



FBWM

FORSCHUNGSBERICHT AUS DER WEHRMEDIZIN

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for Public Release
Distribution Unlimited

**Arzneimittelrückstände in
Trinkwasser (Versorgungs-
anlagen) und Krankenhaus-
abwässern der Bundeswehr:
Methodenentwicklung –
Vorkommen – Wasseraufberei-
tung**

20050725 044

Schutzgebühr: 40 Euro

Dieses Heft enthält einen Bericht über eine vom Bundesministerium der Verteidigung - FüSan I geförderte Arbeit. Verantwortlich für den Inhalt dieses Berichts ist der Vertragsnehmer. Das Bundesministerium der Verteidigung - FüSan I übernimmt keine Gewähr insbesondere für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie der Beachtung privater Rechte Dritter.

Als Manuskript 2004 gedruckt

Druck und Verteilung

Im Auftrag des Bundesministeriums der Verteidigung

Streitkräfteamt/Abteilung III

Fachinformationszentrum der Bundeswehr (FIZBw)

Friedrich-Ebert-Allee 34, 53113 Bonn

Telefon: 02 28/9 47-13 75 (Postnetz) oder 34 30-13 75 (Bw-Fernwahl)

Telefax: 02 28/9 47-13 85 (Postnetz) oder 34 30-13 85 (Bw-Fernwahl)

E-Mail: FIZBwDoku@bundeswehr.org

REPORT DOCUMENTATION PAGE

Form Approved OMB No. 0704-0188

Public reporting burden for this collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden to Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington, VA 22202-4302, and to the Office of Management and Budget, Paperwork Reduction Project (0704-0188), Washington, DC 20503.

1. AGENCY USE ONLY (Leave blank)		2. REPORT DATE 1 November 1999	3. REPORT TYPE AND DATES COVERED Report	
4. TITLE AND SUBTITLE Arzneimittelrueckstaende in Trinkwasser(versorgungsanlagen) und Krankenhausabwaessern der Bundeswehr: Methodenentwicklung – Vorkommen – Wasseraufbereitung (Investigation of pharmaceutical residues in hospital effluents, in ground- and drinking water from Bundeswehr facilities, and their removal during drinking water purification)			5. FUNDING NUMBERS	
6. AUTHOR(S) Th. Heberer, Dirk Feldmann, Marc Adam, Kirsten Reddersen			8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER	
7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) FIZBw			10. SPONSORING/MONITORING AGENCY REPORT NUMBER BMVg-FBWM 04-9	
9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Streitkraefteamt/Abteilung III Fachinformationszentrum der Bundeswehr (FIZBw) Friedrich-Ebert-Allee 34, 53113 Bonn GERMANY				
11. SUPPLEMENTARY NOTES Text in German, 291 pages.				
12a. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Public Release and Copyrighted.			12b. DISTRIBUTION CODE	
DISTRIBUTION STATEMENT A Approved for Public Release Distribution Unlimited				
ABSTRACT (Maximum 200 words) The occurrence and the removal of pharmaceutical residues was investigated In a scientific research project (InSan I 1299-V-7502) entitled "Investigation of pharmaceutical residues in hospital effluents, in ground- and drinking water from Bundeswehr facilities, and their removal during drinking water purification" funded by the German Ministry of Defense. The project had three defined objectives including the Investigation of pharmaceutical residues in ground water wells used for drinking water supply at military facilities. The second objective was to test the efficiency of new, mobile membranebased drinking water purification units (MDWPU) for the removal of pharmaceuticals, some other organic and inorganic contaminants, and microbes under "worst-case" conditions in two extended field trials. The last objective was to predict and Investigate the occurrence and fate of pharmaceutical residues in the effluents from an Army hospital in Berlin.				
14. SUBJECT TERMS FIZBw, Germany, Residue, Sewage, Drinking water, Hospital, Drinking water processing plant, Analysis, Calculation model, Field experiment			15. NUMBER OF PAGES	
			16. PRICE CODE	
17. SECURITY CLASSIFICATION OF REPORT UNCLASSIFIED	18. SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE UNCLASSIFIED	19. SECURITY CLASSIFICATION OF ABSTRACT UNCLASSIFIED	20. LIMITATION OF ABSTRACT UL	

Berichts-/Erschließungsblatt

Dieses Berichts-/Erschließungsblatt wird unabhängig vom Geheimhaltungsgrad des Dokumentes immer als "offen" behandelt, deshalb sind keine ge-
heimschutzwürdigen Angaben zu übernehmen.

Bitte Ausfüllanweisung auf der Rückseite beachten.

Nur vom DOKFIZBw auszufüllen.

1 LfdNr

FW 0254

2 BerichtsNr des Herausgebers/Auftragnehmers (AN)
(Vollständige Buchstaben-/Ziffernfolge)

3 BerichtsNr des Auftraggebers (AG)

10 DSt und StO (Dokument langfristig verfügbar, Ausleihe)

4 Titel/Untertitel (VS-eingestuftem Titel fingieren "..."; bei mehrbändigen Dokumenten BdNr und zutreffenden Einzelitel angeben)

"Arzneimittelrückstände in Trinkwasser(versorgungsanlagen)
und Krankenhausabwässern der Bundeswehr:
Methodenentwicklung - Vorkommen - Wasseraufbereitung"

11 Geheimhaltungsgrad

Offen VS-NID VS-Vertr.GEHEIM

☒ ☐ ☐ ☐

12 Gesamtseiten-/blattzahl

291 / + 20 / 311

13 Quellen

195

14 Tabellen

200

15 Statistiken

—

16 Techn. Zeichnungen

—

17 Abbildungen

41

Kurztitel: (max. 30 Stellen)

PhACs – Vorkommen und Entfernung

4 a Ins Englische übersetzter Titel/Untertitel

"Investigation of pharmaceutical residues in hospital effluents,
in ground- and drinking water from Bundeswehr facilities,
and their removal during drinking water purification"

18 Berichtsdatum

J J J J M M T T

2 0 0 4 0 4 2 9

19 Berichtsart (z.B. Zwischen-/Abschlussbericht, vgl. Feld 27)

Abschlussbericht

5 Autor(en) (Name, Vorname(n) oder Institution als Körperschaftlicher Urheber)

PD Dr. rer. nat. habil. Th. Heberer;
OstAp Dirk Feldmann;
Dipl. Leb.-Chem. Marc Adam;
Dipl. Leb.-Chem. Kirsten Reddersen

20 Auftrags-/VertragsNr des AG
(Vollständige Buchstaben-/Ziffernfolge)

InSan / 1299 -V- 7502

6 Auftragnehmer (AN) (Institution(en), Abteilung, Ort/Sitz der beteiligten AN, SubAN, MhAN)

Technische Universität Berlin,
Straße des 17. Juni 153
10623 Berlin

21 Auftragserteilung/Vertragsabschluß

J J J J M M T T

1 9 9 9 1 1 0 1

22 Abschlußdatum/Vertragsende

J J J J M M T T

2 0 0 3 1 0 3 1

23 Projekt-/Programm-/Konzeptbezeichnung
(z.B. ZTL 1979, FAG 1, MBB 1-85-1)

7 Auftraggeber (AG) / Aufgabensteller (AST) / Fachlich zuständige Stelle

AG:

Bundesminister der Verteidigung

AST:

InSan I / FüSan I

8 Kurzreferat (Inhaltsbeschreibung des Dokumentes)

Im Rahmen des o.g. Forschungsvorhabens wurden Trinkwasser-
versorgungsanlagen der Bundeswehr auf Rückstände von Pharmaka,
polaren Pestiziden und verwandten Kontaminanten hin untersucht.
In einem zweiten Projektabschnitt wurden zwei neuartige, mobile
Trinkwasseraufbereitungsanlagen auf ihre Fähigkeit hin untersucht
solche und andere abwasserbürtige Stoffe aus hochgradig konta-
minieren Rohwässern zu entfernen. Im dritten Projektteil wurde ein
Modell zum Vorkommen und Verbleib von Arzneimittelrückständen
im Abwasser des Bundeswehrkrankenhauses Berlin erstellt, das
parallel durch Messungen von Modellschubstanzen überprüft und
bestätigt wurde.

24 Studien-/Aufgabenkennziffer, DateiblattNr
(SKZ-, AKZ-, DateiblattNr)

25 Aktenzeichen des AG/Herausgebers oder der fachlich
zuständigen Stelle

26 Sperrvermerk

9 Schlagwörter (Schwerpunktartige Inhaltskennzeichnung mittels Fachbegriffen, maximal 10 Stellen)

Pharmaka, Rückstände, Abwasser, Trinkwasser, Krankenhaus,
Trinkwasseraufbereitung, Analytik, Modellberechnung, Feldversuche

27 Zusätzliche Angaben/Hinweise

(Der umseitige Vordruck ist so konzipiert, daß er sowohl für VS-Dokumente, als auch für sämtliche Arten von Berichten aus Bw-Aufträgen/Verträgen benutzt werden kann. Es kann also durchaus vorkommen, daß für Felder keine Angaben vorhanden sind und diese somit frei bleiben.)

Ausfüllanweisung zum Berichts-/Erschließungsblatt

FeldNr

- 1 = LfdNr**
Wird von DOKFIZBw ausgefüllt
- 2 = BerichtsNr des Herausgebers/Auftragnehmers (AN)**
Vom Herausgeber oder Auftragnehmer (AN) dem von ihm erstellten Bericht zugeteilte(n) Identifikationskennzeichen, unter Voransetzen des Akronymes bzw. der Kurzbezeichnung des Herausgebers/Auftragnehmers (AN).
- 3 = BerichtsNr des Auftraggebers (AG)**
Vom Auftraggeber (AG) dem Bericht zugeteilte(n) Identifikationskennzeichen, unter Voransetzen des Akronymes bzw. Kurzbezeichnung des AG (z.B. BMVg FBWT-10-92)
- 4 = Titel/Untertitel**
Originalsachtitel des Dokumentes/Berichtes und ggf. der zugehörige Untertitel. Bei mehrbändigen Berichten ist die Bandzählung des betreffenden Berichtes sowie ggf. der zugehörige Einzeltitel anzugeben; (vgl. auch Feld 27)
Kurztitel: Es ist nur der Kurztitel des Vorhabens mit maximal 30 Stellen einzutragen.
- 4 a = Ins Englische übersetzter Titel/Untertitel**
Der deutschsprachige Originalsachtitel des Dokumentes/Berichtes und ggf. der Untertitel sind ins Englische zu übersetzen, wenn möglich, vom Autor!
- 5 = Autor(en)**
Der/Die Name(n) des/der Verfasser(s) bzw. Bearbeiter(s) des Dokumentes/Berichtes in der Reihenfolge: Name, Vorname(n). Ist oder soll kein persönlicher Verfasser/Bearbeiter genannt (werden), so ist der Name der Institution einzutragen, die der körperschaftliche Urheber ist.
- 6 = Auftragnehmer (AN)**
Offizielle Benennung der Institution(en), ggf. mit Angabe der Abteilung, die als Auftragnehmer bzw als Sub- oder Mitauftragnehmer an der Erstellung des Berichtes beteiligt waren, in der Reihenfolge: Benennung, Ort/Sitz, Landangabe.
- 7 = Auftraggeber (AG) / Aufgabensteller (AST) / Fachlich zuständige Stelle**
Die Benennungen der vertragschließenden, d.h., der auftragerteilenden und aufgabenstellenden bzw. fachlich zuständigen Referate des BMVg oder BWB und sonstiger Ämter der Bw, sind einzutragen.
- 8 = Kurzreferat**
Das Kurzreferat ist eine Form der Inhaltsbeschreibung und soll die wesentlichen Sachverhalte und/oder Ergebnisse des Dokumentes so darstellen, daß der Leser objektiv in die Lage versetzt wird zu entscheiden, ob das Dokument für seine Zwecke relevant ist.
- 9 = Schlagwörter**
Schlagwörter sind eine andere Form der Inhaltsbeschreibung. Sie sollen in prägnanter Weise in Form von Wörtern und/oder Wortzusammensetzungen schwerpunktartig den Inhalt des Dokumentes kennzeichnen. Anzugeben sind ein bis zehn Schlagwörter.
- 10 = Dienststelle (DSt) und Standort (StO) (Dokument langfristig verfügbar, Ausleihe)**
Trifft nur zu für Dokumente mit Geheimhaltungsgrad VS-VERTRAULICH oder GEHEIM (vgl. BMVg, FÜ S 14 – Az 52-60-60 vom 01.07.1986). Es ist die Dienststelle der Bw, möglichst mit Abt/UA und TgbNr, anzugeben, bei der das Dokument langfristig zur Ausleihe verfügbar ist. Der StO erhält von DOKFIZBw eine Mitteilung über die vergebene DOKFIZBw-lfd-Nr und später auch nach o.a. Erlaß die Anträge auf Lieferung des betreffenden Dokumentes zugesandt.
- 11 = Geheimhaltungsgrad**
Geheimhaltungsgrad des Dokumentes ist entsprechend anzukreuzen.
- 12 = Gesamtselten-/blattzahl**
Hier ist die Gesamtzahl der Seiten anzugeben – Bei VS die Blattzahl.
- 13–17 = Quellen, Tabellen, Statistiken, Techn. Zeichnungen, Abbildungen**
Es ist jeweils die Anzahl der in dem Dokument aufgeführten/enthaltenen Angaben/Beigaben einzutragen.
- 18 = Berichtsdatum**
Das Datum des Dokumentes/Berichtes (ersichtlich aus Deck-/Vorblatt oder Titelei). Fehlende Angaben zu Monat oder Tag sind mit Nullen aufzufüllen.
- 19 = Berichtsart**
Z.B.: Zwischenbericht (1–n), Abschlußbericht, Konferenzbericht.
- 20 = Auftrags-/VertragsNr des AG**
Vom AG dem Auftrag zugeteilte(n) Identifikationskennzeichen. Es sind alle Auftrags-/VertragsNr'n der Aufträge/Verträge anzugeben, aufgrund deren der Bericht erstellt wurde.
- 21 = Auftragserteilung/Vertragsabschluß**
Datum der Auftragserteilung bzw des Vertragsabschlusses.
- 22 = Abschlußdatum/Vertragsende**
Datum an dem der Auftrag/Vertrag beendet/abgelaufen ist.
- 23 = Projekt-/Programm-/Konzeptbezeichnung**
Offizielle Bezeichnung des Projektes bzw. Name des Programms.
- 24 = Studien-/Aufgabenkennziffer, DateiblattNr**
Die für den Bericht zutreffende, von AG oder AST vergebene Studien-/Aufgabenkennziffer und/oder DateiblattNr.
- 25 = Aktenzeichen des AG/Herausgebers oder der fachlich zuständigen Stelle**
Eintrag unter Voransetzung des Akronymes bzw. Kurzbezeichnung.
- 26 = Sperrvermerk**
Nur der vom AG/AST bzw. der fachlich zuständigen Stelle im BMVg, BWB oder anderen Ämtern der Bw dem Dokument zugeteilte Sperrvermerk. (Andere Sperrvermerke werden vom DOKFIZBw in solche der Bw umgesetzt.)
- 27 = Zusätzliche Angaben/Hinweise**
Angaben zu Konferenzbericht (Veranstalter, Titel, Ort, Datum), sowie Umfang und Art von Anlagen und Hinweise auf andere Dokumente/Berichte die mit dem Dokument/Bericht in sachlichem Zusammenhang stehen.

Forschungsbericht aus der Wehrmedizin

Arzneimittelrückstände in Trinkwasser(versorgungsanlagen) und Krankenhausabwässern der Bundeswehr: Methodenentwicklung - Vorkommen - Wasseraufbereitung

Auftraggeber:

Bundesminister der Verteidigung – InSan I

Vertragnehmer:

Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin

Bearbeiter:

PD Dr. rer. nat. habil. Th. Heberer; OStAp Dirk Feldmann; Dipl. Leb.-Chem.
Marc Adam; Dipl. Leb.-Chem. Kirsten Reddersen

Manuskript: 29.04.2004

Titel in Englisch:

“Investigation of pharmaceutical residues in hospital effluents, in ground- and
drinking water from Bundeswehr facilities, and their removal during drinking water
purification”

AQ F05-10-3170

KURZFASSUNG

Im Rahmen des Forschungsvorhabens der Bundeswehr (InSan I 1299-V-7502) mit dem Titel „Arzneimittelrückstände in Trinkwasser(versorgungsanlagen) und Krankenhausabwässern der Bundeswehr: Methodenentwicklung - Vorkommen - Wasseraufbereitung“ wurde in insgesamt drei Teilprojekten das Vorkommen und die Entfernung von Arzneimittelrückständen hinsichtlich bundeswehrspezifischer Fragestellungen untersucht.

Im ersten Teilprojekt wurden Roh- und Trinkwässer von Trinkwasserversorgungsanlagen der Bundeswehr auf Rückstände von Arzneimitteln, polaren trinkwassergängigen Pestiziden und weiteren typischen Verschmutzungsindikatoren hin untersucht. Für den Bereich der Bundeswehr und der bundeswehreigenen Trinkwasserversorgung lagen dazu bislang noch keine Daten vor. Zur Untersuchung der Arzneimittelrückstände in matrixbelasteten Wasserproben wurden zwei instrumentelle Analysemethoden entwickelt, validiert und in der Routineanalytik eingesetzt. Beide Methoden verwenden die Festphasenextraktion (SPE), die chemische Derivatisierung und die Detektion mittels Kapillargaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) im Selected Ion Monitoring (SIM) zur zweifelsfreien Spurenanalyse der Verbindungen in Konzentrationen im unteren ng/L-Bereich. Alle Trinkwasser- und etliche Löschwasserbrunnen der Bundeswehrliegenschaften in den neuen Bundesländern, sowie Rohwasser aus dem Überwachungsbereich der anderen drei Zentralen Institute sind über den ganzen Versuchszeitraum von vier Jahren in einer Art Screening-Programm auf ausgewählte Rückstände von Arzneimitteln, Pestiziden und Flammschutzmitteln auf Organophosphatbasis hin untersucht worden. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Gefahr des Auftretens von Arzneimittelrückständen in Trinkwasser mit der Größe und Dichte des Ballungsraumes zunimmt. In ländlichen Gebieten wurden fast keine positiven Befunde erhalten.

Das zweite Teilprojekt beschäftigte sich mit der Untersuchung und Bewertung der Möglichkeiten und Grenzen der mobilen Trinkwasseraufbereitung der Bundeswehr zur Abreicherung bzw. Entfernung von Modellarzneimitteln. In zwei Feldversuchen, die mit Rohwässern durchgeführt wurden, die dem stark mit Abwasserfrachten belasteten Teltowkanal in Berlin bzw. direkt dem Ablauf der Kläranlage Berlin-Ruhleben entnommen wurden, wurden neben Arzneimittelrückständen eine Vielzahl weiterer abwasserbürtiger mikrobieller, organischer und anorganischer Kontaminanten untersucht. Mit beiden Feldversuchen, die mit unterschiedlichen Trinkwassergewinnungsanlagen, die beide nach dem Prinzip der Membranfiltration mit integrierter Umkehrosmose arbeiten, durchgeführt wurden, konnte verdeutlicht werden, dass selbst aus stark verschmutzten Oberflächengewässern sowohl aus chemischer als auch aus mikrobiologischer Sicht sicheres und wohlschmeckendes Trinkwasser produziert werden kann.

Im dritten Teilprojekt wurde das Bundeswehrkrankenhaus in Berlin beispielhaft als potentieller Verursacher von Kontaminationen der Oberflächengewässer durch Humanarzneimittelrückstände untersucht. Hierfür wurden zunächst die Daten zum Arzneimittelverbrauch sowie zum Verbleib der Rückstände im Abwasser ermittelt und ein Modell zur Abwasserentsorgung und zu den Arzneimittelfrachten des Bundeswehrkrankenhauses Berlin erstellt. Die Richtigkeit dieses Modells wurde durch wiederholte Messungen ausgewählter Arzneimittelrückstände in Tagesmischproben des Abwassers des Bundeswehrkrankenhauses und weiterer Abwasserproben überprüft. Um den Anteil dieses Krankenhauses an Arzneimittelrückständen an den Gesamtfrachten im kommunalen Klärwerk zu ermitteln, mussten neben den zivilen Krankenhäusern auch die weiteren Frachten, die über die kommunalen Abwässer entsorgt werden, also die aus Privathaushalten stammenden Pharmakarückstände, berücksichtigt werden. Hierfür wurden zum einen die Verbrauchsdaten weiterer Krankenhäuser, deren Abwässer mit denen des Bundeswehrkrankenhauses zusammenfließen, über deren Apotheken ermittelt. Des weiteren wurden die Verbrauchsdaten der Privathaushalte für Berlin für das Vergleichsjahr 2001 ermittelt. Anhand des Bundeswehrkrankenhauses Berlin wird verdeutlicht, dass die zu erwartenden Rückstände im kommunalen Abwasser mit einer guten, kaum für möglich gehaltenen Genauigkeit für bestimmte Substanzen berechnet und vorhergesagt werden können, wenn die entsprechenden Verbrauchszahlen und hinreichende pharmakokinetische Daten vorliegen. Auch konnte gezeigt werden, dass nicht, wie oft vermutet, die Krankenhäuser Hauptverursacher der Rückstände im Abwasser sind, sondern vielmehr die Privathaushalte durch ihren Arzneimittelkonsum die Hauptlast dieser Verschmutzungen verursachen.

ABSTRACT

The occurrence and the removal of pharmaceutical residues was investigated in a scientific research project (InSan I 1299-V-7502) entitled "Investigation of pharmaceutical residues in hospital effluents, in ground- and drinking water from Bundeswehr facilities, and their removal during drinking water purification" funded by the German Ministry of Defense. The project had three defined objectives including the investigation of pharmaceutical residues in ground water wells used for drinking water supply at military facilities. The second objective was to test the efficiency of new, mobile membrane-based drinking water purification units (MDWPU) for the removal of pharmaceuticals, some other organic and inorganic contaminants, and microbes under "worst-case" conditions in two extended field trials. The last objective was to predict and investigate the occurrence and fate of pharmaceutical residues in the effluents from an Army hospital in Berlin.

Raw and drinking water samples were collected from water-supply wells at military facilities located in Germany. Over a time period of four years, these samples were monitored for residues of pharmaceuticals, polar pesticides and related organic contaminants such as chlorinated flame retardants using two analytical methods developed and validated in the course of this project. Both methods are applying solid-phase extraction (SPE), chemical derivatization and detection by capillary gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) with selected ion monitoring (SIM). The two novel analytical methods allow the unambiguous trace-level detection of the analytes even in complex environmental matrices at the low ng/L-level. The results of the screening program are clearly indicating a potential occurrence of drug residues in drinking water samples of densely populated urban areas. In contrast, no or only sporadic findings of drug residues were obtained for samples collected from agricultural areas.

Membrane filtration is among the most efficient and promising techniques for the removal of various contaminants including some new emerging pollutants from contaminated raw water sources. In two "worst-case" scenario field trials, a commercially available membrane-based MDWPU and a prototype of a membrane-based MDWPU were tested for their ability to remove microbes, inorganic, and organic pollutants from contaminated raw water. The raw water was collected from a canal in Berlin (Teltowkanal) prone with purified sewage effluents and from the sewer of the municipal sewage treatment plant in Berlin-Ruhleben. In the field trials, the MDWPU that both apply reverse osmosis (RO) for purification efficiently removed all microbial, organic and inorganic contaminants from the highly contaminated raw water sources. For a number of compounds including TCEP, TCIPP, and the analgesics diclofenac and propyphenazone a significant removal was already observed after ultrafiltration. After RO, the concentrations of the pharmaceuticals and all other polar trace organics were decreased below the individual detection limits of between 1 and 5 ng/L. Thus, the field trials have shown that from a technical point of view it is possible to reduce the concentrations of drug residues and related sewage-borne contaminants below the detection limits even when using municipal sewage effluents as raw water sources. The generated permeate meets all requirements and the stringent maximum tolerance levels set by the European drinking water regulation.

Three additional field trials were carried out to investigate the behavior of pharmaceuticals and pharmaceutical metabolites in the waste water of a military hospital in Berlin and to estimate its contribution to the total loads of pharmaceutical residues in municipal sewage. A model was created to predict the pharmaceutical loads in municipal sewage and surface water. The predicted loads were verified by measuring several environmentally relevant pharmaceuticals in hospital waste water samples, along the municipal sewer system and in the influents and effluents of the receiving sewage treatment plants. To estimate the loads of the pharmaceuticals it was necessary to consider some information such as the pharmacokinetics of the investigated pharmaceuticals, the amounts of drugs administered by the military hospital, four additional hospitals and all private households located in the drainage area of the receiving pumping station, and the waste water flow rates. The high recoveries observed for several pharmaceuticals confirmed the applicability of the model used for the prediction of the occurrence of environmentally persistent pharmaceutical residues in the sewer system and in the sewage treatment plants. The low recoveries of other compounds indicates a rapid attenuation of these substances already in the wastewater distribution systems. The results also show that private households are the main source for the occurrence of pharmaceutical residues in municipal sewage treatment plants and the receiving surface waters.

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung	II
Abstract englisch	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
 Kapitel 1	 1
Allgemeiner Teil	1
Einleitung	1
Ziele und Teilprojekte des Forschungsvorhabens	1
Stand der Forschung zur Thematik der Arzneimittelrückstände in der aquatischen Umwelt	5
Historischer Abriss	5
Arzneimittel im aquatischen System	7
Gesetzliche Regelungen	27
Literatur zu Kapitel 1	31
Kapitel 2	40
Analysenmethoden	40
Einleitung	40
Auswahl der untersuchten Arzneimittelrückstände	40
Analgetika/ Antiphlogistika	44
Antiepileptika	45
Lipidsenker	46
Tranquillantien	47
Vasodilatoren	47
Sonstige organische Rückstände	48
Vorschrift zur Durchführung der Analysenmethoden	49
Material und Methoden	49
Probenaufarbeitung	50
Chromatographische und massenspektrometrische Bedingungen	54
Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der Methoden	56
Eigenschaften und Interpretation der Fragmentierungen der entstehenden Derivate beider Analysenmethoden	60
Vergleich der Analysenmethoden	63
Einfluss der Matrix auf die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen sowie die Wiederfindungsraten	64
Literatur zu Kapitel 2	65
Kapitel 3	67
Screening von Rohwasserproben einzelner Bundeswehrstandorte auf ausgewählte Rückstände von Arzneimitteln, Pestiziden und Flammenschutzmitteln	67
Einleitung	67
Ziel des Teilprojekts	68
Ergebnisse	68
Pestizidrückstände	69

Arzneimittelrückstände	70
Rückstände weiterer untersuchter organischer Kontaminanten	72
Zusammenfassung der Ergebnisse des Teilprojekts.....	73
Literatur zu Kapitel 3	73
Anhang zu Kapitel 3.....	73
Kapitel 4	98
Bericht zum Feldversuch zur Entfernung von Arzneimittelrückständen und anderen Kontaminanten bei der mobilen Trinkwasseraufbereitung	98
Einleitung.....	98
Aufbereitungsanlage	98
Versuchsdurchführung.....	101
Analytik.....	103
Ergebnisse	104
Zusammenfassung	110
Literatur zu Kapitel 4	111
Kapitel 5	142
Bericht zum Feldversuch zur Trinkwassergewinnung aus Abwasser mittels der mobilen Trinkwasseraufbereitungsanlage TAA „Prototyp“.....	142
Einleitung.....	142
Aufbereitungsanlage	142
Angaben zu den Membranen	145
Ultrafiltration.....	145
Umkehrosmose	145
Versuchskonzept.....	146
Versuchsdurchführung.....	148
Probenahme.....	149
Analytik.....	150
Ergebnisse	152
Zusammenfassung	161
Literatur zu Kapitel 5	162
Kapitel 6	196
Verhalten und Verbleib von Arzneimittelrückständen in Krankenhausabwasser.....	196
Einleitung.....	196
Ziel des Teilprojektes	196
Versuchskonzept / Versuchsdurchführung	198
Pharmakokinetik.....	204
Rohdaten.....	209
Berechnung.....	215
Ergebnisse	215
Zusammenfassung	228
Literatur zu Kapitel 6	230
Zusammenfassung.....	286
Ausblick	288
Danksagung	290

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1. Trinkwasseraufbereitungsanlage WTC1600	3
Abbildung 2. Trinkwasseraufbereitungsanlage („Prototyp“) am Klärwerk Ruhleben (18.09.2001).....	4
Abbildung 3. Biotransformation von Xenobiotika im Körper (nach Forth et al., 2001).....	8
Abbildung 4. Eintragspfade von Pharmaka in die Umwelt (nach Heberer, 2002b)	9
Abbildung 5. Strukturformeln der untersuchten Analgetika/ Antiphlogistika	44
Abbildung 6. Strukturformeln der untersuchten Antiepileptika.....	46
Abbildung 7. Strukturformeln der untersuchten Lipidsenker.....	47
Abbildung 8. Strukturformel von Oxazepam	47
Abbildung 9. Strukturformel von Pentoxifyllin	47
Abbildung 10. Strukturformeln der sonstigen untersuchten organischen.....	48
Rückstände	48
Abbildung 11. Reaktionsgleichung der Derivatisierung mit Pentafluorbenzylbromid (PFBBBr)	51
Abbildung 12. Reaktionsgleichung der Derivatisierung mit N-(t-butyldimethylsilyl)-N- methyl-trifluoracetamid (MTBSTFA)	52
Abbildung 13. Fließschema der Probenaufarbeitung der PFBBBr- und MTBSTFA- Methoden	53
Abbildung 14. Chromatogramm eines mit PFBBBr derivatisierten Standardgemisches aufgenommen im SIM-Modus, c = 1 ng/μL (Nummern beziehen sich auf Tab. 11)	58
Abbildung 15. Chromatogramm eines mit MTBSTFA derivatisierten Standardgemisches aufgenommen im SIM-Modus, c = 1 ng/μL (Peaknummern beziehen sich auf Tabelle 11)	59
Abbildung 16. EI Massenspektrum des Diclofenac-PFB-Derivats, aufgenommen im Full Scan Modus (70 eV)	61
Abbildung 17. EI Massenspektrum des Carbamazepin-TBDMS-esters, aufgenommen im Full Scan Modus (70 eV)	62
Abbildung 18. Konzentration des Herbizids Bentazon im Grundwasser des GeoPhySMZg in Wittstock/Dosse	70
Abbildung 19. Konzentrationen der Arzneimittelrückstände AMDOPH und Clofibrinsäure in den Brunnen (7-11) der Julius-Leber-Kaserne Berlin [ng/L]72	
Abbildung 20. Trinkwasseraufbereitungsanlage WTC1600	99

Abbildung 21. Schematische Darstellung des Wasserflusses im Single- und Double-Pass-Modus	100
Abbildung 22. Mit Algen zugesetzter Beutelfilter nach dem Austausch	100
(nach 2,5 h)	101
Abbildung 23. Konzentrationsverläufe am 05.09.2000 im Teltowkanal.....	107
Abbildung 24. Konzentrationsverläufe am 06.09.2000 im Teltowkanal.....	107
Abbildung 25. Trinkwasseraufbereitungsanlage TAA „Prototyp“	143
Abbildung 26. Schematische Darstellung des Wasserflusses im Single- und Double-Pass-Modus (die gestrichelte Linie stellt den Single-Pass-Modus dar), SP - Probenahmestellen	144
Abbildung 27. + 28. Tauchpumpe, Tauchpumpe mit Schwimmer beim Ablassen in das Rohwasserreservoir	145
Abbildung 29. Luftaufnahme des Klärwerks Ruhleben und des Probenahmeortes (Bildmaterial aus dem Archiv der Berliner Wasserbetriebe).....	149
Abbildung 30. Tagesverlaufskurve Tenside (48h, 17.-19.09.01)	155
Abbildung 31. Tagesverlaufskurve Nitrat (48h, 17.-19.09.01)	155
Abbildung 32. Tagesverlaufskurve Analgetika (48h, 17.-19.09.01).....	157
Abbildung 33. Tagesverlaufskurve Anticonvulsiva (48h, 17.-19.09.01)	157
Abbildung 34. + 35. Leckage am Druckschlauch der Rohwasserzuführung (18.9.01, 20:30 Uhr)	161
Abbildung 36. Lageplan des Bundeswehrkrankenhauses Berlin mit Verlauf der Abwasserleitungen und Probenahmestellen	199
Abbildung 37. Einzugsgebiet des Pumpwerks IV der Berliner Wasserbetriebe	201
Abbildung 38. + 39. Probensamplers Boyenstraße, Probensamplers Pumpwerk.....	202
Abbildung 40. + 41. Herstellen der Mischprobe, Befüllung der Probenflaschen	203

TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1. Verkaufsmengen ausgewählter Arzneimittel im Jahr 2001 in Deutschland in Tonnen (nach BLAC, 2003)</i>	<i>10</i>
<i>Tabelle 2. Maximale bisher gefundene Konzentrationen von Arzneimittelrückständen verschiedener Indikationsgruppen im aquatischen System</i>	<i>11</i>
<i>Tabelle 3. Übersicht der in dem Monitoringprogramm untersuchten Verbindungen sowie die aus den Verordnungen der Definierten Tagesdosis (DDD) 2001 (Schwabe & Paffrath, 2001) und den Tagesdosen (Rote Liste, 2001) berechneten Jahresmengen 2001 (nach Mechlinski, 2002).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 4. Biotransformationsdaten der untersuchten Arzneimittel.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 5. Temperaturprogramm von Methode 1 (Derivatisierung mit PFBBBr).....</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 6. Temperaturprogramm von Methode 2 (Derivatisierung mit MTBSTFA)..</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 7. Massenfragmente (m/z) der mit PFBBBr derivatisierten Komponenten und deren relative Intensitäten in Klammern</i>	<i>55</i>
<i>Tabelle 8. Massenfragmente der mit MTBSTFA derivatisierten Komponenten und deren relative Intensitäten in Klammern</i>	<i>56</i>
<i>Tabelle 9. Nachweisgrenzen, Bestimmungsgrenzen und Wiederfindungsraten für Methode 1 (Derivatisierung mit PFBBBr) mit der relativen Standardabweichung in Klammern.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabelle 10. Nachweisgrenzen, Bestimmungsgrenzen und Wiederfindungsraten für Methode 2 (Derivatisierung mit MTBSTFA) mit der relativen Standardabweichung in Klammern.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabelle 11. Retentionszeiten von Methode 1 (derivatisiert mit PFBBBr) und Methode 2 (derivatisiert mit MTBSTFA).....</i>	<i>60</i>
<i>Tabelle 12. Bezeichnungen und Probenahmedaten der im Rahmen des Monitorings untersuchten Rohwasserproben.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabelle 13. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2000.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabelle 14. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2001.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabelle 15. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2002.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 16. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2003.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabelle 17-1. Untersuchte Parameter.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabelle 17-2. Untersuchte Parameter.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabelle 18. Abreicherung verschiedener Parameter im "single pass Modus" (n=11), Phosphat (n=6)</i>	<i>105</i>

Tabelle 19. Abreicherung verschiedener Parameter im „double pass Modus“ (n=11), Phosphat (n=6)	106
Tabelle 20. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Auszüge Teil I+II [mg/L].....	112
Tabelle 21. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Auszüge Teil II; Lfd.Nr. 10; [µg/L].....	113
Tabelle 22. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 14; [µg/L].....	114
Tabelle 23. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Polychlorierte Biphenyle (Summe und Einzelstoffe); [µg/L]	115
Tabelle 24-1. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 11; [µg/L].....	116
Tabelle 24-2. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 11; [µg/L].....	117
Tabelle 25-1. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 3 und Ergänzungen; [mg/L]	118
Tabelle 25-2. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 3 und Ergänzungen; [mg/L]	119
Tabelle 26. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil II; Lfd.Nr. 11; [µg/L].....	120
Tabelle 27. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Sonstige Parameter; [mmol/L].	121
Tabelle 28. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Mikrobiologische Untersuchung	122
Tabelle 29. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Ergebnisse der Vor-Ort-Bestimmung	123
Tabelle 30. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Ausgewählte Arznei- und Flammenschutzmittel (A-K); [ng/L].....	124
Tabelle 31. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Ausgewählte Arznei- und Flammenschutzmittel (L-Z); [ng/L]	125
Tabelle 32. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Ausgewählte Pflanzenschutzmittel und Insektizidmetaboliten; [ng/L]	126
Tabelle 33. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Auszüge Teil I+II; [mg/L].....	127
Tabelle 34. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil II; Lfd.Nr. 10; [µg/L].....	128
Tabelle 35. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 14; [µg/L].....	129
Tabelle 36. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Polychlorierte Biphenyle (Summe und Einzelstoffe); [µg/L]	130

Tabelle 37-1. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 11; [$\mu\text{g/L}$]	131
Tabelle 37-2. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 11; [$\mu\text{g/L}$]	132
Tabelle 38-1. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 3 und Ergänzungen; [mg/L]	133
Tabelle 38-2. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 3 und Ergänzungen; [mg/L]	134
Tabelle 39. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV Anlage 2; Teil II; Lfd.Nr. 11; [$\mu\text{g/L}$]	135
Tabelle 40. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Sonstige Parameter; [mmol/L]	136
Tabelle 41. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Mikrobiologische Untersuchung	137
Tabelle 42. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Ergebnisse der Vor-Ort-Bestimmung	138
Tabelle 43. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Ausgewählte Arznei- und Flammschutzmittel (A-K); [ng/L]	139
Tabelle 44. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Ausgewählte Arznei- und Flammschutzmittel (L-Z); [ng/L]	140
Tabelle 45. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Ausgewählte Pflanzenschutzmittel und Insektizidmetaboliten; [ng/L]	141
Tabelle 46. Untersuchte Parameter	147
Tabelle 47. Konzentrationen und Schwankungsbreiten einiger typischer Parameter im Klärwerksablauf (48 h Versuch, $n = 17$)	153
Tabelle 48. Mittlere Abreicherungsraten nach den einzelnen Reinigungsstufen (48 h Versuch, $n = 17$)	154
Tabelle 49. Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen (48h, 17.-19-09.01)	159
Tabelle 50. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Temperatur [$^{\circ}\text{C}$])	163
Tabelle 51. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (pH-Wert)	163
Tabelle 52. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Redox-Spannung [mV])	163
Tabelle 53. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Leitfähigkeit [$\mu\text{S/cm}$])	163
Tabelle 54. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Trübung [FTU])	164
Tabelle 55. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (DOC [mg/L])	164
Tabelle 56. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (CSB [mg/L])	164
Tabelle 57. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Bor [mg/L])	164
Tabelle 58. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Phenole [mg/L])	165
Tabelle 59. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Nitrat [mg/L])	165

Tabelle 60. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Nitrit [mg/L])	165
Tabelle 61. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Ammonium [mg/L])	165
Tabelle 62. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (anion. Tenside [mg/L])	166
Tabelle 63. Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (kation. Tenside [mg/L])	166
Tabelle 64. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Säurekapazität [mmol/L])	167
Tabelle 65. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Basenkapazität [mmol/L])	167
Tabelle 66. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Oxidierbarkeit [mg O ₂ /L])	167
Tabelle 67. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Abdampfrückstand [mg/L])	167
Tabelle 68. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Gesamthärte [°dH])	168
Tabelle 69. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Gesamthärte [mmol/L])	168
Tabelle 70. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Carbonathärte [°dH])	168
Tabelle 71. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Gesamthärte [mmol/L])	168
Tabelle 72. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Arsen [mg/L])	169
Tabelle 73. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Blei [mg/L])	169
Tabelle 74. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Cadmium [mg/L])	169
Tabelle 75. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Chrom [mg/L])	169
Tabelle 76. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Flourid [mg/L])	170
Tabelle 77. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Nickel [mg/L])	170
Tabelle 78. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Quecksilber [mg/L])	170

Tabelle 79. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Aluminium [mg/L])	171
Tabelle 80. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Calcium [mg/L])	171
Tabelle 81. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Chlorid [mg/L])	171
Tabelle 82. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Eisen [mg/L])	171
Tabelle 83. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Kalium [mg/L])	172
Tabelle 84. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Magnesium [mg/L])	172
Tabelle 85. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Mangan [mg/L])	172
Tabelle 86. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Natrium [mg/L])	172
Tabelle 87. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Phosphat [mg/L])	173
Tabelle 88. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Sulfat [mg/L])	173
Tabelle 89. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Kupfer [mg/L])	173
Tabelle 90. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Zink [mg/L])	173
Tabelle 91. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Σ PCB [μ g/L])	174
Tabelle 92. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Σ LHKW [μ g/L])	174
Tabelle 93. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Σ THM [μ g/L])	174
Tabelle 94. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Σ PAK [μ g/L])	174
Tabelle 95. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Σ Pestizide [μ g/L])	175

Tabelle 96. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin	
(Σ BTX [$\mu\text{g/L}$])	175
Tabelle 97. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin	
(Uran [$\mu\text{g/L}$])	176
Tabelle 98. Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin	
(γ -Aktivität [Bq/L])	176
Tabelle 99. Ergebnisse der Untersuchungen der Berliner Wasserbetriebe	
(AOBr [mg/L])	177
Tabelle 100. Ergebnisse der Untersuchungen der Berliner Wasserbetriebe	
(AOCl [mg/L])	177
Tabelle 101. Ergebnisse der Untersuchungen der Berliner Wasserbetriebe	177
(AOI [mg/L])	177
Tabelle 102. Ergebnisse der Untersuchungen der Berliner Wasserbetriebe	
(AOX [mg/L])	177
Tabelle 103. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(2,4-D [ng/L])	178
Tabelle 104. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(Bentazon [ng/L])	178
Tabelle 105. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(Dichlorprop [ng/L])	178
Tabelle 106. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(MCPA [ng/L])	178
Tabelle 107. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(Mecoprop [ng/L])	179
Tabelle 108. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(o,p'-DDA [ng/L])	179
Tabelle 109. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(p,p'-DDA [ng/L])	179
Tabelle 110. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(AMDOPH [ng/L])	180
Tabelle 111. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(Bezafibrat [ng/L])	180
Tabelle 112. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin	
(Carbamazepin [ng/L])	180

Tabelle 113. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Clofibrinsäure [ng/L])	180
Tabelle 114. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Diclofenac [ng/L])	181
Tabelle 115. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Fenofibrat [ng/L])	181
Tabelle 116. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Fenofibrinsäure [ng/L])	181
Tabelle 117. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Fenoprofen [ng/L])	181
Tabelle 118. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Gemfibrozil [ng/L])	182
Tabelle 119. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Ibuprofen [ng/L])	182
Tabelle 120. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Indometazin [ng/L])	182
Tabelle 121. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Ketoprofen [ng/L])	182
Tabelle 122. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Meclofenaminsäure [ng/L])	183
Tabelle 123. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Mefenaminsäure [ng/L])	183
Tabelle 124. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Naproxen [ng/L])	183
Tabelle 125. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Oxazepam [ng/L])	183
Tabelle 126. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Pentoxifyllin [ng/L])	184
Tabelle 127. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Phenacetin [ng/L])	184
Tabelle 128. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Primidon [ng/L])	184
Tabelle 129. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Propiphenazon [ng/L])	184

Tabelle 130. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Tolfenaminsäure [ng/L])	185
Tabelle 131. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (NPS [ng/L])	185
Tabelle 132. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (TCEP [ng/L])	185
Tabelle 133. Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (TCIPP [ng/L])	185
Tabelle 134: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 17.09.01 (Probe 8336-8340)	186
Tabelle 135: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 17.09.01 (Probe 8341-8344)	186
Tabelle 136: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 17.09.01 (Probe 8345-8348)	187
Tabelle 137: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8349-8352)	187
Tabelle 138: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8353-8357)	188
Tabelle 139: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8358-8361)	188
Tabelle 140: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8362-8365)	189
Tabelle 141: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8366-8369)	189
Tabelle 142: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8370-8374)	190
Tabelle 143: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8375-8378)	190
Tabelle 144: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8379-8382)	191
Tabelle 145: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8383-8386)	191
Tabelle 146: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8387-8391)	192
Tabelle 147: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8392-8395)	192
Tabelle 148: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8396-8399)	193

Tabelle 149: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8400-8403)	193
Tabelle 150: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8404-8408)	194
Tabelle 151: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung vom 17.-19.09.01 (Probe 8738-8742)	194
Tabelle 152: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung vom 17.-19.09.01 (Probe 8759-8763)	195
Tabelle 153. Anzahl der Krankenhausbetten der vier anderen Kliniken im Einzugsgebiet.....	200
Tabelle 154. Für die Berechnung wichtige pharmakokinetische Parameter (in %) 207	
Tabelle 155. Arzneimittelverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses im jeweiligen Versuchszeitraum in mg	209
Tabelle 156. Beispiel der zu bearbeitende Rohdatentabellen	211
Tabelle 157. Berechneter Arzneimittelverbrauch für Berlin und das Einzugsgebiet (über Einwohnerzahl und über Apothekendichte) im Jahr 2001 in kg.....	211
Tabelle 158. Arzneistoffverbrauch aller anderen Krankenhäuser (Summe) in g ...	214
Tabelle 159. Anteil des Abwassers des Bundeswehrkrankenhauses am Abwasser des Pumpwerks und am Abwasser des Klärwerks in %	216
Tabelle 160. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Carbamazepin	217
Tabelle 161. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Ciprofloxacin	219
Tabelle 162. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Clarithromycin	219
Tabelle 163. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Clindamycin	220
Tabelle 164. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Diclofenac	221
Tabelle 165. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Erythromycin	222
Tabelle 166. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Indometacin	223
Tabelle 167. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Metamizol bzw. den Metaboliten AAA224	
Tabelle 168. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Metamizol bzw. den Metaboliten FAA224	
Tabelle 169. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Metronidazol	225

Tabelle 170. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Piperacillin.....	225
Tabelle 171. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Roxithromycin.....	226
Tabelle 172. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Sulfamethoxazol	227
Tabelle 173. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Trimetoprim.....	227
Tabelle 174. Beispiel eines Datenblattes zur Erfassung der Arzneimittelverbräuche im Bundeswehrkrankenhaus Berlin	232
Tabelle 175. Gemessene Abwassermengen (Durchfluss) an den einzelnen Probenahmeorten	233
Tabelle 176. Ermittelter Arzneimittelverbrauch der vier Krankenhäuser für den ersten Versuch	234
Tabelle 177. Ermittelter Arzneimittelverbrauch der vier Krankenhäuser für den zweiten Versuch.....	235
Tabelle 178. Ermittelter Arzneimittelverbrauch der vier Krankenhäuser für den dritten Versuch	236
Tabelle 179. Ermittelter Arzneimittelverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses für den ersten Versuch.....	237
Tabelle 180. Ermittelter Arzneimittelverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses für den zweiten Versuch.....	238
Tabelle 181. Ermittelter Arzneimittelverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses für den dritten Versuch.....	239
Tabelle 182. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter AOI	240
Tabelle 183. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Diatrizoat	241
Tabelle 184. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Carbamazepin ..	242
Tabelle 185. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Cefprozidim	246
Tabelle 186. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Ciprofloxacin ...	248
Tabelle 187. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Clarithromycin ..	251
Tabelle 188. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Clindamycin.....	254
Tabelle 189. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Diclofenac.....	256
Tabelle 190. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Erythromycin ...	257
Tabelle 191. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Ibuprofen	260
Tabelle 192. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Indometacin.....	261
Tabelle 193. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Iopromid	262
Tabelle 194. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol AAA	263

<i>Tabelle 195. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol FAA</i>	<i>267</i>
<i>Tabelle 196. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metronidazol....</i>	<i>271</i>
<i>Tabelle 197. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Piperacillin</i>	<i>274</i>
<i>Tabelle 198. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Roxithromycin .</i>	<i>277</i>
<i>Tabelle 199. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Sulfamethoxazol.....</i>	<i>280</i>
<i>Tabelle 200. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Trimethoprim ...</i>	<i>283</i>

Kapitel 1

ALLGEMEINER TEIL

Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland werden ca. 65% des Trinkwassers der öffentlichen Wasserversorgung direkt aus Grundwasser, 8% aus Quellen und 27% aus aufbereitetem Oberflächenwasser gewonnen. Die Qualität des angebotenen Trinkwassers ist folglich eng mit der Beschaffenheit des Rohwassers und der Leistungsfähigkeit der Wasseraufbereitung verknüpft. Diesbezüglich rückt das Auftreten von Arzneimittelrückständen in der aquatischen Umwelt immer mehr ins Blickfeld des öffentlichen Interesses. Seit Anfang der 90er Jahre erstmals der Arzneimittelmetabolit Clofibrinsäure in Berliner Grundwasserproben und später auch im Trinkwasser nachgewiesen wurde (Heberer und Stan, 1996), wächst die Besorgnis vor diesen neu entdeckten Kontaminanten (Halling-Sørensen et al., 1998; Heberer und Stan, 1998; Daughton und Ternes, 1999; Heberer 2002b).

Ziele und Teilprojekte des Forschungsvorhabens

Im Rahmen des Forschungsvorhabens der Bundeswehr (InSan I 1299-V-7502) wurde in insgesamt drei Teilprojekten das Vorkommen und die Entfernung von Arzneimittelrückständen hinsichtlich bundeswehrspezifischer Fragestellungen untersucht.

Im ersten Teilprojekt, dessen Ergebnisse in Kapitel 3 gezeigt werden, sollten Roh- und Trinkwässer von Trinkwasserversorgungsanlagen der Bundeswehr auf Rückstände von Arzneimitteln, polaren trinkwassergängigen Pestiziden und weiteren typischen Verschmutzungsindikatoren hin untersucht werden. Das Auftreten von Arzneimittelrückständen im Trinkwasser weist darauf hin, dass es Wässer gibt, bei deren Gewinnung oder Aufbereitung eine Abreicherung oder Elimination dieser anthropogenen Verunreinigungen nicht oder nur unzureichend gelingt. Für den Bereich der Bundeswehr und der bundeswehreigenen Trinkwasserversorgung lagen bislang noch keine Daten vor.

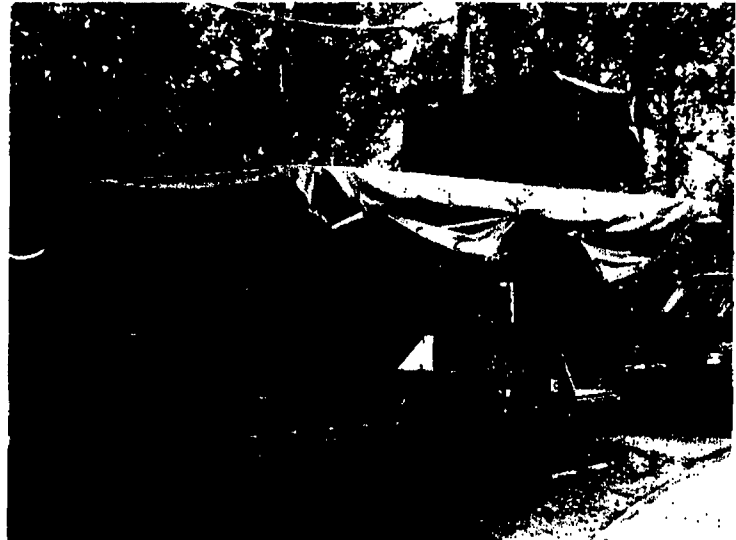
Zur Untersuchung der Arzneimittelrückstände sollten deshalb zunächst zwei instrumentelle Analysenmethoden zum Spurennachweis dieser Substanzen in Wasserproben entwickelt werden. Die zu untersuchenden Arzneimittelwirkstoffe und die polaren Pestizidrückstände werden mit den entwickelten und in Kapitel 2 vorgestellten Methoden gemeinsam mittels Festphasenextraktion an "polaren" Octadecylphasen (RP-C18) aus den Wasserproben extrahiert und angereichert. Der Nachweis und die Quantifizierung der Analyten erfolgt mittels Kapillargaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS oder GC-MS/MS) im Selected Ion Monitoring (SIM) oder auch im Selected Reaction Monitoring (SRM) erfolgen. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden sogenannte Multimethoden zum substratspezifischen Nachweis von Arzneistoffen etabliert, validiert und publiziert (Reddersen & Heberer, 2003a,b), die im Laufe des Vorhabens und darüber hinaus routinemäßig als „standard operation procedures“ (SOP's) in der Trinkwasserüberwachung verwendet wurden bzw. werden können.

Das zweite Teilprojekt, dessen Ergebnisse in den Kapiteln 4 und 5 gezeigt werden, beschäftigte sich mit der Untersuchung und Bewertung der Möglichkeiten und Grenzen der mobilen Trinkwasseraufbereitung der Bundeswehr zur Abreicherung bzw. Entfernung von Modellarzneimitteln.

Bei Auslandsaufenthalten der Bundeswehr kann es erforderlich sein, Trinkwasser aus stark belasteten Oberflächengewässern zu gewinnen. Derartige Gewässer können eine große Anzahl organischer, anorganischer und mikrobiologischer Verunreinigungen enthalten wie z.B. Arzneimittel, Pestizide, Schwermetalle oder fäkale Keime. Mobile Trinkwasseraufbereitungsanlagen müssen in der Lage sein, solche Verunreinigungen soweit abzureichern, dass das gewonnene Wasser den geltenden Anforderungen der in Deutschland und in der gesamten EU gültigen Trinkwasserverordnung entspricht. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden zwei mobile Trinkwasseraufbereitungsanlagen, die mit moderner Membrantechnologie arbeiten, auf ihr Vermögen untersucht, Trinkwasser aus hochgradig mit Arzneimittelrückständen kontaminierten und stark matrixhaltigem Wasser zu produzieren. In einem ersten Teilversuch wurde die kommerziell erhältliche Anlage WTC1600 der Fa. Kärcher (Abb. 1) getestet (Kapitel 4) (Heberer et al., 2002a; Heberer & Feldmann, im Druck). Zum Testen dieser mobilen Trinkwasseraufbe-

reitanlage wurde als stark belastetes Oberflächengewässer der Berliner Teltowkanal gewählt. Dieser Kanal wird von drei Klärwerken als Vorfluter genutzt und sein Wasser besteht in den Sommermonaten bis zu 80% (im Mittel zu etwa 40%) aus geklärten kommunalen Abwässern. Für diesen Feldversuch stellte er daher ein geeignetes „worst-case“-Szenario zur Erprobung einer durch die Bundeswehr beschafften mobilen Trinkwasseranlage (WTC 1600 der Fa. Kärcher) dar.

*Abbildung 1. Trinkwasser-
aufbereitungsanlage
WTC1600*



In einem weiteren Feldversuch wurde der Prototyp einer neu entwickelten Trinkwasseraufbereitungsanlage der Bundeswehr auf dem Gelände des Klärwerks in Berlin-Ruhleben getestet (Abb. 2) (Heberer et al., eingereicht; Heberer & Feldmann, im Druck). Ziel war es zu ermitteln, ob diese Anlage in der Lage ist, aus extrem mit Abwasserkontaminanten belasteten Wässern ein Trinkwasser zu gewinnen, das den chemischen und mikrobiologischen Anforderungen der geltenden Trinkwasserverordnung entspricht. Die Ergebnisse dieses Versuchs sind in Kapitel 5 gezeigt.

Das Analysenspektrum umfasste für beide Teilversuche die Untersuchung auf Arzneimittel- und Pestizidrückstände, auf die chemischen und mikrobiologischen Parameter der Trinkwasserverordnung sowie auf weitere abwassertypische Parameter wie z.B. Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Gelöster Organischer Kohlenstoff (DOC) oder die Leitfähigkeit. Die Untersuchungen wurden zum Teil vor Ort, zum Teil am Institut für Lebensmittelchemie der TU Berlin und zum Teil am ZInstSanBw Berlin durchgeführt (Kapitel 4 und 5).



*Abbildung 2. Trinkwasseraufbereitungsanlage („Prototyp“) am Klärwerk Ruhleben
(18.09.2001)*

Im dritten Teilprojekt, dessen Ergebnisse in Kapitel 6 gezeigt werden, wurde das Bundeswehrkrankenhaus in Berlin beispielhaft als potentieller Verursacher von Kontaminationen der Oberflächengewässer durch Humanarzneimittelrückstände untersucht und die Ergebnisse dann modellhaft anhand von Verabreichungsstatistiken auf andere Standorte übertragen. Hierfür wurden zunächst die Daten zum Arzneimittelverbrauch sowie zum Verbleib der Abwässer und Abwässerteilströme des Bundeswehrkrankenhauses ermittelt werden. Aus diesen Daten wurde ein Modell zur Abwasserentsorgung und zur Arzneimittelfracht in den Abwässern des Bundeswehrkrankenhauses Berlin erstellt. Die Richtigkeit dieses Modells wurde durch wiederholte Messungen ausgewählter Arzneimittelrückstände in Tagesmischproben des Abwassers sowie aus Abwässerteilströmen des Krankenhauses überprüft. Um den Anteil des Bundeswehrkrankenhauses an Arzneimittelrückständen an den Gesamtfrachten im kommunalen Klärwerk zu ermitteln, mussten neben den zivilen Krankenhäusern auch die weiteren Frachten, die über die kommunalen Abwässer entsorgt werden, also die aus Privathaushalten stammenden Pharmakarückstände, berücksichtigt werden. Hierfür wurden zum einen die Verbrauchsdaten weiterer Krankenhäuser, deren Abwässer mit denen des Bundeswehrkrankenhauses zusammenfließen, über deren Apotheken ermittelt.

Des weiteren wurden die Verbrauchsdaten der Privathaushalte für Berlin für das Vergleichsjahr 2001 ermittelt. Durch die in diesem Vorhaben durchgeführten Arbeiten war es möglich, die durch das Bundeswehrkrankenhaus verursachten Arzneimittelrückstände mit denen der zivilen Krankenhäuser bzw. mit den in den kommunalen Abwässern vorhandenen Rückständen zu vergleichen und zu evaluieren.

Stand der Forschung zur Thematik der Arzneimittelrückstände in der aquatischen Umwelt

Arzneimittel sind bestimmungsgemäß biologisch hoch aktive Stoffe. Jährlich werden große Mengen von Arzneimitteln in der Human- und Veterinärmedizin angewendet. So betragen die Verkaufsmengen einzelner Humanpharmaka wie Acetylsalicylsäure oder Ibuprofen jährlich in Deutschland bis zu über 900 t (BLAC, 2003). Arzneimittel stellen eine chemisch sehr diverse Gruppe bioaktiver Chemikalien dar. Dass diese Stoffe in der Umwelt nachweisbar sind, geht aus ihren für die Anwendung gewünschten Eigenschaften hervor. So sollen sie möglichst stabil sein, damit sie lange lagerfähig sind und einfach verabreicht werden können. Weiterhin sollen sie ihren Wirkungsort erreichen, was bei oral verabreichten Medikamenten voraussetzt, dass sie gegen gewisse Enzyme stabil sind und durch den sauren pH-Wert des Magens nicht hydrolysiert werden. Da oral verabreichte Pharmaka auf gute Wasserlöslichkeit maßgeschneidert sind, kann im aquatischen Bereich bei gleichzeitiger schlechter Abbaubarkeit von einer weiten Verbreitung ausgegangen werden.

Historischer Abriss

Erste Befunde von Arzneimittelrückständen in der Umwelt stammen aus den 1970er Jahren, als Garrison et al. (1976) und Hignite & Azarnoff (1977) Clofibrinsäure, den Metabolit mehrerer Blutlipidsenker, in Klärwerksabläufen in den USA detektierten. Anfang der 1990er Jahre wurde mit Clofibrinsäure erstmals der Rückstand eines Humanarzneimittels im Grundwasser nachgewiesen (Stan & Linkerhägner, 1992).

Diese und andere Befunde verdeutlichten die Problematik des Vorkommens von Arzneimittelrückständen in der Umwelt und führten vor allem in Europa und den USA zu verstärkten Forschungsaktivitäten zum Verbleib und Verhalten von Arzneimittelrückständen im aquatischen System. Arzneimittelrückstände wurden in Klärwerksabläufen, Oberflächengewässern und im Grund- und Trinkwasser nachgewiesen (Stan et al., 1994, Stan & Heberer, 1997, Heberer & Stan, 1998, Halling-Sørensen et al., 1998, Daughton & Ternes, 1999, Daughton & Jones-Lepp, 2001, Ternes, 2001b, Kümmerer, 2001, Heberer, 2002b).

Dass Arzneimittelrückstände erst in den letzten zehn Jahren in der Umwelt nachgewiesen wurden, bedeutet nicht, dass sie nicht bereits seit Jahrzehnten in der Umwelt vorhanden waren, sondern dass man sich nicht der Problematik des Vorkommens von signifikanten Konzentrationen in der Umwelt bewusst war. Um diese Stoffe in Spurenkonzentrationen in Umweltproben nachweisen zu können, mussten zunächst die analytischen Methoden weiterentwickelt werden. Da es sich um meist sehr polare Verbindungen handelt, ist ein sicherer und empfindlicher Nachweis mittels Gaschromatographie nur nach vorheriger Derivatisierung oder durch Kopplung von Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) und Atmosphärendruckionisations-Tandemmassenspektrometrie (API-MS/MS) möglich (Hirsch et al., 1998, Lindsey et al., 2001, Ternes, 2001a, Heberer, 2002b, Reddersen & Heberer, 2003a). Durch den Einsatz neuer Festphasenmaterialien gelang es außerdem, die Anreicherung aus Umweltproben zu verbessern sowie störende Matrixeinflüsse zu reduzieren und somit die Empfindlichkeit der Analysenmethoden zu steigern (Ternes, 2001a, Reddersen & Heberer, 2003a).

Humanpharmaka gelangen nach ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch mit den menschlichen Ausscheidungen in großen Mengen in die kommunalen Kläranlagen und sind dort mit Konzentrationen im unteren $\mu\text{g/L}$ Bereich nachweisbar (Heberer & Stan, 1997, Ternes, 1998, Möhle & Metzger, 2001, Heberer et al., 2002b). Zahlreiche dieser Substanzen werden aufgrund ihrer Persistenz über das geklärte Abwasser in die angrenzenden Vorfluter eingetragen (Stan & Heberer, 1997, Halling-Sørensen et al., 1998, Daughton & Ternes, 1999, Heberer & Stan, 1998). Hierbei kommt es aufgrund der Anwendung durch den Verbraucher zu einem kontinuierlichen Eintrag in die Oberflächengewässer. Weitere mögliche Quellen für

Umweltbelastungen mit Arzneistoffen sind die unsachgemäße Entsorgung dieser Stoffe durch die Verbraucher und die Belastung durch die industrielle Produktion. Diese Kontaminationsquellen haben nach dem derzeitigen Stand des Wissens jedoch in den meisten Gegenden nur eine geringe Bedeutung (Sattelberger, 1999). Da viele Pharmaka bzw. deren Metabolite sehr gut wasserlöslich sind, werden diese Verbindungen nicht oder nur wenig in den Sedimenten gebunden und können unter geeigneten Bedingungen, z.B. bei der Uferfiltration, aus den kontaminierten Oberflächengewässern in die Grundwasserleiter gelangen (Stan & Heberer, 1997, Halling-Sørensen et al., 1998, Heberer et al., 2002b).

Mehr als 100 Arzneimittelrückstände verschiedener Indikationsgruppen wurden bisher im aquatischen System nachgewiesen (Heberer & Adam, 2004). Zu den am häufigsten detektierten Gruppen gehören Analgetika/Antiphlogistika, Lipidsenker, Antiepileptika, Antibiotika und β -Blocker.

Arzneimittel im aquatischen System

Seit Anfang der 1990er Jahre wurden Arzneimittelrückstände in Kläranlagenabläufen, Oberflächengewässern, Grund- und Trinkwasser nachgewiesen (Stan & Heberer, 1997, Halling-Sørensen et al., 1998, Daughton & Ternes, 1999, Daughton & Jones-Lepp, 2001, Kümmerer 2001, Heberer, 2002b). Diese und andere Studien rückten die Problematik von Arzneimittelrückständen in der Umwelt zunehmend in das öffentliche Interesse. Ziel dieser Untersuchungen war es, die Eintragspfade von Arzneimittelrückständen in die Umwelt aufzuzeigen, die Belastungssituation der Gewässersysteme zu erfassen sowie die damit verbundenen Umweltrisiken einzuschätzen.

Eintragspfade in die Umwelt

Den Haupteintragspfad für Humanarzneimittel in die Umwelt stellt die Einleitung von Klärwerksabläufen in die als Vorfluter genutzten Oberflächengewässer dar. Die Entsorgung nicht verwendeter Pharmaka über die Toilette ist nach heutiger Ansicht als eher gering einzuschätzen. Bei der Anwendung von Arzneimitteln durch die Verbraucher werden die Substanzen vom Körper aufgenommen und teilweise unverändert ausgeschieden. Da die Arzneimittel für den Organismus körperfremde

Stoffe (Xenobiotika) darstellen, unterliegen sie nach der Aufnahme einem als Biotransformation bezeichneten Fremdstoffmetabolismus, der in Abb. 3 dargestellt ist. Das Ziel der vielfältigen biochemischen Ab- und Umbaureaktionen, welche vor allem in der Leber, aber auch in anderen Organen wie Niere, Darm, Milz, Blut oder Haut ablaufen, ist eine schnellere Ausscheidung der Substanzen. Man unterscheidet bei der Biotransformation zwischen Phase-I- und Phase-II-Reaktionen, wobei unter ersteren strukturverändernde und abbauende Reaktionen verstanden werden, während letztere zur Konjugatbildung mit polaren, endogenen Molekülen führen. Wichtige Phase-I-Reaktionen, bei denen es zur Einführung oder Freilegung funktioneller Gruppen kommt, sind Oxidation, Reduktion und Hydrolyse. Die bedeutendsten Phase-II-Reaktionen sind die Konjugation mit Glucuronsäure, aktivierter Schwefelsäure und Glutathion.

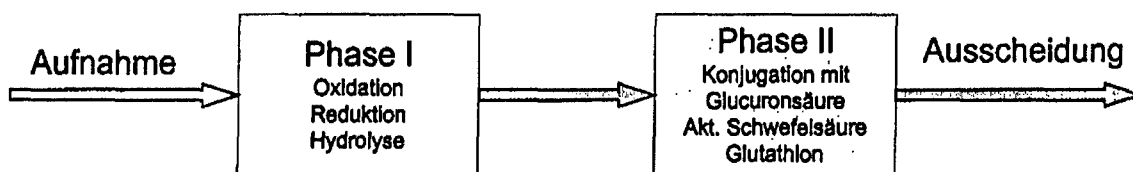


Abbildung 3. Biotransformation von Xenobiotika im Körper (nach Forth et al., 2001)

Nach Ausscheidung der Konjugate können diese im Klärwerk relativ leicht wieder gespalten werden, so dass die Ursprungssubstanzen bei entsprechender Persistenz über die Klärwerksabläufe in die Oberflächengewässer gelangen können. Untersuchungen haben gezeigt, dass einige Arzneimittel in Kläranlagen schlecht oder gar nicht eliminiert werden (Ternes, 1998, Daughton & Ternes, 1999, Zwiener et al., 2000, Heberer et al., 2002b). Unter influenten Bedingungen können polare Arzneimittelrückstände über die Oberflächengewässer in das Grundwasser gelangen und sind zum Teil noch im Trinkwasser nachweisbar (Heberer & Stan, 1996, 1997, Heberer et al., 1997, Reddersen et al., 2002, Zuccato et al., 2000, Ternes, 2001b).

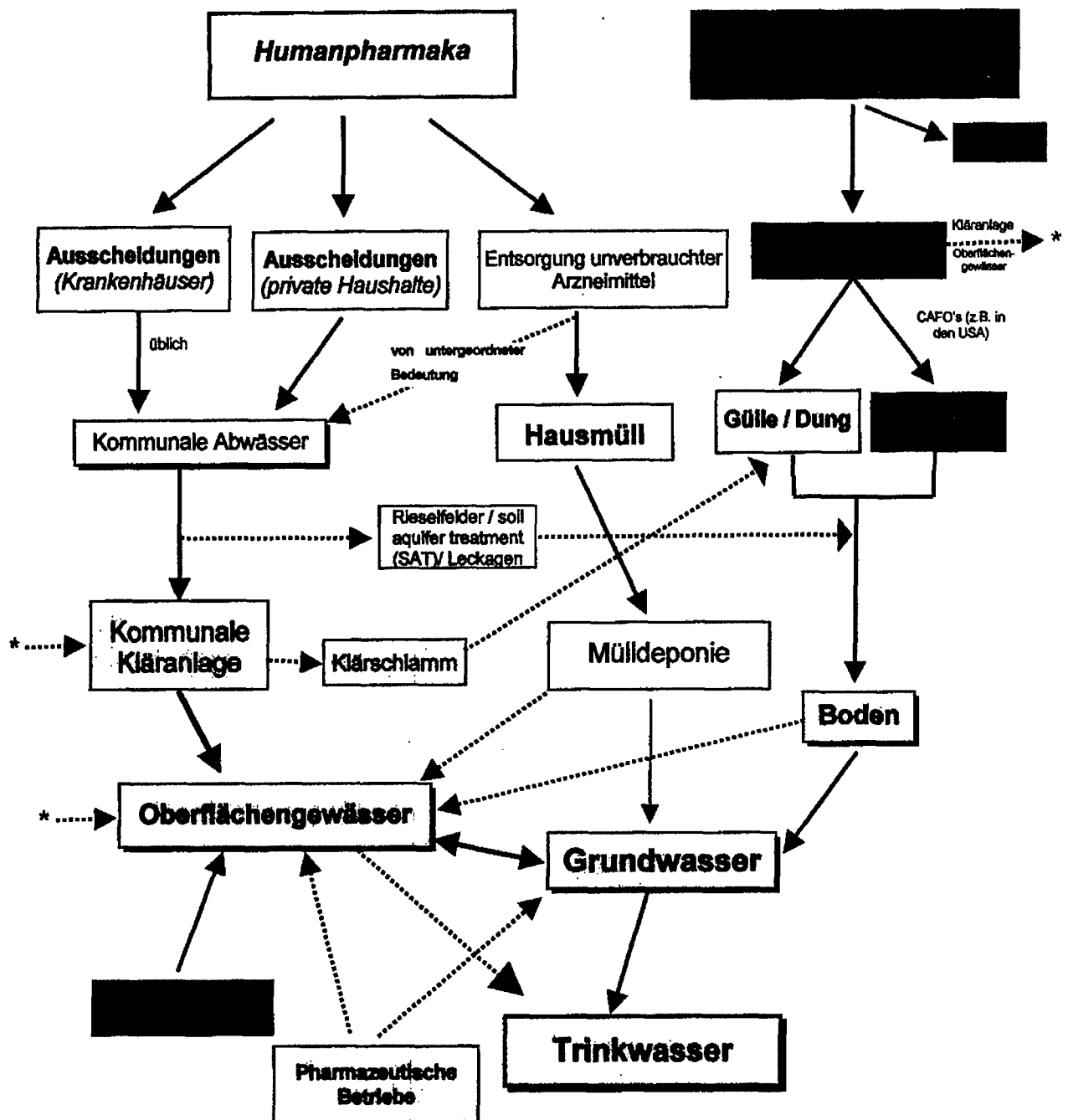


Abbildung 4. Eintragspfade von Pharmaka in die Umwelt (nach Heberer, 2002b)

Einen weiteren Eintragspfad von Arzneimitteln in die aquatische Umwelt stellen Punktquellen wie die Sickerwässer von Deponien (Eckel et al., 1993, Holm et al., 1995, Ahel & Jeličić, 2001) oder Produktionsrückstände dar (Reddersen et al., 2002). Gerade in den industrialisierten Ländern ist der Verbleib von Produktions-

rückständen der Arzneimittelindustrie streng reguliert, so dass diese Eintragsquelle heutzutage als eher unbedeutend einzuschätzen ist. Es hat sich jedoch gezeigt, dass in der Vergangenheit die Bestimmungen nicht wie in dem heutigen Maß vorhanden waren oder nicht eingehalten wurden. Auf diesem Weg entstanden in der Umwelt Kontaminationsquellen, die bis zum heutigen Tag das aquatische System beeinflussen (Reddersen et al., 2002). Ein weiterer Eintragsweg ist über die Landwirtschaft gegeben, wo vor allem Veterinärpharmaka in großen Mengen zur therapeutischen Anwendung und auch als Futterzusatzstoffe eingesetzt werden und durch Aufbringen von Gülle auf die Felder in das Grundwasser oder bei Aquakulturen direkt in die Oberflächengewässer gelangen können. Abb. 4 zeigt die verschiedenen Eintragswege von Arzneimittelrückständen in die Umwelt.

Literaturstudie zum Vorkommen von Arzneimitteln im aquatischen System

Jährlich werden große Mengen von Arzneimitteln in der Human- und Veterinärmedizin angewendet. So betragen die Verkaufsmengen einzelner Humanpharmaka jährlich in Deutschland bis zu über 900 t. Die Verkaufsmengen ausgewählter Arzneimittel im Jahr 2001 in Deutschland sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1. Verkaufsmengen ausgewählter Arzneimittel im Jahr 2001 in Deutschland in Tonnen (nach BLAC, 2003)

Humanarzneimittel	2001 in Tonnen
Acetylsalicylsäure	902*
Paracetamol	654*
Ibuprofen	345
Amoxicillin	115
Metoprolol	93
Carbamazepin	88
Diclofenac	86
Penicillin V	83
Pentoxifyllin	75
Sulfamethoxazol	54
Bezafibrat	33
Propyphenazon	28
Erythromycin	19
17 α -Ethinylestradiol	0,05

* Verkaufsdaten im Jahr 1999

Tabelle 2. Maximale bisher gefundene Konzentrationen von Arzneimittelrückständen verschiedener Indikationsgruppen im aquatischen System

Indikationsgruppe	Max. Konz. im Klärwerksablauf in µg/L	Max. Konz. im Oberflächenwasser in µg/L	Max. Konz. im Grundwasser in µg/L	Max. Konz. im Trinkwasser in µg/L	Literatur
Analgetika/ Antiphlogistika	85 (Ibuprofen)	10,0 (Paracetamol)	1,5 (Propyphenazon)	0,9 (AMDOPH*)	Farré et al. 2001 Kolpin et al. 2002a Heberer et al. 1997 Reddersen et al. 2002
Antibiotika	6,0 (Erythromycin-H ₂ O)	1,9 (Sulfamethoxazol)	0,47 (Sulfamethoxazol)		Hirsch et al. 1999 Kolpin et al. 2002a Hirsch et al. 1999
Antiepileptika	6,3 (Carbamazepin)	1,08 (Carbamazepin)	1,1 (Carbamazepin)	0,03 (Carbamazepin)	Temes 1998a Heberer et al. 2002 Temes 2001b Temes 2001b
Betablocker	2,2 (Metoprolol)	2,2 (Metoprolol)	0,56 (Sotalol)		Hirsch et al. 1996 Temes 1998 Sacher et al. 2001
Lipidsenker	9,74 (Clofibrinsäure)	3,1 (Bezafibrat)	7,3 (Clofibrinsäure)	0,27 (Clofibrinsäure)	Hignile&Azamoff 1977 Temes 1998 Heberer et al. 1997 Heberer & Stan 1996
Röntgenkon- trastmittel	22 (Iopromid)	11 (Iopromid)	1,2 (Diatrizoat)	0,086 (Iopromid)	Putschew&Jekel 2001 Putschew et al. 2001 Putschew et al. 2000 Temes 2001b
Zytostatika	2,9 (Ifosfamid)	0,01 (Cyclophosphamid)			Temes 1998 Zuccato et al. 2000
Synth. Steroide	0,062 (EE2**)	0,0051 (EE2**)	0,002 ² (EE2**)	0,0024 ² (EE2**)	Stumpf et al. 1996b Kuch & Ballschm. 2001 Adler et al. 2001 Adler et al. 2001

* AMDOPH 1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenylhydrazid, Metabolit von Dimethylaminophenazon

** EE2: 17 α -Ethinylestradiol

* Diskussion zur Validität dieser Werte siehe Abschnitt „Synthetische Steroide“

Das Vorkommen von Arzneimitteln im aquatischen System wurde in verschiedenen Studien in Brasilien, Deutschland, England, Griechenland, Italien, Kanada, Kroatien, den Niederlanden, Österreich, Spanien, der Schweiz und den USA untersucht (Stan & Heberer, 1997, Halling-Sørensen et al., 1998, Daughton & Ternes, 1999, Stumpf et al., 1999, Daughton & Jones-Lepp, 2001, Kümmerer 2001, Zuccato et al., 2000, Kolpin et al., 2002a). Mehr als 100 verschiedene Arzneimittelrückstände konnten bis in den $\mu\text{g/L}$ -Bereich in Klärwerksabläufen, Oberflächenwasser und Grund- und Trinkwasser nachgewiesen werden (Heberer, 2002b). In Tabelle 2 sind für verschiedene Indikationsgruppen die Substanzen zusammengestellt, für die in der jeweiligen Gruppe die höchsten Konzentrationen gemessen wurden. Hierbei ist das Vorkommen in Klärwerksabläufen, Oberflächengewässern sowie Grund- und Trinkwasser aufgeführt.

