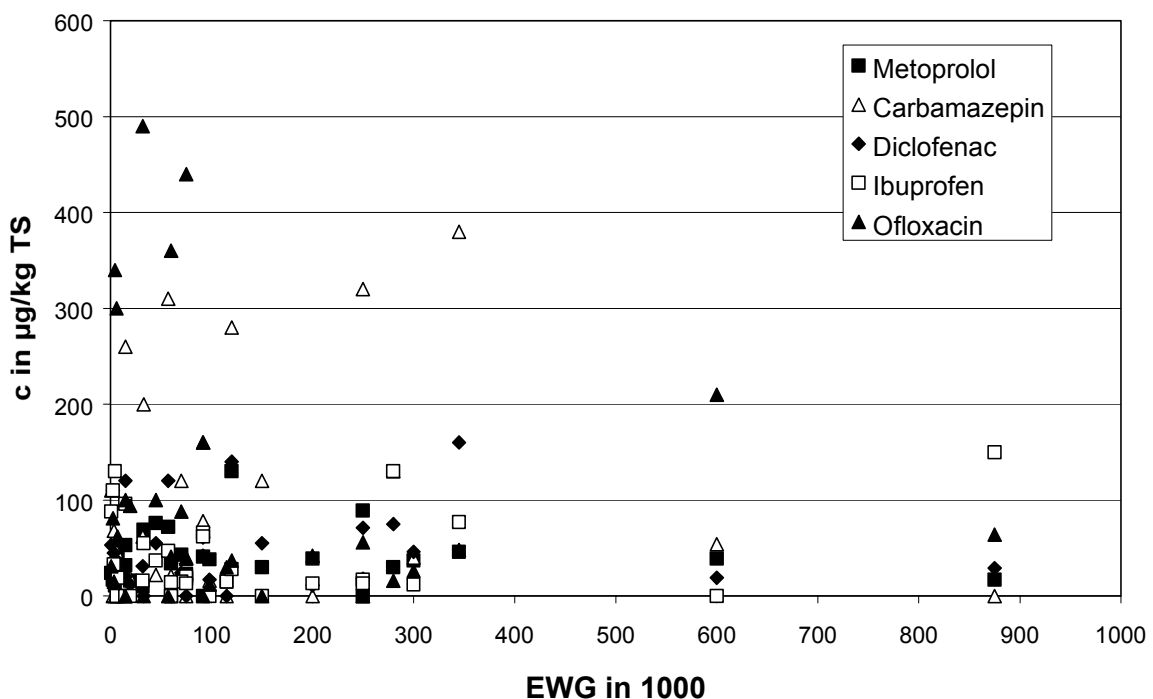


Bild 9.2: Gehalte an Arzneimittelwirkstoffen im Klärschlamm in Abhängigkeit von den Einwohnergleichwerten (EWG) für 32 Kläranlagen aus Baden-Württemberg

Bild 9.2 zeigt, dass ein einfacher Zusammenhang zwischen den Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und den Einwohnergleichwerten der Kläranlagen nicht existiert. So wurden in Kläranlagen mit vergleichsweise niedrigen Einwohnergleichwerten sehr hohe Gehalte an einzelnen Arzneimittelwirkstoffen gefunden, während in anderen Kläranlagen mit sehr viel höheren Einwohnergleichwerten deutliche geringere Gehalte ermittelt wurden. Hier scheint zum einen die technische Ausstattung der Kläranlage und zum anderen das spezifische Ein-

zugsgebiet der Kläranlage einen sehr viel größeren Einfluß auf die Gehalte an Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm zu haben als die Zahl der angeschlossenen Haushalte allein.

In Tabelle 9.2 sind die wesentlichen Befunde für die bei der Zentrifugation der Flüssigschlämme abgetrennten Wasserproben zusammengefaßt (Einzelergebnisse siehe Tabelle A.20 im Anhang).

Tabelle 9.2: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in dem bei der Zentrifugation der Flüssigschlämme abgetrennten Wasser (10 Proben)

	Anzahl positiver Befunde (BG = 100 ng/L)	maximale Konzentration in ng/L
Metoprolol	10	630
Sotalol	10	920
Propyphenazon	3	920
Carbamazepin	4	18000
Clofibrinsäure	5	1400
Bezafibrat	2	870
Gemfibrozil	1	710
Fenofibrinsäure	5	7300
Diclofenac	10	2600
Ibuprofen	8	3100
Iopamidol	7	440
Iopromid	1	100
Dehydrato-Erythromycin	5	360
Roxithromycin	3	150
Clarithromycin	1	100
Clindamycin	3	180
Trimethoprim	1	340
Spiramycin	1	110
Tylosin	1	790
Ofloxacin	1	200

Die Daten zeigen, dass auch in der wässrigen Phase zahlreiche Arzneimittelwirkstoffe nachzuweisen sind. Die am häufigsten und in den höchsten Konzentrationen gefundenen Verbindungen sind dieselben, die bereits bei der Diskussion der Grund- und Oberflächenwässer (Kapitel 6 und 7) von Bedeutung waren. Die Betablocker Metoprolol und Sotalol sowie das Antirheumatikum Diclofenac wurden in allen Proben gefunden. Die höchste Einzelstoffkonzentration wurde mit 18 µg/L für das Antiepileptikum Carbamazepin gefunden.

Um die Verteilung der Arzneimittelwirkstoffe zwischen fester Phase (Klärschlamm) und der Wasserphase abschätzen zu können, sind in Tabelle 9.3 exemplarisch für zwei Kläranlagen

die Gehalte im festen Anteil des Flüssigschlammes und im zugehörigen Wasser, das bei der Zentrifugation abgetrennt wurde, gegenübergestellt. Es wurden nur Daten für diejenigen Arzneimittelwirkstoffe aufgeführt, die in mindestens einer Phase (Schlamm oder Wasser) nachweisbar waren. Um eine möglichst vollständige Zusammenstellung zu erhalten, sind für einige Verbindungen auch Konzentrationen unterhalb der statistischen Bestimmungsgrenze angegeben.

Tabelle 9.3: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen im Flüssigschlamm (FS) und in dem bei der Zentrifugation der Flüssigschlämme abgetrennten Wasser für zwei Kläranlagen in Baden-Württemberg

	Kläranlage A		Kläranlage B	
	Konzentration im FS in µg/kg TS	Konzentration im Wasser in ng/L	Konzentration im FS in µg/kg TS	Konzentration im Wasser in ng/L
Metoprolol	17	270	41	440
Sotalol	10	390	40	840
Phenazon	< 10	73	< 10	69
Propyphenazon	< 10	< 100	< 10	170
Carbamazepin	< 10	< 100	160	18000
Clofibrinsäure	< 10	410	< 10	1400
Bezafibrat	< 10	870	< 10	240
Fenofibrinsäure	< 10	< 100	24	3100
Diclofenac	110	770	61	1800
Ibuprofen	110	810	62	2600
Fenoprofen	29	< 100	24	< 100
Iopamidol	< 10	39	< 10	210
Iopromid	< 10	< 100	< 10	< 100
Amidotrizoesäure	< 10	59	< 10	< 100
Dehydrato-Erythromycin	< 10	190	< 10	< 100
Roxithromycin	< 10	130	< 10	< 100
Clindamycin	17	180	< 10	< 100
Trimethoprim	< 10	< 100	< 10	< 100
Spiramycin	< 10	110	< 10	< 100
Tylosin	< 10	790	< 10	< 100
Ciprofloxacin	170	< 100	< 10	< 100
Norfloxacin	75	< 100	81	< 100
Ofloxacin	81	< 100	160	200

Man erkennt, dass in den beiden betrachteten Kläranlagen Verbindungen wie die Beta-blocker Metoprolol und Sotalol, das Antiepileptikum Carbamazepin oder die Schmerzmittel Diclofenac und Ibuprofen sowohl in der flüssigen Phase als auch im Klärschlamm auftreten,

wobei der Verteilungskoeffizient natürlich variiert. Andere Verbindungen wie die iodierten Röntgenkontrastmittel Iopamidol, Iopromid und Amidotrizoesäure oder die Makrolid-Antibiotika Dehydrato-Erythromycin und Roxithromycin hingegen werden nur in der flüssigen Phase gefunden, adsorbieren jedoch nicht an den Klärschlamm. Die Fluorchinolone schließlich werden ausschließlich im Klärschlamm nicht jedoch in der Wasserphase nachgewiesen. Dieses Resultat steht in Einklang mit den Befunden einer Schweizer Arbeitsgruppe zum Vorkommen von Fluorchinolon-Antibiotika in der Umwelt [32]. Auch hier wurde eine hohe Affinität der Fluorchinolone zum Klärschlamm festgestellt. Für die weiteren Kläranlagen, in denen sowohl der getrocknete Flüssigschlamm als auch die abzentrifugierte Wasserphase untersucht wurden, wurden vergleichbare Ergebnisse erhalten.

10 Untersuchung von Schweinegülle und Putenmist

Um die Eintragspfade der Arzneimittelwirkstoffe in die Umwelt weiter aufklären zu können, wurden auch Schweinegülle und Putenmist in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Obwohl die entwickelten Analysenverfahren für die Untersuchung von Wasserproben bzw. Schwebstoffen und Sedimenten optimiert worden waren, wurden sie auf die genannten flüssigen und festen Proben angewendet, um erste Informationen über das Auftreten von Arzneimittelrückständen in diesen Matrices zu erhalten.

Zunächst wurde Schweinegülle, die von der Staatlichen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUF) Augustenbergr in Karlsruhe zur Verfügung gestellt wurde, nach vorangegangener mechanischer Homogenisierung mit Trinkwasser im Verhältnis 1:10 und 1:20 verdünnt und dann wie eine Wasserprobe aufgearbeitet. Alle Ergebnisse der Untersuchung der Schweinegülle sind im Anhang in Tabelle A.21 wiedergegeben. Die positiven Befunde sind in Tabelle 10.1 zusammengefaßt. Bei der Mehrfachbestimmung verschiedener unterschiedlicher Verdünnungen lagen die Abweichungen der einzelnen Ergebnisse zwischen 5 bis 50%, was im wesentlichen auf die Inhomogenität der Matrix zurückzuführen ist.

Tabelle 10.1: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Schweinegülle (Konzentrationen in µg/L; Bestimmungsgrenze: 100 µg/L)

Schweinegülle	
Sulfadiazin	15000
Sulfamerazin	100
Sulfadimidin	680
Oxytetracyclin	540
Tetracyclin	3500

Die Tabelle zeigt, dass in der Schweinegülle mehrere Wirkstoffe in Konzentrationen von bis zu mehreren µg/L nachgewiesen wurden. Gefunden wurden die Sulfonamide Sulfadiazin, Sulfamerazin und Sulfadimidin sowie die beiden Tetracycline Oxytetracyclin und Tetracyclin. Sulfonamide und Tetracycline werden bekanntermaßen als Tierarzneimittel eingesetzt und stellen bei der Schweinemast die am häufigsten verordneten Substanzklassen dar, sodass die erhaltenen Befunde nicht erstaunen und auch gut mit den Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen übereinstimmen [33, 34].

Das beschriebene Analysenverfahren zur Bestimmung der Arzneimittelwirkstoffe in festen Matrices wurde schließlich auch zur Untersuchung von Putenmist angewendet. Untersucht wurden zwei Proben, die von der Staatlichen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und For-

schungsanstalt (LUFU) Augustenberg im April und im September 2001 zur Verfügung gestellt wurden. Alle Ergebnisse der Untersuchung der beiden Putenmistproben sind im Anhang in Tabelle A.22 zusammengestellt. Zum besseren Vergleich der Ergebnisse, die zu den zwei verschiedenen Terminen erhalten wurden, sind die Befunde in Tabelle 10.2 zusammengefasst.

Tabelle 10.2: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Putenmist (Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS; Bestimmungsgrenze: $2 \mu\text{g}/\text{kg}$ TS)

	März 2001	September 2001
Gemfibrozil	2200	< BG
Ibuprofen	2000	1100
Ketoprofen	< BG	220
Naproxen	310	260
Fenoprofen	740	700
Sulfadimidin	14	1400
Trimethoprim	16	3400
Ciprofloxacin	160	< BG
Enrofloxacin	570	< BG

Die Daten belegen, dass in den untersuchten Putenmistproben zahlreiche Arzneimittelwirkstoffe in zum Teil erheblichen Konzentrationen gefunden wurden. Erstaunlich ist dabei insbesondere, dass einige der nachgewiesenen Wirkstoffe wie die Schmerzmittel Ibuprofen, Naproxen und Fenoprofen oder der Lipidsenker Gemfibrozil nach Literaturangaben ausschließlich in Humanarzneimitteln eingesetzt werden. Das Antibiotikum Sulfadimidin wird dagegen nur in Tierarzneimitteln eingesetzt; die Antibiotika Trimethoprim, Ciprofloxacin und Enrofloxacin finden sowohl in Human- als auch in Tierarzneimitteln Verwendung. Sulfadimidin und Trimethoprim werden oft gemeinsam in sog. Kombinationspräparaten eingesetzt.

Der Vergleich der Ergebnisse für die Proben vom März und September 2001 zeigt, dass zwar Veränderungen in der Palette der nachgewiesenen Stoffe und in den Konzentrationen festzustellen sind, dass aber die prinzipielle Aussage, dass sowohl Tier- als auch Humanarzneimittel auftreten, für beide untersuchten Proben gültig ist.

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, dass die für die Untersuchung der Schweinegülle und der Putenmistproben angewendeten analytischen Verfahren nur eingeschränkt für diese Matrices geeignet sind. Insbesondere bei der Untersuchung des Putenmistes ist davon auszugehen, dass das angewendete Extraktionsverfahren nicht zu einer vollständigen Extraktion der Arzneimittelwirkstoffe führt, wie durch mehrfache sequentielle Extraktion

exemplarisch für die Putenmistprobe vom September 2001 für die beiden Verbindungen Trimethoprim und Sulfadimidin gezeigt werden konnte (Bild 10.1).