Analgetika/ Antiphlogistika

In diesem Abschnitt werden die Untersuchungen zu nicht-steroidalen Analgetika zusammengefasst. Analgetika haben neben einer schmerzlindernden Wirkung zum Teil auch entzündungshemmende (Antiphlogistika) und/oder fiebersenkende (Antipyretika) Eigenschaften. Sie werden in großen Mengen in Deutschland verschrieben bzw. ohne Verschreibung als „over-the-counter“ Produkte (OTC) in den Apotheken verkauft.

Zu den in Deutschland am meisten verkauften OTC Arzneimitteln zählen Acetaminophen (Paracetamol) und Acetylsalicylsäure (ASS). So werden zum Beispiel von ASS in Deutschland jährlich über 900 t verkauft (BLAC, 2003). Obwohl Stoffe wie Ibuprofen oder Diclofenac in geringeren Mengen von geschätzt 345 bzw. 86 t/a verkauft werden, haben sie im aquatischen System jedoch eine bedeutendere Rolle als Paracetamol und ASS. ASS wurde in Klärwerksabläufen mit mittleren Konzentrationen von nur $0,22 \mu\text{g/L}$ nachgewiesen, die Oberflächenwasserkonzentrationen lagen bei der gleichen Studie im Mittel unterhalb der Nachweisgrenze von 20 ng/L (Ternes, 1998). ASS wird nach Aufnahme im Körper sehr schnell zu der aktiv wirkenden Salicylsäure deacetyliert und in die Metabolite *ortho*-Hydroxyhippursäure und Gentisinsäure umgewandelt. Im Zulauf von Kläranlagen wurden diese drei Metabolite mit jeweils 54, 6,8 und $4,6 \mu\text{g/L}$ detektiert, in der

Kläranlage jedoch fast vollständig abgebaut, so dass nur Salicylsäure im Ablauf in geringen Konzentrationen nachweisbar war (Ternes et al., 1998b). Salicylsäure wurde auch bei anderen Untersuchungen in Klärwerksabläufen nachgewiesen (Heberer, 2002a, Heberer et al., 2001a, Farré et al., 2001). Diese Rückstände müssen jedoch nicht ausschließlich von ASS stammen, da Salicylsäure auch in der Dermatologie als Keratolytikum und in Lebensmitteln als Konservierungsstoff Einsatz findet sowie auch natürlich gebildet wird (Heberer, 2002b).

Paracetamol wird ebenfalls sehr effektiv während der Klärwerkspassage abgebaut. So wurde die Substanz bei einer Studie in Deutschland nur in 10% der untersuchten Klärwerksabläufe und in keiner der Oberflächenwasserproben nachgewiesen (Ternes, 1998). Bei einer anderen Untersuchung von durch Klärwerksabläufe belasteten Oberflächengewässern wurde Paracetamol in 17% aller Proben mit einer maximalen Konzentration von bis zu 10 µg/L gefunden (Kolpin et al., 2002a).

Diclofenac, das in Deutschland jährlich mit ca. 86 t verkauft wird (BLAC, 2003), ist bezogen auf die gefundenen Konzentrationen das bedeutendste Analgetikum in der aquatischen Umwelt. So wurden bei Untersuchungen von kommunalen Kläranlagen in den Zuläufen und Abläufen im Mittel 3,02 bzw. 2,51 µg/L gemessen, was einer Abreicherung im Klärwerk von gerade 17 % entspricht (Heberer et al., 2002b). Diese geringen Eliminationsraten von Diclofenac während der Klärwerkspassage wurden auch von Buser et al. (1998a), Stumpf et al. (1999) und Zwiener et al. (2000) berichtet, während Ternes (1998a) eine Abbaurate von 69 % für Diclofenac angibt. In verschiedenen Studien in Österreich, Brasilien, Deutschland, Griechenland, Großbritannien, Spanien, der Schweiz und den USA wurde Diclofenac in Klärwerksabläufen und Oberflächengewässern bis in den unteren µg/L Bereich nachgewiesen (Buser et al., 1998a, Heberer et al., 1998, 2001a, Ternes, 1998, Möhle et al., 1999, Stumpf et al., 1999, Werres et al., 2000, Ahrer et al., 2001, Farré et al., 2001, Öllers et al., 2001, Sedlak & Pinkston, 2001, Heberer, 2002a, Hilton & Thomas, 2003, Deng et al., 2003, Ternes et al., 2003, Weigel et al., 2004).

Buser et al. (1998a) beobachteten eine deutliche Elimination von Diclofenac in einem Schweizer See und schlussfolgerten auf einen photolytischen Abbau dieser Substanz. Diese Vermutung wurde in Laborversuchen bestätigt, in denen

Seewasser mit Diclofenac dotiert wurde und anschließend Sonnenlicht ausgesetzt wurde, auch hier wurde ein rascher Abbau beobachtet (Buser et al., 1998a). Auch Tixier et al. (2003) konnten den photolytischen Abbau von Diclofenac in Oberflächengewässern nachweisen.

Labor-Säulenversuche (Mersmann et al., 2002) und Studien zur Uferfiltration (Heberer et al., 2001b, Brauch et al., 2000) und zur künstlichen Grundwasseranreicherung (Preuß et al., 2001) weisen auf eine deutliche Sorption und Abreicherung während der Untergrundpassage hin (Verstraeten et al., 2002). Diclofenac konnte jedoch vereinzelt sowohl in Grundwasserproben (Heberer et al., 1997, Sacher et al., 2001) als auch im Roh- und Produktwasser von Wasserwerken nachgewiesen werden (Brauch et al., 2000, Heberer et al., 2001a,b, Ternes, 2001b). Die Ozonierung von Trinkwasser (Zwiener & Frimmel, 2000) und Klärwerksabläufen (Ternes et al., 2003) und die Membranfiltration von Oberflächengewässern oder Klärwerksabläufen (Heberer et al., 2002a, Sedlak & Pinkston, 2001) haben sich als effektiv zur Entfernung von Diclofenac erwiesen.

Ibuprofen, ein weiteres Antiphlogistikum, wurde in Studien in Brasilien, Deutschland, Großbritannien, Österreich, der Schweiz, Spanien und in den USA meist in geringeren Konzentrationen als Diclofenac in Klärwerksabläufen und Oberflächengewässern nachgewiesen (Heberer et al., 1998, 2002, Heberer, 2002a, Ternes, 1998, Buser et al., 1999, Stumpf et al., 1999, Öllers et al., 2001, Kolpin et al., 2002a, Drewes et al., 2003, Ternes et al., 2003, Hilton & Thomas, 2003, Rodriguez et al., 2004, Weigel et al., 2004). In Spanien wurde Ibuprofen in einem Klärwerksablauf mit einer Konzentration von 85 µg/L bestimmt (Farré et al., 2001). In der gleichen Studie wurden auch in Oberflächengewässern relativ hohe Konzentrationen an Ibuprofen von bis zu 2,7 µg/L gemessen.

Im menschlichen Körper wird Ibuprofen zu den Hauptmetaboliten Hydroxy- und Carboxy-Ibuprofen sowie zu Carboxyhydratropsäure umgewandelt, die alle neben Ibuprofen in Klärwerksabläufen nachgewiesen werden konnten (Buser et al., 1999, Stumpf et al., 1998). Stumpf et al. (1998) beobachteten einen deutlichen Abbau von Ibuprofen und Carboxy-Ibuprofen bei der Klärwerkspassage. Hydroxy-Ibuprofen wurde kaum abgebaut und war auch in Fließgewässern in deutlich höheren

Konzentrationen nachweisbar als Ibuprofen und Carboxy-Ibuprofen. Im Gegensatz zu dieser Studie beobachteten Buser et al. (1999) einen sehr effektiven Abbau (96-99,9%) aller Ibuprofenabkömmlinge, inklusive Hydroxy-Ibuprofen. Modellversuche zur künstlichen Grundwasseranreicherung zeigten für Ibuprofen bei Langsam-sandfiltern eine gute Eliminationsrate, bei allen anderen untersuchten Filtermethoden dagegen schlechte Abbauraten (Preuß et al., 2001). Ibuprofen wurde vereinzelt auch in Grundwasser- (Heberer et al., 1997) und Trinkwasserproben nachgewiesen (Ternes, 2001b). Durch die Ozonung konnte Ibuprofen effektiv aus Kläranlagenabläufen entfernt werden (Ternes et al., 2003).

Folgende weitere Analgetika wurden bei verschiedenen Untersuchungen in Klärwerksabläufen und Oberflächengewässern detektiert: Aminophenazon, Codein, Dihydrocodein, Fenoprofen, Hydrocodon, Indometacin, Ketoprofen, Mefenaminsäure, Naproxen, Phenazon und Propyphenazon (Heberer et al., 1998, 2001a, 2001b, Stumpf et al., 1996a, 1999, Stan & Heberer, 1997, Ternes, 1998, Möhle et al., 1999, Farré et al., 2001, Öllers et al., 2001, Ternes et al., 2001, Ahrer et al., 2001, Ahrer & Buchberger, 2001, Sedlak & Pinkston, 2001, Heberer, 2002a, Miao et al., 2002, Gans et al., 2002, Kolpin et al., 2002a, Ternes et al., 2003, Hilton & Thomas, 2003). In Großbritannien wurde in Klärwerksabläufen das Opioidanalgetikum Dextropropoxyphen detektiert (Hilton & Thomas, 2003).

Auch in Grundwasserproben in Kroatien, Dänemark und Deutschland konnten vor allem in der Nähe von Punktquellen wie z.B. Deponien neben Diclofenac und Ibuprofen auch Analgetika wie Phenazon und Propyphenazon bzw. Analgetikametaboliten wie AMDOPH und N-Methylphenacetin, nachgewiesen werden (Holm et al., 1995, Heberer et al., 1997, 2001b, Sacher et al., 2001, Ahel & Jeličić, 2001, Reddersen et al., 2002). Diclofenac, Ibuprofen, Phenazon, Propyphenazon und AMDOPH (bis 900 ng/L) waren auch im Trinkwasser nachweisbar (Heberer et al., 2001a, Ternes, 2001b, Reddersen et al., 2002).

Antibiotika

Antibiotika werden zur Behandlung von Infektionen, die durch Bakterien hervorgerufen werden, eingesetzt. Das Vorkommen und der Verbleib von Antibiotikarückständen in Klärwerksabläufen und Oberflächengewässern wurden in

verschiedenen Studien in Deutschland (Hirsch et al., 1999, Hartig et al., 1999, Ternes et al., 2003, Christian et al., 2003), Großbritannien (Hilton & Thomas, 2003), Italien (Zuccato, et al., 2000), Österreich (Gans et al., 2002), der Schweiz (Alder et al., 2001, Golet et al., 2001, 2002, 2003, Mc Ardell et al., 2003) und den USA (Lindsey et al., 2001, Kolpin et al., 2002a, Yang & Carlson, 2003) untersucht. Dabei konnten Makrolidantibiotika (Clarithromycin, Dehydro-Erythromycin (Metabolit von Erythromycin), Roxithromycin, Tylosin, Spiramycin, Oleandomycin, Azithromycin), Sulfonamide (Sulfamethoxazol, Acetyl-Sulfamethoxazol (Metabolit), Sulfadimethoxin, Sulfamethazin, Sulfathiazol, Sulfachlorpyridazin, Sulfadimidin), Fluorchinolone (Ciprofloxacin, Norfloxacin, Enrofloxacin, Ofloxacin), Chloramphenicol, Lincomycin, Clindamycin und Trimethoprim mit Konzentrationen bis in den unteren µg/L Bereich nachgewiesen werden. Hirsch et al. (1999) konnten bei einem Monitoring in Deutschland Penicilline und Tetracycline weder in Klärwerksabläufen noch in Oberflächenwässern und Grundwässern nachweisen, da Penicilline sehr leicht hydrolysieren und Tetracycline sehr schnell mit Kationen wie z.B. Calcium gefällt werden und sich im Klärschlamm oder Sediment akkumulieren (Daughton & Ternes, 1999). Lindsey et al. (2001), Kolpin et al. (2002a) und Yang & Carlson (2003) dagegen detektierten auch Tetracyclin-Antibiotika (Chlortetracyclin, Oxytetracyclin, Demeclocyclin, Doxycyclin und Tetracyclin) in Oberflächengewässern in den USA. Christian et al. (2003) wiesen vereinzelt Amoxicillin, Flucloxacillin und Piperacillin im Oberflächenwasser nach. In Krankenhausabwässern konnten relativ hohe Konzentrationen von Antibiotika nachgewiesen werden (Hartmann et al., 1998, Alder et al., 2001, Löffler & Ternes, 2003). So wurde das Fluor-Chinolon Ciprofloxacin mit Konzentrationen von 3-87 µg/L in den Abläufen von Krankenhäusern gemessen und als Hauptquelle der *umuC*-Gentoxizität dieser Abwässer identifiziert (Hartmann et al., 1998). Löffler & Ternes (2003) detektierten das Aminoglycosid-Antibiotikum Gentamicin in Krankenhausabwässern mit Konzentrationen bis zu 7,6 µg/L.

In Grundwässern wurden bei Beprobungen in Deutschland und den USA Sulfamethazin, Dehydro-Erythromycin und Sulfamethoxazol (bis 470 ng/L) nachgewiesen (Hirsch et al., 1999, Sacher et al., 2001, Lindsey et al., 2001). Holm et al. (1995) konnten in Dänemark verschiedene Sulfonamide in Grundwasserproben in relativ

hohen Konzentrationen in der Nähe einer Deponie pharmazeutischer Abfälle nachweisen.

Antibiotikarückstände wurden bisher nicht in Trinkwasserproben detektiert. Heberer et al. (in Vorbereitung) beobachteten eine deutliche Reduktion verschiedener Antibiotika während der Uferfiltration. Adams et al. (2002) untersuchte verschiedene Trinkwasseraufbereitungsmethoden auf ihre Fähigkeit, einzelne Sulfonamide, Carbadox und Trimethoprim aus entionisiertem Wasser und Flusswasser zu entfernen. Aktivkohlebehandlung, Chlorierung und Ozonierung und Umkehrosmosefiltration waren wirksame Mittel zur Entfernung dieser Rückstände, wohin gegen Ausflockung, UV-Behandlung und Ionenaustauscher eine geringe Reduktion ergaben. Auch Ternes et al. (2003) beobachteten eine effektive Eliminierung von Trimetoprim, Sulfamethoxazol, Clarithromycin und Erythromycin in Kläranlagenabläufen durch Ozonierung.

Antiepileptika

Antiepileptika werden zur symptomatischen Behandlung verschiedener Epilepsieformen eingesetzt. Bei den beiden wichtigsten in der Umwelt gefundenen Vertretern der Antiepileptika handelt es sich um Carbamazepin und Primidon.

Carbamazepin wurde in verschiedenen Studien mit Konzentrationen von bis zu 6,3 µg/L bzw. 1,1 µg/L in Klärwerksabläufen und Oberflächengewässern nachgewiesen (Ternes, 1998, Möhle et al., 1999, Heberer et al., 2002b, Ahrer et al., 2001, Öllers et al., 2001, Drewes et al., 2003, Ternes et al., 2003). Da Carbamazepin in den in Deutschland durchgeführten Studien zum Vorkommen in Klärwerksabläufen in jeder Probe nachgewiesen werden konnte (Ternes, 1998, Möhle et al., 1999), kann davon ausgegangen werden, dass der Eintrag von Carbamazepin in die Oberflächengewässer in Deutschland ubiquitär stattfindet. Durch den Vergleich der Konzentrationen von Carbamazepin im Zu- und Ablauf von Kläranlagen ergaben sich Abbauraten von <10% (Heberer, 2002a, Ternes, 1998). So konnte Carbamazepin mit Konzentrationen bis zu 1,1 µg/L auch in Oberflächen-gewässern nachgewiesen werden (Heberer et al., 2002b).

Auch Primidon, ein weiteres Antiepileptikum, konnte in Klärwerkszu- und -abläufen und in Oberflächengewässern (mit Konzentrationen bis zu 635 ng/L) nachgewiesen

werden (Möhle et al., 1999, Heberer et al., 2001a, Heberer et al., 2002b, Heberer, 2002a, Drewes et al., 2003).

Studien zum Verhalten dieser Stoffe während der Uferfiltration und der Grundwasseranreicherung zeigten, dass sowohl Carbamazepin (Kühn & Müller, 2000, Brauch et al., 2000, Heberer et al., 2001b, Preuß et al., 2001, Drewes et al., 2003) als auch Primidon (Heberer et al., 2001b, Drewes et al., 2003) nicht wesentlich zurückgehalten werden. Beide Substanzen konnten in den flachen Grundwassermessstellen und im Wasserwerksbrunnen einer Transsekte in Berlin nachgewiesen werden (Heberer et al., 2001b). Dies erklärt, dass Carbamazepin in verschiedenen Grundwasserbeprobungen (Seiler et al., 1999, Sacher et al., 2001, Ternes, 2001b) bzw. im Trinkwasser (Ternes, 2001b) nachgewiesen werden konnte.

Betablocker

Betablocker wirken im Körper blockierend auf β -adrenerge Rezeptoren. Eine therapeutisch bedeutsame Folge ist hierbei z.B. die Senkung der Herzfrequenz. Verschiedene Betablocker (Metoprolol, Propranolol, Betaxolol, Bisoprolol, Nadolol, Carazolol, Timolol) wurden mit Konzentrationen bis in den unteren $\mu\text{g/L}$ Bereich in Kläranlagenabläufen und Oberflächengewässern in Deutschland, Großbritannien, Italien und den USA detektiert (Hirsch et al., 1996, Ternes, 1998, Zuccato et al., 2000, Sedlak & Pinkston, 2001, Ternes et al., 2003, Hilton & Thomas, 2003). Während der Klärwerkspassage wurde eine Eliminierung verschiedener Betablocker mit Raten von 66-96% gemessen (Hirsch et al., 1996). Vereinzelt wurden Metoprolol, Propranolol, Sotalol und Betaxolol in Grundwasserproben gefunden (Hirsch et al., 1996, Sacher et al., 2001), im Trinkwasser konnten Betablocker nicht nachgewiesen werden. Metoprolol und Propranolol wurden während der Flockung und Sandfiltration von Oberflächenwasser mit abnehmenden Konzentrationen detektiert, so dass diese Stoffe als nicht relevant für die Trinkwasser-aufbereitung angesehen werden (Hirsch et al., 1996). Bei der Ozonierung von Kläranlagenabläufen wurden sie effektiv eliminiert (Ternes et al., 2003).

Lipidsenker

Lipidsenker wirken regulierend auf erhöhte Blutlipidkonzentrationen und werden zur Prävention koronarer Herzkrankheiten eingesetzt. Der Lipidsenkermetabolit Clofibrinsäure (2-(4)-chlorphenoxy-2-methylpropion-säure) war einer der ersten Arzneimittlrückstände, die im aquatischen System detektiert wurden. So konnte die Substanz bereits 1976 in Klärwerksabläufen in den USA nachgewiesen werden (Garrison et al., 1976, Hignite & Azarnoff, 1977). 1992 wurde Clofibrinsäure während einer Screeninguntersuchung auf Pestizidrückstände aufgrund ihrer Strukturähnlichkeit zu Mecoprop in Berliner Grundwasserproben identifiziert und in weiteren Untersuchungen mit Konzentrationen bis zu 7,3 µg/L im Grundwasser nachgewiesen (Stan & Linkerhägner, 1992, Stan et al., 1994, Heberer et al., 1997). Diese Befunde waren sicherlich der Anstoß zu weiteren Untersuchungen verschiedener Arzneimittlrückstände in der Umwelt. Clofibrinsäure ist der aktive Metabolit der Blutlipidsenker Clofibrat, Etofyllinclofibrat und Etofibrat. Clofibrinsäure wurde in Brasilien, Deutschland, Österreich, der Schweiz und den USA in Klärwerksabläufen und Oberflächengewässern und in der Nordsee bis in den unteren µg/L Bereich nachgewiesen (Garrison et al., 1976, Hignite & Azarnoff, 1977, Stumpf et al., 1996a, 1999, Heberer et al., 1998, Buser et al., 1998b, Ternes, 1998, Werres et al., 2000, Heberer et al., 2001a,b, Ahrer et al., 2001a, Öllers et al., 2001, Weigel et al., 2002, 2004, Ternes et al., 2003). Während der Klärwerkspassage beobachteten Heberer et al. (2001b) keine nachweisbare Elimination für Clofibrinsäure, Stumpf et al. (1999) 15-34% und Ternes (1998a) 51%. Bei Versuchen zur biologischen Abbaubarkeit von Clofibrinsäure mit Hilfe einer Pilot-Kläranlage und eines Biofilmreaktors bestätigten Zwiener et al. (2000) und Winkler et al. (2001) die Persistenz dieser Verbindung unter oxischen und anoxischen Bedingungen. Durch Ozonierung von Kläranlagenabläufen konnte Clofibrinsäure jedoch entfernt werden (Ternes et al., 2003). In Trinkwasserproben in Deutschland und in Italien wurden Konzentrationen bis 270 ng/L gemessen (Stan et al., 1994, Heberer & Stan, 1996, Zuccato et al., 2000, Ternes, 2001b). Berliner Untersuchungen zum Vorkommen von Clofibrinsäure in Trinkwasserproben in einzelnen Wasserwerken (Heberer & Stan, 1997) zeigten einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Konzentration von Clofibrinsäure, dem Anteil der

Uferfiltration im jeweiligen Wasserwerk und der Belastungssituation des angrenzenden Oberflächengewässers, so dass der Eintrag der Kontaminanten über die belasteten angrenzenden Fließgewässer geschlussfolgert wurde. In späteren Studien an einer Transekte in Berlin konnte dieses Verhalten von Clofibrinsäure im Untergrund bestätigt werden (Heberer et al., 2001b). Brauch et al. (2000) stellten eine Entfernung von Clofibrinsäure während der Bodenpassage bei der Uferfiltration fest, wohin gegen Preuss et al. (2001) für Clofibrinsäure nur geringe Abbauraten in verschiedenen Modellsystemen zur künstlichen Grundwasseranreicherung beobachteten. Die Mobilität und Persistenz von Clofibrinsäure wurde auch in Labor-Säulenversuchen demonstriert (Scheytt et al., 2001), bei denen Clofibrinsäure weder eine wesentliche Sorption noch einen Abbau zeigte und sich im Säulendurchlauf ohne deutliche Retardation wie ein Tracer verhielt.

Auch andere Blutlipidsenker wie Bezafibrat, Gemfibrozil und Fenofibrinsäure, der Metabolit von Fenofibrat, wurden in Brasilien, Deutschland, Griechenland, Italien, Kanada, Österreich, Spanien und den USA in Kläranlagenabläufen und Oberflächengewässern nachgewiesen, die Konzentrationen reichten bis in den unteren µg/L Bereich (Ternes, 1998, Stumpf et al., 1996a, 1999, Zuccato et al., 2000, Werres et al., 2000, Ahrer et al., 2001, Farré et al., 2001, Heberer et al., 2001b, 2002, Sedlak & Pinkston, 2001, Miao et al., 2002, Kolpin et al., 2002a, Ternes et al., 2003). Während der Klärwerkspassage wurden für diese Stoffe Abbauraten von bis zu 50% (Stumpf et al., 1999) bzw. bis zu 70% (Ternes, 1998) angegeben. Bezafibrat und Gemfibrozil wurden vereinzelt in Grundwasserproben mit Konzentrationen von 190 bzw. 340 ng/L gefunden (Ternes, 2001b, Heberer et al., 2001a). Untersuchungen zum Verhalten von Bezafibrat während der Uferfiltration ergaben eine sehr deutliche Abnahme der Konzentration schon zu Beginn der Bodenpassage (Heberer et al., 2001b). Bei Modellversuchen zur künstlichen Grundwasseranreicherung stellten Preuß et al. (2001) für Gemfibrozil relativ geringe Eliminationsraten und für Bezafibrat je nach Filtermaterial sehr gute bis schlechte Eliminationsraten fest. Ternes (2001) wies Bezafibrat und Fenofibrinsäure in Trinkwasserproben mit 27 bzw. 42 ng/L nach.

Röntgenkontrastmittel

Röntgenkontrastmittel werden in großen Mengen vor allem in Krankenhäusern, aber auch in Radiologiepraxen eingesetzt. Iodierte Röntgenkontrastmittel wurden als die Hauptbestandteile der Frachten organisch gebundener Halogenverbindungen (AOX) in Krankenhausabwässern identifiziert (Gartiser et al., 1996). Oleksy-Frenzel et al. (2000) führten die hohen Werte an AOI (organisch gebundene Iodverbindungen) in Klärwerkszu- und -abläufen und Krankenhausabwässern (bis zu 130 µg Iod/l bzw. 10 mg Iod/l iodorganischer Verbindungen) hauptsächlich auf deren Zusammensetzung aus iodierten Röntgenkontrastmitteln zurück. Sie konnten auch keine wesentliche Reduktion des AOI während der Klärwerkspassage feststellen.

Ob der AOI tatsächlich überwiegend aus iodierten Röntgenkontrastmitteln zusammengesetzt ist, konnte durch Einzelstoffanalytik bisher nicht bewiesen werden. So konnten Putschew und Jekel (2001) nur 39% des in Kläranlagenabläufen bestimmten AOI durch einzelne Kontrastmittel erklären. Bei Untersuchungen in Berliner Gewässern konnten hohe AOI Werte >10 µg/L nicht nur in Oberflächengewässern, sondern auch in Uferfiltratsproben und im Rohwasser der Wasserwerke nachgewiesen werden (Putschew et al., 2000). In den Oberflächenwasserproben konnten bis zu 20%, im Rohtrinkwasser bis zu 10% des gemessenen AOI als Einzelstoffe identifiziert werden (Putschew und Jekel, 2001). Obwohl einige postulierte Metaboliten mitvermessen wurden, konnte nur eine dieser Verbindungen nachgewiesen werden (Putschew et al., 2001). Die Autoren schließen daraus, dass es sich bei dem nicht identifizierten Anteil des AOI um bisher unbekannte Transformationsprodukte handelt, sollte eine weitere AOI-Quelle nicht vorhanden sein (Putschew und Jekel, 2001).

Iopromid, Iohexol, Diatrizoat, Iopamidol und Iomeprol wurden in Klärwerksabläufen und Oberflächengewässern bis in den µg/L Bereich gefunden (Putschew et al., 2001, Ternes und Hirsch, 2000, Hirsch et al., 2000, Steger-Hartmann et al., 2002, Ternes et al., 2003), während Iothalaminsäure und Ioxithalaminsäure im ng/L Bereich auftraten (Ternes und Hirsch, 2000, Hirsch et al., 2000). Hirsch und Ternes (2000) konnten während der Klärwerkspassage keinen Abbau der untersuchten Röntgenkontrastmittel beobachten. In Versuchen zum Bioabbau von Diatrizoat und

Iopromid wurde für Diatrizoat ein guter Abbau in einem Sediment/Flusswassersystem, dagegen ein schlechter Abbau in Belebtschlamm verzeichnet (Kalsch, 1999). Für Iopromid wurde in beiden Testsystemen ein Abbau beobachtet. Die Elimination beider Stoffe erfolgte weniger über Mineralisation, sondern über die Bildung organischer Metabolite (Kalsch, 1999). Auch Steger-Hartmann et al. (2002) konnten den biologischen und photolytischen Abbau von Iopromid nachweisen. Bei der Ozonierung von Kläranlagenabläufen wurde ein großer Anteil von Iopamidol, Iopromid und Iomeprol entfernt, während Diatrizoat nur geringfügig eliminiert wurde (Ternes et al., 2003).

Iodierte Röntgenkontrastmittel sind sehr polar und persistent und können leicht aus Oberflächengewässern in die Grundwasserleiter gelangen. Diatrizoat, Iopromid, Iopamidol und Amidotrizoinsäure wurden in Grundwasserproben und im Uferfiltrat im unteren µg/L Bereich gemessen (Ternes und Hirsch, 2000, Putschew et al., 2000, Sacher et al., 2001), Iothalaminsäure und Ioxithalaminsäure wurden im ng/L Bereich in Grundwasserproben nachgewiesen (Ternes und Hirsch, 2000). Ternes (2001), Hirsch et al. (2000) und Putschew et al. (2000) berichten vom Vorkommen von Iopromid, Diatrizoat, Iopamidol und Iothalaminsäure in Trinkwasserproben bzw. im Rohtrinkwasser.

Zytostatika

Zytostatika sind Substanzen, die toxisch auf körpereigene Zellen wirken und besonders bei sich schnell teilenden Zellen wie in Tumoren oder bei Leukämien zur Hemmung des Zellwachstums beitragen können. Da Zytostatika vorwiegend zu Chemotherapien eingesetzt werden, findet man Rückstände dieser Arzneimittelgruppe vorwiegend in Krankenhausabwässern. Hier wurden Konzentrationen von Cyclophosphamid und Ifosfamid bis in den unteren µg/L Bereich gemessen (Steger-Hartmann et al., 1997, Kümmerer et al., 1997). In den Zu- und Abläufen kommunaler Kläranlagen wurden dagegen Konzentrationen im unteren ng/L Bereich nachgewiesen (Steger-Hartmann et al., 1996, 1997, Kümmerer et al., 1997, Ternes, 1998). Lediglich in einem Klärwerksablauf wurde Ifosfamid mit einer Konzentration von 2,9 µg/L bestimmt (Ternes, 1998). In Oberflächengewässern

waren Zytostatika nur vereinzelt nachweisbar. So wurde in einem italienischen Fluss Cyclo-phosphamid mit 10 ng/L nachgewiesen (Zuccato et al., 2000).

Verschiedene Versuche zum Abbauverhalten der Zytostatika bewiesen eine insgesamt schlechte Abbaubarkeit sowohl in Modell- als auch kommunalen Kläranlagen. So konnten Steger-Hartmann et al. (1996) keinen Abbau für Cyclo-phosphamid und Ifosfamid in einer Modellkläranlage feststellen. Dieses Ergebnis konnte auch bei Untersuchungen zum Verhalten dieser Stoffe in kommunalen Kläranlagen bestätigt werden (Kümmerer et al., 1997, Steger-Hartmann et al., 1997). Für weitere Zytostatika wie Epirubicin-Hydrochlorid (Kümmerer et al., 1996), 5-Fluoruracil, Cytarabin und Gemcitabin wurden schlechte bis mäßige Abbauraten in Labortests beobachtet (Kümmerer & Al-Ahmad, 1997).

Kümmerer et al. (2000) studierten die Bioabbaubarkeit des potentiellen Zytostatikums β -D-Glucosylisophosphoramidmustard (Glufosfamid) sowie dessen L-Enantiomers. Sie konnten zeigen, dass durch den Einbau von Zuckern in das Molekül sowie durch Auswahl des geeigneten Enantiomers die Abbaurate der Zytostatika deutlich gesteigert und so deren Vorkommen in der aquatischen Umwelt minimiert werden kann.

Da Zytostatika meist mutagene und fötotoxische Eigenschaften aufweisen, sollte ihr Vorkommen und Verhalten in der Umwelt weiter intensiv untersucht werden, da schon geringe Konzentrationen ein hohes Risikopotential für den Menschen und die Umwelt darstellen können (Kümmerer, 2001).

Synthetische Steroide

Synthetische Steroide, die hauptsächlich als Kontrazeptiva und zur Hormonersatztherapie eingesetzt werden, haben aufgrund ihrer hohen pharmakologischen Potenz nur relativ geringe Absatzmengen. So wird der Verbrauch an 17α -Ethinylestradiol (EE2) auf 50 kg pro Jahr angegeben (BLAC, 2003). Betrachtet man die relativ geringen Verbrauchsmengen im Verhältnis zum Abwasseraufkommen, so resultieren daraus relativ niedrige Konzentrationen von synthetischen Steroiden, die in den kommunalen Klärwerken zu erwarten sind. Dies konnte in verschiedenen Studien zum Vorkommen synthetischer Steroide in Kläranlagen in Brasilien, Deutschland, England, Frankreich, Italien, Kanada, den

Niederlanden und den USA bestätigt werden (Stumpf et al., 1996b, Desbrow et al., 1998, Belfroid et al., 1999, Spengler et al., 1999, Ternes et al., 1999a, Baronti et al., 2000, Johnson, et al., 2000, Kuch & Ballschmiter, 2000, 2001, Snyder et al., 2001a, Adler et al., 2001, Huang & Sedlak, 2001, Bruchet et al., 2002). Mestranol, der Methylester von 17 α -Ethinylestradiol, wurde nur sporadisch in Klärwerksabläufen mit Konzentrationen im unteren ng/L Bereich nachgewiesen (Stumpf et al., 1996b, Ternes et al., 1999a, Spengler et al., 1999, Kuch & Ballschmiter, 2000). Die Medianwerte der Konzentrationen von EE2 in Klärwerksabläufen lagen in den meisten Studien bei 1-3 ng/L oder niedriger (bzw. unterhalb der Nachweisgrenze) (Desbrow et al., 1998, Belfroid et al., 1999, Spengler et al., 1999, Ternes et al., 1999a, Kuch & Ballschmiter, 2000, 2001, Johnson et al., 2000, Huang & Sedlak, 2001, Adler et al., 2001). In Kanada wurde für EE2 ein Median von 9 ng/L bestimmt. Stumpf et al. (1996b) dagegen ermittelten für EE2 einen vergleichsweise hohen Median von 17 ng/L in Klärwerksabläufen.

Laborstudien zum aeroben Abbau synthetischer Hormone in Belebtschlamm zeigten eine Persistenz von EE2, während Mestranol relativ schnell eliminiert wurde (Ternes et al., 1999b). Bei Studien zum Abbau dieser Substanzen während der Klärwerkspassage wurde in Deutschland kein wesentlicher Abbau von EE2 beobachtet (Ternes et al., 1999a). In brasilianischen Kläranlagen wurden dagegen von den gleichen Autoren Abbauraten für EE2 von 64-78% ermittelt (Ternes et al., 1999a). Dies erklären die Autoren mit einer ca. 20 K höheren Umgebungstemperatur in Brasilien und daraus folgend mit höheren Reaktionsgeschwindigkeiten. Stumpf et al. (1996b) und Baronti et al. (2000) fanden Eliminationsraten für EE2 in deutschen und italienischen Klärwerken von 89 bzw. 85%, Bruchet et al. (2002) 45% in einer französischen Kläranlage. Bei Untersuchungen zum Massenstrom von Estrogenen in einer deutschen Kläranlage wurde ein Abbau von EE2 von >90% beobachtet, der hauptsächlich während der Nitrifikationsstufe stattfindet (Andersen et al., 2003).

EE2 wurde vereinzelt auch in Oberflächengewässern nachgewiesen (Stumpf et al., 1996b, Belfroid et al., 1999, Baronti et al., 2000, Kuch & Ballschmiter, 2001, Adler et al., 2001, Kolpin et al., 2002a), während der Median der meisten Untersuchungen unterhalb der Nachweisgrenze lag (Stumpf et al., 1996b, Ternes et al., 1999a,

Belfroid et al., 1999, Xiao et al., 2001, Huang & Sedlak, 2001, Adler et al., 2001). Die maximal gefundenen Konzentrationen für EE2 betragen 5,1 ng/L (Kuch & Ballschmiter, 2001). Kolpin et al. (2002a) dagegen berichten in einem Screening verschiedener Flüsse in den USA im Vergleich zu anderen Untersuchungen von relativ hohen Konzentrationen synthetischer Hormone. So wurden für EE2 und Mestranol Maximalwerte von 831 bzw. 407 ng/L angegeben, die später für EE2 auf 273 ng/L korrigiert wurden (Kolpin et al., 2002b). Ericson et al. (2002) zweifeln die Richtigkeit dieser Befunde an, da sie zum einen weit höher sind, als aus den Verbrauchsdaten für EE2 und dem Abwasseraufkommen zu erwarten ist, zum anderen, da sie 10-1000 mal höher sind, als in allen anderen Studien beobachtet. Als Erklärung dieser hohen Befunde werden Interferenzen mit Matrixbestandteilen vorgeschlagen, die nach Ternes et al. (1999a) und Huang & Sedlak (2001) bei der Bestimmung von EE2 mit einfacher MS-Detektion sehr wahrscheinlich zu Überbefunden führen. Um dies zu vermeiden, wird der Einsatz von Tandem-MS-Messtechnik dringend empfohlen.

Obwohl die Konzentrationen an synthetischen Hormonen in Oberflächen-gewässern relativ gering sind, sind sie dennoch von großer Bedeutung, da bei „in vitro“ Studien an Fischen schon bei Konzentrationen von 0,1 ng/L EE2 eine Verweiblichung bei einzelnen männlichen Fischen beobachtet wurde (Purdom et al., 1994).

Aufgrund ihrer physiko-chemischen Eigenschaften sollten estrogenartige Steroide an Sedimenten adsorbieren und somit nicht durch die Bodenpassage in die Grundwasserleiter gelangen. So wurde für das natürliche Hormon Estron eine effektive Entfernung während der Uferfiltration und künstlichen Grundwasseranreicherung beobachtet (Verstraeten et al., 2003). EE2 war in diesen Studien schon im Oberflächenwasser, welches für andere Kontaminanten eine deutliche Abwasserbelastung aufzeigt, nicht mehr oberhalb der Nachweisgrenze von 0,2 ng/L nachweisbar (Verstraeten et al., 2003). Kuch & Ballschmiter (2001) und Adler et al. (2001) wiesen dennoch EE2 in Grundwasser, Rohwasser und Trinkwasser mit Konzentrationen bis zu 2,4 ng/L nach. In beiden Methoden wurde zur Bestimmung dieser Substanzen einfache Massenspektrometrie (GC/MS bzw. LC/MS) angewendet. Da diese unerwarteten Befunde bisher noch in keiner Untersuchung bestätigt werden konnten, bei der empfindlichere und selektivere Methoden wie

GC/MS/MS oder LC/MS/MS eingesetzt wurden, bedarf es weiterer Untersuchungen, um mögliche Mehrbefunde oder falsch positiven Befunde durch Matrixinterferenzen auszuschließen.

Weltere Substanzen

Bronchospasmolytika wie Clenbuterol, Fenoterol, Salbutamol und Terbutalin wurden von Ternes et al. (1998a) und Hirsch et al. (1996) mit Konzentrationen von meist <100 ng/L in Klärwerksabläufen und vereinzelt auch in Oberflächengewässern nachgewiesen. Die Mediane der Messwerte lagen dabei fast immer unterhalb der Nachweisgrenze. Auch in italienischen Flüssen wurde Salbutamol in Spurenkonzentrationen detektiert (Zuccato et al., 2000). In einer Uferfiltratprobe in Deutschland wurde Salbutamol mit einer Konzentration <10 ng/L gefunden, in Trinkwasserproben wurde jedoch keines der untersuchten Bronchospasmolytika nachgewiesen (Hirsch et al., 1996).

Die zu den Tranquillantien zählenden Wirkstoffe Diazepam und Oxazepam wurden vereinzelt in Klärwerksabläufen (Ternes, 1998, Ternes et al., 2001) mit Konzentrationen <60 ng/L und in Oberflächengewässern nachgewiesen (Zuccato et al., 2000, Ternes et al., 2001, Snyder et al., 2001b, Heberer et al., 2002b). Zuccato et al. (2000) wiesen Diazepam in italienischen Trinkwasserproben nach.

Als Antiarrhythmika wurden Nifedipin in einem Klärwerksablauf (Ternes et al., 2001) und Verapamil in drei Klärwerkszu- und zwei -abläufen detektiert (Gans et al., 2002). Die Konzentrationen lagen bei diesen Befunden <100 ng/L.

Pentoxifyllin, ein durchblutungsförderndes Mittel, wurde in einer Klärwerksablaufprobe in Deutschland mit 230 ng/L gefunden (Möhle & Metzger, 2001) und vereinzelt auch im Oberflächenwasser detektiert (Sacher et al., 1998, Snyder et al., 2001b, Heberer et al., 2002b).

Barbiturate wurden bisher nicht in Klärwerksabläufen nachgewiesen. Dennoch gibt es einzelne Befunde in Oberflächengewässern (Snyder et al., 2001b) und im Grundwasser (Eckel et al., 1993, Holm et al., 1995). Die Befunde im Grundwasser wurden durch Kontaminationsquellen wie Deponien verursacht, auf denen z.T. pharmazeutische Stoffe entsorgt wurden.

Möhle et al. (1999) identifizierten in Klärwerksabläufen Substanzen wie das Antigrippe-/Antiparkinsonmittel Amantadin, das juckreizstillende Mittel Crothamiton und das Alkaloid Lupanin. In italienischen Flüssen wurde das Schleifendiuretikum Furosemid und das Ulcusmittel Ranitidin nachgewiesen (Zuccato, 2000). Ternes et al. (2001) wiesen das Antidiabetikum Glibenclamid in einer Oberflächenwasserprobe in Deutschland nach. Bei einem Screening verschiedener Oberflächengewässer der USA konnten Substanzen wie die Ulcustherapeutika Cimetidin und Ranitidin, der Kalziumantagonist Diltiazem, das Kreislaufmittel Enalaprilat, das Antidiabetikum Metformin und das Antidepressivum Fluoxetin nachgewiesen werden (Kolpin et al., 2002a). Chlorpropamid, ein Antidiabetikum, und Phensuximid, ein krampflösendes Mittel, wurden von Seiler et al. (1999) in Grundwasserproben in den USA detektiert.

Gesetzliche Regelungen

Für Humanarzneimittel gibt es bisher keine Vorschriften, die deren umweltrelevanten Eigenschaften prüfen. Für die Zulassung von Chemikalien sind gemäß dem Chemikaliengesetz (ChemG) ausgiebige, gestufte Prüfungen zur Umweltverträglichkeit vorgeschrieben. Die anzuwendenden Testverfahren richten sich nach der in den Verkehr gebrachten Menge eines Stoffes. Gemäß §2 ChemG (2) sind Arzneimittel jedoch vom Chemikaliengesetz ausgenommen. Human- und Tierarzneimittel werden momentan nach dem Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln (Arzneimittelgesetz, AMG) zugelassen. Prüfungen zur Umweltverträglichkeit von Arzneimitteln waren bis vor kurzem auch im AMG nicht vorgeschrieben, lediglich die Angabe bekannter Risiken für die Umwelt bei der Beseitigung von Abfall (AMG §11a, Nr. 16a). Seit 1994 ist für Tierarzneimittel und seit 1998 auch für Humanarzneimittel eine Prüfung der umweltrelevanten Eigenschaften bei der Neuzulassung von Arzneimitteln erforderlich. Allerdings fehlen bisher Ausführungsbestimmungen dieser Prüfung, auf deren Basis konkrete Untersuchungen zur Wirkung auf die Umwelt gefordert werden können. Unter den in §25 AMG aufgelisteten Versagungsgründen für eine Zulassung von Humanarzneimitteln ist „Umweltverträglichkeit“ nicht aufgeführt und stellt daher offenbar kein gleichberechtigtes Zulassungskriterium dar (Stüben & Dietz, 2002). Auf EU-Ebene

liegt bisher nur bei der Neuzulassung von Tierarzneimitteln eine Richtlinie zur Durchführung der Prüfung der Umweltverträglichkeit vor (EMEA, 1997). Pharmakologisch wirksame Futtermittel-Zusatzstoffe (z.B. Antibiotika) unterliegen in der EU und in Deutschland nicht dem Arzneimittelrecht, sondern dem Futtermittelgesetz und der Futtermittelverordnung. Für Futtermittel-Zusatzstoffe liegen EU-Bestimmungen zur Prüfung der umweltrelevanten Eigenschaften vor. Bei den Angaben zur Ökotoxizität handelt es sich jedoch zurzeit um „Kann-Bestimmungen“, d.h. die aufgelisteten Angaben müssen nicht gefordert werden.

Für Humanarzneimittel existiert bisher nur der Entwurf einer Richtlinie zur Umweltverträglichkeitsprüfung bei der Neuzulassung (CPMP, 1994), welcher im Jahr 2001 in ein neues Diskussionspapier umgesetzt wurde. Im Juni 2003 wurde ein neuer Leitlinien-Entwurf der Arbeitsgruppe für Arzneimittelsicherheit der EMEA vorgelegt (EMEA, 2003). Dieser Entwurf soll, sofern er die Billigung der EMEA erfährt, in eine öffentliche Kommentierungsphase von 6 Monaten gehen. Es ist geplant, dass die Leitlinie voraussichtlich Anfang 2004 angenommen werden soll, um von da an Anwendung zu finden (BLAC, 2003).

Bei der rechtlichen Beurteilung werden alle bereits zugelassenen und sich schon auf dem Markt befindenden Wirkstoffe außer Acht gelassen. Hier handelt es sich aber genau um jene Stoffe, die in den unterschiedlichen Umweltmedien nachgewiesen wurden.

Der europäische Gesetzgeber stellt an Trinkwasser höhere Reinheitsansprüche und lässt es häufiger routinemäßig untersuchen als andere Lebensmittel. Die Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 03.11.1998 legt derzeit für 39 chemische, 5 physikalisch-chemische und 6 mikrobiologische Parameter Grenzwerte fest, deren Einhaltung für eine einheitliche und konstante Wassergüte in den Europäischen Mitgliedsstaaten sorgen soll. Grundsätzlich gelten zudem die in der neuen Trinkwasserverordnung (TrinkwV, 2001) in § 6, Abs. 1 bzw. 3 an Wasser für den menschlichen Gebrauch gestellten chemischen Anforderungen:

(1) Im Wasser für den menschlichen Gebrauch dürfen chemische Stoffe nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.

und weiter

(3) Konzentrationen von chemischen Stoffen, die das Wasser für den menschlichen Gebrauch verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können, sollen so niedrig gehalten werden, wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist (Minimierungsgebot).

Für Rückstände deren Vorkommen nicht durch Grenzwerte geregelt ist und die nicht unter § 6 Abs. 1 der TrinkwV fallen, dazu gehören nach heutiger Erkenntnis auch die Pharmakarückstände, gilt zwischen Toxikologie, Wasserversorgung und Politik der stillschweigende Konsens, dass sie nur „in geringen“ und „praktisch vernachlässigbar kleinen Konzentrationen“ im Trinkwasser vorhanden sein dürfen (Dieter & Grohmann, 2003). Als gesetzliche Grundlage zur Bewertung von Arzneimittelrückständen im Trinkwasser kann dabei der genannte § 6, Abs. 3 der TrinkwV, auch als Minimierungsgebot bekannt, dienen. Für Fälle in denen die humantoxikologische Datenlage für eine Beurteilung gemäß § 6 (1) TrinkwV 2001 nicht ausreichend ist, wurde deshalb von der Trinkwasserkommission des Umweltbundesamtes im Jahr 2003 eine Empfehlung herausgegeben (UBA, 2003), wie solchen Kontaminanten im Fall ihres Auftretens im Trinkwassers zu bewerten sind. Es wurde ein pragmatischer gesundheitlicher Orientierungswert (GOW) von 0,1 µg/L als erste Bewertungsbasis empfohlen, dessen Höhe so bemessen ist, dass eine vollständige humantoxikologische Bewertung eines nicht gentoxischen Stoffes (Stoffes mit Wirkungsschwelle) und der meisten gentoxischen Stoffe (Stoffe ohne Wirkungsschwelle) mit Sicherheit auf einen lebenslang gesundheitlich duldbaren oder einen akzeptierbaren gesundheitlichen Leitwert (LW) in Höhe von $LW \geq GOW$ führen wird.

Mit zunehmender Datendichte über die Humantoxizität der betreffenden Substanzen können dann seitens der Überwachungsbehörde folgende, lebenslang

gesundheitlich (noch) sicheren Höchstwerte (Schätzwerte) im Trinkwasser festgesetzt werden:

- $\leq 0,3 \mu\text{g/L}$ *Der Stoff ist nachweislich nicht gentoxisch, d.h. es liegen in vitro überwiegend negative Daten zur Gentoxizität und/oder zum inititorischen karzinogenen Potential der Kontaminante vor, ansonsten aber keine aussagekräftigen experimentell-toxikologischen Daten*
- $\leq 1 \mu\text{g/L}$ *Der Stoff ist nachweislich nicht gentoxisch (s.o.). Zusätzlich liegen aussagekräftige in vitro und in vivo Daten zur oralen Neurotoxizität und zum keimzellschädigenden Potential der Kontaminanten vor. Diese Daten führen aber auf keinen niedrigeren Wert als $0,3 \mu\text{g/L}$*
- $\leq 3 \mu\text{g/L}$ *Der Stoff ist weder gentoxisch noch keimzellschädigend oder neurotoxisch (s.o.). Zusätzlich liegen aussagekräftige in vivo Daten aus mindestens einer Studie zur subchronisch-oralen Toxizität der Kontaminante vor. Diese Daten führen aber auf keinen niedrigeren Wert als $1 \mu\text{g/L}$*
- $> 3 \mu\text{g/L}$ *Werte von $> 3 \mu\text{g/L}$ können aus gesundheitlicher Sicht ohne weitere Überprüfung lebenslang geduldet werden, wenn mindestens eine chronisch-orale Studie vorliegt, aufgrund derer die Kontaminante toxikologisch (fast) vollständig bewertbar ist und die Bewertung nicht auf einen niedrigeren Wert als $3 \mu\text{g/L}$ führt.*

Für eine geringe Anzahl „stark“ gentoxischer trinkwassergängiger Stoffe lassen sich auf wissenschaftlicher Basis lebenslang gesundheitlich akzeptierbare Leitwerte in Höhe von $\text{LW} < \text{GOW}$ errechnen. Für diese wird ein Wert von $0,01 \mu\text{g/L}$ seitens der Trinkwasserkommission als (noch) realitätsnahe untere Grenzkonzentration angesehen (z.B.: Benzo(a)pyren). In solchen Fällen wird empfohlen, den GOW auf Expositionsdauern von maximal 10 Jahren zu beschränken [Empfehlung des Umweltbundesamtes (UBA, 2003) und Dieter, 2003]. Für den Analgetika-Metaboliten AMDOPH wurde beispielsweise im Juli 2001 als vorläufiger Leitwert eine Konzentration von $3 \mu\text{g/L}$ im Trinkwasser festgelegt, die gesundheitlich lebenslang duldbar erscheint (Grummt & Dieter, 2001).

Literatur zu Kapitel 1

- Adams, C., Wang, Y., Loftin, K., Meyer, M., 2002. Removal of antibiotics from surface and distilled water in conventional water treatment processes. *Journal of Environmental Engineering* 128 (3), pp. 253-260.
- Adler, P., Steger-Hartmann, T., Kalbfus, W., 2001. Vorkommen natürlicher und synthetischer östrogenen Steroide in Wässern des süd- und mitteldeutschen Raumes. *Acta hydrochim hydrobiol* 29 (4), pp. 227-241.
- Ahel, M., Jeličić, I., 2001. Phenazone analgesics in soil and groundwater below a municipal solid waste landfill. In (Daughton, C.G., Jones-Lepp, T., eds.) *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Scientific and Regulatory Issues. Symposium Series 791*; American Chemical Society: Washington, D.C., pp. 100-115.
- Ahrer, W., Buchberger, W., 2001. Combination of Aqueous and Non-Aqueous Capillary Electrophoresis with Electrospray Mass Spectrometry for the Determination of Drug Residues in Water. *Monatshefte für Chemie* 132, pp. 329-337.
- Ahrer, W., Scherwenk, E., Buchberger, W., 2001. Determination of drug residues in water by the combination of liquid chromatography or capillary electrophoresis with electrospray mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 910 (1), pp. 69-78.
- Alder, A.C., McArdell, C.S., Golet, E.M., Ibric, S., Molnar, E., Nipales, N.S., Giger, W., 2001. Occurrence and Fate of Fluoroquinolone, Macrolide, and Sulfonamide Antibiotics during Wastewater Treatment and in Ambient Waters in Switzerland. In (Daughton, C.G., Jones-Lepp, T., eds.) *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Scientific and Regulatory Issues. Symposium Series 791*; American Chemical Society: Washington, D.C., pp. 56-69.
- Anderson, H., Siegrist, H., Halling-Sørensen, B., Ternes, T.A., 2003. Fate of estrogens in a municipal sewage treatment plant. *Environmental Science & Technology* 37 (18), pp. 4021-4026.
- Baronti, C., Curini, R., D'Ascenzo, G., Di Corcia, A., Gentili, A., Samperi, R., 2000. Monitoring Natural and Synthetic Estrogens at Activated Sludge Sewage Treatment Plants and in a Receiving River Water. *Environmental Science & Technology* 34 (24), pp. 5059-5066.
- Belfroid, A.C., Van der Horst, A., Vethaak, A.D., Schäfer, A.J., Rijs, G.B.J., Wegener, J., Cofino, W.P., 1999. Analysis and occurrence of estrogenic hormones and their glucuronides in surface water and waste water in The Netherlands. *The Science of the Total Environment* 225 (1-2), pp. 101-108.
- BLAC, 2003. Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit (BLAC). Arzneimittel in der Umwelt - Auswertung der Untersuchungsergebnisse. Bericht an die 61. Umweltministerkonferenz (UMK) am 19./20. November 2003 in Hamburg.
- Brauch, H.-J., Sacher, F., Denecke, E., Tacke, T., 2000. Wirksamkeit der Uferfiltration für die Entfernung von polaren organischen Spurenstoffen. *Wasser Abwasser*, Vol. 141 (4), pp. 226-234.
- Bruchet, A., Prompsy, C., Filippi, G., Souali, A., 2002. A broad spectrum analytical scheme for the screening of endocrine disruptors (EDs), pharmaceuticals and personal care products in wastewaters and natural waters. *Water Science and Technology* 46 (3), pp. 97-104.
- Buser, H.-R., Poiger, T., Müller, M.D., 1998a. Occurrence and Fate of the Pharmaceutical Drug Diclofenac in Surface Waters: Rapid Photodegradation in a Lake. *Environmental Science & Technology* 32 (22), pp. 3449-3456.
- Buser, H.-R., Müller, M.D., Theobald, N., 1998b. Occurrence and fate of the Pharmaceutical Drug Clofibric Acid and the Herbicide Mecoprop in Various Swiss Lakes and in the Nord Sea. *Environmental Science & Technology* 32, (1), pp. 188-192.

- Buser, H.-R., Poiger, T., Müller, M.D., 1999. Occurrence and Environmental Behavior of the Chiral Pharmaceutical Drug Ibuprofen in Surface Waters and in Wastewater. *Environmental Science & Technology* 33 (15), pp. 3529-2535.
- Christian, T., Schneider, R.J., Färber, H.A., Skutlarek, D., Meyer, M.T., Goldbach, H.E., 2003. Determination of antibiotic residues in manure, soil, and surface waters. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 31 (1), pp. 36-44.
- Cleuvers, M., 2002. Aquatische Ökotoxikologie ausgewählter Arzneimittel. *UWSF-Z.Umweltchem. Ökotox* 14 (2), pp. 85-89.
- CPMP, 1994. Assessment of potential risks to the environment posed by medicinal products for human use (excluding products containing live genetically modified organisms. Phase1: environmental risk assessment. Ad hoc working group on environmental risk assessment for non-GMO containing medicinal products. III/5504/94, draft 6, version 4, European Commission, Brussels.
- Daughton, C.G., Jones-Lepp, T. (eds.), 2001. *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Scientific and Regulatory Issues*, Symposium Series 791; American Chemical Society: Washington, D.C.
- Daughton, C.G., Ternes, T.A., 1999. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle change? *Environ. Health Perspect.* 107, pp. 907-938.
- Deng, A., Himmelsbach, M., Zhu, Q., Frey, S., Sengl, M., Buchberger, W., Niessner, R., Knopp, D., 2003. Residue Analysis of the Pharmaceutical Diclofenac in Different Water Types Using ELISA and GC-MS. *Environmental Science & Technology* 37 (15), pp. 3422-3429.
- Desbrow, C., Routledge, E.J., Brighty, G.C., Sumpter, J.C., Waldock, M., 1998. Identification of Estrogenic Chemicals in STW Effluent. 1. Chemical Fractionation and in Vitro Biological Screening. *Environmental Science & Technology* 32 (11), pp. 1549-1558.
- Dieter, H.H. 2003. Kommentar zur Bewertung der Anwesenheit nicht oder nur teilbewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. *Bundesgesundheitsblatt* 46 (3), pp. 245-248.
- Dieter, H.H., Grohmann, A., 2003. Gesundheitliche Bewertung von Stoffen im Trinkwasser bei zeitlich begrenzter Grenzwertüberschreitung. In: Grohmann, A., Hässelbarth, Schwerdtfeger, W. (Hrsg.) *Die Trinkwasserverordnung – Einführung und Erläuterungen für Wasserverordnungsunternehmen und Überwachungsbehörden*, 4. Aufl., Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Drewes, J., Heberer, Th., Reddersen, K., 2002. Fate of pharmaceuticals during indirect potable reuse. *Water Sci. Technol.* 46, pp. 73-80.
- Drewes, J.E., Heberer, T., Rauch, T., Reddersen, K., 2003. Fate of pharmaceuticals during ground water recharge. *Ground Water Monitoring & Remediation* 23 (3) pp. 64-72.
- Eckel, W.P., Ross, B., Isensee, R.K., 1993. Pentobarbital found in ground water. *Ground Water* 31, pp. 801-804.
- EMA, 1997. Environmental risk assessment for veterinary medicinal products other than GMO-containing and immunological products. EMA/CVMP/055/96. EMA, London. Erhältlich im Internet unter <http://www.emea.eu.int/pdfs/vet/regaffair/005596en.pdf>.
- EMA, 2003. Committee for Proprietary Medicinal Products (CPMP). Note for Guidance on Environmental Risk Assessment of Medicinal Products for Human Use (Draft). Erhältlich im Internet unter <http://www.emea.eu.int/pdfs/human/swp/444700en.pdf>.
- Ericson, J.F., Laenge, R., Sullivan, D.E., 2002. Comment on "Pharmaceuticals, Hormones, and Other Organic Wastewater Contaminants in U.S. Streams, 1999-2000: A National Reconnaissance". *Environmental Science & Technology* 36 (18), pp. 4005-4006.
- Farré, M., Ferrer, I., Ginebreda, A., Figueras, M., Olivella, L., Tirapu, L., Vilanova, M., Barceló, D., 2001. Determination of drugs in surface-water and wastewater samples by liquid chromatography-mass spectrometry: methods and preliminary results including toxicity studies with *Vibrio fischeri*. *Journal of Chromatography A* 938, pp. 187-197.

- Gans, O., Sattelberger, R., Scharf, S., 2002. Ausgewählte Arzneimittelwirkstoffe in Zu- und Abläufen kommunaler österreichischer Kläranlagen. *Vom Wasser* 98, pp. 165-176.
- Garrison, A.W., Pope, J.D., Allen, F.R., 1976. GC/MS analysis of organic compounds in domestic wastewaters. In: Keith, C.H. (ed.), *Identification and analysis of organic pollutants in water*. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Chapter 30, pp. 517-566.
- Gartiser, S., Brinker, L., Erbe, T., Kümmerer, K., Willmund, R., 1996. Contamination of hospital wastewater with hazardous compounds as defined by §7a WHG. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 24, pp. 90-97.
- Golet, E.M., Alder, A.C., Hartmann, A., Ternes, T.A., Giger, W., 2001. Trace Determination of Fluoroquinolone Antibacterial Agents in Urban Wastewater by Solid-Phase Extraction and Liquid Chromatography with Fluorescence Detection. *Analytical Chemistry* 73 (1), pp. 3632-3638.
- Golet, E.M., Alder, A.C., Giger, W., 2002. Environmental Exposure and Risk Assessment of Fluoroquinolone Antibacterial Agents in Wastewater and River Water of the Glatt Valley Watershed, Switzerland. *Environmental Science and Technology* 36 (17), pp. 3645-3651.
- Golet, E.M., Xifra, I., Siegrist, H., Alder, A.C., Giger, W., 2003. Environmental Exposure Assessment of Fluoroquinolone Antibacterial Agents from Sewage to Soil. *Environmental Science and Technology* 37 (15), pp. 3243-3249.
- Grummt, T., Dieter, H.H., 2001. Untersuchungsbericht zur Substanz „AMDOPH“. Umweltbundesamt, unveröffentlicht.
- Halling-Sørensen, B., Nielsen, N., Lansky, P.F., Ingerslev, F., Hansen, L., Lützhøft, H.C., Jørgensen, S.E., 1998. Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment – A review. *Chemosphere* 36, pp. 357-394.
- Hartig, C., Storm, T., Jekel, M., 1999. Detection and identification of sulphonamide drugs in municipal waste water by liquid chromatography coupled with electrospray ionisation tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 854 (1), pp. 163-173.
- Hartmann, A., Alder, A.C., Koller, T., Widmer, R.M., 1998. Identification of fluoroquinolone antibiotics as the main source of umuc genotoxicity in native hospital wastewater. *Environmental Toxicology and Chemistry* 17 (23), pp. 377-382.
- Heberer, T., 2002a. Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. *Journal of hydrology* 266, pp. 175-189.
- Heberer, T., 2002b. Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters* 131, pp 5-17.
- Heberer, Th., Stan, H.-J., 1996. Vorkommen von polaren organischen Kontaminanten im Berliner Trinkwasser. *Vom Wasser* 86, pp.19-31.
- Heberer, T., Stan, H.J., 1997. Determination of clofibric acid and N-(Phenyl-sulfonyl)-sarcosine in sewage, river and drinking water. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, Vol. 67, pp. 113-124
- Heberer, Th., Stan, H.-J., 1998. Arzneimittelrückstände im aquatischen System. *Wasser & Boden* 50 (4), 20-25..
- Heberer, Th., Feldmann, D., im Druck. Removal of pharmaceutical residues from contaminated raw water sources by membrane filtration. In (KÜMMERER, K., ed.): *Pharmaceuticals in the Environment*, 2nd Edition, Springer Verlag, Berlin, 2004.
- Heberer, Th., Adam, M., im Druck. Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: A review of recent research data. In: (DIETRICH D.R., PETRY, T. and WEBB S., eds.) *Advances in Pharmacology: Hot pot Pollutants Vol. 52 - Pharmaceuticals in the Environment*, Academic Press, im Druck
- Heberer, Th., Dünnebier, U., Rellich, Ch., Stan, H.J., 1997. Detection of drugs and drug metabolites in groundwater samples of a drinking water treatment plant. *Fresenius' Environmental Bulletin* 6, pp. 438-443.

- Heberer, T., Schmidt-Bäumler, K., Stan, H.-J., 1998. Occurrence and distribution of organic contaminants in the aquatic system on Berlin. Part I: Drug Residues and other polar contaminants in Berlin surface and groundwater. *Acta hydrochim hydrobiol* 26 (5), pp. 272-278.
- Heberer, T., Fuhrmann, B., Schmidt-Bäumler, K., Tsipl, D., Koutsouba, V., Hiskia, A., 2001a. Occurrence of pharmaceutical residues in sewage, river, ground and drinking water in Greece and Germany. In (Daughton, C.G., Jones-Lepp, T., eds.) *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Scientific and Regulatory Issues*. Symposium Series 791; American Chemical Society: Washington, D.C., pp. 70-83.
- Heberer, T., Verstraeten, I., Meyer, M.T., Mechlinski, A., Reddersen, K., 2001b. Occurrence and fate of pharmaceuticals during bank filtration - Preliminary results from investigations in Germany and the United States. *Water Resources Update* 120, pp. 4-17.
- Heberer, Th., Feldmann, D., Reddersen, K., Altmann, H., Zimmermann, Th., 2002a. Production of Drinking Water from Highly Contaminated Surface Waters: Removal of organic, inorganic, and microbial contaminants applying mobile membrane filtration units. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 30, pp. 24-33.
- Heberer, T., Reddersen, K., Mechlinski, A., 2002b. From municipal sewage to drinking water: Fate and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment in urban areas. *Water Science and Technology*, Vol. 46 (3), pp. 81-88.
- Heberer, Th., Mechlinski, A., Knappe, A., Pekdeker, A., Skutlarek, D., Färber, H., in Vorbereitung. Natural attenuation of antibiotic and bacteriostatic drug residues during bank filtration. *Chemosphere*.
- Heberer, Th., Feldmann, D., Altmann, H.-J., Reddersen, K., Mechlinski, A. (eingereicht) Removal of sewage-borne pollutants from highly contaminated raw water by membrane filtration. *Wat. Res.*
- Hignite, C., Azarnoff, D.L., 1977. Drugs and drug metabolites as environmental contaminants: chlorophenoxybutyrate and salicylic acid in sewage water effluent. *Life Sciences* 20, pp. 377-342.
- Hilton, M.J., Thomas, K.V., 2003. Determination of selected human pharmaceutical compounds in effluent and surface water samples by high-performance liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1015, pp. 129-141.
- Hirsch, R., Ternes, T., Haberer, K., Kratz, K.-L., 1996. Nachweis von Betablockern und Bronchospasmolytika in der aquatischen Umwelt. *Vom Wasser* 87, pp. 263-274.
- Hirsch, R.; Ternes, T.; Haberer, K.; Mehlich, A.; Ballwanz, F.; Kratz, K.-L., 1998. Determination of antibiotics in different water compartments via liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 815, pp. 213-223.
- Hirsch, R., Ternes, T., Haberer, K., Kratz, K.-L., 1999. Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. *The Science of the Total Environment* 225, pp. 109-118.
- Hirsch, R., Ternes, T., Lindart, A., Haberer, K., Wilken, R.-D., 2000. A sensitive method for the determination of iodine containing diagnostic agents in aqueous matrices using LC-electrospray-tandem-MS detection. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 366, pp. 835-841.
- Holm, J.V., Rügge, K., Bjerg, P.L., Christensen, T.H., 1995. Occurrence and Distribution of Pharmaceutical Organic Compounds of a Landfill (Grindsted, Denmark). *Environmental Science & Technology* 29 (5), pp. 1415-1420.
- Huang, C.H., Sedlak, D.L., 2001. Analysis of estrogenic hormones in municipal wastewater effluent and surface water using enzyme-linked immunoadsorbent assay and gas chromatography/tandem mass spectrometry. *Environ. Toxicol. Chem.* 20, pp. 133-139.
- Johnson, A., Belfroid, A.C., di Corcia, A., 2000. Estimating steroid oestrogen inputs into activated sludge treatment works and observations on their removal from the effluent. *Science of the Total Environment* 256 (2-3), pp. 163-173.
- Kalsch, W., 1999. Biodegradation of the iodinated X-ray contrast media diatrizoate and iopromide. *The Science of the Total Environment* 225, pp. 143-153.

- Khan, S.J., Ongerth, J.E., 2002. Estimation of pharmaceutical residues in primary and secondary sewage sludge based on quantities of use and fugacity modeling. *Water Science and Technology* 46 (3), pp. 105-113.
- Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B., Buxton, H.T., 2002a. Pharmaceuticals, Hormones, and Other Organic Wastewater Contaminants in U.S. Streams, 1999-2000: A National Reconnaissance. *Environmental Science & Technology* 36 (6), pp. 1202-1211.
- Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B., Buxton, H.T., 2002b. Response to Comment on "Pharmaceuticals, Hormones, and Other Organic Wastewater Contaminants in U.S. Streams, 1999-2000: A National Reconnaissance". *Environmental Science & Technology* 36 (18), pp. 4007-4008.
- Kratz, W., Abbas, B., Linke, I., 2000. Arzneimittelwirkstoffe in der Umwelt. *UWSF-Z.Umweltchem. Ökotox* 12 (6), pp. 343-349.
- Kuch, H.M., Ballschmiter, K., 2000. Determination of endogenous and exogenous estrogens in effluents from sewage treatment plants at the ng/L-level. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 366, pp. 392-395.
- Kuch, H.M., Ballschmiter, K., 2001. Determination of Endocrine-Disrupting Phenolic Compounds and Estrogens in Surface and Drinking Water by HRGC-(NCl)-MS in the Picogram per Liter Range. *Environmental Science & Technology* 35, pp. 3201-3206.
- Kühn, W., Müller, U., 2000. Riverbank filtration – an overview. *Journal AWWA*, Dez., pp. 60-69.
- Kümmerer, K., 2001. Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources - a review. *Chemosphere* 45, pp. 957-969.
- Kümmerer, K., Al-Ahmad, A., Steger-Hartmann, T., 1996. Verhalten des Zytostatikums Epirubicin Hydrochlorid in der aquatischen Umwelt. *Umweltmed Forsch Prax* 1 (3), pp. 133-137.
- Kümmerer, K., Al-Ahmad, A., 1997. Biodegradability of the anti-tumour agents hospital 5-Fluorouracil, Cytarabine, and Gemcitabine: Impact of the chemical structure and synergistic toxicity with hospital effluent. *Acta hydrochim hydrobiol* 25 (4), pp. 166 –172.
- Kümmerer, K., Steger-Hartmann, T., Meyer, M., 1997. Biodegradability of the anti-tumour agent ifosfamide and its occurrence in hospital effluent and communal sewage. *Water Research* 31 (11), pp. 2705-2710.
- Kümmerer, K., Al-Ahmad, A., Bertram, B., Wießler, M., 2000. Biodegradability of antineoplastic compounds in screening tests: influence of glucosidation and of stereochemistry. *Chemosphere* 40, pp. 767-773.
- Lindsey, M.E., Meyer, M., Thurman, E.M., 2001. Analysis of Trace Levels of Sulfonamide and Tetracycline Antimicrobials in Groundwater and Surface Water Using Solid-Phase Extraction and Liquid Chromatography/Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry* 73 (1), pp. 4640-4646.
- Liska, I., 2000. Fifty years of solid-phase extraction in water analysis - historical development and overview. *Journal of Chromatography A* 885, pp. 3-16.
- Masqué, N., Marcé, R.M., Borrull, F., 1998. New polymeric and other types of sorbents for solid-phase extraction of polar organic micropollutants from environmental water. *Trends in analytical chemistry* 17 (6), pp. 384-394.
- McArdell, C.S., Molnar, E., Suter, M.J.-F., Giger, W., 2003. Occurrence and fate of macrolide antibiotics in wastewater treatment plants and in the Glatt Valley Watershed, Switzerland. *Environmental Science & Technology* 37 (24), pp. 5479-5486.
- Mechlinski, A., 2002. Untersuchung zur Mobilität von Arzneimitteln im Uferfiltrat. Diplomarbeit am Institut für Lebensmittelchemie, TU Berlin.

- Mersmann, P., Scheytt, T., Heberer, Th., 2002. Säulenversuche zum Transportverhalten von Arzneimittelwirkstoffen in der wassergesättigten Zone. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 30, pp. 275-284.
- Miao, X.S., Koenig, B.G., Metcalfe, C.D., 2002. Analysis of acidic drugs in the effluents of sewage treatment plants using liquid chromatography- electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 952 (1-2), pp. 139-147.
- Möhle, E., Horvath, S., Merz, W., Metzger, J.W., 1999. Bestimmung schwer abbaubarer organischer Verbindungen im Abwasser. *Vom Wasser* 92, pp. 207-223.
- Möhle, E., Metzger, J.W., 2001. Drugs in municipal sewage effluents: Screening and biodegradation studies. In (Daughton, C.G., Jones-Lepp, T., eds.) *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Scientific and Regulatory Issues. Symposium Series 791*; American Chemical Society: Washington, D.C., pp. 192-205.
- Oleksy-Frenzel, J., Wischnack, S., Jekel, M., 2000. Application of ion-chromatography for the determination of the organic-group parameters AOCl, AOBr and AOI in water. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 366, pp. 89-94.
- Öllers, S., Singer, H.P., Fassler, P., Müller, S.R., 2001. Simultaneous quantification of neutral and acidic pharmaceuticals and pesticides at the low-ng/l level in surface and waste water. *Journal of Chromatography A* 911, pp. 225-234.
- Preuß, G., Willme, U., Zullei-Seibert, N., 2001. Verhalten ausgewählter Arzneimittel bei der künstlichen Grundwasseranreicherung - Eliminierung und Effekte auf die mikrobielle Besiedlung. *Acta hydrochim hydrobiol* 29 (5), pp. 269-277.
- Purdum, C.E., Hardiman, P.A., Bye, V.J., Eno, N.C., Tyler, C.R., Sumpter, J.P., 1994. Estrogenic effects of effluents from sewage treatment works. *Chem. Ecol.* 8, pp. 275-285.
- Putschew, A., Jekel, M., 2001. Iodierte Röntgenkontrastmittel im anthropogenen beeinflussten Wasserkreislauf. *Vom Wasser* 97, pp. 103-114.
- Putschew, A., Wischnack, S., Jekel, M., 2000. Occurrence of triiodinated X-ray contrast agents in the aquatic environment. *The Science of the Total Environment* 255 (1-3), pp. 129-134.
- Putschew, A., Schittko, S., Jekel, M., 2001. Quantification of triiodinated benzene derivatives and X-ray contrast media in water samples by liquid chromatography- electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 930, pp. 127-134.
- Reddersen, K., Heberer, Th., 2003a. Multi-compound methods for the detection of pharmaceutical residues in various waters applying solid phase extraction (SPE) and gas chromatography with mass spectrometric (GC-MS) detection. *J. Sep. Sci.* 26, pp. 1443-1450.
- Reddersen, K., Heberer, Th., 2003b. Formation of an artifact of diclofenac during acidic extraction of environmental water samples. *J. Chromatogr. A* 1011, pp. 221-226.
- Reddersen, K., Heberer, Th., Dünnebier, U., 2002. Identification and significance of phenazone drugs and their metabolites in ground- and drinking water. *Chemosphere* 49, pp. 539-544.
- Rodriguez, I., Carpinteiro, J., Quintana, J.B., Carro, A.M., Lorenzo, R.A., Cela, R., 2004. Solid-phase microextraction with on-fiber derivatization for the analysis of anti-inflammatory drugs in water samples. *Journal of Chromatography A* 1024, pp. 1-8.
- Römpf Chemie Lexikon, 1995. Georg Thieme Verlag, 9. überarb. Auflage.
- Sacher, F., Lochow, E., Bethmann, D., Brauch, H.-J., 1998. Vorkommen von Arzneimittelwirkstoffen in Oberflächenwässern. *Vom Wasser* 90, pp. 233-243.
- Sacher, F., Lange, F.T., Brauch, H.-J., Blankenhorn, I., 2001. Pharmaceuticals in groundwaters. Analytical methods and results of a monitoring program in Baden-Württemberg, Germany. *Journal of Chromatography A* 938 (1), pp. 199-210.
- Sattelberger, R., 1999. Arzneimittelrückstände in der Umwelt- Bestandsaufnahme und Problemdarstellung. Report vom UBA Wien, Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien.