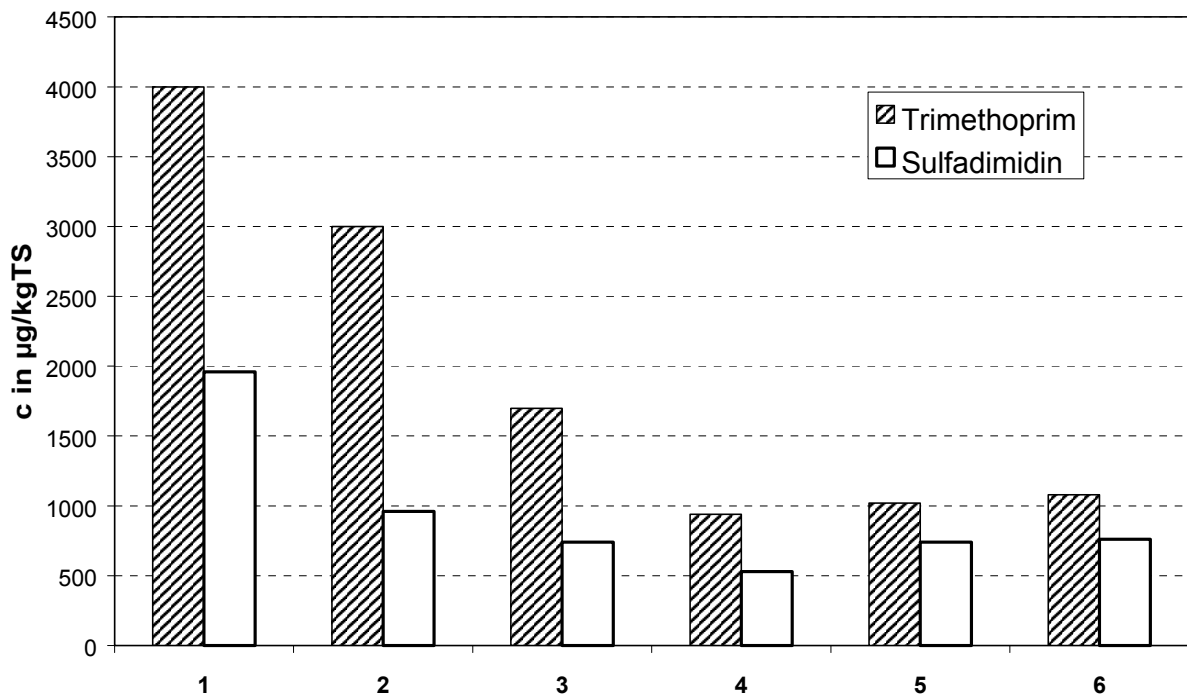


Bild 10.1: Gehalte an Trimethoprim und Sulfadimidin bei sequentieller Mehrfachextraktion einer Putenmistprobe

Man erkennt, dass auch nach 6-facher Extraktion noch erhebliche Mengen an Trimethoprim und Sulfadimidin extrahiert werden. Nach zwei Extraktionen, wie sie bei dem in Kapitel 3.7 für die Analyse von Feststoffproben beschriebenen Verfahren durchgeführt werden, wurden maximal 50 % der gesamten Menge an Arzneimittelwirkstoff erfaßt. Es ist also davon auszugehen, dass die tatsächlichen Gehalte in den Putenmistproben noch deutlich höher sind als die in Tabelle 10.2 angegebenen Werte.

11 Untersuchung von Klärschlamm beaufschlagten Böden

Um die Auswirkungen der Ausbringung von Klärschlamm oder Putenmist, also von Feststoffen, die nach den in Kapitel 9 und 10 beschriebenen Ergebnissen mit Arzneimittelrückständen belastet sind, auf den Boden zu erhalten, wurden verschiedene Bodenproben auf Arzneimittelwirkstoffe untersucht. Hierzu wurde wiederum das in Kapitel 3.7 beschriebene Verfahren zur Bestimmung von Arzneimittelwirkstoffen in Feststoffen angewendet.

Untersucht wurden zum einen fünf Bodenproben, die auf dem Gewann Scheidlich (nördlich von Stutensee-Friedrichstal) aus einer Fläche entnommen wurden, auf die bis vor zwei Jahren zur Düngung regelmäßig Klärschlamm ausgebracht wurde. Der Klärschlamm stammte dabei stets aus demselben Klärwerk, dessen Schlamm für die Untersuchung in Kapitel 9 verwendet wurde und der Arzneimittelwirkstoffe in vergleichsweise hohen Konzentrationen enthielt. Die Bodenproben wurden drei verschiedenen Flächen entnommen, wobei die Flächen F1 und F2 in zwei verschiedenen Tiefen (0 – 30 cm, A_p-Horizont, Sand, schwach schluffig und 30 – 60 cm, B-Horizont, Feinsand, teilweise toniger Mittelsand) beprobt wurden. Die Ergebnisse der Untersuchung aller 5 Bodenproben sind im Anhang in Tabelle A.23 zusammengefaßt. Die Daten zeigen, dass in den untersuchten Proben keine Arzneimittelwirkstoffe in Konzentrationen oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden konnten. Nur in der Probe, die direkt aus der oberflächennahen Schicht der Fläche 1 entnommen wurde, finden sich geringste Spuren an Propranolol, Clenbuterol, Roxithromycin, Clarithromycin und Tylosin. Ein direkter Zusammenhang dieser Befunde mit den Ergebnissen, die bei der Untersuchung der Klärschlammprobe erhalten wurde (siehe Kapitel 9), läßt sich allerdings nicht herstellen.

Weiter wurden zwei Bodenproben untersucht, die in unterschiedlichen Tiefen (0 – 30 cm, A_p-Horizont und 30 – 50 cm, G_o-Horizont) aus einer Fläche entnommen wurden, die seit 1972 einmal jährlich mit Putenmist gedüngt wurden. Gleichzeitig mit der Entnahme der Bodenproben wurde eine Drainwasserprobe aus 80 cm Tiefe entnommen und ebenfalls auf Arzneimittelwirkstoffe untersucht. Alle Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Anhang in Tabelle A.24 zusammengestellt. Man erkennt, dass wiederum nur Spuren an Arzneimittelwirkstoffen in den Bodenproben nachgewiesen werden konnten. Auch hier betreffen die Befunde die oberflächennahe Bodenschicht, was einen Zusammenhang mit der Ausbringung von Putenmist möglich macht. Die Palette der nachgewiesenen Verbindungen steht dagegen nicht in direktem Zusammenhang mit den Befunden in den Putenmistproben. In der untersuchten Drainwasserprobe wurden Spuren an Dehydrato-Erythromycin nachgewiesen, was ebenfalls nicht zwangsläufig mit dem ausgebrachten Putenmist in Verbindung gebracht werden kann. Der Einfluss der Düngung auf die Qualität des Drainwassers kann allerdings an dem Gesamtphosphorgehalt von 0,14 mg/L abgelesen werden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass sich aus den wenigen durchgeführten Untersuchungen von Bodenproben kein direkter Zusammenhang zwischen der Ausbringung von Klärschlamm oder Putenmist und erhöhten Konzentrationen an Arzneimittelrückständen im Boden herstellen läßt.

12 Zusammenfassung

Das Forschungsvorhaben „Vorkommen von Pharmaka und Hormonen in Grund-, Oberflächengewässern und Böden in Baden-Württemberg“ war Teil des vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg geförderten Projekts „Pharmaka und Hormone in der aquatischen Umwelt“. Ziel des Teilprojekts, das am DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe bearbeitet wurde, war es, umfassende und aussagekräftige Daten zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in Grundwässern, Oberflächenwässern sowie in Böden in Baden-Württemberg zu erhalten.

Zunächst wurde unter Beachtung der Vorgaben der BLAC-Arbeitsgruppe und unter Berücksichtigung von Literaturangaben und der Erfahrungen des TZW eine Substanzliste erstellt, die 74 Einzelstoffe umfasste (63 Arzneimittelwirkstoffe und 11 hormonell wirksame Verbindungen). Zur Erfassung dieser 74 Stoffe in Grund- und Oberflächenwässern wurden insgesamt sieben Analyseverfahren entwickelt und optimiert, die jeweils auf einer Festphasenanreicherung an verschiedenen Materialien basieren und zum Nachweis der Stoffe die GC/MS-Technik oder die HPLC/MS-MS-Technik verwenden. Diese Analyseverfahren wurden einer umfangreichen Validierung unterzogen. Im Rahmen der internen Qualitätssicherung wurden die Verfahrensparameter Linearität, Nachweis- und Bestimmungsgrenze, Präzision und Wiederfindung sowie der Matrixeinfluss ermittelt und beurteilt. Als externe Qualitätssicherungsmaßnahme ist die äußerst erfolgreiche Teilnahme an zwei bundesweiten Ringversuchen zur Bestimmung von Arzneimittelwirkstoffen und Steroidhormonen aus Abwasser- und Oberflächenwasserproben zu nennen. Die Ergebnisse der Validierung bestätigen ebenso wie die Auswertung des Ringversuchs die gute Qualität der Analyseverfahren.

Zur Untersuchung des Vorkommens von Arzneimittelwirkstoffen und hormonell wirksamen Verbindungen in Grundwässern in Baden-Württemberg wurden insgesamt mehr als 180 Proben aus 105 Grundwassermessstellen entnommen und auf alle 74 ausgewählten Einzelstoffe analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Reihe von Grundwasserproben Arzneimittel oder hormonell wirksame Verbindungen enthalten. Als relevante Verbindungen wurden insbesondere Sotalol, Phenazon, Propyphenazon, Carbamazepin, Diclofenac, Dehydrato-Erythromycin, Sulfadiazin, Sulfamethoxazol, Iopamidol, Amidotrizoesäure, β -Sitosterol, Bisphenol A, Bisphenol F und iso-Nonylphenol identifiziert, die in mehr als einer Grundwasserprobe nachgewiesen wurden. Die Konzentrationen der nachgewiesenen Verbindungen lagen zwischen 10 und über 1000 ng/L. Eine detaillierte Betrachtung der Grundwassermessstellen und ihrer Einzugsgebiete ergab ebenso wie die Korrelation mit den Bor-Gehalten in den untersuchten Proben, dass für viele Messstellen ein direkter Zusammenhang zwischen den Arzneimittelbefunden im Grundwasser und einer Abwasser-

beeinflussung im Einzugsgebiet besteht. Die Abwasserbeeinflussung kann dabei sowohl durch eine Kläranlage als auch durch einen Abwassersammler gegeben sein.

Zur Untersuchung der Fließgewässerbelastung in Baden-Württemberg mit Arzneimitteln und hormonell wirksamen Verbindungen wurden darüber hinaus an insgesamt sechs Messstellen (Donau bei Wiblingen, Neckar bei Feudenheim, Rhein bei Iffezheim, Körsch bei Friedrichsmühle, Blau bei Söflingen, Elz vor und nach der Einmündung der Dreisam) in etwa zweimonatlichen zeitlichen Abständen Proben entnommen und auf alle 74 Einzelstoffe analysiert. Dabei zeigte sich, dass alle untersuchten Gewässer eine Vielzahl von Arzneimittelwirkstoffen enthielten, wobei die Konzentrationen zwischen 10 ng/L und über 1 µg/L lagen und sehr gut mit dem Abwasseranteil des jeweiligen Gewässers korrelierten. Am häufigsten wurden in den untersuchten Fließgewässern die Betablocker Metoprolol und Sotalol, das Antiepileptikum Carbamazepin, das Schmerzmittel Diclofenac, das Antibiotikum Sulfamethoxazol, Dehydrato-Erythromycin, der Metabolit eines Makrolid-Antibiotikums, die iodierten Röntgenkontrastmittel Iopamidol, Iomeprol und Amidotrizoesäure sowie die hormonell wirksame Industriechemikalie Bisphenol A gefunden. Bei einer ergänzend durchgeführten Längsprofilbeprobung am Neckar und am Rhein, bei der 10 bzw. 30 Proben entnommen wurden, konnten keine Einleitungsschwerpunkte ausgemacht werden. Vielmehr konnte gezeigt werden, dass der Eintrag der Arzneimittel nahezu kontinuierlich über eine Vielzahl von kommunalen Kläranlagen erfolgt.

Die Messungen in Oberflächengewässern wurden ergänzt durch Untersuchungen zum Vorkommen von Arzneimittelrückständen in Schwebstoffen insbesondere aus dem Rhein, dem Neckar und der Körsch. Es zeigte sich, dass die Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe in Schwebstoffen im Spurenbereich und nahe der analytischen Bestimmungsgrenze liegen. Am häufigsten wurden die Antibiotika Clarithromycin, Roxithromycin und Trimethoprim sowie die Betablocker Metoprolol, Propranolol und Sotalol nachgewiesen. Die höchsten Einzelstoffkonzentrationen wurden für Schwebstoffe aus der Körsch ermittelt, die Werte lagen jedoch in allen Fällen unter 20 µg/kg TS.

Bei Untersuchungen zum Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Klärschlämmen in Baden-Württemberg wurden Betablocker (Metoprolol, Sotalol, Propranolol), Antiphlogistika (Phenazon, Propyphenazon), Antiepileptika (Carbamazepin) sowie verschiedene Antibiotika (Roxithromycin, Clarithromycin, Clindamycin, Doxycyclin, Ciprofloxacin, Norfloxacin, Ofloxacin) nachgewiesen, wobei die Konzentrationen bis über 500 µg/kg TS betragen.

Auch bei der Untersuchung zweier Putenmistproben wurden zahlreiche Arzneimittelrückstände in zum Teil erheblichen Konzentrationen gefunden. Auffällig ist dabei, dass neben Tierarzneimitteln wie verschiedenen Antibiotika auch reine Humanarzneimittel wie Schmerzmittel oder Lipidsenker im Putenmist nachgewiesen werden konnten. Die Untersuchung von

Schweinegülle ergab Befunde an verschiedenen Sulfonamiden und Tetracyclinen, die auf den Einsatz dieser Wirkstoffe als Tierarzneimittel zurückzuführen sind.

Zusätzlich wurden verschiedene Böden, die in der Vergangenheit entweder mit Klärschlamm oder mit Putenmist beaufschlagt worden waren, auf Arzneimittelwirkstoffe untersucht. Dabei konnten nur Spuren an Arzneimittelwirkstoffen nachgewiesen werden. Aus den wenigen durchgeführten Untersuchungen von Bodenproben ließ sich kein direkter Zusammenhang zwischen der Ausbringung von Klärschlamm oder Putenmist und erhöhten Konzentrationen an Arzneimittelrückständen im Boden herstellen.