- Schmidt, R., 2003. Arzneimittel im Wasser. In: Grohmann, A., Hässelbarth, Schwerdtfeger, W. (Hrsg.) Die Trinkwasserverordnung – Einführung und Erläuterungen für Wasserverordnungsunternehmen und Überwachungsbehörden, 4. Aufl., Erich Schmidt Verlag, Berlin, pp. 441-452.
- Sedlak, D.L., Pinkston, K.E., 2001. Factors affecting the concentrations of pharmaceuticals released to the aquatic environment. *Water Resources Update* 120, pp. 56-64.
- Seiler, R.L., Zaugg, S.D., Thomas, J.M., Howcroft, D.L., 1999. Caffeine and Pharmaceuticals as Indicators of Waste Water Contamination in Wells. *Ground Water* 37 (3), pp. 405-410.
- Snyder, S., Villeneuve, D., Snyder, E., Giesy, J.P., 2001a. Identification and Quantification of Estrogen Receptor Agonists in Wastewater Effluents. *Environmental Science & Technology* 35 (18), pp. 3620-3625.
- Snyder, S.A., Kelly, K.L., Grange, A.H., Sovocool, G.W., Snyder, E.M., Giesy, J.P., 2001b. Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Waters of Lake Mead, Nevada. In (Daughton, C.G., Jones-Lepp, T., eds.) *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Scientific and Regulatory Issues. Symposium Series 791; American Chemical Society: Washington, D.C.*, pp. 116-139.
- Spengler, P., Kömer, W., Metzger, J.W., 1999. Schwer abbaubare Substanzen mit östrogenartiger Wirkung im Abwasser von kommunalen und industriellen Kläranlagenabläufen. *Vom Wasser* 93, pp. 141-157.
- Stan, H.J., Linkerhägner, M., 1992. Identifizierung von 2-(4-Chlorphenoxy)- 2-methyl-propionsäure im Grundwasser mittels Kapillar-Gaschromatographie mit Atomemissionsdetektion und Massenspektrometrie. *Vom Wasser* 79, pp. 75-88.
- Stan, H.J., Heberer, Th., Linkerhägner, M., 1994. Vorkommen von Clofibrinsäure im aquatischen System - Führt die therapeutische Anwendung zu einer Belastung von Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser?. *Vom Wasser* 83, pp. 57-68.
- Stan, H.J., Heberer, Th., 1997. Pharmaceuticals in the aquatic environment. In Suter, M.J.F., ed., *Dossier Water Analysis. Analysis* 25, M20-23.
- Steger-Hartmann, T., Kümmerer, K., Schecker, J., 1996. Trace analysis of the antineoplastics ifosfamide and cyclophosphamide in sewage water by two-step solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 726 (1-2), pp. 179-184.
- Steger-Hartmann, T., Kümmerer, K., Hartmann, A., 1997. Biological degradation of cyclophosphamide and its occurrence in sewage water. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 36, pp. 174-179.
- Steger-Hartmann, T., Länge, R., Schweinfurth, H., Tschampel, M., Rehmann, I., 2002. Investigations into the environmental fate and effects of iopromide (ultravist), a widely used iodinated X-ray contrast medium. *Water Research* 36 (1), pp. 266-274.
- Stüben, D., Dietz, S., 2002. Arzneimittel im Abwasser. *Geochemisches Seminar. Im Internet: <http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~dg21/medik.pdf>*. Zugang am 13.01.2004.
- Stumpf, M., Ternes, T.A., Haberer, K., Seel, P., Baumann, W., 1996a. Nachweis von Arzneimittelrückständen in Kläranlagen und Fließgewässern. *Vom Wasser* 86, pp. 291-303.
- Stumpf, M., Ternes, T.A., Haberer, K., Baumann, W., 1996b. Nachweis von natürlichen und synthetischen Östrogenen in Kläranlagen und Fließgewässern. *Vom Wasser* 87, pp. 251-261.
- Stumpf, M., Ternes, T.A., Haberer, K., Baumann, W., 1998. Isolierung von Ibuprofen-Metaboliten und deren Bedeutung als Kontaminanten der aquatischen Umwelt. *Vom Wasser* 91, pp. 291-303.
- Stumpf, M.; Ternes, T.A.; Wilken, R.-D.; Rodrigues, S.V.; Baumann, W., 1999. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *The Science of the Total Environment* 225, pp. 135-141.
- Suling, V., Thiemann, W., 2000. Nachweis ausgewählter Pharmaka in Bremer Wässern. *Vom Wasser* 95, pp. 269-278.

- Ternes, T.A., 1998. Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. *Water Research* 32, pp. 3245-3260.
- Ternes, T.A., 2001b. Pharmaceuticals and Metabolites as Contaminants of the Aquatic Environment. In (Daughton, C.G., Jones-Lepp, T., eds.) *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Scientific and Regulatory Issues. Symposium Series 791*; American Chemical Society: Washington, D.C., pp. 39-54.
- Ternes, T.A., 2001a. Analytical methods for the determination of pharmaceuticals in aqueous environmental samples. *TRAC- Trends Anal. Chem.* 20, pp. 419-434.
- Ternes, T.A., Hirsch, R., 2000. Occurrence and Behavior of X-ray Contrast Media in Sewage Facilities and the Aquatic Environment. *Environmental Science & Technology* 34, pp. 2741-2748.
- Ternes, T.A., Hirsch, R., Mueller, J., Haberer, K., 1998a. Methods for the determination of neutral drugs as well as betablockers and β 2-sympathomimetics in aqueous matrices using GC/MS and LC/MS/MS. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 362, pp. 329-340.
- Ternes, T.A., Stumpf, M., Schuppert, B., Haberer, K., 1998b. Simultaneous Determination of Antiseptics and Acidic Drugs in Sewage and River Water. *Vom Wasser* 90, pp. 295-309.
- Ternes, T.A., Stumpf, M., Mueller, J., Haberer, K., Wilken, R.-D., Servos, M., 1999a. Behaviour and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants - I. Investigations in Germany, Canada and Brazil. *The Science of the Total Environment* 225 (1-2), pp. 81-90.
- Ternes, T.A., Kreckel, P., Mueller, J., 1999b. Behaviour and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants - II. Aerobic batch experiments with activated sludge. *The Science of the Total Environment* 225 (1-2), pp. 91-99.
- Ternes, T.A., Bonerz, M., Schmidt, T., 2001. Determination of neutral pharmaceuticals in wastewater and rivers by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 938, (1), pp. 175-185.
- Ternes, T.A., Stüber, J., Hermann, N., McDowell, D., Ried, A., Kampmann, M., Teiser, B., 2003. Ozonation: a tool for removal of pharmaceuticals, contrast media and musk fragrances from wastewater? *Water Research* 37, pp. 1976-1982.
- Tixier, C., Singer, H.P., Oellers, S., Müller, S.R., 2003. Occurrence and fate of carbamazepine, clofibric acid, diclofenac, ibuprofen, ketoprofen, and naproxen in surface waters. *Environmental Science & Technology* 37 (6), pp. 1061-1068.
- TrinkwV, 2001. Trinkwasserverordnung. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001, Teil I Nr. 24, ausgegeben zu Bonn am 28. Mai 2001, Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001
- UBA (Umweltbundesamt), 2003. Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt. *Bundesgesundheitsblatt* 46 (3), pp. 249-251.
- Verstraeten, I.M., Heberer, Th., Scheytt, T., 2002. Occurrence, characteristics, and transport and fate of pesticides, pharmaceutical active compounds, and industrial and personal care products at bank-filtration sites. Chapter 9 In: Ray, C., Melin, G., Linsky, R.B. (Ed.): *Riverbank Filtration: Improving Source-Water Quality*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 175-227.
- Verstraeten, I.M., Heberer, Th., Vogel, J.R., Speth, Th., Zuehlke, S., Duennbier, U., 2003. Occurrence of endocrine-disrupting and other wastewater compounds during water treatment with case studies from Lincoln, Nebraska and Berlin, Germany. In (ADAM, C., ed.) *Endocrine Disrupting Compounds in the Environment. ASCE - Practice Periodical of Hazardous, Toxic and Radioactive Waste Management*, October 2003 Volume 7, Issue 4, 253-263.
- Weigel, S., Kuhlmann, J., Hühnerfuss, H., 2002. Drugs and personal care products as ubiquitous pollutants: occurrence and distribution of clofibric acid, caffeine and DEET in the North Sea. *The Science of the Total Environment* 295, pp. 131-141.

- Weigel, S., Kallenborn, R., Hühnerfuss, H., 2004. Simultaneous solid-phase extraction of acidic, neutral and basic pharmaceuticals from aqueous samples at ambient (neutral) pH and their determination by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1023, pp. 183-195.
- Werres, F., Stien, J., Balsaa, P., Schneider, A., Winterhalter, P., Overath, H., 2000. Automatisierte Bestimmung polarer Arzneimittelrückstände in Wässern mittels Festphasenmikroextraktion (SPME) und Derivatisierung. *Vom Wasser* 94, pp. 135-147.
- Winkler, M., Lawrence, J.R., Neu, T.R., 2001. Selective degradation of ibuprofen and clofibric acid in two model river biofilm systems. *Water Research* 35 (13), pp. 3197-3205.
- Xiao, X.Y., McCalley, D.V., McEvoy, J., 2001. Analysis of estrogens in river water and effluents using solid-phase extraction and gas chromatography-negative chemical ionisation mass spectrometry of the pentafluorobenzoyl derivatives. *Journal of Chromatography A* 923, pp. 195-204.
- Yang, S., Carlson, K., 2003. Evolution of antibiotic occurrence in a river through pristine, urban and agricultural landscapes. *Water research* 37, pp. 4645-4656.
- Zuccato, E., Calamari, D., Natangelo, M., Fanelli, R., 2000. Presence of therapeutic drugs in the environment. *The Lancet* 355, pp. 1789-1790.
- Zwiener, C., Frimmel, F. H., 2000. Oxidative treatment of pharmaceuticals in water. *Water Research* 34 (6), pp. 1881-1885.
- Zwiener, C., Glauner, T., Frimmel, F.H., 2000. Biodegradation of Pharmaceutical Residues Investigated by SPE-GC/ITD-MS and On-Line Derivatization. *Journal of High Resolution Chromatography* 23 (7/8), pp. 474-478.

Kapitel 2

ANALYSENMETHODEN

Einleitung

Zur Untersuchung der Arzneimittelrückstände wurden zwei instrumentelle Analysemethoden, sog. Multimethoden, zu deren Spurennachweis in Wasserproben entwickelt. Die zu untersuchenden Arzneimittelwirkstoffe und weitere Verbindungen wie einige polare Pestizide werden mit den entwickelten Methoden gemeinsam mittels Festphasenextraktion an "polaren" Octadecylphasen (RP-C18) aus den Wasserproben extrahiert und angereichert. Der Nachweis und die Quantifizierung der Analyten erfolgt nach deren Derivatisierung mit geeigneten Reagenzien mittels Kapillargaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS oder GC-MS/MS) im Selected Ion Monitoring (SIM). Die im Rahmen dieses Projekts neu bzw. weiterentwickelten Multimethoden wurden validiert und in Fachzeitschriften publiziert (Reddersen & Heberer, 2003a,b) und basieren auf zwei älteren Methoden bei denen diese Verfahren zur Bestimmung von Phenolen bzw. einigen Arzneimittelrückständen verwendet wurden (Heberer & Stan 1997, Heberer et al., 1998). Sie wurden dann im Laufe des Projekts routinemäßig als „standard operation procedures“ (SOP's) verwendet.

Auswahl der untersuchten Arzneimittelrückstände

Das breite Spektrum der zugelassenen Pharmaka erforderte eine Auswahl der zu untersuchenden Wirkstoffe und wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nach verschiedenen Kriterien eingeschränkt. Die verordneten Wirkstoffmengen einiger pharmazeutischer Produkte erreichen Größenordnungen von einigen hundert Tonnen pro Jahr und deuten aufgrund der Umsatzmengen auf eine mögliche Umweltrelevanz dieser Verbindungen hin. Die verordneten Jahresmengen 2001 der in dem Monitoringprogramm untersuchten Substanzen, die in Tabelle 3 zusammengefasst sind, basieren auf den kassenärztlichen Verordnungen und den

Tagesdosen der einzelnen Stoffe. Hierbei sind jedoch nicht die so genannten „over-the-counter“ (OTC) Produkte, also frei verkäufliche Präparate, sowie die in Krankenhäusern verabreichten Pharmaka erfasst, so dass der absolute jährliche Verbrauch einzelner Wirkstoffe erheblich höher sein kann, als in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3. Übersicht der in dem Monitoringprogramm untersuchten Verbindungen sowie die aus den Verordnungen der Definierten Tagesdosis (DDD) 2001 (Schwabe & Paffrath, 2001) und den Tagesdosen (Rote Liste, 2001) berechneten Jahresmengen 2001 (nach Mechlinski, 2002)

Indikations- gruppe	Wirkstoff	Verordnungen DDD-2001 (Mio.)	Tagesdosis (mg)	Jahresmenge (t)
Analgetika/ Antiphlogistika	AMDOPH ^a (Metabolit)*	k.A.	k.A.	
	Diclofenac	476,1	50 - 150	23,8 - 71,4
	Fenoprofen	k.A.	k.A.	
	Ibuprofen	125,2	1000	125,2
	Indometacin	27	100	2,7
	Ketoprofen	0,6	150	0,1
	Meclufenaminsäure	k.A.	k.A.	
	Mefenaminsäure	k.A.	k.A.	
	Naproxen	2,3	500 - 1000	1,2 - 2,4
	Phenacetin	k.A.	k.A.	
Antiepileptika	Propyphenazon*	5,5	1200 - 2400	6,6 - 13,2
	Tolfenaminsäure	k.A.	k.A.	
	Carbamazepin	66,6	200 - 1200	13,3 - 79,9
Lipidsenker	Primidon	6	1250	7,5
	Bezafibrat	43,6	600	26,2
	Clofibrinsäure (Metabolit)	k.A.	k.A.	
	Fenofibrat	52,7	200	10,5
	Fenofibrinsäure (Metabolit)	k.A.	k.A.	
Tranquillantien	Gemfibrozil	4,7	900	4,2
	Oxazepam	25,2	50 - 100	1,3 - 2,6
Vasodilatator	Pentoxifyllin	64,7	800 - 1200	51,8 - 77,6
Sonstige organische Rückstände	Mecoprop	Herbizid		
	2,4-D ^b	Herbizid		
	MCPA ^c	Herbizid		
	Bentazon	Herbizid		
	o,p'-DDA ^d	Abbauprodukt des Insektizids DDT		
	p,p'-DDA ^d	Abbauprodukt des Insektizids DDT		
	Dichlorprop	Herbizid		
	NPS ^e	Abbauprodukt eines Korrosionsschutzmittels		

^a 1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenylhydrazid

^b 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure

^c (4-Chlor-2-methylphenoxy)essigsäure

^d 2,2-Bis(chlorphenyl)essigsäure

^e N-(Phenylsulfonyl)sarcosin

* gelangt z.T. oder vollständig über Altlasten in das Gewässersystem (siehe Reddersen et al., 2002)

Für die Auswahl des Analysenspektrums wurden weiterhin Substanzen gewählt, die bereits in Umweltproben nachgewiesen wurden oder bei denen bekannt war, dass sie über Altlasten in das Berliner Gewässersystem gelangen. Neben den Arzneimittelrückständen wurden, wie in Tabelle 3 angegeben, einige andere wasserlösliche organische Rückstände analysiert, wobei es sich um Herbizide, Insektizidmetaboliten sowie um den Metaboliten eines Korrosionsschutzmittels handelt. Auch die Pharmakokinetik (Resorption, Verteilung, Biotransformation, Ausscheidung) spielt eine wichtige Rolle für die Umweltrelevanz einzelner Arzneimittel. Untersucht man Umweltproben auf die ursprünglich eingesetzten Arzneimittel und nicht auf deren Metabolite, so ist bei der Betrachtung der Pharmakokinetik vor allem der Anteil des Arzneimittels wichtig, der vom Körper nicht resorbiert und demnach in seiner Ursprungsform wieder ausgeschieden wird. Die Ursprungssubstanz kann aber auch nach der Resorption nachgewiesen werden, wenn die Substanz im Körper entweder unverändert wieder ausgeschieden wird oder die Ursprungssubstanz im Körper nur konjugiert wird. Diese Konjugate sind nach Ausscheidung leicht wieder spaltbar.

Der Anteil des Arzneimittels, der vom Körper resorbiert wird, hängt sehr stark von seiner Applikationsform ab. Ein eindrucksvolles Beispiel bildet hier das Analgetikum Diclofenac. Diese Substanz wird oral, rektal, intravenös oder dermal verabreicht. Die Resorptionsraten sind jeweils sehr unterschiedlich. So gelangen bei intravenöser Applikation 100 % in den Blutkreislauf, während bei oraler/ rektaler Applikation 99 % und bei dermaler Applikation nur 5-10 % resorbiert werden. Nach der Resorption wird ein geringer Anteil an Diclofenac unverändert ausgeschieden (1 %) und ein weiterer kleiner Teil (5-10 %) konjugiert ausgeschieden. Der nicht resorbierte Anteil von Diclofenac, der als Salbe aufgetragen wird (90-95 %), gelangt vermutlich über die Wäsche bzw. nach Waschen des Körpers ins Abwasser oder nach Abwischen der Salbe mit Papier in den Müll. Da Diclofenac in Voltaren®-Schmerzsalben eine verbreitete Anwendung findet, lässt sich aufgrund der Pharmakokinetik dieser Substanz vermuten, dass von dem in Umweltproben nachgewiesenen Diclofenac ein großer Teil aus diesen Salben stammt (Feldmann et al., 2003).

Tabelle 4. Biotransformationsdaten der untersuchten Arzneimittel

Substanz	Resorption in %	Bioverfügbarkeit in %	Ausscheidung des resorbierten Anteils in %			Literatur
			Unverändert	Unv. Konj.	Metabolite	
Diclofenac	100*	60	+ (1)	+ (5-10)	+++	Forth et al., 2001, Beyer 1990, Fachinfo, 2002, Roth & Fenner 2000, Ries et al., 1978
Fenoprofen	k.A.	k.A.	+ (<1,5)	+++ (40-50)	+++	Pfeifer 1975-1983
Ibuprofen	~100	>80	(+)	+ (0-12)	+++	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983, Fachinfo, 2002, Davis 1998
Indometacin	100	100	++ (~20)	++ (34)	++	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983, Beyer 1990
Ketoprofen	100	>95	(+)	++	++	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983
Mefenaminsäure	k.A.	k.A.	k.A.	+ (6)	+++	Pfeifer 1975-1983, Beyer 1990
Naproxen	100	100	+ (1)	++ (25)	++	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983
Phenacetin	k.A.	k.A.	(+) (0,04)	-	+++	Pfeifer 1975-1983, Beyer 1990
Propyphenazon	k.A.	>90	(+)	(+)	+++	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983, Beyer 1990
Tolfenaminsäure	k.A.	k.A.	k.A.	(+)	+++	Sidelmann et al. 1997
Carbamazepin	85	>70	+ (<1)	-	+++	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983, Beyer 1990
Primidon	k.A.	>90	++ (31-42)	-	++	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983
Bezafibrat	k.A.	>90	+++ (50)	++ (22)	++	Forth et al., 2001, Beyer 1990
Clofibrinsäure	100	>95	+	+++	++	Forth et al., 2001, Beyer 1990
Gemfibrozil	100	95	+	k.A.	+++	Forth et al., 2001, Parke 1988
Oxazepam	k.A.	>90	++ (19)	+++ (56)	+	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983, Beyer 1990
Pentoxifyllin	k.A.	30	+ (<1)	-	+++	Forth et al., 2001, Pfeifer 1975-1983, Beyer 1990

* bei intravenöser Applikation, + gering, ++ mittel, +++ hoch k.A. keine Angabe

In Tabelle 4 sind die Biotransformationsdaten der in dieser Arbeit untersuchten Arzneimittel zusammengestellt. Hier ist neben der Resorptionsrate und der Bioverfügbarkeit zusammengestellt, inwiefern die Substanz nach Resorption unverändert, unverändert konjugiert bzw. metabolisiert ausgeschieden wird. Die für das Monitoringprogramm ausgewählten Arzneimittel gehören fünf Indikationsgruppen an und werden im Folgenden detailliert dargestellt.

Analgetika/ Antiphlogistika

Ein großer Teil der untersuchten Stoffe gehört der Gruppe der Analgetika/ Antiphlogistika an. Analgetika sind Substanzen zur Behandlung von Schmerzen. Verschiedene dieser Substanzen haben gleichzeitig entzündungshemmende (Antiphlogistika) oder fiebersenkende (Antipyretika) Eigenschaften und werden vor allem zur Behandlung von rheumatischen Krankheiten eingesetzt. In der Literatur gibt es aufgrund dieser Überschneidungen keine einheitliche Einteilung in bestimmte Indikationsgruppen.

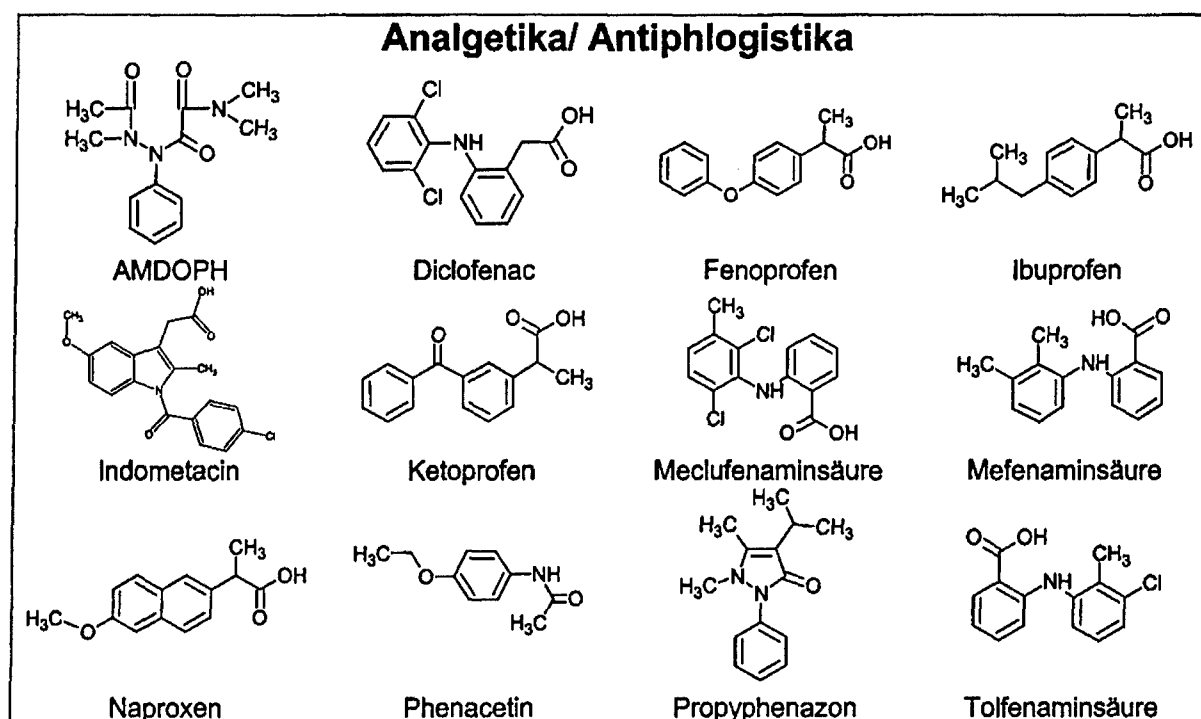


Abbildung 5. Strukturformeln der untersuchten Analgetika/ Antiphlogistika

Nach Schwabe & Paffrath (2001) haben Analgetika und Antiphlogistika mit je 79 bzw. 122 Präparaten einen bedeutenden Anteil an den 2500 verordnungstärksten Arzneimitteln. So befindet sich diese Gruppe mit 87,5 Mio. verordneten Packungen pro Jahr auf Platz eins der am häufigsten verordneten Indikationsgruppen des Jahres 2000. Die Struktur der in dieser Arbeit untersuchten Analgetika/Antiphlogistika ist in Abb. 5 dargestellt. Die Wirkstoffe der nicht-steroidalen Analgetika setzen sich dabei aus verschiedenen Derivaten zusammen. Dies sind Derivate der Salicylsäure (Acetylsalicylsäure), des Anilins (Phenacetin, Paracetamol), der Anthranilsäure (Meclufenaminsäure, Mefenaminsäure, Tolfenaminsäure), des Pyrazols (Phenazon, Propyphenazon, Dimethylaminophenazon), der Arylessigsäure (Diclofenac), der Arylpropionsäure (Ibuprofen, Naproxen, Fenoprofen, Ketoprofen) und der Indolessigsäure (Indometacin). Die Substanz Diclofenac, ein Arylessigsäurederivat, wurde im Jahr 2000 in fast 60 % aller Anwendungen nicht-steroidaler Analgetika eingesetzt. Die meisten nicht-steroidalen Analgetika haben zusätzlich auch antiphlogistische (entzündungs-hemmende) und antipyretische (fiebersenkende) Eigenschaften. Ausnahmen bilden dabei die Derivate des Anilins und des Pyrazols, die nur analgetische und antipyretische Wirkungen besitzen (Forth et al., 2001). Tolfenaminsäure wird in der Tiermedizin eingesetzt. Phenacetin und Dimethylaminophenazon sind in Deutschland nicht mehr zugelassen. Ersteres ist in Kombinationspräparaten häufig durch seinen Metaboliten Paracetamol ersetzt worden. Bei AMDOPH (1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenylhydrazid) handelt es sich um einen Metaboliten von Dimethylaminophenazon, der im Berliner Raum identifiziert und im Grundwasser nachgewiesen wurde (Reddersen et al., 2002).

Antiepileptika

Die Antiepileptika werden zur symptomatischen Behandlung verschiedener Epilepsieformen eingesetzt (Möhle et al., 1999). Bei den Antiepileptika fallen fast die Hälfte der Verordnungen auf Carbamazepin. Der bevorzugte Einsatz beruht dabei auf der sehr guten antiepileptischen Wirkung und den stimmungsaufhellenden bzw. antriebssteigernden Effekten, die durch die Strukturverwandtschaft des Carbamazepin mit den tricyclischen Antidepressiva bewirkt werden. Zusätzlich wird der

Wirkstoff zur Therapie von Trigemiusneuralgie (Gesichtsschmerz, durch den dreiteiligen Gesichtsnerv ausgelöst) und bei Alkoholentzugssyndromen eingesetzt.

Primidon gehört zur Gruppe der Barbiturate. Im menschlichen Organismus wird es zu 5-15% in die ebenfalls antiepileptisch wirkende Substanz Phenobarbital metabolisiert (Möhle et al., 1999). Die antikonvulsiven Wirkungen von Primidon sind aber wahrscheinlich nicht auf den Umbau zu Phenobarbital zurückzuführen, da die Wirkungsspektren beider Verbindungen unterschiedlich sind (Forth et al., 2001). Die Strukturen der beiden untersuchten Antiepileptika sind in Abb. 6 dargestellt.



Abbildung 6. Strukturformeln der untersuchten Antiepileptika

Lipidsenker

Lipidsenker wirken regulierend auf erhöhte Blutlipidkonzentrationen und werden zur Prävention koronarer Herzkrankheiten eingesetzt. Neben der Gruppe der Statine, deren cholesterinsenkende Wirkung auf der Hemmung der Hydroxy-Methyl-Glutaryl-Coenzym-A-Reduktase (HMG-CoA-Reduktase) beruht, gibt es die Gruppe der Clofibrinsäurederivate und deren Analoga, die vorrangig erhöhte Triglyceridspiegel senken, während die cholesterin-senkende Wirkung weniger stark ausgeprägt ist (Schwabe & Paffrath, 2001). Die Verordnungszahlen der Clofibrinsäurederivate sind seit Jahren rückläufig. Der führende Wirkstoff dieser Gruppe ist Fenofibrat, gefolgt von Bezafibrat. Weitere Fibrate sind Gemfibrozil, Clofibrat, Etofibrat und Etofyllinclofibrat, wobei die drei letztgenannten im Körper zu dem pharmakologisch aktiven Metaboliten Clofibrinsäure transformiert werden. Clofibrinsäure wird mit dem Harn als Glucuronsäurekonjugat ausgeschieden, im Abwasser aber relativ leicht wieder zu Clofibrinsäure hydrolysiert. Abb. 7 zeigt die Strukturformeln der in dem Monitoring analysierten Lipidsenker.

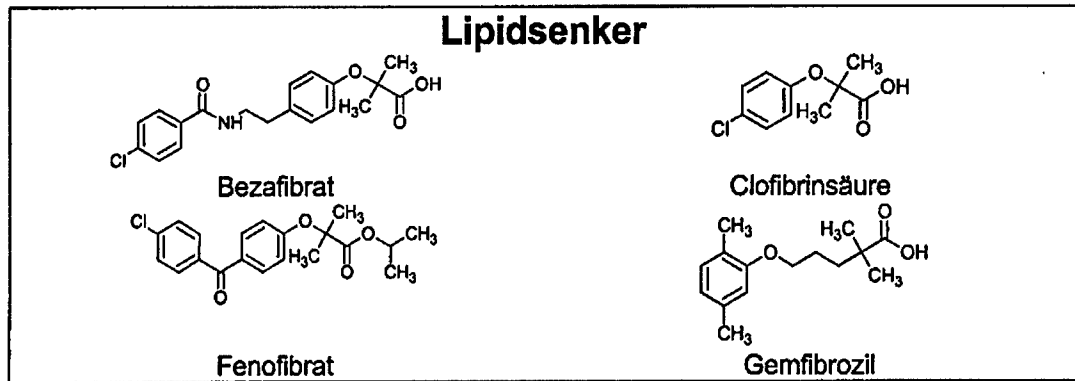


Abbildung 7. Strukturformeln der untersuchten Lipidsenker

Tranquillantien

Tranquillantien gehören zur Gruppe der Psychopharmaka und werden vor allem zur Dämpfung von Angst- und Spannungszuständen eingesetzt. Die am häufigsten verwendeten Substanzen sind die Benzodiazepine. Aus dieser Substanzklasse wurde im Rahmen des Monitorings Oxazepam untersucht (siehe Abb. 8).

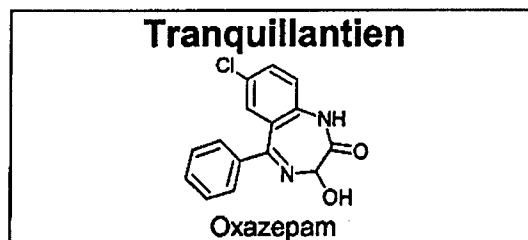


Abbildung 8. Strukturformel von Oxazepam

Vasodilatoren

Vasodilatoren sind durchblutungsfördernde Mittel und werden u.a. zur Behandlung von Rauchersymptomen eingesetzt.

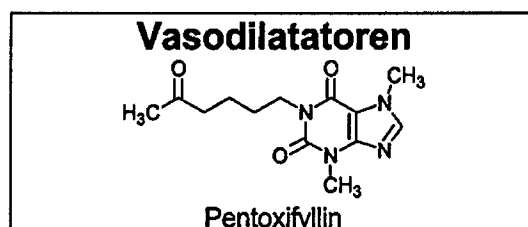


Abbildung 9. Strukturformel von Pentoxifyllin

Das Verordnungsvolumen in dieser Indikationsgruppe ist seit 1992 rückläufig (Schwabe & Paffrath, 2001). In den in dieser Arbeit vorgestellten Untersuchungen wurde das Xanthinderivat Pentoxifyllin analysiert, dessen Strukturformel in Abb. 9 dargestellt ist.

Sonstige organische Rückstände

Im Rahmen des Untersuchungsprogramms wurden neben den Arzneimittelrückständen noch eine Reihe anderer wasserlöslicher organischer Verbindungen untersucht, die zum Teil bereits im Berliner Gewässersystem nachgewiesen wurden. Hierbei handelt es sich um die Herbizide Mecoprop, Dichlorprop, MCPA, 2,4-D und Bentazon, die Metabolite des Insektizids DDT, o,p'-DDA und p,p'-DDA sowie um NPS, den Metaboliten eines Korrosionsschutzmittels, deren Struktur in Abb. 10 dargestellt ist.

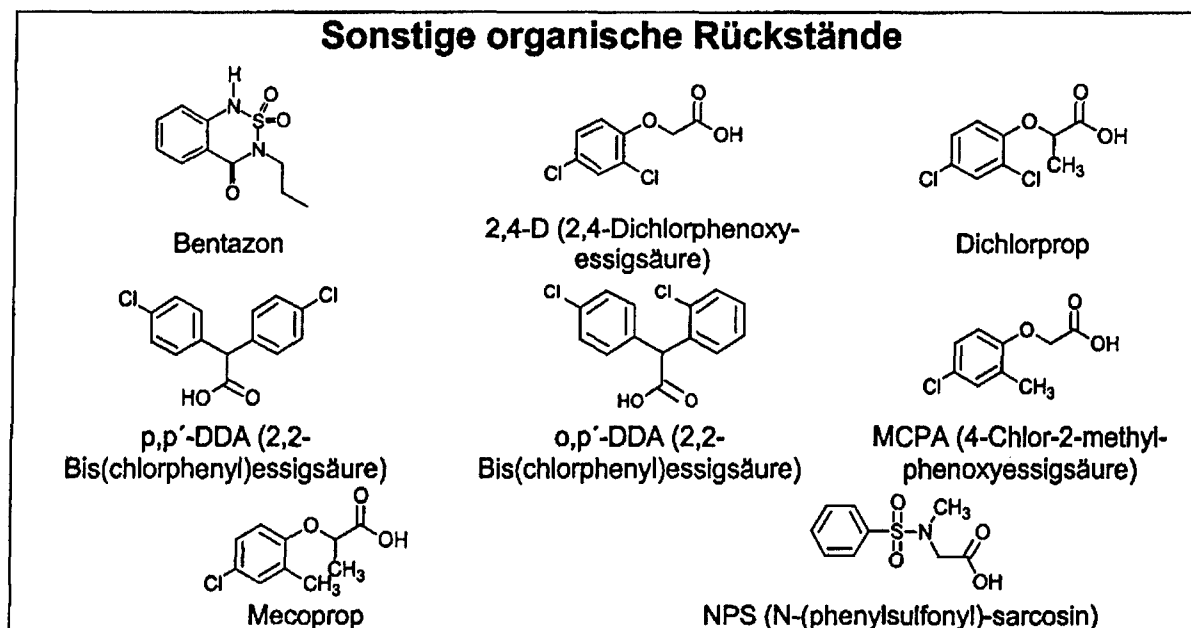


Abbildung 10. Strukturformeln der sonstigen untersuchten organischen Rückstände

Vorschrift zur Durchführung der Analysenmethoden

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Analysenmethoden wurden kürzlich veröffentlicht (Reddersen & Heberer, 2003a,b) und werden im folgenden beschrieben.

Material und Methoden

Chemikalien

Die verwendeten Chemikalien, die alle analytische Reinheit aufwiesen, wurden von folgenden Herstellern bezogen: Sigma-Aldrich (Steinheim, Deutschland), Ferak (Berlin, Deutschland), Fluka (Steinheim, Deutschland) und Merck (Darmstadt, Deutschland). Pentafluorbenzylbromid (PFBB_r) und N-(t-butyldimethylsilyl)-N-methyl-trifluoracetamid (MTBSTFA) wurden von Sigma-Aldrich (Steinheim, Deutschland), Triethylamin wurde von Merck (Darmstadt, Germany) bezogen. Die zur Probenaufarbeitung verwendeten analytisch hochreinen Lösungsmittel wurden von Merck (Darmstadt, Deutschland) bezogen.

1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenylhydrazid (AMDOPH) war als Standardsubstanz nicht kommerziell erhältlich und wurde mit kleinen Abänderungen wie in der Literatur beschrieben synthetisiert (Charonnat et al., 1930). Die verwendete Synthese wurde wie folgt durchgeführt und ist im Detail in Reddersen et al. (2002) nachzulesen.

Synthese von AMDOPH

30 g Dimethylaminophenazon wurden in 30 ml destilliertem Wasser gelöst. Nachdem die Lösung auf einem Eisbad gekühlt wurde, wurden 19 ml einer 30% H₂O₂-Lösung hinzugefügt. Das farblose Produkt wurde dreimal mit je 20 ml Ethylacetat extrahiert. Die organischen Phasen wurden vereinigt und das Lösungsmittel unter einem leichten Stickstoffstrom abgeblasen. Die Charakterisierung der Substanz wurde mittels GC/MS durchgeführt.

Probenaufarbeitung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Multimethoden zur Analytik von Arzneimittelrückständen und anderen relevanten polaren Kontaminanten in Wasserproben entwickelt. Diese Methoden sind sowohl auf Grundwasserproben, Oberflächenwasserproben als auch auf Klärwerksabläufe anwendbar. In beiden Methoden erfolgt die Anreicherung der Analyten mittels Festphasenextraktion mit RP-C18 Material, gefolgt von der Derivatisierung der sauren Gruppen und anschließender GC/MS Detektion im SIM Modus. Die beiden Methoden verwenden zwei verschiedene Derivatisierungsarten und entsprechend unterschiedliche GC/MS-Bedingungen, um so viele in der Umwelt bedeutende pharmazeutische Rückstände wie möglich zu erfassen.

Methode 1: Derivatisierung mit Pentafluorbenzylbromid (PFBBR)

Wie bereits erwähnt, sind die entwickelten Methoden sowohl auf Grundwasser, Oberflächenwasser als auch auf Klärwerksabläufe anwendbar. Bei der Probenaufarbeitung unterscheidet sich das eingesetzte Probe-volumen. Bei Grundwasserproben werden 1000 ml Probe, bei Oberflächenwasserproben 500 ml Probe und bei Klärwerksabläufen 200 ml Probe eingesetzt. Klärwerksabläufe werden vor der Extraktion durch Zellulosefilter filtriert, um eine Verstopfung der SPE-Kartuschen zu vermeiden. An dieser Stelle wird die Aufarbeitung für Grundwasser beschrieben.

1000 ml Probe werden mit verdünnter Salzsäure auf pH <2 eingestellt. Zu der Probe werden 100 ng des Surrogates 4-Chlorphenoxybuttersäure dotiert (100 µl einer Lösung des Standards in Methanol mit einer Konzentration von 1 ng/µl) und 10 ml Methanol gegeben, um einen intensiveren Kontakt zwischen der Festphase und der Probe zu ermöglichen. Als SPE-Material wird 1 g RP-C18 (BAKERBOND Polar Plus® von Mallinckrodt-Baker, Griesheim, Deutschland) in Polyethylenkartuschen eingesetzt. Die Konditionierung der Kartuschen erfolgt durch Applikation von 5 ml Aceton, 10 ml Methanol und 10 ml entionisiertem Wasser (pH<2). Die Lösungsmittel werden nacheinander durch die Kartuschen gezogen, wobei ein Trockenlaufen vermieden werden sollte. Danach wird die Probe durch Anlegen eines Vakuums mit

einem Fluss von ca. 8 ml/min durch die Kartusche gesaugt. Die Kartuschen werden danach über Nacht mit Hilfe eines leichten Stickstoffstroms getrocknet. Zur Elution der Analyten wird auf die Kartusche 3x1 ml Methanol gegeben und in ein Probevial eluiert (die Elution wird nach ca. 1,5 ml Elutionsvolumen gestoppt). Das Eluat wird durch vorsichtiges Heizen unter einem leichten Stickstoffstrom getrocknet. Vor der Derivatisierung werden in das Vial 100 ng 2-(m-Chlorphenoxy)propionsäure (100 µl einer Lösung des Standards in Methanol mit einer Konzentration von 1 ng/µl) als Interner Standard zugegeben, um die Vollständigkeit des Derivatisierungsschrittes überprüfen zu können. Das getrocknete Eluat wird in 100 µl einer verdünnten PFBBr-Lösung (2 % v/v in Toluol) und 4 µl Triethylamin gelöst. Triethylamin wird als Katalysator der Derivatisierungsreaktion zugesetzt. Das Reaktionsschema dieser Derivatisierung ist in Abb. 11 dargestellt. Das verschlossene Probevial wird 1 Stunde in den Trockenschrank bei 100 °C gestellt.

Derivatisierung mit PFBBr:

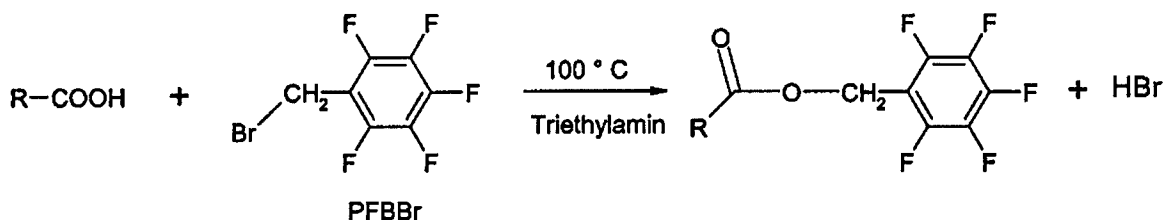


Abbildung 11. Reaktionsgleichung der Derivatisierung mit Pentafluorbenzylbromid (PFBBr)

Anschließend wird die Lösung, die jetzt die derivatisierten Analyten enthält, unter einem leichten Stickstoffstrom vorsichtig zur Trockne abgeblasen. Der getrocknete Rückstand wird in 100 µl Toluol aufgenommen, in ein 200 µl Microvial überführt und zur GC/MS-Analytik eingesetzt.

Das Fließschema der Probenaufbereitung dieser und der im folgenden beschriebenen Methode ist in Abb. 13 dargestellt.

Methode 2: Derivatisierung mit N-(t-butyldimethylsilyl)-N-methyl-trifluoracetamid (MTBSTFA)

Die Festphasenanreicherung bei dieser Methode wird genauso durchgeführt wie bereits für Methode 1 beschrieben. Zusätzlich wird 10,11-Dihydro-carbamazepin als zweiter Surrogate zu den Proben dotiert, um Matrixeffekte zu kompensieren, die bei der Analytik von Carbamazepinrückständen auftreten.

Nachdem wie bereits bei Methode 1 beschrieben zum getrockneten Eluat der interne Standard hinzugefügt und das Lösungsmittel erneut abgeblasen wurde, wird der Rückstand in 50 µl MTBSTFA und 50 µl Acetonitril aufgenommen und für 1 Stunde bei 80 °C in den Trockenschrank gestellt. Das Reaktionsschema dieser Derivatisierung ist in Abb. 12 dargestellt. Nach der Derivatisierung wird die Lösung in ein 200 µl Microvial überführt und zur GC/MS-Analytik eingesetzt.

Das Fließschema der Probenaufarbeitung dieser und der zuvor beschriebenen Methode ist in Abb. 12 dargestellt.

Derivatisierung mit MTBSTFA:

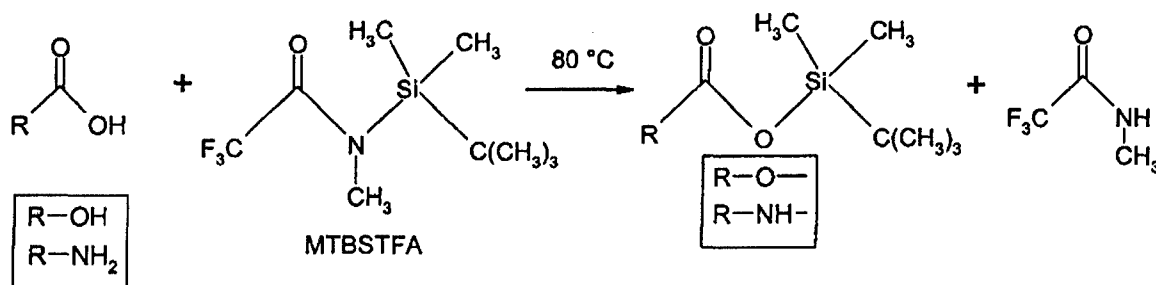


Abbildung 12 Reaktionsgleichung der Derivatisierung mit N-(t-butyldimethylsilyl)-N-methyl-trifluoracetamid (MTBSTFA)

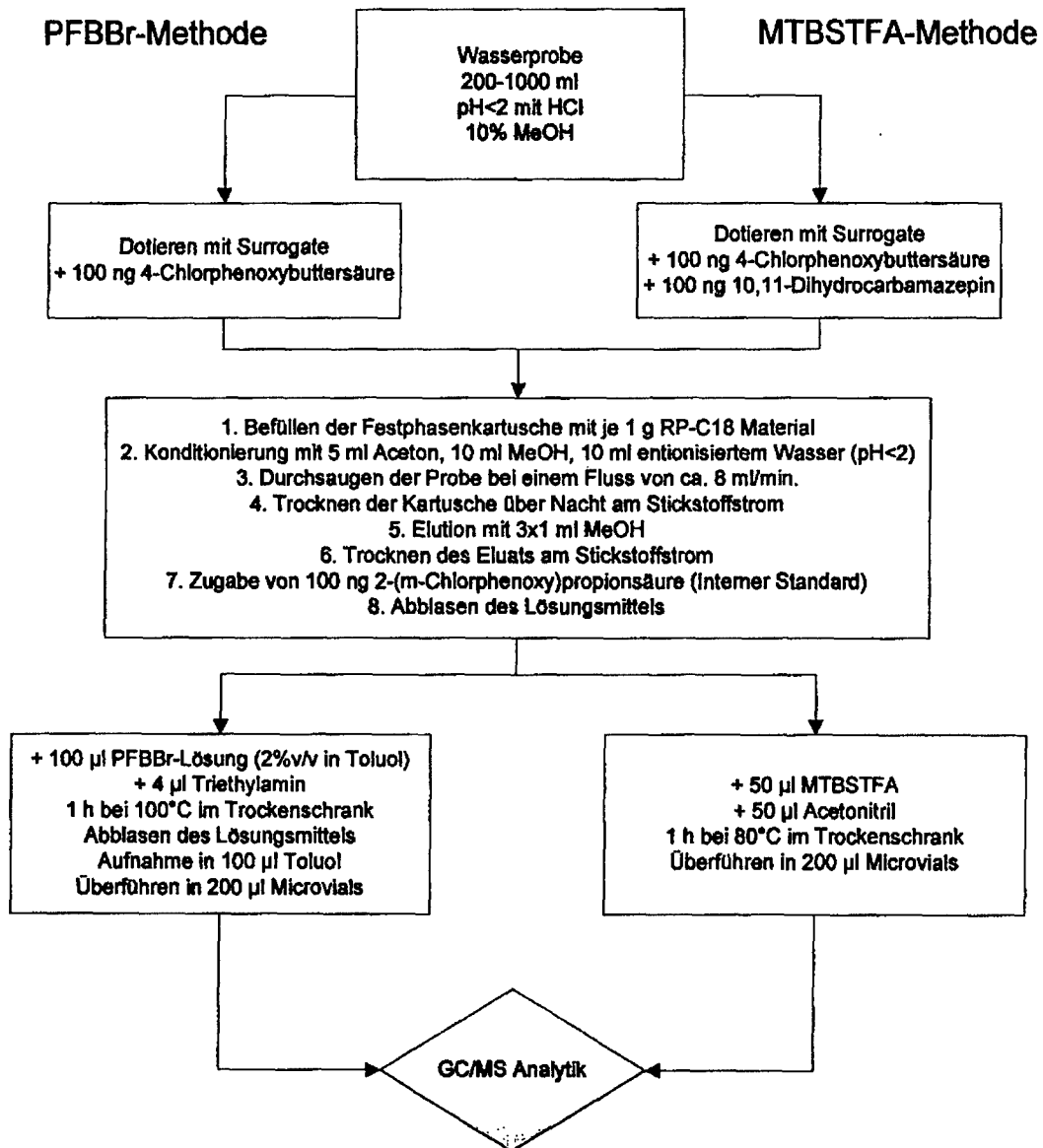


Abbildung 13. Fließschema der Probenaufarbeitung der PFBBR- und MTBSTFA-Methoden

Chromatographische und massenspektrometrische Bedingungen

Die GC/MS-Messungen wurden an dem HP 6890 Gaschromatograph kombiniert mit dem HP 5973 Massenspektrometer der Firma Agilent Technologies (Waldbronn, Deutschland) durchgeführt.

Zur chromatographischen Trennung wurde eine mit (5%-Phenyl)-methylpolysiloxan belegte Kapillarsäule (HP5MS, 30 m x 0,25 mm i.D., 0,25 µm Filmdicke) der Firma Agilent Technologies (Waldbronn, Deutschland) benutzt. Als Trägergas wurde Helium 5.0 (99,999 % Reinheit) eingesetzt. Das Injektionsvolumen beträgt 2 µl für Methode 1 (Derivatisierung mit PFBBR) und 1 µl für Methode 2 (Derivatisierung mit MTBSTFA). Die Temperatur des Injektionsports und der Transferline beträgt 250 bzw. 260°C. Der konstant gehaltene Säulenfluss beträgt für beide Methoden 1 ml/min (ca. 37 cm/sec). Die Temperaturprogramme beider Methoden sind in Tabelle 5 und 6 dargestellt.

Tabelle 5. Temperaturprogramm von Methode 1 (Derivatisierung mit PFBBR)

Heizrate in °C/min	Temperatur in °C	Haltezeit in min
	100	1
30	150	2
3	205	1
10	260	5
10	280	14

Tabelle 6. Temperaturprogramm von Methode 2 (Derivatisierung mit MTBSTFA)

Heizrate in °C/min	Temperatur in °C	Haltezeit in min
	80	1
10	150	—
3	215	1
10	260	2
10	280	10

Die massenspektrometrische Detektion wurde im „selected ion monitoring“ (SIM) Modus mit Elektronenstoßionisation (EI) bei 70 eV durchgeführt. Eine Auflistung aller

untersuchten Stoffe, die im SIM benutzen Molekül- und Fragmentionen sowie deren Intensitäten im Massenspektrum sind in Tabelle 7 und 8 zusammengestellt.

Tabelle 7. Massenfragmente (m/z) der mit PFBBBr derivatisierten Komponenten und deren relative Intensitäten in Klammern

Substanz	Basis-peak	SIM Ion 1	SIM Ion2	SIM Ion 3	Molekül-gewicht
2-(m-Chlorphenoxy)-propionsäure (Interner Standard)	155	155 (100)	157 (32)	380 (37)	380
2,4-D	181	400 (40)	402 (29)	175 (39)	400
2-(4-Chlorphenoxy)-buttersäure (Surrogate)	181	128 (80)	169 (65)	394 (53)	394
AMDOPH*	72	72 (100)	191 (18)	221 (22)	263
Bentazon	181	378 (18)	420 (8)	341 (8)	420
Clofibrinsäure	128	128 (100)	130 (33)	394 (9)	394
Dichlorprop	181	162 (58)	189 (46)	414 (35)	414
Diclofenac	214	214 (100)	475 (33)	242 (19)	475
Fenofibrat*	121	273 (80)	232 (71)	360 (19)	360
Fenoprofen	197	197 (100)	422 (85)		422
Gemfibrozil	181	309 (83)	122 (30)	430 (12)	430
Ibuprofen	161	161 (100)	118 (25)	386 (21)	386
Ketoprofen	209	209 (100)	105 (50)	434 (7)	434
MCPA	181	141 (75)	155 (43)	380 (95)	380
Meclufenaminsäure	242	242 (100)	475 (44)	477 (27)	475
Mecoprop	169	169 (100)	394 (82)	142 (49)	394
Mefenaminsäure	421	421 (100)	223 (78)	194 (42)	421
N-(Phenysulfonyl)sarcosin	184	184 (100)	141 (59)	268 (26)	409
Naproxen	185	185 (100)	410 (50)	170 (13)	410
p,p'-DDA	235	235 (100)	237 (65)	460 (7)	460
Pentoxifyllin*	221	221 (100)	193 (73)	278 (47)	278
Propyphenazon*	215	215 (100)	230 (37)		230
Tolfenaminsäure	441	441 (100)	208 (73)	243 (56)	441

*nicht derivatisiert

Tabelle 8. Massenfragmente der mit MTBSTFA derivatisierten Komponenten und deren relative Intensitäten in Klammern

Substanz	Basispeak	SIM Ion 1	SIM Ion2	SIM Ion 3	Molekül- gewicht
2-(m-Chlorphenoxy)propion- säure (Interner Standard)	211	211 (100)	257 (60)	213 (34)	314
2-(4-Chlorphenoxy)-buttersäure (Surrogate)	185	185 (100)	187 (37)	271 (31)	328
10,11-Dihydrocarbamazepin (Surrogate)	195	195 (100)	295 (19)	180 (15)	352
AMDOPH*	72	72 (100)	191 (17)	221 (15)	263
Carbamazepin	193	193 (100)	293 (13)	250 (5)	350
Clofibrinsäure	143	143 (100)	271 (61)	185 (49)	328
Diclofenac	352	352 (100)	354 (69)	409 (26)	409
Fenofibrat*	121	273 (78)	232 (53)	360 (25)	360
Fenoprofen	299	299 (100)	75 (37)	341 (2)	356
Gemfibrozil	243	243 (100)	185 (43)	307 (36)	364
Ibuprofen	263	263 (100)	75 (31)		320
Ketoprofen	311	311 (100)	295 (21)	267 (8)	368
Meclufenaminsäure	352	352 (100)	354 (73)	243 (46)	409
Mefenaminsäure	298	298 (100)	224 (81)	355 (47)	355
Naproxen	287	287 (100)	185 (27)	344 (6)	344
Oxazepam	457	457 (100)	459 (43)	513 (31)	514
Phenacetin	236	236 (100)	162 (80)	293 (3)	293
Primidon	389	389 (100)	232 (53)	446 (5)	446
Propyphenazon*	215	215 (100)	230 (37)		230
Tolfenaminsäure	318	318 (100)	244 (56)	375 (29)	375

*nicht derivatisiert

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der Methoden

Um die Nachweisgrenzen (NWG) und Bestimmungsgrenzen (BG) der Methoden zu ermitteln, wurden Wasserproben mit verschiedenen Analyten-konzentrationen dotiert und nach den beschriebenen Methoden aufgearbeitet. Nach dem Dotieren hatten die Wasserproben Konzentrationen von 1, 5, 10, 25, 50 und 100 ng/L. Als Nachweisgrenze wurde die Konzentration bestimmt, bei der für den jeweiligen Analyt ein Signal/Rausch-Verhältnis von 3:1 vorliegt. Als Bestimmungsgrenze wurde die Konzentration ermittelt, bei der das Signal/Rausch-Verhältnis 11:1 beträgt. Die Wiederfindungsraten (Wdf) wurden mittels eines fünffachen Ansatzes bei einer Konzentration von 100 ng/L durch externe Kalibrierung bestimmt.

In Tabelle 9 und 10 sind für beide Methoden die NWG, BG und Wiederfindungsraten zusammengestellt.

Tabelle 9. Nachweisgrenzen, Bestimmungsgrenzen und Wiederfindungsraten für Methode 1 (Derivatisierung mit PFBBR) mit der relativen Standardabweichung in Klammern

Substanz	NWG in ng/L	BG in ng/L	Wdf in %
2,4-D	< 1	1	97 (4)
2-(4-Chlorphenoxy)-buttersäure (Surrogate)	< 1	1	89 (8)
AMDOPH	< 1	2	111 (5)
Bentazon	< 2	2	100 (7)
Clofibrinsäure	< 1	2	78 (7)
Dichlorprop	< 1	1	96 (3)
Diclofenac	< 1	1	89 (8)
Fenofibrat	1	4	101 (8)
Fenoprofen	< 1	1	92 (2)
Gemfibrozil	< 1	2	80 (9)
Ibuprofen	1	4	74 (10)
Ketoprofen	< 1	2	95 (4)
MCPA	< 1	1	93 (3)
Meclufenaminsäure	< 1	2	93 (2)
Mecoprop	< 2	2	90 (9)
Mefenaminsäure	< 1	1	91 (8)
N-(Phenysulfonyl)sarcosin	10	50	100 (7)
Naproxen	< 1	1	88 (9)
p,p'-DDA	< 2	2	92 (4)
Pentoxifyllin	10	30	136 (35)
Propyphenazon	< 1	2	70 (14)
Tolfenaminsäure	< 1	1	79 (12)

In Abbildung 14 und 15 sind die Chromatogramme eines Standardgemisches für beide Methode aufgenommen im SIM-Modus dargestellt. Die Retentionszeiten der nummerierten Peaks sind für beide Methoden in Tabelle 11 zusammengestellt.

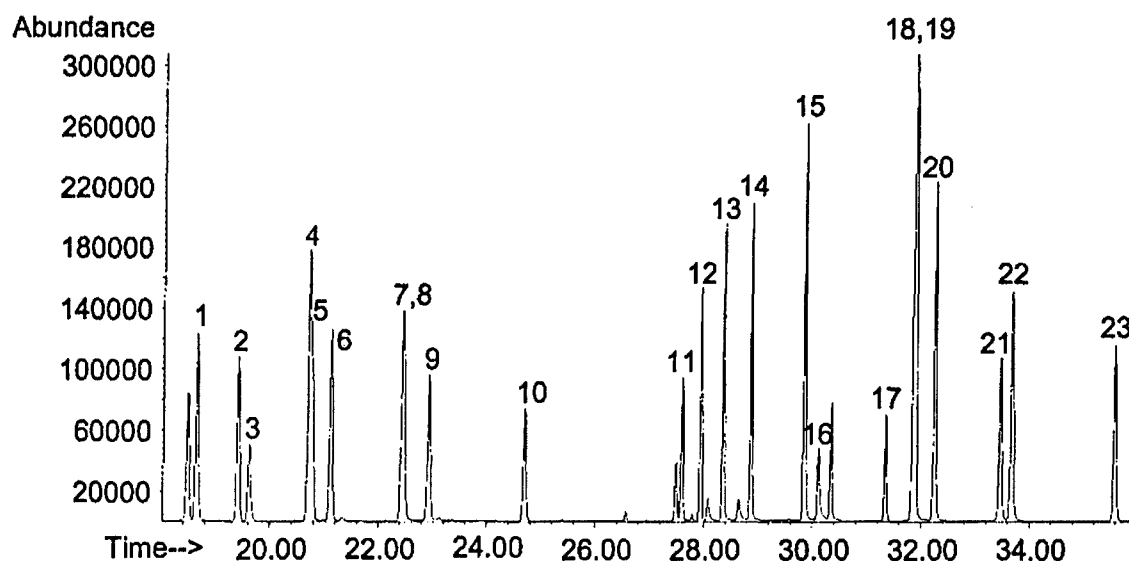


Abbildung 14. Chromatogramm eines mit PFBB_r derivatisierten Standardgemisches aufgenommen im SIM-Modus, $c = 1 \text{ ng}/\mu\text{L}$ (Nummern beziehen sich auf Tab. 11)

Tabelle 10. Nachweisgrenzen, Bestimmungsgrenzen und Wiederfindungsraten für Methode 2 (Derivatisierung mit MTBSTFA) mit der relativen Standardabweichung in Klammern

Substanz	NWG in ng/L	BG in ng/L	Wdf in %
10,11-Dihydrocarbamazepin (Surrogate)	<1	2	111 (4)
2-(4-Chlorphenoxy)-buttersäure (Surrogate)	1	4	103 (19)
AMDOPH	5	20	134 (17)
Carbamazepin	< 1	2	112 (10)
Clofibrinsäure	5	20	105 (18)
Diclofenac	1	4	93 (6)
Fenofibrat	5	20	105 (2)
Fenoprofen	1	4	117 (6)
Gemfibrozil	1	4	115 (16)
Ibuprofen	< 1	1	83 (19)
Ketoprofen	1	4	110 (4)
Meclufenaminsäure	< 1	2	90 (2)
Mefenaminsäure	< 1	2	85 (10)
Naproxen	< 1	1	103 (5)
Oxazepam	5	20	72 (5)
Phenacetin	10	40	139 (19)
Primidon	< 1	1	82 (3)
Propyphenazon	5	20	60 (27)
Tolfenaminsäure	1	4	91 (11)

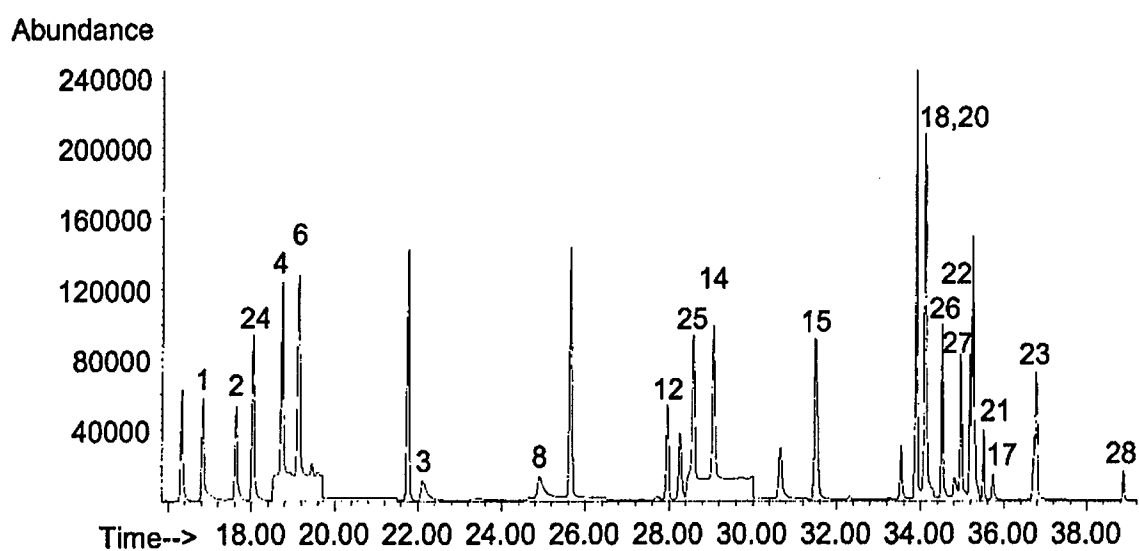


Abbildung 15. Chromatogramm eines mit MTBSTFA derivatisierten Standardgemisches aufgenommen im SIM-Modus, $c = 1 \text{ ng}/\mu\text{L}$ (Peaknummern beziehen sich auf Tabelle 11)

Tabelle 11. Retentionszeiten von Methode 1 (derivatisiert mit PFBBBr) und Methode 2 (derivatisiert mit MTBSTFA).

Nummer	Substanz	Rt (min)	Rt (min)
		PFBBBr Methode	MTBSTFA Methode
1	2-(m-Chlorphenoxy)propionsäure (Interner Standard)	18,65	16,85
2	Clofibrinsäure	19,41	17,63
3	Propiphenazon	19,62	22,11
4	Ibuprofen	20,71	18,73
5	Mecoprop	20,78	
6	2-(4-Chlorphenoxy)buttersäure (Surrogate)	21,11	19,12
7	MCPA	22,44	
8	AMDOPH	22,46	24,90
9	Dichlorprop	22,93	
10	2,4-D	24,70	
11	Bentazon	27,60	
12	Gemfibrozil	27,94	27,96
13	N-(Phenysulfonyl)sarcosin	28,36	
14	Fenoprofen	28,88	29,07
15	Naproxen	29,85	31,49
16	Pentoxifyllin	30,11	
17	Fenofibrat	31,34	35,73
18	Ketoprofen	31,85	34,09
19	p,p'-DDA	31,89	
20	Mefenaminsäure	32,25	34,12
21	Diclofenac	33,45	35,50
22	Tolfenaminsäure	33,68	35,18
23	Meclufenaminsäure	35,58	36,78
24	Phenacetin		18,04
25	Primidon		28,59
26	10,11-Dihydrocarbamazepin (Surrogate)		34,51
27	Carbamazepin		34,96
28	Oxazepam		38,88

Eigenschaften und Interpretation der Fragmentierungen der entstehenden Derivate beider Analysenmethoden

Bei der Derivatisierung mit Pentafluorbenzylbromid kommt es zu einer Substitution des aciden, endständigen Wasserstoffs mit dem Pentafluorbenzylrest (siehe Abbildung). Bei der Ionisation im Massenspektrometer entsteht das derivattypische Fragment m/z 181. Bei der massenspektrometrischen Bestimmung wird dieses Ion als so genanntes „Übersichtslon“ (engl. „Monitor Ion“) zur Erkennung aller Substanzen benutzt, die mit PFBBBr derivatisiert wurden. Im folgenden wird auf die

Fragmentierung des Diclofenac-Pentafluorbenzyl-Derivats im EI Massenspektrum näher eingegangen, welches in Abb. 16 dargestellt ist.

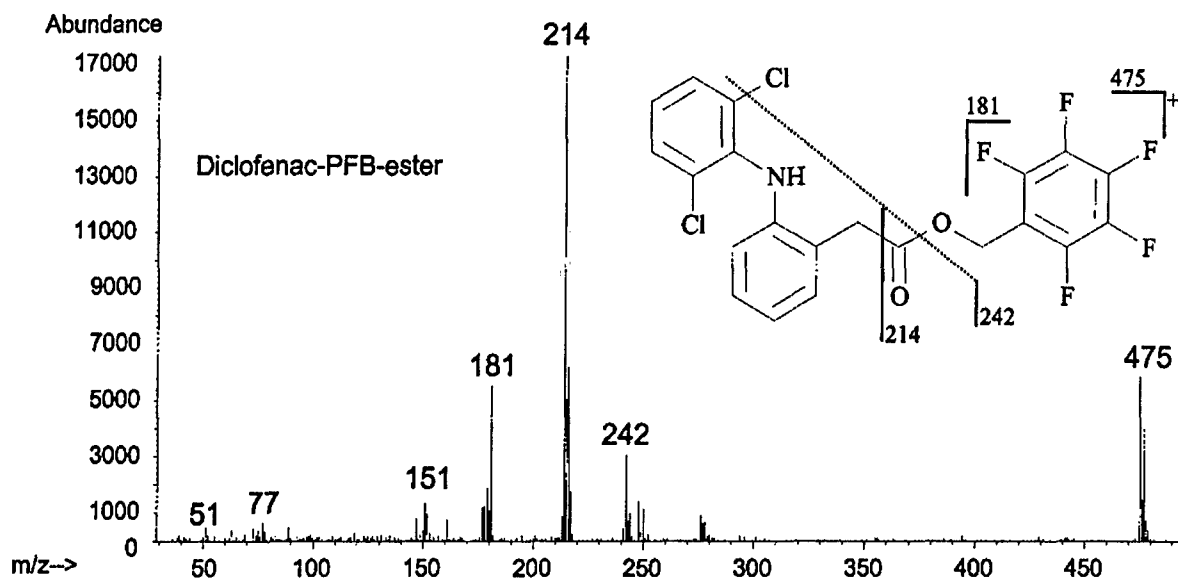


Abbildung 16. EI Massenspektrum des Diclofenac-PFB-Derivats, aufgenommen im Full Scan Modus (70 eV)

In dem Massenspektrum erkennt man im Fragment m/z 475 das Molekülion des Diclofenac-PFB-esters. Die im Diclofenac enthaltenen Chloratome führen durch ihre Zusammensetzung aus den natürlichen Isotopen ^{35}Cl und ^{37}Cl zu weiteren „Isotopenpeaken“ bei m/z 477 und 479. Chlor und Brom weisen einen natürlichen Gehalt an Isotopen auf. So liegen z.B. die Chlorisotope ^{35}Cl und ^{37}Cl im Verhältnis 3:1 und die Bromisotope ^{79}Br und ^{81}Br im Verhältnis 1:1 vor. Molekül- und Fragmentionen mit Chlor- und Bromatomen in verschiedener Anzahl und/ oder Zusammensetzung zeigen daher unterschiedliche Intensitätsverhältnisse. Mit Hilfe dieser „Clusterionen“ (deutsch: Satellitenpeaks) lassen sich nun die Massenspektren hinsichtlich ihrer Cl- und Br-Atom Anzahl interpretieren. Aus der Höhe der Clusterionen m/z 475, 477 und 479, die im Verhältnis 100:65:11 vorliegen, lässt sich erkennen, dass im Molekül zwei Chloratome vorhanden sind. Den Basepeak im Spektrum, also das intensivste Fragment, bildet m/z 214. Dieses Fragment entsteht durch Abspaltung der Säuregruppe sowie eines Chloratoms. An diesem Fragment ist ein anderes Isotopenmuster zu erkennen. So liegen m/z 214 und 216 im Verhältnis 3:1 vor, was daraus resultiert, dass in diesem Fragment nur noch ein

Chloratom vorhanden ist. Weiterhin ist im Massenspektrum das Fragment m/z 181 vorhanden, das aus dem Pentafluorbenzylrest stammt und wie schon oben beschrieben charakteristisch für mit PFBBR derivatisierte Substanzen ist. Das Fragment m/z 242 entsteht durch Abspaltung eines Sauerstoffatoms der Säuregruppe sowie eines Chloratoms. Auch hier liegt zwischen m/z 242 und 244 das typische Chlorcluster für ein Chloratom vor.

Die Derivatisierung mit MTBSTFA führt zur Silylierung von Carboxy- und Hydroxygruppen, aber auch von Amino- und Thiogruppen (siehe Abbildung). Die Fragmentierung der dabei entstehenden Tertbutyldimethylsilylester (TBDMS) soll am Beispiel des Carbamazepin-TBDMS-esters näher betrachtet werden. Das EI-Massenspektrum dieser Substanz ist in Abb. 17 dargestellt.

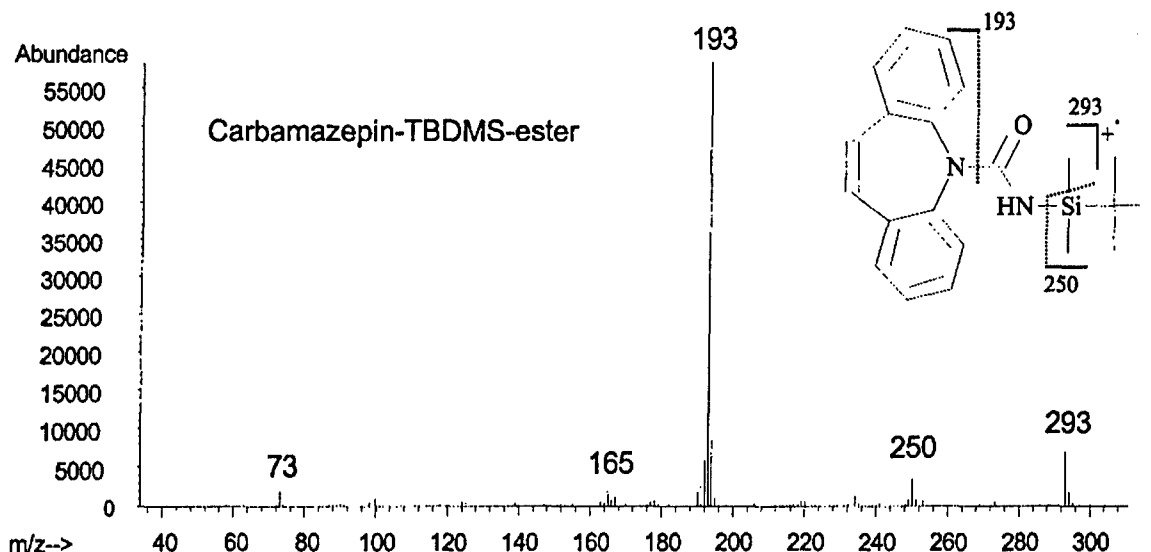


Abbildung 17. EI Massenspektrum des Carbamazepin-TBDMS-esters, aufgenommen im Full Scan Modus (70 eV)

Typisch für die Derivatisierung mit MTBSTFA ist das Auftreten des Fragments m/z $M^+ - 57$, bei Carbamazepin m/z 293. Dies entspricht dem Molekülion $-C(CH_3)_3$, welches durch Abspalten des tert.-Butylrestes des Derivatisierungsreagenzes entsteht. Bei vielen Substanzen ist dieses Fragment das intensivste im Spektrum. Im Massenspektrum des Carbamazepin-Derivats ist der Basepeak jedoch das Fragment m/z 193. Es entsteht durch Abspaltung der Carboxamid-Gruppe. Ein

weiteres für diese Derivatisierung typisches Fragment ist $\text{Si}(\text{CH}_3)_3^+$ mit m/z 73. Das Fragment m/z 250 entsteht durch Abspaltung des TBDMS-Restes und Umlagerung einer Methylgruppe.

Vergleich der Analysenmethoden

Wie in Tabelle gezeigt wird, sind die Nachweisgrenzen bei Methode 1 (Derivatisierung mit PFBBBr) für die meisten Stoffe <1 ng/L. Auch die Bestimmungsgrenzen liegen im unteren ng/L-Bereich. Dies zeigt, dass die Methode zur Bestimmung von Spuren von Arzneimittelrückständen, wie sie in Umweltproben vorkommen, geeignet ist. Die Wiederfindungsraten betragen zwischen 70% und 110%. Eine gute Übereinstimmung zeigt sich zwischen den Wiederfindungsraten der Analyten und 2-(4-chlorophenoxy)-buttersäure, die als Surrogate eingesetzt wurde. Dies zeigt, dass diese Substanz gut geeignet zur Qualitätskontrolle der Analysenmethode ist.

Vergleicht man die Nachweisgrenzen und Bestimmungsgrenzen beider Methoden, so stellt man fest, dass die Werte für Methode 2 (Derivatisierung mit MTBSTFA) für einige Analyten zum Teil erheblich höher sind.

Diese Methode, bei der eine Silylierungsreaktion stattfindet, hat aber den Vorteil, dass bei dieser Reaktion nicht nur Carboxy- und Hydroxygruppen derivatisiert werden, sondern auch Amino- und Thiogruppen (Schoene et al., 1994). Dadurch erweitert sich das Spektrum der Analyten, die durch diese Derivatisierung der Gaschromatographie zugänglich gemacht werden können. Zu den Substanzen, die nur durch Derivatisierung mit MTBSTFA analysierbar sind, gehören die Antiepileptika Carbamazepin und Primidon sowie das Psychopharmakon Oxazepam. Primidon und Oxazepam lassen sich mit PFBBBr nicht derivatisieren, sind ohne Derivatisierung auch nicht GC-gängig. Carbamazepin kann bei der PFBBBr-Methode underivatisiert gemessen werden, aber der Peak zeigt ein starkes Tailing auf. Ein Teil der Verbindung zersetzt sich außerdem im Insertliner zu Iminostilben. Einige Autoren benutzen als Surrogate 10,11-Dihydrocarbamazepin, um diesen Zersetzungsprozess auszugleichen (Öllers et al., 2001, Ternes et al., 1998a). In der vorliegenden Arbeit konnte aber kein reproduzierbarer Zusammenhang zwischen der Standardkonzentration und der gebildeten Menge an Iminostilben

nachgewiesen werden. Daher scheint eine Übertragung auf „reale“ Wasserproben als nicht sinnvoll.

Derivatisiert man Carbamazepin mit MTBSTFA, erhält man im Chromatogramm einen scharfen Peak. Das gebildete Derivat zersetzt sich auch nicht im heißen Insertliner. Man sollte allerdings nicht auf 10,11-Dihydrocarbamazepin als Surrogate verzichten, um eventuell auftretende Matrixeffekte kompensieren zu können.

Bei Methode 2 (Derivatisierung mit MTBSTFA) stellte sich heraus, dass der Zustand des Insertliners eine wesentliche Rolle vor allem für die Analytik von Carbamazepin, 10,11-Dihydrocarbamazepin und Primidon spielt. Diese Stoffe reagieren besonders empfindlich auf aktive Stellen im Insertliner. Sind diese vorhanden, wird im Chromatogramm kein oder nur ein sehr schwacher Peak bei den jeweiligen Substanzen detektiert. Diese Problematik kann man umgehen, indem man vor der Analyse der Proben 3-4 mal ein Aliquot eines derivatisierten Standard injiziert, wobei der Insertliner komplett deaktiviert wird.

Bei der Bestimmung von Diclofenac wurde im Laufe der Untersuchungen festgestellt, dass sich bei der Probenaufbereitung während des Anreicherungsschrittes im sauren Milieu ein Teil des Diclofenacs in 1-(2,6-dichlorophenyl)indolin-2-on umwandelt. Details hierzu sind in Reddersen & Heberer (2003b) beschrieben. Der Anteil des gebildeten Artefakts ist stark matrixabhängig. In Oberflächengewässern und Klärwerksabläufen betrug er bis zu 40 % der ursprünglichen Menge an Diclofenac. Da diese Erkenntnisse erst gegen Ende der hier vorliegenden Arbeit gewonnen wurden und bei den durchgeführten Messungen nicht berücksichtigt werden konnten, ist bei der Betrachtung der Konzentrationen von Diclofenac in diesen Studien von Unterbefunden auszugehen.