13 Literatur

- [1] Schwabe, U. und Paffrath, D.: Arzneiverordnungsreport '99. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena 1999.
- [2] Rote Liste 1998. Hrsg.: Bundesverband der pharmazeutischen Industrie e.V. Editor Cantor Verlag für Medizin und Naturwissenschaften GmbH, Aulendorf 1998.
- [3] Stan, H.-J., Heberer, Th. und Linkenhägner, M.: Vorkommen von Clofibrinsäure im aquatischen System - Führt die therapeutische Anwendung zu einer Belastung von Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser? *Vom Wasser* 83, 57-68 (1994).
- [4] Ternes, Th. A.: Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. *Wat. Res.* 32, 3245-3260 (1998).
- [5] Sacher, F., Lochow, E, Bethmann, D. und Brauch, H.-J.: Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Oberflächenwässern. *Vom Wasser* 90, 233-243 (1998).
- [6] Daughton, Chr. G. und Ternes, Th. A.: Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? *Environ. Health Perspect.* 107, 907-938 (1999).
- [7] Heberer, Th.: Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: A review of recent research data. *Toxicology Letters* 131, 5-17 (2002).
- [8] Bericht des Bund/Länderausschusses für Chemikaliensicherheit (BLAC): Arzneimittel in der Umwelt – Konzept für ein Untersuchungsprogramm. Hamburg, Oktober 1999.
- [9] DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.: Rückstände von Arzneimitteln in Wasserproben – Befunde und deren Bewertung aus der Sicht der Wasserversorgung. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 54 (1999).
- [10] Gülden, M., Turan, A. und Seibert, H.: Substanzen mit endokriner Wirkung in Oberflächengewässern. *Texte des Umweltbundesamtes* 46/97 (1997).
- [11] Auterhoff, H., Knabe, J. und Höltje, H.-D.: Lehrbuch der Pharmazeutischen Chemie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1994.
- [12] Sacher, F., Lange, F. Th., Brauch, H.-J. und Blankenhorn, I.: Pharmaceuticals in groundwaters – Analytical methods and results of a monitoring program in Baden-Württemberg, Germany. *J. Chromatogr. A* 938 (1-2), 199-210 (2001).
- [13] Mallat, E., Wenz, M. Metzinger, M., Lange, F. Th., Sacher, F. und Brauch, H.-J.: Trace-level determination of iodinated x-ray contrast media by LC-ESI-MS-MS. In Vorbereitung.

- [14] Volmer, D. A. und Hui, J. P. M.: Study of Erythromycin A decomposition in aqueous solution by solid-phase microextraction/liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 12, 123-129 (1998).
- [15] Leclerc, N.: Développement d'une méthode d'analyse de traces de médicaments dans les matières en suspension présentes dans les eaux. Studienbericht, Universität Straßburg (2001).
- [16] Verfahrenskenndaten der chemischen Analytik in der EG-Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Wasser-Information Nr. 59 des DVGW. Bonn 1999.
- [17] DIN 32 645: Chemische Analytik: Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze; Ermittlung unter Wiederholbedingungen; Begriffe, Verfahren, Auswertung. Beuth Verlag Berlin (1994).
- [18] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Analytische Qualitätssicherung (AQS): BLAC-Ringversuch „Arzneimittel in der Umwelt“ München 2000.
- [19] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Analytische Qualitätssicherung (AQS): BLAC-Ringversuch „Arzneimittel in der Umwelt“ München 2001.
- [20] WWF World Wild Fund for Nature: Bisphenol A: A known endocrine disruptor. WWF European Toxics Programme Report (2000).
- [21] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 2000. LfU Baden-Württemberg, Karlsruhe 2001.
- [22] Brauch, H.-J., Sacher, F., Denecke, E. und Tacke, T.: Wirksamkeit der Uferfiltration für die Entfernung von polaren organischen Spurenstoffen. *gwf Wasser Abwasser* 141 (4), 226-234 (2000).
- [23] Sacher, F., Brauch, H.-J. und Kühn, W.: Fate studies of hydrophilic organic micropollutants in riverbank filtration. *IAWR-Rheinthemen* 4, 139-148 (2001).
- [24] Schlett, C. und Pfeifer, B.: Bestimmung von Steroidhormonen in Trink- und Oberflächenwässern. *Vom Wasser* 87, 327-333 (1996).
- [25] Ternes, Th. A., Stumpf, M., Müller, J., Haberer, K., Wilken, R.-D. und Servos, M.: Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants – I. Investigations in Germany, Canada and Brazil. *Sci Total Environ.* 225, 81-90 (1999).
- [26] Daten der Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg.
- [27] Fleig, M.: Frachtabschätzung – Methoden und Vergleich. Jahresbericht der Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e.V. (ARW) 58, 63-80 (2002).

- [28] Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des Umwelt- und Verkehrsministeriums Baden-Württemberg: „Übersichtsuntersuchungen zum Vorkommen von Xenobiotika mit toxikologischer oder endokriner Wirkung in Schwebstoffen und Sedimenten“, Bericht der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 67 (2001).
- [29] Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des Umwelt- und Verkehrsministeriums Baden-Württemberg: „Schwer abbaubare Substanzen mit estrogenartiger Wirkung in Abwasser – Identifizierung, Quantifizierung und Abschätzung des Gefährdungspotentials durch Kombination von HPLC-MS und in vitro-Biotest (E-Screen-Assay)“, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) an der Universität Stuttgart, Stuttgart (2000).
- [30] Spengler, P., Körner, W. und Metzger, J. W.: Substances with estrogenic activity in effluents of sewage treatment plants in South West Germany. Part I: Chemical analysis. *Environ. Toxicol. Chem.* 20, 2133-2141 (2001).
- [31] Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des Umwelt- und Verkehrsministeriums Baden-Württemberg: „Schwer abbaubare Substanzen mit estrogenartiger Wirkung im Abwasser – Identifizierung und Quantifizierung durch die Kombination von GC-MS und in-vitro-Biotest (E-Screen-Assay)“, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) an der Universität Stuttgart, Stuttgart (2001).
- [32] Golet, E., Alder, A.C., Hartmann, A., Ternes, Th. A. und Giger, W.: Trace-determination of fluoroquinolone antibacterial agents in urban wastewater by solid-phase extraction and liquid chromatography with fluorescence detection. *Anal. Chem.* 73, 3632-3638 (2001).
- [33] Winckler, Ch. und Grafe, A.: Charakterisierung und Verwertung von Abfällen aus der Massentierhaltung unter Berücksichtigung verschiedener Böden. *Texte des Umweltbundesamtes 44/00* (2000).
- [34] Hamscher, G., Sczesny, S., Höper, H. und Nau, H.: Determination of persistent tetracycline residues in soil fertilized with liquid manure by high-performance liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Anal. Chem.* 74, 1509-1518 (2002).

Anhang

Tabelle A.1: Daten zu den untersuchten Arzneimittelwirkstoffen

Tabelle A.2: Daten zu den untersuchten hormonell wirksamen Verbindungen

Tabelle A.3: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in 105 Grundwassermessstellen im Herbst 2000 (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.4: Ergebnisse für Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in ausgewählten Grundwassermessstellen; diese Ergebnisse wurden im Oktober 2001 durch die LfU Baden-Württemberg an die BLAC-Arbeitsgruppe bzw. das Umweltbundesamt gemeldet (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.5: Ergebnisse für Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in ausgewählten Grundwassermessstellen im Jahr 2001 (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.6: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in Grundwassermessstellen in der Nähe der Körsch (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.7: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in der Donau bei Wiblingen (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.8: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen im Rhein bei Iffezheim (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.9: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen im Neckar bei Feudenheim (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.10: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in der Körsch bei Friedrichsmühle (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.11: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in der Blau bei Söflingen (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.12: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen in der Elz (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.13: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen im Längsprofil des Neckars (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.14: Ergebnisse für 74 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Verbindungen im Längsprofil des Rheins (Bestimmungsgrenzen siehe Text)

Tabelle A.15: Arzneimittelwirkstoffe in Schwebstoffproben aus dem Rhein bei Iffezheim (XX334) und Mannheim (XX426) (Angaben in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)

Tabelle A.16: Arzneimittelwirkstoffe in Schwebstoffproben aus dem Neckar bei Feudenheim (Angaben in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)

Tabelle A.17: Arzneimittelwirkstoffe in Schwebstoffproben aus verschiedenen Fließgewässern (Angaben in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS; zur Bezeichnung der Schwebstoffproben siehe Text)

Tabelle A.18: Arzneimittelwirkstoffe in einer Klärschlammprobe aus der Kläranlage Kammerfrost (Angaben in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)

Tabelle A.19: Arzneimittelwirkstoffe in 32 Klärschlammen aus Kläranlagen in Baden-Württemberg (Angaben in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)

Tabelle A.20: Arzneimittelwirkstoffe im bei der Zentrifugation der Flüssigschlämme abgetrennten Wasser (Angaben in ng/L TS)

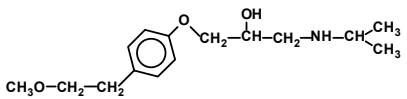
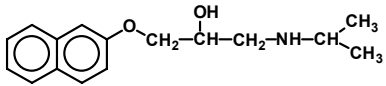
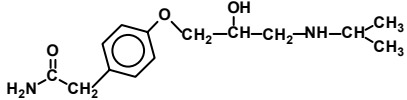
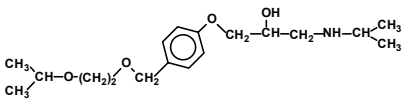
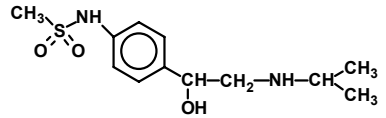
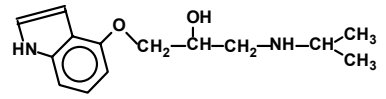
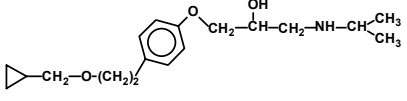
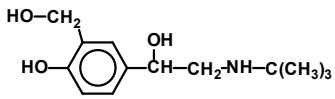
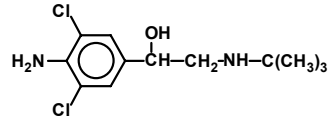
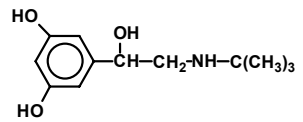
Tabelle A.21: Arzneimittelwirkstoffe in Schweinegülle (Angaben in $\mu\text{g}/\text{L}$)

Tabelle A.22: Arzneimittelwirkstoffe in Putenmist (Angaben in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)

Tabelle A.23: Arzneimittelwirkstoffe in Bodenproben (Probenahmestelle: Friedrichstal, Gewann Scheidlich)

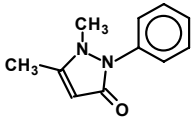
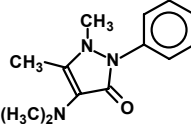
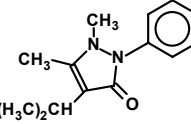
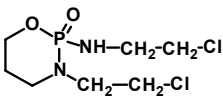
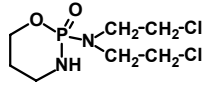
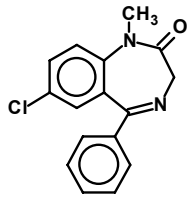
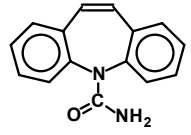
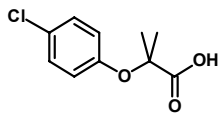
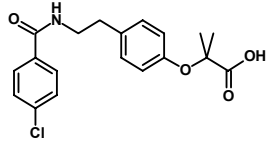
Tabelle A.24: Arzneimittelwirkstoffe in Bodenproben und Drainwasser (Probenahmestelle: Rot am See)

Tabelle A.1: Daten der Arzneimittelwirkstoffe

Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Metoprolol C ₁₅ H ₂₅ NO ₃	β-Rezeptorenblocker	54163-88-1 Racemat: 37350-58-6	
Propranolol C ₁₆ H ₂₁ NO ₂	β-Rezeptorenblocker	525-66-6	
Atenolol C ₁₄ H ₂₂ N ₂ O ₃	β-Rezeptorenblocker	29122-68-7	
Bisoprolol C ₁₈ H ₃₁ NO ₄	β-Rezeptorenblocker	66722-44-9	
Sotalol C ₁₂ H ₂₀ N ₂ O ₃ S	β-Rezeptorenblocker	3930-20-9	
Pindolol C ₁₄ H ₂₀ N ₂ O ₂	β-Rezeptorenblocker	13523-86-9	
Betaxolol C ₁₈ H ₂₉ NO ₃	β-Rezeptorenblocker	63659-18-7	
Salbutamol C ₁₃ H ₂₁ NO ₃	Broncholytikum	18559-94-9	
Clenbuterol C ₁₂ H ₁₈ Cl ₂ N ₂ O	Broncho- spasmolytikum	37148-27-9	
Terbutalin C ₁₂ H ₁₉ NO ₃	Broncholytikum	23031-25-6	

...

Tabelle A.1 Fortsetzung: Daten der Arzneimittelwirkstoffe

Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Phenazon C ₁₁ H ₁₂ N ₂ O	Analgetikum	60-80-0	
Dimethylaminophenazon (Aminophenazon) C ₁₃ H ₁₇ N ₃ O	Analgetikum Antipyretikum Antiphlogistikum (seit 1978 nicht mehr im Handel)	58-15-1	
Propyphenazon C ₁₄ H ₁₈ N ₂ O	Analgetikum Antipyretikum	479-92-5	
Ifosfamid C ₇ H ₁₅ Cl ₂ N ₂ O ₂ P	Cytostatikum Immunsuppressivum	3778-73-2	
Cyclophosphamid C ₇ H ₁₅ Cl ₂ N ₂ O ₂ P	Cytostatikum	50-18-0	
Diazepam C ₁₆ H ₁₃ ClN ₂ O	Tranquilizer	439-14-5	
Carbamazepin C ₁₅ H ₁₂ N ₂ O	Antiepileptikum Antidepressivum	298-46-4	
Clofibrinsäure C ₁₀ H ₁₁ ClO ₃	Lipidsenker, Metabolit	882-09-7	
Bezafibrat C ₁₉ H ₂₀ ClNO ₄	Lipidsenker	41859-67-0	

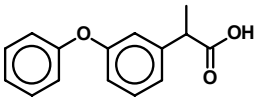
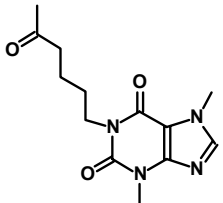
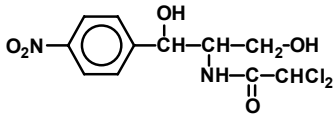
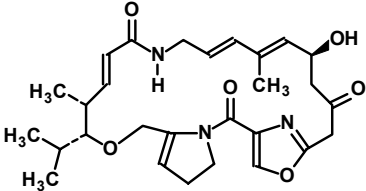
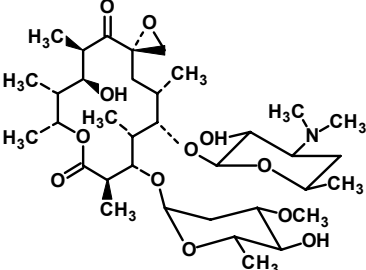
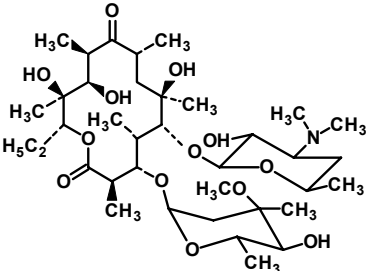
...

Tabelle A.1 Fortsetzung: Daten der Arzneimittelwirkstoffe

Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Fenofibrinsäure C ₁₇ H ₁₁ Cl ₅ O ₄	Lipidsenker Metabolit von Fenofibrat	42017-89-0	
Gemfibrozil C ₁₅ H ₂₂ O ₃	Lipidsenker	25812-30-0	
Fenofibrat C ₂₀ H ₂₂ ClO ₄	Lipidsenker	49562-28-9	
Etofibrat C ₁₈ H ₁₈ ClNO ₅	Lipidsenker	31637-97-5	
Diclofenac C ₁₄ H ₁₁ Cl ₂ NO ₂	Analgetikum Antiphlogistikum Antirheumatikum	15307-79-6	
Ketoprofen C ₁₆ H ₁₄ O ₃	Analgetikum Antiphlogistikum	22071-15-4	
Ibuprofen C ₁₃ H ₁₈ O ₂	Analgetikum Antiphlogistikum	15687-27-1	
Indometacin C ₁₉ H ₁₆ ClNO ₄	Analgetikum Antiphlogistikum	53-86-1	
Naproxen C ₁₄ H ₁₄ O ₃	Analgetikum Antiphlogistikum Antipyretikum	22204-53-1	

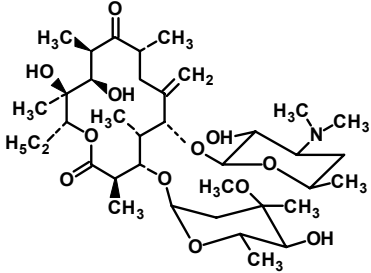
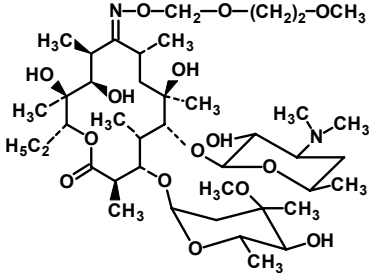
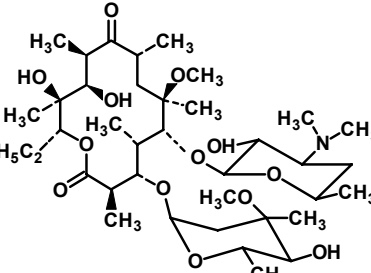
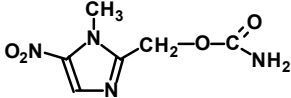
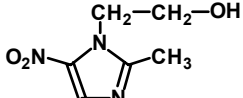
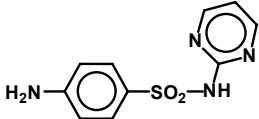
...

Tabelle A.1 Fortsetzung: Daten der Arzneimittelwirkstoffe

Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Fenoprofen $C_{15}H_{14}O_3$	Antirheumatikum	31879-05-7	
Pentoxifyllin $C_{12}H_{18}N_4O_3$	Vasodilatator (durchblutungs- förderndes Mittel)	6493-05-6	
Chloramphenicol $C_{11}H_{12}Cl_2N_2O_5$	Antibiotikum	56-75-7	
Virginiamycin $C_{28}H_{35}N_3O_7$ (Faktor M ₁)	Antibiotikum (Leistungsförderer)	21411-53-0	
Oleandomycin $C_{35}H_{61}NO_{12}$	Makrolid-Antibiotikum	3922-90-5	
Erythromycin $C_{37}H_{67}NO_{13}$ (Erythromycin A)	Makrolid-Antibiotikum	114-07-8	

...

Tabelle A.1 Fortsetzung: Daten der Arzneimittelwirkstoffe

Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Dehydrato-Erythromycin C ₃₇ H ₆₅ NO ₁₂	Metabolit von Erythromycin (besitzt keine antibakterielle Aktivität)	-	
Roxithromycin C ₄₁ H ₇₆ N ₂ O ₁₅	Makrolid-Antibiotikum	80214-83-1	
Clarithromycin C ₃₈ H ₆₉ NO ₁₃	Makrolid-Antibiotikum	81103-11-9	
Ronidazol C ₆ H ₈ N ₄ O ₄	Nitroimidazol-Antibiotikum	7681-76-7	
Metronidazol C ₆ H ₉ N ₃ O ₃	Nitroimidazol-Antibiotikum	443-48-1	
Sulfadiazin C ₁₀ H ₁₀ N ₄ O ₂ S	Sulfonamid-Antibiotikum	68-359	

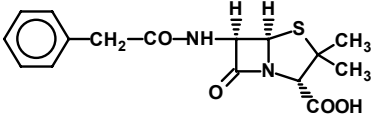
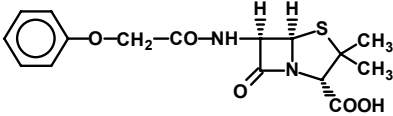
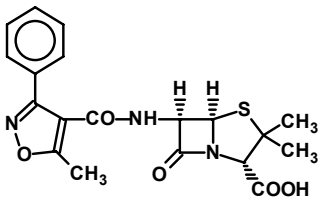
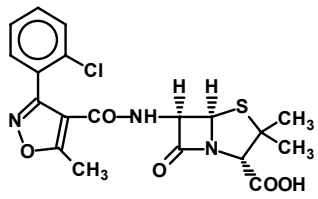
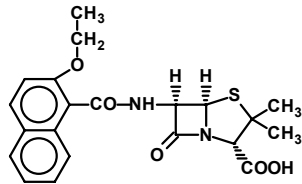
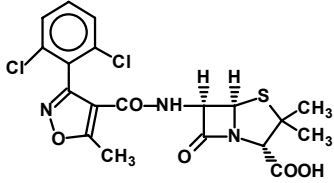
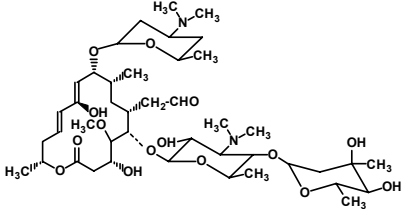
...

Tabelle A.1 Fortsetzung: Daten der Arzneimittelwirkstoffe

Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Sulfamerazin C ₁₁ H ₁₂ N ₄ O ₂ S	Sulfonamid-Antibiotikum	127-79-7	
Furazolidon C ₈ H ₇ N ₃ O ₅	Antibiotikum	67-45-8	
Sulfadimidin (früher: Sulfamethazin) C ₁₂ H ₁₄ N ₄ O ₂ S	Sulfonamid-Antibiotikum	57-68-1	
Sulfamethoxazol C ₁₀ H ₁₁ N ₃ O ₃ S	Sulfonamid-Antibiotikum	723-46-6	
Dapson C ₁₂ H ₁₂ N ₂ O ₂ S	Chemotherapeutikum	80-08-0	
Trimethoprim C ₁₄ H ₁₈ N ₄ O ₃	Chemotherapeutikum	738-70-5	
Monensin (Monensin A) C ₃₆ H ₃₆ O ₁₁	Polyether-Antibiotikum (Futtermittelzusatz)	17090-79-8	
Amoxicillin C ₁₆ H ₁₉ N ₃ O ₅ S	Penicillin-Antibiotikum	61336-70-7	

...

Tabelle A.1 Fortsetzung: Daten der Arzneimittelwirkstoffe

Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Penicillin G (Benzylpenicillin) $C_{16}H_{18}N_2O_4S$	Penicillin-Antibiotikum	61-33-6	
Penicillin V (Phenoxymethylpenicillin) $C_{16}H_{18}N_2O_5S$	Penicillin-Antibiotikum	87-08-1	
Oxacillin $C_{19}H_{19}N_3O_5S$	Penicillin-Antibiotikum	66-79-5	
Cloxacillin $C_{19}H_{18}ClN_3O_5S$	Penicillin-Antibiotikum	61-72-3	
Nafcillin $C_{21}H_{22}N_2O_5S$	Antibiotikum	147-52-4	
Dicloxacillin $C_{19}H_{17}Cl_2N_3O_5S$	Penicillin-Antibiotikum	3116-76-5	
Spiramycin $C_{43}H_{74}N_2O_{14}$ (Komponente I)	Makrolid-Antibiotikum	8025-81-8	

...

Tabelle A.1 Fortsetzung: Daten der Arzneimittelwirkstoffe

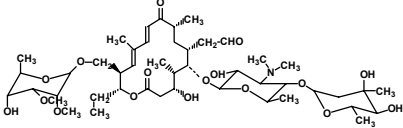
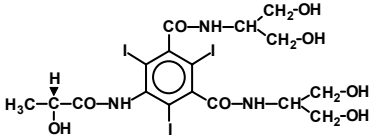
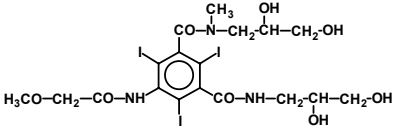
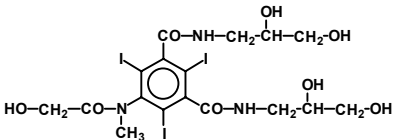
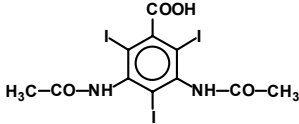
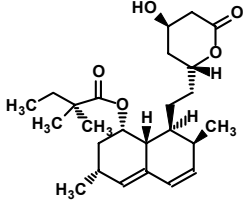
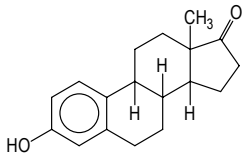
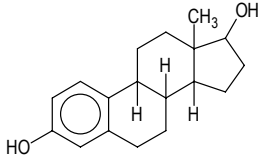
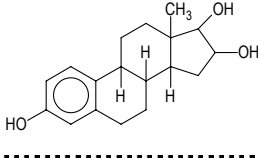
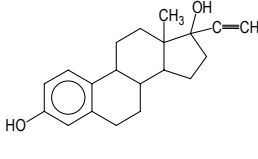
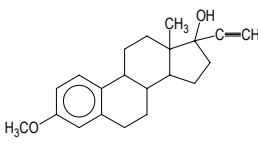
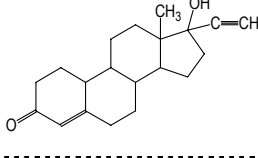
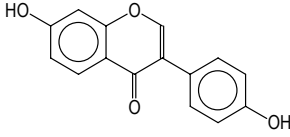
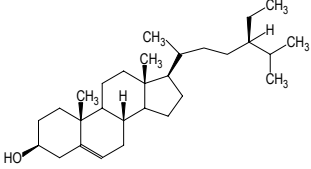
Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Tylosin $C_{46}H_{77}NO_{17}$	Makrolid-Antibiotikum	1401-69-0	
Iopamidol $C_{17}H_{22}I_3N_3O_8$	Röntgenkontrastmittel	62883-00-5	
Iopromid $C_{18}H_{24}I_3N_3O_8$	Röntgenkontrastmittel	73334-07-3	
Iomeprol $C_{17}H_{22}I_3N_3O_8$	Röntgenkontrastmittel	78649-41-9	
Amidotrizoesäure $C_{11}H_{19}I_3N_2O_4$	Röntgenkontrastmittel	131-49-7	
Simvastatin $C_{25}H_{38}O_5$	Lipidsenker	79902-63-9	

Tabelle A.2: Daten der hormonell wirksamen Verbindungen

Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
Estron 3-Hydroxyestra-1,3,5(10)- trien-17-on $C_{18}H_{22}O_2$	natürliches Östrogen	53-16-7	
17-β-Estradiol Estra-1,3,5(10)-trien- 3,17β-diol $C_{18}H_{24}O_2$	natürliches Östrogen	50-28-2	
Estriol Estra-1,3,5(10)-trien- 3,16α,17β-triol $C_{18}H_{24}O_3$	natürliches Östrogen	50-27-1	
17-α-Ethinylestradiol 19-Nor-17α-pregna- 1,3,5(10)-trien-20-in-3,17- diol $C_{20}H_{24}O_2$	synthetisches Östrogen	57-63-6	
Mestranol 3-Methoxy-19-nor-17α- pregna-1,3,5(10)-trien-20- in-17-ol $C_{21}H_{26}O_2$	synthetisches Östrogen 3-Methylether des 17α-Ethinylestradiols	72-33-3	
Norethisteron 17β-Hydroxy-19-nor-17α- pregn-4-en-20-in-3-on $C_{20}H_{26}O_2$	synthetisches Östrogen	68-22-4	
Daidzein 4',7-Dihydroxy-3-phenyl- 4H-1-benzopyran-4-on $C_{15}H_{10}O_4$	Isoflavon (Pflanzenfarbstoff, natürl. Vorkommen in Sojamehl)	486-66-8	
β-Sitosterol 5-Stigmasten-3β-ol $C_{29}H_{50}O$	Phytoöstrogen (natürl. Vorkommen z.B. in Sojaöl)	83-46-5	

...