Einfluss der Matrix auf die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen sowie die Wiederfindungsraten

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde der Matrixeinfluss unterschiedlicher Wässer auf die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen sowie auf die Wiederfindungsraten beider Methoden untersucht (Yilmaz, 2003). Hierfür wurden sowohl Reinstwasser als auch nicht durch Abwassereinflüsse belastetes Grund- und Oberflächenwasser

mit Standardgemischen so dotiert, dass die Proben Konzentrationen von 0,5; 1; 2,5; 5; 12,5; 25 und 50 ng/L je Einzelsubstanz enthielten.

Bei Methode 1 (PFBBBr) liegen die Nachweisgrenzen bei Reinstwasser für die meisten Substanzen kleiner 1 ng/L, bei Grundwasser meist bei 1 ng/L. Für matrixhaltigere Wässer erhöht sich die NWG erwartungsgemäß und lag im Oberflächenwasser meist bei 5-10 ng/L. Die BG wurden für Oberflächenwasser für die meisten Substanzen mit 20-30 ng/L bestimmt. Die Bestimmung der Wiederfindungsraten zeigte für alle drei untersuchten Wässer bei den einzelnen Substanzen jeweils ähnliche Werte. Die sehr gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse mit dieser Derivatisierungsmethode war nicht matrixabhängig. So betrug die relative Standardabweichung der Wiederfindungsraten bei allen Bestimmungen meist weniger als 10 %.

Bei Methode 2 (MTBSTFA) zeigte sich ein deutlicher Matrixeinfluss auf die NWG und BG. Insgesamt sind die Werte im Vergleich zu Methode 1, wie schon erwähnt, für einen Großteil der Substanzen höher. Vor allem im Oberflächenwasser ist der Einfluss der Matrix sichtbar, so wurden für einige Komponenten NWG von 100 ng/L bestimmt. Die Wiederfindungsraten zeigen auch für diese Methode für die meisten Substanzen vergleichsweise geringe relative Standardabweichungen mit Werten <10 % und verdeutlichen die gute Reproduzierbarkeit der Analysenmethode.

Literatur zu Kapitel 2

- Beyer, K.-H., 1990. *Biotransformation der Arzneimittel*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2.Auflage.
- Charonnat, R., Delaby, R., 1930. A new derivative of pyrimidone, I. The preparation and properties of „dioxypyrimidone“. *Chemical Abstracts* 24, pp.1860.
- Davis, N.M., 1998. *Clinical Pharmacokinetics of Ibuprofen: The First 30 Years*. *Clin. Pharmacokinet.* 34 (2), pp. 101-154.
- Fachinfo (N.N.), *Fachinformationsverzeichnis Deutschland*, CD-Version. BPI Service GmbH, Frankfurt/ Main, Ausgabe 2002/1.
- Feldmann, D., Heberer, Th., Reddersen, K., Altmann, H., Zimmermann, Th., 2003. *Loads and Fate of Pharmaceutical Residues Originating from Hospital Effluents*. Vortrag: 3rd International Conference on Pharmaceuticals and Endocrine Disrupting Chemicals in Water, March 18-21, 2003, Minneapolis, Minnesota, USA

- Forth, W., Henschler, D., Rummel, W. 2001. *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. Urban & Fischer Verlag, München, Jena, 8. Auflage.
- Heberer, Th., Stan, H.-J. (1997) Detection of More Than 50 Substituted Phenols as Their tert.-butyldimethylsilyl Derivatives Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry, *Anal. Chim. Acta* 341, 21-34.
- Heberer, T., Schmidt-Bäumler, K., Stan, H.-J., 1998. Occurrence and distribution of organic contaminants in the aquatic system on Berlin. Part I: Drug Residues and other polar contaminants in Berlin surface and groundwater. *Acta hydrochim hydrobiol* 26 (5), pp. 272-278.
- Mechlinski, A., 2002. *Untersuchung zur Mobilität von Arzneimitteln im Uferfiltrat*. Diplomarbeit am Institut für Lebensmittelchemie, TU Berlin.
- Möhle, E., Horvath, S., Merz, W., Metzger, J.W., 1999. Bestimmung schwer abbaubarer organischer Verbindungen im Abwasser. *Vom Wasser* 92, pp. 207-223.
- Parke, Davis & Company, 1988. *Standardinformation für Krankenhausapotheker zu dem Fertigarzneimittel Gevilon (Gemfibrozil)*
- Pfeifer, S., 1975-1983. *Biotransformation von Arzneimitteln*, Band 1 – 5. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin.
- Reddersen, K., Heberer, Th., 2003a. Multi-compound methods for the detection of pharmaceutical residues in various waters applying solid phase extraction (SPE) and gas chromatography with mass spectrometric (GC-MS) detection. *J. Sep. Sci.* 26, pp. 1443-1450.
- Reddersen, K., Heberer, Th., 2003b. Formation of an artifact of diclofenac during acidic extraction of environmental water samples. *J. Chromatogr. A* 1011, pp. 221-226.
- Reddersen, K., Heberer, Th., Dünnebier, U., 2002. Identification and significance of phenazone drugs and their metabolites in ground- and drinking water. *Chemosphere* 49, pp. 539-544.
- Riess, W., Stierlin, H., Degen, P., et al., 1978. Pharmacokinetics and metabolism of the anti-inflammatory agent Voltaren. *Scan J Rheumatol Suppl*, 22, pp. 17-29.
- Römpf Chemie Lexikon, 1995. Georg Thieme Verlag, 9. überarb. Auflage.
- Rote Liste, 2001. *Bundesverband der pharmazeutischen Industrie e.V.*, Editor Cantor Verlag für Medizin und Naturwissenschaften GmbH, Aulendorf.
- Roth, H. J., Fenner, H., 2000. *Arzneistoffe*. Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, 3. Auflage.
- Rüssel, H., 1986. *Rückstandsanalytik von Wirkstoffen in tierischen Produkten*. Herausg. Hulpke, H., Hartkamp, H., Tölg, G., Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.
- Schoene, K., Bruckert, H.-J., Steinhanses, J., 1994. Two stage derivatization with N-(tert.-butyldimethylsilyl)-N-methyl-trifluoroacetamide (MTBSTFA) and N-methyl-bis-(trifluoroacetamide) (MBTFA) for the gas-chromatographic analysis of OH-, SH- and NH-compounds. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 348, pp. 364-370.
- Schwabe, U., Paffrath D., 2001. *Arzneimittelverordnungsreport 2001. Aktuelle Daten, Kosten, Trends und Kommentare*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Sidelmann, U. G., Christiansen, E., Krogh, L., Cornett, C., 1997. Purification and ¹H NMR Spectroscopic characterization of phase II metabolites of tolfenamic acid. *Drug Metabolism and Disposition* 25 (6), pp. 725-31.
- Yilmaz, F., 2003. *Einfluss der Matrix auf den Nachweis von Arzneimittelrückständen in Wässern verschiedener Herkunft*. Diplomarbeit am Institut für Lebensmittelchemie, TU Berlin.

Kapitel 3

SCREENING VON ROHWASSERPROBEN EINZELNER BUNDESWEHRSTANDORTE AUF AUSGEWÄHLTE RÜCKSTÄNDE VON ARZNEIMITTELN, PESTIZIDEN UND FLAMMENSCHUTZMITTELN

Einleitung

Der größte Teil des in der Bundesrepublik Deutschland produzierten Wassers für den menschlichen Gebrauch (ca. 65%) wird aus unterirdischen Grundwasserressourcen gewonnen, ca. 8% stammt aus Quellen und für rund 27% unseres Trinkwassers wird aufgearbeitetes Oberflächenwasser (Fluss-, See-, Talsperrenwasser, Uferfiltrat, angereichertes Grundwasser) genutzt.

Je nach Herkunft unterscheidet sich die Qualität des Wassers in Hinsicht auf seine Zusammensetzung bzw. Verunreinigungen stark. Die Gefahr einer Kontamination ist dementsprechend für Oberflächenwasser viel größer als für das gut abgeschlossene Grundwassersystem. Aber auch hier tauchten in den letzten Jahrzehnten immer wieder Fälle von unerwünschten Schadstoffen als Ergebnis unserer industrialisierten Gesellschaft auf. Sah man lange Zeit die in der Landwirtschaft eingesetzten Pestizide als das Hauptproblem von ins Grundwasser einsickernden Kontaminanten, so rückten doch seit den ersten Funden von Arzneimittelrückständen in deutschem Grundwasser diese mögliche Belastung unseres wichtigsten Lebensmittels in den Focus des öffentlichen Interesses. Das Auftreten von Tierarzneimitteln ist mit dem Ausbringen von Gülle auf Feldern und Weiden und dem versickern im Erdreich leicht zu erklären, für die Funde von Humanpharmaka sind die Quellen und Zusammenhänge jedoch komplexer. Wie bereits ausführlich in Kapitel 1 diskutiert, sind die Abläufe der kommunalen Kläranlagen deren Haupteintragsquelle in die aquatische Umwelt. Unter influenten Bedingungen, wie z.B. bei der induzierten Grundwasseranreicherung, können einige der in die Vorfluter verbrachten Arzneimittelrückstände stromabwärts ins Grundwasser eingetragen werden. Andere mögliche Eintrittspfade sind unzureichende Abdichtungen von Mülldeponien, Leckagen von Abwassersystemen oder Altlasten (Heberer, 2002). Auch die bis in die

90iger Jahre durchgeführte Verrieselung von Abwasser auf großen Feldflächen stellt eine mögliche Erklärung für solche anthropogenen Verunreinigungen dar (Heberer und Stan, 1996).

Ziel des Teilprojekts

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes sollte im ersten Teil ein groß angelegtes Screening auf Rückstände von Arzneimitteln, polaren trinkwassergängigen Pestiziden und weiteren typischen Verschmutzungsindikatoren im Bereich der von der Bundeswehr zur Trinkwassergewinnung genutzten und betriebenen Brunnen durchgeführt werden. Um die Datendichte zu erhöhen wurden zum Teil auch Brunnen beprobt, die rein als Löschwasserquelle dienen. Ziel sollte es sein Ergebnisse darüber zu erhalten, wie weit verbreitet die Kontamination von Trinkwasser mit Pharmakarückständen ist und wie weit das Auftreten von diesen Verunreinigungen auf Ballungsgebiete mit einer hohen Bevölkerungsdichte beschränkt bleibt.

Die Wasserproben wurden durch den mobilen Labortrupp der Laborgruppe Ökotoxikologie des Zentralen Institutes des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Berlin im Rahmen der jährlichen Überwachungsuntersuchung entnommen und an das Institut für Lebensmittelchemie der TU Berlin zur weiteren Untersuchung geliefert. Während in der ersten Screeningphase nur Proben aus dem Bereich der neuen Bundesländer gezogen und analysiert wurden, konnten später auch ausgewählte Rohwässer aus Ballungsgebieten der alten Bundesländer in das Untersuchungsprogramm aufgenommen werden. Diese wurden durch die Zentralinstitute in Koblenz und Kiel entnommen und nach Berlin verschickt.

Ergebnisse

Insgesamt wurden im Rahmen des Grundwasserscreenings 229 Wasserproben im Zeitraum von Januar 2000 bis Juli 2003 auf ihre Gehalte an ausgewählten Arzneimitteln, häufig vorkommenden polaren Pestiziden, Flammenschutzmitteln auf Organophosphatbasis und auf NPS, ein ubiquitär vorkommendes Abbauprodukt eines Korrosionsschutzmittels, hin untersucht.

Die Gesamtübersichten der Prüfergebnisse sind in den Anlagen zu Kapitel 3, nach dem Zeitpunkt der Analyse geordnet, aufgeführt. Bei zwei der untersuchten Proben handelt es sich nicht um Brunnenwasser sondern um Oberflächenwasser (BMVg-Kühlwasser aus Landwehrkanal und PiÜbPI Nitzow-Sprengsee). Die Proben wurden routinemäßig untersucht, ihre positiven Befunde in der folgenden Bewertung aber nicht mit einbezogen.

Pestizidrückstände

Lediglich in 7 der 229 untersuchten Proben (3,1%) konnten Spuren von Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen werden. Alle auffälligen Proben stammen aus nur zwei verschiedenen Liegenschaften. Die dabei gefundenen Konzentrationen lagen dabei immer und zumeist deutlich unter dem Pestizidgrenzwert von 100 ng/L für Trinkwasser gemäß Trinkwasserverordnung (TrinkwV, 2001).

Im Grundwasser des Standortes Bad Sülze (Beprobung Februar 2000) wurden die beiden Pestizide Dichlorprop und Mecoprop in Konzentrationen von 9 und 25 ng/L bzw. 10 ng/L gefunden, wobei die Stoffe in den Beprobungen vom Juni und August 2000 nicht mehr nachzuweisen waren. Der positive Befund an Mecoprop im Oktober 2002 deutet aber auf eine regelmäßige Nutzung dieses Herbizides im Umland der Liegenschaft hin.

Auch der Brunnen des GeoPhysMZg in Wittstock/Dosse wurde im Jahr 2000 insgesamt dreimal und im Jahr 2001 ein mal beprobt. In allen Proben konnte das Herbizid Bentazon nachgewiesen werden (siehe Abbildung 18). Es kann vermutet werden, dass Bentazon im Frühjahr 2000 bzw. 2001 im Umkreis der Liegenschaft eingesetzt wurde, womit der Konzentrationsanstieg und das folgende langsame Absinken der Konzentrationen erklärt werden kann. Leider wurde dieser Brunnen ab Mitte 2001 außer Betrieb genommen, so dass die Überwachung der schwankenden Werte nicht fortgesetzt werden konnte. Bei der Verunreinigung muss es sich aber um einen punktuellen Eintrag handeln, da die restlichen Grundwasserproben des Truppenübungsplatzes Wittstock/Dosse keine solche Belastung aufwiesen.

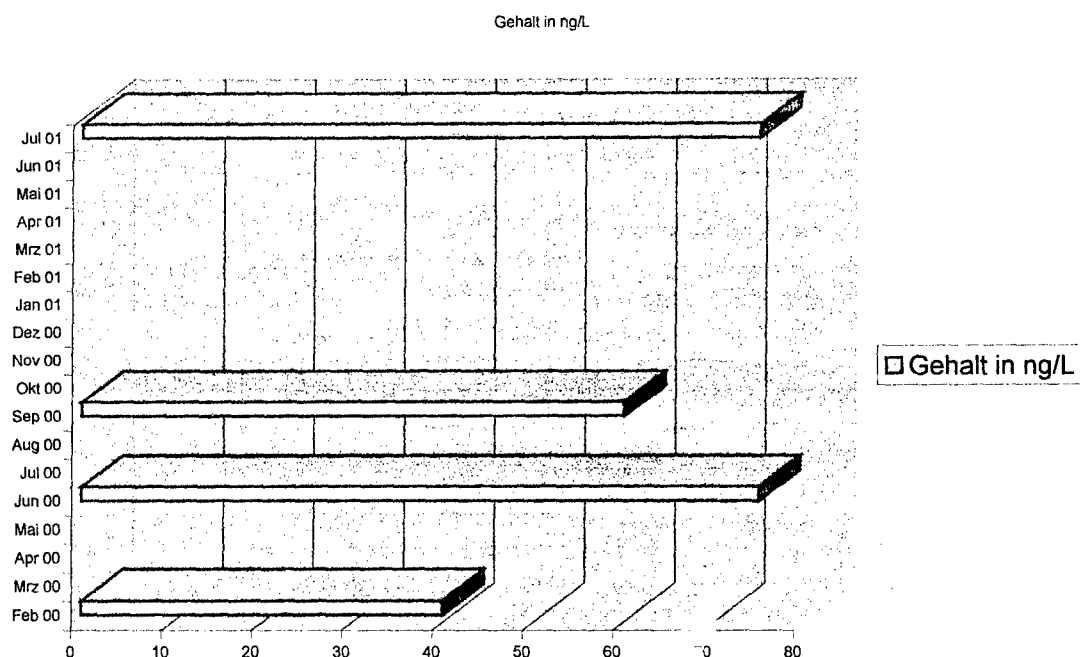


Abbildung 18. Konzentration des Herbizids Bentazon im Grundwasser des GeoPhysMZg in Wittstock/Dosse

Der positive p,p'-DDA Befund im Kühlwasser des BMVg-Dienstszites im Berliner Bendlerblock ist mit der Nutzung von Wasser aus dem nahe gelegenen Landwehrkanal zu erklären. Bei o,p,- DDA (2-(2-chlorphenyl)-2-(4-chlorphenyl)-essigsäure) und p,p',- DDA (2,2-bis(4-chlorphenyl)-essigsäure) handelt es sich um die polaren Hauptabbauprodukte des Insektizides DDT, die als sehr persistente Rückstände von DDT-Altlasten im Berliner Oberflächenwasser nachgewiesen werden können (Dünnbier et al., 1997; Heberer & Dünnbier, 1999).

Arzneimittelrückstände

In 22 Proben (9,6%) der 229 untersuchten Proben waren Rückstände von jeweils einem bis drei Arzneimitteln bzw. ihren Abbauprodukten nachweisbar.

Auch bei den positiven Befunden von Arzneimittelrückständen in Grundwasser zeigt sich ein klares Bild. Bis auf die Ergebnisse in den Tiefbrunnen der Berliner Julius-Leber-Kaserne handelte es sich ausschließlich um Einzelfunde im unteren ng/L-Bereich nahe der Bestimmungsgrenze der Analysenverfahren. In keinem

dieser Fälle wurde bei der nächsten routinemäßigen Beprobung der Befund bestätigt. Am häufigsten wurden hierbei die Rückstände der Lipidsenker vom Clofibrinsäure-Typ entdeckt. In insgesamt 5 Proben (Brandenburg, Wittstock, Antengrabow, Weichensdorf und Burg) wurde Clofibrinsäure mit Werten von 2-50 ng/L detektiert. Primidon wurde zweimal (Darmstadt-Eberstadt und Jägersber) mit 5 und 50 ng/L in Wehrbereichen der alten Bundesländer entdeckt und Fenofibrinsäure (Darmstadt-Eberstadt 60 ng/L), Carbamazepin (Rieht 45 ng/L) und Diclofenac (Havelberg 10ng/L) konnten nur jeweils einmal gemessen werden.

Die Julius-Leber-Kaserne in Berlin fördert ihr Trinkwasser aus 5 Tiefbrunnen mit einer durchschnittlichen Tiefe von rund 100 Metern. Im Projektzeitraum wurden die Brunnen jährlich untersucht, sowie vom Brunnen Nr. 7 eine zusätzliche Probe im Juli 2001 gezogen. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, dass das Wasser der Brunnen 7 und 9 höhere Konzentrationen des Stoffes AMDOPH enthält, als die Brunnen 8 und 10. Im Brunnen 11 wurde kein positiver Befund festgestellt (Abbildung 19). Bei der Substanz AMDOPH handelt es sich um ein Abbauprodukt des Analgetikums Dimethylaminophenazon (DMAA), das bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts in einem Pharmawerk in Oranienburg bei Berlin produziert wurde. Bei der Produktion gelangten Rückstände in das Grundwasser unterhalb dieser Fabrik und über den angrenzenden Vorfluter in die Oberhavel stromaufwärts des Berliner Stadtgebiets (Reddersen et al., 2002). DMAA und sein Metabolit AMDOPH wurden so bis in die 70er Jahre direkt und bis heute indirekt (durch die effluenten Bedingungen des Grundwasserleiters) in die Oberflächengewässer eingetragen. AMDOPH ist deshalb sehr häufig in Berliner Oberflächenwässern und durch die Anreicherung der Grundwässer mit Uferfiltrat auch im Grund- und Trinkwasser Berlins nachweisbar (Reddersen et al., 2002). Wie weit verbreitet AMDOPH im Berliner Gewässerkreislauf ist kann auch an dem Wert von 190 ng/L abgelesen werden, der in der Landwehrkanal-Probe (BMVg Bendler-Block) im August 2002 gefunden wurden.

Clofibrinsäure konnte mit annähernd konstanten Konzentrationen mehrfach im Brunnen 7 der Julius-Leber-Kaserne nachgewiesen werden.

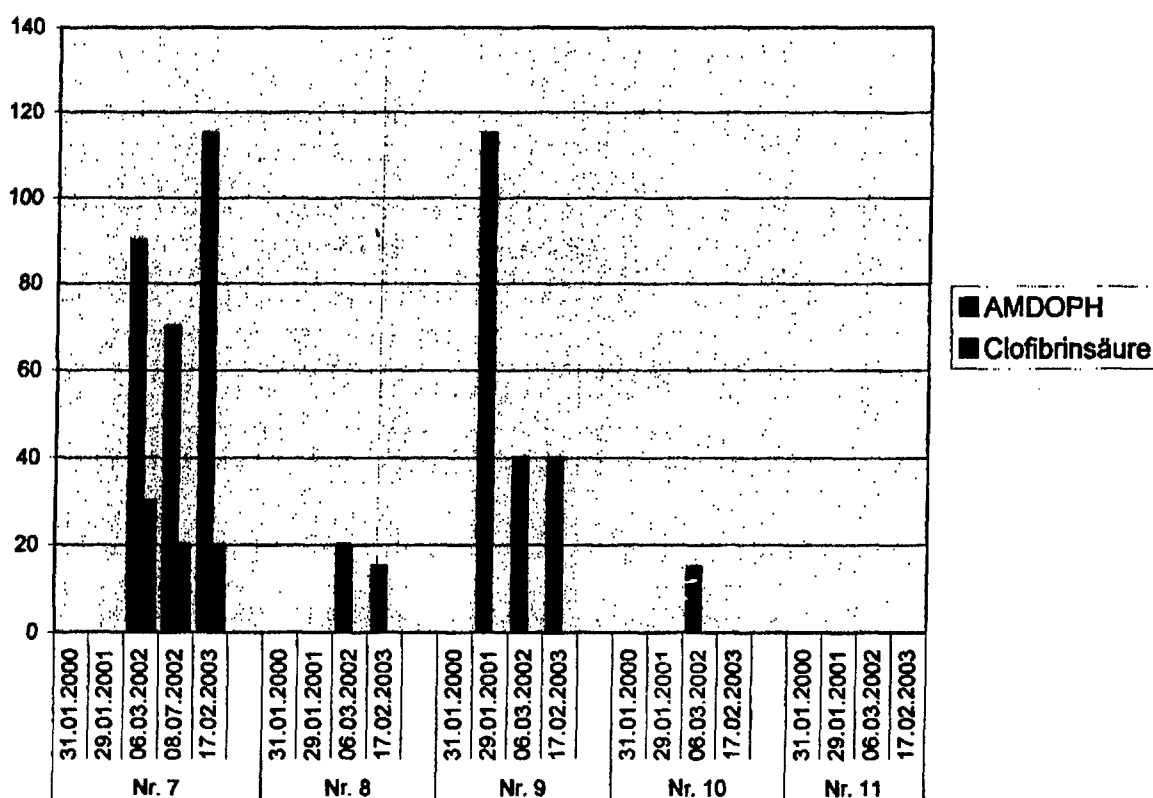


Abbildung 19. Konzentrationen der Arzneimittelrückstände AMDOPH und Clofibrinsäure in den Brunnen (7-11) der Julius-Leber-Kaserne Berlin in ng/L

Rückstände weiterer untersuchter organischer Kontaminanten

N-(phenylsulfonyl)-sarcosin (NPS) ist ein Abbauprodukt eines häufig eingesetzten Korrosionsschutzmittels. Es entsteht durch β -Oxidation von N-Methyl-N-Phenylsulfonylcapronsäure bzw. der N-Methyl-N-Phenylsulfonylbuttersäure. NPS wurde in 5 Proben (2,2%) mit einer Maximalkonzentration von 120 ng/L nachgewiesen. Die beiden Flammenschutzmittel Tris-(2-chlorethyl)-phosphat (TCEP) und Tris-(1-chlor-2-isopropyl)-phosphat (TCIPP) traten hingegen regelmäßig in den untersuchten Proben auf. Insgesamt konnte 60 mal TCEP (26,2%) und 45 mal TCIPP (19,7%) detektiert werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse des Teilprojekts

Die im Rahmen dieses Monitoringprogrammes untersuchten Grundwasserproben wiesen nur in vereinzelten Fällen geringe Spuren von Arzneimittelrückständen und polaren Pestiziden auf. Für die Pestizide konnte klar der Zusammenhang mit der punktuellen Nutzung von Herbiziden in der Landwirtschaft aufgezeigt werden. Alle positiven Befunde stammen aus Wasserproben zweier Liegenschaften. Auch bei den Arzneimittelrückständen ist eine klare Tendenz abzulesen. Wiederholt positive Befunde konnten nur im Ballungsraum Berlin festgestellt werden, bei allen anderen Ergebnissen handelt es sich um Einzelfunde, die bei der jeweils nächsten Beprobung nicht erneut auftraten. Im Gegensatz dazu waren Rückstände von Flammenschutzmitteln auf Organophosphatbasis in den Proben weit verbreitet. TCEP konnte in nahezu jeder vierten, TCIPP in fast jeder fünften der untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen werden.

Literatur zu Kapitel 3

- Dünnbier, U., Heberer, Th., Reilich, Ch., 1997. Occurrence of bis(chlorophenyl)acetic acid (DDA) in surface and ground water in Berlin, *Fresenius Environ. Bull.* 6, 753-759.
- Heberer, Th., Dünnbier, U., 1999. DDT metabolite bis(chlorophenyl)acetic acid (DDA): The neglected environmental contaminant. *Environ. Sci. Technol.*, 33, 2346-2351.
- Reddersen, K., Heberer, Th., Dünnbier, U., 2002. Identification and significance of phenazone drugs and their metabolites in ground- and drinking water. *Chemosphere* 49, pp. 539-544.
- TrinkwV, 2001. Trinkwasserverordnung. *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001, Teil I Nr. 24*, ausgegeben zu Bonn am 28. Mai 2001, Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001

Anhang zu Kapitel 3

Auf den folgenden Seiten:

Tabelle 12: Bezeichnungen und Probenahmedaten der Im Rahmen des Monitorings untersuchten Rohwasserproben

2000					
1	31.01.2000	001168	TrUkt Julius-Leber-Kaseme Berlin	Tiefbrunnen 11	Berlin
2	31.01.2000	001169	TrUkt Julius-Leber-Kaseme Berlin	Tiefbrunnen 7	Berlin
3	31.01.2000	001170	TrUkt Julius-Leber-Kaseme Berlin	Tiefbrunnen 9	Berlin
4	31.01.2000	001171	TrUkt Julius-Leber-Kaseme Berlin	Tiefbrunnen 8	Berlin
5	31.01.2000	001172	TrUkt Julius-Leber-Kaseme Berlin	Tiefbrunnen 10	Berlin
6	01.02.2000	001175	PIObPL (L/W) Havelberg	Tiefbrunnen II 724 02 103	Burg
7	01.02.2000	001176	PIObPL (L/W) Havelberg	Brunnen, Nitzow 1 724 02 101	Burg
8	08.02.2000	001424	TrUkt RECKNITZTAL Kaseme	Brunnen 2, Entnahmehahn	Stralsund
9	08.02.2000	001425	TrUkt RECKNITZTAL Kaseme	Brunnen 1, Entnahmehahn	Stralsund
10	18.02.2000	001751	TrObPI Wittstock	Kommandantur Container, Feuerwache	Potsdam
11	18.02.2000	001752	TrObPI Wittstock	Brunnen Blwak Platz	Potsdam
12	18.02.2000	001753	TrObPI Wittstock	Blwak Platz, Container, Raum 2	Potsdam
13	18.02.2000	001755	GeoPhysMZg, Garnision WITTSTOCK	Techn. Betriebsraum, Entnahmehahn Rohwasser	Potsdam
14	22.03.2000	003722	TrObPIKdr Dranse	Geb.11, Wasserwerk 704 412 06	Potsdam
15	27.03.2000	004190	TrUkt Wilhelm-Leuschner-Kaseme	Hydrant Löschwasserbrunnen	Beelitz
16	27.03.2000	004191	TrUkt Wilhelm-Leuschner-Kaseme	Wasserwerk, Zuleitung vom Brunnen	Beelitz
17	29.03.2000	004195	FmSysZBw, Henning von Treackow Kaseme, Gollow	Geb. B16, Raum L 201, Wasserhahn Brunnenleitung 7	Potsdam
18	03.04.2000	004206	MunDp Heer Weichenadorf	Brunnen 1, Entnahmehahn	Cottbus
19	03.04.2000	004207	MunDp Heer Weichenadorf	Brunnen 2, Entnahmehahn	Cottbus
20	26.04.2000	005650	GerDep Rohtenstein	Geb. 003, Wasserwerk	Erfurt
21	22.05.2000	007835	CRC RadarFOAbt 25	Geb.004, Brunnen, Raum 126	Dobkerug - Kirchhain
22	13.06.2000	008772	TrUkt, RECKNITZTAL Kaseme	Brunnen 2, Entnahmehahn	Stralsund
23	13.06.2000	008773	TrUkt, RECKNITZTAL Kaseme	Brunnen 1, Entnahmehahn	Stralsund
24	14.06.2000	008775	GeoPhysMZg, Garnision WITTSTOCK	Techn. Betriebsraum, Entnahmehahn Rohwasser	Potsdam
25	14.06.2000	008779	TrObPI Wittstock	Brunnen Blwak Platz	Potsdam
26	14.06.2000	008780	TrObPI Wittstock	Kommandantur Container, Feuerwache	Potsdam
27	15.06.2000	009053	TrObPI LÖBTHEEN	Wasserwerk, SB I, Wasserhahn	Schwerin
28	15.06.2000	009054	TrObPI LÖBTHEEN	Wasserwerk, SB II, Wasserhahn	Schwerin
29	20.06.2000	009063	MunHptDep Wolfaruh	Brunnen 1, Entnahmehahn	Potsdam
30	20.06.2000	009064	MunHptDep Wolfaruh	Brunnen 2, Entnahmehahn	Potsdam
31	21.06.2000	009073	Funksendestelle Linsdorf	Brunnen	Cottbus
32	27.06.2000	009629	TrUkt Burg Krähenberge	Wasserwerk, Zuleitung vom Brunnen	Burg
33	17.07.2000	011093	Ahlbeck Schießzone 5	Gebäude Schießbahnwärter	Pasewalk
34	17.07.2000	011097	StObPI Riehl Panzerfahrausbildungsgelände	Brunnen 2	Pasewalk
35	17.07.2000	011098	StObPI Riehl Panzerfahrausbildungsgelände	Brunnen 1	Pasewalk
36	17.07.2000	011108	Schießplatz Neumühl Schießzone IV	Brunnen	Pasewalk
37	17.07.2000	011116	TrObPI Jägerbrück	PSP Schießzone II, Brunnen	Pasewalk
38	17.07.2000	011125	ehem. Mundp Stallberg Schießzone I	Brunnen	Pasewalk
39	19.07.2000	011141	StObPI Karow	Brunnen	Schwerin
40	25.07.2000	011894	TrObPI Lehnin	Ortskämpfentage, Entnahmehahn vor Druckerhöhung	Beelitz
41	25.07.2000	011897	TrObPI Lehnin	Kommandantur, Entnahmehahn vor Druckerhöhung	Beelitz
42	25.07.2000	011898	TrObPI Lehnin	Truppentager 1, Entnahmehahn vor Druckerhöhung	Beelitz
43	26.07.2000	011701	Flugplatz NEUBRANDENBURG	Brunnen	Trotenhagen
44	14.08.2000	012857	TrUkt, RECKNITZTAL Kaseme	Brunnen 1, Entnahmehahn	Stralsund
45	16.08.2000	012853	TrObPIKdt Altmark	Brunnen 1	Burg
46	16.08.2000	012854	TrObPIKdt Altmark	Brunnen 3	Burg
47	16.08.2000	012855	TrObPIKdt Altmark	Brunnen 2	Burg
48	23.08.2000	013105	SanHptDp Blankenburg	Wasserwerk	Sondershausen
49	20.09.2000	014609	GeoPhysMZg, Garnision WITTSTOCK	Techn. Betriebsraum, Entnahmehahn Rohwasser	Potsdam
50	20.09.2000	014613	TrObPI Wittstock	Kommandantur Container, Feuerwache	Potsdam
51	17.10.2000	015892	TrUkt Burg	Brunnen 2	Burg
52	07.11.2000	018344	GerDep Rohtenstein	Geb. 003, Wasserwerk, Entnahmehahn für Rohwasser	Erfurt
53	07.11.2000	018345	GerDep Rohtenstein	Geb. 011, Wasserwerk, Entnahmehahn für Rohwasser	Erfurt

Tabelle 12: Bezeichnungen und Probenahmedaten der Im Rahmen des Monitorings untersuchten Rohwasserproben (Fortsetzung)

2001					
54	29.01.2001	101130	TrÜkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 11	Berlin
55	29.01.2001	101131	TrÜkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 7	Berlin
56	29.01.2001	101132	TrÜkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 9	Berlin
57	29.01.2001	101133	TrÜkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 8	Berlin
58	29.01.2001	101134	TrÜkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 10	Berlin
59	03.02.2001	101520	TrÜbPI Wittstock	Brunnen Bwak Platz	Potsdam
60	07.02.2001	101533	TrÜbPI Altengrabow	Wasserwerk, Zuleitung von Brunnen 8	Burg
61	07.02.2001	101534	TrÜbPI Altengrabow	Wasserwerk, Zuleitung von Brunnen 4	Burg
62	14.02.2001	101887	TrÜbPI Jägerbrück	Schießplatz Ahlbeck, Schießbahn 5	Pasewalk
63	14.02.2001	101888	TrÜbPI Jägerbrück	StÜPI Neumühl, Brunnen	Pasewalk
64	19.02.2001	102039	TrÜbPI LÖBTHIEN	Wasserwerk, SB III, Wasserhahn	Schwerin
65	20.02.2001	102045	PIÜbPL (LWV) Havelberg	Tiefbrunnen II	Burg
66	05.03.2001	102501	StÜbPI Platkow	Geb. 14, Pumpenhaus, Entnahmehahn	Strausberg
67	06.03.2001	102503	StÜbPI Karow	Brunnen	Schwerin
68	07.03.2001	102505	StÜbPI Brandenburg	Geb.21, Raum 9, vor der Aufbereitung, Entlüftungshahn	Beelitz
69	13.03.2001	102684	TrÜkt Burg	Brunnen 2	Burg
70	13.03.2001	102684	TrÜkt Burg	Brunnen 1	Burg
71	02.04.2001	104321	TrÜkt Wilhelm-Leuschner-Kaserne	Brunnen 2, Entnahmehahn	Beelitz
72	04.04.2001	104342	FmSysZBw, Henning von Treckow Kaserne	Geb. B16, Raum L 201, Wasserhahn Brunnenleitung 7	Potsdam
73	06.06.2001	106922	TrÜbPKdt Altmark	TW Transportfahrzeug W50, Schlauchprobe	Burg
74	06.06.2001	106923	TrÜbPKdt Altmark	TW Transportfahrzeug W50, Behälterprobe direkt	Burg
75	06.06.2001	106221	TrÜkt Burg	Brunnen 2	Burg
76	12.06.2001	108395	Funkendstelle Linsdorf	Brunnen	Beelitz
77	13.06.2001	108402	MunOp Meer Weichenedorf	Brunnen 1, Entnahmehahn	Cottbus
78	13.06.2001	108403	MunOp Meer Weichenedorf	Brunnen 2, Entnahmehahn	Cottbus
79	14.06.2001	108493	StÜbPI Brandenburg	Geb.22, Raum 9, vor der Aufbereitung	Beelitz
80	04.07.2001	109280	CRC RadarFgAbt 25	Geb.004, Brunnen, Raum 126	Cottbus
81	09.07.2001	109582	MunOp SELTZ	Geb.31, Wasserwerk vor Filter 1	Cottbus
82	09.07.2001	109583	MunOp SELTZ	Geb.31, Wasserwerk vor Filter 2	Cottbus
83	10.07.2001	109558	Flugplatz NEUBRANDENBURG	Brunnen	Trollenhagen
84	17.07.2001	110048	GerDep Rothenstein	Geb. 003, Wasserwerk, Entnahmehahn für Rohwasser	Erfurt
85	17.07.2001	110049	GerDep Rothenstein	Geb. 011, Wasserwerk, Entnahmehahn für Rohwasser	Erfurt
86	23.07.2001	110729	GeoPhysMZg, Garnision WITTSTOCK	Techn. Betriebsraum, Entnahmehahn Rohwasser	Potsdam
87	04.09.2001	B3-810017	GerHOp Darnstadt-Ebenstadt	Geb./Objekt 303, Tiefenbrunnen 1	Darnstadt
88	04.09.2001	B3-810018	GerHOp Darnstadt-Ebenstadt	Geb./Objekt 301, Tiefenbrunnen 2	Darnstadt
89	06.09.2001	B3-810023	LwMunOp 81 Görden-Wald	Tiefbrunnen A	Dören
90	06.09.2001	B3-810024	LwMunOp 81 Görden-Wald	Tiefbrunnen B	Dören
91	10.09.2001	113422	TrÜbPI Altengrabow	Brunnen Bwak Platz, Standort	Burg
92	10.09.2001	113423	TrÜbPI Altengrabow	Brunnen Schießbahn 6	Burg
93	08.10.2001	1	MunOp Jägersberg	Brunnen 1	Kiel
94	08.10.2001	2	MunOp Jägersberg	Brunnen 2	Kiel
95	08.10.2001	3	MunOp Jägersberg	Brunnen 3	Kiel
96	08.10.2001	4	MunOp Jägersberg	Brunnen 5	Kiel
97	24.10.2001	115696	TrÜbPI Wittstock	Brunnen Bwak Platz	Potsdam
98	24.10.2001	116000	TrÜbPI Wittstock	Wasserwerk	Potsdam
99	24.10.2001	116001	TrÜbPKdt Dranse	Geb.11, Wasserwerk	Potsdam
100	29.10.2001	116245	TrÜgr Rosenfeld	Wasserwerk	Doberlug - Kirchhain
101	29.10.2001	116249	TrÜgr Rosenfeld	Geb.77, HAR vor Aufbereitung	Doberlug - Kirchhain
102	29.10.2001	116250	TrÜgr Rosenfeld	SB1a, Geb.256, Techn.Betriebsraum	Doberlug - Kirchhain
103	28.11.2001	117708	TrÜbPI Kietz	TrÜkt, Steigleitung, Brunnen	Burg
104	28.11.2001	117707	TrÜbPI Kietz	StÜMunHtg, Steigleitung, Brunnen	Burg
105	28.11.2001	117708	TrÜbPI Kietz	Steigleitung, Brunnen "Weißer Berg"	Burg
106	28.11.2001	117709	TrÜbPI Kietz	Steigleitung, Brunnen SB 13	Burg
107	28.11.2001	117710	TrÜbPI Kietz	Steigleitung, Brunnen SB 1-3	Burg

Tabelle 12: Bezeichnungen und Probenahmedaten der im Rahmen des Monitorings untersuchten Rohwasserproben (Fortsetzung)

2002					
108	06.03.2002	202643	TrUKrt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 11	Berlin
109	06.03.2002	202644	TrUKrt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 7	Berlin
110	06.03.2002	202645	TrUKrt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 9	Berlin
111	06.03.2002	202646	TrUKrt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 8	Berlin
112	06.03.2002	202647	TrUKrt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 10	Berlin
113	12.03.2002	C3-810002	Bunker ERWIN, Bönitz	B13, Brunnenbauwerk	Idar-Oberstein
114	13.03.2002	202921	TrÜbPI Lehnin	Kommandantur, Entnahmehahn vor Druckerhöhung	Beelitz
115	13.03.2002	202922	TrÜbPI Lehnin	Blwakplatz 1	Beelitz
116	13.03.2002	202923	TrÜbPI Lehnin	Ortskämpfanlage, Entnahmehahn vor Druckerhöhung	Beelitz
117	13.03.2002	202924	TrÜbPI Lehnin	Truppenlager 1, Entnahmehahn vor Druckerhöhung	Beelitz
118	19.03.2002	C3-810003	FmSysZ Niederbrombach	Objekt 1 R 65 Drainagekammer	Idar-Oberstein
119	19.03.2002	203215	StÜbPI Brandenburg	Zuleitung vom Brunnen	Beelitz
120	20.03.2002	203219	FmSysZw, Henning von Treseckow Kaserne, Geltow	Geb. B18, Raum L 201, Wasserhahn Brunnenleitung 7	Potzdamm
121	25.03.2002	203481	TrUKrt Burg	Brunnen 1	Burg
122	26.03.2002	C3-810004	RfUStation Grevenstein	Brunnenkopf	Lippstadt
123	09.04.2002	C3-810005	GerHöP Darmstadt-Eberstadt	Geb./Objekt 301, Tiefenbrunnen 2	Darmstadt
124	09.04.2002	C3-810006	GerHöP Darmstadt-Eberstadt	Geb./Objekt 303, Tiefenbrunnen 1	Darmstadt
125	16.04.2002	203956	PIÜbPL (L/W) Havelberg	Nitzow I, Brunnen 1, Wasserhahn	Burg
126	16.04.2002	203960	PIÜbPL (L/W) Havelberg	Tiefbrunnen II	Burg
127	23.04.2002	204213	TrÜbPKdt Altmärk	Brunnen 1	Burg
128	23.04.2002	204214	TrÜbPKdt Altmärk	Brunnen 3	Burg
129	23.04.2002	204215	TrÜbPKdt Altmärk	Brunnen 2	Burg
130	23.04.2002	C3-810013	MunDp Horresen	Quelle 12, Wolfwiese	Westerburg
131	29.04.2002	204586	TrÜbPI Wittstock	Bürocontainer Feuerwehr	Berlin
132	29.04.2002	204587	TrÜbPI Wittstock	Werkstatcontainer, Feuerwehr	Berlin
133	29.04.2002	204588	TrÜbPI Wittstock	Brunnen Blwak Platz	Berlin
134	29.04.2002	C3-810014	TrÜbPI Daden	Quell-/Rohwasser, z. 001, Einlauf Pumpstation	Westerburg
135	13.05.2002	204970	TrÜbPI LÖBTHEEN	Wasserwerk, SB III, Wasserhahn	Schwerin
136	13.05.2002	204971	TrÜbPI LÖBTHEEN	Wasserwerk, SB II, Wasserhahn	Schwerin
137	13.05.2002	204972	TrÜbPI LÖBTHEEN	Wasserwerk, SB I, Wasserhahn	Schwerin
138	13.05.2002	C3-810015	Radarstation Marienbaum	Rohwasser vor Entleerung	Goch
139	13.05.2002	C3-810016	PpIPBtrb Xanthien-Birken	Installationsraum, Rohwasserhahn	Goch
140	27.05.2002	C3-810017	Georg Friedrich Kaserne Fritzdorf	Geb. 34, X/B Wasserwerk, Brunnen 1	Hornberg
141	27.05.2002	C3-810018	Georg Friedrich Kaserne Fritzdorf	Geb. 34, X/B Wasserwerk, Brunnen 2	Hornberg
142	27.05.2002	C3-810019	Küßt-Kaserne Schwarzenborn	Hochbehälter Hauptteilung Kammer 4	Hornberg
143	03.06.2002	205578	TrÜbPI Altengrabow	Wasserwerk	Burg
144	03.06.2002	205579	TrÜbPI Altengrabow	Schließbahn 1	Burg
145	03.06.2002	205580	TrÜbPI Altengrabow	Schließbahn 3	Burg
146	03.06.2002	205581	TrÜbPI Altengrabow	Container	Burg
147	03.06.2002	205582	TrÜbPI Altengrabow	Schließbahn 8	Burg
148	03.06.2002	205583	TrÜbPI Altengrabow	Blwak-Platz	Burg
149	03.06.2002	205584	TrÜbPI Altengrabow	Schließplatz 11	Burg
150	03.06.2002	205585	TrÜbPI Altengrabow	Schließplatz 14	Burg
151	06.06.2002	C3-810020	StÜbSchließanlage Kusel	Rohwasser Vorratsbehälter	Zweibrücken
152	06.07.2002	C3-810024	StÜbSchließanlage Gees	Wärterhaus, Keller, vor Feinfilter und Chlorung	Gerolstein
153	06.07.2002	207326	TrUKrt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 7	Berlin
154	15.07.2002	207559	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 1	Doberlug - Kirchhain
155	15.07.2002	207560	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 2	Doberlug - Kirchhain
156	15.07.2002	207561	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 3	Doberlug - Kirchhain
157	15.07.2002	207562	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 4	Doberlug - Kirchhain
158	15.07.2002	207563	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 5	Doberlug - Kirchhain
159	15.07.2002	207564	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 6	Doberlug - Kirchhain
160	15.07.2002	207565	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 7	Doberlug - Kirchhain
161	15.07.2002	207566	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 8	Doberlug - Kirchhain
162	15.07.2002	207567	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 11	Doberlug - Kirchhain
163	16.07.2002	207568	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 12	Doberlug - Kirchhain
164	16.07.2002	207569	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 13	Doberlug - Kirchhain
165	16.07.2002	207570	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 14	Doberlug - Kirchhain
166	16.07.2002	207571	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 15	Doberlug - Kirchhain
167	16.07.2002	207572	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 17	Doberlug - Kirchhain
168	16.07.2002	207573	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 10	Doberlug - Kirchhain
169	16.07.2002	207574	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 16	Doberlug - Kirchhain
170	17.07.2002	207575	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 9	Doberlug - Kirchhain
171	17.07.2002	207576	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 18	Doberlug - Kirchhain
172	17.07.2002	207577	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 19	Doberlug - Kirchhain
173	17.07.2002	207578	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 20	Doberlug - Kirchhain
174	17.07.2002	207579	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 21	Doberlug - Kirchhain
175	17.07.2002	207580	TrUKrt Holzdorf	Brunnen 22	Doberlug - Kirchhain
176	14.08.2002	209080	Funksendestelle Limadorf	Brunnen	Cottbus
177	14.08.2002	209085	MunDp Heer Weichenadorf	Brunnen 2	Cottbus
178	21.08.2002	209520	BMVg Berlin, 2. Dienstplatz Benderblock	Kühlwasser aus Landwehrkanal	Berlin
179	03.09.2002	209947	GerDep Rohlenstein	Geb.11, Raum 018, Entnahmehahn für Rohwasser	Erfurt
180	03.09.2002	209948	GerDep Rohlenstein	Geb.03, Raum 01, Entnahmehahn	Erfurt
181	17.09.2002	210530	Flugplatz NEUBRANDENBURG	Brunnen	Trollenhagen
182	18.09.2002	210538	MunDp SELTZ	Geb.31, Wasserwerk vor Filter 1	Cottbus
183	18.09.2002	210539	MunDp SELTZ	Geb.31, Wasserwerk vor Filter 2	Cottbus
184	23.09.2002	210896	Ahlbeck Schließzone 5	Brunnen	Torgelow
185	23.09.2002	210897	Ahlbeck Schließzone 5	Werkstattgebäude nach Pumpe mit Druckkessel	Torgelow
186	23.09.2002	210903	ehem. Mundp Stalberg Schließzone I	Brunnen	Torgelow
187	23.09.2002	210906	Schließplatz Neumühl Schließzone IV	Brunnen	Torgelow
188	24.09.2002	210910	StÜbPI Rieht Panzerfahrhausbildungsgeände	Brunnen 2	Torgelow
189	24.09.2002	210911	StÜbPI Rieht Panzerfahrhausbildungsgeände	Brunnen 1	Torgelow
190	24.09.2002	210914	TrÜbpl Jägerbrück	Brunnen	Torgelow
191	09.10.2002	211391	PIÜbPL (L/W) Havelberg	Brunnen, Nitzow 1	Burg
192	09.10.2002	211392	PIÜbPL (L/W) Havelberg	Tiefbrunnen II	Burg
193	16.10.2002	211868	TrÜgr Rosenfeld	Wasserwerk	Doberlug - Kirchhain
194	16.10.2002	211871	Standortschließanlage SB 1	Schließbahn 1, Geb.258, techn.Betriebsraum	Doberlug - Kirchhain
195	21.10.2002	211934	CRC RadarFuAbi 25	Geb.004, Brunnen, Raum 126	Cottbus
196	28.10.2002	212187	TrUKrt RECKNITZTAL Kaserne	Brunnen 1	Siralsund
197	28.10.2002	212188	TrUKrt RECKNITZTAL Kaserne	Brunnen 2	Siralsund

Tabelle 12: Bezeichnungen und Probenahmedaten der im Rahmen des Monitorings untersuchten Rohwasserproben (Fortsetzung)

2003					
198	17.02.2003	300735	TrUkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 7	Berlin
199	17.02.2003	300736	TrUkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 9	Berlin
200	17.02.2003	300737	TrUkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 11	Berlin
201	17.02.2003	300738	TrUkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 8	Berlin
202	17.02.2003	300739	TrUkt Julius-Leber-Kaserne Berlin	Tiefbrunnen 10	Berlin
203	18.02.2003	300743	TrUkt Burg	Brunnen 1	Burg
204	18.02.2003	300747	FmSysZBw, Henning von Tresckow Kaserne, Gellow	Geb. B16, Raum L 201, Wasserhahn Brunnenleitung 7	Potsdam
205	18.02.2003	301211	Funksendestelle Linsdorf	Brunnen	Cottbus
206	18.02.2003	301216	MunOp Heer Weichensdorf	Brunnen 1	Cottbus
207	18.02.2003	301216	MunOp Heer Weichensdorf	Brunnen 2	Cottbus
208	19.02.2003	301222	TrÜbPI Wittstock	Wasserwerk Entnahmehahn am Druckbehälter	Berlin
209	24.02.2003	301684	TrÜbPI LÜBTHEEN	Wasserwerk, SB II, Wasserhahn	Schwerin
210	24.02.2003	301685	TrÜbPI LÜBTHEEN	Wasserwerk, SB III, Wasserhahn	Schwerin
211	28.02.2003	301700	TrÜbPKdr Dranse	Geb.11, Wasserwerk	Potsdam
212	10.03.2003	302260	Flugplatz Neubrandenburg	Brunnen	Trollenhagen
213	11.03.2003	302273	MunOp SELTZ	Brunnen	Cottbus
214	22.04.2003	304369	TrÜbPI Altengrabow	SB 1, Brunnen Standrohr	Burg
215	22.04.2003	304371	TrÜbPI Altengrabow	SB 6, Brunnen Standrohr	Burg
216	22.04.2003	304372	TrÜbPI Altengrabow	Bwakplatz, Brunnen Standrohr	Burg
217	22.04.2003	304373	TrÜbPI Altengrabow	SB 11, Brunnenschacht mit Druckkessel, Entnahmehahn	Burg
218	28.04.2003	304380	TrUkt Jägerbrück	Schießbahnwärterhaus nach Enteisung, Herren WC	Torgelow
219	28.04.2003	304381	TrUkt Jägerbrück	Brunnen	Torgelow
220	28.04.2003	304384	Ahlbeck Schießzone 5	Brunnen	Torgelow
221	28.04.2003	304386	Ehem. MunOp Stallberg Schießzone I	Brunnen	Torgelow
222	28.04.2003	304388	Schießplatz Naumühl Schießzone IV	Brunnen	Torgelow
223	28.04.2003	304391	SiÜbPI Rieht	Brunnen	Torgelow
224	28.04.2003	304392	SiÜbPI Rieht	Brunnen 2	Torgelow
225	12.06.2003	305082	Flugplatz Neubrandenburg	Wasserwerk, Geb.253, nach Filter	Trollenhagen
226	13.05.2003	306099	PIÜbPL (LAW) Havelberg	Tiefbrunnen, Entnahmehahn, Brunnenschacht	Burg
227	13.05.2003	306090	PIÜbPL (LAW) Havelberg	Tiefbrunnen, Entnahmehahn, Brunnenschacht	Burg
228	13.05.2003	306091	PIÜbPL (LAW) Havelberg	Sprangsee 1, Stieg am Weg	Burg
229	14.07.2003	307052	LgÜbTruppe Dranse	Geb.11, Wasserwerk	Potsdam

Tabelle 13. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2000

Datum 2000	Probe	Standort	2,4-D	Bentazon	Dichlorprop	MCPA	Mecoprop	o,p'-DDA	p,p'-DDA	Bezaflibrat	Carbamazepin	AMDOPH	Clofibrinsäure
31.01.2000	001168	TrUkft Julius-Leber-Kaserne Berlin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
31.01.2000	001169	TrUkft Julius-Leber-Kaserne Berlin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
31.01.2000	001170	TrUkft Julius-Leber-Kaserne Berlin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
31.01.2000	001171	TrUkft Julius-Leber-Kaserne Berlin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
31.01.2000	001172	TrUkft Julius-Leber-Kaserne Berlin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
01.02.2000	001175	PiÜbPL (LW) Havelberg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
01.02.2000	001176	PiÜbPL (LW) Havelberg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
08.02.2000	001424	TrUkft RECKNITZTAL Kaserne	n.n.	n.n.	9	n.n.	n.n.	n.n.	25	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
08.02.2000	001425	TrUkft RECKNITZTAL Kaserne	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
16.02.2000	001751	TrÜbPI Wittstock	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
16.02.2000	001752	TrÜbPI Wittstock	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
16.02.2000	001753	TrÜbPI Wittstock	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
16.02.2000	001755	GeoPhysMZg, Garnision WITTSTOCK	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
22.03.2000	003722	Dranse / Kuhlühle	n.n.	40	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.n.
27.03.2000	004190	TrUkft Wilhelm-Leuschner-Kaserne	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
27.03.2000	004191	TrUkft Wilhelm-Leuschner-Kaserne	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
29.03.2000	004195	FmSysZBw, H. von Tresckow Kaserne	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
03.04.2000	004206	MunDp Heer Weichensdorf	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
03.04.2000	004207	MunDp Heer Weichensdorf	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
26.04.2000	005650	GerDep Rohtenstein	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
22.05.2000	007635	CRC RadarFuAbt 25	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
13.06.2000	008772	TrUkft, RECKNITZTAL Kaserne	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
13.06.2000	008773	TrUkft, RECKNITZTAL Kaserne	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
14.06.2000	008775	GeoPhysMZg, Garnision WITTSTOCK	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
14.06.2000	008779	TrÜbPI Wittstock	n.n.	75	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
14.06.2000	008780	TrÜbPI Wittstock	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
15.06.2000	009053	TrÜbPI LÜBTHEEN	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 13. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2000 (Fortsetzung)

Diclofenac	Fenofibrat	Fenofibrinsäure	Fenoprofen	Gemfibrozil	Ibuprofen	Indometacin	Ketoprofen	Mechlufenaminsäure	Mefenaminsäure	Naproxen	NPS	Oxazepam	Pentoxifyllin	Phenacetin	Primidon	Propiphenazon	Toffenaminsäure		TCEP	TCIPP	Probe
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001168
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001169
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001170
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001171
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001172
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001175
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001176
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001424
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001425
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001751
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001752
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001753
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	001755
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	003722
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	004190
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	004191
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	004195
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	004206
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	004207
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	005650
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	007635
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	008772
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	008773
n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.u.	n.a.	n.u.	n.n.	n.u.	n.u.	n.u.	n.a.	n.u.	n.a.	n.a.	n.u.	n.n.		n.a.	n.a.	008775
																					008779
n.n.	n.u.	n.n.	n.u.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.u.	n.n.	n.u.	n.n.	n.u.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		n.a.	n.a.	008780
n.n.	n.u.	n.n.	n.u.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.u.	n.n.	n.u.	n.n.	n.u.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		n.a.	n.a.	009053

Tabelle 13. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2000 (Fortsetzung)

Datum	Probe	Standort	2,4-D	Bentazon	Dichlorprop	MCPA	Mecoprop	o,p'-DDA	p,p'-DDA	Bezaflbrat	Carbamazepin	AMDPH	Clofibrinsäure
2000													
15.06.2000	009054	TrÜbPI LÜBTHEEN	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
20.06.2000	009063	MunHptDep Wolfsruh	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
20.06.2000	009064	MunHptDep Wolfsruh	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
21.06.2000	009073	Funksendestelle Limsdorf	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
27.06.2000	009629	TrÜkt Burg Krähenberge	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	40
17.07.2000	011093	Ahlbeck Schießzone 5	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
17.07.2000	011097	StÜbPI Rieht	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
17.07.2000	011098	StÜbPI Rieht	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	45	n.n.	n.n.
17.07.2000	011108	Schießplatz Neumühl Schießzone IV	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
17.07.2000	011116	TrÜbPI Jägerbrück	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
17.07.2000	011125	ehem. Mundp Stallberg Schießzone I	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
19.07.2000	011141	StÜbPI Karow	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
25.07.2000	011694	TrÜbPI Lehnlin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
25.07.2000	011697	TrÜbPI Lehnlin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
25.07.2000	011698	TrÜbPI Lehnlin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
26.07.2000	011701	Flugplatz NEUBRANDENBURG	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
14.08.2000	012657	TrÜkt, RECKNITZTAL Kaseme	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
16.08.2000	012663	TrÜbPIKdt Altmark	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
16.08.2000	012664	TrÜbPIKdt Altmark	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
16.08.2000	012665	TrÜbPIKdt Altmark	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
23.08.2000	013105	SanHptDp Blankenburg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
20.09.2000	014609	GeoPhysMZg, Garnison WITTSTOCK	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
20.09.2000	014613	TrÜbPI Wittstock	n.n.	60	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
17.10.2000	015692	TrÜkt Burg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
07.11.2000	016344	GerDep Rohtenstein	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.
07.11.2000	016345	GerDep Rohtenstein	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 13. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2000 (Fortsetzung)

Diclofenac	Fenofibrat	Fenofibrinsäure	Fenoprofen	Gemfibrozil	Ibuprofen	Indometacin	Ketoprofen	Meclofenaminsäure	Metenaminsäure	Naproxen	NPS	Oxazepam	Pentoxifyllin	Phenacetin	Primidon	Propiphenazon	Toltenaminsäure		TCEP	TCIP	Probe	
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	009054	
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	009063	
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	009064	
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	009073	
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.a.	009629	
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	75	75	011093
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	50	011097
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	90	90	011098
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	75	75	011108
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	85	85	011116
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	60	60	011125
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	110	110	011141
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	70	70	011694
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	60	60	011697
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25	25	25	011698
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25	25	011701
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	012657
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	35	35	35	012663
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	20	20	20	012664
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25	25	25	012665
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25	30	30	013105
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	n.n.	n.n.	014609
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	20	n.n.	n.n.	014613
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15	10	10	015692
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	20	15	15	016344
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10	10	10	016345

Tabelle 14. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2001 (Fortsetzung)

Diclofenac	Fenofibrat	Fenofibrinsäure	Fenoprofen	Gemfibrozil	Ibuprofen	Indometacin	Ketoprofen	Meclofenaminsäure	Metenaminsäure	Naproxen	NPS	Oxazepam	Pentoxifyllin	Phenacetin	Prmidon	Propiphenazon	Toffenaminsäure	TCEP	TCIPP	Probe
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<5	109552
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<5	109553
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	300	<10	109556
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	110048
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	<10	110049
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	60	20	110729
n.n.	n.n.	60	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	40	15	B3-610017
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5	n.n.	n.n.	5	n.n.	B3-610018
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15	20	B3-610023
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	140	B3-610024
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	113422
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	113423
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	n.n.	1
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	n.n.	n.n.	50	n.n.	2
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	500	n.n.	3
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	500	n.n.	4
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	400	<10	115996
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	116000
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	116001
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	116245
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	116249
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	116250
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	70	117706
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10100	80	117707
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1100	<10	117708
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	100	<10	117709
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	117710

Tabelle 15. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2002 (Fortsetzung)

Diclofenac	Fenofibrat	Fenofibrinsäure	Fenoprofen	Gemfibrozil	Ibuprofen	Indometacin	Ketoprofen	Meclofenaminsäure	Meclenaminsäure	Naproxen	NPS	Oxazepam	Pentoxifyllin	Phenacetin	Primidon	Propiphenazon	Toffenaminsäure	TCEP	TCIPP	Probe
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	100	<10	202643
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	<10	202644
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	<10	202645
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	202646
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	80	20	202647
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	C3-610002
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	40	<10	202921
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	30	<10	202922
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	202923
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10	<10	202924
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	C3-610003
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	3550	203215
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	200	<10	203219
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	250	<10	203451
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	C3-610004
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10	n.n.	C3-610005
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10	n.n.	C3-610006
10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	250	<10	203958
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	220	<10	203960
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	200	<10	204213
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	240	<10	204214
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	160	<10	204215
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	C3-610013
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	200	<10	204586
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	230	<10	204587
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	200	<10	204588
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	40	<10	C3-610014
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	204970

Tabelle 15. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2002 (Fortsetzung)

Diclofenac	Fenofibrat	Fenofibrinsäure	Fenoprofen	Gemfibrozil	Ibuprofen	Indometacin	Ketoprofen	Meclofenaminsäure	Metenaminsäure	Naproxen	NPS	Oxazepam	Pentoxifyllin	Phenacetin	Primidon	Propiphenazon	Tolifenaminsäure	TCEP	TCIPP	Probe
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	204971
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	204972
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	C3-610015
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	C3-610016
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	20	<10	C3-610017
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10	n.n.	C3-610018
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	C3-610019
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	205578
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	300	205579
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	120	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	205580
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	300	205581
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	30	205582
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	205583
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	205584
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	205585
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	C3-610020
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	C3-610024
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	207326
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	50	207359
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	207560
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	207561
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	207562
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	207563
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	207564
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	207565
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	207566
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	207567
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	70	207568

Tabelle 15. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2002 (Fortsetzung)

Diclofenac	Fenofibrat	Fenofibrinsäure	Fenoprofen	Gemfibrozil	Ibuprofen	Indometacin	Ketoprofen	Meclofenaminsäure	Mefenaminsäure	Naproxen	NPS	Oxazepam	Pentoxifyllin	Phenacetin	Primidon	Propiphenazon	Tolfenaminsäure	TCEP	TCIPP	Probe
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	100	207569
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	207570
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	207571
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	207572
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	207573
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	30	<10	207574
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	207575
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	207576
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	207577
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	207578
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	80	207579
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	207580
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	100	209080
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	70	209085
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	150	100	209520
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	100	100	209947
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	250	n.n.	209948
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	60	100	210530
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	100	130	210538
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	50	50	210539
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	20	210896
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	40	210897
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	210903
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	100	150	210906
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	10	210910
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	20	210911
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	130	150	210914
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	211391

Tabelle 15. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2002 (Fortsetzung)

Datum	Probe	Standort	2,4-D	Bentazon	Dichlorprop	MCPA	Mecoprop	o,p'-DDA	p,p'-DDA	Bezaflibrat	Carbamazepin	AMDOPH	Clofibrinsäure
09.10.2002	211392	PIÜbPL (LW) Havelberg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.10.2002	211668	TrLgr Rosenfeld	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.10.2002	211671	Standortschießanlage SB 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
21.10.2002	211934	CRC RadarFuAbt 25	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
28.10.2002	212167	TrUkft, RECKNITZTAL Kaserne	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
28.10.2002	212168	TrUkft, RECKNITZTAL Kaserne	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	20	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 15. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2002 (Fortsetzung)

Probe	211392	211668	211671	211934	212167	212168
Diclofenac	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Fenofibrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Fenofibrinsäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Fenoprofen	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Gemfibrozil	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ibuprofen	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Indometacin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ketoprofen	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Meclofenaminsäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Mefenaminsäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Naproxen	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
NPS	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxazepam	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Pentoxifyllin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Phenacetin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Primidon	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Propiphenazon	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tolfenaminsäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
TCEP	<10	n.n.	80	<10	<10	n.n.
TCIPP	<10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 16. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2003 (Fortsetzung)

Diclofenac	Fenofibrat	Fenofibrinsäure	Fenoprofen	Gemfibrozil	Ibuprofen	Indometacin	Ketoprofen	Mechlenaminsäure	Metenaminsäure	Naproxen	NPS	Oxazepam	Pentoxifyllin	Phenacetin	Primidon	Propiphenazon	Tollenaminsäure	TCFP	TCIPP	Probe
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	300735
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	300736
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	300737
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	300738
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	300739
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	300743
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	300747
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	301211
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	301215
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	301216
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	301222
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	301684
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	301685
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	301700
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	302260
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	302273
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	30	25	304369
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1710	25	304371
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	580	30	304372
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1615	35	304373
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1110	20	304380
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1060	15	304381
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	805	30	304384
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	750	25	304386
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2100	90	304388
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	705	20	304391
n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	745	25	304392

Tabelle 16. Ergebnisse der Screening-Untersuchungen im Jahr 2003 (Fortsetzung)

Datum	Probe	Standort	2,4-D	Bentazon	Dichlorprop	MCPA	Mecoprop	o,p'-DDA	p,p'-DDA	Bezaflibrat	Carbamazepin	AMDOPH	Clofibrinsäure
12.05.2003	305082	Flugplatz Neubrandenburg	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.
13.05.2003	306089	PIÜbPL (LW) Havelberg	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.
13.05.2003	306090	PIÜbPL (LW) Havelberg	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.
13.05.2003	306091	PIÜbPL (LW) Havelberg	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	15	n.u.
14.07.2003	307052	LgÜbTruppe Dranse	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	30	n.u.	n.u.

Kapitel 4

BERICHT ZUM FELDVERSUCH ZUR ENTFERNUNG VON ARZNEIMITTELRÜCKSTÄNDEN UND ANDEREN KONTAMINANTEN BEI DER MOBILEN TRINKWASSERAUFBEREITUNG

Einleitung

Bei Auslandsaufenthalten der Bundeswehr kann es erforderlich sein, Trinkwasser aus stark belasteten Oberflächengewässern zu gewinnen. Derartige Gewässer können eine große Anzahl organischer, anorganischer und mikrobiologischer Verunreinigungen enthalten wie z.B. Arzneimittel, Pestizide, Schwermetalle oder fäkale Keime. Mobile Trinkwasseraufbereitungsanlagen müssen daher in der Lage sein, solche Verunreinigungen soweit zu reduzieren, dass das gewonnene Wasser den geltenden Anforderungen der in Deutschland und in der gesamten EU gültigen Trinkwasserverordnung entspricht.

Zum Testen der mobilen Trinkwasseraufbereitungsanlage wurde als stark belastetes Oberflächengewässer der Berliner Teltowkanal gewählt. Dieser Kanal wird von drei Klärwerken als Vorfluter genutzt und sein Wasser besteht in den Sommermonaten bis zu 75% aus geklärten kommunalen Abwässern. Für diesen Feldversuch stellte er daher ein geeignetes „worste case“- Szenario zur Erprobung einer durch die Bundeswehr beschafften mobilen Trinkwasseranlage (WTC1600 der Fa. Kärcher) dar. Weitere Hintergrundinformationen und theoretische Grundlagen sind bereits publiziert (Heberer et al., 2002; Heberer und Feldmann, 2004) und befinden sich im Anhang.

Aufbereitungsanlage

Bei der in diesem Versuch getesteten mobilen Trinkwasseraufbereitungsanlage handelt es sich um die Anlage mit der Typenbezeichnung Kärcher WTC1600 der Firma Alfred Kärcher GmbH & Co (Abbildung 20). Diese Anlage arbeitet nach dem Prinzip der Umkehrosmose, die auch als Reverse Osmosis (RO) bezeichnet wird. Bei der Umkehrosmose findet die Trennung einer Lösung durch eine

semipermeable Wand, die sogenannte Membran, statt. Diese Membran hat eine Porengröße von $<0,1 \mu\text{m}$. Durch das Anlegen einer transmembranen Druckdifferenz auf die Lösung, die größer als der osmotische Gleichgewichtsdruck ist, wird erreicht, dass das reine Lösungsmittel (hier Wasser) durch die Membran diffundiert und die übrigen Wasserinhaltsstoffe und Kontaminanten weitestgehend oder sogar vollständig abgetrennt werden. Einsatz findet die Umkehrosmose vor allem auch bei der Meerwasserentsalzung.

Die im Rahmen dieses Versuchs getestete Anlage Kärcher WTC1600 ist mit acht RO-Einheiten ausgestattet, welche im „single pass Modus“ parallel sowie im „double pass Modus“ im Verhältnis 6:2 in Reihe geschaltet werden können (Abbildung 21). Die Anlage hat eine Kapazität von 1600 l Trinkwasser/Stunde im „single pass Modus“ bzw. 400 l Trinkwasser/ Stunde im „double pass Modus“. Jede RO-Einheit enthält die FILMTEC® RO-Membran SW30HR-4040 der Firma The Dow Chemical Company. Bei der Membran handelt es sich eigentlich um eine für die Meerwasserentsalzung entwickelte RO-Membran, die aufgrund ihrer Eignung auch hier zum Einsatz kommt. Laut Herstellerangaben hat die Membran einen Durchmesser von 99,4 mm, eine Länge von 1016 mm, eine aktive Oberfläche von $7,4 \text{ m}^2$ und ein stabiles Salzurückhaltevermögen von 99,4%.

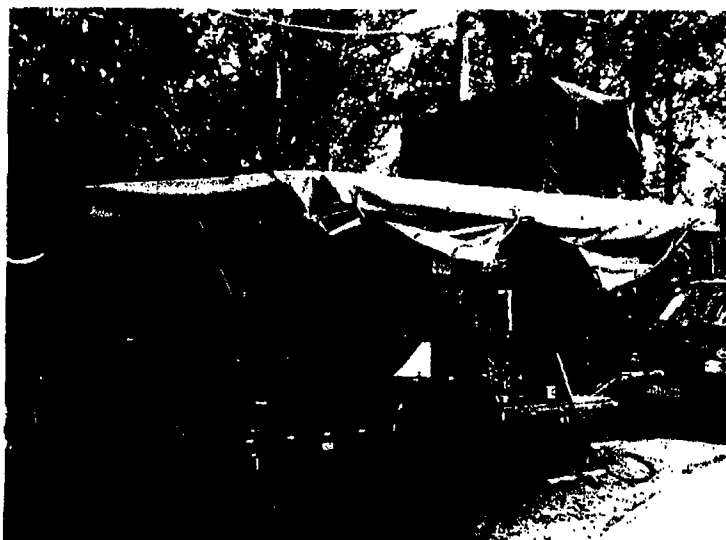


Abbildung 20. Trinkwasseraufbereitungsanlage WTC1600

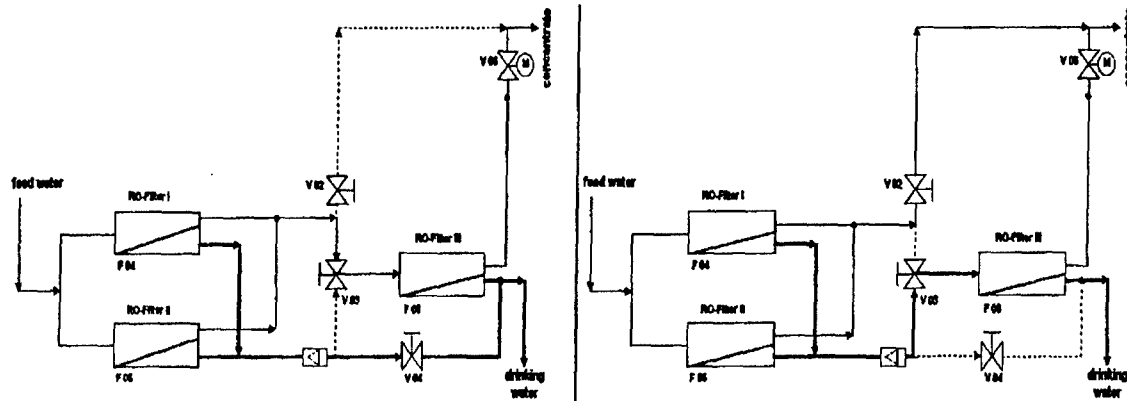


Abbildung 21. Schematische Darstellung des Wasserflusses im Single- und Double- Pass-Modus

Das Rohwasser wird zum Schutz der Membranen zunächst durch Beutelfilter mit einer Porengröße von 5 μm geleitet, um Schwebstoffe wie z.B. Algen zu separieren (Abbildung 22). Die Filterstandzeiten der Vorfilter betrugen im Durchschnitt 2,5 Stunden (automatische Umschaltung) und verringerten sich bei verstärktem Schiffsverkehr auf 1 bis 1,5 Stunden.

Eine in die Anlage integrierte Chlorierungseinrichtung sowie eine UV-Entkeimung wurden über den gesamten Versuchszeitraum deaktiviert, um zusätzlich die Rückhaltewirkung der Membranen auf mikrobiologische Parameter zu untersuchen.



Abbildung 22. Mit Algen zugeseetzter Beutelfilter nach dem Austausch (nach 2,5 h)

Versuchsdurchführung

Die Versuche mit der mobilen Trinkwasseraufbereitungsanlage wurden am 05.09.2000 im „single pass Modus“ und am 06.09.2000 im „double pass Modus“ durchgeführt. Als Standort wurde eine Messstelle des Berliner Senats am westlichen Ende des Teltowkanals, ca. 7 km vor der Einmündung in den Griebnitzsee, ausgewählt. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen leiteten die Klärwerke Waßmannsdorf und Ruhleben ihre Abwässer oberhalb der Messstelle ein.

Aufgrund der zu dieser Zeit anhaltenden Regenfälle war ein starker Verdünnungseffekt zu erwarten, der sich bereits vor Ort an den Leitfähigkeitswerten (als Maß für die Menge der gelösten Salze) ablesen ließ. Die gemessene Leitfähigkeit in der Beprobungswoche lag mit 700-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ deutlich unter dem für diese Jahreszeit üblichen Wert von $>1000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Während des Versuchs war starker Schiffsverkehr auf dem Teltowkanal zu verzeichnen. Durch die aufgewirbelten Schlamm- und Sedimentanteile wurde die Durchlässigkeit und somit die Betriebsdauer der Beutelfilter wie bereits beschrieben herabgesetzt.

Tabelle 17-1. Untersuchte Parameter

Parametergruppe	Einzelsubstanzen	Untersuchungsort
Anorganische Parameter	As, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Cu, Zn, CN^- , F^- , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}	ZinstSanBw Berlin
PAK	Fluoranthen, Benzo-(b)-fluoranthen, Benzo-(k)-fluoranthen, Benzo-(a)-pyren, Benzo-(ghi)-perylene, Indeno-(1,2,3)-pyren	ZinstSanBw Berlin
Organische Chlorverbindungen	1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen, Dichlormethan, Tetrachlormethan	ZinstSanBw Berlin
Polychlorierte Biphenyle	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180	ZinstSanBw Berlin
Triazine, Phenylharnstoffderivate, substituierte Anilide	Atrazin, Desethylatrazin, Cyanazin, Sebutylazin, Simazin, Terbutylazin, Hexazinon, Chlortoluron, Diuron, Isoproturon, Linuron, Methabenzthiazuron, Metobromuron, Metoxuron, Monolinuron, Metazachlor, Metolachlor,	ZinstSanBw Berlin

Tabelle 17-2. Untersuchte Parameter

Parametergruppe	Einzelsubstanzen	Untersuchungsort
Trihalogenmethane	Chloroform, Dichlorbrommethan, Chlordibrommethan, Bromoform	ZinstSanBw Berlin
Sonstige Parameter	Säurekapazität bis pH 4,3, Basekapazität bis pH 8,2, Gesamthärte, Carbonathärte, Abdampfdruckstand, Mineralöle, BTX	ZinstSanBw Berlin
Mikrobiologie	Gesamtkeimzahl, E.Coli/Coliforme Keime, Fäkalstreptokokken, Pseudomonas spp., sulfitreduzierende Sporenbildner	ZinstSanBw Berlin
Vor Ort Bestimmungen	Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Redoxpotential, O ₂ -Gehalt, DOC, CSB, Bor, NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , o-PO ₄ ³⁻ , ges.- PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻	Vor Ort
Arzneimittelrückstände, organische Phosphate u.a.	AMDOPH, Clofibrinsäure, Coffein, Diclofenac, Fenofibrat, Fenoprofen, Gemfibrozil, Ketoprofen, Meclofenaminsäure, Naproxen, N-(phenylsulfonyl)sarcosin, Pentoxifyllin, Propiphenazon, TCEP, TCIPP, Tolfenaminsäure	Inst. für Lebensmittelchemie, TU Berlin
Herbizide u. DDA	2,4-D, Bentazon, Dichlorprop, MCPA, Mecoprop, o,p'-DDA, p,p'-DDA	Inst. für Lebensmittelchemie, TU Berlin

An beiden Tagen erfolgte die Probenahme stündlich über einen Zeitraum von insgesamt 10 Stunden (von ca. 8-18 Uhr). Dabei wurde das Oberflächenwasser des Kanals sowie das Produktwasser der Aufbereitungsanlage beprobt und anschließend vor Ort bzw. im Labor untersucht. Beim Betrieb im „double pass Modus“ wurde zusätzlich das Produktwasser zwischen den einzelnen Membranfiltrationsstufen entnommen und analysiert.