Tabelle A.2 Fortsetzung: Daten der hormonell wirksamen Verbindungen

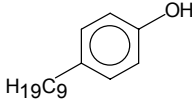
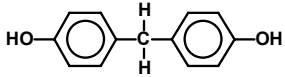
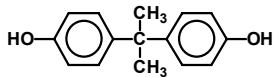
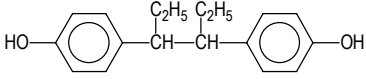
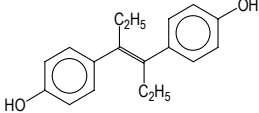
Verbindung	Anwendung	CAS-Nr.	Strukturformel
iso-Nonylphenol (Isomerengemisch) $C_{15}H_{24}O$	Industriechemikalie	25154-52-3	
Bisphenol F $C_{13}H_{12}O_2$	Industriechemikalie	2467-02-9	
Bisphenol A $C_{15}H_{16}O_2$	Industriechemikalie	80-05-7	
Hexestrol 3,4-Bis(4-hydroxyphenyl)- hexan $C_{18}H_{22}O_2$	synthetisches Östrogen	84-16-2	
Diethylstilbestrol α, α' -Diethyl-4,4'-dihydroxy- stilben $C_{18}H_{20}O_2$	synthetisches Östrogen	56-53-1	

Tabelle A.3: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0171/259-5	0983/259-5	0600/605-4	0018/666-6	0001/716-8	0127/715-1	0007/308-4	0008/022-7
PN-Datum:	01.09.00	04.09.00	04.09.00	06.09.00	05.09.00	04.09.00	06.09.00	06.09.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	15	< BG	< BG	25	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	10	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	(7,3)	< BG	(5,2)	(8,9)	(8,9)	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	(9,4)	< BG	< BG	31
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	18	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG	< BG	100	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	58	< BG	< BG	< BG	< BG	26	34	51
Bisphenol A	33	12	< BG	(7,8)	12	11	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	76	270	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	440	170	46	< BG	26	27	99	59
B (BG = 0,02 mg/L)	0,03	0,11	< BG	< BG	0,16	< BG	0,13	0,03

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0015/364-0	0001/314-4	0928/260-7	0019/371-8	0119/257-5	0119/307-5	0351/115-1	0028/705-2
PN-Datum:	06.09.00	06.09.00	07.09.00	06.09.00	07.09.00	07.09.00	07.09.00	06.09.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(6,2)	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	29	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	(5,5)	11	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	10	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidoctrizoensäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	26	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	< BG	< BG	(5,5)	21	< BG	1600	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	53	120	83	48	190	380	5000	38
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	< BG	< BG	0,02	0,05	0,15	0,07	< BG

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0197/306-3	0085/660-8	0080/162-3	2011/512-0	2074/512-5	0015/459-3	0031/459-6	0072/507-8
PN-Datum:	07.09.00	07.09.00	12.09.00	12.09.00	11.09.00	11.09.00	12.09.00	11.09.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	49
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	11
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	900
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	14
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	590
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(5,4)
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	10
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	23	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	410
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	300
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	12	< BG	24	25	< BG	68
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	27	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	45	(5,7)	97	(7,6)	20	< BG	10
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	41	260	280	< BG	< BG	670	< BG	62
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	< BG	0,02	0,44	0,03	0,15	0,08	0,25

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0001/557-6	0003/709-3	0001/710-1	0318/070-8	0069/019-6	0213/410-0	0007/360-4	1674/305-6
PN-Datum:	12.09.00	11.09.00	11.09.00	13.09.00	13.09.00	12.09.00	12.09.00	13.09.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	(5,7)	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoensäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(5,6)	12	13
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β -Sitosterol	< BG	< BG	< BG	< BG	34	26	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	180	170
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	91	< BG	83	70	150	120	83	61
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	< BG	0,07	< BG	< BG	0,08	0,04	0,14

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	1141/306-7	0164/307-2	0129/306-1	0030/306-0	0133/254-6	0076/861-9	0082/861-3	0022/656-6
PN-Datum:	12.09.00	12.09.00	12.09.00	12.09.00	12.09.00	12.09.00	13.09.00	13.09.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	110	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(5,4)	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	12	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	560	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	12	< BG	< BG	(9,3)	< BG
Phenazon	< BG	14	14	< BG	(8,5)	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	(8,1)	19	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	180	530	< BG	17	630	42
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	38	< BG	< BG	< BG	580	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	22	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	(5,0)	(5,1)	< BG	< BG	< BG	24	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	26	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(5,8)	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	17	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	(6,4)	< BG	< BG	33	< BG	86	100	22
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	16	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	(8,8)	< BG	< BG	100	< BG	(5,7)	59	130
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	38	< BG	< BG	30	< BG	< BG	35	< BG
Bisphenol A	210	170	380	280	(6,4)	< BG	31	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	640	210	1100	760	77	100	< BG	90
B (BG = 0,02 mg/L)	0,26	0,19	0,24	0,35	0,04	0,04	0,37	0,08

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0600/554-9	0001/455-3	0902/355-1	0110/116-6	0006/707-4	1150/512-0	0007/513-3	0196/769-6
PN-Datum:	14.09.00	14.09.00	13.09.00	14.09.00	12.09.00	18.09.00	18.09.00	18.09.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(6,7)	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	12	< BG	230	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	79	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(6,5)	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	61	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	1100	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	260	< BG	92	< BG	< BG	< BG	< BG	130
Bisphenol A	< BG	< BG	< BG	390	< BG	< BG	17	(5,0)
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	46
iso-Nonylphenol	42	50	52	1200	75	150	39	23
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	< BG	< BG	0,11	0,04	0,16	0,04	< BG

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0154/767-1	0126/459-5	0005/860-6	0002/761-8	0003/863-3	0600/662-8	0034/458-8	0011/366-4
PN-Datum:	18.09.00	18.09.00	18.09.00	18.09.00	18.09.00	18.09.00	18.09.00	19.09.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoensäure	< BG	40	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	33	< BG	< BG
Bisphenol A	(9,0)	< BG	12	< BG	< BG	< BG	(6,7)	< BG
Bisphenol F	88	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	34	47	< BG	31	42	26	< BG	< BG
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	0,07	0,29	< BG	< BG	0,06	< BG	< BG

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0010/320-8	0602/213-1	0600/261-2	0001/265-0	0002/121-6	0004/368-0	0069/358-1	0050/565-0
PN-Datum:	19.09.00	21.09.00	21.09.00	21.09.00	19.09.00	19.09.00	22.09.00	25.09.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	12	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	27
Bisphenol A	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	29	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
B (BG = 0,02 mg/L)	0,19	< BG	< BG	0,03	< BG	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0600/222-6	0001/173-4	0011/604-0	0024/653-9	0161/814-6	0112/812-0	0017/664-5	0246/412-0
PN-Datum:	25.09.00	25.09.00	25.09.00	25.09.00	27.09.00	26.09.00	26.09.00	02.10.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	11	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	19	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoensäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	93
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	< BG	< BG	< BG	50	(5,1)	< BG	78
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	39	44	< BG	31	100	31	< BG
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	< BG	< BG	0,03	< BG	< BG	0,05	< BG

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	1222/511-6	0105/067-5	0602/521-3	0001/418-0	0287/114-3	0600/073-4	0001/117-3	0001/420-1
PN-Datum:	04.10.00	04.10.00	05.10.00	04.10.00	10.10.00	09.10.00	10.10.00	09.10.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	15	< BG	< BG	28
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amido-trizoessäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	60	< BG	< BG	47	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	87	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	7100	< BG	< BG	44	50	< BG	78
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	0,03	< BG	< BG	0,04	0,02	< BG	< BG

Tabelle A.3 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0600/220-3	0244/612-9	0401/561-2	0600/169-7	0104/464-0	0165/464-4	0020/619-9	0174/668-5	0010/721-9
PN-Datum:	09.10.00	09.10.00	10.10.00	11.10.00	11.10.00	11.10.00	09.10.00	09.10.00	10.10.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	130	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	21	< BG	< BG	32	33	44	38	49	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	15	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoensäure	< BG	< BG	(7,0)	< BG	350	16	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	< BG	26	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	99	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(7,0)	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	< BG	< BG	130	180	< BG	73	< BG	74
B (BG = 0,02 mg/L)	0,02	0,07	0,07	< BG	0,15	0,14	0,02	0,03	< BG

Tabelle A.4: Ergebnisse BLAC-GW-Messstellen (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0119/257-5	0119/257-5	0119/257-5	0318/070-8	0318/070-8	0318/070-8
PN-Datum:	07.09.00	23.03.01	04.09.01	13.09.00	21.05.01	03.09.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	12	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	29	29	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	-	-	< BG	-	-
Estradiol	< BG	-	-	< BG	-	-
Estriol	< BG	-	-	< BG	-	-
Ethinylestradiol	< BG	-	-	< BG	-	-
Mestranol	< BG	-	-	< BG	-	-
Norethisteron	< BG	-	-	< BG	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	-	-	< BG	-	-
Diethylstilbestrol	< BG	-	-	< BG	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	140	< BG	10	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	-	-	< BG	-	-
β-Sitosterol	< BG	-	-	< BG	-	-
Bisphenol A	21	-	-	< BG	-	-
Bisphenol F	< BG	-	-	< BG	-	-
iso-Nonylphenol	190	-	-	70	-	-
B (BG = 0,02 mg/L)	0,05	0,05	0,05	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.4 Fortsetzung: Ergebnisse BLAC-GW-Messstellen (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0082/861-3	0082/861-3	0082/861-3	0082/861-3	0082/861-3
PN-Datum:	13.09.00	29.01.01	22.05.01	09.07.01	10.09.01
Metoprolol	110	100	140	92	88
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	12	24	22	10	10
Sotalol	560	420	280	360	400
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	14
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	630	170	220	140	750
Clofibrinsäure	< BG	190	65	44	49
Bezafibrat	< BG	990	250	85	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	43
Fenofibrinsäure	< BG	88	62	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	580	660	720	540	460
Ketoprofen	< BG	61	61	29	< BG
Ibuprofen	< BG	170	100	< BG	100
Indometacin	22	88	140	110	96
Naproxen	< BG	< BG	11	< BG	18
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	-	-	-	-
Estradiol	< BG	-	-	-	-
Estriol	< BG	-	-	-	-
Ethinylestradiol	< BG	-	-	-	-
Mestranol	< BG	-	-	-	-
Norethisteron	< BG	-	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	24	700	30	14	38
Roxithromycin	26	34	25	< BG	70
Clarithromycin	< BG	43	16	< BG	30
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	100	91	100	57	140
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	23	23	15	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Penicillin G	< BG	-	< BG	-	< BG
Penicillin V	< BG	-	< BG	-	< BG
Oxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Cloxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Nafcillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Dicloxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	16
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	-	-	-	-
Diethylstilbestrol	< BG	-	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	240
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	59	71	27	< BG	280
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	-	-	-	-
β-Sitosterol	35	-	-	-	-
Bisphenol A	31	-	-	-	-
Bisphenol F	< BG	-	-	-	-
iso-Nonylphenol	< BG	-	-	-	-
B (BG = 0,02 mg/L)	0,37	0,28	0,23	0,21	0,33

Tabelle A.4 Fortsetzung: Ergebnisse BLAC-GW-Messstellen (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	1150/512-0	1150/512-0	1150/512-0	1150/512-0	1150/512-0
PN-Datum:	18.09.00	29.01.01	22.05.01	09.07.01	05.09.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	12
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	230	130	94	30	190
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	-	-	-	-
Estradiol	< BG	-	-	-	-
Estriol	< BG	-	-	-	-
Ethinylestradiol	< BG	-	-	-	-
Mestranol	< BG	-	-	-	-
Norethisteron	< BG	-	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	79	43	35	41	71
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Penicillin G	< BG	-	< BG	-	< BG
Penicillin V	< BG	-	< BG	-	< BG
Oxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Cloxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Nafcillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Dicloxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	-	-	-	-
Diethylstilbestrol	< BG	-	-	-	-
Iopamidol	61	51	88	92	110
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	1100	290	240	370	550
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	-	-	-	-
β-Sitosterol	< BG	-	-	-	-
Bisphenol A	< BG	-	-	-	-
Bisphenol F	< BG	-	-	-	-
iso-Nonylphenol	150	-	-	-	-
B (BG = 0,02 mg/L)	0,16	0,13	0,1	0,12	0,15

Tabelle A.4 Fortsetzung: Ergebnisse BLAC-GW-Messstellen (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0126/459-5	0126/459-5	0126/459-5	0126/459-5	0126/459-5
PN-Datum:	18.09.00	11.01.01	29.05.01	16.07.01	03.09.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	-	-	-	-
Estradiol	< BG	-	-	-	-
Estriol	< BG	-	-	-	-
Ethinylestradiol	< BG	-	-	-	-
Mestranol	< BG	-	-	-	-
Norethisteron	< BG	-	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	-	-	-	< BG
Penicillin G	< BG	-	-	-	< BG
Penicillin V	< BG	-	-	-	< BG
Oxacillin	< BG	-	-	-	< BG
Cloxacillin	< BG	-	-	-	< BG
Nafcillin	< BG	-	-	-	< BG
Dicloxacillin	< BG	-	-	-	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	-	-	-	-
Diethylstilbestrol	< BG	-	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	40	22	43	43	31
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	-	-	-	-
β-Sitosterol	< BG	-	-	-	-
Bisphenol A	< BG	-	-	-	-
Bisphenol F	< BG	-	-	-	-
iso-Nonylphenol	47	-	-	-	-
B (BG = 0,02 mg/L)	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06

Tabelle A.4 Fortsetzung: Ergebnisse BLAC-GW-Messstellen (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0001/265-0	0001/265-0	0001/265-0	0001/265-0	0011/604-0	0011/604-0	0011/604-0
PN-Datum:	21.09.00	09.05.01	05.07.01	12.09.01	25.09.00	17.05.01	04.09.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	92	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Estradiol	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Estriol	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Ethinylestradiol	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Mestranol	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Norethisteron	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	-	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	-	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	-	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	-	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	-	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	-	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	-	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Diethylstilbestrol	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoosäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	-	-	-	< BG	-	-
β-Sitosterol	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Bisphenol A	< BG	-	-	-	< BG	-	-
Bisphenol F	< BG	-	-	-	< BG	-	-
iso-Nonylphenol	< BG	-	-	-	44	-	-
B (BG = 0,02 mg/L)	0,03	< BG	< BG	< BG	< BG	0,02	0,02

Tabelle A.4 Fortsetzung: Ergebnisse BLAC-GW-Messstellen (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0174/668-5	0174/668-5	0174/668-5	0174/668-5
PN-Datum:	09.10.00	29.05.01	16.07.01	05.09.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	12
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	-	-	-
Estradiol	< BG	-	-	-
Estriol	< BG	-	-	-
Ethinylestradiol	< BG	-	-	-
Mestranol	< BG	-	-	-
Norethisteron	< BG	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	-	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	-	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	-	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	-	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	-	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	-	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	-	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	-	-	-
Diethylstilbestrol	< BG	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	-	-	-
β-Sitosterol	< BG	-	-	-
Bisphenol A	< BG	-	-	-
Bisphenol F	< BG	-	-	-
iso-Nonylphenol	< BG	-	-	-
B (BG = 0,02 mg/L)	0,03	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.5: Ergebnisse Grundwasser 2001 (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0171/259-5	0600/605-4	0127/715-1	0008/022-7	0008/022-7	0001/314-4	0001/314-4	0928/260-7
PN-Datum:	19.03.01	13.03.01	13.03.01	13.03.01	16.05.01	14.03.01	16.05.01	22.03.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	-	-	-	-	-	-	-	-
Estradiol	-	-	-	-	-	-	-	-
Estriol	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethinylestradiol	-	-	-	-	-	-	-	-
Mestranol	-	-	-	-	-	-	-	-
Norethisteron	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	-	-	-	-	-	-	-	-
Amoxicillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillin G	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillin V	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxacillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloxacillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Nafcillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicloxacillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	-	-	-	-	-	-	-	-
Diethylstilbestrol	-	-	-	-	-	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amido-trizoessäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	-	-	-	-	-	-	-	-
β-Sitosterol	100	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	51	< BG	49	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
B (BG = 0,02 mg/L)	0,03	< BG	< BG	0,03	0,04	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.5 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser 2001 (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0019/371-8	0351/115-1	0085/660-8	0080/162-3	0072/507-8	0001/557-6	0001/710-1	0213/410-0
PN-Datum:	20.03.01	14.03.01	13.03.01	12.03.01	06.09.01	13.03.01	27.03.01	20.03.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	48	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	450	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	13	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	300	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	13	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Estradiol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Estriol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Ethinylestradiol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Mestranol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Norethisteron	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	31	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	20	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	320	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Amoxicillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Penicillin G	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Penicillin V	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Oxacillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Cloxacillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Nafcillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Dicloxacillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Diethylstilbestrol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotriazoensäure	< BG	< BG	< BG	17	150	< BG	< BG	14
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	-	-	-	-	< BG	-	-	-
β-Sitosterol	< BG	< BG	28	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	1200	51	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	< BG	< BG	30	< BG	< BG	< BG	< BG
B (BG = 0.02 mg/L)	< BG	0.03	< BG	< BG	0.21	< BG	0.06	0.08