Es erfolgte eine komplette Untersuchung der Proben nach Trinkwasserverordnung (ZinstSanBw Berlin) sowie eine gaschromatographische Untersuchung auf Arzneimittelrückstände und Pestizide (Inst. für Lebensmittelchemie, TU Berlin). Weiterhin wurde ein Teil der Parameter noch vor Ort analysiert, die Proben hierfür wurden zweistündlich entnommen. In den Tabellen 17-1+2 sind die untersuchten Parameter im einzelnen aufgeführt.

Analytik

Die Untersuchung der Wasserproben erfolgte teilweise vor Ort, weiterhin wurde eine komplette Untersuchung nach Trinkwasserverordnung am ZinstSanBw Berlin durchgeführt. Am Institut für Lebensmittelchemie der TU Berlin erfolgte die Untersuchung der Proben auf polare Arzneimittel- und Herbizidrückstände sowie auf organische Phosphate und weitere polare organische Kontaminanten.

Bei der vor-Ort-Analytik wurde die vom Berliner Senat installierte Online-Messzelle der Firma WTW genutzt. Mit dieser wurden die Parameter Leitfähigkeit, Redoxpotential, O₂-Gehalt, Temperatur und pH-Wert des Teltowkanalwassers bestimmt.

Für das Produktwasser der Aufbereitungsanlage erfolgte die Bestimmung des pH-Wertes mit einer pH-Elektrode der Firma Greisinger, die Bestimmung der Leitfähigkeit, des Redoxpotentials und der Temperatur mit dem „Watertest“ von HANNA instruments und die Bestimmung des O₂-Gehaltes mit dem Sauerstoffmessgerät LUTON DO-5509.

Die Parameter DOC, CSB, Bor, Nitrit, Nitrat, Ammonium, Sulfat, o-Phosphat und gesamt-Phosphat wurden mit photometrischen Küvettentests der Firma Dr. Lange bestimmt und am Photometer LASA 100 vermessen. Einige Parameter wie Nitrit, Nitrat, Ammonium, Sulfat und Phosphat wurden sowohl vor Ort als auch im Labor bestimmt. Hier ergab sich eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse, so dass im Folgenden nur die Werte aus dem Labor aufgeführt sind.

Folgende Methoden wurden am ZinstSanBw Berlin zur Analytik der Wasserproben angewandt:

- Ionenchromatographie (Nitrat, Chlorid, Sulfat)
- Photometrie (Nitrit, Ammonium)
- Potentiometrie (Magnesium, Calcium)
- Ionenselektive Elektrode (Fluorid)

- AAS - Graphitrohr (Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Aluminium, Eisen, Mangan)
 - Flamme (Kalium, Natrium, Kupfer, Zink)
 - Hydridmethode (Arsen)
 - Amalgamverfahren (Quecksilber)
- GC/ECD (Organische Chlorverbindungen, PCB, THM)
- GC/MSD (BTX)
- HPLC (PAK, Pestizide)

Die Analytik der Proben auf polare Arzneimittel- und Herbizidrückstände sowie auf organische Phosphate am Institut für Lebensmittelchemie besteht aus folgenden Schritten: Zunächst erfolgt eine Anreicherung der Analyten mittels Festphasenextraktion (SPE) an RP-C18. Anschließend werden die Analyten mit Pentafluorbenzylbromid derivatisiert. Die Bestimmung der Analyten erfolgt mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie (GC/MS) am GC6890/MS5973 der Firma Agilent Technologies.

Alle Analysen wurden unter Verwendung eines Surrogate Standards durchgeführt.

Ergebnisse

Die Trinkwasseraufbereitungsanlage Kärcher WTC1600 wurde sowohl im „single pass Modus“ als auch im „double pass Modus“ auf ihr Rückhaltevermögen bezüglich anorganischer, organischer und mikrobieller Verunreinigungen am Berliner Teltowkanal getestet. Die hierbei erhaltenen Messwerte sind für den „single pass Modus“ den Tabellen 20 – 32 und für den „double pass Modus“ den Tabellen 33 – 45 zu entnehmen.

Werden Oberflächengewässer durch kommunale Abwässer beeinflusst, so spiegelt sich dies in erhöhten Werten für Ammonium, Nitrat, Nitrit, Sulfat und Phosphat wider, welche ein Indiz für fäkale Verunreinigungen sind. Erhöht sind typischerweise auch die Gehalte an Chlorid und Bor (aus Waschmitteln). Neben diesen sogenannten Verschmutzungsindikatoren weist auch das Auftreten von Arzneimittelrückständen in Oberflächengewässern auf anthropogene Einflüsse durch kommunale Kläranlagenabläufe hin.

Die im Teltowkanal gemessenen mittleren Konzentrationen dieser Parameter sowie deren mittlere Gehalte nach Abreicherung durch die Trinkwasseraufbereitungsanlage Kärcher WTC1600 im „single pass Modus“ bzw. im „double pass Modus“ sind in den Tabellen 18 und 19 zusammengefasst.

Tabelle 18. Abreicherung verschiedener Parameter im „single pass Modus“ (n=11), Phosphat (n=6)

Substanz	Mittelwert Teltowkanal	Standardabweichung	Rel Standardabweichung [%]	Konz. im Permeat [mg/l ^A]	Abreicherung
Clofibrinsäure	155 ng/l	6 ng/l	4	n.n.	>99%
Diclofenac	330 ng/l	53 ng/l	16	n.n.	>99%
Ketoprofen	20 ng/l	5 ng/l	25	n.n.	>99%
Naproxen	40 ng/l	13 ng/l	33	n.n.	>99%
Propiphenazon	180 ng/l	60 ng/l	33	n.n.	>99%
Bor	0,24 mg/l	0,06 mg/l	25	<0,05	>79,2%
Nitrat	18,8 mg/l	3,1 mg/l	16	<1,00	>94,7%
Nitrit	0,39 mg/l	0,04 mg/l	10	<0,01	>97,4%
Ammonium	0,34 mg/l	0,05 mg/l	15	<0,05	>85,7%
Phosphat	0,96 mg/l	0,11 mg/l	11	<0,20	>79,2%
Sulfat	110 mg/l	19 mg/l	17	<1,0(6) - 3,55	>98,8 - 97%
Chlorid	78,4 mg/l	0,4 mg/l	1	<0,50(4) - 4,44	>99,4 - 94,3%

A - Angaben in Klammern: Anzahl der Proben unterhalb BG

**Tabelle 19. Abreicherung verschiedener Parameter im „double pass Modus“ (n=11),
Phosphat (n=6)**

Substanz	Mittelwert Teltowkanal	Standardab- weichung	Rel Standard- abweichung [%]	Konzentration Permeat 1 [mg/l ^B]	Ab- reicherung nach der 1. Stufe	Konzentration Permeat 2 [mg/l ^B]	Abreicherung nach der 2. Stufe
Clofibrinsäure	180 ng/l	7 ng/l	4	n.n.	>99%	n.n.	>99%
Diclofenac	300 ng/l	64 ng/l	21	n.n.	>99%	n.n.	>99%
Ketoprofen	12 ng/l ^A	3 ng/l	25	n.n.	>99%	n.n.	>99%
Naproxen	32 ng/l	5 ng/l	16	n.n.	>99%	n.n.	>99%
Propiphenazon	270 ng/l	25 ng/l	9	n.n.	>99%	n.n.	>99%
Bor	0,22 mg/l	0,04 mg/l	18	<0,05	>77%	<0,05	>77%
Nitrat	19,2 mg/l	1,5 mg/l	8	<1,00(8) - 1,85	>94,8 - 90,4%	<1,00(4) - 2,15	>94,8 - 88,8%
Nitrit	0,34 mg/l	0,02 mg/l	6	<0,01	>97%	<0,01	>97%
Ammonium	0,26 mg/l	0,03 mg/l	12	<0,05	>81%	<0,05	>81%
Phosphat	0,98 mg/l	0,31 mg/l	32	<0,20(5) - 0,46	>80 - 53%	<0,20(5) - 0,35	>80 - 64%
Sulfat	96,6 mg/l	7,4 mg/l	8	<1,0(10) - 4,82	>99 - 95%	<1,0	>99%
Chlorid	77,4 mg/l	2,7 mg/l	3	<0,50(6) - 2,53	>99 - 97%	<0,50(7) - 2,72	>99,4 - 94,3%

A - Nur drei Positivbefunde

B - Angaben in Klammern: Anzahl der Proben unterhalb BG

Bei den in allen Teltowkanalproben detektierten Arzneimittelrückständen handelt es sich um Clofibrinsäure (pharmakologisch aktiver Metabolit von Blutlipidsenkern), Diclofenac, Ketoprofen, Naproxen und Propiphenazon (alles Antiphlogistika) sowie AMDOPH (Antiphlogistika-Metabolit). In einigen Proben konnte Gemfibrozil (Blutlipidsenker) nachgewiesen werden (Tabelle 30). In den Permeatproben sowohl im „single pass Modus“ als auch im „double pass Modus“ waren diese Stoffe nicht nachweisbar, was einer Abreicherung von >99% für diese Kontaminanten entspricht.

Betrachtet man den Verlauf der Konzentrationen der einzelnen Arzneimittel über einen Tag hinweg, so wird deutlich, dass bei Clofibrinsäure die Konzentration zu jeder Tageszeit nahezu konstant ist, während zum Beispiel Diclofenac größeren Schwankungen unterliegt. Dies lässt sich durch das Einsatzgebiet der jeweiligen Medikamente erklären. Da man bestrebt ist, den Blutlipidspiegel im Körper konstant zu halten, wird der aktive Metabolit Clofibrinsäure gleichmäßig ausgeschieden und es gibt keine tageszeitlichen Schwankungen in der Ausscheidung, wie dies bei den Antiphlogistika, wie z.B. bei Diclofenac der Fall ist. Dieser Zusammenhang ist in den Abbildungen 23 und 24 dargestellt.

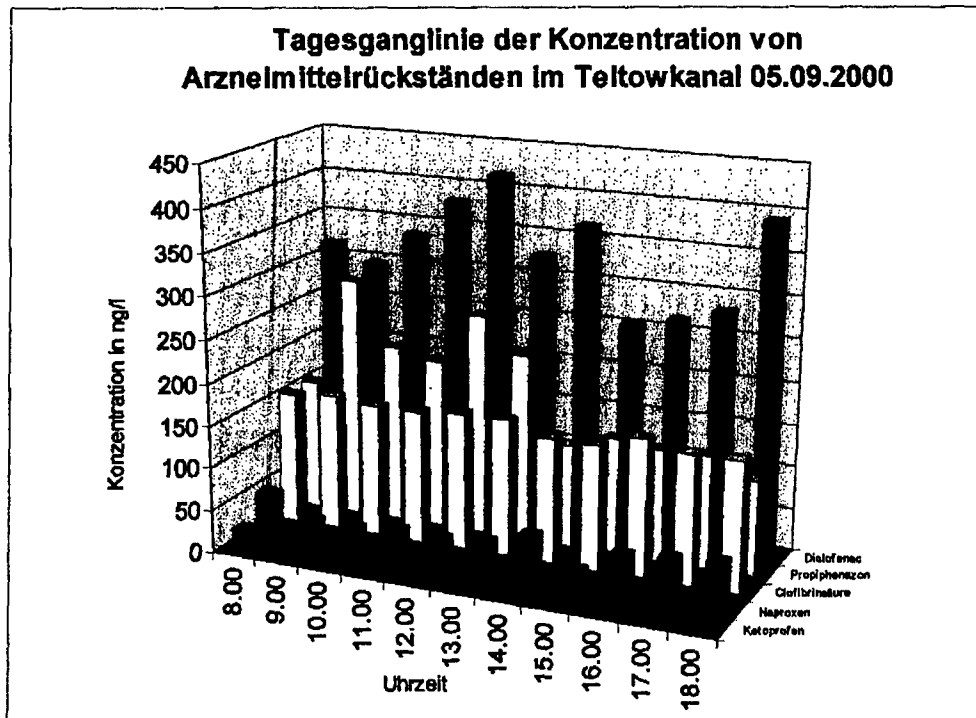


Abbildung 23. Konzentrationsverläufe am 05.09.2000 im Teltowkanal

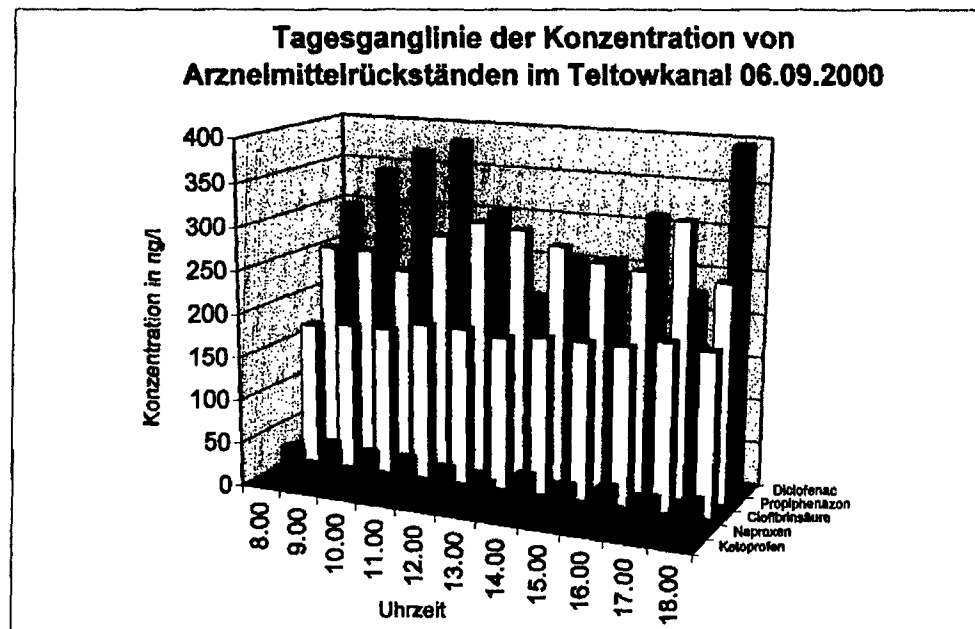


Abbildung 24. Konzentrationsverläufe am 06.09.2000 im Teltowkanal

Von den untersuchten Pestiziden wurden im Teltowkanalwasser Diuron, Mecoprop sowie die DDT-Metaboliten p,p'-DDA und o,p'-DDA nachgewiesen (Tabellen 24-2, 32, 37-2, 45).

Im Permeat konnte nur p,p'-DDA sowohl im „single pass Modus“ in einer Probe als auch im „double pass Modus“ in 7 Proben in Spuren nahe der Nachweisgrenze detektiert werden.

Die untersuchten organischen Phosphate Tris-(chlorethyl)phosphat (TCEP) und Tris-(chlorisopropyl)phosphat (TCIPP), die als Flammenschutzmittel Anwendung finden, wurden im Teltowkanalwasser in mittleren Konzentrationen von 360 ng/l TCEP und 945 ng/l TCIPP am 05.09. und mit 1200 ng/l TCEP bzw. 1670 ng/l TCIPP am 06.09. nachgewiesen. Beide Stoffe waren in den Permeaten sowohl im „single pass Modus“ als auch im „double pass Modus“ noch in Spuren nachweisbar. Die Konzentrationen lagen jedoch nahe der Nachweisgrenze. Im „double pass Modus“ war kein eindeutiger Unterschied zwischen den beiden Filtrationsstufen zu verzeichnen. Die Abreicherung beträgt für TCEP >92% und für TCIPP >99% (Tabelle 31 und 44).

Die mit der hohen mikrobiellen Belastung des Teltowkanalwassers einhergehende Verunreinigung mit Nitrit konnte durch die Anlage praktisch vollständig (<BG) reduziert werden. Im Mittel wurden im Oberflächenwasser Nitritwerte von 0,40 mg/l (05.09.2000) bzw. 0,35 mg/l (06.09.2000) gemessen. Im Permeat war Nitrit bei einer Bestimmungsgrenze von 0,01 mg/l sowohl im „single pass Modus“ als auch im „double pass Modus“ nicht mehr nachweisbar (Tabellen 20 und 33). Ammonium, ebenfalls ein Indikator für fäkale Verunreinigungen, wurde im Kanalwasser in durchschnittlichen Mengen von 0,34 mg/l (05.09.2000) bzw. 0,26 mg/l (06.09.2000) gefunden, konnte aber durch die Abreicherungsanlage in jeder Probe auf Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze reduziert werden (Tabellen 25-1 und 38-1). Die Reduzierung des Abdampfrückstandes und der Wasserhärte auf Minimalwerte (Tabellen 27 und 40) im „single pass Modus“ und im „double pass Modus“ zeigt neben anderen Parametern die Fähigkeit der Anlage, hochreines Wasser zu produzieren.

Bei den mikrobiellen Untersuchungen lag die Gesamtkeimzahl der Teltowkanal-Proben mit >1000 Koloniebildenden Einheiten pro ml (20°C sowie 36°C Bebrütungstemperatur) im Bereich dessen, was von einem Gewässer, in das Kläranlagen ihre gereinigten Abwässer einleiten, zu erwarten ist. Die hohen Keimzahlen müssen im Zusammenhang mit den hohen Nitrat-, Nitrit- und Ammonium-Werten gesehen werden, da fäkale Verunreinigungen vor allem für eine Erhöhung dieser Parameter verantwortlich sind. Die Aufbereitungsanlage ist sowohl im „single pass Modus“ als auch im „double pass Modus“ in der Lage, ohne weitere Desinfektionsschritte die Keimzahl um den Faktor $>10^3$ zu reduzieren. Im „single pass Modus“ finden sich im Permeat nur noch durchschnittliche Keimzahlen von 5 Keimen/ml. Im „double pass Modus“ wird die Keimzahl durch den zweiten RO-Durchlauf weiter reduziert. Die Keimzahlen nach dem Double-Pass Betrieb unterscheiden sich aber nicht signifikant vom Single-Pass Betrieb (Tabellen 28 und 41).

Im Single-Pass Betrieb wurde nur in einer Permeatprobe ein coliformer Keim nachgewiesen, alle anderen Proben zeigten einen totalen Ausschluß von coliformen Keimen und *Escherichia coli*. Im Double-Pass Betrieb konnten in keiner Permeatprobe coliforme Keime oder *Escherichia coli* nachgewiesen werden.

In allen Oberflächenwasser-Proben wurden Fäkalstreptokokken und sulfit-reduzierende Sporenbildner gefunden, die sowohl im „single pass Modus“ als auch im „double pass Modus“ im Permeat nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

Pseudomonaden wurden bei dem Versuch im „single pass Modus“ weder im Oberflächen- noch im Produktwasser nachgewiesen. Im Double-Pass Betrieb wurde im Permeat 1 ein positiver *Pseudomonas aeruginosa*-Nachweis erbracht. Da jedoch sonst in keiner der anderen Oberflächenwasserproben und Permeatproben ein Vertreter der Gattung *Pseudomonas* nachgewiesen wurde, ist ein falsch-positiver Nachweis nicht auszuschließen.

Zusammenfassung

Die in diesem Versuch untersuchte Wasseraufbereitungsanlage Kärcher WTC1600 ist in der Lage, alle hier untersuchten Parameter aus kontaminiertem Wasser zu eliminieren. Es konnten sowohl im „single pass Modus“ als auch im „double pass Modus“ nahezu alle Kontaminanten auf Werte unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze reduziert werden.

Für die Parameter Chlorid und Sulfat zeigte sich nach vier Stunden ein leichter Durchbruch. Die Konzentration stellt sich aber auf ein Niveau ein, das nicht weiter ansteigt. Die im Permeat gemessenen Konzentrationen liegen jedoch durchgehend unterhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung.

Bei der Betrachtung der Kontaminationskonzentrationen muss berücksichtigt werden, dass der Teltowkanal an den beiden Probetagen eine sehr große Wasserlast mit sich führte. Aufgrund starker Regenfälle in der Woche vor den Untersuchungen ist von einem starken Verdünnungseffekt auszugehen. Frühere Beprobungen zeigten gerade bei Schwermetallen, Pestiziden und Arzneimitteln um ca. 50% höhere Konzentrationen.

Bemerkenswert ist die gute Rückhaltewirkung der RO-Membranen auf die starke Verkeimung des Teltowkanal-Wassers. Auch ohne Inbetriebnahme der Chlorierungseinrichtung und der UV-Entkeimung konnte die Gesamtkeimzahl um einen Faktor $>1000/\text{ml}$ reduziert werden. Im eigentlichen Betrieb wird die Anlage jedoch immer mit Chlorierung und UV-Entkeimung betrieben, um sowohl die Keimfreiheit sicherzustellen als auch an die Anlage anschließende Verteilersysteme zu entkeimen.

Mit der Trinkwasseraufbereitungsanlage Kärcher WTC1600 wurde aus dem belasteten Oberflächengewässer Teltowkanal ein Trinkwasser produziert, das in allen Parametern der Trinkwasserverordnung entspricht und nach Aufsalzen zum Genuss geeignet ist.

Literatur zu Kapitel 4

Heberer, Th., Feldmann, D., Reddersen, K., Altmann, H., Zimmermann, Th., 2002a. Production of Drinking Water from Highly Contaminated Surface Waters: Removal of organic, inorganic, and microbial contaminants applying mobile membrane filtration units. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 30, pp. 24-33.

Heberer, Th., Feldmann, D., im Druck. Removal of pharmaceutical residues from contaminated raw water sources by membrane filtration. In (KÜMMERER, K., ed.): *Pharmaceuticals in the Environment*, 2nd Edition, Springer Verlag, Berlin, 2004.

Tabelle 20. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV

Anlage 2; Auszüge Teil I+II [mg/L]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom	Cyanid	Fluorid	Nickel	Nitrat	Nitrit	Quecksilber
8.00	I-01-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,18	<0,01	15,10	0,46	<0,0002
8.00	III-01-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
9.00	I-02-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	14,48	0,45	<0,0002
9.00	III-02-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
10.00	I-03-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	15,86	0,41	<0,0002
10.00	III-03-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
11.00	I-04-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	15,50	0,40	<0,0002
11.00	III-04-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
12.00	I-05-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,15	<0,01	20,39	0,43	<0,0002
12.00	III-05-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,47	<0,01	<0,0002
13.00	I-06-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,15	<0,01	20,96	0,38	<0,0002
13.00	III-06-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
14.00	I-07-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	18,51	0,36	<0,0002
14.00	III-07-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
15.00	I-08-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	19,91	0,35	<0,0002
15.00	III-08-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
16.00	I-09-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	23,07	0,34	<0,0002
16.00	III-09-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
17.00	I-10-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	21,41	0,34	<0,0002
17.00	III-10-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
18.00	I-11-05	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	22,07	0,37	<0,0002
18.00	III-11-05	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002

n.a.: nicht analysiert

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

Tabelle 21. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV

Anlage 2; Auszüge Teil II; Lfd.Nr. 10; [µg/L]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Summe PAK	Fluoranthen	Benzo-(b)- fluoranthen	Benzo-(k)- fluoranthen	Benzo-(a)- pyren	Benzo-(ghi)- perylen	Indeno-(1,2,3)- pyren
8.00	I-01-05	Teltowkanal	0,1067	0,0491	0,0042	0,0025	0,0099	0,0336	0,0074
8.00	III-01-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
9.00	I-02-05	Teltowkanal	0,1224	0,0574	0,0045	0,0028	0,0138	0,0353	0,0089
9.00	III-02-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
10.00	I-03-05	Teltowkanal	0,0904	0,0377	0,0047	0,0026	0,0110	0,0273	0,0071
10.00	III-03-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
11.00	I-04-05	Teltowkanal	0,0351	0,0080	0,0061	0,0042	0,0066	<0,005	0,0082
11.00	III-04-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
12.00	I-05-05	Teltowkanal	0,1133	0,0516	0,0160	0,0096	0,0214	0,0089	0,0122
12.00	III-05-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
13.00	I-06-05	Teltowkanal	0,1446	0,0636	0,0180	0,0115	0,0260	0,0089	0,0166
13.00	III-06-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
14.00	I-07-05	Teltowkanal	0,1187	0,0515	0,0145	0,0095	0,0216	0,0064	0,0152
14.00	III-07-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
15.00	I-08-05	Teltowkanal	0,1007	0,0481	0,0111	0,0078	0,0169	0,0071	0,0097
15.00	III-08-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
16.00	I-09-05	Teltowkanal	0,0363	0,0065	0,0070	0,0046	0,0107	<0,005	0,0075
16.00	III-09-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
17.00	I-10-05	Teltowkanal	0,0911	0,0528	0,0140	0,0086	0,0189	<0,005	0,0138
17.00	III-10-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005
18.00	I-11-05	Teltowkanal	0,0800	0,0366	0,0109	0,0071	0,0162	<0,005	0,0100
18.00	III-11-05	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,005	<0,005

n.a.: nicht analysiert

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

Tabelle 22. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV
Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 14; [µg/L]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Summe Organische Chlorverbindungen	1,1,1-Trichlor- ethan	Trichlorethen	Tetrachlorethen	Dichlormethan	Tetrachlormethan
8.00	I-01-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
8.00	III-01-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
9.00	I-02-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
9.00	III-02-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
10.00	I-03-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
10.00	III-03-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
11.00	I-04-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
11.00	III-04-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
12.00	I-05-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
12.00	III-05-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
13.00	I-06-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
13.00	III-06-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
14.00	I-07-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
14.00	III-07-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
15.00	I-08-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
15.00	III-08-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
16.00	I-09-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
16.00	III-09-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
17.00	I-10-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
17.00	III-10-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
18.00	I-11-05	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
18.00	III-11-05	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4

n.a.: nicht analysiert

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

Tabelle 23. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Polychlorierte Biphenyle (Summe und Einzelstoffe); [$\mu\text{g/L}$]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Polychlorierte Biphenyle (Summe)		PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180
8.00	I-01-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
8.00	III-01-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
9.00	I-02-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
9.00	III-02-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
10.00	I-03-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
10.00	III-03-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
11.00	I-04-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
11.00	III-04-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
12.00	I-05-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
12.00	III-05-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
13.00	I-06-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
13.00	III-06-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
14.00	I-07-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
14.00	III-07-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
15.00	I-08-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
15.00	III-08-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
16.00	I-09-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
16.00	III-09-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
17.00	I-10-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
17.00	III-10-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
18.00	I-11-05	Teitowkanal	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
18.00	III-11-05	Permeat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

n.a.: nicht analysiert

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

Tabelle 24-1. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach
TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 11; [$\mu\text{g/L}$]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Atrazin	Desethyl- atrazin	Cyanazin	Sebutylazin	Simazin	Terbutylazin	Hexazinon	Chlortoluron
8.00	I-01-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
8.00	III-01-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.00	I-02-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.00	III-02-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.00	I-03-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.00	III-03-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.00	I-04-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.00	III-04-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.00	I-05-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.00	III-05-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.00	I-06-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.00	III-06-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.00	I-07-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.00	III-07-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.00	I-08-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.00	III-08-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.00	I-09-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.00	III-09-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.00	I-10-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.00	III-10-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.00	I-11-05	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.00	III-11-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a.: nicht analysiert

n.n.: nicht nachweisbar

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

**Tabelle 24-2. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach
TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 11; [$\mu\text{g/L}$]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Diuron	Isoproturon	Linuron	Methabenz- thiazuron	Metobromuron	Metoxuron	Monolinuron	Metazachlor
8.00	I-01-05	Teltowkanal	0,07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
8.00	III-01-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.00	I-02-05	Teltowkanal	0,07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.00	III-02-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.00	I-03-05	Teltowkanal	0,07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.00	III-03-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.00	I-04-05	Teltowkanal	0,13	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.00	III-04-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.00	I-05-05	Teltowkanal	0,11	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.00	III-05-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.00	I-06-05	Teltowkanal	0,12	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.00	III-06-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.00	I-07-05	Teltowkanal	0,16	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.00	III-07-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.00	I-08-05	Teltowkanal	0,06	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.00	III-08-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.00	I-09-05	Teltowkanal	0,08	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.00	III-09-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.00	I-10-05	Teltowkanal	0,08	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.00	III-10-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.00	I-11-05	Teltowkanal	0,10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.00	III-11-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a.: nicht analysiert

n.n.: nicht nachweisbar

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

**Tabelle 25-1. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach
TrinkwV Anlage 3 und Ergänzungen; [mg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Aluminium	Ammonium	Calcium	Chlorid	Eisen	Kalium	Magnesium	Mangan
8.00	I-01-05	Teltowkanal	0,16	0,42	82,10	79,00	0,96	13,30	9,60	0,06
8.00	III-01-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
9.00	I-02-05	Teltowkanal	0,17	0,39	82,10	78,50	0,57	14,90	9,40	0,08
9.00	III-02-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
10.00	I-03-05	Teltowkanal	0,65	0,37	81,50	78,40	0,73	14,50	10,00	0,09
10.00	III-03-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
11.00	I-04-05	Teltowkanal	1,29	0,36	81,30	78,40	0,67	13,50	9,50	0,09
11.00	III-04-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
12.00	I-05-05	Teltowkanal	0,21	0,36	81,30	78,60	0,93	13,80	9,70	0,09
12.00	III-05-05	Permeat	0,12	<0,05	<1,0	4,44	0,06	<0,8	n.b.	<0,01
13.00	I-06-05	Teltowkanal	0,23	0,34	81,40	78,60	0,85	13,20	9,40	0,06
13.00	III-06-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	3,70	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
14.00	I-07-05	Teltowkanal	0,25	0,32	81,10	78,60	0,95	10,60	9,70	0,19
14.00	III-07-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	3,49	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
15.00	I-08-05	Teltowkanal	0,23	0,31	80,70	78,70	0,63	10,80	9,70	0,09
15.00	III-08-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	3,70	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
16.00	I-09-05	Teltowkanal	0,18	0,28	79,90	78,30	0,92	10,60	9,60	0,09
16.00	III-09-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	3,70	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
17.00	I-10-05	Teltowkanal	0,22	0,27	79,50	77,70	0,81	10,60	9,30	0,08
17.00	III-10-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	1,90	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
18.00	I-11-05	Teltowkanal	0,66	0,30	79,40	77,60	0,61	10,60	9,20	0,07
18.00	III-11-05	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	3,45	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01

n.a.: nicht analysiert

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

n.b.: nicht bestimmbar

**Tabelle 25-2. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach
TrinkwV Anlage 3 und Ergänzungen; [mg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Natrium	Phosphat	Sulfat	Mineralble	BTX (µg/l)	Kupfer	Zink
8.00	I-01-05	Teltowkanal	61,00	0,84	85,38	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
8.00	III-01-05	Permeat	31,00	<0,20	<1,0	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
9.00	I-02-05	Teltowkanal	68,00	n.a.	82,84	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
9.00	III-02-05	Permeat	3,00	n.a.	<1,0	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
10.00	I-03-05	Teltowkanal	66,00	0,85	87,29	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
10.00	III-03-05	Permeat	<1,0	<0,20	<1,0	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
11.00	I-04-05	Teltowkanal	63,00	n.a.	89,65	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
11.00	III-04-05	Permeat	<1,0	n.a.	<1,0	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
12.00	I-05-05	Teltowkanal	61,00	1,11	119,80	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
12.00	III-05-05	Permeat	<1,0	<0,20	<1,0	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
13.00	I-06-05	Teltowkanal	61,00	n.a.	122,46	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
13.00	III-06-05	Permeat	<1,0	n.a.	3,55	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
14.00	I-07-05	Teltowkanal	84,00	0,98	111,03	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
14.00	III-07-05	Permeat	1,00	<0,20	3,51	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
15.00	I-08-05	Teltowkanal	78,00	n.a.	116,92	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
15.00	III-08-05	Permeat	<1,0	n.a.	3,47	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
16.00	I-09-05	Teltowkanal	64,00	0,93	135,51	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
16.00	III-09-05	Permeat	<1,0	<0,20	3,36	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
17.00	I-10-05	Teltowkanal	73,00	n.a.	125,67	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
17.00	III-10-05	Permeat	<1,0	n.a.	<1,0	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
18.00	I-11-05	Teltowkanal	78,00	1,05	127,70	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
18.00	III-11-05	Permeat	<1,0	0,20	3,46	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1

n.a.: nicht analysiert

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

Tabelle 26. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV
Anlage 2; Teil II; Lfd.Nr. 11; [µg/L]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Summe Trihalogenmethane	Chloroform	Dichlorbrommethan	Chlordinbrommethan	Bromoform
8.00	I-01-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73			
8.00	III-01-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
					<0,5	<0,61	<1,44
9.00	I-02-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
9.00	III-02-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
10.00	I-03-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
10.00	III-03-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
11.00	I-04-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
11.00	III-04-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
12.00	I-05-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
12.00	III-05-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
13.00	I-06-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
13.00	III-06-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
14.00	I-07-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
14.00	III-07-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
15.00	I-08-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
15.00	III-08-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
16.00	I-09-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
16.00	III-09-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
17.00	I-10-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
17.00	III-10-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
18.00	I-11-05	Teltowkanal	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44
18.00	III-11-05	Permeat	<0,5	<0,73	<0,5	<0,61	<1,44

n.a.: nicht analysiert
Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

Tabelle 27. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Sonstige Parameter; [mmol/L]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Säurekapazität bis pH 4,3	Basekapazität bis pH 8,2	Gesamthärte °dH	Carbonathärte °dH	Carbonathärte °dH	Abdampfdruckstand mg/l
8.00	I-01-05	Teltowkanal	3,10	0,07	2,44	13,6	3,10	520
8.00	III-01-05	Permeat	0,39	0,10	<0,009	<0,05	0,39	n.b.
9.00	I-02-05	Teltowkanal	3,07	0,07	2,43	13,6	3,07	510
9.00	III-02-05	Permeat	0,39	0,09	<0,009	<0,05	0,39	n.b.
10.00	I-03-05	Teltowkanal	3,05	0,80	2,44	13,6	3,05	520
10.00	III-03-05	Permeat	0,44	0,08	<0,009	<0,05	0,44	n.b.
11.00	I-04-05	Teltowkanal	3,08	0,08	2,42	13,5	3,08	520
11.00	III-04-05	Permeat	0,39	0,09	<0,009	<0,05	0,39	n.b.
12.00	I-05-05	Teltowkanal	3,13	0,07	2,42	13,5	3,13	510
12.00	III-05-05	Permeat	0,39	0,11	<0,009	<0,05	0,39	n.b.
13.00	I-06-05	Teltowkanal	3,11	0,08	2,41	13,5	3,11	520
13.00	III-06-05	Permeat	0,29	0,10	<0,009	<0,05	0,29	n.b.
14.00	I-07-05	Teltowkanal	3,10	0,08	2,42	13,5	3,10	540
14.00	III-07-05	Permeat	<0,002	0,10	<0,009	<0,05	<0,002	n.b.
15.00	I-08-05	Teltowkanal	3,09	0,08	2,41	13,5	3,09	510
15.00	III-08-05	Permeat	0,39	0,09	<0,009	<0,05	0,39	n.b.
16.00	I-09-05	Teltowkanal	3,12	0,07	2,38	13,3	3,12	530
16.00	III-09-05	Permeat	0,39	0,09	<0,009	<0,05	0,39	n.b.
17.00	I-10-05	Teltowkanal	3,07	0,05	2,36	13,2	3,07	520
17.00	III-10-05	Permeat	0,39	0,08	<0,009	<0,05	0,39	20
18.00	I-11-05	Teltowkanal	3,06	0,06	2,35	13,2	3,06	500
18.00	III-11-05	Permeat	0,25	0,08	<0,009	<0,05	0,25	10

n.a.: nicht analysiert

n.b.: nicht bestimmbar

Tabelle 28. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Mikrobiologische Untersuchung

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 +/- 4 Std 20°C +/- 2°C 36°C +/- 1°C		E.Coli / Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstreptokokken in 100 ml	Pseudomonas spp. in 100 ml	sulfitred. Sporenbild. Anaerobien in 20 ml
			Flüssiganreicherung bei 36°C +/- 1°C					
8.00	I-01-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	E.Coli / Coliforme Keime negativ	positiv	negativ	positiv
8.00	III-01-05	Permeat	3	3				
9.00	I-02-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime Coliforme Keime	positiv	negativ	positiv
9.00	III-02-05	Permeat	0	5				
10.00	I-03-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	E.Coli / Coliforme Keime negativ	positiv	negativ	positiv
10.00	III-03-05	Permeat	2	3				
11.00	I-04-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	E.Coli / Coliforme Keime negativ	positiv	negativ	positiv
11.00	III-04-05	Permeat	3	2				
12.00	I-05-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime negativ	positiv	negativ	positiv
12.00	III-05-05	Permeat	3	6				
13.00	I-06-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	E.Coli negativ	positiv	negativ	positiv
13.00	III-06-05	Permeat	3	2				
14.00	I-07-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	E.Coli negativ	positiv	negativ	positiv
14.00	III-07-05	Permeat	0	0				
15.00	I-08-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	E.Coli / Coliforme Keime negativ	positiv	negativ	positiv
15.00	III-08-05	Permeat	0	3				
16.00	I-09-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime negativ	positiv	negativ	positiv
16.00	III-09-05	Permeat	4	4				
17.00	I-10-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime negativ	positiv	negativ	positiv
17.00	III-10-05	Permeat	6	1				
18.00	I-11-05	Teltoakanal	> 1000	> 1000	E.Coli / Coliforme Keime negativ	positiv	negativ	positiv
18.00	III-11-05	Permeat	2	1				

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

Tabelle 29. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Ergebnisse der Vor-Ort-Bestimmung

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Temperatur °C	pH-Wert	Leitfähigkeit µS/cm	Redoxpotential mV	O ₂ -Gehalt mg/l	DOC mg/l	CSB mg/l	Bor mg/l
8.00	I-01-05	Tellowkanal	22,0	7,44	782	106	5,55	*	26,60	0,291
8.00	III-01-05	Permeat	22,5	n.a.	5,24	122	n.a.	< 5,00	3,43	< 0,050
9.00	I-02-05	Tellowkanal	22,0	7,45	780	175	5,55	n.a.	n.a.	n.a.
9.00	III-02-05	Permeat	22,9	5,74	4,58	188	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10.00	I-03-05	Tellowkanal	22,0	7,45	777	182	5,55	13,00	*	0,235
10.00	III-03-05	Permeat	23,3	5,66	4,33	251	3,20	6,69	< 5,00	< 0,050
11.00	I-04-05	Tellowkanal	22,0	7,46	776	n.a.	5,60	n.a.	n.a.	n.a.
11.00	III-04-05	Permeat	23,1	5,57	4,28	197	3,20	n.a.	n.a.	n.a.
12.00	I-05-05	Tellowkanal	21,9	7,45	776	159	5,60	13,30	27,30	0,181
12.00	III-05-05	Permeat	23,3	5,62	4,31	177	3,40	< 5,00	< 5,00	< 0,050
13.00	I-06-05	Tellowkanal	21,8	7,45	776	177	5,65	n.a.	n.a.	n.a.
13.00	III-06-05	Permeat	23,1	5,64	4,28	190	2,90	n.a.	n.a.	n.a.
14.00	I-07-05	Tellowkanal	21,7	7,46	776	216	5,80	*	37,70	0,161
14.00	III-07-05	Permeat	23,1	5,03	4,19	228	3,00	< 5,00	9,11	< 0,050
15.00	I-08-05	Tellowkanal	21,6	7,47	775	229	5,85	n.a.	n.a.	n.a.
15.00	III-08-05	Permeat	23,1	5,57	4,13	242	3,20	n.a.	n.a.	n.a.
16.00	I-09-05	Tellowkanal	21,6	7,49	771	237	6,45	14,20	27,50	0,278
16.00	III-09-05	Permeat	22,7	5,77	4,07	244	3,10	< 5,00	< 5,00	< 0,050
17.00	I-10-05	Tellowkanal	21,7	7,49	767	243	6,55	n.a.	n.a.	n.a.
17.00	III-10-05	Permeat	23,1	5,86	4,04	267	3,10	n.a.	n.a.	n.a.
18.00	I-11-05	Tellowkanal	21,7	7,48	766	257	6,65	14,00	27,50	0,318
18.00	III-11-05	Permeat	22,7	5,86	4,03	276	3,30	5,25	< 5,00	< 0,050

n.a.: nicht analysiert

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

* Messfehler

Tabelle 30. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Ausgewählte Arznei- und Flammenschutzmittel (A-K); [ng/L]

Zeit	Proben- nummer	Probe aus	AMDOPH	Clofibrinsäure	Coffein*	Diclofenac	Fenofibrat	Fenoprofen	Gemfibrozil	Ketoprofen
8.00	I 01-05	Teltowkanal	240	155	370	315	n.n.	n.n.	15	25
8.00	III 01-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.00	I 02-05	Teltowkanal	435	160	410	295	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.00	III 02-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.00	I 03-05	Teltowkanal	290	155	395	335	n.n.	n.n.	n.n.	20
10.00	III 03-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.00	I 04-05	Teltowkanal	270	155	385	380	n.n.	n.n.	n.n.	20
11.00	III 04-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.00	I 05-05	Teltowkanal	320	160	375	415	n.n.	n.n.	n.n.	20
12.00	III 05-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.00	I 06-05	Teltowkanal	265	160	415	325	n.n.	n.n.	n.n.	20
13.00	III 06-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.00	I 07-05	Teltowkanal	245	145	440	365	n.n.	n.n.	15	25
14.00	III 07-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.00	I 08-05	Teltowkanal	335	145	495	255	n.n.	n.n.	n.n.	10
15.00	III 08-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.00	I 09-05	Teltowkanal	260	160	400	265	n.n.	n.n.	10	15
16.00	III 09-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.00	I 10-05	Teltowkanal	280	150	475	280	n.n.	n.n.	15	15
17.00	III 10-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.00	I 11-05	Teltowkanal	255	150	555	390	n.n.	n.n.	15	20
18.00	III 11-05	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

AMDOPH 1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenyl-hydrazid

* ohne Einbeziehung der Wiederfindung

Tabelle 31. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Ausgewählte Arznei- und Flammenschutzmittel (L-Z); [ng/L]

[illegible]

Tabelle 32. Single Pass Modus vom 05.09.2000, Ausgewählte Pflanzenschutzmittel und Insektizidmetaboliten; [ng/L]

Zeit	Proben-nummer	Probe aus	2,4-D	Bentazon	Dichlorprop	MCPA	Mecoprop	o,p'-DDA	p,p'-DDA
8.00 8.00	I 01-05 III 01-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	90 n.n.	10 n.n.	35 n.n.
9.00 9.00	I 02-05 III 02-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	70 n.n.	10 n.n.	40 <5
10.00 10.00	I 03-05 III 03-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	85 n.n.	<5 n.n.	30 n.n.
11.00 11.00	I 04-05 III 04-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	85 n.n.	10 n.n.	35 n.n.
12.00 12.00	I 05-05 III 05-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	90 n.n.	10 n.n.	40 n.n.
13.00 13.00	I 06-05 III 06-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	95 n.n.	10 n.n.	40 n.n.
14.00 14.00	I 07-05 III 07-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	100 n.n.	10 n.n.	35 n.n.
15.00 15.00	I 08-05 III 08-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	95 n.n.	<5 n.n.	25 n.n.
16.00 16.00	I 09-05 III 09-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	105 n.n.	<5 n.n.	25 n.n.
17.00 17.00	I 10-05 III 10-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	105 n.n.	<5 n.n.	25 n.n.
18.00 18.00	I 11-05 III 11-05	Tellowkanal Permeat	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	105 n.n.	10 n.n.	45 n.n.

**Tabelle 33. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV
Anlage 2; Auszüge Teil I-II; mg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom	Cyanid	Fluorid	Nickel	Nitrat	Nitrit	Quecksilber
8.30	I-01-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,16	<0,01	17,21	0,37	<0,0002
8.30	II-01-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
8.30	III-01-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
9.30	I-02-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	0,001	<0,01	n.a.	0,16	<0,01	17,58	0,37	<0,0002
9.30	II-02-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
9.30	III-02-06	Permeat	<0,01	<0,01	0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
10.30	I-03-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	17,66	0,36	<0,0002
10.30	II-01-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
10.30	III-03-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
11.30	I-04-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,12	<0,01	20,48	0,35	<0,0002
11.30	II-04-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
11.30	III-04-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
12.30	I-05-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,15	<0,01	18,92	0,33	<0,0002
12.30	II-05-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
12.30	III-05-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,62	<0,01	<0,0002
13.30	I-06-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,15	<0,01	19,46	0,34	<0,0002
13.30	II-06-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
13.30	III-06-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,40	<0,01	<0,0002
14.30	I-07-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,16	<0,01	18,51	0,34	<0,0002
14.30	II-07-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,59	<0,01	<0,0002
14.30	III-07-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,65	<0,01	<0,0002
15.30	I-08-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,16	<0,01	20,03	0,33	<0,0002
15.30	II-08-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,74	<0,01	<0,0002
15.30	III-08-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,76	<0,01	<0,0002
16.30	I-09-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,16	<0,01	22,36	0,33	<0,0002
16.30	II-09-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,85	<0,01	<0,0002
16.30	III-09-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,81	<0,01	<0,0002
17.30	I-10-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	18,82	0,34	<0,0002
17.30	II-10-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
17.30	III-10-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	1,92	<0,01	<0,0002
18.30	I-11-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	0,17	<0,01	20,43	0,33	<0,0002
18.30	II-11-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	<1,00	<0,01	<0,0002
18.30	III-11-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	n.a.	<0,05	<0,01	2,15	<0,01	<0,0002

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

n.a.: nicht analysiert

**Tabelle 34. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV
Anlage 2; Teil II; Lfd.Nr. 10; [µg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Summe PAK	Fluoranthen	Benzo-(b)- fluoranthen	Benzo-(k)- fluoranthen	Benzo-(a)- pyren
8.30	I-01-06	Teltowkanal	0,0816	0,0487	0,0095	0,0061	0,0134
8.30	II-01-06	Permeat	0,0100	0,0100	<0,0013	<0,0013	<0,0013
8.30	III-01-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
9.30	I-02-06	Teltowkanal	0,0885	0,0432	0,0104	0,0066	0,0140
9.30	II-02-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
9.30	III-02-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
10.30	I-03-06	Teltowkanal	0,0790	0,0412	0,0097	0,0062	0,0120
10.30	II-01-06	Permeat	0,0142	0,0142	<0,0013	<0,0013	<0,0013
10.30	III-03-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
11.30	I-04-06	Teltowkanal	0,1035	0,0425	0,0130	0,0078	0,0158
11.30	II-04-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
11.30	III-04-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
12.30	I-05-06	Teltowkanal	0,1111	0,0550	0,0112	0,0072	0,0149
12.30	II-05-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
12.30	III-05-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
13.30	I-06-06	Teltowkanal	0,1000	0,0443	0,0116	0,0076	0,0145
13.30	II-06-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
13.30	III-06-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
14.30	I-07-06	Teltowkanal	0,0933	0,0423	0,0109	0,0068	0,0133
14.30	II-07-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
14.30	III-07-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
15.30	I-08-06	Teltowkanal	0,1133	0,0490	0,0145	0,0087	0,0177
15.30	II-08-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
15.30	III-08-06	Permeat	0,0097	0,0069	0,0015	<0,0013	0,0014
16.30	I-09-06	Teltowkanal	0,0889	0,0429	0,0094	0,0059	0,0118
16.30	II-09-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
16.30	III-09-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013
17.30	I-10-06	Teltowkanal	0,0954	0,0460	0,0102	0,0063	0,0132
17.30	II-10-06	Permeat	<0,0063	<0,0063	<0,0013	<0,0013	<0,0013

n.a.: nicht analysiert

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

**Tabelle 35. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV
Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 14; [µg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Summe Organische Chlorverbindungen	1,1,1-Trichlor- ethan	Trichlorethen	Tetrachlorethen	Dichlormethan	Tetrachlormethan
8.30	I-01-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
8.30	II-01-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
8.30	III-01-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
9.30	I-02-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
9.30	II-02-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
9.30	III-02-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
10.30	I-03-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
10.30	II-03-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
10.30	III-03-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
11.30	I-04-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
11.30	II-04-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
11.30	III-04-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
12.30	I-05-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
12.30	II-05-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
12.30	III-05-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
13.30	I-06-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
13.30	II-06-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
13.30	III-06-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
14.30	I-07-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
14.30	II-07-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
14.30	III-07-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
15.30	I-08-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
15.30	II-08-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
15.30	III-08-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
16.30	I-09-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
16.30	II-09-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
16.30	III-09-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
17.30	I-10-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
17.30	II-10-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
17.30	III-10-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
18.30	I-11-06	Teltowkanal	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
18.30	II-11-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4
18.30	III-11-06	Permeat	<0,4	<0,66	<0,73	<0,41	<6,6	<0,4

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

n.a.: nicht analysiert

Tabelle 36. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Polychlorierte Biphenyle (Summe und Einzelstoffe); [$\mu\text{g/L}$]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Polychlorierte Biphenyle (Summe)	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138
8.30	I-01-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
8.30	II-01-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
8.30	III-01-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9.30	I-02-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9.30	II-02-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9.30	III-02-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
10.30	I-03-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
10.30	II-01-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
10.30	III-03-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
11.30	I-04-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
11.30	II-04-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
11.30	III-04-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
12.30	I-05-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
12.30	II-05-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
12.30	III-05-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13.30	I-06-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13.30	II-06-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13.30	III-06-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
14.30	I-07-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
14.30	II-07-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
14.30	III-07-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15.30	I-08-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15.30	II-08-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15.30	III-08-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
16.30	I-09-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
16.30	II-09-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
16.30	III-09-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
17.30	I-10-06	Teltowkanal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
17.30	II-10-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
17.30	III-10-06	Permeat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung
n.a.: nicht analysiert

Tabelle 37-1. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach
TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 11; [µg/L]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Atrazin	Desethyl- atrazin	Cyanazin	Sebutylazin	Simazin	Terbutylazin	Hexazinon	Chlortoluron
8.30	I-01-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
8.30	II-01-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
8.30	III-01-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	I-02-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	II-02-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	III-02-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	I-03-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	II-03-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	III-03-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	I-04-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	II-04-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	III-04-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.30	I-05-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.30	II-05-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.30	III-05-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	I-06-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	II-06-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	III-06-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.30	I-07-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.30	II-07-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.30	III-07-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.30	I-08-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.30	II-08-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.30	III-08-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	I-09-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	0,07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	II-09-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	III-09-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	I-10-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	II-10-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	III-10-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	I-11-06	Teltowkanal	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	II-11-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	III-11-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

**Tabelle 37-2. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach
TrinkwV Anlage 2; Teil I; Lfd.Nr. 11; [µg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Diuron	Isoproturon	Linuron	Methabenz- thiazuron	Metobromuron	Metoxuron	Monolinuron	Metazachlor	Metolachlor
8.30	I-01-06	Teltowkanal	0,12	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
8.30	II-01-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
8.30	III-01-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	I-02-06	Teltowkanal	0,12	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	II-02-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	III-02-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	I-03-06	Teltowkanal	0,13	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	II-03-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	III-03-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	I-04-06	Teltowkanal	0,08	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	II-04-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	III-04-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.30	I-05-06	Teltowkanal	0,12	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.30	II-05-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.30	III-05-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	I-06-06	Teltowkanal	0,10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	II-06-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	III-06-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.30	I-07-06	Teltowkanal	0,09	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.30	II-07-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.30	III-07-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.30	I-08-06	Teltowkanal	0,09	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.30	II-08-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.30	III-08-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	I-09-06	Teltowkanal	0,09	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	II-09-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	III-09-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	I-10-06	Teltowkanal	0,05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	II-10-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	III-10-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	I-11-06	Teltowkanal	0,05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	II-11-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	III-11-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

**Tabelle 38-1. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach
TrinkwV Anlage 3 und Ergänzungen; [mg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Aluminium	Ammonium	Calcium	Chlorid	Eisen	Kalium	Magnesium	Mangan
8.30	I-01-06	Tellowkanal	0,16	0,32	78,20	73,70	0,39	10,20	9,30	0,17
8.30	II-01-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	1,70	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
8.30	III-01-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	2,60	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
9.30	I-02-06	Tellowkanal	0,16	0,30	78,90	74,60	0,57	10,30	9,10	0,09
9.30	II-02-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
9.30	III-02-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	1,40	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
10.30	I-03-06	Tellowkanal	0,15	0,29	79,50	75,00	0,47	10,40	9,80	0,08
10.30	II-03-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
10.30	III-03-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
11.30	I-04-06	Tellowkanal	0,17	0,29	79,40	76,00	0,44	10,40	10,30	0,09
11.30	II-04-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
11.30	III-04-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
12.30	I-05-06	Tellowkanal	1,50	0,27	79,30	76,00	0,45	10,60	9,40	0,20
12.30	II-05-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
12.30	III-05-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	2,72	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
13.30	I-06-06	Tellowkanal	0,17	0,25	79,70	76,70	0,63	10,60	10,20	0,16
13.30	II-06-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	2,29	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
13.30	III-06-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
14.30	I-07-06	Tellowkanal	0,14	0,24	80,00	78,00	0,45	10,70	9,60	0,10
14.30	II-07-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	2,53	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
14.30	III-07-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
15.30	I-08-06	Tellowkanal	1,19	0,23	80,40	79,20	0,47	10,90	9,90	0,10
15.30	II-08-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	2,38	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
15.30	III-08-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
16.30	I-09-06	Tellowkanal	0,15	0,23	80,80	79,80	0,70	15,00	9,80	0,09
16.30	II-09-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	2,34	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
16.30	III-09-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	2,26	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
17.30	I-10-06	Tellowkanal	0,14	0,23	81,60	80,50	2,00	10,90	10,10	0,25
17.30	II-10-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
17.30	III-10-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
18.30	I-11-06	Tellowkanal	0,19	0,23	81,70	81,90	1,20	14,50	10,00	0,16
18.30	II-11-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01
18.30	III-11-06	Permeat	<0,04	<0,05	<1,0	<0,50	<0,05	<0,8	n.b.	<0,01

**Tabelle 38-2. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach
TrinkwV Anlage 3 und Ergänzungen; [mg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Natrium	Phosphat	Sulfat	Mineralöle	BTX (µg/l)	Kupfer	Zink
8.30	I-01-06	Teltowkanal	87,00	0,86	101,26	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
8.30	II-01-06	Permeat	<1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
8.30	III-01-06	Permeat	<1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
9.30	I-02-06	Teltowkanal	79,00	n.a.	105,43	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
9.30	II-02-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
9.30	III-02-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
10.30	I-03-06	Teltowkanal	69,00	0,86	105,08	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
10.30	II-01-06	Permeat	<1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
10.30	III-03-06	Permeat	<1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
11.30	I-04-06	Teltowkanal	71,00	n.a.	98,11	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
11.30	II-04-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
11.30	III-04-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
12.30	I-05-06	Teltowkanal	74,00	0,87	85,88	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
12.30	II-05-06	Permeat	<1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
12.30	III-05-06	Permeat	<1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
13.30	I-06-06	Teltowkanal	78,00	n.a.	87,11	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
13.30	II-06-06	Permeat	1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
13.30	III-06-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
14.30	I-07-06	Teltowkanal	85,00	0,80	87,44	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
14.30	II-07-06	Permeat	<1,00	<0,20	4,82	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
14.30	III-07-06	Permeat	<1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
15.30	I-08-06	Teltowkanal	75,00	n.a.	96,66	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
15.30	II-08-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
15.30	III-08-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
16.30	I-09-06	Teltowkanal	76,00	1,61	105,29	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
16.30	II-09-06	Permeat	<1,00	0,46	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
16.30	III-09-06	Permeat	<1,00	0,35	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
17.30	I-10-06	Teltowkanal	78,00	n.a.	96,69	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
17.30	II-10-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
17.30	III-10-06	Permeat	<1,00	n.a.	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
18.30	I-11-06	Teltowkanal	85,00	0,90	94,02	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
18.30	II-11-06	Permeat	1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1
65	III-11-06	Permeat	<1,00	<0,20	<1,00	n.a.	<10,0	<0,1	<0,1

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

n.a.: nicht analysierbar

**Tabelle 39. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Chemische Parameter nach TrinkwV
Anlage 2; Teil II; Lfd.Nr. 11; [µg/L]**

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Summe Trihalogenmethane	Chloroform	Dichlorbrommethan	Chlordibrommethan	Bromoform
8.30	I-01-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
8.30	II-01-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
8.30	III-01-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
9.30	I-02-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
9.30	II-02-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
9.30	III-02-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
10.30	I-03-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
10.30	II-03-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
10.30	III-03-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
11.30	I-04-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
11.30	II-04-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
11.30	III-04-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
12.30	I-05-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
12.30	II-05-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
12.30	III-05-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
13.30	I-06-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
13.30	II-06-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
13.30	III-06-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
14.30	I-07-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
14.30	II-07-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
14.30	III-07-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
15.30	I-08-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
15.30	II-08-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
15.30	III-08-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
16.30	I-09-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
16.30	II-09-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
16.30	III-09-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
17.30	I-10-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
17.30	II-10-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
17.30	III-10-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
18.30	I-11-06	Teltowkanal	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
18.30	II-11-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44
18.30	III-11-06	Permeat	<0,50	<0,73	<0,50	<0,61	<1,44

Tabelle 40. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Sonstige Parameter; [mmol/L]

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Säurekapazität bis pH 4,3	Basekapazität bis pH 8,2	Gesamthärte	Gesamthärte °dH	Carbonathärte	Carbonathärte °dH	Abdampfdruckstand mg/l
8.30	I-01-06	Teltowkanal	3,00	0,07	2,33	13,0	3,00	8,4	480
8.30	II-01-06	Permeat	0,29	0,06	<0,009	<0,05	0,29	0,8	n.b.
8.30	III-01-06	Permeat	0,39	0,08	<0,009	<0,05	0,39	1,0	n.b.
9.30	I-02-06	Teltowkanal	3,01	0,07	2,34	13,1	3,01	8,4	470
9.30	II-02-06	Permeat	0,39	0,07	<0,009	<0,05	0,39	1,1	n.b.
9.30	III-02-06	Permeat	0,29	0,08	<0,009	<0,05	0,29	0,8	n.b.
10.30	I-03-06	Teltowkanal	3,01	0,07	2,38	13,3	3,01	8,4	480
10.30	II-03-06	Permeat	0,39	0,06	<0,009	<0,05	0,39	1,0	n.b.
10.30	III-03-06	Permeat	0,23	0,08	<0,009	<0,05	0,23	0,6	n.b.
11.30	I-04-06	Teltowkanal	3,07	0,07	2,40	13,4	3,07	8,6	540
11.30	II-04-06	Permeat	0,29	0,06	<0,009	<0,05	0,29	0,8	20
11.30	III-04-06	Permeat	0,39	0,09	<0,009	<0,05	0,39	1,0	20
12.30	I-05-06	Teltowkanal	3,10	0,08	2,36	13,2	3,10	8,6	540
12.30	II-05-06	Permeat	0,39	0,06	<0,009	<0,05	0,39	1,1	10
12.30	III-05-06	Permeat	0,39	0,09	<0,009	<0,05	0,39	1,1	10
13.30	I-06-06	Teltowkanal	3,10	0,08	2,40	13,4	3,10	8,6	530
13.30	II-06-06	Permeat	0,39	0,05	<0,009	<0,05	0,39	1,0	n.b.
13.30	III-06-06	Permeat	0,39	0,09	<0,009	<0,05	0,39	1,1	n.b.
14.30	I-07-06	Teltowkanal	3,15	0,07	2,38	13,3	3,15	8,8	540
14.30	II-07-06	Permeat	0,35	0,04	<0,009	<0,05	0,35	1,0	n.b.
14.30	III-07-06	Permeat	0,39	0,09	<0,009	<0,05	0,39	1,1	n.b.
15.30	I-08-06	Teltowkanal	3,15	0,08	2,41	13,5	3,15	8,8	550
15.30	II-08-06	Permeat	0,39	0,05	<0,009	<0,05	0,39	1,1	10
15.30	III-08-06	Permeat	0,49	0,09	<0,009	<0,05	0,49	1,3	10
16.30	I-09-06	Teltowkanal	3,19	0,07	2,42	13,5	3,19	8,9	560
16.30	II-09-06	Permeat	0,39	0,07	<0,009	<0,05	0,39	1,1	10
16.30	III-09-06	Permeat	0,32	0,09	<0,009	<0,05	0,32	0,9	n.b.
17.30	I-10-06	Teltowkanal	3,27	0,07	2,45	13,7	3,27	9,1	560
17.30	II-10-06	Permeat	0,39	0,07	<0,009	<0,05	0,39	1,0	n.b.
17.30	III-10-06	Permeat	0,49	0,10	<0,009	<0,05	0,49	1,3	n.b.
18.30	I-11-06	Teltowkanal	3,18	0,07	2,45	13,7	3,18	8,9	560
18.30	II-11-06	Permeat	0,39	0,07	<0,009	<0,05	0,39	1,1	n.b.
18.30	III-11-06	Permeat	0,35	0,09	<0,009	<0,05	0,35	0,9	n.b.

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

n.b.: nicht bestimmbar

Tabelle 41. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Mikrobiologische Untersuchung

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden		E.Coli / Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstreptokokken in 100 ml Flussigeanreicherung bei 36°C +/- 1°C	Pseudomonas spp. in 100 ml in 36°C +/- 1°C		sulfitred. Sporenbild. Anaerobien in 20 ml
			Bebrütung 44 +/- 4 Std						
			20°C +/- 2°C	36°C +/- 1°C					
8.30	I-01-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	E.Coli / Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
8.30	II-01-06	Permeat	44	40	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
8.30	III-01-06	Permeat	10	8	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
9.30	I-02-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	E.Coli / Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
9.30	II-02-06	Permeat	15	11	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
9.30	III-02-06	Permeat	36	23	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
10.30	I-03-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
10.30	II-01-06	Permeat	6	8	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
10.30	III-03-06	Permeat	5	2	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
11.30	I-04-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
11.30	II-04-06	Permeat	9	7	negativ	negativ	Ps. aeruginosa	negativ	negativ
11.30	III-04-06	Permeat	9	3	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
12.30	I-05-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	E.Coli / Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
12.30	II-05-06	Permeat	6	8	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
12.30	III-05-06	Permeat	4	4	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
13.30	I-06-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
13.30	II-06-06	Permeat	9	5	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
13.30	III-06-06	Permeat	2	1	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
14.30	I-07-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
14.30	II-07-06	Permeat	1	0	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
14.30	III-07-06	Permeat	2	5	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
15.30	I-08-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
15.30	II-08-06	Permeat	4	5	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
15.30	III-08-06	Permeat	1	3	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
16.30	I-09-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
16.30	II-09-06	Permeat	8	12	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
16.30	III-09-06	Permeat	1	1	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
17.30	I-10-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
17.30	II-10-06	Permeat	1	1	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
17.30	III-10-06	Permeat	3	1	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
18.30	I-11-06	Tellurkanal	> 1000	> 1000	Coliforme Keime	positiv	negativ	negativ	positiv
18.30	II-11-06	Permeat	4	3	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
18.30	III-11-06	Permeat	3	2	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ

Tabelle 42. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Ergebnisse der Vor-Ort-Bestimmung

Zeit	Prob.Nr.	Probe aus	Temperatur °C	pH-Wert	Leitfähigkeit µS/cm	Redoxpotential mV	O2-Gehalt mg/l	DOC mg/l	CSB mg/l	Bor mg/l
8.30	I-01-06	Teltowkanal	22,0	7,45	743	158	5,8	16,20	24,70	0,229
8.30	II-01-06	Permeat	22,0	5,29	2,40	192	3,2	5,85	< 5,00	< 0,050
8.30	III-01-06	Permeat	22,4	5,84	3,97	199	4,2	7,57	< 5,00	< 0,050
9.30	I-02-06	Teltowkanal	22,1	7,47	746	186	5,9	n.a.	n.a.	n.a.
9.30	II-02-06	Permeat	22,9	5,39	2,39	221	3,3	n.a.	n.a.	n.a.
9.30	III-02-06	Permeat	22,8	5,53	3,16	194	3,8	n.a.	n.a.	n.a.
10.30	I-03-06	Teltowkanal	22,3	7,48	750	218	6,0	18,20	34,90	0,147
10.30	II-01-06	Permeat	23,0	5,14	2,39	250	3,4	< 5,00	9,71	< 0,050
10.30	III-03-06	Permeat	22,9	5,29	3,19	235	3,6	< 5,00	7,90	< 0,050
11.30	I-04-06	Teltowkanal	22,2	7,49	753	225	6,0	n.a.	n.a.	n.a.
11.30	II-04-06	Permeat	23,3	5,47	2,35	273	3,5	n.a.	n.a.	n.a.
11.30	III-04-06	Permeat	23,2	5,57	3,23	267	4,8	n.a.	n.a.	n.a.
12.30	I-05-06	Teltowkanal	22,3	7,49	757	213	6,1	13,50	25,30	0,217
12.30	II-05-06	Permeat	23,3	5,17	2,35	246	3,3	< 5,00	< 5,00	< 0,050
12.30	III-05-06	Permeat	23,6	5,51	3,11	228	3,8	< 5,00	< 5,00	< 0,050
13.30	I-06-06	Teltowkanal	22,4	7,52	761	208	6,3	n.a.	n.a.	n.a.
13.30	II-06-06	Permeat	23,7	5,61	2,44	216	3,1	n.a.	n.a.	n.a.
13.30	III-06-06	Permeat	23,6	5,88	2,85	223	3,8	n.a.	n.a.	n.a.
14.30	I-07-06	Teltowkanal	22,6	7,54	770	205	6,4	13,00	24,90	0,223
14.30	II-07-06	Permeat	23,6	5,75	2,46	203	3,0	< 5,00	< 5,00	< 0,050
14.30	III-07-06	Permeat	23,9	5,89	2,88	117	3,8	< 5,00	< 5,00	< 0,050
15.30	I-08-06	Teltowkanal	22,7	7,53	777	217	6,4	n.a.	n.a.	n.a.
15.30	II-08-06	Permeat	24,0	5,47	2,40	217	3,1	n.a.	n.a.	n.a.
15.30	III-08-06	Permeat	24,1	5,88	2,98	218	3,8	n.a.	n.a.	n.a.
16.30	I-09-06	Teltowkanal	22,7	7,55	783	261	6,6	12,90	26,80	0,216
16.30	II-09-06	Permeat	24,1	5,43	2,41	285	3,5	< 5,00	< 5,00	< 0,050
16.30	III-09-06	Permeat	24,1	5,91	2,87	242	3,8	< 5,00	< 5,00	< 0,050
17.30	I-10-06	Teltowkanal	22,7	7,55	789	260	6,6	n.a.	n.a.	n.a.
17.30	II-10-06	Permeat	23,6	5,38	2,50	270	3,3	n.a.	n.a.	n.a.
17.30	III-10-06	Permeat	24,1	5,83	7,37	269	3,8	n.a.	n.a.	n.a.
18.30	I-11-06	Teltowkanal	22,7	7,53	795	274	6,4	12,30	20,60	0,269
18.30	II-11-06	Permeat	23,6	5,50	2,61	294	3,1	5,70	< 5,00	< 0,050
18.30	III-11-06	Permeat	24,1	5,78	2,91	289	3,8	< 5,00	< 5,00	< 0,050

Fette Schrift: Über Grenzwert der Trinkwasserverordnung

n.a.: nicht analysiert

Tabelle 43. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Ausgewählte Arznel- und Flammenschutzmittel (A-K); [ng/L]

Zeit	Probennr.	Probe aus	AMIDOPH	Clofibrinsäure	Coffein*	Diclofenac	Gemfibrozil	Fenofibrat	Fenoprofen	Ketoprofen
8.30	I 01-06	Tellowkanal	335	165	410	295	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
8.30	II 01-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
8.30	III 01-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	I 02-06	Tellowkanal	370	170	375	340	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	II 02-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
9.30	III 02-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	I 03-06	Tellowkanal	350	170	405	365	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	II 03-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
10.30	III 03-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	I 04-06	Tellowkanal	385	180	390	380	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	II 04-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
11.30	III 04-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.30	I 05-06	Tellowkanal	385	180	465	300	n.n.	n.n.	n.n.	15
12.30	II 05-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
12.30	III 05-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	I 06-06	Tellowkanal	365	175	465	200	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	II 06-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
13.30	III 06-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.30	I 07-06	Tellowkanal	325	180	470	250	n.n.	n.n.	n.n.	10
14.30	II 07-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
14.30	III 07-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.30	I 08-06	Tellowkanal	315	180	530	255	n.n.	n.n.	n.n.	10
15.30	II 08-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
15.30	III 08-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	I 09-06	Tellowkanal	355	180	455	310	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	II 09-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
16.30	III 09-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	I 10-06	Tellowkanal	380	190	525	225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	II 10-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	III 10-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	I 11-06	Tellowkanal	325	185	525	395	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	II 11-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	III 11-06	Pernieat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

* ohne Einbeziehung der Wiederfindung
AMDOPH 1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenyl-hydrazid

Tabelle 44. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Ausgewählte Arznei- und Flammenschutzmittel (L-Z); [ng/L]

Zeit	Probennr.	Probe aus	Meclofenaminsäure	Naproxen	NPS	Pentoxifyllin	Propiphenazon	TCEP	TCIPP	Toifenaminsäure
8.30	I 01-06	Teltofwkanal	n.n.	30	685	n.n.	250	1505	1840	n.n.
8.30	II 01-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	n.n.
8.30	III 01-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	n.n.
9.30	I 02-06	Teltofwkanal	n.n.	40	700	n.n.	250	1760	2100	n.n.
9.30	II 02-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
9.30	III 02-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
10.30	I 03-06	Teltofwkanal	n.n.	35	710	n.n.	230	1625	1900	n.n.
10.30	II 03-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	n.n.
10.30	III 03-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	n.n.
11.30	I 04-06	Teltofwkanal	n.n.	35	743	n.n.	275	1695	2080	n.n.
11.30	II 04-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
11.30	III 04-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
12.30	I 05-06	Teltofwkanal	n.n.	30	555	n.n.	295	1080	1515	n.n.
12.30	II 05-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	n.n.
12.30	III 05-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	n.n.
13.30	I 06-06	Teltofwkanal	n.n.	20	255	n.n.	290	565	1315	n.n.
13.30	II 06-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
13.30	III 06-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
14.30	I 07-06	Teltofwkanal	n.n.	35	465	n.n.	275	985	1430	n.n.
14.30	II 07-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
14.30	III 07-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
15.30	I 08-06	Teltofwkanal	n.n.	30	520	n.n.	230	1180	1500	n.n.
15.30	II 08-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
15.30	III 08-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
16.30	I 09-06	Teltofwkanal	n.n.	35	530	n.n.	255	965	1545	n.n.
16.30	II 09-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
16.30	III 09-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	<10	n.n.
17.30	I 10-06	Teltofwkanal	n.n.	30	380	n.n.	315	885	1635	n.n.
17.30	II 10-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
17.30	III 10-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<10	n.n.	n.n.
18.30	I 11-06	Teltofwkanal	n.n.	35	560	n.n.	250	1025	1510	n.n.
18.30	II 11-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
18.30	III 11-06	Permeat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

NPS: N-Phenylsulfonylsarcosin

TCEP: Tris(chloroethyl)phosphat

TCIPP: Tris(2-chloroisopropyl)phosphat

Tabelle 45. Double Pass Modus vom 06.09.2000, Ausgewählte Pflanzenschutzmittel und Insektizidmetaboliten; [ng/L]

[illegible]

Kapitel 5

BERICHT ZUM FELDVERSUCH ZUR TRINKWASSERGEWINNUNG AUS ABWASSER MITTELS DER MOBILEN TRINKWASSERAUFBEREITUNGSANLAGE TAA „PROTOTYP“

Einleitung

Im Rahmen militärischer Auslandseinsätze, humanitärer Hilfsaktionen oder nach terroristischen Anschlägen kann es notwendig sein, Trinkwasser auch aus hoch kontaminierten Oberflächengewässern zu gewinnen, die eine Vielzahl verschiedener organischer, anorganischer und mikrobiologischer Verunreinigungen, wie z.B. Arzneimittel, Organophosphat-Verbindungen oder Schwermetalle enthalten können. Mobile Trinkwasseraufbereitungsanlagen müssen deshalb in der Lage sein, jegliche Art von Kontaminanten soweit wie möglich zu entfernen, damit die Anforderungen der deutschen bzw. europäischen Trinkwasserrichtlinie/-verordnung erfüllt werden. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Arzneimittelrückstände in Trinkwasser; Methodenentwicklung – Vorkommen - Wasseraufbereitung“ wurde im September 2001 die Funktionalität und die Effektivität des Prototyps einer neuen, mobilen Trinkwasseraufbereitungsanlage in einem sogenannten „worst-case“ Szenario getestet. Hierbei sollte aus Abwasser des größten Berliner Klärwerks mittels Membranfiltration qualitativ hochwertiges Trinkwasser erzeugt werden. Weitere Hintergrundinformationen und theoretische Grundlagen sind bereits publiziert (Heberer et al., eingereicht; Heberer und Feldmann, 2004) und befinden sich im Anhang.

Aufbereitungsanlage

Der Versuch wurde mit einem Prototyp einer in der Testphase befindlichen Trinkwasseraufbereitungsanlage durchgeführt (Abbildung 25). Die „TAA Prototyp“ ist auf Anforderung der Bundeswehr von der Fa. Serling-Berkenfeld, Celle

entworfen und gebaut worden. Es handelt sich um ein containerisiertes System, bestehend aus einem 10-Fuß-Container, der die Stromversorgung (Dieselaggregat) enthält und einem 20-Fuß-Container in dem die eigentliche Aufbereitungsanlage enthalten ist. Beide Container sind auf einem teilgeländegängigen Sattelzug montiert, können aber jederzeit auch stationär auf festem Boden betrieben werden und sind außerdem luftverladefähig. Die ganze Anlage ist EMP- und druckstoßgeschützt (EMP = Elektro-Magnetischer Puls).



Abbildung 25. Trinkwasseraufbereitungsanlage TAA „Prototyp“

Bei der untersuchten Anlage werden verschiedene Arten der Filtration miteinander kombiniert. Ein erster Spaltfilter mit einer Spaltbreite von $100\ \mu\text{m}$ hält grobe Verunreinigungen wie z.B. den Großteil der Algen und Schlammpartikel zurück, während die nachgeschaltete Ultrafiltration ($0,2\ \mu\text{m}$) die Membranen vor einer zu hohen Bakterienbesiedlung schützen soll, die in der Folge zu einer starken Verkeimung und zum „clogging“ der Membranen führen würde. Bei den Umkehrosmoseeinheiten handelt es sich um insgesamt acht Membransysteme, die im cross-flow-Verfahren betrieben werden. Der Membrantyp ist speziell für die Meerwasserentsalzung entwickelt worden.

Die Anlage kann in drei verschiedenen Modi betrieben werden. Bei einer ausschließlichen Nutzung der Ultrafiltration können mit der Anlage ca. $10\ \text{m}^3/\text{h}$ Produktwasser erzeugt werden. Die Nutzung der Umkehrosmose bietet die

Möglichkeit der einfachen (single pass Modus) und der doppelten (double pass Modus) Membranpassage, wobei sich die Produktwassermenge auf $\sim 5 \text{ m}^3/\text{h}$ bzw. $\sim 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ verringert (Abbildung 26).