Tabelle A.5 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser 2001 (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0129/306-1	0133/254-6	0076/861-9	0022/656-6	0022/656-6	0048/623-2	0006/707-4	0007/513-3
PN-Datum:	04.09.01	05.03.01	10.09.01	13.03.01	04.09.01	15.03.01	13.03.01	08.03.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	16	11	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	16	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	57	< BG	140	22	57	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	20	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	43	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	-	< BG	-	-	-	-	-
Estradiol	< BG	-	< BG	-	-	-	-	-
Estriol	< BG	-	< BG	-	-	-	-	-
Ethinylestradiol	< BG	-	< BG	-	-	-	-	-
Mestranol	< BG	-	< BG	-	-	-	-	-
Norethisteron	< BG	-	< BG	-	-	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	12	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	17	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	130	15	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	-	< BG	-	-	-	-	-
Amoxicillin	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Penicillin G	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Penicillin V	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Oxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Cloxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Nafcillin	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Dicloxacillin	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Diethylstilbestrol	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	21	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoensäure	< BG	< BG	19	59	150	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	-	< BG	-	< BG	-	-	-
β-Sitosterol	< BG	< BG	94	56	36	< BG	65	< BG
Bisphenol A	23	11	< BG	< BG	< BG	13	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	610	< BG	40	< BG	310	26	< BG	< BG
B (BG = 0.02 mg/L)	0.18	0.04	0.04	0.03	0.03	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.5 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser 2001 (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0196/769-6	0154/767-1	0010/320-8	0600/564-8	0169/510-1	0024/653-9	0161/814-6	0112/812-0
PN-Datum:	13.03.01	21.03.01	20.03.01	12.03.01	03.09.01	12.03.01	14.03.01	14.03.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	190	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	17	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Estradiol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Estriol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Ethinylestradiol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Mestranol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Norethisteron	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Amoxicillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Penicillin G	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Penicillin V	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Oxacillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Cloxacillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Nafcillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Dicloxacillin	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Diethylstilbestrol	-	-	-	-	< BG	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	170	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amido-trizoensäure	< BG	< BG	< BG	< BG	500	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	-	-	-	-	< BG	-	-	-
β-Sitosterol	< BG	< BG	< BG	76	< BG	< BG	< BG	89
Bisphenol A	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	35	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	31
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	< BG	0,21	0,06	0,10	0,02	< BG	< BG

Tabelle A.5 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser 2001 (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0017/664-5	0246/412-0	0105/067-5	0602/521-3	0001/418-0	0287/114-3	0600/073-4	0001/117-3
PN-Datum:	13.03.01	08.03.01	22.03.01	20.03.01	15.03.01	15.03.01	13.03.01	15.03.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	15	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	-	-	-	-	-	-	-	-
Estradiol	-	-	-	-	-	-	-	-
Estriol	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethinylestradiol	-	-	-	-	-	-	-	-
Mestranol	-	-	-	-	-	-	-	-
Norethisteron	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	16	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	-	-	-	-	-	-	-	-
Amoxicillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillin G	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillin V	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxacillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloxacillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Nafcillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicloxacillin	-	-	-	-	-	-	-	-
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	-	-	-	-	-	-	-	-
Diethylstilbestrol	-	-	-	-	-	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amido-trizoessäure	< BG	33	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	-	-	-	-	-	-	-	-
β-Sitosterol	230	< BG	38	< BG	< BG	< BG	51	< BG
Bisphenol A	< BG	< BG	130	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	< BG	69	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
B (BG = 0,02 mg/L)	0,04	< BG	0,03	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.5 Fortsetzung: Ergebnisse Grundwasser 2001 (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0001/420-1	0600/220-3	0244/612-9	0600/169-7	0020/619-9
PN-Datum:	20.03.01	20.03.01	14.03.01	21.03.01	20.03.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	-	-	-	-	-
Estradiol	-	-	-	-	-
Estriol	-	-	-	-	-
Ethinylestradiol	-	-	-	-	-
Mestranol	-	-	-	-	-
Norethisteron	-	-	-	-	-
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	-	-	-	-	< BG
Amoxicillin	-	-	-	-	-
Penicillin G	-	-	-	-	-
Penicillin V	-	-	-	-	-
Oxacillin	-	-	-	-	-
Cloxacillin	-	-	-	-	-
Nafcillin	-	-	-	-	-
Dicloxacillin	-	-	-	-	-
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	-	-	-	-	-
Diethylstilbestrol	-	-	-	-	-
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	-	-	-	-	-
β-Sitosterol	< BG	< BG	31	< BG	< BG
Bisphenol A	< BG	< BG	230	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	< BG	81	< BG	96
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	< BG	0,07	< BG	< BG

Tabelle A.6: Grundwassermessstellen nahe der Körtsch (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0470/512-6	0032/462-6	0199/462-0	0229/462-2	0031/562-5
PN-Datum:	11.01.01	25.01.01	25.01.01	25.01.01	29.01.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	(8,8)
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	(6,2)
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	16	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG	20	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	57	< BG	58
Bisphenol A	11	< BG	< BG	2400	200
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	< BG	< BG	34	38
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	0,25	0,06	0,05	0,18

Tabelle A.6 Fortsetzung: Grundwassermessstellen nahe der Körtsch (Konzentr. in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	0470/512-6	0032/462-6	0199/462-0	0229/462-2	0031/562-5
PN-Datum:	07.03.01	19.03.01	19.03.01	19.03.01	19.03.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	(5,4)
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	(6,0)
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	34	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	19	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	260	12
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG	(5,7)	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	< BG	28	< BG
Bisphenol A	(5,5)	< BG	< BG	(9,9)	120
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol	< BG	< BG	< BG	< BG	26
B (BG = 0,02 mg/L)	< BG	0,18	0,06	0,05	0,16

Tabelle A.7 Fortsetzung: Ergebnisse für Messstelle Donau bei Wiblingen

Probe (LFU-Nr.):	QQ803	QQ904
PN-Datum:	30.07.01	13.02.01
Metoprolol	11	51
Propranolol	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG
Sotalol	38	33
Pindolol	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG
Carbamazepin	41	25
Clofibrinsäure	10	< BG
Bezafibrat	< BG	31
Gemfibrozil	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG
Diclofenac	11	29
Ketoprofen	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	11	32
Roxithromycin	< BG	11
Clarithromycin	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	19	92
Dapson	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	20
Monensin	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG
Iopamidol	280	38
Iopromid	66	39
Iomeprol	94	55
Amidotrizoesäure	86	23
Simvastatin	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG
β-Sitosterol	52	110
Bisphenol A	< BG	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG
iso-Nonylphenol (Isomerenmischung)	< BG	< BG

Tabelle A.8: Ergebnisse für Messstelle Rhein bei Iffezheim (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	XX334	XX334	XX334	XX334	XX334	XX334	XX334
PN-Datum:	31.08.00	25.10.00	21.12.00	12.02.01	06.04.01	11.06.01	03.08.01
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	13	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	17	16	13	13	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	15	17	62	44	18	15	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	180	120	160	70	98	170	110
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	43	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	33	67	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	45	< BG	< BG	10
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	22	85	31	150	21	18	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	11	< BG	19	72	< BG	16	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	76	< BG	13	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	32	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	11	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	20	13	13	< BG	19	12	19
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	89	170	150	210	70	110	88
Iopromid	25	46	61	62	38	64	30
Iomeprol	< BG	16	28	30	< BG	68	33
Amidotrizoessäure	< BG	56	44	17	19	42	22
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β -Sitosterol	27	26	28	93	58	36	< BG
Bisphenol A	< BG	10	24	150	23	24	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol (Isomergemisch)	33	42	110	< BG	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.9: Ergebnisse für Messstelle Neckar bei Feudenheim (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	YY008	YY008	YY008	YY008	YY008	YY008	YY008
PN-Datum:	30.08.00	23.10.00	22.12.00	15.02.01	09.04.01	07.06.01	01.08.01
Metoprolol	42	31	44	35	46	47	26
Propranolol	11	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	10	16	13	14	12	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	110	130	130	67	64	88	82
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	11	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	32	33	< BG	< BG
Carbamazepin	220	120	140	86	52	290	210
Clofibrinsäure	20	27	45	21	22	24	17
Bezafibrat	68	130	170	130	< BG	190	31
Gemfibrozil	< BG	< BG	33	28	36	< BG	13
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	43	150	200	120	140	62	24
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	32	41	92	26	< BG	18
Indometacin	11	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	27	17	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	14	< BG	11
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	65	67	100	78	65	49	40
Roxithromycin	15	21	32	18	13	19	17
Clarithromycin	15	20	32	14	11	18	15
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	160	63	41	41	60	56	90
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	24	< BG	< BG	11	17	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	710	250	400	140	190	150	430
Iopromid	140	84	120	85	140	160	160
Iomeprol	210	88	100	120	27	150	360
Amidotrizoesäure	740	490	620	150	200	460	570
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisphenol A	24	28	28	22	28	18	< BG
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol (Isomergemisch)	< BG	< BG	42	< BG	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.13: Längsprofil des Neckars (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	YY003	YY061	YY104	YY165	YY172	YY200	YY247	YY348	KS Mündung	ENZ Mündung
PN-Datum:	17.10.00	12.10.00	11.10.00	10.10.00	10.10.00	10.10.00	09.10.00	09.10.00	13.10.00	11.10.00
Metoprolol	24	21	30	27	< BG	19	14	46	44	30
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	10	11	13	< BG	< BG	11	< BG	10
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	92	66	110	92	83	61	47	180	200	100
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	12	< BG	< BG
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	79	77	140	160	130	80	110	370	110	100
Clofibrinsäure	15	16	26	30	47	13	11	56	110	24
Bezafibrat	110	68	360	300	310	130	95	370	320	140
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	92	200	< BG	< BG	< BG	110	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	44	27	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	78	97	160	210	240	150	110	810	340	130
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	13	18	87	230	34	11	180	43	13
Indometacin	32	14	39	26	31	29	19	< BG	53	35
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	23	< BG	< BG	28	15	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	33	46	33	70	83	28	23	84	82	53
Roxithromycin	20	17	24	26	21	14	15	21	21	25
Clarithromycin	19	15	22	20	19	15	21	26	21	22
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	12	11	15	12	11	< BG	< BG	< BG	(9,4)	18
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	74	72	100	88	98	75	100	120	96	97
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	(5,1)	10	21	23	10	12	42	17	10
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	250	260	370	230	430	120	54	150	190	320
Iopromid	59	53	64	49	72	26	29	< BG	27	45
Iomeprol	56	74	82	120	290	50	37	71	28	49
Amidotrizoesäure	1000	1000	1300	950	1200	690	820	570	240	1300
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	(6,5)	(17)	(14)	(7,8)	(5,1)	(24)	< BG	(15)
β-Sitosterol	< BG	37	38	58	53	56	67	170	49	31
Bisphenol A	25	58	64	51	74	54	390	430	30	31
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol (Isomerenmischung)	< BG	< BG	68	< BG	< BG	53	< BG	< BG	53	29

Tabelle A.14: Längsprofil des Rheins (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	XX023	XX091	XX113	XX149	XX157	XX162,5	XX164,5	XX168,3
PN-Datum:	13.11.00	13.11.00	14.11.00	14.11.00	14.11.00	14.11.00	14.11.00	14.11.00
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	11	(9,2)	10	10	10	14
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	(8,6)	16	14	15	14	13	15
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	(5,7)	(5,5)	(5,0)	< BG	(5,4)
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	61	64	47	47	16	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoffibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	20	34	47	47	36	79
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	22
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	200	89	140	130	120	110	43	(6,4)
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG	(5,7)	(6,8)	(7,2)	(6,7)	(7,2)	(9,2)
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	11	11	11	11	11	12	13	11
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	32	170	94	130	120	130	120	120
Iopromid	10	10	36	31	30	35	35	40
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	24	32	21	27	34	34	43	37
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	46	39	44	54	30	26	220	50
Bisphenol A	< BG	(6,7)	(8,2)	21	12	11	13	23
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol (Isomerenmisch)	44	< BG	48	40	< BG	< BG	< BG	60

Tabelle A.14 Fortsetzung: Längsprofil des Rheins (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	XX169	XX169,3	XX173	XX199	XX223	XX268	XX273	XX297
PN-Datum:	14.11.00	14.11.00	14.11.00	14.11.00	14.11.00	15.11.00	15.11.00	15.11.00
Metoprolol	< BG	22	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	14	21	16	21	18	17	18	16
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	15	15	17	21	19	25	25	27
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	(5,6)	(5,1)	(6,1)	(6,0)	(6,2)	(6,6)	(7,0)	(5,8)
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	23	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	24	300	130	92	110	91	100	92
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	16	19	20	17	14	15
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	37	63	33	42	37	47	23	37
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	20	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	(5,8)	(5,3)	(7,8)	(8,1)	(8,2)
Roxithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	(8,2)	(7,5)	10	(9,8)	11	(8,4)	(7,6)	(7,8)
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	13	11	11	13	11	15	12	12
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(3)
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	120	110	120	170	160	160	130	160
Iopromid	34	33	37	53	56	54	50	53
Iomeprol	20	13	12	22	16	21	26	21
Amidotrizoensäure	37	32	35	45	50	53	49	57
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	99	69	34	120	48	25	33	< BG
Bisphenol A	35	33	14	18	16	11	10	(7,6)
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol (Isomerenmischung)	150	29	33	260	32	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.14 Fortsetzung: Längsprofil des Rheins (Konzentrationen in ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	XX402	XX428	XX428,2	XX433,2	XX436	Alb
PN-Datum:	17.11.00	17.11.00	17.11.00	17.11.00	17.11.00	16.11.00
Metoprolol	< BG	< BG	32	< BG	< BG	30
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	11	11	14	(8,8)	(9,9)	33
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(6,4)
Sotalol	27	28	150	22	27	190
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(6,8)
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	(6,3)	(7,5)	(8,3)	< BG	(6,5)	430
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	96	83	100	72	95	160
Clofibrinsäure	< BG	< BG	15	< BG	< BG	120
Bezafibrat	26	25	130	90	24	700
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	56
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	40	40	180	100	44	380
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	310
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	35
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Estriol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ethinylestradiol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Mestranol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norethisteron	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	(5,4)
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	(8,4)	12	89	(9,5)	15	77
Roxithromycin	< BG	< BG	27	< BG	< BG	28
Clarithromycin	(8,8)	(8,6)	26	(6,4)	(9,4)	33
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	(5,4)	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	(8,2)	11	42	< BG	10	24
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	(2)	(5)	< BG	< BG	14
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Hexestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diethylstilbestrol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	160	150	200	140	150	460
Iopromid	40	35	74	25	41	210
Iomeprol	22	17	68	10	18	25
Amidotrizoensäure	67	52	410	64	67	660
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Daidzein	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
β-Sitosterol	36	60	72	48	46	86
Bisphenol A	12	(9,5)	32	25	12	37
Bisphenol F	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
iso-Nonylphenol (Isomerenmisch)	62	< BG	38	130	47	< BG

Tabelle A.18: Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm (Angaben in µg/kg TS; Bestimmungsgrenze: 2 µg/kg TS)

	Klärschlamm KW Kammerfrost
PN-Datum:	13.06.01
Metoprolol	23
Propranolol	4,4
Atenolol	< BG
Bisoprolol	< BG
Sotalol	33
Pindolol	< BG
Betaxolol	< BG
Salbutamol	< BG
Clenbuterol	< BG
Terbutalin	< BG
Phenazon	4,6
Dimethylaminophenazon	< BG
Propyphenazon	6,1
Ifosfamid	< BG
Cyclophosphamid	< BG
Diazepam	< BG
Carbamazepin	520
Clofibrinsäure	< BG
Bezafibrat	< BG
Gemfibrozil	< BG
Fenofibrinsäure	< BG
Fenofibrat	< BG
Etofibrat	< BG
Diclofenac	< BG
Ketoprofen	< BG
Ibuprofen	< BG
Indometacin	< BG
Naproxen	< BG
Fenoprofen	< BG
Pentoxifyllin	< BG
Chloramphenicol	< BG
Virginiamycin	< BG
Oleandomycin	< BG
Erythromycin	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG
Roxithromycin	4,2
Clarithromycin	2,4
Ronidazol	< BG
Metronidazol	< BG
Sulfadiazin	< BG
Sulfamerazin	< BG
Furazolidon	< BG
Sulfadimidin	< BG
Sulfamethoxazol	< BG
Dapson	< BG
Trimethoprim	< BG
Monensin	< BG
Amoxicillin	< BG
Penicillin G	< BG
Penicillin V	< BG
Oxacillin	< BG
Cloxacillin	< BG
Nafcillin	< BG
Dicloxacillin	< BG
Spiramycin	< BG
Tylosin	< BG
Iopamidol	< BG
Iopromid	< BG
Iomeprol	< BG
Amidotrizoesäure	< BG
Simvastatin	< BG
Minocyclin	< BG
Oxytetracyclin	< BG
Tetracyclin	< BG
Chlortetracyclin	< BG
Doxycyclin	460
Ciprofloxacin	480
Enoxacin	< BG
Enrofloxacin	< BG
Norfloxacin	130
Ofloxacin	130

Tabelle A.19: Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm (Probenahme: November 2001;
Angaben in µg/kg TS; Bestimmungsgrenze: 10 µg/kg TS)

Kläranlage:	Bad Mergentheim	Bergatreute (FS)	Bruchsal	Freiburg-Forchheim	Griesheim	Grossbottlingen (FS)
Metoprolol	76	17	18	39	39	22
Propranolol	12	(5,8)	12	19	14	(7,2)
Atenolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Bisoprolol	(4,0)	< 10	< 10	(3,2)	(7,7)	< 10
Sotalol	(8,1)	10	11	15	23	19
Pindolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Betaxolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Salbutamol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Clenbuterol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Terbutalin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Phenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dimethylaminophenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Propyphenazon	(5,5)	< 10	(3,9)	(4,0)	< 10	(7,3)
Ifosfamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cyclophosphamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diazepam	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Carbamazepin	22	< 10	< 10	54	< 10	47
Clofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Bezafibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Gemfibrozil	15	< 10	29	29	(7,1)	< 10
Fenofibrinsäure	28	< 10	< 10	25	11	(8,2)
Fenofibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Etofibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diclofenac	55	110	< 10	19	11	(7,5)
Ketoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ibuprofen	37	110	20	(7,0)	13	< 10
Indometacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Naproxen	(3,7)	< 10	(6,3)	(6,5)	10	< 10
Fenoprofen	11	29	13	(8,6)	(6,0)	10
Pentoxifyllin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopamidol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopromid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iomeprol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amidotrizoesäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Simvastatin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chloramphenicol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Virginiamycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oleandomycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Erythromycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dehydrato-Erythromycin	(2,4)	(6,6)	(8,4)	(3,3)	(4,1)	19
Roxithromycin	(3,9)	< 10	13	< 10	< 10	22
Clarithromycin	(6,1)	< 10	(3,5)	< 10	< 10	12
Clindamycin	12	17	(6,0)	(3,3)	(3,9)	14
Ronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Metronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadiazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamerazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Furazolidon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadimidin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamethoxazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dapson	< 10	< 10	< 10	< 10	(3,0)	< 10
Trimethoprim	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	(2,3)
Monensin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amoxicillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin G	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin V	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Nafcillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dicloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Spiramycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tylosin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Meclocyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxytetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlortetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Doxycyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	(4,5)
Ciprofloxacin	64	170	93	290	< 10	< 10
Enoxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Enrofloxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Norfloxacin	< 10	75	< 10	140	< 10	< 10
Ofloxacin	100	81	39	210	42	300

Tabelle A.19 Fortsetzung: Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm (Probenahme:
November 2001; Angaben in µg/kg TS; Bestimmungsgrenze: 10 µg/kg TS)

Kläranlage:	Gschwend- Mittelbronn (FS)	Hechingen	Herbolzheim	Heidelberg-Nord	Hohenstein- Oberstetten (FS)	Karlsruhe- Neureut
Metoprolol	24	72	32	46	11	17
Propranolol	15	< 10	23	19	22	14
Atenolol	< 10	28	< 10	< 10	< 10	(5,9)
Bisoprolol	< 10	16	(5,0)	< 10	< 10	< 10
Sotalol	23	32	21	15	(8,0)	(8,1)
Pindolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Betaxolol	< 10	< 10	(4,2)	< 10	< 10	< 10
Salbutamol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Clenbuterol	< 10	< 10	(3,2)	< 10	< 10	< 10
Terbutalin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Phenazon	< 10	(5,2)	< 10	< 10	< 10	< 10
Dimethylaminophenazon	< 10	(8,3)	< 10	< 10	< 10	< 10
Propyphenazon	< 10	24	< 10	(3,4)	< 10	< 10
Ifosfamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cyclophosphamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diazepam	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Carbamazepin	110	310	260	380	< 10	< 10
Clofibrinsäure	< 10	18	< 10	< 10	< 10	< 10
Bezafibrat	< 10	< 10	610	640	< 10	< 10
Gemfibrozil	< 10	< 10	< 10	< 10	100	46
Fenofibrinsäure	< 10	42	70	170	< 10	< 10
Fenofibrat	< 10	< 10	< 10	120	< 10	< 10
Etofibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diclofenac	53	120	120	160	39	29
Ketoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	14
Ibuprofen	88	47	96	77	130	150
Indometacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Naproxen	< 10	10	< 10	< 10	(8,3)	(8,8)
Fenoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	50	53
Pentoxifyllin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopamidol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopromid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iomeprol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amidotrizoesäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Simvastatin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chloramphenicol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Virginiamycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oleandomycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Erythromycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dehydrato-Erythromycin	36	270	(6,3)	15	(4,0)	27
Roxithromycin	27	85	(2,3)	(5,7)	< 10	19
Clarithromycin	(5,7)	180	< 10	(8,9)	(7,3)	23
Clindamycin	15	35	< 10	< 10	11	< 10
Ronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Metronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadiazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamerazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Furazolidon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadimidin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamethoxazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dapson	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Trimethoprim	(4,6)	(9,7)	< 10	< 10	(5,0)	(6,2)
Monensin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amoxicillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin G	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin V	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Nafcillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dicloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Spiramycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tylosin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Meclocyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxytetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlortetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Doxycyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ciprofloxacin	64	< 10	79	29	< 10	< 10
Enoxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Enrofloxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Norfloxacin	38	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ofloxacin	31	< 10	100	48	340	64

Tabelle A.19 Fortsetzung: Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm (Probenahme:
November 2001; Angaben in µg/kg TS; Bestimmungsgrenze: 10 µg/kg TS)

Kläranlage:	Konstanz	Köndringen	Köndringen (FS)	Kronau	Lahr	Metzingen
Metoprolol	30	(7,1)	41	69	15	30
Propranolol	20	11	20	18	27	(6,0)
Atenolol	(3,6)	< 10	< 10	(3,6)	< 10	< 10
Bisoprolol	(4,3)	< 10	(4,0)	< 10	(8,2)	< 10
Sotalol	14	< 10	40	17	(7,9)	< 10
Pindolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Betaxolol	(3,7)	< 10	< 10	< 10	(5,0)	< 10
Salbutamol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Clenbuterol	(2,1)	< 10	< 10	< 10	(3,3)	< 10
Terbutalin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Phenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dimethylaminophenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Propyphenazon	(6,1)	(2,4)	(6,3)	< 10	(2,0)	(9,6)
Ifosfamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cyclophosphamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diazepam	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Carbamazepin	130	78	160	200	< 10	120
Clofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Bezafibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Gemfibrozil	< 10	26	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenofibrinsäure	53	< 10	24	< 10	< 10	29
Fenofibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	150
Etofibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diclofenac	75	42	61	< 10	< 10	55
Ketoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ibuprofen	130	66	62	55	15	< 10
Indometacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Naproxen	18	(3,8)	< 10	(2,7)	< 10	< 10
Fenoprofen	45	28	24	22	(5,4)	< 10
Pentoxifyllin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopamidol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopromid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iomeprol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amidotrizoesäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Simvastatin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chloramphenicol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Virginiamycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oleandomycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Erythromycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dehydrato-Erythromycin	(3,9)	< 10	< 10	51	(3,9)	< 10
Roxithromycin	(2,1)	< 10	< 10	37	(6,4)	(6,9)
Clarithromycin	(2,0)	< 10	< 10	20	< 10	< 10
Clindamycin	< 10	< 10	< 10	(7,8)	< 10	< 10
Ronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Metronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadiazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamerazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Furazolidon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadimidin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamethoxazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dapson	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Trimethoprim	< 10	< 10	< 10	(3,2)	< 10	< 10
Monensin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amoxicillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin G	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin V	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Nafcillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dicloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Spiramycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tylosin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Meclocyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxytetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlortetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Doxycyclin	< 10	< 10	(9,1)	< 10	< 10	< 10
Ciprofloxacin	< 10	< 10	< 10	55	< 10	< 10
Enoxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Enrofloxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Norfloxacin	< 10	62	81	< 10	< 10	< 10
Ofloxacin	16	< 10	160	< 10	30	< 10

Tabelle A.19 Fortsetzung: Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm (Probenahme:
November 2001; Angaben in µg/kg TS; Bestimmungsgrenze: 10 µg/kg TS)

Kläranlage:	Neckartailfingen (FS)	Neuhausen/ Fildern (FS)	Neuhausen ob Eck (FS)	Obrigheim	Pforzheim	Renchen
Metoprolol	45	53	21	43	89	10
Propranolol	15	(9,7)	(9,0)	11	22	(9,4)
Atenolol	< 10	< 10	< 10	(3,1)	< 10	< 10
Bisoprolol	(3,6)	< 10	(2,4)	< 10	(2,4)	(4,2)
Sotalol	< 10	18	15	< 10	24	18
Pindolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Betaxolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Salbutamol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Clenbuterol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Terbutalin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Phenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dimethylaminophenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Propyphenazon	< 10	(2,5)	< 10	(3,1)	18	< 10
Ifosfamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cyclophosphamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diazepam	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Carbamazepin	< 10	< 10	68	120	320	62
Clofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Bezafibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Gemfibrozil	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	< 10	29	< 10
Fenofibrat	< 10	< 10	68	120	< 10	< 10
Etofibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diclofenac	< 10	20	45	24	71	31
Ketoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ibuprofen	19	< 10	33	15	17	16
Indometacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Naproxen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pentoxifyllin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopamidol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopromid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iomeprol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amidotrizoesäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Simvastatin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chloramphenicol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Virginiamycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oleandomycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Erythromycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dehydrato-Erythromycin	21	(2,4)	(8,4)	23	(3,9)	(3,9)
Roxithromycin	(2,4)	(8,4)	23	49	(3,4)	(9,1)
Clarithromycin	53	< 10	13	27	< 10	(4,7)
Clindamycin	(9,3)	< 10	20	< 10	< 10	< 10
Ronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Metronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadiazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamerazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Furazolidon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadimidin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamethoxazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dapson	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Trimethoprim	15	< 10	< 10	11	< 10	< 10
Monensin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amoxicillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin G	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin V	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Nafcillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dicloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Spiramycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tylosin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Meclocyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxytetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlortetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Doxycyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ciprofloxacin	< 10	< 10	< 10	48	< 10	170
Enoxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Enrofloxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Norfloxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	150
Ofloxacin	62	< 10	15	88	< 10	490

Tabelle A.19 Fortsetzung: Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm (Probenahme: November 2001; Angaben in µg/kg TS; Bestimmungsgrenze: 10 µg/kg TS)