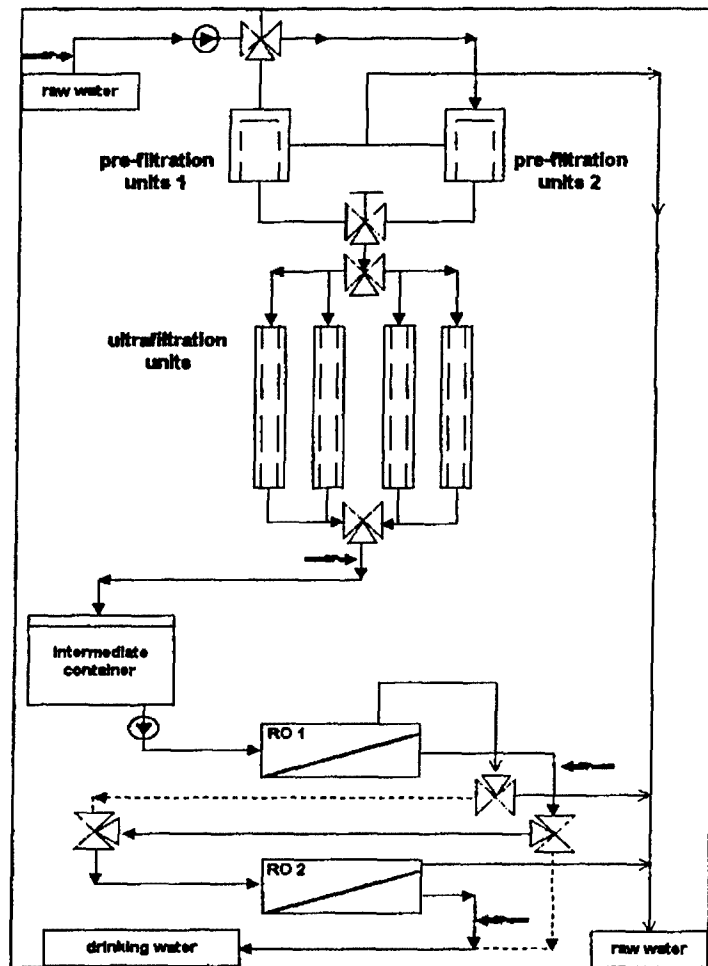


Abbildung 26. Schematische Darstellung des Wasserflusses im Single- und Double-Pass-Modus (die gestrichelte Linie stellt den Single-Pass-Modus dar), SP - Probenahmestellen

Das Rohwasser wird mit einer Tauchpumpe gefördert, die an Schwimmern befestigt ist und ca. 1-1,5 m tief ins Wasser eintaucht, (Abbildung 27 + 28). Des Weiteren besitzt die Anlage 3 Kolben-Hochdruckpumpen, denen im double-pass-Betrieb noch eine Kreislumpumpe zugeschaltet wird. Dem System können so pro Stunde $\sim 25 \text{ m}^3$ Rohwasser zugeführt werden.

Angaben zu den Membranen

Ultrafiltration

Membransystem der Fa. Koch

Taga V 80 48-43-PM100

10 Module á 23,9 m³

Abscheidegrenze: 100.000 D = 0,01 µm

Umkehrosmose

Membransystem der Fa. Dow-Chemical

Filmtec SW 380 HR

8 Module

max. Druckniveau: 70 bar

max. Salzbelastung: 52.000 µS/cm

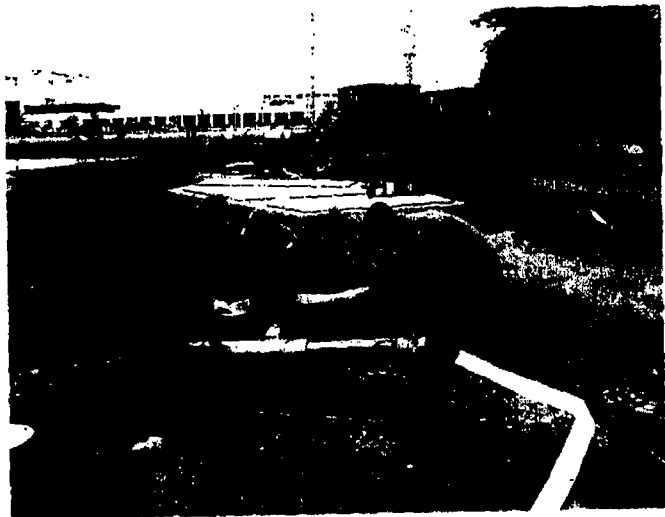


Abbildung 27 + 28. Tauchpumpe, Tauchpumpe mit Schwimmer beim Ablassen in das Rohwasserreservoir

Versuchskonzept

Im Rahmen dieses Feldversuches wurde die Anlage über einen Zeitraum von 48 Stunden im double-pass-Modus betrieben werden. Die Beprobung erfolgte an vier verschiedenen Entnahmepunkten. Es wurde das Rohwasser, das Wasser nach der Ultrafiltration sowie jenes nach der ersten und nach der zweiten RO-Passage entnommen und analysiert. Eine Entnahme von Proben nach den Spaltfiltern war aus technischen Gründen leider nicht möglich und musste daher unterbleiben. Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden zusätzlich am Beginn und weiter alle 12 Stunden Proben im Speichertank (nach Ultrafiltration) und nach Zudosierung des Chlors am Anlagenausgang gezogen.

Ein Teil der Parameter wurde direkt vor Ort untersucht, die restlichen Probengefäße wurden mehrfach täglich in die Institute (ZInstSanBw BER und TU Berlin, Fachbereich Lebensmittelchemie) zur Kühlung und weiteren Untersuchung gebracht. 20 Proben wurden in Teflongefäße abgefüllt und per Post an das Zentrale Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr München zur Untersuchung auf Uranrückstände übersandt. Weitere 12 Proben wurden direkt auf dem Gelände des Klärwerks von einem Labor der Berliner Wasserbetriebe auf organisch gebundene Halogenide (AOI, AOB_r, AOCl und AOX) untersucht.

Alle drei Stunden wurde eine komplette Probenahme an den oben aufgeführten Probenahmepunkten durchgeführt. Im 12 Stundenrhythmus wurden zusätzlich Proben für die Uran-, LHKW-, PAK- und Pestiziduntersuchung sowie die beiden zusätzlichen mikrobiologischen Proben gezogen. Alle 24 Stunden erfolgte zudem die Untersuchung auf organisch gebundene Halogenide.

Im einzelnen setzte sich das Untersuchungsspektrum wie folgt zusammen:

Tabelle 46. Untersuchte Parameter

Parameter- gruppe	Einzelsubstanzen	Untersuchungsort
anorganische Parameter	As, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Cu, Zn, CN^- , F^- , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}	ZInstSanBw Berlin
PAK	Fluoranthren, Benzo-(b)-fluoranthren, Benzo- (k)-fluoranthren, Benzo-(a)-pyren, Benzo- (ghi)-perylen, Indeno-(1,2,3)-pyren	ZInstSanBw Berlin
organische Chlor- verbindungen	1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen, Dichlormethan, Tetrachlormethan	ZInstSanBw Berlin
polychlorierte Biphenyle	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180	ZInstSanBw Berlin
Triazine, Phenylharnstoff- derivate, substituierte Anilide	Atrazin, Desethylatrazin, Cyanazin, Sebutylazin, Simazin, Terbutylazin, Hexazinon, Chlortoluron, Diuron, Isoproturon, Linuron, Methabenz-thiazuron, Metobromuron, Metoxuron, Monolinuron, Metazachlor, Metolachlor,	ZInstSanBw Berlin
Trihalogen- methane	Chloroform, Dichlorbrommethan, Chlordibrommethan, Bromoform	ZInstSanBw Berlin
Sonstige Parameter	Säurekapazität bis pH 4,3, Basekapazität bis pH 8,2, Gesamthärte, Carbonathärte, Abdampfdruckstand, BTX	ZInstSanBw Berlin
Mikrobiologie	Gesamtkeimzahl bei 20°C und 36°C, E.coli / Coliforme Keime, Fäkalstreptokokken, Pseudomonas aeruginosa, sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier	ZInstSanBw Berlin
Vor Ort Bestimmungen	Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Trübung, Redoxpotential, DOC, CSB, Bor, Phenole, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , anionische und kationische Tenside, freies Chlor	vor Ort
Arzneimittelrück- stände	AMDOPH, Bezafibrat, Carbamazepin, Clofibrinsäure, Diclofenac, Fenofibrat, Fenofibrinsäure, Fenoprofen, Gemfibrozil, Ibuprofen, Indometacin, Ketoprofen, Meclofenaminsäure, Mefenaminsäure, Naproxen, Oxazepam, Pentoxifyllin, Phenacetin, Primidon, Propiphenazon, Tolfenaminsäure	Inst. für Lebensmittelchemie, TU Berlin
organische Phosphate	Tris-(chlorethyl)phosphat (TCEP), Tris-(chlorisopropyl)phosphat (TCIPP)	Inst. für Lebensmittelchemie, TU Berlin
sonstige	N-(phenylsulfonyl)sarcosin	Inst. für Lebensmittelchemie, TU Berlin
Herbizide u. DDA	2,4-D, Bentazon, Dichlorprop, MCPA, Mecoprop, o,p'-DDA, p,p'-DDA	Inst. für Lebensmittelchemie, TU Berlin
org. geb. Halogenide	AOI, AOCl, AOB, AOX	Berliner Wasserbetriebe
Radiochemie	Uran, γ -Aktivität	ZInstSanBw München

Versuchsdurchführung

Für die Versuchsdurchführung wurde eine Rohwasserquelle benötigt, die über einen ausreichend langen Zeitraum eine relativ stabile Schadstofffracht aufweist, hohe Konzentrationen an Arzneimittelrückständen und anderer Kontaminanten beinhaltet und vor allem auch mikrobiell stark belastet ist.

Des Weiteren wurde eine große Stellfläche benötigt, um den Sattelschlepper stabil abzustellen und ein Wasserbecken für Spülwasser sowie ein Zelt für die vor-Ort-Untersuchungen aufzubauen. Das Klärwerk Ruhleben im Norden Berlins stellte das ideale Terrain für diesen Feldversuch dar. Es ist die größte Kläranlage der Hauptstadt und verfügt über ausreichend große Freiflächen im Bereich der Klärwerksabflüsse (Abbildung 29). Am Montag, dem 17.09.2001, wurde die Trinkwasseraufbereitungsanlage auf dem Betriebsgelände in Spandau aufgebaut und in Betrieb genommen. Der 48-Stunden-Test begann noch am selben Tag um 15:00 Uhr und endete am 19.09.2001 ebenfalls um 15:00 Uhr.

Am Morgen des 18.09.2001 setzte gegen 9:30 Uhr starker Regen ein, der erst um 21:00 Uhr endete. Der hieraus resultierende Verdünnungseffekt kann am Absinken der Leitfähigkeitswerte des Rohwassers deutlich dokumentiert werden. Im Laufe der zwei Tage nahm die Leitfähigkeit von 1068 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erst auf 1192 $\mu\text{S}/\text{cm}$ zu, dann sank sie stetig bis auf 659 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am Ende des Versuches ab.

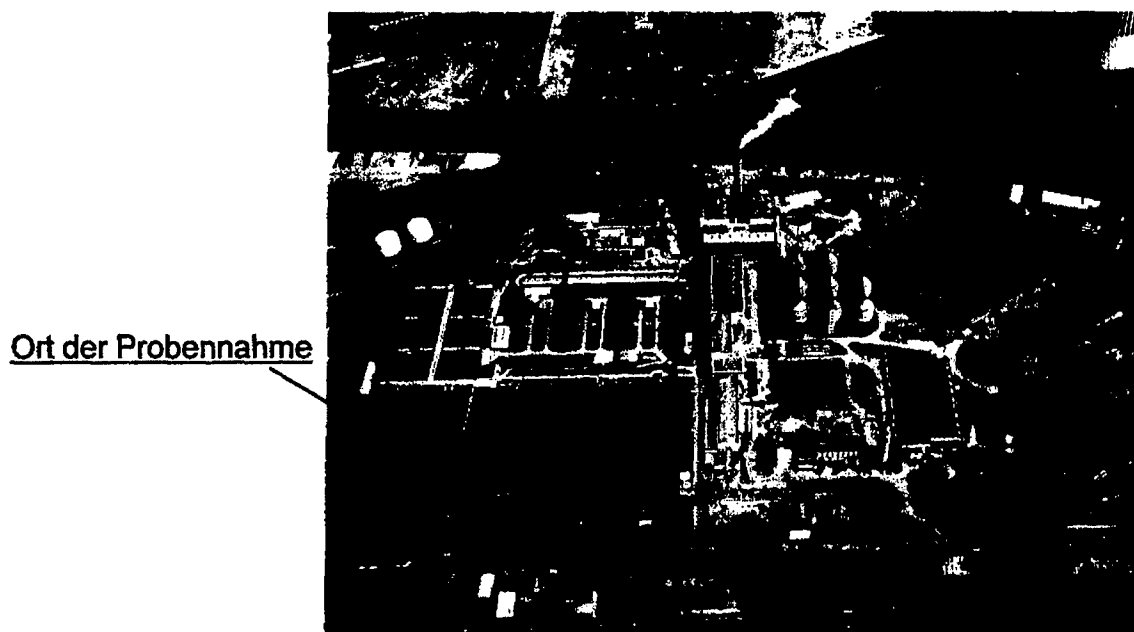


Abbildung 29. Luftaufnahme des Klärwerks Ruhleben und des Probenahmeortes

(Bildmaterial aus dem Archiv der Berliner Wasserbetriebe)

Probenahme

Die Probenahme erfolgte grundsätzlich erst nach kurzzeitigem Abfließen des in der Installation stehenden Restwassers. Es wurden die in der Trinkwasseranalytik üblichen Probenahmegefäße aus Glas, PET und Teflon verwendet. Teilweise wurden die Proben mit Salzsäure oder Salpetersäure konserviert. Die Proben für die Bestimmung auf organische Chlorverbindungen sowie die mikrobiologischen Proben nach der Chlorzudosierung wurden mit Natriumthiosulfat-Lösung versetzt, um noch vorhandenes freies Chlor abzupuffern.

Die Proben wurden nach Möglichkeit von mehreren Probenehmern parallel, ansonsten in der Reihenfolge Rohwasser, Ultrafiltrat, Wasser RO1 und Wasser RO2 gezogen. Für die mikrobiologische Probenahme erfolgte das Abfackeln der Wasserhähne mit einem hierfür geeigneten Gasbrenner. Alle Gefäße wurden sofort nach der Entnahme der Probe dauerhaft mit den entsprechenden Probennummern gekennzeichnet.

Analytik

Bei der vor Ort Analytik erfolgte die Bestimmung des pH-Wertes mit einer pH-Elektrode der Firma Greisinger (Regenstauf/Deutschland), die Bestimmung der Leitfähigkeit, des Redoxpotentials und der Temperatur mit einem Messgerät der Firma WTW (Weilheim/ Deutschland).

Die Parameter DOC, CSB, Bor, Nitrit, Nitrat, Ammonium, Phenol, anionische und kationische Tenside wurden mit photometrischen Küvettentests der Firma Dr. Lange (Düsseldorf/Deutschland) bestimmt und am Photometer LASA 100 (Dr. Lange, Düsseldorf/ Deutschland) vermessen.

Da ausschließlich Testsätze mit den folgenden Messbereichen verwendet wurden, mussten die Proben bei Überschreitung der oberen Grenze vereinzelt verdünnt und erneut vermessen werden.

Parameter	Messbereich [mg/L]	Test-Nr.:
DOC	5-50	LCK 383
CSB	5-60	LCK 414
Bor	0,05-2,5	LCK 307
Nitrat	1-60	LCK 339
Nitrit	0,05-2,0	LCK 341
Ammonium	0,02-5,0	LCK 304
Phenol	0,05-5,0	LCK 345
kationische Tenside	0,2-2,0	LCK 332
anionische Tenside	0,2-2,0	LCK 331

Für die Bestimmung des freien Chlors nach der Chlorzudosierung am Ende der Aufbereitung wurde ein mobiles Photometer der Firma Merck (Darmstadt/Deutschland) vom Typ SQ 118 verwendet.

Folgende Methoden wurden am ZInstSanBw Berlin zur Analytik der Wasserproben angewandt:

- Ionenchromatographie (Chlorid, Sulfat)
- Potentiometrie (Magnesium, Calcium)
- Ionenselektive Elektrode (Fluorid)

- AAS - Graphitrohr (Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Aluminium, Eisen, Mangan)
 - Flamme (Kalium, Natrium, Kupfer, Zink)
 - Hydridmethode (Arsen)
 - Amalgamverfahren (Quecksilber)
- GC/ECD (Organische Chlorverbindungen, PCB, THM)
- GC/MSD (BTX)
- HPLC (PAK, Pestizide)

Die Analytik der Proben auf polare Arzneimittel- und Herbizidrückstände sowie auf organische Phosphate am Institut für Lebensmittelchemie besteht aus folgenden Schritten: Zunächst erfolgte eine Anreicherung der Analyten mittels Festphasenextraktion (SPE) an RP-C18-Material bei eingestelltem pH-Wert < 2. Nach Elution wurden die Analyten mit Pentafluorbenzylbromid bzw. mit MTBSTFA derivatisiert. Die Bestimmung der Analyten erfolgte mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie (GC/MS) am GC6890/MS5973 der Firma Agilent Technologies (Waldheim, Deutschland). Alle Analysen wurden unter Verwendung mindestens eines Surrogate Standards durchgeführt.

Die Untersuchungen auf Uran am ZInstSanBw München erfolgten mittels ICP/MS, für die Bestimmung der γ -Aktivität wurde ein γ -Messplatz der Firma EG&G Ortec (Darmstadt/ Deutschland) verwendet.

Für die Bestimmung der organisch gebundenen Halogenide wurde seitens der Berliner Wasserbetriebe eine Summenparameterbestimmung der adsorbierbaren organischen Halogene (AOX, AOCl, AOBr, AOI) angewandt.

Ergebnisse

Die Trinkwasseraufbereitungsanlage TAA „Prototyp“ wurde auf dem Gelände der Kläranlage Ruhleben/Berlin in einem 48-Stunden-Feldversuch auf ihr Rückhaltevermögen bezüglich verschiedener anorganischer, organischer und mikrobiologischer Verunreinigungen getestet. Die hierbei gewonnenen Messergebnisse können den Tabellen 50 – 152 entnommen werden.

Das Abwasser kommunaler Klärwerke weist einige typische Kontaminanten auf, die nach einer Einleitung in Oberflächengewässer deren Qualität beeinflussen. So können in diesen Gewässern erhöhte Werte an Stoffen wie Ammonium, Chlorid, Nitrat, Nitrit und Phosphat als Indikatoren für die fäkale Verunreinigung des Wassers, Bor und die anionischen und kationischen Tenside als Indikatoren für Waschmittel- und Körperpflegeproduktrückstände betrachtet werden. Auch Arzneimittel- und Pestizidrückstände werden immer häufiger im Oberflächen- und Grundwasser, ja sogar vereinzelt im Trinkwasser nachgewiesen. Sie sind in Hinsicht auf ihre langfristige Öko- oder gar Humantoxikologie bis heute schwer einzuschätzen.

Die bei diesem Versuch im Klärwerksablauf gemessenen Konzentrationen dieser Parameter sowie die mit der Trinkwasseraufbereitungsanlage erreichte Abreicherung der Substanzen sind in den folgenden Tabellen 47 + 48 dargestellt.

Die relative Standardabweichung kann hier als Maß für die Schwankungen im täglichen Mittel angesehen werden.

Tabelle 47. Konzentrationen und Schwankungsbreiten einiger typischer Parameter im Klärwerksablauf (48 h Versuch, n = 17)

Substanz	Mittelwert im Klärwerksablauf	Standardabweichung	Rel. Standardabweichung [%]
Ammonium	0,57 mg/L	1,07 mg/L	187
Bor	0,56 mg/L	0,13 mg/L	22
Chlorid	116,47 mg/L	23,51 mg/L	20
Nitrat	34,40 mg/L	12,09 mg/L	35
Nitrit	0,82 mg/L	1,46 mg/L	177
Phenole	0,34 mg/L	0,09 mg/L	26
Tenside, anionisch	6,98 mg/L	8,83 mg/L	126
Tenside, kationisch	11,27 mg/L	12,21 mg/L	108
AMDOPH	811 ng/L	277 ng/L	34
Bezafibrat	257 ng/L	217 ng/L	84
Carbamazepin	2282 ng/L	536 ng/L	23
Clofibrinsäure	178 ng/L	52 ng/L	29
Diclofenac	869 ng/L	155 ng/L	18
Fenofibrinsäure	705 ng/L	736 ng/L	104
Gemfibrozil	16 ng/L	25 ng/L	156
Ibuprofen	88 ng/L	178 ng/L	202
Indometacin	46 ng/L	20 ng/L	43
Ketoprofen	99 ng/L	49 ng/L	49
Mefenaminsäure	16 ng/L	5 ng/L	31
Naproxen	224 ng/L	69 ng/L	31
Oxazepam	153 ng/L	24 ng/L	16
Primidon	734 ng/L	220 ng/L	30
Propiphenazon	309 ng/L	114 ng/L	37
Bentazon	13 ng/L	17 ng/L	130
Mecoprop	69 ng/L	21 ng/L	30
TCEP	851 ng/L	159 ng/L	19
TCIPP	3621 ng/L	974 ng/L	27

Tabelle 48. Mittlere Abreicherungsraten nach den einzelnen Reinigungsstufen**(48 h Versuch, n = 17)**

Substanz	Abreicherung [%]			Konzentration nach RO2 (MW)
	Ultrafiltration	RO 1	RO 2	
Ammonium	0	93	94	0,04 mg/L
Bor	0	52	63	0,21 mg/L
Chlorid	0	98	98	2,35 mg/L
Nitrat	0	95	> 97	< 1,00 mg/L
Nitrit	0	92	94	0,05 mg/L
Phenole	5	83	> 84	< 0,05 mg/L
Tenside, anionisch	53	86	93	0,49 mg/L
Tenside, kationisch	90	95	96	0,40 mg/L
AMDOPH	32	> 99,9	> 99,9	< 1 ng/L
Bezafibrat	7	96	> 99,9	< 1 ng/L
Carbamazepin	13	> 99,9	> 99,9	< 1 ng/L

Bei den Tagesverlaufslinien konnten klare Tagesmaxima beobachtet werden. Die Tenside aus Waschmittelmittelrückständen erreichen ihre Maxima immer zwischen 0.00 und 06.00 Uhr (Abbildung 30). Hieraus ist abzuleiten, dass die Einträge jeden Tag zur selben Zeit erfolgten und vermutlich auf die verstärkte Nutzung von Waschmaschinen in den Vormittagsstunden zurückzuführen sind.

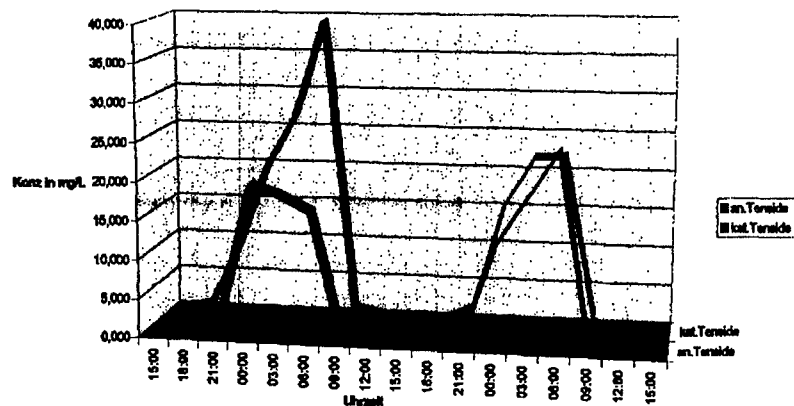


Abbildung 30. Tagesverlaufskurve Tenside (48h, 17.-19.09.01)

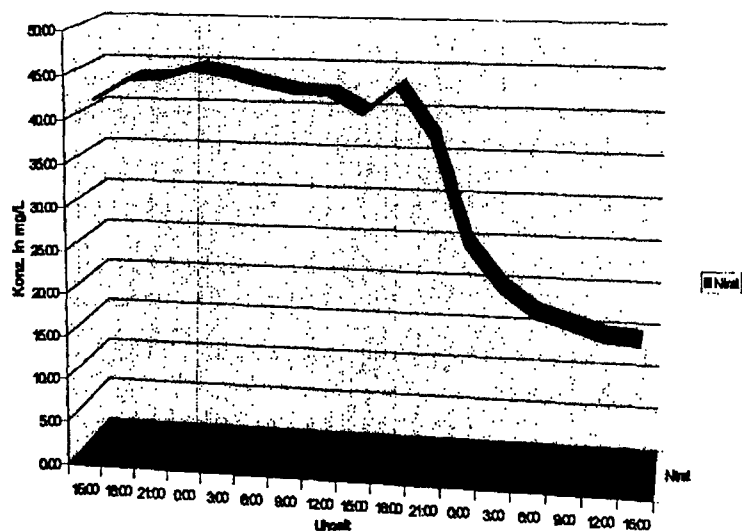


Abbildung 31. Tagesverlaufskurve Nitrat (48h, 17.-19.09.01)

Alle anorganischen Kontaminanten konnten durch die Aufbereitungsanlage so weit entfernt werden, dass das gewonnene Wasser gemäß der geltenden Trinkwasserverordnung Trinkwasserqualität aufwies. Die Abreicherungsraten lagen hierbei immer im Bereich von über 90 %. Lediglich Bor scheint die Membranen in gewisser Weise passieren zu können. Zwar liegt die Endkonzentration lediglich bei ca. 20 % des Trinkwassergrenzwertes, die Abreicherung beträgt jedoch nur 63 %. Die 84 %ige Abreicherung für den Parameter Phenole (Summenbestimmung) ist durch

den unteren Messwert des Testsystems bedingt und liegt real aller Voraussicht nach höher.

Bei den Untersuchungen auf Uran konnten geringe Mengen von max. 0,33 µg/L im Abfluss des Klärwerks festgestellt werden. Diese wurden nicht durch die Ultrafiltration beeinflusst, jedoch bereits durch die erste RO-Einheit bis unter die Nachweisgrenze reduziert.

Die Messungen der Gesamt-Aktivität (γ-Aktivität) lagen bereits im Rohwasser unter der Nachweisgrenze von 6,4 Bq/L, so dass über eine weitere Verringerung durch die Aufarbeitungsschritte keine Aussage getroffen werden kann.

Eine interessante Beobachtung kann bei der Abreicherung der Tenside durch die Ultrafiltration gemacht werden. 53 % bzw. 90 % der Tenside werden bereits durch diese Filtrationsart aus dem Wasser entfernt, was nur mit der Adsorption der Tenside an Matrixpartikel oder an die Oberfläche der Membranen erklärt werden kann. Durch die engen Filterporen können diese dann wiederum zurückgehalten werden. Bei allen anorganischen Parametern konnte ein solcher Effekt nicht beobachtet werden.

Bei den in dieser Versuchsreihe im Klärwerksabwasser in höheren Konzentrationen gefundenen Arzneimitteln handelt es sich vor allem um Stoffe aus den Medikamentengruppen der Analgetika bzw. Antiphlogistika (Diclofenac, Propyphenazon, Naproxen) (Abbildung 32), um Lipidsenker vom Fibrat-Typ (Bezafibrat, Clofibrinsäure) und um zwei Antikonvulsiva (Carbamazepin und Primidon) (Abbildung 33).

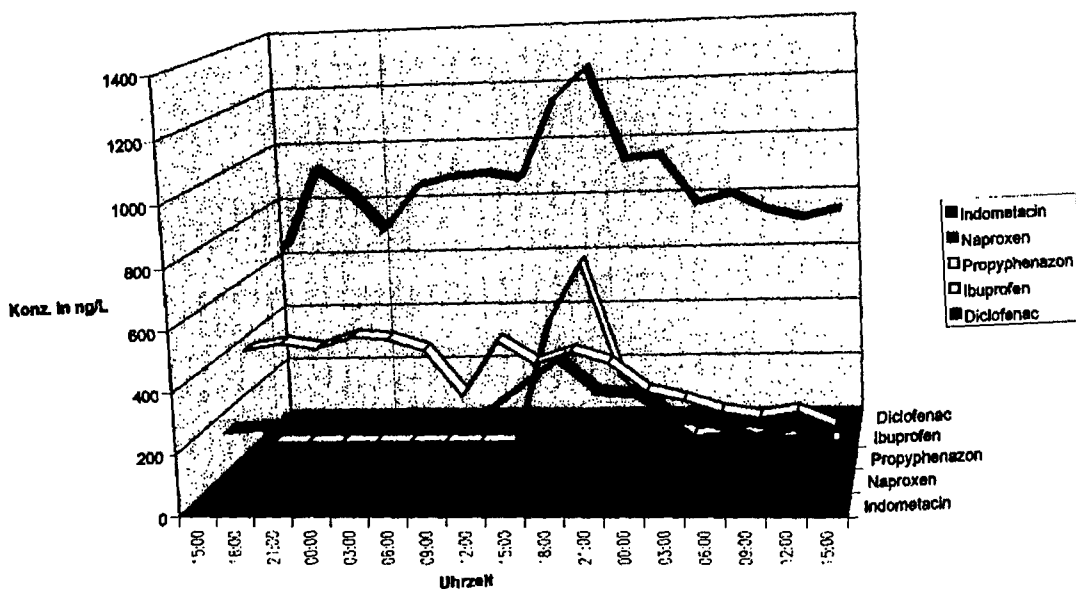


Abbildung 32. Tagesverlaufskurve Analgetika (48h, 17.-19.09.01)

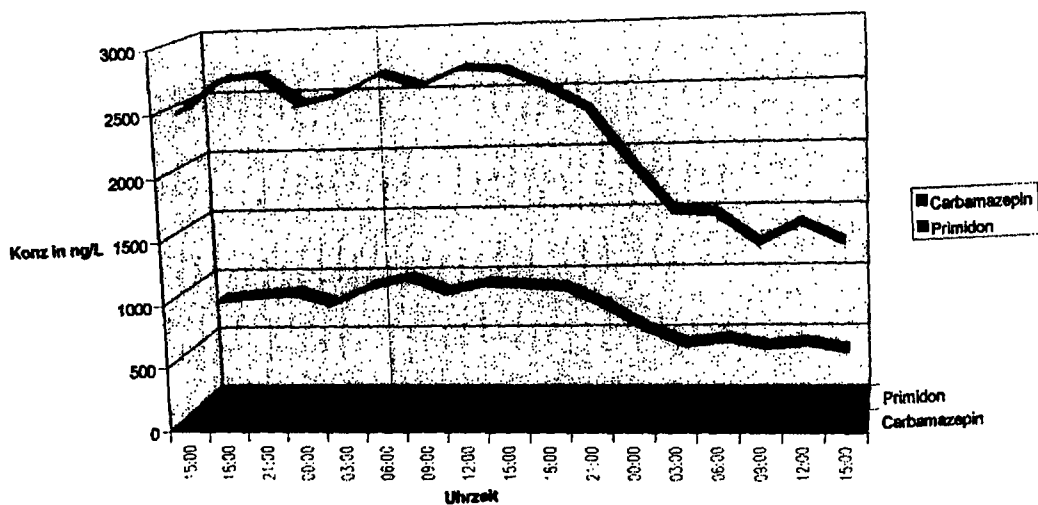


Abbildung 33. Tagesverlaufskurve Anticonvulsiva (48h, 17.-19.09.01)

Wie schon bei den Tensiden kann auch bei einigen Arzneimittelrückständen eine Reduzierung bereits durch die Ultrafiltration beobachtet werden. Auch hier sind wohl Adsorptionseffekte als Ursache zu vermuten. Die sich an die Ultrafiltration anschließenden Umkehrosmose-Einheiten sind dann in der Lage, alle Arzneimittelrückstände bis in den Bereich der Nachweisgrenze zu eliminieren. Bereits nach der ersten Membranpassage konnte eine Reduzierung der Belastung um über 90 % für alle Arzneimittelrückstände nachgewiesen werden. Nach der zweiten Membranpassage stiegen die Rückhaltequoten bei allen Kontaminanten auf über 99 % Rückhaltewirkung an. Die Stoffe wurden fast immer bis unter die Nachweisgrenze von 1 ng/L reduziert.

Bei den Pflanzenschutzmitteln zeigt sich ein ähnlich positives Ergebnis. Bis auf Mecoprop wurden alle nachgewiesenen Pestizide bereits durch die Ultrafiltration auf Werte unterhalb der Nachweisgrenze gesenkt, so dass über die Effektivität der Umkehrosmosemembranen keine aussagekräftigen Angaben gemacht werden können. Die Ergebnisse sind jedoch auf Grund der niedrigen Rohwasserkonzentrationen nicht aussagekräftig.

Auch die Flammenschutzmittel auf Organophosphatbasis bilden keine Ausnahme bei den positiven Aufbereitungsergebnissen. Tris-(chloroethyl)phosphat (TCEP) und Tris-(chlorisopropyl)phosphat (TCIPP) traten im Rohwasser mit durchschnittlichen Konzentrationen von 850 ng/L bzw. 3620 ng/L auf und wurden durch die Ultrafiltration zu 1/3 bzw. 2/3 entfernt. Die Umkehrosmose reduzierte auch diese Substanzen auf unter 1%.

Mit einer Gesamtkeimzahl von >1000 koloniebildenden Einheiten (KBE) pro ml Rohwasser (sowohl bei 20°C als auch bei 36°C) lagen die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen in der erwarteten Größenordnung, die ja bereits durch die hohen Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumwerte vermutet werden konnten. Die

starke fäkale Verunreinigung ist aber auch an den positiven Befunden von *Escherichia coli*, coliformen Keimen und Fäkalstreptokokken deutlich erkennbar. Gewässer mit ähnlichen mikrobiologischen Belastungseigenschaften sind in Einsatzgebieten, in denen die bestehende Infrastruktur durch Krieg, Anschläge oder Naturkatastrophen zerstört wurde, realistisch und auch durchaus zu erwarten. Die Trinkwasseraufbereitungsanlage „Prototyp“ ist in der Lage, die Gesamtkeimzahl bereits mit der Ultrafiltration auf max. 1 KBE pro ml Trinkwasser zu begrenzen, was wegen der im Ultrafiltrat immer noch auftauchenden coliformen Keime jedoch für die Trinkwasserproduktion allein nicht ausreichend ist. Bereits der „single pass“ durch die Membranen garantiert eine hohe Aufreinigung und Beseitigung letzter verbleibender Bakterien (Tabelle 49).

Tabelle 49. Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen (48h, 17.-19-09.01)

Entnahme- stelle	Durchschnittliche Prüfergebnisse					
	Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.		E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrepto- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfitred. sporenbild. Anaerobier in 20 ml
	$20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$	$36\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$	Flüssiganreicherung bei $36\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$			
Rohwasser	> 800	> 800	positiv (64%) / positiv (29%)	positiv (94%)	n.n.	positiv (88%)
Ultrafiltration	1	1	positiv (12%) / positiv (82%)	positiv (6%)	n.n.	n.n.
Single Pass	1	1	n.n. / positiv (6%)	n.n.	positiv (12%)	n.n.
Double Pass	1	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

(%) = Prozentualer Anteil der positiven Proben an der Gesamtprobenzahl (n=17)

Bei vereinzelt auftretenden Befunden (2-mal) von *Pseudomonas aeruginosa* im Filtrat der ersten RO-Phase kann nicht sicher die Aussage getroffen werden, ob die Keime die Membran passiert haben oder ob es sich eventuell um eine Laborkontamination handelt, da sie weder im Rohwasser noch im Ultrafiltrat

nachgewiesen wurden. Auch eine rückwärtige Membranverkeimung kann sicherlich nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Der hinter den Ultrafiltrationsanlagen befindliche Vorratstank wurde nur alle 12 Stunden mikrobiologisch beprobt. Hier deutete sich eine Verkeimung mit coliformen Keimen, die die Poren der Ultrafiltration passiert haben, in den letzten drei Beprobungen an.

Auch das Produktwasser, das die Anlage nach einer zusätzlichen Chlorierung verlässt, wurde alle 12 Stunden mikrobiologisch untersucht. Die Proben wurden sofort mit Natriumthiosulfat versetzt, um noch vorhandenes freies Chlor zu binden und eine nachträgliche Keimzahlreduzierung zu vermeiden. Bei allen fünf Proben entsprach das Produktwasser den Anforderungen der Trinkwasserverordnung, wenn auch bei der letzten Probe Koloniezahlen von je 60 KBE/ml gefunden wurden.

Die Anlage an sich lief über den gesamten Versuchszeitraum ohne sichtbare Defekte oder Fehler und konnte mit minimalem Personalaufwand betreut werden. Am 18.09.01 wurde gegen 20:30 Uhr ein Leck am Druckschlauch der Rohwasserzuführung festgestellt (Abbildung 31), das durch Abrieb an dem aufliegenden Gitter entstand. Das Leck konnte jedoch provisorisch repariert werden (Abbildung 32), ohne die Anlage kurzfristig außer Betrieb zu nehmen. Zukünftig ist darauf zu achten, dass scharfe Scheuerkanten im Bereich der Druckschläuche (starke Eigenbewegung) vermieden werden.

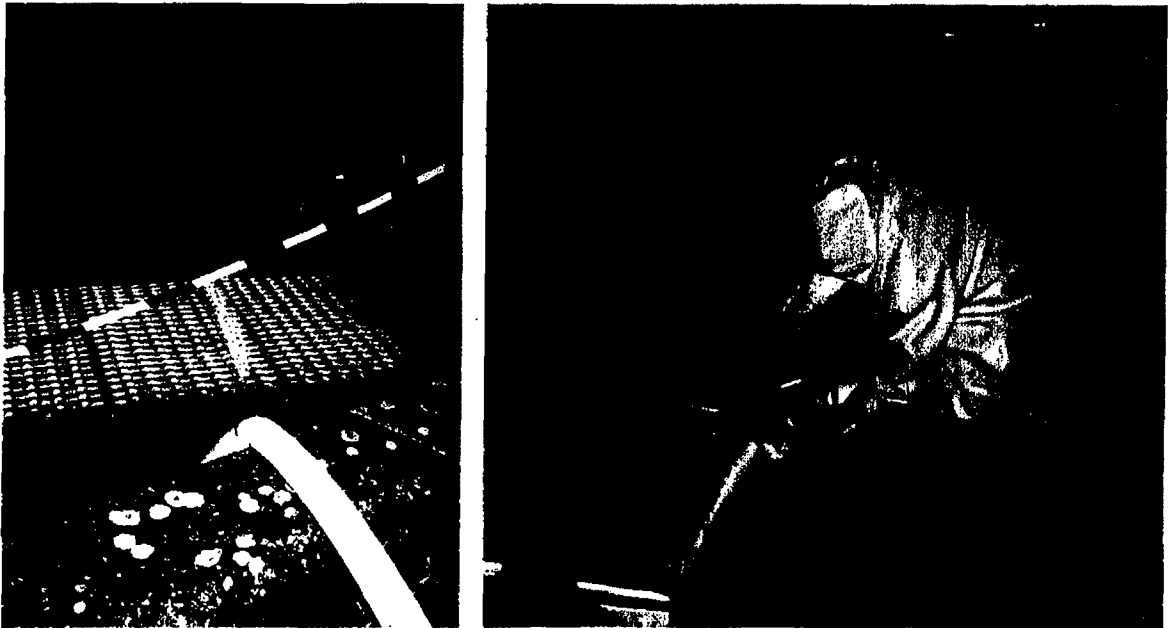


Abbildung 34 + 35. Leckage am Druckschlauch der Rohwasserzuführung (18.9.01, 20:30 Uhr)

Zusammenfassung

Die in diesem Feldversuch getestete Trinkwasseraufbereitungsanlage TAA „Prototyp“ ist in der Lage, alle hier untersuchten Parameter in ausreichendem Maße aus dem hoch belastetem Rohwasser zu entfernen. Sowohl das im „single pass Modus“ als auch das im „double pass Modus“ gewonnene Wasser weist in allen analysierten Punkten Trinkwasserqualität im Sinne der geltenden deutschen Trinkwasserverordnung auf.

Was die mikrobiologischen Parameter betrifft, gelingt es bereits, nur mit Hilfe der Ultrafiltration ein nahezu keimfreies Wasser zu produzieren. Da jedoch die Membranen des Ultrafilters für coliforme Keime teilweise durchlässig sind, muss bei alleiniger Nutzung der Ultrafiltration auf jeden Fall eine nachfolgende Desinfektion (Chlorung) erfolgen.

In Hinsicht auf die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen kann auf eine Umkehrosmose hinter der Ultrafiltration auf keinen Fall verzichtet werden. Nur Substanzen, die eine ausreichend große Affinität zu organischem oder anorganischem Material haben und somit durch den Filter zurückgehalten werden,

können durch die Ultrafiltration ausreichend minimiert werden. Alle anderen Kontaminanten können nur durch die Umkehrosmose nachhaltig entfernt werden.

Zu klären bleibt die Frage, ob es aus medizinischer Sicht dringend erforderlich ist, Wasser, das mittels der modernen Membrantechnologie produziert wurde und annähernd keine gelösten Stoffe mehr besitzt (Aqua demineralisata), durch Mineralienzusatz vor dem Verzehr aufzusalzen. Die Anlage ist auf jeden Fall mit einer entsprechenden Einrichtung ausgestattet.

Literatur zu Kapitel 5

Heberer, Th., Feldmann, D., im Druck. Removal of pharmaceutical residues from contaminated raw water sources by membrane filtration. In (KÜMMERER, K., ed.): Pharmaceuticals in the Environment, 2nd Edition, Springer Verlag, Berlin, 2004.

Heberer, Th., Feldmann, D., Altmann, H.-J., Reddersen, K., Mechlinski, A., (eingereicht). Removal of sewage-borne pollutants from highly contaminated raw water by membrane filtration. Wat. Res.

	00-50	00-55	00-60	00-65	00-70	00-75	00-80	00-85	00-90	00-95	00-100

Tabelle 50: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Temperatur [°C])

	17.09.2001										18.09.2001										19.09.2001									
Rohwasser	21,0	20,9	20,6	20,7	20,3	20,5	20,5	20,5	18,8	18,7	19,2	18,4	18,8	18,1	17,6	19,0	18,9	20,1												
Ultrafiltrat	22,2	21,5	21,6	20,8	20,2	20,7	20,7	21,2	20,3	19,2	20,1	19,7	19,9	19,7	18,5	19,6	19,7	21,1												
RO 1	22,4	22,0	22,1	21,3	20,8	21,1	21,9	21,9	21,2	20,4	20,7	20,6	20,6	20,2	19,6	20,3	20,4	22,0												
RO 2	24,0	23,2	23,1	21,9	21,7	22,3	23,4	23,4	21,9	20,7	21,3	21,6	22,1	21,6	20,8	21,8	22,1	23,2												

Tabelle 51: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (pH-Wert)

Rohwasser	7,40	7,25	7,10	7,02	7,06	6,98	7,01	7,05	6,94	6,91	6,81	6,89	6,96	6,90	6,96	6,91	6,90														
Ultrafiltrat	7,37	7,12	7,10	7,17	7,13	7,19	7,03	7,03	7,01	7,01	6,90	6,88	6,98	7,01	6,96	7,06	6,85														
RO 1	5,70	5,15	5,43	5,25	5,19	5,85	4,89	4,96	5,05	5,09	4,98	5,36	5,21	5,43	4,75	5,01	5,16														
RO 2	5,50	4,87	5,05	5,14	5,13	5,18	4,87	4,79	4,93	4,98	4,86	5,00	4,96	4,96	4,68	4,92	4,93														

Tabelle 52: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Redox-Spannung [mV])

Rohwasser	225	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	223	n.a.	n.a.	n.a.	242	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	227	n.a.	229													
Ultrafiltrat	232	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	233	n.a.	n.a.	n.a.	234	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	215	n.a.	215													
RO 1	232	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	239	n.a.	n.a.	n.a.	227	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	212	n.a.	209													
RO 2	237	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	221	n.a.	n.a.	n.a.	216	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	199	n.a.	197													

Tabelle 53: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$])

Rohwasser	1068	1074	1085	1102	1114	1116	1132	1159	1192	1167	1016	856	812	710	696	673	659														
Ultrafiltrat	1073	1075	1086	1103	1115	1123	1133	1155	1195	1167	1018	852	810	715	684	672	668														
RO 1	19	17	18	18	20	62	21	19	21	21	19	16	14	14	11	11	11														
RO 2	6	6	5	6	6	8	6	7	8	8	8	6	5	5	4	5	5														

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Tabelle 54: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Trübung [FTU])

Rohwasser	1,35	1,90	2,86	2,95	3,44	2,42	3,16	3,01	4,44	4,67	3,03	2,67	3,10	2,65	2,98	2,26	1,82
Ultrafiltrat	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RO 1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RO 2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabelle 55: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (DOC [mg/L])

Rohwasser	11,3	11,0	12,6	x	11,0	13,6	13,2	12,6	x	12,9	12,3	12,6	8,2	7,1	x	9,1	9,3
Ultrafiltrat	14,3	11,8	10,8	9,9	9,8	10,2	11,6	10,3	10,1	11,0	7,0	7,5	6,9	6,7	6,7	9,0	7,9
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 56: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (CSB [mg/L])

Rohwasser	26,0	25,5	28,3	28,7	27,9	26,6	28,0	31,1	35,9	38,8	30,5	20,4	20,8	20,9	22,1	x	19,1
Ultrafiltrat	15,5	21,8	23,3	22,7	21,5	22,6	23,1	23,3	25,7	25,0	22,4	16,5	16,6	15,9	15,1	14,1	10,7
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 57: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (Bor [mg/L])

Rohwasser	0,655	0,733	0,588	0,649	0,649	0,607	0,665	0,691	0,696	0,628	0,533	0,439	0,396	0,427	0,397	0,404	0,387
Ultrafiltrat	0,673	0,733	0,589	0,635	0,635	0,626	0,649	0,728	0,684	0,601	0,514	0,438	0,408	0,412	0,426	0,390	0,391
RO 1	0,290	0,476	0,253	0,269	0,296	0,371	0,273	0,280	0,353	0,238	0,217	0,198	0,190	0,183	0,192	0,222	0,244
RO 2	0,252	0,313	0,182	0,202	0,202	0,222	0,229	0,221	0,215	0,218	0,150	0,185	0,181	0,158	0,177	0,176	0,253

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
00:05			
00:15			
00:25			
00:35			
00:45			
00:55			
01:05			
01:15			
01:25			
01:35			
01:45			
01:55			
02:05			
02:15			
02:25			
02:35			
02:45			
02:55			
03:05			
03:15			
03:25			
03:35			
03:45			
03:55			
04:05			
04:15			
04:25			
04:35			
04:45			
04:55			
05:05			
05:15			
05:25			
05:35			
05:45			
05:55			
06:05			
06:15			
06:25			
06:35			
06:45			
06:55			
07:05			
07:15			
07:25			
07:35			
07:45			
07:55			
08:05			
08:15			
08:25			
08:35			
08:45			
08:55			
09:05			
09:15			
09:25			
09:35			
09:45			
09:55			
10:05			
10:15			
10:25			
10:35			
10:45			
10:55			
11:05			
11:15			
11:25			
11:35			
11:45			
11:55			
12:05			
12:15			
12:25			
12:35			
12:45			
12:55			
13:05			
13:15			
13:25			
13:35			
13:45			
13:55			
14:05			
14:15			
14:25			
14:35			
14:45			
14:55			
15:05			
15:15			
15:25			
15:35			
15:45			
15:55			
16:05			
16:15			
16:25			
16:35			
16:45			
16:55			
17:05			
17:15			
17:25			
17:35			
17:45			
17:55			
18:05			
18:15			
18:25			
18:35			
18:45			
18:55			
19:05			
19:15			
19:25			
19:35			
19:45			
19:55			
20:05			
20:15			
20:25			
20:35			
20:45			
20:55			
21:05			
21:15			
21:25			
21:35			
21:45			
21:55			
22:05			
22:15			
22:25			
22:35			
22:45			
22:55			
23:05			
23:15			
23:25			
23:35			
23:45			
23:55			
24:05			
24:15			
24:25			
24:35			
24:45			
24:55			
25:05			
25:15			
25:25			
25:35			
25:45			
25:55			
26:05			
26:15			
26:25			
26:35			
26:45			
26:55			
27:05			
27:15			
27:25			
27:35			
27:45			
27:55			
28:05			
28:15			
28:25			
28:35			
28:45			
28:55			
29:05			
29:15			
29:25			
29:35			
29:45			
29:55			
30:05			
30:15			
30:25			
30:35			
30:45			
30:55			
31:05			
31:15			
31:25			
31:35			
31:45			
31:55			
32:05			
32:15			
32:25			
32:35			
32:45			
32:55			
33:05			
33:15			
33:25			
33:35			
33:45			
33:55			
34:05			
34:15			
34:25			
34:35			
34:45			
34:55			
35:05			
35:15			
35:25			
35:35			
35:45			
35:55			
36:05			
36:15			
36:25			
36:35			
36:45			
36:55			
37:05			
37:15			
37:25			
37:35			
37:45			
37:55			
38:05			
38:15			
38:25			
38:35			
38:45			
38:55			
39:05			
39:15			
39:25			
39:35			
39:45			
39:55			
40:05			
40:15			
40:25			
40:35			
40:45			
40:55			
41:05			
41:15			
41:25			
41:35			
41:45			
41:55			
42:05			
42:15			
42:25			
42:35			
42:45			
42:55			
43:05			
43:15			
43:25			
43:35			
43:45			
43:55			
44:05			
44:15			
44:25			
44:35			
44:45			
44:55			
45:05			
45:15			
45:25			
45:35			
45:45			
45:55			
46:05			
46:15			
46:25			
46:35			
46:45			
46:55			
47:05			
47:15			
47:25			
47:35			
47:45			
47:55			
48:05			
48:15			
48:25			
48:35			
48:45			
48:55			
49:05			
49:15			
49:25			
49:35			
49:45			
49:55			
50:05			
50:15			
50:25			
50:35			
50:45			
50:55			
51:05			
51:15			
51:25			
51:35			
51:45			
51:55			
52:05			
52:15			
52:25			
52:35			
52:45			
52:55			
53:05			
53:15			
53:25			
53:35			
53:45			
53:55			
54:05			
54:15			
54:25			
54:35			
54:45			
54:55			
55:05			
55:15			
55:25			
55:35			
55:45			
55:55			
56:05			
56:15			
56:25			
56:35			
56:45			
56:55			
57:05			
57:15			
57:25			
57:35			
57:45			
57:55			
58:05			
58:15			
58:25			
58:35			
58:45			
58:55			
59:05			
59:15			
59:25			
59:35			
59:45			
59:55			
60:05			
60:15			
60:25			
60:35			
60:45			
60:55			
61:05			
61:15			
61:25			
61:35			
61:45			
61:55			
62:05			
62:15			
62:25			
62:35			
62:45			
62:55			
63:05			
63:15			
63:25			
63:35			
63:45			
63:55			
64:05			
64:15			
64:25			
64:35			
64:45			
64:55			
65:05			
65:15			
65:25			
65:35			
65:45			
65:55			
66:05			
66:15			
66:25			
66:35			
66:45			
66:55			
67:05			
67:15			
67:25			
67:35			
67:45			
67:55			
68:05			
68:15			
68:25			
68:35			
68:45			
68:55			
69:05			
69:15			
69:25			
69:35			
69:45			
69:55			
70:05			
70:15			
70:25			
70:35			
70:45			
70:55			
71:05			
71:15			
71:25			
71:35			
71:45			
71:55			
72:05			
72:15			
72:25			
72:35			
72:45			
72:55			

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
00.01	00.01	00.01	00.01
00.02	00.02	00.02	00.02
00.03	00.03	00.03	00.03
00.04	00.04	00.04	00.04
00.05	00.05	00.05	00.05
00.06	00.06	00.06	00.06
00.07	00.07	00.07	00.07
00.08	00.08	00.08	00.08
00.09	00.09	00.09	00.09
00.10	00.10	00.10	00.10
00.11	00.11	00.11	00.11
00.12	00.12	00.12	00.12
00.13	00.13	00.13	00.13
00.14	00.14	00.14	00.14
00.15	00.15	00.15	00.15
00.16	00.16	00.16	00.16
00.17	00.17	00.17	00.17
00.18	00.18	00.18	00.18
00.19	00.19	00.19	00.19
00.20	00.20	00.20	00.20
00.21	00.21	00.21	00.21
00.22	00.22	00.22	00.22
00.23	00.23	00.23	00.23
00.24	00.24	00.24	00.24
00.25	00.25	00.25	00.25
00.26	00.26	00.26	00.26
00.27	00.27	00.27	00.27
00.28	00.28	00.28	00.28
00.29	00.29	00.29	00.29
00.30	00.30	00.30	00.30
00.31	00.31	00.31	00.31
00.32	00.32	00.32	00.32
00.33	00.33	00.33	00.33
00.34	00.34	00.34	00.34
00.35	00.35	00.35	00.35
00.36	00.36	00.36	00.36
00.37	00.37	00.37	00.37
00.38	00.38	00.38	00.38
00.39	00.39	00.39	00.39
00.40	00.40	00.40	00.40
00.41	00.41	00.41	00.41
00.42	00.42	00.42	00.42
00.43	00.43	00.43	00.43
00.44	00.44	00.44	00.44
00.45	00.45	00.45	00.45
00.46	00.46	00.46	00.46
00.47	00.47	00.47	00.47
00.48	00.48	00.48	00.48
00.49	00.49	00.49	00.49
00.50	00.50	00.50	00.50
00.51	00.51	00.51	00.51
00.52	00.52	00.52	00.52
00.53	00.53	00.53	00.53
00.54	00.54	00.54	00.54
00.55	00.55	00.55	00.55
00.56	00.56	00.56	00.56
00.57	00.57	00.57	00.57
00.58	00.58	00.58	00.58
00.59	00.59	00.59	00.59
00.60	00.60	00.60	00.60
00.61	00.61	00.61	00.61
00.62	00.62	00.62	00.62
00.63	00.63	00.63	00.63
00.64	00.64	00.64	00.64
00.65	00.65	00.65	00.65
00.66	00.66	00.66	00.66
00.67	00.67	00.67	00.67
00.68	00.68	00.68	00.68
00.69	00.69	00.69	00.69
00.70	00.70	00.70	00.70
00.71	00.71	00.71	00.71
00.72	00.72	00.72	00.72
00.73	00.73	00.73	00.73
00.74	00.74	00.74	00.74
00.75	00.75	00.75	00.75
00.76	00.76	00.76	00.76
00.77	00.77	00.77	00.77
00.78	00.78	00.78	00.78
00.79	00.79	00.79	00.79
00.80	00.80	00.80	00.80
00.81	00.81	00.81	00.81
00.82	00.82	00.82	00.82
00.83	00.83	00.83	00.83
00.84	00.84	00.84	00.84
00.85	00.85	00.85	00.85
00.86	00.86	00.86	00.86
00.87	00.87	00.87	00.87
00.88	00.88	00.88	00.88
00.89	00.89	00.89	00.89
00.90	00.90	00.90	00.90
00.91	00.91	00.91	00.91
00.92	00.92	00.92	00.92
00.93	00.93	00.93	00.93
00.94	00.94	00.94	00.94
00.95	00.95	00.95	00.95
00.96	00.96	00.96	00.96
00.97	00.97	00.97	00.97
00.98	00.98	00.98	00.98
00.99	00.99	00.99	00.99
01.00	01.00	01.00	01.00

Tabelle 62: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (anionische Tenside [mg/L])

Rohwasser	1,410	1,200	2,600	19,300	18,020	16,08	0,317	0,671	0,347	1,370	0,817	12,500	18,600	24,600	0,254	0,297	0,345
Ultrafiltrat	1,660	1,160	2,720	9,090	8,590	9,970	0,411	0,550	0,341	0,992	0,919	3,090	7,060	5,880	0,267	n.a.	0,326
RO 1	0,474	0,474	1,680	0,644	4,620	2,650	n.n.	n.n.	n.n.	0,729	0,596	0,690	1,030	1,220	0,242	n.a.	n.n.
RO 2	0,359	0,359	1,390	1,200	0,962	0,692	n.n.	n.n.	n.n.	0,689	0,332	0,244	0,395	n.n.	0,212	n.a.	n.n.

Tabelle 63: Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchung (kationische Tenside [mg/L])

Rohwasser	0,447	1,280	9,100	19,900	26,800	39,400	1,510	0,665	0,593	0,479	2,200	15,600	22,200	22,400	1,630	n.a.	1,370
Ultrafiltrat	0,387	0,998	3,070	15,700	17,000	18,280	0,585	0,576	0,374	0,340	1,580	5,750	10,600	11,800	0,966	n.a.	1,020
RO 1	0,527	n.n.	1,200	2,920	6,220	7,250	0,203	0,368	n.n.	0,269	1,070	1,250	1,584	1,660	0,581	n.a.	0,494
RO 2	n.n.	n.n.	1,270	1,430	3,640	2,260	0,256	0,200	n.n.	0,269	1,090	1,080	0,868	1,040	0,210	n.a.	0,402

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

	00.09	00.08	00.07	00.06	00.05	00.04	00.03	00.02	00.01	18.09.2001	19.09.2001

Tabelle 64: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Säurekapazität [mmol/L])

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
Rohwasser	3,91	3,90	3,96
Ultrafiltrat	3,89	3,87	3,91
RO 1	0,22	0,29	0,29
RO 2	0,19	0,29	0,29

Tabelle 65: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Basenkapazität [mmol/L])

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
Rohwasser	0,23	0,19	0,20
Ultrafiltrat	0,26	0,16	0,14
RO 1	0,27	0,13	0,19
RO 2	0,26	0,24	0,22

Tabelle 66: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Oxidierbarkeit [mg O₂/L])

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
Rohwasser	8,46	9,49	8,89
Ultrafiltrat	7,68	8,28	8,39
RO 1	0,46	0,55	0,68
RO 2	0,67	0,52	0,50

Tabelle 67: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Abdampfdruckstand [mg/L])

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
Rohwasser	700	720	720
Ultrafiltrat	710	690	730
RO 1	30	40	40
RO 2	40	20	50

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Tabelle 68: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Gesamthärte [°dH])

Rohwasser	16,3	16,3	16,1	16,1	16,2	16,5	16,8	16,9	17,1	16,5	14,7	12,4	11,0	10,4	10,2	10,3	10,1
Ultrafiltrat	16,2	16,2	16,1	16,2	16,4	16,5	16,8	16,9	17,1	16,6	14,7	12,3	12,1	10,7	10,3	10,3	10,1
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 69: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Gesamthärte [mmol/L])

Rohwasser	2,91	2,90	2,88	2,88	2,89	2,95	3,80	3,02	3,05	2,95	2,63	2,22	1,97	1,86	1,82	1,84	1,81
Ultrafiltrat	2,90	2,89	2,88	2,89	2,92	2,95	2,99	3,01	3,06	2,96	2,62	2,20	2,16	1,92	1,85	1,83	1,81
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 70: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Carbonathärte [°dH])

Rohwasser	10,9	10,9	10,9	11,0	11,6	11,4	11,7	12,1	12,3	11,4	9,7	8,3	7,4	7,2	7,1	7,0	7,1
Ultrafiltrat	10,9	10,9	10,8	10,9	11,6	11,4	11,7	12,1	12,4	11,6	9,5	8,2	7,9	7,2	7,1	7,0	7,0
RO 1	0,6	0,8	0,8	0,8	0,9	n.n.	0,8	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	1,2	0,5	0,8	0,8
RO 2	0,5	0,8	0,8	0,8	1,1	n.n.	0,4	0,8	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8

Tabelle 71: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Carbonathärte [mmol/L])

Rohwasser	3,91	3,90	3,90	3,94	4,15	4,07	4,18	4,32	4,39	4,09	3,48	2,98	2,66	2,57	2,54	2,52	2,56
Ultrafiltrat	3,89	3,98	3,87	3,91	4,14	4,07	4,18	4,31	4,45	4,14	3,42	2,95	2,84	2,57	2,56	2,53	2,52
RO 1	0,22	0,29	0,29	0,29	0,35	n.n.	0,29	0,20	0,23	0,29	0,35	0,33	0,29	0,44	0,19	0,29	0,29
RO 2	0,19	0,29	0,29	0,29	0,39	n.n.	0,14	0,29	0,29	0,29	0,39	0,30	0,32	0,39	0,29	0,29	0,29

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Zeitpunkt	18.09.2001										19.09.2001			
	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15
00:00														
00:15														
00:30														
00:45														
01:00														
01:15														
01:30														
01:45														
02:00														
02:15														
02:30														
02:45														
03:00														
03:15														

Tabelle 72: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Arsen [mg/L])

Rohwasser	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tabelle 73: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Blei [mg/L])

Rohwasser	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tabelle 74: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Cadmium [mg/L])

Rohwasser	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tabelle 75: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Chrom [mg/L])

Rohwasser	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
00.51			
00.52			
00.53			
00.54			
00.55			
00.56			
00.57			
00.58			
00.59			
00.60			

Tabelle 76: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Fluorid [mg/L])

Rohwasser	0,16	0,15	0,14	0,13	0,16	0,12	0,14	0,13	0,12	0,10	0,12	0,09	0,10	0,11	0,10	0,08
Ultrafiltrat	0,17	0,16	0,15	0,14	0,16	0,14	0,14	0,14	0,12	0,13	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09
RO 1	0,02	0,01	0,01	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
RO 2	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	n.b.	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabelle 77: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Nickel [mg/L])

Rohwasser	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tabelle 78: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Quecksilber [mg/L])

Rohwasser	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
Tabelle 79: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Aluminium [mg/L])			
Rohwasser	0,04	n.b.	0,05
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.

Rohwasser	0,04	n.b.	0,05	0,04	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tabelle 80: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Calcium [mg/L])

Rohwasser	98,59	97,53	96,91	97,41	97,86	99,75	99,53	102,53	102,10	99,31	88,78	74,82	67,81	64,40	62,54	63,92	62,41
Ultrafiltrat	97,39	96,69	97,26	98,05	98,98	99,57	100,40	102,11	102,89	99,30	87,88	73,94	72,07	64,77	63,05	62,05	63,53
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2,96	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 81: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Chlorid [mg/L])

Rohwasser	125,80	127,50	127,50	128,00	131,10	132,70	133,00	136,90	144,70	142,70	127,00	104,60	91,30	86,70	81,10	79,50	79,90
Ultrafiltrat	126,40	127,00	128,80	130,40	131,70	132,70	134,60	137,70	145,50	143,20	126,50	103,90	101,60	87,60	82,80	81,10	79,20
RO 1	1,90	n.b.	n.b.	1,70	n.b.	2,10	7,35	2,10	2,10	3,60	2,30	2,00	3,93	1,40	2,40	2,50	n.b.
RO 2	n.b.	2,75	n.b.	1,60	n.b.	n.b.	5,45	4,60	n.b.	n.b.	n.b.	4,21	4,98	6,61	n.b.	n.b.	2,56

Tabelle 82: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Eisen [mg/L])

Rohwasser	0,12	0,16	0,32	0,31	0,55	0,36	0,72	0,71	0,50	0,70	0,54	0,35	0,49	0,83	0,31	0,42	0,30
Ultrafiltrat	0,06	0,09	0,06	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,07	0,14	0,10	0,08	n.b.	0,05	0,05	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
Tabella 92: Frequenze di			

[illegible]

Tabelle 84: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Magnesium [mg/L])

[illegible]

Tabelle 85: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Mangan [mg/L])

[illegible]

Tabelle 86: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Natrium [mg/L])

[illegible]

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

17.09.2001					18.09.2001					19.09.2001									
Tabelle 87: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Phosphat [mg/L])																			
Rohwasser	0,58	0,55	0,69	0,68	0,66	0,61	0,83	1,11	2,31	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Ultrafiltrat	0,30	0,31	0,32	0,25	0,24	0,22	0,24	0,24	1,32	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00

Rohwasser	0,58	0,55	0,69	0,68	0,66	0,61	0,83	1,11	2,31	1,45	0,67	0,36	0,58	0,56	0,92	0,27	0,39
Ultrafiltrat	0,30	0,31	0,32	0,25	0,24	0,22	0,24	0,24	1,32	0,67	0,21	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tabelle 88: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Sulfat [mg/L])

Rohwasser	118,72	119,37	121,34	123,96	113,77	123,96	122,85	133,03	136,72	118,41	120,38	94,68	81,73	88,65	71,30	86,45	68,27
Ultrafiltrat	119,61	118,17	118,76	117,51	109,54	101,69	144,26	136,18	132,49	119,15	109,12	88,47	83,79	73,67	67,48	72,92	66,10
RO 1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	2,52	6,59	7,53	1,70	3,77	3,37	9,81	3,92	6,03	3,81	3,23	2,72
RO 2	n.b.	5,50	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	7,24	5,69	29,22	1,07	67,04	6,83	12,02	11,50	3,15	3,43	3,20

Tabelle 89: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Kupfer [mg/L])

Rohwasser	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	0,1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,1	0,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,1
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tabelle 90: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Zink [mg/L])

Rohwasser	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Ultrafiltrat	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RO 1	0,10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,37	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,10
RO 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

	17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001
Tabelle 04: Ergebnisse des Wettbewerbs			

Tabelle 92: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Σ LHKW [$\mu\text{g/L}$])

Tabelle 93: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Σ THM [$\mu\text{g/L}$])

Tabelle 94: Ergebnisse der Untersuchungen am ZInstSanBw Berlin (Σ PAK [$\mu\text{g/L}$])

	0,145	n.a.	n.a.	n.a.	0,151	n.a.	n.a.	0,163	n.a.	n.a.	0,382	n.a.	n.a.	0,121
Rohwasser	n.b.	n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.b.	n.a.	n.a.	n.b.
Ultrafiltrat	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.b.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.b.
RO 1	n.b.	n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.b.
RO 2		n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.b.

n.a. = nicht analysiert
n.n. = nicht nachweisbar
x = nicht auswertbar
fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV
n.b. = nicht bestimmbar

Substanz	17.09.2001					18.09.2001					19.09.2001				
	00-1	00-8	00-17	00-22	00-37	00-42	00-43	00-44	00-45	00-46	00-50	00-51	00-52	00-53	00-54
00-1	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-8	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-17	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-22	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-37	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-42	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-43	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-44	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-45	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-46	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-47	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-48	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-49	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-50	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-51	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-52	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-53	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
00-54	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabelle 95: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Σ Pestizide [$\mu\text{g/L}$])

Rohwasser	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ultrafiltrat	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RO 1	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RO 2	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabelle 96: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Σ BTX [$\mu\text{g/L}$])

Rohwasser	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ultrafiltrat	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RO 1	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RO 2	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Ort	Datum	18.09.2001										19.09.2001			
		00-5	00-8	00-12	00-15	00-18	00-21	00-24	00-27	00-30	00-33	00-36	00-39	00-42	00-45
Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Uran [$\mu\text{g/L}$])															

Tabelle 97: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (Uran [$\mu\text{g/L}$])

Rohwasser	0,28	n.a.	n.a.	n.a.	0,31	n.a.	n.a.	n.a.	0,33	n.a.	n.a.	n.a.	0,10	n.a.	n.a.	0,05
Ultrafiltrat	0,28	n.a.	n.a.	n.a.	0,30	n.a.	n.a.	n.a.	0,34	n.a.	n.a.	n.a.	0,09	n.a.	n.a.	0,05
RO 1	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.
RO 2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.a.	n.n.	n.a.	n.a.	n.n.

Tabelle 98: Ergebnisse der Untersuchungen am ZinstSanBw Berlin (γ -Aktivität [Bq/L])

Rohwasser	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	< 6,4
Ultrafiltrat	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	< 6,4
RO 1	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	< 6,4
RO 2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	n.a.	< 6,4	n.a.	n.a.	< 6,4

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht nachweisbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

	17.09.2001					18.09.2001					19.09.2001				
	00:00	00:30	00:45	00:15	00:12	00:00	00:30	00:45	00:15	00:12	00:00	00:30	00:45	00:15	00:12

Tabelle 99: Ergebnisse der Untersuchungen der Berliner Wasserbetriebe (AOBr [mg/L])

Rohwasser	6,22	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6,98	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	5,99	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6,15	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5,36
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2,27	n.n.	n.n.	n.n.	1,93

Tabelle 100: Ergebnisse der Untersuchungen der Berliner Wasserbetriebe (AOCl [mg/L])

Rohwasser	12,20	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	17,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	17,60	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10,00
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 101: Ergebnisse der Untersuchungen der Berliner Wasserbetriebe (AOI [mg/L])

Rohwasser	57,10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	94,10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	34,20	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	68,90	n.n.	n.n.	n.n.	60,90
RO 1	3,62	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8,90	n.n.	n.n.	n.n.	25,60
RO 2	3,67	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2,31	n.n.	n.n.	n.n.	4,75

Tabelle 102: Ergebnisse der Untersuchungen der Berliner Wasserbetriebe (AOX [mg/L])

Rohwasser	34,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	44,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	23,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	48,00	n.n.	n.n.	n.n.	26,00
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	22,00
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Tabelle 103: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (2,4-D [ng/L])

	17.09.2001			18.09.2001			19.09.2001		
Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	10	n.n.	n.n.	n.n.	10	n.n.	n.n.

Tabelle 104: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Bentazon [ng/L])

Rohwasser	20	15	n.n.	20	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	40	40	40	40
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 105: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Dichlorprop [ng/L])

Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15	20	15	20
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 106: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (MCPA [ng/L])

Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25	35	25	55
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Proben-Nr.	17.09.2001					18.09.2001					19.09.2001				
	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															
48															
49															
50															
51															
52															
53															
54															
55															
56															
57															
58															
59															
60															
61															
62															
63															
64															
65															
66															
67															
68															
69															
70															
71															
72															
73															
74															
75															
76															
77															
78															
79															
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
88															
89															
90															
91															
92															
93															
94															
95															
96															
97															
98															
99															
100															

Tabelle 107: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Mecoprop [ng/L])

	70	70	55	70	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Rohwasser															
Ultrafiltrat	100	80	70	60	70	80	70	80	70	80	70	80	70	80	70
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 108: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (o,p'-DDA [ng/L])

	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Rohwasser															
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 109: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (p,p'-DDA [ng/L])

	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Rohwasser															
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

17.09.2001 18.09.2001 19.09.2001

Tabelle 110: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (AMDOPH [ng/L])

Rohwasser	850	930	1000	1030	1120	1030	1140	940	970	800	600	490	420	430	500	385
Ultrafiltrat	630	680	640	650	700	670	650	730	640	550	400	350	330	320	360	340
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 111: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Bezafibrat [ng/L])

Rohwasser	65	100	120	115	100	120	120	120	590	840	530	370	360	190	250	120
Ultrafiltrat	80	70	80	100	130	100	70	480	930	750	240	250	220	170	150	110
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	30	40	35	35	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 112: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Carbamazepin [ng/L])

Rohwasser	2500	2730	2760	2530	2590	2750	2650	2780	2630	2450	2030	1650	1630	1400	1550	1400
Ultrafiltrat	2370	2470	2670	2260	2480	2480	2040	2230	2160	2100	1650	1350	1270	1380	1250	1300
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 113: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Clobfibrinsäure [ng/L])

Rohwasser	160	150	160	170	180	180	180	180	300	260	220	160	160	150	150	130
Ultrafiltrat	150	110	110	120	120	160	160	160	220	200	160	130	120	110	130	120
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Substanz/ Parameter	17.09.2001				18.09.2001				19.09.2001			
	00:00	00:08	00:12	00:00	00:00	00:30	00:45	00:50	00:00	00:30	00:50	00:59

Tabelle 114: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Diclofenac [ng/L])

Rohwasser	650	930	840	710	860	890	900	880	1150	1260	940	950	780	810	750	720	750
Ultrafiltrat	50	300	480	360	670	700	700	630	500	780	550	410	550	110	620	280	550
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 115: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Fenofibrat [ng/L])

Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	1440	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10	n.n.	n.n.	10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10

Tabelle 116: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Fenofibrinsäure [ng/L])

Rohwasser	160	280	180	230	230	200	140	170	1000	2330	2270	1670	980	980	380	640	150
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	x	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	800	1900	2160	1600	x	780	490	350	200
RO 1	n.n.	10	15	40	n.n.	n.n.	20	n.n.	20	10	60	10	n.n.	5	n.n.	190	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 117: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Fenoprofen [ng/L])

Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

17.09.2001											
18.09.2001											
19.09.2001											

Tabelle 118: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Gemfibrozil [ng/L])

Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 119: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Ibuprofen [ng/L])

Rohwasser	1	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	415	630	230	20	30	15	20	1
Ultrafiltrat	n.n.	10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25	340	450	210	90	20	20	40	40
RO 1	n.n.	5	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 120: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Indometazin [ng/L])

Rohwasser	50	60	50	50	50	50	40	70	60	60	50	40	50	50	50
Ultrafiltrat	70	60	50	50	80	70	70	70	50	90	60	70	60	50	60
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	20	n.n.	10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 121: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Ketoprofen [ng/L])

Rohwasser	60	70	60	70	70	70	60	80	150	180	120	90	110	90	90
Ultrafiltrat	n.n.	40	40	50	40	50	50	50	130	180	110	100	70	80	60
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Untersuchung	17.09.2001					18.09.2001					19.09.2001				
	00:00	08:00	21:00	00:00	08:00	00:00	08:00	21:00	00:00	08:00	00:00	08:00	21:00	00:00	08:00
Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 122: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Mefenaminsäure [ng/L])

	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	15	15	20	20	15
Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 123: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Mefenaminsäure [ng/L])

	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	15	15	20	20	15
Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 124: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Naproxen [ng/L])

	180	190	200	190	200	230	210	230	320	410	300	290	210	190	140	180	140
Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 125: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Oxazepam [ng/L])

	190	180	160	160	190	160	120	160	180	160	160	130	140	130	130	140	110
Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a. = nicht analysiert x = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar
 n.n. = nicht nachweisbar fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

00:51	00:52	00:53	00:54	00:55	00:56	00:57	00:58	00:59	00:60
17.09.2001	18.09.2001	19.09.2001							

Tabelle 130: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (Tolfenaminsäure [ng/L])

Rohwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ultrafiltrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 131: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (NPS [ng/L])

Rohwasser	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ultrafiltrat	n.n.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
RO 1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Tabelle 132: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (TCPEP [ng/L])

Rohwasser	980	1000	960	1080	1030	980	970	980	780	840	770	660	720	580	620
Ultrafiltrat	630	520	780	780	520	600	490	540	650	540	670	630	570	530	550
RO 1	30	20	20	20	20	20	20	25	n.n.	25	10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
RO 2	n.n.	n.n.	20	n.n.	n.n.	10	n.n.	15	5	5	n.n.	n.n.	n.n.	5	n.n.

Tabelle 133: Ergebnisse der Untersuchungen der TU-Berlin (TCIPP [ng/L])

Rohwasser	3750	4100	3900	4200	4600	4500	4200	5300	4200	4300	3900	2700	2700	2300	2300
Ultrafiltrat	1350	1170	1260	1200	1200	1230	1600	1480	1720	1710	1630	1700	1470	1400	1400
RO 1	20	20	20	20	15	15	20	20	10	5	5	5	n.n.	n.n.	5
RO 2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.a. = nicht analysiert

x = nicht auswertbar

n.b. = nicht bestimmbar

n.n. = nicht nachweisbar

fett = Überschreitung des Grenzwertes nach TrinkwV

Tabelle 134: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 17.09.01 (Probe 8336-8340)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.		E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfited. sporenbild. Anaerobier in 20 ml	
20 °C ± 2 °C		36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C							
8336	17.09.01	15.00 Uhr	Rohwasser	> 1000	> 1000	positiv/ positiv	positiv	n.n.	positiv	II/III
8338	17.09.01	15.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8339	17.09.01	15.00 Uhr	Single Pass	1	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8340	17.09.01	15.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 135: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 17.09.01 (Probe 8341-8344)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfsergebnisse						Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfired. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
20 °C ± 2 °C		36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C							
8341	17.09.01	18.00 Uhr	Rohwasser	> 1000	> 1000	n.n.	positiv	n.n.	positiv	II/III
8342	17.09.01	18.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8343	17.09.01	18.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8344	17.09.01	18.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 136: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 17.09.01 (Probe 8345-8348)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme	Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung
			Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfired. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
			Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C						
8345	17.09.01	21.00 Uhr	> 1000	> 1000	n.n.	positiv	n.n.	positiv	II/III
8346	17.09.01	21.00 Uhr	0	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8347	17.09.01	21.00 Uhr	0	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8348	17.09.01	21.00 Uhr	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 137: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8349-8352)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfergebnisse					Beurteilung	
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfired. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
20 °C ± 2 °C		36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C							
8349	18.09.01	00.00 Uhr	Rohwasser	> 1000	> 1000	n.n.	positiv	n.n.	positiv	II/III
8350	18.09.01	00.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8351	18.09.01	00.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8352	18.09.01	00.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 138: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8353-8357)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.		E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfitred. sporenbild. Anaerobier in 20 ml	
20 °C ± 2 °C		36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C							
8353	18.09.01	03.00 Uhr	Rohwasser	> 1000	> 1000	positiv/n.n.	positiv	n.n.	positiv	II/III
8355	18.09.01	03.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8356	18.09.01	03.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8357	18.09.01	03.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 139: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8358-8361)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.		E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfitred. sporenbild. Anaerobier in 20 ml	
		20 °C ± 2 °C		36 °C ± 1 °C		Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C				
8358	18.09.01	06.00 Uhr	Rohwasser	> 1000	> 1000	positiv/ positiv	positiv	n.n.	positiv	II/III
8359	18.09.01	06.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8360	18.09.01	06.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8361	18.09.01	06.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 140: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8362-8365)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfired. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
				20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C				
8362	18.09.01	09.00 Uhr	Rohwasser	> 300	> 1000	positiv/ positiv	positiv	n.n.	positiv	II/III
8363	18.09.01	09.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8364	18.09.01	09.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8365	18.09.01	09.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 141: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8366-8369)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfited. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
				20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C				
8366	18.09.01	12.00 Uhr	Rohwasser	> 300	> 1000	positiv/ n.n.	positiv	n.n.	positiv	II/III
8367	18.09.01	12.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8368	18.09.01	12.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8369	18.09.01	12.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 142: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8370-8374)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfsergebnisse							Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfited. sporenbild. Anaerobier in 20 ml			
20 °C ± 2 °C		36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C								
8370	18.09.01	15.00 Uhr	Rohwasser	> 1000	> 1000	positiv/ positiv	positiv	n.n.	positiv	II/III	
8372	18.09.01	15.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	positiv/ positiv	positiv	n.n.	n.n.	II	
8373	18.09.01	15.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n./ positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II	
8374	18.09.01	15.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I	

Tabelle 143: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8375-8378)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfsergebnisse						Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfited. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
		20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C						
8375	18.09.01	18.00 Uhr	Rohwasser	> 1000	> 1000	n.n.	n.n.	n.n.	III	
8376	18.09.01	18.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	positiv/n.n.	n.n.	n.n.	II	
8377	18.09.01	18.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	I	
8378	18.09.01	18.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	I	

Tabelle 144: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 18.09.01 (Probe 8379-8382)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle		Prüfergebnisse						Beurteilung		
					Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfited. sporenbild. Anaerobier in 20 ml				
									Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C	positiv		n.n.	positiv
8379	18.09.01	21.00 Uhr			> 1000	> 300	positiv/n.n.	positiv	n.n.	positiv	III/III		
8380	18.09.01	21.00 Uhr			0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II		
8381	18.09.01	21.00 Uhr			0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I		
8382	18.09.01	21.00 Uhr			3	17	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I		

Tabelle 145: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8383-8386)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme	Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung	
			Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.		E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfitred. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
			20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C					
8383	19.09.01	00.00 Uhr	Rohwasser	> 300	> 300	positiv/n.n.	positiv	n.n.	positiv	II/III
8384	19.09.01	00.00 Uhr	Ultrafiltration	0	1	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8385	19.09.01	00.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8386	19.09.01	00.00 Uhr	Double Pass	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 146: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8387-8391)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfired. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
20 °C ± 2 °C		36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C							
8387	19.09.01	03.00 Uhr		> 1000	> 1000	n.n./positiv	positiv	n.n.	positiv	III/III
8389	19.09.01	03.00 Uhr		0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8390	19.09.01	03.00 Uhr		0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8391	19.09.01	03.00 Uhr		0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 147: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8392-8395)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme	Entnahmestelle	Prüfergebnisse							Beurteilung																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
			Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.		E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfited. sporenbild. Anaerobier in 20 ml																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
8392	19.09.01	06.00 Uhr																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</

Tabelle 148: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8396-8399)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme		Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung		
				Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfited. sporenbild. Anaerobier in 20 ml				
				Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C								
8396	19.09.01	09.00 Uhr	Rohwasser	20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	> 300	> 300	positiv/n.n.	positiv	n.n.	positiv	II/III
8397	19.09.01	09.00 Uhr	Ultrafiltration	0	0	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8398	19.09.01	09.00 Uhr	Single Pass	0	0	0	0	n.n.	n.n.	positiv	n.n.	(II)
8399	19.09.01	09.00 Uhr	Double Pass	0	0	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 149: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8400-8403)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme	Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung
			Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfired. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C							
8400	19.09.01	12.00 Uhr	> 300	> 300	positiv/n.n.	positiv	n.n.	positiv	II/III
8401	19.09.01	12.00 Uhr	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8402	19.09.01	12.00 Uhr	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8403	19.09.01	12.00 Uhr	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 150: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung am 19.09.01 (Probe 8404-8408)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme	Entnahmestelle	Prüfsergebnisse							Beurteilung
			Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfired. sporenbild. Anaerobier in 20 ml			
20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C								
8404	19.09.01	15.00 Uhr	Rohwasser	> 1000	> 1000	positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II/III
8406	19.09.01	15.00 Uhr	Ultrafiltration	2	1	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8407	19.09.01	15.00 Uhr	Single Pass	0	0	n.n.	positiv	n.n.	n.n.	(II)
8408	19.09.01	15.00 Uhr	Double Pass	0	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 151: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung vom 17.-19.09.01 (Probe 8738-8742)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme	Entnahmestelle	Prüfsergebnisse							Beurteilung
			Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.	E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfitred. sporenbild. Anaerobier in 20 ml			
20 °C ± 2 °C		36 °C ± 1 °C		Flüssiganreicherung bei 36 °C ± 1 °C						
8738	17.09.01	15.00 Uhr	Summe	0	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8739	18.09.01	03.00 Uhr	Summe	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8740	18.09.01	15.00 Uhr	Summe	0	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8741	19.09.01	03.00 Uhr	Summe	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8742	19.09.01	15.00 Uhr	Summe	60	60	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I

Tabelle 152: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung vom 17.-19.09.01 (Probe 8759-8763)

Reg.Nr. Probe	Datum/Zeit der Probenahme	Entnahmestelle	Prüfergebnisse						Beurteilung	
			Koloniezahl in 1 ml Agar-Nährboden Bebrütung 44 ± 4 Std.		E. coli/ Coliforme Keime in 100 ml	Fäkalstrept o- kokken in 100 ml	Pseudom. aeruginosa in 100 ml	sulfitred. sporenbild. Anaerobier in 20 ml		
20 °C ± 2 °C	36 °C ± 1 °C	Flüssigangareicherung bei 36 °C ± 1 °C								
8759	17.09.01	15.00 Uhr	Behälter	0	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8760	18.09.01	03.00 Uhr	Behälter	0	0	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	I
8761	18.09.01	15.00 Uhr	Behälter	0	1	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8762	19.09.01	03.00 Uhr	Behälter	0	0	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II
8763	19.09.01	15.00 Uhr	Behälter	2	1	n.n./positiv	n.n.	n.n.	n.n.	II

Kapitel 6

VERHALTEN UND VERBLEIB VON ARZNEIMITTLERÜCKSTÄNDEN IN KRANKENHAUSABWASSER

Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland werden jedes Jahr große Mengen an Arzneimitteln verbraucht, von denen immer wieder Rückstände im Oberflächen- und sogar im Grundwasser nachgewiesen werden. Als Eintrittspfade können die Anwendung von Medikamenten in der Veterinär- und Humanmedizin postuliert werden, aber auch der Einsatz von Arzneimitteln als Futtermittelzusatzstoff und die nicht sachgerechte Entsorgung von Altarzneimitteln tragen zur Kontaminierung unseres Wassers bei. In urbanen Räumen werden Arzneimittelrückstände überwiegend über in Klärwerken gereinigte kommunale Abwässer in die Oberflächengewässer eingetragen, wobei als Quellen für diese Rückstände sowohl das Abwasser privater Haushalte als auch Krankenhausabwässer in Frage kommen. Über die prozentualen Anteile der Krankenhausabwässer an der Gesamtfracht der Arzneimittelrückstände des städtischen Abwassers, des Wassers in kommunalen Kläranlagen und die Anteile in den Oberflächengewässern ist bislang wenig bekannt, diese dürften sich jedoch substanzabhängig stark voneinander unterscheiden.

Ziel des Teilprojektes

Im Rahmen dieses Teilprojektes sollte anhand des Abwassers des Berliner Bundeswehrkrankenhauses der Abbau, die Verteilung und der Verbleib von ausgewählten Humanpharmarückständen im Abwasserstrom eines durchschnittlichen Krankenhauses untersucht werden. Am Beispiel dieser Klinik, als einem potentiellen Verursacher von Arzneimittelrückständen, sollte dargestellt werden, wie hoch die Einträge von Rückständen im Klinikabwasser im Vergleich zu Einträgen durch die breite Bevölkerung sind und welchen prozentualen Anteil sie in den verschiedenen Abwasserabschnitten ausmachen.

In insgesamt drei Versuchen sollten die Höhe des Arzneimittelverbrauchs des Bundeswehrkrankenhauses ermittelt und unter Einbeziehung der jeweiligen pharmakologischen und pharmakokinetischen Daten die zu erwartenden Rückstandsmengen berechnet werden. In selber Weise sollte versucht werden Verbrauchsdaten von vier weiteren Krankenhäusern zu erhalten, die alle ihr Abwasser in die selbe Abwasserpumpstation einleiten. Unter diesen befindet sich auch die Charite, Berlins größtes, städtisches Krankenhaus. Auch mussten Arzneimittelverbrauchsdaten für die Stadt Berlin erworben werden, um eine Aussage über den Anteil der Rückstände zu erhalten, der durch die Zivilbevölkerung im Einzugsgebiet des Pumpwerkes verursacht wurde.

Die durch die Modellberechnungen erhaltenen Ergebnisse sollten dann mit experimentell erhaltenen Daten verglichen und auf ihre Plausibilität hin überprüft werden. Hierzu mussten an verschiedenen Punkten der Abwasserstrecke Proben- und Durchflussmessungen vorgenommen werden, damit aus den Parametern Abwasser-Durchflussmenge und Konzentration des jeweiligen Arzneistoffs der Parameter Fracht für das entsprechende Zeitfenster berechnet werden konnte.

Abschließend sollten die theoretischen und experimentell erzielten Daten direkt mit einander verglichen und Wiederfindungsraten (Verhältnis zwischen der berechneten und realen Fracht) für die einzelnen Arzneistoffe errechnet werden. Auch musste ein Augenmerk auf die Konzentrationsanteile des Abwassers des Bundeswehrkrankenhauses bzw. der anderen Krankenhäuser am Gesamtabwasserstrom gelegt werden. Bei der zukünftigen Berechnung von Abwasserkosten könnte die Frage des Gehalts an Arzneistoffrückständen und die Frage der Ökotoxizität eine große Rolle spielen.

Aus den erhaltenen Ergebnissen sollte für weitere Forschungsvorhaben ersichtlich sein, welche Arzneistoffe sich für diese Art von Untersuchungen eignen und welche aufgrund unterschiedlichster Aspekte (komplizierte Metabolisierung, ungünstige Applikationsform etc.) zu Modellberechnungen nicht herangezogen werden sollten.

Im letzten Teil der Betrachtungen (Auswertung ist noch nicht abgeschlossen und erfolgt im Rahmen der Dissertation von OStAp Feldmann) soll versucht werden aus dem prozentualen Anteil der Rückstände am Abwasser in den einzelnen

Transportetappen, aus den Reinigungsergebnissen der Kläranlagen und aus Messergebnissen in Oberflächenwasser des Berliner Wasserkreislaufes eine Risikobewertung für die aquatische Umwelt abzuleiten.

Da während der dritten und letzten Experimentdurchführung das Hauptaugenmerk auf der Stoffgruppe der Antibiotika lag, wurden auch Abwasserproben eines Versuchstages an das Forschungszentrum Karlsruhe geschickt, die dort mit verschiedenen Analysemethoden auf vorliegende Antibiotikaresistenzen untersucht wurden (Bearbeitung erfolgt im Rahmen der Dissertation von OStAp Feldmann). Die Ergebnisse sollen helfen eine der am heftigsten diskutierten Fragen in Bezug auf Krankenhausabwasser zu beleuchten: In wie weit Resistenzen sich erst im Abwasser bilden oder ob die Keime ihre Unwirksamkeit gegen Antibiotika und Chemotherapeutika bereits auf der Applikationsebene (am Patienten auf der Krankenhausstation) erlangen.

Versuchskonzept / Versuchsdurchführung

Für dieses Forschungsprojekt wurde das Bundeswehrkrankenhaus Berlin aus verschiedenen Gründen ausgewählt. Die örtliche Nähe zum Zentralen Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Berlin (gemeinsame Liegenschaft) bietet gute logistische Voraussetzungen für die Durchführung der Beprobungen und erleichtert die Datenerfassung über die Krankenhausapotheke bzw. auf den Stationen.

Des Weiteren ist von großem Vorteil, dass das Krankenhaus einer der ersten Einleiter in den lokalen Abwasserstrang ist und somit eine weitere Probenahmestelle (Nullwert) vor dem Krankenhaus entfällt. Die Klinik an sich besitzt 3 Abwasserleitungen, die alle in der Scharnhorststraße ins städtische Netz einmünden (Abbildung 1). Von hier aus verläuft die Abwasserleitung weiter durch die Boyenstraße, mündet in die Chausseestraße ein und verläuft zum Pumpwerk IV der Berliner Wasserbetriebe, welches gleich an die Südseite der Bundeswehrliegenschaft angrenzt. Von hier wird das Abwasser des gesamten Einzugsgebietes zu den Klärwerken Ruhleben und Falkenberg gepumpt. Das Einzugsgebiet (Abbildung 2) umfasst vier weitere Krankenhäuser (Charité,

Jüdisches Krankenhaus, DRK-Krankenhaus und St.Hedwigs-Krankenhaus) und hat eine Einwohnerdichte von 95 677 Menschen (Stand 2002).

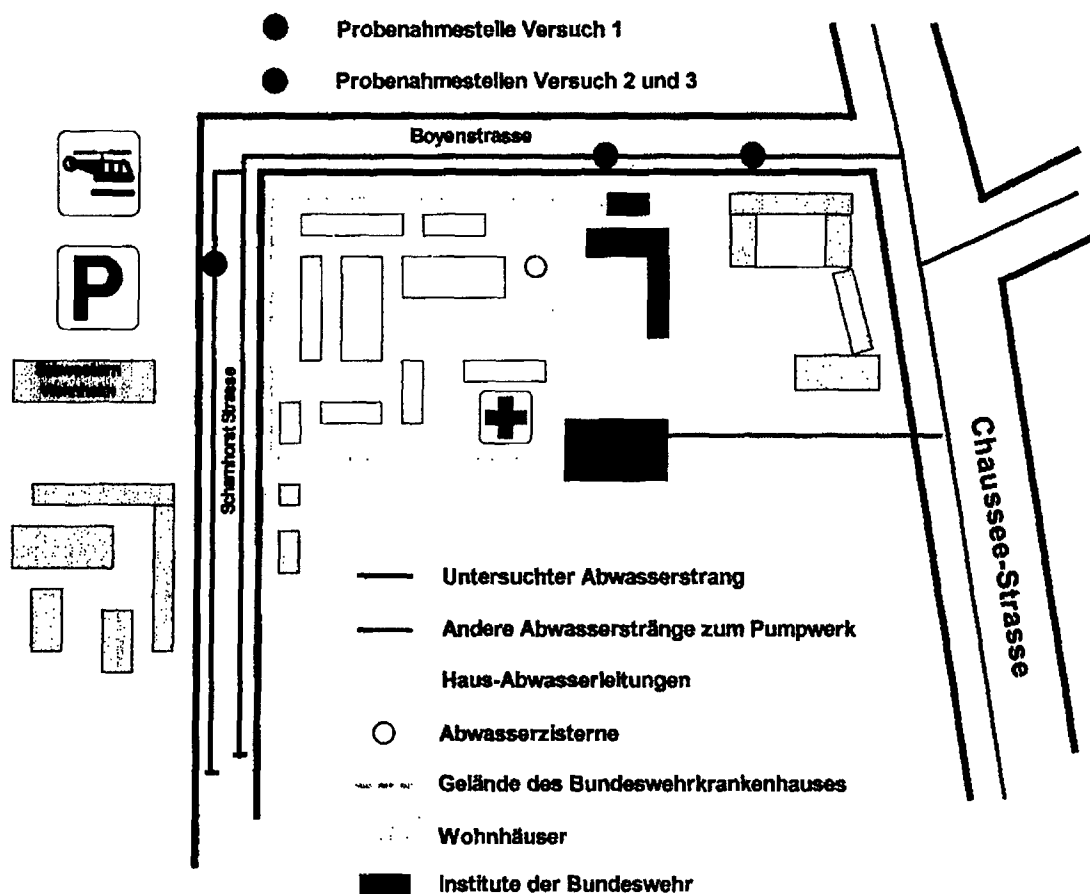


Abbildung 36. Lageplan des Bundeswehrkrankenhauses Berlin mit Verlauf der Abwasserleitungen und Probenahmestellen

Das Berliner Bundeswehrkrankenhaus verfügt über 13 Abteilungen mit den entsprechenden Fachuntersuchungsstellen und Bettenstationen.

Dieses sind im einzelnen die Abteilungen:

Abt I:	Innere Medizin
Abt II:	Chirurgie
Abt III:	Dermatologie / Venerologie
Abt IV:	Augenheilkunde
Abt V:	HNO-Heilkunde
Abt VI:	Neurologie / Psychologie

FZZ:	Fachzahnärztliches Zentrum
Abt VIII:	Radiologie
Abt IX:	Orthopädie
Abt X:	Anaesthesie / Intensivmedizin
Abt XI:	Urologie
FU XII:	Nuklearmedizin
Abt XIII:	Pathologie

Rund 300 Betten stehen für die Behandlung von Militärangehörigen und Zivilisten zur Verfügung, was in etwa mit der Bettenanzahl der drei kleineren Kliniken im Einzugsgebiet übereinstimmt (Tabelle 1). Mit der Charité befindet sich zudem eines der größten Krankenhäuser Berlins im entsprechenden Bereich.

Tabelle 153. Anzahl der Krankenhausbetten der vier anderen Kliniken im Einzugsgebiet

Krankenhaus	Bettenanzahl
Charité	1079
DRK-Krankenhaus	260
Jüdisches Krankenhaus	363
St.Hedwig-Krankenhaus	337

Zu Beginn des ersten Versuches wurde der Verbrauch von 11 ausgewählten Arzneimitteln (Analgetika, Antiepileptika und Röntgenkontrastmittel) des Bundeswehrkrankenhauses Berlin für den Zeitraum einer Woche bestimmt. In entsprechende Fragebögen (Tabelle 175), die an die einzelnen Krankenhausstationen ausgeteilt wurden, sollten dann an zwei aufeinanderfolgenden Montagen (08. und 15.04.2002) die vor Ort gelagerten Arzneimittelmengen erfasst werden. Parallel hierzu lieferte die Bundeswehrkrankenhausaapotheke Berlin eine Auflistung des in dem entsprechenden Zeitraum gelieferten Stationsbedarfs. Aus den verbrauchten Einzelmengen konnte dann über die Wirkstoffmengen der unterschiedlichen Arzneiformen der Arzneimittelverbrauch in mg/Woche berechnet werden.



Abbildung 37. Einzugsgebiet des Pumpwerks IV der Berliner Wasserbetriebe

Im nächsten Schritt wurden die pharmakokinetischen Daten für die 11 Medikamente recherchiert. Neben der Resorptionsquote spielt für eine Berechnung der Abwasserfracht natürlich die Metabolisierung und die Elimination des Wirkstoffs eine entscheidende Rolle. Aus dem jeweiligen Verbrauch und den pharmakokinetischen Daten über die Ausscheidung wurde dann die, im Krankenhausabwasser erwartete Rückstandsmenge für jeden Wirkstoff berechnet.

Ähnlich wurde auch bei den vier weiteren Krankenhäusern verfahren, die in das selbe Pumpwerk wie das Bundeswehrkrankenhaus einleiten. Da es aber nicht möglich war auf den Bettenstationen der anderen Kliniken die gleichen Datenerhebungen über den Wochenverbrauch durchzuführen, wurden lediglich jeweils der Arzneimittelverbrauch des entsprechenden Versuchsmonats ermittelt und dieser auf eine Kalenderwoche heruntergerechnet.

Die erste Probennahme erfolgte dann in der 15. Kalenderwoche 2002. In der Boyenstraße (1. Entnahmepunkt nach der Einleitung des Bundeswehrkrankenhauses, siehe Abbildung 1), im Pumpwerk IV der Berliner Wasserbetriebe, sowie am Zu- und Ablauf der Klärwerke Ruhleben und Falkenberg wurden vollautomatische 24-Stunden-Probennehmer installiert, die im 10-Minuten-Takt äquivalente Probenmengen entnahmen. Jeden Morgen zwischen 9.00 und 10.00

Uhr wurden die Probenehmer in der Boyenstraße und dem Pumpwerk geleert und homogene Mischproben hergestellt. Die Probenehmer der Klärwerkeszuläufe wurden erst jeweils um 15.00 Uhr geleert, da der Abwasserfluss zwischen Pumpwerk und Kläranlage ca. 6 Stunden dauert. Die Beprobung der Abläufe erfolgte zeitversetzt, entsprechend einer normalen Klärwerkspassage.

In der Beprobungswoche sollte das Pumpwerk das Abwasser ausschließlich ins Klärwerk Ruhleben pumpen und nur zu Regenzeiten aus Kapazitätsgründen zusätzlich noch Falkenberg einbeziehen. Des Weiteren war in der Boyenstraße ein Durchfluss-Meßsystem installiert, dessen Sensor stetig die Durchflussmenge registrierte und aufzeichnete. Die Daten über Abwasserzuflussmengen der Pumpstation sowie der Klärwerke konnten seitens der Berliner Wasserbetriebe bereitgestellt werden. Die aus diesen Angaben berechneten Arzneimittelfrachten sollten dann mit den erwarteten Modellberechnungen verglichen werden.

Die Probennahme erfolgte voll automatisiert durch 24-Stunden-Probensamplers, die von den Berliner Wasserbetrieben zur Verfügung gestellt, installiert und gewartet wurden. Alle 10 Minuten entnahmen die Geräte ein konstantes Probenvolumen und sammelten dieses in Auffanggefäßen. Hierbei wurden alle 60.-Minuten (im Pumpwerk) bzw. alle 120.-Minuten (in der Boyenstraße) die Gefäße gewechselt, so dass ein Gefäß immer die Probe einer bzw. zweier Stunden enthielt.

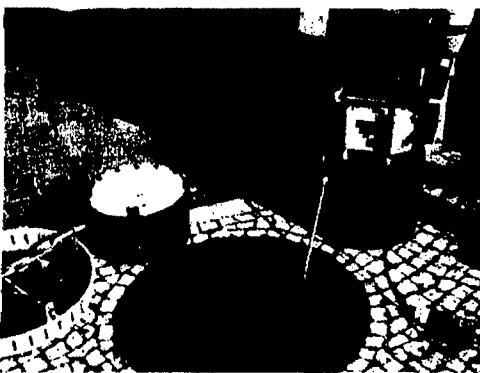


Abbildung 38. Probensamplers Boyenstraße



Abbildung 39. Probensamplers
Pumpwerk

Jeden Morgen um 9.00 Uhr wurde der Probennehmer in der Boyenstraße geöffnet, entleert und mit neuen Akkumulatoren/Akkus versehen. Für die Analytik wurde in

einem separaten Behälter eine Mischprobe angefertigt, indem allen Teilproben das gleiche Volumen entnommen wurde. Diese Mischprobe wurde in 1 Liter Flaschen abgefüllt und kühl gelagert in die Untersuchungsinstitute transportiert.

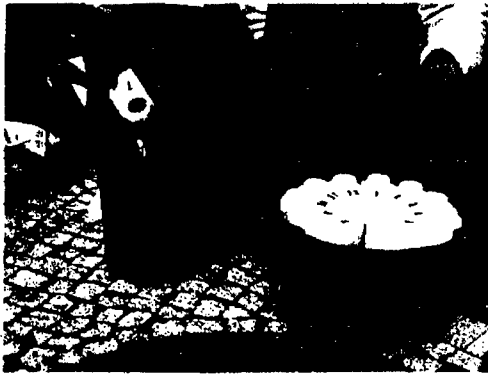


Abbildung 40. Herstellen der Mischprobe

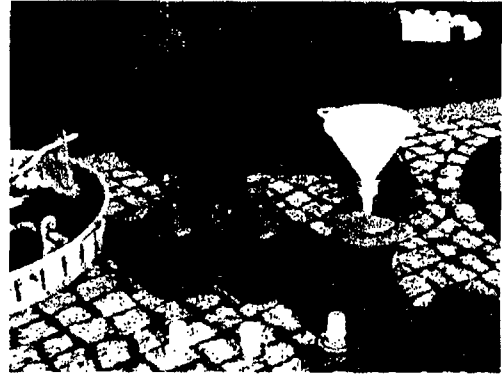


Abbildung 41. Befüllung der Probenflaschen

Ebenso wurde ca. eine halbe Stunde später mit dem Probensampler im Pumpwerk verfahren. Die Proben im Zu- und Ablauf des Klärwerks Ruhleben wurden auf die gleiche Weise, allerdings Zeit versetzt, entnommen.

Bei der Auswertung des ersten Versuchs wurden nicht erklärbare Ergebnisse erhalten, die eine Überprüfung des Abwassersystems des Bundeswehrkrankenhauses notwendig machte. Erst anhand alter Baupläne aus den 60iger Jahren konnte Klarheit über den wirklichen Verlauf der ableitenden Rohre gewonnen werden. Hierbei zeigte sich, dass es noch eine vierte Abwasserleitung gibt, die das Abwasser eines Seitenflügels des Bundeswehrkrankenhauses und das Abwasser der Institute direkt in die Boyenstraße leitet. Der Punkt dieser Einleitung liegt ca. 5-10 Meter hinter dem verwendeten Probennahmepunkt. Somit wurden die hier eingeleiteten Frachten nicht erfasst. Um diesem Fehler Rechnung zu tragen, wurden die Arzneimittelverbräuche der in dem betroffenen Seitenflügel lokalisierten Stationen aus dem Modell herausgerechnet (siehe Zwischenbericht). Für die Versuche 2 und 3 wurde somit ein neuer Probenahmepunkt festgelegt, der hinter dieser Abwassereinleitung liegt (Abbildung 36).

Um abzuschätzen wie viel Abwasser durch die privaten Haushalte gegenüber des Bundeswehrkrankenhauses abgegeben wurde und in wie weit ein zusätzlicher Probenahmepunkt im Bereich der Scharnhorststraße (als Nullwert) in den nächsten Versuchen notwendig ist, wurde der Wasserverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses im Versuchszeitraum abgelesen und mit den gemessenen Abwassermengen in der Boyenstraße verglichen. Hierbei zeigte sich deutlich, dass ein zusätzlicher Probenahmepunkt mit entsprechender Durchflussmessung erforderlich ist (siehe Zwischenbericht). Die Ergebnisse des ersten Versuchs sollten aus diesen Gründen unter der Prämisse betrachtet werden, dass man durch Abwasser der privaten Haushalte Überbefunde eingerechnet hat. Nach Auswertung des ersten Versuchs wurde aufgrund der großen Matrixprobleme bei der Analyse mittels GC/MS überlegt, bei den Versuchen 2 und 3 alleine die LC/MS-Analytik einzusetzen. Es sollte weiterhin bewusst ein Schwerpunkt auf den Bereich der Antibiotikarückstände gelegt werden (siehe Zwischenbericht). Die Versuchsreihen 2 und 3 waren, abgesehen von den erweiterten bzw. veränderten Probennahmepunkten, identisch zu der ersten aufgebaut. Die Versuchsdurchführung fand in der 5. und in der 32. Kalenderwoche 2003 statt.

Pharmakokinetik

Zur Berechnung der theoretischen Abwasserfracht müssen neben den Arzneimittelverbrauchsdaten und den Abwassermengen, die pharmakokinetischen Daten der verwendeten Arzneistoffe bekannt sein. Die Pharmakokinetik beschreibt Ausmaß und Verlauf der Freisetzung, Resorption, Verteilung, Biotransformation und Exkretion von Arzneistoffen. Die drei erstgenannten Vorgänge werden auch als Invasion, die beiden letztgenannten als Elimination zusammengefasst. Dabei stellen Freisetzungs-, Resorptionsquote und der Anteil des unverändert ausgeschiedenen Arzneistoffes bzw. seiner Metabolite die wichtigsten Kennzahlen dar. Alle aufgeführten Vorgänge haben einen, wenn auch unterschiedlich großen, Einfluss auf das Auftreten applizierter Arzneistoffe im Abwasser.

Die Wirkstofffreigabe aus dem Arzneimittel und die anschließende Resorption werden entscheidend von der Darreichungsform und vom Ort der Applikation

bestimmt. Des weiteren können aber auch physiologische Parameter wie z.B. pH-Wert, Magenentleerung, Durchblutung, Alter, etc., insbesondere bei der Resorption aus dem Gastrointestinaltrakt (GIT), einen nicht unwesentlichen Einfluss auf den Eintritt eines Pharmakons in den Körper haben.

Eine unvollständige Freisetzung und/ oder Resorption führt bei oraler Applikation zur Ausscheidung des unveränderten Arzneistoffes mit dem Faeces. Allerdings müssen chemische Abbaureaktionen und/ oder mikrobiologische Veränderungen durch Darmbakterien während der Passage des GITs berücksichtigt werden.

Nur ein kleiner Teil des als Salbe, Gel oder Lösung aufgetragenen Arzneistoffes wird durch die Haut in den Körper aufgenommen. Der weitaus größte Teil wird von der Haut wieder abgewaschen oder durch Abrieb auf die Kleidung bzw. Wäsche übertragen und gelangt somit unverändert ins Abwasser. Transdermale Therapeutische Systeme (TTS) werden nach der Anwendung über den Klinikmüll entsorgt und stellen dadurch keine Quelle für den Eintrag unveränderten Arzneistoffes in das Krankenhausabwasser dar.

Bei einer Applikation mittels Injektion bzw. Infusion können Freisetzung und Resorption des Wirkstoffes als vollständig angesehen werden. Bei intramuskulärer und subkutaner Injektion ist zwar die Bildung von Wirkstoffdepots mit verzögerter Freisetzung möglich, was wiederum zu verzögerter Ausscheidung führt, allerdings unterliegt auch in solchen Fällen die gesamte Wirkstoffmenge den Biotransformationsprozessen.

Bei einer Arzneistoffapplikation in Form von Suppositorien kann es aufgrund vorzeitiger Defäkation zu unvollständiger Freisetzung bzw. Resorption und damit zum Eintrag größerer Mengen unveränderten Wirkstoffes in das Krankenhausabwasser kommen.

Die Verteilungsprozesse im Körper haben einen großen Einfluss auf die Halbwertszeit der Arzneistoffe und damit auf den zeitlichen Verlauf der Ausscheidung und das Auftreten im Abwasser. Verallgemeinernd kann man sagen: je größer das Verteilungsvolumen, desto länger ist die Halbwertszeit des Arzneistoffes.

Pharmaka stellen für den Organismus körperfremde Stoffe (Xenobiotika) dar und unterliegen somit einem als Biotransformation bezeichneten Fremdstoffmetabolismus. Ziel der vielfältigen biochemischen Ab- und Umbaureaktionen, welche vor

allem in der Leber aber auch in anderen Organen ablaufen, ist die schnellere Ausscheidung. Dadurch soll eine Kumulation der potentiell toxischen Xenobiotika im Organismus verhindert werden. Dies wird durch eine Erhöhung der Hydrophilie (Wasserlöslichkeit), der meist gut lipidlöslichen Arzneistoffe erreicht.

Man unterteilt die Biotransformation in Phase-I- und Phase-II-Reaktionen [4], wobei unter ersteren strukturverändernde und abbauende Reaktionen verstanden werden, während letztere zur Konjugatbildung mit polaren, endogenen Molekülen führen. Wichtige Phase-I-Reaktionen sind Oxidation, Reduktion und Hydrolyse, die bedeutendsten Phase-II-Reaktionen sind die Glucuronidierung, Sulfatierung und die Konjugation mit Glutathion.

Phase-I-Reaktionen schaffen, durch Einführung oder Freilegung funktioneller Gruppen, die Voraussetzung für anschließende Kopplungsreaktionen. Verfügt ein Arzneistoff bereits über für die Kopplung geeignete funktionelle Gruppen kann es direkt zur Konjugatbildung und damit zur Ausscheidung des quasi unveränderten Arzneistoffes in Form seines Phase-II-Metaboliten kommen. Im Abwasser, während der Abwasseraufbereitung oder im Oberflächenwasser kann dann durch Konjugat-spaltung der Wirkstoff wieder freigesetzt werden.

Die Exkretion von Arzneistoffen und Metaboliten erfolgt hauptsächlich durch die Niere (renal) und die Leber (biliär). Die Niere stellt dabei das Hauptausscheidungsorgan für polare, wasserlösliche Substanzen mit einem Molekulargewicht von <500 dar, die Leber hingegen für Substanzen mit einem Molekulargewicht >500 .

Ein Maß für die Exkretionsleistung ist die Clearance, worunter „das in einer Zeiteinheit formal vom Wirkstoff befreite Plasmavolumen“ [1] verstanden wird. Zusammen mit dem Verteilungsvolumen ist die Clearance entscheidend für die Halbwertszeit eines Pharmakons, aber im Gegensatz zu diesem gilt für die Clearance: je größer sie ist, desto kürzer ist die Halbwertszeit.

Bei Substanzen mit großem Verteilungsvolumen und kleiner Clearance kann die vollständige Ausscheidung deshalb einige Tage, in Einzelfällen auch über eine Woche dauern.

Pharmakokinetisch optimale Modellsubstanzen im Sinne dieses Projektes sollten somit Arzneistoffe mit ausschließlich intravasaler Applikation und geringen inter-

und intraindividuellen Unterschieden in Bezug auf Verteilung, Biotransformation und Exkretion sein, wobei eine kurze Halbwertszeit des Wirkstoffes von Vorteil ist.

„Zweite Wahl“ sollten Wirkstoffe mit intramuskulärer, subkutaner oder oraler Applikation sein, letztere nur bei vollständiger bzw. von physiologischen Variablen weitgehend unabhängiger, konstant unvollständiger Freisetzung und Resorption.

Im folgenden sind die für die Berechnung relevanten pharmakologischen bzw. pharmakokinetischen Daten der untersuchten Arzneistoffe aufgelistet.

Tabelle 154. Für die Berechnung wichtige pharmakokinetische Parameter (in %)

Arzneistoff	Applikation	Resorption	unveränderter ausgeschieden	unverändert glucuronidiert	Literaturstelle
Acemetacin	oral	~ 50 % zu Indometacin metabolisiert (s.u.)			1,2,3
Amidotrizoesäure	Injection	0			3
Carbamazepin	oral	85	1-3		1,2,3
Ceftazidim	Injection	100	82-94		1,5
Ciprofloxacin	oral	70	41-75		1,3,5
	Injection	100	41-75		„
Clarithromycin	oral	50-60	20-30		5,8
	Injection	100	20-30		„
Clindamycin	oral	70-80	10-30		1,2,3
	Injection	100	10-30		„
	dermal	5-10	10-30		„
Diclofenac	oral	99	1	15	1,3,5,8
	rectal	99	1	15	„
	dermal	5-10	1	15	„
	Injection	100	1	15	„
Erythromycin	oral	25-65	2,5		5,8
	Injection	100	10-15		„
	dermal	5-10-	2,5		„
Ibuprofen	oral	99	0-6	0-6	1,2,5,6
	rectal	99	0-6	0-6	„
	Injection	100	0-6	0-6	„

Arzneistoff	Applikation	Resorption	unveränderter ausgeschieden	unverändert glucuronidiert	Literaturstelle
	dermal	5-10	0-6	0-6	"
Indometacin	oral	100	10-20	35-80	1,2,3
	rectal	100	10-20	35-80	"
	dermal	5-10	10-20	35-80	"
Iomeprol	Injection	100			14
Iopromid	Injection	100			14
Ioversol	Injection	100			14
Metamizol AAA	oral	100	21-27,5		1,2,3,5,13
	rectal	100	21-27,5		"
	Injection		21-27,5		"
Metamizol FAA	oral	100	11-23		"
	rectal	100	11-23		"
	Injection	100	11-23		"
Metronidazol	oral	80	8-30		1,2,3
	Injection	100	8-30		"
	vaginal	20-50	8-30		"
	dermal	5-10	8-30		"
Piperacillin	Injection	100	60-80		1,5,8,15
Roxitromycin	oral	60	34-50		5,8,15,16
Sulfamethoxazol	oral	100	15-20		1,2,5
	Injection	100	15-20		"
Trimetoprim	oral	100	60		1,3
	Injection	100	60		"

Der Anteil des unveränderten aber glucuronidierten Arzneistoffs ist in der Tabelle angegeben, da für die GC/MS-Bestimmungen die Probe mit dem Enzym Glucuronidase behandelt wurde, um das Glucuronid zu spalten, und einen höheren Anteil freien Arzneistoffs zu erhalten. Die Spaltung wurde bei der Proben-
vorbereitung für die LC/MS-Analytik nicht vorgenommen. Der entsprechende Arzneimittelanteil musste daher nicht ins Modell einberechnet werden.

Rohdaten

Um die Modellberechnung durchführen zu können, mussten zuerst alle Rohdaten gesammelt und bearbeitet werden.

Für das Bundeswehrkrankenhaus Berlin ergab sich hier der im folgenden aufgeführten Arzneimittelverbräuche.

Tabelle 155. Arzneimittelverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses im jeweiligen Versuchszeitraum in mg

Arzneistoff	Applikation	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Acemetacin	oral	39840	--	--
Amidotrizoesäure	Injection	14088	--	--
Carbamazepin	oral	32500	10000	19800
Ceftazidim	Injection	--	--	20000
Ciprofloxacin	oral	--	36250	81500
Clarithromycin	oral	--	21000	12000
Clindamycin	oral	--	--	35700
	Injection	--	--	4200
Diclofenac*	oral	35730	--	--
	rectal	2470	--	--
	dermal	140	--	--
	Injection	13960	--	--
Erythromycin	oral	--	0	0
	Injection	--	0	0
Ibuprofen	oral	162600	--	--
Imipenem	Injection	--	--	5000
Indometacin	oral	8475	--	--
	rectal	0	--	--
	dermal	400	--	--
Iomeprol	Injection	244960	--	--
Iopromid	Injection	1464050	--	--
Ioversol	Injection	0	--	--
Metamizol**	oral	379500	821000	324500

Arzneistoff	Applikation	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
	Injection	650000	417500	707500
	rectal	0	0	0
Metronidazol	oral	--	21500	71000
	Injection	--	5250	19500
Piperacillin	Injection	--	90000	184000
Roxitromycin	oral	--	0	2100
Sulfamethoxazol	oral	--	96000	40800
	Injection	--	19200	12400
Trimetoprim	oral	--	4000	8160
	Injection	--	800	2480

--: es wurde keine Datenerhebung durchgeführt

* Diclofenac-Na wurde auf Diclofenac umgerechnet

** Metamizol-Na wurde auf Metamizol umgerechnet

Im Einzugsgebiet des dem Bundeswehrkrankenhauses nächstgelegenen Abwasserpumpwerkes der Berliner Wasserbetriebe befinden sich Privathaushalte mit einer Gesamteinwohnerzahl von 95677 Personen (Angabe Berliner Wasserbetriebe, Stand 2002). Um den Arzneimittelverbrauch für diesen Bereich abzuschätzen, bestehen prinzipiell zwei Möglichkeiten. Zum einen kann vom Gesamtverbrauch der 3392400 Einwohner Berlins [17] auf die Einwohnerzahl von 95677 herunter gerechnet werden, zum anderen kann man die Arzneistoffmenge die von allen Berliner Apotheken in einem Jahr abgegeben wird, auf die Apothekenanzahl im Einzugsgebiet herunterrechnen.

Die Daten über eine Auswahl aller abgegebenen Medikamente in Berliner Apotheken wurden von der Firma Azyx Geopharma Informations Services für die Jahre 2001 und 2002 im Rahmen eines Kooperationsprojekts des Instituts für Lebensmittelchemie mit Anjou Recherche Paris käuflich erworben. Diese Daten lagen zur Zeit des Zwischenberichtes noch nicht vor. Die Ergebnisse des ersten Versuches sind in diesem Abschlußbericht mit den später zur Verfügung stehenden Daten des Arzneimittelverbrauchs der Bevölkerung Berlins aufgearbeitet worden.

Da die Firma im Jahr 2003 Insolvenz angemeldet hat, die Daten für das Jahr 2002 aber noch nicht geliefert wurden, mussten alle Berechnungen mit den Daten des Jahres 2001 durchgeführt werden. Eine relevante Veränderung der verbrauchten Arzneistoffmengen innerhalb eines Jahres ist eher unwahrscheinlich.

Die Rohdaten der Firma Azyx enthielten alle Arzneimittel eines Wirkstoffes in den jeweiligen Applikationsformen und Dosierungen. Die 4840 Datensätze wurden dann entsprechend dem nachfolgenden Beispiel einzeln berechnet:

Tabelle 156. Beispiel der zu bearbeitende Rohdatentabellen

Arzneiname	Hersteller	Wirkstoff	Anzahl 2001
Rantudil forte 20 St KAP	Tropon	Acemetacin	925

Rantudil forte enthält 60 mg Wirkstoff [18]

⇒ 60 mg x 20 Kps x 925 abgegebene Packungen = 1.110.000 mg

Die Summe aller Einzelwerte für einen Wirkstoff ergibt dann die Gesamtmenge des in Berlin im Jahr 2001 verbrauchten Arzneistoffs.

In ganz Berlin gab es im Untersuchungsjahr 2001 875 Apotheken [19]. Für das Einzugsgebiet konnten im selben Zeitraum 34 ansässige Apotheken gezählt werden.

Tabelle 157. Berechneter Arzneimittelverbrauch für Berlin und das Einzugsgebiet (über Einwohnerzahl und über Apothekendichte) im Jahr 2001 in kg

Arzneistoff	Applikation	Berlin	Einzugsgeb. Einwohner	Einzugsgeb. Apotheken
Acemetacin	oral	48,91	1,38	1,90
Amidotrizoesäure	Injection	6,51	0,18	0,25
Carbamazepin	oral	2832,04	79,87	110,04
Ceftazidim	Injection	1,66	0,05	0,06
Ciprofloxacin	oral	431,96	12,18	16,78
	Injection	0,60	0,02	0,02

Arzneistoff	Applikation	Berlin	Einzugsgeb. Einwohner	Einzugsgeb. Apotheken
	ophtal	0,14	0,004	0,005
Clarithromycin	oral	251,81	7,10	9,78
Clindamycin	oral	387,17	10,92	15,04
	Injection	0,97	0,03	0,04
	dermal	4,42	0,12	0,17
Diclofenac*	oral	1526,93	43,06	59,33
	rectal	129,85	3,66	5,05
	dermal	527,08	14,87	20,48
	Injection	47,31	1,33	1,84
	ophtal	0,02	0,001	0,001
Erythromycin	oral	518,44	14,62	20,15
	Injection	1,28	0,04	0,05
	dermal	47,50	1,34	1,85
	ophtal	0,44	0,01	0,02
Ibuprofen	oral	9794,44	276,24	380,58
	dermal	31,39	0,89	1,22
	rectal	7,84	0,22	0,30
	Injection	0,94	0,03	0,04
Indometacin	oral	97,83	2,76	3,80
	rectal	86,16	2,43	3,35
	dermal	16,05	0,45	0,62
	ophtal	0,14	0,004	0,005
Iopromid	Injection	0,76	0,002	0,03
Ioversol	Injection	0,06	0,002	0,002
Metamizol**	oral	5650,19	159,35	219,55
	rectal	33,18	0,94	1,29
	Injection	99,52	2,81	3,87
Metronidazol	oral	189,59	5,35	7,37
	vaginal	41,27	1,16	1,60
	Injection	0,29	0,008	0,011
	dermal	2,96	0,08	0,12

Arzneistoff	Applikation	Berlin	Einzugsgeb. Einwohner	Einzugsgeb. Apotheken
Piperacillin	Injection	1700,00	47,95	66,06
Roxitromycin	oral	279,24	7,88	10,84
Sulfamethoxazol	oral	1793,88	50,59	69,71
	Injection	0,32	0,09	0,012
Trimetoprim	oral	371,07	10,47	14,42
	Injection	0,06	0,002	0,002

* Diclofenac-Na wurde auf Diclofenac umgerechnet

** Metamizol-Na wurde auf Metamizol umgerechnet

Bei den Modellberechnungen wurden ausschließlich die Verbrauchsmengen, die sich über die Einwohnerzahl berechnen, verwendet. Statistisch gesehen scheinen diese Zahlen verlässlichere Aussagen über die verbrauchte Arzneistoffmenge zu liefern, da sich im Einzugsgebiet überdurchschnittlich viele Apotheken befinden. Bundesweit kann man von einem durchschnittlichen Wert von ~ 3500 Einwohnern pro Apotheke ausgehen, in Berlin ergibt sich ein durchschnittlicher Wert von 3877 Einwohnern. Mit 34 Apotheken lässt sich im Untersuchungsgebiet aber nur ein Durchschnitt von 2814 Einwohnern pro Apotheke berechnen. Die über die Apothekendichte berechneten Verbrauchswerte liefern somit zu hohe Werte.

Neben dem Bundeswehrkrankenhaus Berlin befinden sich im Versuchsgebiet Berlin-Mitte noch vier weitere Kliniken. Es sind dieses die Charite (1079 Betten), das St. Hedwigs-Krankenhaus (357 Betten), die DRK-Klinik (260 Betten) und das Jüdische Krankenhaus (363 Betten). Bei allen vier Krankenhäusern wurde zu dem jeweiligen Leiter der Krankenhausapotheke Kontakt aufgenommen und um die Bereitstellung der Arzneimittelverbrauchsdaten gebeten. Da es hier nicht möglich war Fragebögen auf den Stationen zu verteilen, wurden die Mengen der an die Stationen ausgelieferten Pharmaka für den entsprechenden Monat erbeten und diese später dann auf den Beprobungszeitraum herunter gerechnet. Da ein Krankenhaus nur Daten über die Gesamtmenge an verbrauchtem Wirkstoff lieferte, wurde hier immer eine orale Aufnahme angenommen und die Rückstände

dementsprechend berechnet. Der so entstandene Fehler ist marginal, da die Krankenhausdaten einzig in die Rückstandsmenge des Pumpwerkes eingehen und nicht gesondert untersucht werden.

Tabelle 158. Arzneistoffverbrauch aller anderen Krankenhäuser (Summe) in g

Arzneistoff	Applikation	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Acemetacin	oral	26,88	--	--
Amidotrizoesäure	Injection	4061,86	--	--
Carbamazepin	oral	514,50		299,76
Ceftazidim	Injection	--	--	156,82
Ciprofloxacin	oral	--	528,61	482,77
	Injection		86,08	85,63
Clarithromycin	oral	--	103,65	noch fehlend
	Injection		4,85	noch fehlend
Clindamycin	oral	--	--	161,23
	Injection	--	--	104,59
Diclofenac*	oral	92,75	--	--
	rectal	30,03	--	--
	dermal	75,37	--	--
	Injection	1,14	--	--
Erythromycin	oral	--	40,26	41,05
	Injection	--	68,87	78,81
Ibuprofen	oral	1330,93	--	--
	rectal	11,20	--	--
Indometacin	oral	19,89	--	--
	rectal	10,62	--	--
	dermal	5,6	--	--
Iomeprol	Injection	15729,00	--	--
Iopromid	Injection	20021,20	--	--
Ioversol	Injection	222,6	--	--
Metamizol**	oral	4662,38	4137,12	4345,95
	Injection	1596,47	1084,11	1030,86
	rectal	41,52	27,42	63,28

Arzneistoff	Applikation	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Metronidazol	oral	--	144,97	120,94
	Injection	--	241,84	224,23
	vaginal		0	0,27
Piperacillin	Injection	--	654,39	440,77
Roxitromycin	oral	--	14,67	7,38
Sulfamethoxazol	oral	--	386,68	245,68
	Injection	--	19,87	27,55
Trimetoprim	oral	--	77,14	49,14
	Injection	--	3,97	5,51

--: es wurde keine Datenerhebung durchgeführt

* Diclofenac-Na wurde auf Diclofenac umgerechnet

** Metamizol-Na wurde auf Metamizol umgerechnet

Berechnung

Die Berechnung der Wiederfindungsraten erfolgte mit einer auf dem Kalkulationsprogramm Excel entwickelten Datei, in die alle ermittelten Arzneimitteldaten eingegeben und die prozentuale Wiederfindung dann automatisch berechnet wurden.

Ergebnisse

Für die Auswertung der einzelnen gemessenen Parameter ist der Anteil des Abwassers des Bundeswehrkrankenhauses am Gesamtabwasser des Pumpwerkes sowie des Klärwerkzulaufes (Ruhleben) von Bedeutung. Es wurde bei den Berechnungen der Abwasserstrom in der Boyenstraße gleich dem Abwasserstrom des Bundeswehrkrankenhauses gesetzt. Der Fehler, der durch das Abwasser der Wohnungen entsteht, die in die Scharnhorststraße einleiten, bleibt hier für den ersten Versuch unberücksichtigt. Für den Versuch 2 und 3 wurden die reinen Krankenhausabwasserdaten (Abwasseranteil Boyenstraße minus Abwasseranteil Scharnhorststraße) für die Berechnung genutzt

Tabelle 159. Anteil des Abwassers des Bundeswehrkrankenhauses am Abwasser des Pumpwerks und am Abwasser des Klärwerks in %

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Wasseranteil Boyenstraße am Pumpwerk:	2,22	2,02	1,27
Wasseranteil Boyenstraße am Zulauf Klärwerk:	0,24	0,22	0,16

AOI Adsorbierbares organisches Jod

Organisch gebundenes Jod kommt in normalem kommunalem Abwasser so gut wie nicht vor. Haupteintragspfade sind für diesen Parameter praktisch ausschließlich radiologische Arztpraxen und Krankenhäuser, da ein Großteil der derzeit verwendeten Röntgenkontrastmitteln aus Organoiodverbindungen besteht. Auf Grund ihrer Anwendung sind es Substanzen, die im menschlichen Körper nicht metabolisiert werden und daher unverändert in das Abwasser gelangen. Auch in den Klärwerken werden sie nur minimal abgebaut und gelangen daher leicht in die Umwelt. In Oberflächengewässern zeigen sie ein sehr persistentes Verhalten.

Bei der Überprüfung der Modellberechnung wurden für diesen Parameter sehr gute Werte erhalten. Wir fanden im Abwasser der Boyenstraße ca. 114 % des Berechneten AOI-Gehaltes, im Pumpwerk ca. 73 %. Die Anteilige Belastung durch das Krankenhaus macht für das Pumpwerk 7,03 % und für das Klärwerk 0,72 % aus. Die im Vergleich zum Abwasseranteil erhöhten Werte lassen sich dadurch erklären, dass radiologische Untersuchungen zum größten Teil in Kliniken durchgeführt werden und daher das Abwasser der Zivilbevölkerung mit solchen Kontaminanten kaum belastet ist.

Röntgenkontrastmittel (Diatrizoate / Iopromid)

Aus finanziellen Gründen wurden hier nur für zwei Einzelsubstanzen der Gehalt des Abwassers in der Boyenstraße quantitativ bestimmt.

Für die Röntgenkontrastmittel zeigt sich hinsichtlich der Einzelsubstanzen ein uneinheitliches Bild. Während wir für Iopromid eine Wiederfindung von 105,5 % erhalten, konnten von den verwendeten Diatriziaten nur rund ein Viertel (26,4 %) wiedergefunden werden. Diese große Diskrepanz lässt sich ohne die Ergebnisse der anderen Röntgenkontrastmittel nicht erklären, da der AOI-Wert ein gutes Ergebnis zeigt.

Carbamazepin

Das Antiepileptikum Carbamazepin ist bedingt durch seine Pharmakokinetik eine Paradesubstanz für Modellberechnungen. Auf Grund der totalen Metabolisierung des absorbierten Anteils und der relativ genauen Angabe über die nicht absorbierte Arzneistoffmenge (15 %) ist die im Abwasser zu erwartende Konzentration leicht zu errechnen. Zudem ist bedingt durch die Dauermedikation die verbrauchte Menge des Wirkstoffs über das ganze Jahr hinweg konstant.

Tabelle 160. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Carbamazepin

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 1	63,1 – 69,9	64,3 – 71,2	1,51	0,08
Versuch 2	86,6 – 95,9	203,1 – 224,8	0,22	0,07
Versuch 3	80,9 – 89,6	136,7 – 151,3	0,61	0,14

Der Frachtanteil des Carbamazepins im Krankenhausabwasser ist berechnet auf den Abwasseranteil des Pumpwerks bzw. des Klärwerkzulaufes bei allen drei Versuchen niedriger als der prozentuale Abwasseranteil. Ein eindeutiges Zeichen, dass das Carbamazepin im kommunalen Abwasser seinen Hauptursprung in der Applikation dieses Medikaments in der breiten Bevölkerung hat.

Ceftazidim

Das Antibiotikum Ceftazidim konnte weder in der Scharnhorst, der Boyenstraße noch im Klärwerkszulauf nachgewiesen werden. Im Pumpwerk wurde lediglich in 3 von 7 Proben Ceftazidim gefunden. Es ist nicht zu erklären warum das nach Datenlage verwendete Antibiotikum nur im Abwasser des Klärwerks Ruhleben in allen Proben, in der Boyenstraße jedoch gar nicht nachgewiesen wurde. Berechnet man nun umgekehrt aus dem Verbrauch des Antibiotikums in der Klinik die erwartete Fracht pro L, so erhält man eine erwartete Menge von 14,5-16,6 ng/L für die Boyenstraße. Da die Nachweisgrenze der Analysenmethode für Ceftazidim aber nur bei ~10 ng/L liegt, ist es nicht ausgeschlossen, dass die Rückstandsmenge einfach nicht erfasst wurde.

Ciprofloxacin

Betrachtet und vergleicht man die prozentualen Anteile des Wirkstoffs im Abwasser des Krankenhauses, mit denen des Pumpwerks und des Klärwerks, so fällt auf, dass die Werte des 2. Versuchs viel höher ausfallen, als nach den Modellberechnungen zu erwarten wären. Die Ergebnisse des letzten Versuchs liegen in dem Verhältnis wie es von den reinen Abwassermengen her erwartet wird. Warum die Wiederfindung hier allerdings sehr niedrig ausfällt, ist nicht zu erklären. Da der Wirkstoff nur selten bei der Behandlung schwerwiegender Erkältungskrankheiten (Sinusitis, Otitis media) eingesetzt wird, ist somit nicht mit einem höheren Verbrauch im Winterhalbjahr zu rechnen.

Tabelle 161. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Ciprofloxacin

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 2	181,8 – 264,7	40,4 – 58,1	21,59	6,69
Versuch 3	3,5 – 5,3	19,5 – 28,2	2,22	1,57

Clarithromycin

Die Ergebnisse für den Wirkstoff Clarithromycin sind sehr zufriedenstellend. In der Boyenstraße werden rund 50-60 % des berechneten Wirkstoffs wiedergefunden. Im Pumpwerk liegt die Quote sogar bei 80-100% (Bei Versuch 3 ist noch nicht der Verbrauch der anderen Krankenhäuser eingerechnet, da diese Daten noch nicht vorliegen).

Der Frachtanteil des Clarithromycin im Krankenhausabwasser ist berechnet auf den Abwasseranteil des Pumpwerks bzw. des Klärwerkzulaufes bei beiden Versuchen höher als der prozentuale Abwasseranteil.

Tabelle 162. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Clarithromycin

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 2	47,3 – 59,2	80,5 – 100,6	4,60	0,82
Versuch 3	52,5 – 62,6	79,6 – 99,5	5,24	1,91

Clindamycin

Clindamycin ist ein Antibiotikum aus der Lincosamid-Klasse, kein Makrolid-Antibiotikum wie der Name evtl. vortäuscht. Die Wiederfindungsrate für Clindamycin ist sowohl in der Boyenstraße als auch im Pumpwerk sehr gering. Der niedrige Befund ist nicht erklärbar, da Clindamycin gut wasserlöslich und in wässriger Lösung im pH-Bereich von 2-9 stabil ist [1]. Ein schneller Abbau im Abwasser ist daher unwahrscheinlich.

Tabelle 163. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Clindamycin

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 3	3,4 – 6,3	4,4 – 8,3	6,86	2,76

Diclofenac

Im Gegensatz zu Carbamazepin stellte sich Diclofenac als gänzlich ungeeignete Substanz für diese Art von Modellversuch heraus, da dieses Analgetikum in verschiedenen galenischen Zubereitungen angewendet (oral, parenteral, rectal, ophtal und cutan) wird. Bei der Auswertung der Krankenhausverbräuche konnten wir feststellen, dass der größte Teil des ins Abwasser gelangenden Diclofenacs aus den dermalen Anwendungen stammt. Diese weisen lediglich eine maximale Resorption von ca. 10 % auf und der restliche auf der Haut befindliche Wirkstoff wird einfach beim Waschen abgespült. Wirkstoff, der sich in Wäschestücken oder in Mullbinden befindet, gelangt später beim Reinigen ins Abwasser. Im Bundeswehrkrankenhaus wird bei der physiotherapeutischen Behandlung bestimmter orthopädischer Schäden die sog. „Voltaren®-Iontophorese-Therapie“ verwendet, bei der das betroffene Körperteil dick mit Voltaren®-Gel bestrichen und dann per Elektroden ein Reizstrom angelegt wird. Nach der Therapie wird das

restliche Gel üblicherweise mit Papierhandtüchern entfernt, die dann über den Hausmüll entsorgt werden. Auf diese Weise gelangt ein Großteil des Wirkstoffes in den Müllkreislauf und nicht ins Abwasser. Es war daher mit einem großen Minderbefund zumindest in der Boyenstraße zu rechnen, der sich später auch bestätigte. Es wurden nur ~30 % des Wirkstoffs gefunden, im Pumpwerk hingegen ~65 %. Im Vergleich zu kommunalem Abwasser ist der prozentuale Anteil des Diclofenacs nicht erhöht. Er liegt bei 1,74 % für das Pumpwerk und 0,19 % für den Klärwerkszulauf.

Tabelle 164. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Diclofenac

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 1	31,3 – 32,2	64,4 – 66,3	1,75	0,19

Erythromycin

Erythromycin ist ein Makrolid-Antibiotikum das häufig bei erkältungsbedingten Infektionen des HNO-Traktes eingesetzt wird. Hiermit ist zu erklären, dass die Wiederfindung im Januar wesentlich höher liegt als im August. Die Verbrauchsdaten der Apotheken sind nicht gewichtet, sondern gleichmäßig auf 12 Monate verteilt worden. Es muss davon ausgegangen werden, dass der Erythromycin-Verbrauch im Winterhalbjahr höher als im Sommerhalbjahr ist. Die Wiederfindung in der Boyenstraße wurde nicht ausgewertet, da nach Angabe der entsprechenden Stationen kein Erythromycin verabreicht wurde. Die doch gefundenen Frachten in der Boyenstraße beruhen wohl auf einem Erythromycin-Verbrauch des Personals oder einer nicht registrierten Abgabe in den FU-Stellen bzw. des Truppenarztes. Der Prozentuale Anteil des Bundeswehrkrankenhauses am Pumpwerk bzw dem Klärwerk liegt weit unter den erwarteten prozentualen Abwasseranteilen.

Tabelle 165. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Erythromycin

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 2	--	424,9 – 797,9	0,06	0,02
Versuch 3	--	35,1 – 65,9	0,33	0,06

Ibuprofen

Die Ergebnisse für Ibuprofen sind defakto nicht auszuwerten. Auf Grund der bereits angesprochenen Matrixbelastung waren die GC/MSD Ergebnisse nur bedingt zu verwenden.

In diesem Fall kommt aber ein anderes Problem hinzu, dass sich auch bei anderen Substanzen zeigen wird. Die pharmakokinetischen Angaben sind sehr großzügig angegeben. So ermittelt man für die unveränderte und glucuronidierte Ausscheidung von Ibuprofen einen Wert von 1-12 %. Diese große Spanne hat zur Folge, dass wir für die Boyenstraße eine erwartete Fracht von 1,6-20,9 g berechnen. Hingegen liegt die gemessene Menge bei 36,4 g, was einen prozentualen Anteil von 173,7-2237 % ausmacht. Die Ergebnisse für das Pumpwerk liegen mit 134,8-1652,1 % nicht wesentlich besser. Hingegen zeigt sich auch hier, dass der reine Substanzanteil auf die Wassermenge berechnet nur gering erhöht ist. Er liegt bei 3,04 % für das Pumpwerk und 1,14 % für Ruhleben.

Indometacin

Die beiden Antiphlogistika Acemetacin und Indometacin müssen zusammen behandelt werden, da es sich bei dem Wirkstoff Acemetacin um einen Arzneistoff handelt, dessen aktiver Metabolit Indometacin selber als Medikament eingesetzt wird. Bei einer Untersuchung auf Indometacin und seine Metabolite kann also nicht

unterschieden werden, ob die gefundene Substanzmenge aus dem Acemetacin-Präparat (Metabolit) oder dem Indometacin-Produkt (nicht absorbiert oder unverändert ausgeschiedener Arzneistoff) stammt.

Tabelle 166. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Indometacin

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 1	21,0 – 46,1	9,3 – 19,1	34,06	3,71

Auch beim Indometacin kann in der Boyenstraße nur 20-45 % der erwarteten Arzneistoffmenge nachgewiesen werden. Im Pumpwerk sind es nur noch 10-20 %. Interessanterweise bleibt das Frachtverhältnis bei den auf die Abwassermenge berechneten Werten für das Pumpwerk und den Klärwerkszulauf ungefähr gleich (32,4 % und 3,5 %). Somit scheint das Bundeswehrkrankenhaus überproportional viel Indometacin im Versuchszeitraum verbraucht zu haben.

Dass das Problem auch bei dieser Auswertung an der Probenaufbereitung (Matrixeffekt) der GC/MSD-Methode liegt, ist deutlich zu erkennen, da sowohl in der Boyenstraße, dem Pumpwerk und im Klärwerk an manchen Tagen keine Indometacinkonzentrationen gemessen werden konnten, was im Fall des doch sehr häufig angewendeten Indometacins nahezu auszuschließen ist.

Metamizol

Metamizol ist das von der Menge her im Berliner Bundeswehrkrankenhaus mit Abstand am meisten verwendete Analgetikum. Es wird als Tropfen, als Tabletten als Zäpfchen und als Injektion verabreicht. Auch hier liegen unterschiedliche Resorptionswege vor, bei denen aber in allen Fällen (orale, rectale und parenterale Aufnahme) von einer annähernd 100 %-igen Resorption ausgegangen werden kann. Als Hauptmetaboliten findet man die beiden Substanzen 4-Acetylamino-

antipyrin (AAA) mit 21-27,5 % und Formylaminoantipyrin (FAA) mit einem Anteil von 11-23 %. Da Metamizol nach wie vor ein verschreibungspflichtiges Präparat ist und viele Ärzte aufgrund der gefürchteten Nebenwirkungen (Agranulozytose) Metamizol wenig verschreiben, ist hier die Anwendung in den Kliniken die Hauptquelle von Metamizolrückständen im kommunalen Abwasser. Dieses kann an den relativ hohen Verhältnissen des Arzneistoffs im Abwasser der Boyenstraße gezeigt werden, die 5-10-fach höher ausfallen, als der reine Abwasseranteil am Abwasser des Pumpwerks (Tabelle 159).

Tabelle 167. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Metamizol bzw. den Metaboliten AAA

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 1	100,0 – 131,0	42,9 – 56,2	21,08	3,82
Versuch 2	71,6 – 93,7	66,5 – 87,1	11,72	1,93
Versuch 3	35,1 – 45,9	64,5 – 84,5	9,84	1,90

Tabelle 168. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Metamizol bzw. den Metaboliten FAA

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 1	38,3 – 80,2	14,2 – 29,6	24,50	4,22
Versuch 2	26,8 – 56,1	24,1 – 50,4	12,12	2,05
Versuch 3	14,2 – 29,7	23,6 – 49,4	10,90	2,19

Metronidazol

Bei beiden durchgeführten Versuchen gab es beträchtliche Probleme bei der Untersuchung der Metronidazol-Werte. Beide Male wurde im Klärwerkszulauf kaum Metronidazol nachgewiesen. Lediglich in 3 von 14 Proben wurde das Antibiotikum gefunden. Im dritten Versuch wurde zudem im Pumpwerk in keiner Probe Metronidazol analysiert. Bei den Wiederfindungen für die Boyenstraße konnte im zweiten Versuch 90-150 % des Wirkstoffs gefunden werden, im dritten Versuch nur gerade mal 2-4 %.

Tabelle 169. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Metronidazol

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 2	91,8 – 153,0	12,2 – 24,9	34,72	10,69
Versuch 3	2,3 – 3,8	--	--	--

Piperacillin

Tabelle 170. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Piperacillin

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 2	0,03 – 0,04	1,0 – 1,3	0,13	0,22
Versuch 3	0,00	0,00	--	--

Sowohl in der Boyenstraße, als auch im Klärwerkszulauf konnte im ersten Versuchen in nur jeweils einer von 7 Proben Piperacillin nachgewiesen werden. Im

Pumpwerk waren in vier von 7 Proben Spuren des Arzneistoffs zu finden. Im zweiten Versuch konnte nur in den Klärwerksablauf-Proben Piperacillin nachgewiesen werden. Warum die Rückstände dieses Arzneistoffs im Abwasser schwer zu finden sind, ist nicht zu erklären.

Roxithromycin

Die erzielten Ergebnisse für das Makrolid-Antibiotikum Roxithromycin sind sehr zufriedenstellend. Zwar konnte die Wiederfindung für die Boyenstraße nicht ausgewertet werden, da im Krankenhaus auf den Stationen kein Wirkstoff verbraucht wurde. Es wurde im Abwasser aber eine Fracht von 2122 mg gefunden, was unter Berücksichtigung der pharmakokinetischen Daten eine Anwendung von 3300 mg Arzneistoff bedeutet. Bei einer täglichen Gabe von 300 mg, also 11 Tagesdosen. Es sieht so aus, als ob ein Patient über den Versuchszeitraum hinweg mit Roxithromycin behandelt wurde, diese Abgabe aber nicht erfasst worden ist.

Tabelle 171. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Roxithromycin

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 2	—	105,3 – 122,0	1,70	0,35
Versuch 3	56,4 – 65,4	105,6 – 122,0	0,69	0,66

Die analysierten Werte für das Pumpwerk sind in beiden Fällen identisch und zeigen eine hervorragende Wiederfindung. Betrachtet man die prozentualen Anteile der Arzneimittelfracht im Vergleich zu der des Pumpwerks bzw. des Klärwerkzulaufes, so liegen die Werte höher als erwartet. Der Anteil der Krankenhäuser beim Verbrauch dieses Antibiotikums scheint hier prozentual gesehen höher zu sein.

Sulfamethoxazol

Sulfamethoxazol ist ein Chemotherapeutikum, welches nur in der fixen Kombination mit Trimetoprim auf dem deutschen Markt eingesetzt wird (Cotrimoxazol; Verhältnis von 5:1). Die erhaltenen Ergebnisse sind für Sulfamethoxazol recht zufriedenstellend. Die Frachten für die Boyenstraße sind im dritten Versuch etwas niedriger als beim zweiten, für die prozentualen Anteile wurden aber gleiche Ergebnisse erhalten. Hier zeigt sich, dass auch Sulfmethoxazol einen höheren prozentualen Rückstandsanteil im Abwasser aufweist, im Vergleich zu den reinen Abwassermengen.

Tabelle 172. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Sulfamethoxazol

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 2	61,5 – 82,0	82,1 – 109,5	5,00	0,67
Versuch 3	45,8 – 61,1	37,4 – 49,8	4,71	0,66

Trimetoprim

Im Gegensatz zu Sulfamethoxazol wird das Chemotherapeutikum Trimetoprim nicht nur in fixer Kombination mit Sulfamethoxazol eingesetzt, sondern ist auch als Einzeltherapeutikum auf dem Markt. Die Ergebnisse in den Wiederfindungsversuchen sind ebenso wie die von Sulfamethoxazol sehr zufriedenstellend. In der Boyenstraße werden 60-90 % der erwarteten Arzneistoffmenge detektiert, im Pumpwerk zwischen 30 und 70 %. Die prozentualen Anteile liegen etwas höher als bei Sulfamethoxazol, die Ergebnisse des zweiten und dritten Versuches stimmen aber gut überein.

Tabelle 173. Ergebnisse des Vergleiches der real gemessenen Frachten mit den Modellberechnung für den Wirkstoff Trimetoprim

	Wiederfindung in Boyenstraße (in %)	Wiederfindung im Pumpwerk (in %)	Prozentualer Anteil des Arzneimittels in der Boyenstraße bezogen auf die Fracht des	
			Pumpwerks	Klärwerks
Versuch 2	86,7	70,5	8,04	1,14
Versuch 3	61,4	29,4	7,84	1,38

Zusammenfassung

Der erste durchgeführte Versuch einer Modellberechnung des Verhaltens und Verbleibs von Arzneimittelrückständen in Abwasser, sollte in erster Linie die Schwachstellen und Probleme des Versuchsaufbaus, der angewendeten Datenerfassung und der benutzten analytischen Messmethoden darstellen. Es konnte bereits anhand des Versuchs 1 gezeigt werden, dass die Ergebnisse trotz der vielen Fehlerquellen und fehlenden Daten einen positiven Eindruck von der Realisierbarkeit einer solchen Modellberechnung abgaben.

Nach den Veränderungen im Versuchsaufbau, dem Wechsel auf die LC/MS-Analytik und dem neuen Untersuchungsspektrum (Antibiotika) verlief auch der zweite Versuch vielversprechend. Schwierigkeiten mit nicht gelieferten Daten von den Krankenhausstationen und noch anfängliche Methodenprobleme bei der Antibiotikaanalytik konnten im dritten Versuch beseitigt werden. Die hier erhaltenen Ergebnisse zeigen deutlich, dass es Arzneistoffe gibt, die für solche Wiederfindungsversuche gut geeignet sind (Carbamazepin, Methamizol, Roxithromycin, Sulfamethoxazol und Trimetoprim) und Substanzen, bei denen es trotz einer einfachen Pharmakologie und Pharmakokinetik zu nur unzureichenden Ergebnissen kommt (Clindamycin, Piperacillin). Auch stellt die Art der Applikation oftmals ein Problem dar. Diclofenac, dessen Rückstände im Abwasser vor allem auf die dermalen Arzneiformen zurückzuführen sind, ist weniger gut geeignet, da es nicht ausgeschlossen werden kann, dass Teile des Medikamentes über den

Hausmüll beseitigt werden (z.B. Verwendung in der Voltaren®-Iontophorese-Therapie).

Über die Berechnung der Anteile des Abwassers bzw. der Arzneimittelfracht am Abwasser des Pumpwerks und des Klärwerkzulaufes konnte deutlich gezeigt werden, welchen Anteil ein durchschnittliches Krankenhaus an der Belastung des kommunalen Abwassers mit Arzneimittelrückständen trägt. Während bei Antibiotika die häufig von Hausärzten verschrieben werden der Anteil gering ist (z.B. Erythromycin), liegt er bei seltener eingesetzten Antibiotika (z.B. Metronidazol) wesentlich höher. Ganz deutlich wird der Unterschied bei den Analgetika. Die Rückstände der rezeptfreien und der nur teilweise rezeptpflichtigen Schmerzmittel (Ibuprofen, Diclofenac) haben ihren Haupteintrittspfad in den privaten Haushalten, während Rückstände des Metamizols größtenteils auf die Schmerzbehandlung in den Krankenhäusern zurückzuführen sind.

Literatur zu Kapitel 6

1. Forth, W., Henschler, D., Rummel, W.: Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. Urban & Fischer Verlag, München, Jena, 8. Auflage, 2001.
2. Pfeifer, S.: Biotransformation von Arzneimitteln, Band 1 – 5. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 1975-1983.
3. Beyer, K.-H.: Biotransformation der Arzneimittel. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2.Auflage, 1990.
4. Mutschler, E., Geisslinger, G., Kroemer, H., Schäfer-Korting, M., Arzneimittelwirkungen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 8. Auflage, 2001
5. N.N.: Fachinfo, Fachinformationsverzeichnis Deutschland, CD-Version. BPI Service GmbH, Frankfurt/ Main, Ausgabe 2002/1.
6. Davis, Neal M.: Clinical Pharmacokinetics of Ibuprofen: The First 30 Years. Clin Pharmacokinet. 34 (2), 101-54, 1998.
7. N.N.: Piperacillin Drugdex Drug Evaluations.
8. Roth, H. J., Fenner, H.: Arzneistoffe. Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, 2000.
9. Riess, W., Stierlin, H., Degen, P., et al.: Pharmacokinetics and metabolism of the anti-inflammatory agent Voltaren. Scan J Rheumatol Suppl, 22, 17-29, 1978.
10. Laboratoires Fournier (Hrsg.): The Fenofibrate Monograph. Oxford Clinical Communications, Oxford, 1995.
11. Sidelmann, U. G., Christiansen, E., Krogh, L., Cornett, C., et al.: Purification and ^1H NMR Spectroscopic characterization of phase II metabolites of tolfenamic acid. Drug Metabolism and Disposition, 25 (6), 725-31, 1997.
12. Elwes, R.D., Binnie, C.D.: Clinical pharmacokinetics of newer antiepileptic drugs. Lamotrigine, vigabatrin, gabapentin and oxcarbazepine. Clin Pharmacokinet, 30 (6), 403-15, 1996.
13. Levy, M., Zylber-Katz, E., Rosenkranz, B.: Clinical pharmacokinetics of dipyron and its metabolites. Clin Pharmacokinet, 28 (3), 216-34, 1995.