Kläranlage:	Reutlingen-West	Riedlingen	Riedlingen (FS)	Sindelfingen	Steinlach-Wiesaz	Stuttgart-Ditzingen
Metoprolol	37	(8,1)	34	(7,9)	38	130
Propranolol	19	(8,4)	18	(7,8)	(8,8)	50
Atenolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	13
Bisoprolol	(7,3)	< 10	< 10	(2,0)	(3,6)	(6,7)
Sotalol	< 10	< 10	< 10	(5,4)	< 10	17
Pindolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Betaxolol	(8,7)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Salbutamol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Clenbuterol	(3,7)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Terbutalin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Phenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dimethylaminophenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Propyphenazon	(3,2)	< 10	< 10	(4,0)	< 10	(9,6)
Ifosfamid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cyclophosphamid	(1,4)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diazepam	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Carbamazepin	40	< 10	21	< 10	16	280
Clofibrinsäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Bezafibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	210
Gemfibrozil	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenofibrinsäure	13	< 10	18	12	(8,2)	31
Fenofibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	17	< 10
Etofibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Diclofenac	46	< 10	11	18	17	140
Ketoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ibuprofen	12	< 10	14	13	(7,0)	28
Indometacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Naproxen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fenoprofen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Pentoxifyllin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopamidol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iopromid	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Iomeprol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amidotrizoesäure	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Simvastatin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chloramphenicol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Virginiamycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oleandomycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Erythromycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dehydrato-Erythromycin	(2,4)	< 10	(2,1)	< 10	< 10	(3,0)
Roxithromycin	(3,5)	(3,4)	< 10	< 10	(5,8)	< 10
Clarithromycin	< 10	< 10	< 10	< 10	(2,8)	< 10
Clindamycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Metronidazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadiazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamerazin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Furazolidon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfadimidin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfamethoxazol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dapson	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Trimethoprim	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Monensin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Amoxicillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin G	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Penicillin V	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Nafcillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Dicloxacillin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Spiramycin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tylosin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Meclocyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Oxytetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chlortetracyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Doxycyclin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ciprofloxacin	< 10	120	14	45	10	< 10
Enoxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Enrofloxacin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Norfloxacin	< 10	50	< 10	< 10	< 10	< 10
Ofloxacin	26	360	41	56	12	37

Tabelle A.19 Fortsetzung: Arzneimittelwirkstoffe im Klärschlamm (Probenahme:
November 2001; Angaben in µg/kg TS; Bestimmungsgrenze: 10 µg/kg TS)

Kläranlage:	Talhausen	Zwiefalten
Metoprolol	23	16
Propranolol	(6,9)	26
Atenolol	< 10	< 10
Bisoprolol	< 10	< 10
Sotalol	< 10	< 10
Pindolol	< 10	< 10
Betaxolol	< 10	< 10
Salbutamol	< 10	< 10
Clenbuterol	< 10	< 10
Terbutalin	< 10	< 10
Phenazon	< 10	< 10
Dimethylaminophenazon	< 10	< 10
Propyphenazon	< 10	< 10
Ifosfamid	< 10	< 10
Cyclophosphamid	< 10	< 10
Diazepam	< 10	< 10
Carbamazepin	40	19
Clofibrinsäure	< 10	< 10
Bezafibrat	< 10	< 10
Gemfibrozil	< 10	< 10
Fenofibrinsäure	< 10	< 10
Fenofibrat	< 10	< 10
Etofibrat	< 10	< 10
Diclofenac	17	12
Ketoprofen	< 10	< 10
Ibuprofen	13	(8,0)
Indometacin	< 10	< 10
Naproxen	< 10	< 10
Fenoprofen	< 10	< 10
Pentoxifyllin	< 10	< 10
Iopamidol	< 10	< 10
Iopromid	< 10	< 10
Iomeprol	< 10	< 10
Amidotrizoensäure	< 10	< 10
Simvastatin	< 10	< 10
Chloramphenicol	< 10	< 10
Virginiamycin	< 10	< 10
Oleandomycin	< 10	< 10
Erythromycin	< 10	< 10
Dehydrato-Erythromycin	< 10	13
Roxithromycin	< 10	(6,6)
Clarithromycin	(2,5)	(5,6)
Clindamycin	< 10	(6,0)
Ronidazol	< 10	< 10
Metronidazol	< 10	< 10
Sulfadiazin	< 10	< 10
Sulfamerazin	< 10	< 10
Furazolidon	< 10	< 10
Sulfamidin	< 10	< 10
Sulfamethoxazol	< 10	< 10
Dapson	< 10	< 10
Trimethoprim	< 10	(5,8)
Monensin	< 10	< 10
Amoxicillin	< 10	< 10
Penicillin G	< 10	< 10
Penicillin V	< 10	< 10
Oxacillin	< 10	< 10
Cloxacillin	< 10	< 10
Nafcillin	< 10	< 10
Dicloxacillin	< 10	< 10
Spiramycin	< 10	< 10
Tylosin	< 10	< 10
Meclocyclin	< 10	< 10
Oxytetracyclin	< 10	< 10
Tetracyclin	< 10	< 10
Chlortetracyclin	< 10	< 10
Doxycyclin	< 10	< 10
Ciprofloxacin	280	18
Enoxacin	< 10	< 10
Enrofloxacin	< 10	< 10
Norfloxacin	170	< 10
Ofloxacin	440	94

Tabelle A.20: Arzneimittelwirkstoffe im bei der Zentrifugation der Flüssigschlämme abgetrennten Wasser (Angaben in ng/L; Bestimmungsgrenze: 100 ng/L)

Kläranlage:	Zwiefalten	Hohenstein-Oberstetten	Grossbettlingen	Gschwend-Mittelbronn	Köndringen	Bergatreute
Metoprolol	320	300	380	310	440	270
Propranolol	(61)	(19)	< BG	(14)	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	(19)	(26)	< BG
Bisoprolol	< BG	(19)	(12)	(10)	(28)	(27)
Sotalol	340	220	800	920	840	390
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	(13)	< BG	(26)	(29)	(69)	(73)
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	(55)	(13)	920	(52)	170	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	4900	2400	< BG	< BG	18000	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	1400	410
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	240	870
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	2000	< BG	3100	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	550	1900	730	910	1800	770
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	650	< BG	600	850	2600	810
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	440	< BG	130	130	210	(39)
Iopromid	< BG	< BG	100	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	(37)	< BG	< BG	(59)
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	270	(57)	360	280	< BG	190
Roxithromycin	(60)	< BG	(99)	110	< BG	130
Clarithromycin	< BG	100	< BG	< BG	< BG	< BG
Clindamycin	< BG	120	(66)	(90)	< BG	180
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamidin	(29)	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	(22)	340	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	110
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	790
Meclocyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxytetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chlortetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Doxycyclin	< BG	(16)	< BG	< BG	< BG	< BG
Ciprofloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Enoxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Enrofloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norfloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ofloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	200	< BG

Tabelle A.20 Fortsetzung: Arzneimittelwirkstoffe im bei der Zentrifugation der Flüssigschlämme abgetrennten Wasser (Angaben in ng/L; Bestimmungsgrenze: 100 ng/L)

Kläranlage:	Neuhausen ob Eck	Neuhausen/Fildern	Riedlingen	Neckar-tailfingen
Metoprolol	110	630	400	580
Propranolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	(65)	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	(11)	< BG	(16)
Sotalol	320	560	270	430
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	(11)	(97)	(18)	(23)
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	140	(46)	(18)
Ifosamid	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	3100
Clofibrinsäure	< BG	300	1200	300
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	710	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	580	3000	7300	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	680	2600	1700	700
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	650	3100	2400	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	270	120	(27)	430
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	(84)	< BG	< BG	250
Roxithromycin	(52)	< BG	(77)	150
Clarithromycin	(58)	< BG	< BG	(71)
Clindamycin	(73)	160	< BG	(68)
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	(31)
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG	< BG
Meclocyclin	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxytetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG
Tetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG
Chlortetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG
Doxycyclin	< BG	< BG	< BG	(11)
Ciprofloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG
Enoxacin	< BG	< BG	< BG	< BG
Enrofloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG
Norfloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG
Ofloxacin	< BG	(63)	< BG	< BG

Tabelle A.21: Arzneimittelwirkstoffe in Schweinegülle (Angaben in µg/L; Bestimmungsgrenze: 100 ng/L)

Probe (LFU-Nr.):	Schweinegülle
PN-Datum:	01.09.00
Metoprolol	< BG
Propranolol	< BG
Atenolol	< BG
Bisoprolol	< BG
Sotalol	< BG
Pindolol	< BG
Betaxolol	< BG
Salbutamol	< BG
Clenbuterol	< BG
Terbutalin	< BG
Phenazon	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG
Propyphenazon	< BG
Ifosfamid	< BG
Cyclophosphamid	< BG
Diazepam	< BG
Carbamazepin	< BG
Clofibrinsäure	< BG
Bezafibrat	< BG
Gemfibrozil	< BG
Fenofibrinsäure	< BG
Fenofibrat	< BG
Etofibrat	< BG
Diclofenac	< BG
Ketoprofen	< BG
Ibuprofen	< BG
Indometacin	< BG
Naproxen	< BG
Fenoprofen	< BG
Pentoxifyllin	< BG
Chloramphenicol	< BG
Virginiamycin	< BG
Oleandomycin	< BG
Erythromycin	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG
Roxithromycin	< BG
Clarithromycin	< BG
Ronidazol	< BG
Metronidazol	< BG
Sulfadiazin	15000
Sulfamerazin	100
Furazolidon	< BG
Sulfadimidin	680
Sulfamethoxazol	< BG
Dapson	< BG
Trimethoprim	< BG
Monensin	< BG
Amoxicillin	< BG
Penicillin G	< BG
Penicillin V	< BG
Oxacillin	< BG
Cloxacillin	< BG
Nafcillin	< BG
Dicloxacillin	< BG
Spiramycin	< BG
Tylosin	< BG
Iopamidol	< BG
Iopromid	< BG
Iomeprol	< BG
Amidotrizesäure	< BG
Simvastatin	< BG
Oxytetracyclin	540
Tetracyclin	3500
Chlortetracyclin	< BG
Doxycyclin	< BG
Ciprofloxacin	< BG
Enoxacin	< BG
Enrofloxacin	< BG
Norfloxacin	< BG
Ofloxacin	< BG

Tabelle A.22: Arzneimittelwirkstoffe in Putenmist (Angaben in µg/kg TS; Bestimmungsgrenze: 2 µg/kg TS)

PN-Datum:	Putenmist	
	März 2001	September 2001
Metoprolol	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG
Gemfibrozil	2200	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	220
Ibuprofen	2000	1100
Indometacin	< BG	< BG
Naproxen	310	260
Fenoprofen	740	700
Pentoxifyllin	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG
Roxithromycin	< BG	< BG
Clarithromycin	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG
Sulfadimidin	14	1400
Sulfamethoxazol	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG
Trimethoprim	16	3400
Monensin	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG
Minocyclin	< BG	< BG
Oxytetracyclin	< BG	< BG
Tetracyclin	< BG	< BG
Chlortetracyclin	< BG	< BG
Doxycyclin	< BG	< BG
Ciprofloxacin	160	< BG
Enoxacin	< BG	< BG
Enrofloxacin	530	< BG
Norfloxacin	< BG	< BG
Ofloxacin	< BG	< BG

Tabelle A.23: Arzneimittelwirkstoffe in Bodenproben (Probenahmestelle: Friedrichstal, Gewinn Schweidlich; Bestimmungsgrenze: 2 µg/kg TS)

	F1, 0-30 cm	F1, 30-60 cm	F2, 0-30 cm	F2, 30-60 cm	F3, 0-30 cm
PN-Datum:	13.06.01	13.06.01	13.06.01	13.06.01	13.06.01
Dimension:	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
Metoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propranolol	(0,8)	< BG	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	(0,7)	< BG	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Roxithromycin	(1,2)	< BG	< BG	< BG	< BG
Clarithromycin	(1,2)	< BG	< BG	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tylosin	(1,6)	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Minocyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Oxytetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Tetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Chlortetracyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Doxycyclin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ciprofloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Enoxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Enrofloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Norfloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Ofloxacin	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG

Tabelle A.24: Arzneimittelwirkstoffe in Bodenproben und Drainwasser (Probenahmestelle: Rot am See; Bestimmungsgrenze: 2 µg/kg TS für Bodenproben, 10 ng/L für Drainwasser)

	Boden 0 - 30 cm	Boden 30 - 50 cm	Drainwasser 80 cm
PN-Datum:	07.03.01	07.03.01	07.03.01
Dimension:	µg/kg TS	µg/kg TS	ng/L
Metoprolol	< BG	< BG	< BG
Propranolol	< BG	< BG	< BG
Atenolol	< BG	< BG	< BG
Bisoprolol	< BG	< BG	< BG
Sotalol	< BG	< BG	< BG
Pindolol	< BG	< BG	< BG
Betaxolol	< BG	< BG	< BG
Salbutamol	< BG	< BG	< BG
Clenbuterol	< BG	< BG	< BG
Terbutalin	< BG	< BG	< BG
Phenazon	< BG	< BG	< BG
Dimethylaminophenazon	< BG	< BG	< BG
Propyphenazon	< BG	< BG	< BG
Ifosfamid	< BG	< BG	< BG
Cyclophosphamid	< BG	< BG	< BG
Diazepam	< BG	< BG	< BG
Carbamazepin	< BG	< BG	< BG
Clofibrinsäure	< BG	< BG	< BG
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG
Gemfibrozil	< BG	< BG	< BG
Fenofibrinsäure	< BG	< BG	< BG
Fenofibrat	< BG	< BG	< BG
Etofibrat	< BG	< BG	< BG
Diclofenac	< BG	< BG	< BG
Ketoprofen	< BG	< BG	< BG
Ibuprofen	< BG	< BG	< BG
Indometacin	< BG	< BG	< BG
Naproxen	< BG	< BG	< BG
Fenoprofen	< BG	< BG	< BG
Pentoxifyllin	< BG	< BG	< BG
Chloramphenicol	< BG	< BG	< BG
Virginiamycin	< BG	< BG	< BG
Oleandomycin	< BG	< BG	< BG
Erythromycin	< BG	< BG	< BG
Dehydrato-Erythromycin	< BG	< BG	15
Roxithromycin	2,4	< BG	< BG
Clarithromycin	2,4	< BG	< BG
Ronidazol	< BG	< BG	< BG
Metronidazol	< BG	< BG	< BG
Sulfadiazin	< BG	< BG	< BG
Sulfamerazin	< BG	< BG	< BG
Furazolidon	< BG	< BG	< BG
Sulfadimidin	< BG	< BG	< BG
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG
Dapson	< BG	< BG	< BG
Trimethoprim	< BG	< BG	< BG
Monensin	< BG	< BG	< BG
Amoxicillin	< BG	< BG	< BG
Penicillin G	< BG	< BG	< BG
Penicillin V	< BG	< BG	< BG
Oxacillin	< BG	< BG	< BG
Cloxacillin	< BG	< BG	< BG
Nafcillin	< BG	< BG	< BG
Dicloxacillin	< BG	< BG	< BG
Spiramycin	< BG	< BG	< BG
Tylosin	< BG	< BG	< BG
Iopamidol	< BG	< BG	< BG
Iopromid	< BG	< BG	< BG
Iomeprol	< BG	< BG	< BG
Amidotrizoesäure	< BG	< BG	< BG
Simvastatin	< BG	< BG	< BG