14. Bourin, M., Jolliet, P., Ballereau, F.: An Overview of the Clinical Pharmacokinetics of X-Ray Contrast Media. Clin Pharmacokinet, 32 (3), 180-93, 1997.
15. Lassman, H. B., Puri, S. P., Ho, I., Sabo, R., Mezzino, M. J.: Pharmacokinetics of Roxithromycin (RU 965). J Clin Pharmacol, 28, 141-152, 1988.
16. Markham, A., Faulds, D.: Roxithromycin – An Update of its Antimicrobial Activity, Pharmacokinetic Properties and Therapeutic Use. Drugs, 48 (2), 297-326, 1994.
17. Homepage des Statistischen Landesamtes Berlin, www.statistik-berlin.de, Stand 12/2002,
18. Rote Liste, Arzneimittelverzeichnis für Deutschland, Editio Cantor Verlag Aulendorf, Ausgabe 2004
19. Homepage der Berliner Apothekerkammer, www.akberlin.de, Stand 2001

Tabelle 174. Beispiel eines Datenblattes zur Erfassung der Arzneimittelverbräuche im Bundeswehrkrankenhaus Berlin

Datenblatt				
Neurochirurgie Stationsbedarf				
Wirkstoff	Arzneimittel	Bestand am 04.08.03		Bestand am 11.08.03
		Uhrzeit:		Uhrzeit:
Carbamazepin	Tegretal RETARDTBL 200 mg			
	Tegretal TBL 200 mg			
	Timonil RETARDTBL 300 mg			
	Timonil RETARDTBL 400 mg			
	Timonil RETARDTBL 600 mg			
	Timonil TBL 200 mg			
Ceftazidim	Fortum Trockensubstanz 2g			
Ciprofloxacin	Ciprobay Filmtabletten 250 mg			
	Ciprobay Filmtabletten 500 mg			
Clarithromycin	Klacid Filmtabletten 250 mg			
Clindamycin	Clindamycin KPS 150 mg			
	Clindamycin KPS 300 mg			
	Sobelin Solubile Inj. Amp 600mg			
Cotrimoxazol	Cotrim forte TBL			
	Cotrim SF INJ 5ml			
Erythromycin	Erythromycin i.V. Trockensubstanz 1g			
	Erythromycin Filmtabletten 250mg			
Imipenem	Zienam 500 Inf-Fl			
Metamizol	Berlosin TBL 500 mg			
	Novaminsulfon INJ 2,5 g 5 ml			
	Novaminsulfon TRPF 20 ml			
Metronidazol	Clont INF			
	Clont Lacktablette 400 mg			
Ofloxazin	Tarivid Infusionslösung 200 mg			
Oxacillin	Infecto Staph Trockensubstanz 1g			
Oxcarbazepin	Trileptal TBL 300mg			
Piperazillin	Pipril Trockensubstanz			
	Tazobac Trockensubstanz 4.5g			
Roxithromycin	Rulid 300mg			

Tabelle 175. Gemessene Abwassermengen (Durchfluss) an den einzelnen Probenahmeorten

	Schamhorststrasse		Boyenstrasse		Pumpwerk		Klärwerks Zulauf		Klärwerks Abwasser	
	Durchfluß (m³)	Durchfluß (l)	Durchfluß (m³)	Durchfluß (l)	Durchfluß (m³)	Durchfluß (l)	Durchfluß (m³)	Durchfluß (l)	Durchfluß (m³)	Durchfluß (l)
Versuch 1										
04 9 2002			428,4	428400	21492	21492000	184826	184826000	203442	203442000
04 10 2002			1143,5	1143500	21624	21624000	190105	190105000	203917	203917000
04 11 2002			425,7	425700	20823	20823000	189494	189494000	197384	197384000
04 12 2002			348,7	348700	21377	21377000	185279	185279000	205815	205815000
04 13 2002			446,3	446300	19464	19464000	187791	187791000	195348	195348000
04 14 2002			137,5	137500	18445	18445000	177235	177235000	352824	352824000
04 15 2002			570,2	570200	34367	34367000	336482	336482000	427115	427115000
04 16 2002										
Summe			3500,3	3500300	157592	157592000	1451212	1451212000	1785845	1785845000
Versuch 2										
01 29 2003	35,59	35590	562,9	562900	44550	44550000	389875,57	389875570	389875,57	389875570
01 30 2003	52,58	52580	537,61	537610	34600	34600000	241092,87	241092870	241092,87	241092870
01 31 2003	42,72	42720	372,54	372540	31100	31100000	22954,1	22954100	22954,1	22954100
02 1 2003	53,12	53120	440,53	440530	21700	21700000	196772,44	196772440	196772,44	196772440
02 2 2003	83,72	83720	524,07	524070	20000	20000000	190938,07	190938070	190938,07	190938070
02 3 2003	76,58	76580	498,86	498860	26400	26400000	262937,94	262937940	262937,94	262937940
02 4 2003	46,19	46190	394,08	394080			222604,64	222604640	222604,64	222604640
	390,5	390500	3330,59	3330590	178350	178350000	1727175,63	1727175630	1727175,63	1727175630
Versuch 3										
37838	126,7	126700	352,27	352270	21620	21620000	174846,0832	174846083,2	174846,0832	174846083,2
37839	68,03	68030	337,98	337980	22029	22029000	168775,3863	168775386,3	168775,3863	168775386,3
37840	41,16	41160	378,91	378910	21477	21477000	174695,6637	174695663,7	174695,6637	174695663,7
37841	34,23	34230	379,19	379190	23467	23467000	179490,8953	179490895,3	179490,8953	179490895,3
37842	54,05	54050	268,64	268640	21057	21057000	169333,8328	169333832,8	169333,8328	169333832,8
37843	23,41	23410	218,17	218170	17416	17416000	154461,2203	154461220,3	154461,2203	154461220,3
37844	28,13	28130	323,65	323650	20799	20799000	163021,275	163021275	163021,275	163021275
Summe	375,71	375710	2258,81	2258810	147865	147865000	1184624,357	1184624357	1184624,357	1184624357

Tabelle 176. Ermittelter Arzneimittelverbrauch der vier Krankenhäuser für den ersten Versuch

[illegible]

Tabelle 177. Ermittelter Arzneimittelverbrauch der vier Krankenhäuser für den zweiten Versuch

[illegible]

Tabelle 178. Ermittelter Arzneimittelverbrauch der vier Krankenhäuser für den dritten Versuch

[illegible]

Tabelle 179. Ermittelter Arzneimittelverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses für den ersten Versuch

BwKrhs Berlin				Berechnet als Base			
	DF	Dosis	Stückzahl	Menge [mg]	Menge [g]		
Acemetacin	Kap	60mg	664	39840	39,84		
Amidotrizoesäure	Lsg	Urolux Retro 250ml	1				
		Na-Amidotrizoat 4,1g/100ml	10,25		10,25		
		Amid-Megl 26,6g/100ml	66,5		66,5		
	Lsg	Perl. Inf					
		Na-Amidotrizoat 24g/100ml					
		Amid-Lysin 7,1g/100ml					
	Lsg	Perl. RE					
		Amid-Lysin 36g/100ml					
	Lsg	Perl. Oral					
		Amid-Lysin 60g/100ml					
		Na-Amidotrizoat			10,25		9,90
		Amid-Megl			66,5		50,47
		Amid-Lysin					
		Amidotrizoesäure					60,37
Carbamazepin	Tbl	200mg					
	Tbl	400mg					
	Tbl	150mg ret					
	Tbl	200mg ret	158	31600	31,6		
	Tbl	300mg ret	3	900	0,9		
	Tbl	400mg ret					
	Tbl	600mg ret					
	Sft	100mg/5ml		32500	32,5		
Diclofenac oral	Tbl	50 mg	738	36900	36,9		
	Drg	25mg					
	Drg	50mg	22	1100	1,1		
	Drg	100mg					
	Kap	75mg					
Diclofenac rectal	Sup	25mg			38	oral	35,37
	Sup	50 mg	11	550	0,55		
	Sup	100 mg	21	2100	2,1		
Diclofenac Inj					2,65	rectal	2,47
	Amp	75 mg	2	150	0,15		
Diclofenac dermal					0,15	Injection	0,14
	Gel	1g/100g	1500g	15000	15		
					15	dermal	13,96
Ibuprofen	Gra	200mg					
	Tbl	200mg	137	27400	27,4		
	Tbl	400mg	294	117600	117,6		
	Tbl	800mg	22	17600	17,6		
	Sft	100mg/5ml					
				162600	162,6		oral
	Sup	600mg					rectal
Indometacin	Kap	25mg	195	4875	4,875		
	Kap	50mg	72	3600	3,6		
				8475	8,475		oral
	Sup	50mg					
	Sup	100mg					
	Spray	8mg/ml	1	400	0,4		rectal
Iomeprol				400			dermal
	Fi		300		244,96		
	Fi		350				
					244,96		
Iopromid	Fi	240/50ml					
	Fi	300/20ml					
	Fi	300/50ml					
	Fi	300/75ml	7		218,05		
	Fi	300/100ml					
	Fi	300/200ml	10		1248,00		
	Fi	370/100ml					
	Fi	370/200ml					
	Fi	370/50ml					
					1464,05		
Ioversol	Fsp	19,08g	300ml				
Metamizol-Na	Amp	1,0g					
	Amp	2,5g	256	650000	650,0		
					650,0		607,14
	Sup	1g					
	Sup	300mg					
	Tbl	500mg	59	29500	29,5		0,00
	Tro	20ml	35	350000	350,0		
					379,5		354,48
Oxcarbazepin							

Tabelle 180. Ermittelter Arzneimittelverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses für den zweiten Versuch

BwKrhs Berlin						Berechnet als Base
	DF	Dosis	Stückzahl	Menge [mg]	Menge [g]	
Clarithromycin	Tbl	250 mg	84	21000	21,0	oral
	Inj	500 mg			21,0	
Erythromycin	Tbl	500 mg				Injection
	Gran	1000 mg				
	Sft	2400 mg				
	Inj	1000 mg				
Cefotiam	Inj	500 mg	115	230000	230,0	Injection
		1000 mg			230,0	
		2000 mg			230,0	
Ciprofloxacin	Tbl	250 mg	145	36250	36,25	oral
		500 mg			36,25	
	Sft	6000 mg			36,25	
	Inj	100 mg	35	7000	7,00	Injection
	Inj	200 mg			7,00	
	Inj	400 mg			7,00	
Carbamazepin	Tbl	200mg	50	10000	10,0	oral
	Tbl	400mg			10,0	
	Tbl	150mg ret			10,0	
	Tbl	200mg ret			10,0	
	Tbl	300mg ret			10,0	
	Tbl	400mg ret			10,0	
	Tbl	600mg ret			10,0	
	Sft	6000 mg			10,0	
					10,0	
Mezlocillin	Inj	500 mg	53	212000	212,0	Injection
	Inj	1000 mg			212,0	
	Inj	2000 mg			212,0	
	Inj	4000 mg			212,0	
Metamizol-Na	Amp	1,0g	126	315000	315,0	Injection
	Amp	2,5g			315,0	
	Sup	1g				rectal
	Sup	300mg				
	Tbl	500mg	302	151000	151,0	oral
	Tro	20 ml	64	640000	640,0	
Metronidazol	Tbl	250 mg	21	5250	5,25	oral
	Tbl	400 mg	43	17200	17,2	
	Inj	500 mg			22,45	Injection
	Vag	100 mg			22,45	
						vaginal
Piperacillin	Inj	1000 mg	20	80000	80,0	Injection
	Inj	2000 mg			80,0	
	Inj	4000 mg			80,0	
Roxithromycin	Tbl	150 mg				oral
	Tbl	300 mg				
Sulfamethoxazol	Tbl	800 mg	120	96000	96,0	oral
	Sft	4000 mg			96,0	
	Sft	8000 mg			96,0	
	Inj	400 mg	10	4000	4,0	Injection
					4,0	
Trimethoprim	Tbl	160 mg	120	19200,00	19,2	oral
	Sft	800mg			19,2	
	Sft	1600mg			19,2	
	Inj	80 mg	10	800	0,8	Injection
					0,8	

Tabelle 181. Ermittelter Arzneimittelverbrauch des Bundeswehrkrankenhauses für den dritten Versuch

BwKrhs Berlin						Berechnet als Base
	DF	Dosis	Stückzahl	Menge [mg]	Menge [g]	
Erythromycin	Tbl	500 mg				oral
	Gran	1000 mg				
	Sft	2400 mg				Injection
	Inj	1000 mg				
Ceftazidim	Inj	500 mg				Injection
		1000 mg				
		2000 mg	10	20000	20,0 20,0	
Ciprofloxacin	Tbl	250 mg	286	71500	71,5	oral
		500 mg	20	10000	10	
		750 mg				
	Sft	5000 mg			81,5	
	Inj	100 mg				
	Inj	200 mg	145	29000	29	
	Inj	400 mg	20	8000	8 37,0	
Clarithromycin	Tbl	250 mg	48	12000	12,0 12,0	oral
	Inj	500 mg				Injection
Carbamazepin	Tbl	200mg	24	4800	4,8	
	Tbl	400mg				oral
	Tbl	150mg ret				
	Tbl	200mg ret	21	4200	4,2	
	Tbl	300mg ret	36	10800	10,8	
	Tbl	400mg ret				
	Tbl	600mg ret				
	Sft	5000 mg			19,8	
Clindamycin	Kps	150 mg				oral
	Kps	300 mg	143	42900	42,9	
	Gran	1200 mg			42,9	
	Inj	300 mg			4,2	
	Inj	600 mg	7	4200	4,2	
Imipenem	Inj	250 mg				Injection
	Inj	500 mg	10	5000	5,0 5,0	
Metamizol-Na	Amp	1,0g				Injection
	Amp	2,5g	283	707500	707,5 707,5	
	Sup	1g				
	Sup	300mg				
	Tbl	500mg	19	9500	9,5	
Metronidazol	Tro	20 ml	31,5	315000	315,0 324,5	oral
	Tbl	250 mg	78	19500	19,5	
	Tbl	400 mg	142	56800	56,8 76,3	
	Inj	500 mg				
Piperacillin	Vag	100 mg				Injection
Roxithromycin	Inj	1000 mg				Injection
	Inj	3000 mg	4	12000	12,0	
	Inj	4000 mg	43	172000	172,0 184,0	
Sulfamethoxazol	Tbl	150 mg				oral
	Tbl	300 mg	7	2100	2,1 2,1	
Trimethoprim	Tbl	800 mg	51	40800	40,8	Injection
	Sft	200 mg				
	Sft	400 mg				
	Inj	400 mg	31	12400	40,8 12,4 12,4	
Trimethoprim	Tbl	160 mg	51	8160	8,16	oral
	Sft	40 mg				
	Sft	80 mg				
	Inj	80 mg	31	2480	8,16 2,48 2,48	

Tabelle 182. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter AOI

AOI

Versuch 1

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
04 9 2002	348,00	428400	149083200	149083,20	149,08
04 10 2002	27,00	1143500	30874500	30874,50	30,87
04 11 2002	338,00	425700	143886600	143886,60	143,89
04 12 2002	659,00	348700	229793300	229793,30	229,79
04 13 2002	1136,00	446300	506996800	506996,80	507,00
04 14 2002	50,00	137500	6875000	6875,00	6,88
04 15 2002	30,00	570200	17106000	17106,00	17,11
			Summe	1084615,40	1084,62

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
04 9 2002	98,8	21492000	2123409600	2123409,60	2123,41
04 10 2002	149,3	21624000	3228463200	3228463,20	3228,46
04 11 2002	124,8	20823000	2598710400	2598710,40	2598,71
04 12 2002	128,1	21377000	2738393700	2738393,70	2738,39
04 13 2002	157,7	19464000	3069472800	3069472,80	3069,47
04 14 2002	44,8	18445000	826336000	826336,00	826,34
04 15 2002	24,9	34367000	855738300	855738,30	855,74
			Summe	15440524,00	15440,52

Tabelle 183. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Diatrizoat

Diatrizoat

Versuch 1

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	11,90	428400	5097960	5097,96	5,10
10.04.2002		1143500	0	0,00	0,00
11.04.2002	5,90	425700	2511630	2511,63	2,51
12.04.2002	5,50	348700	1917850	1917,85	1,92
13.04.2002	5,50	446300	2454650	2454,65	2,45
14.04.2002	5,30	137500	728750	728,75	0,73
15.04.2002	5,70	570200	3250140	3250,14	3,25
			Summe	15960,98	15,96

Tabelle 184. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Carbamazepin

Carbamazepin

Versuch 1

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	1,50	428400	642600	642,60	0,64
10.04.2002	1,13	1143500	1292155	1292,16	1,29
11.04.2002	0,73	425700	310761	310,76	0,31
12.04.2002	0,89	348700	310343	310,34	0,31
13.04.2002	1,13	446300	504319	504,32	0,50
14.04.2002	1,27	137500	174625	174,63	0,17
15.04.2002	0,64	570200	364928	364,93	0,36
			Summe	3599,73	3,60

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	1,46	21492000	31378320	31378,32	31,38
10.04.2002	1,36	21624000	29408640	29408,64	29,41
11.04.2002	1,73	20823000	36023790	36023,79	36,02
12.04.2002	1,52	21377000	32493040	32493,04	32,49
13.04.2002	1,54	19464000	29974560	29974,56	29,97
14.04.2002	2,53	18445000	46665850	46665,85	46,67
15.04.2002	0,94	34367000	32304980	32304,98	32,30
			Summe	238249,18	238,25

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	1,93	184826000	356714180	356714,18	356,71
10.04.2002	3,05	190105000	579820250	579820,25	579,82
11.04.2002	3,42	189494000	648069480	648069,48	648,07
12.04.2002	4,72	185279000	874516880	874516,88	874,52
13.04.2002	1,69	187791000	317366790	317366,79	317,37
14.04.2002	2,33	177235000	412957550	412957,55	412,96
15.04.2002	3,12	336482000	1049823840	1049823,84	1049,82
			Summe	4239268,97	4239,27

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
10.04.2002	1,61	203442000	327541620	327541,62	327,54
11.04.2002	1,78	203917000	362972260	362972,26	362,97
12.04.2002	1,60	197384000	315814400	315814,40	315,81
13.04.2002	1,70	205815000	349885500	349885,50	349,89
14.04.2002	1,58	195348000	308649840	308649,84	308,65
15.04.2002	1,14	352824000	402219360	402219,36	402,22
16.04.2002	0,80	427115000	341692000	341692,00	341,69
			Summe	2408774,98	2408,77

**Tabelle 184. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Carbamazepin
(Fortsetzung)**

Carbamazepin

Versuch 2

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,11	191200	21032	21,03	0,02
30.01.2003	0,06	35590	2135,4	2,14	0,00
31.01.2003	0,13	52580	6835,4	6,84	0,01
01.02.2003	0,10	42720	4272	4,27	0,00
02.02.2003	0,17	53120	9030,4	9,03	0,01
03.02.2003	0,12	83720	10046,4	10,05	0,01
04.02.2003	0,26	76580	19910,8	19,91	0,02
			Summe	73,26	0,07

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,34	965900	328406	328,41	0,33
30.01.2003	0,21	562900	118209	118,21	0,12
31.01.2003	0,21	537610	112898,1	112,90	0,11
01.02.2003	0,23	372540	85684,2	85,68	0,09
02.02.2003	0,85	440530	374450,5	374,45	0,37
03.02.2003	0,57	524070	298719,9	298,72	0,30
04.02.2003	0,55	498860	274373	274,37	0,27
			Summe	1592,74	1,59

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	2,70	35560000	96012000	96012,00	96,01
30.01.2003	5,82	44550000	259281000	259281,00	259,28
31.01.2003	1,42	34600000	49132000	49132,00	49,13
01.02.2003	1,22	31100000	37942000	37942,00	37,94
02.02.2003	1,47	21700000	31899000	31899,00	31,90
03.02.2003	7,90	20000000	158000000	158000,00	158,00
04.02.2003	2,37	26400000	62568000	62568,00	62,57
			Summe	694834,00	694,83

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	1,64	257823440	422830441,6	422830,44	422,83
30.01.2003	1,13	389875570	440559394,1	440559,39	440,56
31.01.2003	1,19	241092870	286900515,3	286900,52	286,90
01.02.2003	1,16	222954100	258626756	258626,76	258,63
02.02.2003	1,28	196772440	251868723,2	251868,72	251,87
03.02.2003	1,34	190938070	255857013,8	255857,01	255,86
04.02.2003	1,26	262937940	331301804,4	331301,80	331,30
			Summe	2247944,65	2247,94

**Tabelle 184. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Carbamazepin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	1,50	257823440	386735160	386735,16	386,74
31.01.2003	1,15	389875570	448356905,5	448356,91	448,36
01.02.2003	1,23	241092870	296544230,1	296544,23	296,54
02.02.2003	1,33	222954100	296528953	296528,95	296,53
03.02.2003	1,41	196772440	277449140,4	277449,14	277,45
04.02.2003	1,43	190938070	273041440,1	273041,44	273,04
05.02.2003	1,38	262937940	362854357,2	362854,36	362,85
			Summe	2341510,19	2341,51

Carbamazepin

Versuch 3

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,16	126700	20272	20,27	0,02
06.08.2003	0,24	68030	16327,2	16,33	0,02
07.08.2003	0,22	41160	9055,2	9,06	0,01
08.08.2003	0,59	34230	20195,7	20,20	0,02
09.08.2003	0,25	54050	13512,5	13,51	0,01
10.08.2003	0,47	23410	11002,7	11,00	0,01
11.08.2003	0,36	28130	10126,8	10,13	0,01
			Summe	100,49	0,10

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	1,16	352270	408633,2	408,63	0,41
06.08.2003	1,4	337980	473172	473,17	0,47
07.08.2003	1,26	378910	477426,6	477,43	0,48
08.08.2003	0,84	379190	318519,6	318,52	0,32
09.08.2003	1,29	268640	346545,6	346,55	0,35
10.08.2003	1,81	218170	394887,7	394,89	0,39
11.08.2003	1,52	323650	491948	491,95	0,49
			Summe	2911,13	2,91

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	2,74	21620000	59238800	59238,80	59,24
06.08.2003	4,1	22029000	90318900	90318,90	90,32
07.08.2003	2,41	21477000	51759570	51759,57	51,76
08.08.2003	2,57	23467000	60310190	60310,19	60,31
09.08.2003	3,68	21057000	77489760	77489,76	77,49
10.08.2003	3,48	17416000	60607680	60607,68	60,61
11.08.2003	2,92	20799000	60733080	60733,08	60,73
			Summe	460457,98	460,46

**Tabelle 184. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Carbamazepin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	1,59	174846083	278005272,3	278005,27	278,01
06.08.2003	1,34	168775386	226159017,7	226159,02	226,16
07.08.2003	1,89	174695664	330174804,3	330174,80	330,17
08.08.2003	1,83	179490895	292570159,4	292570,16	292,57
09.08.2003	1,61	169333833	272627470,8	272627,47	272,63
10.08.2003	1,95	154461220	301199379,6	301199,38	301,20
11.08.2003	1,67	163021275	271973827,1	271973,83	271,97
Summe				1972709,93	1972,71

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	1,94	174846083	339201401,4	339201,40	339,20
07.08.2003	2,07	168775386	349365049,7	349365,05	349,37
08.08.2003	1,68	174695664	293488715	293488,71	293,49
09.08.2003	2,09	179490895	375135971,2	375135,97	375,14
10.08.2003	2,31	169333833	391161153,8	391161,15	391,16
11.08.2003	2,11	154461220	325913174,9	325913,17	325,91
12.08.2003	2,17	163021275	353756166,8	353756,17	353,76
Summe				2428021,63	2428,02

Tabelle 185. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Ceftazidim

Ceftazidim**Versuch 3****Scharnhorststraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		126700	0	0,00	0,00
06.08.2003		68030	0	0,00	0,00
07.08.2003		41160	0	0,00	0,00
08.08.2003		34230	0	0,00	0,00
09.08.2003		54050	0	0,00	0,00
10.08.2003		23410	0	0,00	0,00
11.08.2003		28130	0	0,00	0,00
Summe				0,00	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		352270	0	0,00	0,00
06.08.2003		337980	0	0,00	0,00
07.08.2003		378910	0	0,00	0,00
08.08.2003		379190	0	0,00	0,00
09.08.2003		268640	0	0,00	0,00
10.08.2003		218170	0	0,00	0,00
11.08.2003		323650	0	0,00	0,00
Summe				0,00	0,00

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,112	21620000	2421440	2421,44	2,42
06.08.2003	0,115	22029000	2533335	2533,34	2,53
07.08.2003		21477000	0	0,00	0,00
08.08.2003		23467000	0	0,00	0,00
09.08.2003	0,307	21057000	6464499	6464,50	6,46
10.08.2003		17416000	0	0,00	0,00
11.08.2003		20799000	0	0,00	0,00
Summe				11419,27	11,42

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		174846083	0	0,00	0,00
06.08.2003		168775386	0	0,00	0,00
07.08.2003		174695664	0	0,00	0,00
08.08.2003		179490895	0	0,00	0,00
09.08.2003		169333833	0	0,00	0,00
10.08.2003		154461220	0	0,00	0,00
11.08.2003		163021275	0	0,00	0,00
Summe				0,00	0,00

**Tabelle 185. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Ceftazidim
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,062	174846083	10840457,16	10840,46	10,84
07.08.2003	0,056	168775386	9451421,634	9451,42	9,45
08.08.2003	0,060	174695664	10481739,82	10481,74	10,48
09.08.2003	0,051	179490895	9154035,661	9154,04	9,15
10.08.2003	0,058	169333833	9821362,303	9821,36	9,82
11.08.2003	0,054	154461220	8340905,897	8340,91	8,34
12.08.2003	0,066	163021275	10759404,15	10759,40	10,76
			Summe	68849,33	68,85

Tabelle 186. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Ciprofloxacin

Ciprofloxacin**Versuch 2****Scharnhorststraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		191200	0	0,00	0,00
30.01.2003	1,047	35590	37262,73	37,26	0,04
31.01.2003	15,071	52580	792433,18	792,43	0,79
01.02.2003	2,078	42720	88772,16	88,77	0,09
02.02.2003	5,610	53120	298003,2	298,00	0,30
03.02.2003		83720	0	0,00	0,00
04.02.2003	8,636	76580	661344,88	661,34	0,66
			Summe	1877,82	1,88

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		965900	0	0,00	0,00
30.01.2003	4,687	562900	2638312,3	2638,31	2,64
31.01.2003	9,387	537610	5046545,07	5046,55	5,05
01.02.2003	47,390	372540	17654670,6	17654,67	17,65
02.02.2003	81,994	440530	36120816,82	36120,82	36,12
03.02.2003	5,840	524070	3060568,8	3060,57	3,06
04.02.2003	2,562	498860	1278079,32	1278,08	1,28
			Summe	65798,99	65,80

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,948	35560000	33710880	33710,88	33,71
30.01.2003	0,623	44550000	27754650	27754,65	27,75
31.01.2003	1,086	34600000	37575600	37575,60	37,58
01.02.2003	2,375	31100000	73862500	73862,50	73,86
02.02.2003	1,915	21700000	41555500	41555,50	41,56
03.02.2003	1,527	20000000	30540000	30540,00	30,54
04.02.2003	1,934	26400000	51057600	51057,60	51,06
			Summe	296056,73	296,06

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,646	257823440	166553942,2	166553,94	166,55
30.01.2003	0,607	389875570	236654471	236654,47	236,65
31.01.2003	0,172	241092870	41467973,64	41467,97	41,47
01.02.2003	0,487	222954100	108578646,7	108578,65	108,58
02.02.2003	0,597	196772440	117473146,7	117473,15	117,47
03.02.2003	0,890	190938070	169934882,3	169934,88	169,93
04.02.2003	0,435	262937940	114378003,9	114378,00	114,38
			Summe	955041,07	955,04

**Tabelle 186. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Ciprofloxacin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	0,072	257823440	18563287,68	18563,29	18,56
31.01.2003	0,067	389875570	26121663,19	26121,66	26,12
01.02.2003	0,098	241092870	23627101,26	23627,10	23,63
02.02.2003	0,095	222954100	21180639,5	21180,64	21,18
03.02.2003	0,196	196772440	38567398,24	38567,40	38,57
04.02.2003	0,121	190938070	23103506,47	23103,51	23,10
05.02.2003	0,175	262937940	46014139,5	46014,14	46,01
			Summe	197177,74	197,18

Ciprofloxacin

Versuch 3

Scharnhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,026	126700	3294,2	3,29	0,00
06.08.2003	0,093	68030	6326,79	6,33	0,01
07.08.2003	0,069	41160	2840,04	2,84	0,00
08.08.2003	0,191	34230	6537,93	6,54	0,01
09.08.2003	0,132	54050	7134,6	7,13	0,01
10.08.2003	0,071	23410	1662,11	1,66	0,00
11.08.2003	0,051	28130	1434,63	1,43	0,00
			Summe	29,23	0,03

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	1,134	352270	399474,18	399,47	0,40
06.08.2003	2,664	337980	900378,72	900,38	0,90
07.08.2003	1,550	378910	549356,3483	549,36	0,55
08.08.2003	1,608	379190	609737,52	609,74	0,61
09.08.2003	1,198	268640	321830,72	321,83	0,32
10.08.2003	0,669	218170	145955,73	145,96	0,15
11.08.2003	1,426	323650	461524,9	461,52	0,46
			Summe	3388,26	3,39

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,520	21620000	11242400	11242,40	11,24
06.08.2003	0,650	22029000	14318850	14318,85	14,32
07.08.2003	1,129	21477000	24247533	24247,53	24,25
08.08.2003	0,876	23467000	20557092	20557,09	20,56
09.08.2003	0,998	21057000	21014886	21014,89	21,01
10.08.2003	1,129	17416000	19662664	19662,66	19,66
11.08.2003	1,951	20799000	40578849	40578,85	40,58
			Summe	151622,27	151,62

**Tabelle 186. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Ciprofloxacin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,251	174846083	43886366,88	43886,37	43,89
06.08.2003	0,277	168775386	46750782,01	46750,78	46,75
07.08.2003	0,189	174695664	33017480,43	33017,48	33,02
08.08.2003	0,090	179490895	16154180,58	16154,18	16,15
09.08.2003	0,145	169333833	24553405,76	24553,41	24,55
10.08.2003	0,130	154461220	20079958,64	20079,96	20,08
11.08.2003	0,130	163021275	29398169,93	29398,17	29,40
			Summe	213840,34	213,84

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,145	174846083	25352682,06	25352,68	25,35
07.08.2003	0,084	168775386	14177132,45	14177,13	14,18
08.08.2003	0,112	174695664	19565914,33	19565,91	19,57
09.08.2003	0,135	179490895	24231270,87	24231,27	24,23
10.08.2003	0,103	169333833	17441384,78	17441,38	17,44
11.08.2003	0,097	154461220	14982738,37	14982,74	14,98
12.08.2003	0,090	163021275	14671914,75	14671,91	14,67
			Summe	130423,04	130,42

Tabelle 187. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Clarithromycin

Clarithromycin

Versuch 2

Scharnhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,517	191200	97655,4	97,66	0,10
30.01.2003	0,517	35590	18177,5925	18,18	0,02
31.01.2003	1,679	52580	88281,82	88,28	0,09
01.02.2003	0,211	42720	9013,92	9,01	0,01
02.02.2003	0,069	53120	3665,28	3,67	0,00
03.02.2003	0,084	83720	7032,48	7,03	0,01
04.02.2003		76580	0	0,00	0,00
			Summe	223,83	0,22

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,517	965900	1661927,54	1661,93	1,66
30.01.2003	0,517	562900	968525,74	968,53	0,97
31.01.2003	1,577	537610	847810,97	847,81	0,85
01.02.2003	1,701	372540	633690,54	633,69	0,63
02.02.2003	1,865	440530	821588,45	821,59	0,82
03.02.2003	0,964	524070	505203,48	505,20	0,51
04.02.2003	2,496	498860	1245154,56	1245,15	1,25
			Summe	6683,90	6,68

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,169	35560000	23789640	23789,64	23,79
30.01.2003	0,169	44550000	29803950	29803,95	29,80
31.01.2003	0,380	34600000	13148000	13148,00	13,15
01.02.2003	0,931	31100000	28954100	28954,10	28,95
02.02.2003	0,706	21700000	15320200	15320,20	15,32
03.02.2003	0,861	20000000	17220000	17220,00	17,22
04.02.2003	0,467	26400000	12328800	12328,80	12,33
			Summe	140564,69	140,56

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,517	257823440	115968983,3	115968,98	115,97
30.01.2003	0,517	389875570	175366031,4	175366,03	175,37
31.01.2003	0,302	241092870	72810046,74	72810,05	72,81
01.02.2003	0,477	222954100	106349105,7	106349,11	106,35
02.02.2003	0,475	196772440	93466909	93466,91	93,47
03.02.2003	0,573	190938070	109407514,1	109407,51	109,41
04.02.2003	0,422	262937940	110959810,7	110959,81	110,96
			Summe	784328,40	784,33

**Tabelle 187. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Clarithromycin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	0,300	257823440	77347032	77347,03	77,35
31.01.2003	0,350	389875570	136456449,5	136456,45	136,46
01.02.2003	0,350	241092870	84382504,5	84382,50	84,38
02.02.2003	0,264	222954100	58859882,4	58859,88	58,86
03.02.2003	0,406	196772440	79889610,64	79889,61	79,89
04.02.2003	0,256	190938070	48880145,92	48880,15	48,88
05.02.2003	0,611	262937940	160655081,3	160655,08	160,66
			Summe	646470,71	646,47

Clarithromycin

Versuch 3

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		126700	0	0,00	0,00
06.08.2003		68030	0	0,00	0,00
07.08.2003		41160	0	0,00	0,00
08.08.2003		34230	0	0,00	0,00
09.08.2003		54050	0	0,00	0,00
10.08.2003		23410	0	0,00	0,00
11.08.2003		28130	0	0,00	0,00
			Summe	0,00	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,487	352270	171555,49	171,56	0,17
06.08.2003	0,757	337980	255850,86	255,85	0,26
07.08.2003	8,507	378910	3223387,37	3223,39	3,22
08.08.2003	0,724	379190	274533,56	274,53	0,27
09.08.2003	0,443	268640	119007,52	119,01	0,12
10.08.2003	0,151	218170	32943,67	32,94	0,03
11.08.2003	0,044	323650	14240,6	14,24	0,01
			Summe	4091,52	4,09

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,153	21620000	3307860	3307,86	3,31
06.08.2003	0,246	22029000	5419134	5419,13	5,42
07.08.2003	0,266	21477000	5712882	5712,88	5,71
08.08.2003	0,356	23467000	8354252	8354,25	8,35
09.08.2003	0,826	21057000	17393082	17393,08	17,39
10.08.2003	1,553	17416000	27047048	27047,05	27,05
11.08.2003	0,525	20799000	10919475	10919,48	10,92
			Summe	78153,73	78,15

**Tabelle 187. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Clarithromycin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,157	174846083	27450835,06	27450,84	27,45
06.08.2003	0,210	168775386	35442831,13	35442,83	35,44
07.08.2003	0,198	174695664	34589741,41	34589,74	34,59
08.08.2003	0,189	179490895	33923779,21	33923,78	33,92
09.08.2003	0,156	169333833	26416077,92	26416,08	26,42
10.08.2003	0,173	154461220	26721791,11	26721,79	26,72
11.08.2003		163021275	29425340,14	29425,34	29,43
			Summe	213970,40	213,97

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,042	174846083	7343535,495	7343,54	7,34
07.08.2003	0,043	168775386	7257341,612	7257,34	7,26
08.08.2003	0,030	174695664	5240869,91	5240,87	5,24
09.08.2003	0,040	179490895	7179635,813	7179,64	7,18
10.08.2003	0,021	169333833	3556010,489	3556,01	3,56
11.08.2003	0,032	154461220	4942759,05	4942,76	4,94
12.08.2003	0,022	163021275	3586468,05	3586,47	3,59
			Summe	39106,62	39,11

Tabelle 188. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Clindamycin

Clindamycin**Versuch 3****Schamhorststraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		126700	0	0,00	0,00
06.08.2003		68030	0	0,00	0,00
07.08.2003		41160	0	0,00	0,00
08.08.2003		34230	0	0,00	0,00
09.08.2003		54050	0	0,00	0,00
10.08.2003		23410	0	0,00	0,00
11.08.2003		28130	0	0,00	0,00
Summe				0,00	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,121	352270	42624,67	42,62	0,04
06.08.2003	0,296	337980	100042,08	100,04	0,10
07.08.2003	0,012	378910	143670,0417	143,67	0,14
08.08.2003	0,012	379190	4550,28	4,55	0,00
09.08.2003	0,007	268640	1880,48	1,88	0,00
10.08.2003	0,972	218170	212061,24	212,06	0,21
11.08.2003	0,867	323650	280604,55	280,60	0,28
Summe				785,43	0,79

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,055	21620000	1189100	1189,10	1,19
06.08.2003	0,048	22029000	1057392	1057,39	1,06
07.08.2003	0,073	21477000	1671626,5	1671,63	1,67
08.08.2003	0,073	23467000	1713091	1713,09	1,71
09.08.2003	0,064	21057000	1347648	1347,65	1,35
10.08.2003	0,072	17416000	1253952	1253,95	1,25
11.08.2003	0,155	20799000	3223845	3223,85	3,22
Summe				11456,65	11,46

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,025	174846083	4371152,08	4371,15	4,37
06.08.2003	0,020	168775386	3375507,727	3375,51	3,38
07.08.2003	0,028	174695664	4891478,583	4891,48	4,89
08.08.2003	0,021	179490895	3769308,802	3769,31	3,77
09.08.2003	0,028	169333833	4741347,319	4741,35	4,74
10.08.2003	0,022	154461220	3398146,847	3398,15	3,40
11.08.2003	0,024	163021275	3912510,6	3912,51	3,91
Summe				28459,45	28,46

**Tabelle 188. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Clindamycin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,191	174846083	33395601,89	33395,60	33,40
07.08.2003	0,156	168775386	26328960,27	26328,96	26,33
08.08.2003	0,195	174695664	34065654,42	34065,65	34,07
09.08.2003	0,230	179490895	41282905,92	41282,91	41,28
10.08.2003	0,182	169333833	30818757,57	30818,76	30,82
11.08.2003	0,219	154461220	33827007,25	33827,01	33,83
12.08.2003	0,212	163021275	34560510,3	34560,51	34,56
			Summe	234279,40	234,28

Tabelle 189. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Diclofenac

Diclofenac**Versuch 1****Boyenstraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	2,56	428400	1096704	1096,70	1,10
10.04.2002	1,97	1143500	2252695	2252,70	2,25
11.04.2002	0,76	425700	323532	323,53	0,32
12.04.2002	0,37	348700	129019	129,02	0,13
13.04.2002	2,60	446300	1160380	1160,38	1,16
14.04.2002	1,46	137500	200750	200,75	0,20
15.04.2002	1,84	570200	1049168	1049,17	1,05
			Summe	6212,25	6,21

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	3,65	21492000	78445800	78445,80	78,45
10.04.2002	2,56	21624000	55357440	55357,44	55,36
11.04.2002	1,68	20823000	34982640	34982,64	34,98
12.04.2002	3,88	21377000	82942760	82942,76	82,94
13.04.2002	0,69	19464000	13430160	13430,16	13,43
14.04.2002	1,72	18445000	31725400	31725,40	31,73
15.04.2002	1,67	34367000	57392890	57392,89	57,39
			Summe	354277,09	354,28

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	4,36	184826000	805841360	805841,36	805,84
10.04.2002	1,08	190105000	205313400	205313,40	205,31
11.04.2002	1,81	189494000	342984140	342984,14	342,98
12.04.2002	2,76	185279000	511370040	511370,04	511,37
13.04.2002	2,50	187791000	469477500	469477,50	469,48
14.04.2002	1,76	177235000	311933600	311933,60	311,93
15.04.2002	1,70	336482000	572019400	572019,40	572,02
			Summe	3218939,44	3218,94

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
10.04.2002	2,83	203442000	575740860	575740,86	575,74
11.04.2002	2,55	203917000	519988350	519988,35	519,99
12.04.2002	3,83	197384000	755980720	755980,72	755,98
13.04.2002	3,64	205815000	749166600	749166,60	749,17
14.04.2002	3,57	195348000	697392360	697392,36	697,39
15.04.2002	3,02	352824000	1065528480	1065528,48	1065,53
16.04.2002	2,20	427115000	939653000	939653,00	939,65
			Summe	5303450,37	5303,45

Tabelle 190. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Erythromycin

Erythromycin**Versuch 2****Schamhorststraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		191200	31930,4	31,93	0,03
30.01.2003		35590	5943,53	5,94	0,01
31.01.2003	0,1420	52580	7466,36	7,47	0,01
01.02.2003	0,2280	42720	9740,16	9,74	0,01
02.02.2003	0,1310	53120	6958,72	6,96	0,01
03.02.2003		83720	0	0,00	0,00
04.02.2003		76580	0	0,00	0,00
			Summe	62,04	0,06

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,192	965900	185452,8	185,45	0,19
30.01.2003	0,299	562900	168307,1	168,31	0,17
31.01.2003	0,174	537610	93544,14	93,54	0,09
01.02.2003	0,260	372540	96860,4	96,86	0,10
02.02.2003	0,222	440530	97797,66	97,80	0,10
03.02.2003	0,264	524070	138354,48	138,35	0,14
04.02.2003	0,093	498860	46393,98	46,39	0,05
			Summe	826,71	0,83

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	4,709	35560000	167452040	167452,04	167,45
30.01.2003	1,430	44550000	63706500	63706,50	63,71
31.01.2003	1,522	34600000	52661200	52661,20	52,66
01.02.2003		31100000	689207100	689207,10	689,21
02.02.2003	6,683	21700000	145021100	145021,10	145,02
03.02.2003	2,264	20000000	45280000	45280,00	45,28
04.02.2003	1,420	26400000	37488000	37488,00	37,49
			Summe	1200815,94	1200,82

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	1,896	257823440	488833242,2	488833,24	488,83
30.01.2003	1,053	389875570	410538975,2	410538,98	410,54
31.01.2003	1,117	241092870	269300735,8	269300,74	269,30
01.02.2003	1,818	222954100	405330553,8	405330,55	405,33
02.02.2003	1,352	196772440	266036338,9	266036,34	266,04
03.02.2003	2,431	190938070	464170448,2	464170,45	464,17
04.02.2003	3,896	262937940	1024406214	1024406,21	1024,41
			Summe	3328616,51	3328,62

**Tabelle 190. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Erythromycin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	1,260	257823440	324857534,4	324857,53	324,86
31.01.2003	1,515	389875570	590661488,6	590661,49	590,66
01.02.2003	1,373	241092870	331020510,5	331020,51	331,02
02.02.2003	1,035	222954100	230757493,5	230757,49	230,76
03.02.2003	2,720	196772440	535221036,8	535221,04	535,22
04.02.2003	1,125	190938070	214805328,8	214805,33	214,81
05.02.2003	2,942	262937940	773563419,5	773563,42	773,56
			Summe	3000886,81	3000,89

Erythromycin

Versuch 3

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,116	126700	14697,2	14,70	0,01
06.08.2003	0,303	68030	20613,09	20,61	0,02
07.08.2003	0,108	41160	4445,28	4,45	0,00
08.08.2003	0,17	34230	5716,41	5,72	0,01
09.08.2003	0,133	54050	7188,65	7,19	0,01
10.08.2003	0,268	23410	6273,88	6,27	0,01
11.08.2003	0,072	28130	2025,36	2,03	0,00
			Summe	60,96	0,06

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,129	352270	45442,83	45,44	0,05
06.08.2003	0,108	337980	36501,84	36,50	0,04
07.08.2003	0,301	378910	114051,91	114,05	0,11
08.08.2003	0,101	379190	38298,19	38,30	0,04
09.08.2003	0,112	268640	30087,68	30,09	0,03
10.08.2003	0,460	218170	100358,2	100,36	0,10
11.08.2003	0,083	323650	26862,95	26,86	0,03
			Summe	391,60	0,39

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,261	21620000	5642820	5642,82	5,64
06.08.2003	1,078	22029000	23747262	23747,26	23,75
07.08.2003	0,524	21477000	11253948	11253,95	11,25
08.08.2003	0,538	23467000	12625246	12625,25	12,63
09.08.2003	0,682	21057000	14360874	14360,87	14,36
10.08.2003	1,044	17416000	18182304	18182,30	18,18
11.08.2003	0,682	20799000	14184918	14184,92	14,18
			Summe	99997,37	100,00

**Tabelle 190. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Erythromycin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,335	174846083	58573437,87	58573,44	58,57
06.08.2003	0,474	168775386	79999533,12	79999,53	80,00
07.08.2003	0,552	174695664	96432006,35	96432,01	96,43
08.08.2003	0,566	179490895	101591846,7	101591,85	101,59
09.08.2003	0,433	169333833	73321549,61	73321,55	73,32
10.08.2003	0,500	154461220	77230610,16	77230,61	77,23
11.08.2003	0,497	163021275	77706807,75	77706,81	77,71
			Summe	564855,79	564,86

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,069	174846083	12064379,74	12064,38	12,06
07.08.2003	0,069	168775386	11645501,66	11645,50	11,65
08.08.2003	0,057	174695664	9957652,829	9957,65	9,96
09.08.2003	0,083	179490895	14897744,31	14897,74	14,90
10.08.2003	0,030	169333833	5080014,984	5080,01	5,08
11.08.2003	0,069	154461220	10657824,2	10657,82	10,66
12.08.2003	0,063	163021275	10270340,33	10270,34	10,27
			Summe	74573,46	74,57

Tabelle 191. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Ibuprofen

Ibuprofen**Versuch 1****Boyenstraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	14,30	428400	6126120	6126,12	6,13
10.04.2002	10,70	1143500	12235450	12235,45	12,24
11.04.2002	7,80	425700	3320460	3320,46	3,32
12.04.2002	9,00	348700	3138300	3138,30	3,14
13.04.2002	8,20	446300	3659660	3659,66	3,66
14.04.2002	12,50	137500	1718750	1718,75	1,72
15.04.2002	10,83	570200	6175266	6175,27	6,18
			Summe	36374,01	36,37

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	6,70	21492000	143996400	143996,40	144,00
10.04.2002	13,8	21624000	298411200	298411,20	298,41
11.04.2002	5,65	20823000	117649950	117649,95	117,65
12.04.2002	10,70	21377000	228733900	228733,90	228,73
13.04.2002	4,86	19464000	94595040	94595,04	94,60
14.04.2002	5,48	18445000	101078600	101078,60	101,08
15.04.2002	6,55	34367000	225103850	225103,85	225,10
			Summe	1209568,94	1209,57

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	5,20	184826000	961095200	961095,20	961,10
10.04.2002	4,70	190105000	893493500	893493,50	893,49
11.04.2002	8,30	189494000	1572800200	1572800,20	1572,80
12.04.2002	8,80	185279000	1630455200	1630455,20	1630,46
13.04.2002	8,00	187791000	1502328000	1502328,00	1502,33
14.04.2002	7,00	177235000	1240645000	1240645,00	1240,65
15.04.2002	4,38	336482000	1473791160	1473791,16	1473,79
			Summe	9274608,26	9274,61

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
10.04.2002	0,06	203442000	12206520	12206,52	12,21
11.04.2002	0,06	203917000	12235020	12235,02	12,24
12.04.2002	0,05	197384000	9869200	9869,20	9,87
13.04.2002	0,05	205815000	10290750	10290,75	10,29
14.04.2002	0,03	195348000	5860440	5860,44	5,86
15.04.2002	0,09	352824000	31754160	31754,16	31,75
16.04.2002	0,06	427115000	25626900	25626,90	25,63
			Summe	107842,99	107,84

Tabelle 192. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Indometacin

Indometacin

Versuch 1

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	0,94	428400	402696	402,70	0,40
10.04.2002	1,92	1143500	2195520	2195,52	2,20
11.04.2002		425700	0	0,00	0,00
12.04.2002		348700	0	0,00	0,00
13.04.2002	4,64	446300	2070832	2070,83	2,07
14.04.2002	0,87	137500	119625	119,63	0,12
15.04.2002	2,23	570200	1271546	1271,55	1,27
			Summe	6060,22	6,06

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	0,08	21492000	1719360	1719,36	1,72
10.04.2002	0,17	21624000	3676080	3676,08	3,68
11.04.2002		20823000	0	0,00	0,00
12.04.2002	0,39	21377000	8337030	8337,03	8,34
13.04.2002		19464000	0	0,00	0,00
14.04.2002	0,22	18445000	4057900	4057,90	4,06
15.04.2002		34367000	0	0,00	0,00
			Summe	17790,37	17,79

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	0,16	184826000	29572160	29572,16	29,57
10.04.2002		190105000	0	0,00	0,00
11.04.2002	0,07	189494000	13264580	13264,58	13,26
12.04.2002	0,10	185279000	18527900	18527,90	18,53
13.04.2002	0,08	187791000	15023280	15023,28	15,02
14.04.2002	0,15	177235000	26585250	26585,25	26,59
15.04.2002	0,18	336482000	60566760	60566,76	60,57
			Summe	163539,93	163,54

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
10.04.2002	0,16	203442000	32550720	32550,72	32,55
11.04.2002	0,23	203917000	46900910	46900,91	46,90
12.04.2002	0,29	197384000	57241360	57241,36	57,24
13.04.2002	0,26	205815000	53511900	53511,90	53,51
14.04.2002	0,25	195348000	48837000	48837,00	48,84
15.04.2002	0,36	352824000	127016640	127016,64	127,02
16.04.2002	0,25	427115000	106778750	106778,75	106,78
			Summe	472837,28	472,84

Tabelle 193. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Iopromid**Iopromid****Versuch 1****Boyenstraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	675,70	428400	289469880	289469,88	289,47
10.04.2002		1143500	0	0,00	0,00
11.04.2002	90,30	425700	38440710	38440,71	38,44
12.04.2002	976,70	348700	340575290	340575,29	340,58
13.04.2002	1912,60	446300	853593380	853593,38	853,59
14.04.2002	42,90	137500	5898750	5898,75	5,90
15.04.2002	27,80	570200	15851560	15851,56	15,85
			Summe	1543829,57	1543,83

Tabelle 194. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol AAA

Metamizol AAA**Versuch 1****Boyenstraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	48,30	428400	20691720	20691,72	20,69
10.04.2002	60,80	1143500	69524800	69524,80	69,52
11.04.2002	96,00	425700	40867200	40867,20	40,87
12.04.2002	88,50	348700	30859950	30859,95	30,86
13.04.2002	95,00	446300	42398500	42398,50	42,40
14.04.2002	84,50	137500	11618750	11618,75	11,62
15.04.2002	58,80	570200	33527760	33527,76	33,53
			Summe	249488,68	249,49

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	7,18	21492000	154312560	154312,56	154,31
10.04.2002	8,23	21624000	177965520	177965,52	177,97
11.04.2002	7,52	20823000	156588960	156588,96	156,59
12.04.2002	8,44	21377000	180421880	180421,88	180,42
13.04.2002	7,27	19464000	141503280	141503,28	141,50
14.04.2002	8,3	18445000	153093500	153093,50	153,09
15.04.2002	6,39	34367000	219605130	219605,13	219,61
			Summe	1183490,83	1183,49

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	4,70	184826000	868682200	868682,20	868,68
10.04.2002	4,76	190105000	904899800	904899,80	904,90
11.04.2002	5,44	189494000	1030847360	1030847,36	1030,85
12.04.2002	5,01	185279000	928247790	928247,79	928,25
13.04.2002	5,13	187791000	963367830	963367,83	963,37
14.04.2002	4,80	177235000	850728000	850728,00	850,73
15.04.2002	2,92	336482000	982527440	982527,44	982,53
			Summe	6529300,42	6529,30

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
10.04.2002	4,15	203442000	844284300	844284,30	844,28
11.04.2002	4,69	203917000	956370730	956370,73	956,37
12.04.2002	4,26	197384000	840855840	840855,84	840,86
13.04.2002	4,56	205815000	938516400	938516,40	938,52
14.04.2002	4,41	195348000	861484680	861484,68	861,48
15.04.2002	3,01	352824000	1062000240	1062000,24	1062,00
16.04.2002	2,07	427115000	884128050	884128,05	884,13
			Summe	6387640,24	6387,64

**Tabelle 194. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol AAA
(Fortsetzung)**

Metamizol AAA

Versuch 2

Scharnhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,38	191200	72656	72,66	0,07
30.01.2003	2,63	35590	93601,7	93,60	0,09
31.01.2003	2,34	52580	123037,2	123,04	0,12
01.02.2003	1,10	42720	46992	46,99	0,05
02.02.2003	2,11	53120	112083,2	112,08	0,11
03.02.2003	1,14	83720	95440,8	95,44	0,10
04.02.2003	1,13	76580	86535,4	86,54	0,09
			Summe	630,35	0,63

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	25,6	965900	24727040	24727,04	24,73
30.01.2003	37,3	562900	20996170	20996,17	21,00
31.01.2003	57,2	537610	30751292	30751,29	30,75
01.02.2003	65,3	372540	24326862	24326,86	24,33
02.02.2003	93,9	440530	41365767	41365,77	41,37
03.02.2003	73,8	524070	38676366	38676,37	38,68
04.02.2003	46,3	498860	23097218	23097,22	23,10
			Summe	203940,72	203,94

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	10,90	35560000	387604000	387604,00	387,60
30.01.2003	5,34	44550000	237897000	237897,00	237,90
31.01.2003	5,60	34600000	193760000	193760,00	193,76
01.02.2003	8,24	31100000	256264000	256264,00	256,26
02.02.2003	9,43	21700000	204631000	204631,00	204,63
03.02.2003	7,78	20000000	155600000	155600,00	155,60
04.02.2003	11,30	26400000	298320000	298320,00	298,32
			Summe	1734076,00	1734,08

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	5,97	257823440	1539205937	1539205,94	1539,21
30.01.2003	4,90	389875570	1910390293	1910390,29	1910,39
31.01.2003	6,06	241092870	1481022792	1481022,79	1481,02
01.02.2003	5,86	222954100	1306511026	1306511,03	1306,51
02.02.2003	6,99	196772440	1375439356	1375439,36	1375,44
03.02.2003	7,02	190938070	1340385251	1340385,25	1340,39
04.02.2003	6,00	262937940	1577627640	1577627,64	1577,63
			Summe	10510582,30	10510,58

**Tabelle 194. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol AAA
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	4,94	257823440	1273647794	1273647,79	1273,65
31.01.2003	4,13	389875570	1610186104	1610186,10	1610,19
01.02.2003	4,71	241092870	1135547418	1135547,42	1135,55
02.02.2003	5,27	222954100	1174968107	1174968,11	1174,97
03.02.2003	5,64	196772440	1109796562	1109796,56	1109,80
04.02.2003	4,92	190938070	939415304,4	939415,30	939,42
05.02.2003	4,50	262937940	1183220730	1183220,73	1183,22
			Summe	8426782,02	8426,78

Metamizol AAA

Versuch 3

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	2,34	126700	296478	296,48	0,30
06.08.2003	0,74	68030	50342,2	50,34	0,05
07.08.2003	0,36	41160	14817,6	14,82	0,01
08.08.2003	0,57	34230	19511,1	19,51	0,02
09.08.2003	0,24	54050	12972	12,97	0,01
10.08.2003	1,80	23410	42138	42,14	0,04
11.08.2003	0,83	28130	23347,9	23,35	0,02
			Summe	459,61	0,46

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	30,20	352270	10638554	10638,55	10,64
06.08.2003	81,50	337980	27545370	27545,37	27,55
07.08.2003	77,40	378910	29327634	29327,63	29,33
08.08.2003	56,20	379190	21310478	21310,48	21,31
09.08.2003	102,00	268640	27401280	27401,28	27,40
10.08.2003	104,00	218170	22689680	22689,68	22,69
11.08.2003	90,30	323650	29225595	29225,60	29,23
			Summe	168138,59	168,14

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	10,99	21620000	237603800	237603,80	237,60
06.08.2003	13,10	22029000	288579900	288579,90	288,58
07.08.2003	10,60	21477000	227656200	227656,20	227,66
08.08.2003	9,40	23467000	220589800	220589,80	220,59
09.08.2003	12,00	21057000	252684000	252684,00	252,68
10.08.2003	11,60	17416000	202025600	202025,60	202,03
11.08.2003	13,20	20799000	274546800	274546,80	274,55
			Summe	1703686,10	1703,69

**Tabelle 194. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol AAA
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	7,22	174846083	1262388721	1262388,72	1262,39
06.08.2003	5,68	168775386	958644194,3	958644,19	958,64
07.08.2003	7,60	174695664	1327687044	1327687,04	1327,69
08.08.2003	7,70	179490895	1382079894	1382079,89	1382,08
09.08.2003	9,36	169333833	1584964675	1584964,68	1584,96
10.08.2003	7,10	154461220	1096674664	1096674,66	1096,67
11.08.2003	7,44	163021275	1213421690	1213421,69	1213,42
			Summe	8825860,88	8825,86

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	4,00	174846083	699384332,8	699384,33	699,38
07.08.2003	4,40	168775386	742611699,8	742611,70	742,61
08.08.2003	3,60	174695664	628904389,2	628904,39	628,90
09.08.2003	4,66	179490895	836427572,2	836427,57	836,43
10.08.2003	5,00	169333833	846669164,1	846669,16	846,67
11.08.2003	4,80	154461220	741413857,5	741413,86	741,41
12.08.2003	4,90	163021275	798804247,5	798804,25	798,80
			Summe	5294215,26	5294,22

Tabelle 195. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol FAA

Metamizol FAA**Versuch 1****Boyenstraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	13,57	428400	5813388	5813,39	5,81
10.04.2002	18,57	1143500	21234795	21234,80	21,23
11.04.2002	30,71	425700	13073247	13073,25	13,07
12.04.2002	26,79	348700	9341673	9341,67	9,34
13.04.2002	32,50	446300	14504750	14504,75	14,50
14.04.2002	28,93	137500	3977875	3977,88	3,98
15.04.2002	21,14	570200	12054028	12054,03	12,05
			Summe	79999,76	80,00

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	1,93	21492000	41479560	41479,56	41,48
10.04.2002	2,14	21624000	46275360	46275,36	46,28
11.04.2002	2,11	20823000	43936530	43936,53	43,94
12.04.2002	2,41	21377000	51518570	51518,57	51,52
13.04.2002	2,14	19464000	41652960	41652,96	41,65
14.04.2002	2,36	18445000	43530200	43530,20	43,53
15.04.2002	1,69	34367000	58080230	58080,23	58,08
			Summe	326473,41	326,47

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
09.04.2002	1,30	184826000	240273800	240273,80	240,27
10.04.2002	1,46	190105000	277553300	277553,30	277,55
11.04.2002	1,63	189494000	308875220	308875,22	308,88
12.04.2002	1,46	185279000	270507340	270507,34	270,51
13.04.2002	1,49	187791000	279808590	279808,59	279,81
14.04.2002	1,40	177235000	248129000	248129,00	248,13
15.04.2002	0,81	336482000	272550420	272550,42	272,55
			Summe	1897697,67	1897,70

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
10.04.2002	1,49	203442000	303128580	303128,58	303,13
11.04.2002	1,70	203917000	346658900	346658,90	346,66
12.04.2002	1,61	197384000	317788240	317788,24	317,79
13.04.2002	1,67	205815000	343711050	343711,05	343,71
14.04.2002	1,67	195348000	326231160	326231,16	326,23
15.04.2002	1,31	352824000	462199440	462199,44	462,20
16.04.2002	0,71	427115000	303251650	303251,65	303,25
			Summe	2402969,02	2402,97

**Tabelle 195. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol FAA
(Fortsetzung)**

Metamizol FAA

Versuch 2

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,26	191200	49165,71429	49,17	0,05
30.01.2003	1,87	35590	66604,14286	66,60	0,07
31.01.2003	1,03	52580	54082,28571	54,08	0,05
01.02.2003	0,44	42720	18918,85714	18,92	0,02
02.02.2003	1,09	53120	57673,14286	57,67	0,06
03.02.2003	0,59	83720	49036	49,04	0,05
04.02.2003	0,61	76580	47042	47,04	0,05
			Summe	342,52	0,34

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	9,06	965900	8748294,286	8748,29	8,75
30.01.2003	11,29	562900	6352728,571	6352,73	6,35
31.01.2003	17,71	537610	9523377,143	9523,38	9,52
01.02.2003	21,29	372540	7929780	7929,78	7,93
02.02.2003	28,14	440530	12397772,86	12397,77	12,40
03.02.2003	22,86	524070	11978742,86	11978,74	11,98
04.02.2003	14,29	498860	7126571,429	7126,57	7,13
			Summe	64057,27	64,06

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	3,11	35560000	110744000	110744,00	110,74
30.01.2003	1,61	44550000	71916428,57	71916,43	71,92
31.01.2003	1,74	34600000	60302857,14	60302,86	60,30
01.02.2003	2,67	31100000	83081428,57	83081,43	83,08
02.02.2003	3,00	21700000	65100000	65100,00	65,10
03.02.2003	2,50	20000000	50000000	50000,00	50,00
04.02.2003	3,20	26400000	84480000	84480,00	84,48
			Summe	525624,71	525,62

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	1,79	257823440	460399000	460399,00	460,40
30.01.2003	1,47	389875570	573674053	573674,05	573,67
31.01.2003	1,81	241092870	437411349,9	437411,35	437,41
01.02.2003	1,70	222954100	379021970	379021,97	379,02
02.02.2003	2,03	196772440	399166949,7	399166,95	399,17
03.02.2003	2,03	190938070	387331513,4	387331,51	387,33
04.02.2003	1,77	262937940	465775779,4	465775,78	465,78
			Summe	3102780,62	3102,78

**Tabelle 195. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol FAA
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	1,77	257823440	456715808	456715,81	456,72
31.01.2003	1,53	389875570	595952657	595952,66	595,95
01.02.2003	1,71	241092870	413302062,9	413302,06	413,30
02.02.2003	1,89	222954100	420427731,4	420427,73	420,43
03.02.2003	2,09	196772440	410411089,1	410411,09	410,41
04.02.2003	1,84	190938070	351871586,1	351871,59	351,87
05.02.2003	1,64	262937940	431969472,9	431969,47	431,97
			Summe	3080650,41	3080,65

Metamizol FAA

Versuch 3

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,89	126700	112763	112,76	0,11
06.08.2003	0,44	68030	29933,2	29,93	0,03
07.08.2003	0,39	41160	16052,4	16,05	0,02
08.08.2003	0,42	34230	14376,6	14,38	0,01
09.08.2003	0,27	54050	14593,5	14,59	0,01
10.08.2003	0,80	23410	18728	18,73	0,02
11.08.2003	0,47	28130	13221,1	13,22	0,01
			Summe	219,67	0,22

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	9,60	352270	3381792	3381,79	3,38
06.08.2003	31,20	337980	10544976	10544,98	10,54
07.08.2003	29,90	378910	11329409	11329,41	11,33
08.08.2003	21,50	379190	8152585	8152,59	8,15
09.08.2003	32,20	268640	8650208	8650,21	8,65
10.08.2003	34,40	218170	7505048	7505,05	7,51
11.08.2003	23,10	323650	7476315	7476,32	7,48
			Summe	57040,33	57,04

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	3,81	21620000	82372200	82372,20	82,37
06.08.2003	3,95	22029000	87014550	87014,55	87,01
07.08.2003	3,63	21477000	77961510	77961,51	77,96
08.08.2003	2,87	23467000	67350290	67350,29	67,35
09.08.2003	3,52	21057000	74120640	74120,64	74,12
10.08.2003	3,34	17416000	58169440	58169,44	58,17
11.08.2003	3,58	20799000	74460420	74460,42	74,46
			Summe	521449,05	521,45

**Tabelle 195. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metamizol FAA
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	2,31	174846083	403894452,2	403894,45	403,89
06.08.2003	1,80	168775386	303795695,4	303795,70	303,80
07.08.2003	2,34	174695664	408787853	408787,85	408,79
08.08.2003	2,60	179490895	466676327,8	466676,33	466,68
09.08.2003	1,93	169333833	326814297,3	326814,30	326,81
10.08.2003	2,14	154461220	330547011,5	330547,01	330,55
11.08.2003	2,19	163021275	356473188	356473,19	356,47
			Summe	2596988,83	2596,99

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	2,07	174846083	361931392,2	361931,39	361,93
07.08.2003	2,13	168775386	359491572,9	359491,57	359,49
08.08.2003	1,73	174695664	302223498,2	302223,50	302,22
09.08.2003	2,20	179490895	394879969,7	394879,97	394,88
10.08.2003	2,40	169333833	406401198,8	406401,20	406,40
11.08.2003	2,48	154461220	383063826,4	383063,83	383,06
12.08.2003	2,37	163021275	386360421,8	386360,42	386,36
			Summe	2594351,88	2594,35

Tabelle 196. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metronidazol

Metronidazol**Versuch 2****Scharnhorststraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		191200	0	0,00	0,00
30.01.2003	0,034	35590	1210,06	1,21	0,00
31.01.2003		52580	0	0,00	0,00
01.02.2003		42720	0	0,00	0,00
02.02.2003		53120	0	0,00	0,00
03.02.2003		83720	0	0,00	0,00
04.02.2003		76580	0	0,00	0,00
			Summe	1,21	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	3,558	965900	3436672,2	3436,67	3,44
30.01.2003	0,985	562900	554456,5	554,46	0,55
31.01.2003	1,879	537610	1010169,19	1010,17	1,01
01.02.2003	2,836	372540	1056523,44	1056,52	1,06
02.02.2003	4,465	440530	1966966,45	1966,97	1,97
03.02.2003	0,317	524070	166130,19	166,13	0,17
04.02.2003	1,761	498860	878492,46	878,49	0,88
			Summe	9069,41	9,07

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,034	35560000	1209040	1209,04	1,21
30.01.2003	0,116	44550000	5167800	5167,80	5,17
31.01.2003	0,273	34600000	9445800	9445,80	9,45
01.02.2003		31100000	0	0,00	0,00
02.02.2003	0,212	21700000	4600400	4600,40	4,60
03.02.2003	0,063	20000000	1260000	1260,00	1,26
04.02.2003	0,168	26400000	4435200	4435,20	4,44
			Summe	26118,24	26,12

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,054	257823440	13922465,76	13922,47	13,92
30.01.2003	0,130	389875570	50683824,1	50683,82	50,68
31.01.2003		241092870	0	0,00	0,00
01.02.2003		222954100	0	0,00	0,00
02.02.2003		196772440	0	0,00	0,00
03.02.2003	0,106	190938070	20239435,42	20239,44	20,24
04.02.2003		262937940	0	0,00	0,00
			Summe	84845,73	84,85

**Tabelle 196. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metronidazol
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	0,067	257823440	17274170,48	17274,17	17,27
31.01.2003	0,060	389875570	23392534,2	23392,53	23,39
01.02.2003	0,080	241092870	19287429,6	19287,43	19,29
02.02.2003	0,069	222954100	15383832,9	15383,83	15,38
03.02.2003	0,067	196772440	13183753,48	13183,75	13,18
04.02.2003	0,052	190938070	9928779,64	9928,78	9,93
05.02.2003	0,072	262937940	18931531,68	18931,53	18,93
			Summe	117382,03	117,38

Metronidazol

Versuch 3

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		126700	0	0,00	0,00
06.08.2003		68030	0	0,00	0,00
07.08.2003		41160	0	0,00	0,00
08.08.2003		34230	0	0,00	0,00
09.08.2003	0,069	54050	3729,45	3,73	0,00
10.08.2003		23410	0	0,00	0,00
11.08.2003		28130	0	0,00	0,00
			Summe	3,73	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,260	352270	91590,2	91,59	0,09
06.08.2003	0,202	337980	68271,96	68,27	0,07
07.08.2003	0,127	378910	48121,57	48,12	0,05
08.08.2003	0,070	379190	26543,3	26,54	0,03
09.08.2003	0,382	268640	102620,48	102,62	0,10
10.08.2003	0,604	218170	131774,68	131,77	0,13
11.08.2003	0,944	323650	305525,6	305,53	0,31
			Summe	774,45	0,77

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		21620000	0	0,00	0,00
06.08.2003		22029000	0	0,00	0,00
07.08.2003		21477000	0	0,00	0,00
08.08.2003		23467000	0	0,00	0,00
09.08.2003		21057000	0	0,00	0,00
10.08.2003		17416000	0	0,00	0,00
11.08.2003		20799000	0	0,00	0,00
			Summe	0,00	0,00

**Tabelle 196. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Metronidazol
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		174846083	0	0,00	0,00
06.08.2003		168775386	0	0,00	0,00
07.08.2003		174695664	0	0,00	0,00
08.08.2003		179490895	0	0,00	0,00
09.08.2003		169333833	0	0,00	0,00
10.08.2003		154461220	0	0,00	0,00
11.08.2003		163021275	0	0,00	0,00
			Summe	0,00	0,00

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,022	174846083	3846613,83	3846,61	3,85
07.08.2003	0,016	168775386	2700406,181	2700,41	2,70
08.08.2003	0,032	174695664	5590261,238	5590,26	5,59
09.08.2003	0,036	179490895	6461672,231	6461,67	6,46
10.08.2003	0,010	169333833	1693338,328	1693,34	1,69
11.08.2003	0,021	154461220	3243685,627	3243,69	3,24
12.08.2003	0,028	163021275	4564595,7	4564,60	4,56
			Summe	28100,57	28,10

Tabelle 197. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Piperacillin

Piperazillin**Versuch 2****Scharnhorststraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		191200	0	0,00	0,00
30.01.2003		35590	0	0,00	0,00
31.01.2003		52580	0	0,00	0,00
01.02.2003		42720	0	0,00	0,00
02.02.2003		53120	0	0,00	0,00
03.02.2003		83720	0	0,00	0,00
04.02.2003		76580	0	0,00	0,00
Summe				0,00	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		965900	0	0,00	0,00
30.01.2003	0,03	562900	16887	16,89	0,02
31.01.2003		537610	0	0,00	0,00
01.02.2003		372540	0	0,00	0,00
02.02.2003		440530	0	0,00	0,00
03.02.2003		524070	0	0,00	0,00
04.02.2003		498860	0	0,00	0,00
Summe				16,89	0,02

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,01	35560000	355600	355,60	0,36
30.01.2003	0,091	44550000	4054050	4054,05	4,05
31.01.2003	0,248	34600000	8580800	8580,80	8,58
01.02.2003		31100000	0	0,00	0,00
02.02.2003		21700000	0	0,00	0,00
03.02.2003		20000000	0	0,00	0,00
04.02.2003	0,011	26400000	290400	290,40	0,29
Summe				13280,85	13,28

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		257823440	0	0,00	0,00
30.01.2003	0,02	389875570	7797511,4	7797,51	7,80
31.01.2003		241092870	0	0,00	0,00
01.02.2003		222954100	0	0,00	0,00
02.02.2003		196772440	0	0,00	0,00
03.02.2003		190938070	0	0,00	0,00
04.02.2003		262937940	0	0,00	0,00
Summe				7797,51	7,80

**Tabelle 197. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Piperacillin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	0,11	257823440	29391872,16	29391,87	29,39
31.01.2003	0,093	389875570	36258428,01	36258,43	36,26
01.02.2003	0,039	241092870	9402621,93	9402,62	9,40
02.02.2003	0,033	222954100	7357485,3	7357,49	7,36
03.02.2003	0,033	196772440	6493490,52	6493,49	6,49
04.02.2003	0,031	190938070	5919080,17	5919,08	5,92
05.02.2003	0,055	262937940	14461586,7	14461,59	14,46
			Summe	109284,56	109,28

Piperazillin

Versuch 3

Schamhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		126700	0	0,00	0,00
06.08.2003		68030	0	0,00	0,00
07.08.2003		41160	0	0,00	0,00
08.08.2003		34230	0	0,00	0,00
09.08.2003		54050	0,00	0,00	0,00
10.08.2003		23410	0	0,00	0,00
11.08.2003		28130	0	0,00	0,00
			Summe	0,00	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		352270	0	0,00	0,00
06.08.2003		337980	0	0,00	0,00
07.08.2003		378910	0	0,00	0,00
08.08.2003		379190	0	0,00	0,00
09.08.2003		268640	0	0,00	0,00
10.08.2003		218170	0	0,00	0,00
11.08.2003		323650	0	0,00	0,00
			Summe	0,00	0,00

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		21620000	0	0,00	0,00
06.08.2003		22029000	0	0,00	0,00
07.08.2003		21477000	0	0,00	0,00
08.08.2003		23467000	0	0,00	0,00
09.08.2003		21057000	0	0,00	0,00
10.08.2003		17416000	0	0,00	0,00
11.08.2003		20799000	0	0,00	0,00
			Summe	0,00	0,00

**Tabelle 197. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Piperacillin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		174846083	0	0,00	0,00
06.08.2003		168775386	0	0,00	0,00
07.08.2003		174695664	0	0,00	0,00
08.08.2003		179490895	0	0,00	0,00
09.08.2003		169333833	0	0,00	0,00
10.08.2003		154461220	0	0,00	0,00
11.08.2003		163021275	0	0,00	0,00
			Summe	0,00	0,00

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,012	174846083	2098152,998	2098,15	2,10
07.08.2003	0,014	168775386	2362855,409	2362,86	2,36
08.08.2003	0,011	174695664	1921652,3	1921,65	1,92
09.08.2003	0,012	179490895	2153890,744	2153,89	2,15
10.08.2003	0,009	169333833	1524004,495	1524,00	1,52
11.08.2003	0,012	154461220	1853534,644	1853,53	1,85
12.08.2003	0,017	163021275	2771361,675	2771,36	2,77
			Summe	14685,45	14,69

Tabelle 198. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Roxithromycin

Roxithromycin**Versuch 2****Scharnhorststraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		191200	0	0,00	0,00
30.01.2003		35590	0	0,00	0,00
31.01.2003		52580	0	0,00	0,00
01.02.2003		42720	0	0,00	0,00
02.02.2003		53120	0	0,00	0,00
03.02.2003		83720	0	0,00	0,00
04.02.2003		76580	0	0,00	0,00
Summe				0,00	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,298	965900	287838,2	287,84	0,29
30.01.2003	0,640	562900	360256	360,26	0,36
31.01.2003	0,488	537610	262353,68	262,35	0,26
01.02.2003	0,344	372540	128153,76	128,15	0,13
02.02.2003	1,055	440530	464759,15	464,76	0,46
03.02.2003	0,526	524070	275660,82	275,66	0,28
04.02.2003	0,688	498860	343215,68	343,22	0,34
Summe				2122,24	2,12

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	1,234	35560000	43881040	43881,04	43,88
30.01.2003		44550000	0	0,00	0,00
31.01.2003	0,277	34600000	9584200	9584,20	9,58
01.02.2003	0,514	31100000	15985400	15985,40	15,99
02.02.2003	0,566	21700000	12282200	12282,20	12,28
03.02.2003	1,283	20000000	25660000	25660,00	25,66
04.02.2003	0,647	26400000	17080800	17080,80	17,08
Summe				124473,64	124,47

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,548	257823440	141287245,1	141287,25	141,29
30.01.2003	0,367	389875570	143084334,2	143084,33	143,08
31.01.2003	0,219	241092870	52799338,53	52799,34	52,80
01.02.2003	0,380	222954100	84722558	84722,56	84,72
02.02.2003	0,317	196772440	62376863,48	62376,86	62,38
03.02.2003	0,163	190938070	31122905,41	31122,91	31,12
04.02.2003	0,379	262937940	99653479,26	99653,48	99,65
Summe				615046,72	615,05

**Tabelle 198. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Roxithromycin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	0,317	257823440	81730030,48	81730,03	81,73
31.01.2003	0,256	389875570	99808145,92	99808,15	99,81
01.02.2003	0,322	241092870	77631904,14	77631,90	77,63
02.02.2003	0,265	222954100	59082836,5	59082,84	59,08
03.02.2003	0,385	196772440	75757389,4	75757,39	75,76
04.02.2003	0,271	190938070	51744216,97	51744,22	51,74
05.02.2003	0,563	262937940	148034060,2	148034,06	148,03
			Summe	593788,58	593,79

Roxithromycin

Versuch 3

Scharnhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003		126700	0,00	0,00	0,00
06.08.2003		68030	0,00	0,00	0,00
07.08.2003		41160	0,00	0,00	0,00
08.08.2003		34230	0,00	0,00	0,00
09.08.2003		54050	0,00	0,00	0,00
10.08.2003		23410	0,00	0,00	0,00
11.08.2003		28130	0,00	0,00	0,00
			Summe	0,00	0,00

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	1,143	352270	402644,61	402,64	0,40
06.08.2003	0,644	337980	217659,12	217,66	0,22
07.08.2003	0,496	378910	187939,36	187,94	0,19
08.08.2003	0,041	379190	15546,79	15,55	0,02
09.08.2003	0,022	268640	5910,08	5,91	0,01
10.08.2003		218170	0	0,00	0,00
11.08.2003		323650	0	0,00	0,00
			Summe	829,70	0,83

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,109	21620000	2356580	2356,58	2,36
06.08.2003	2,145	22029000	47252205	47252,21	47,25
07.08.2003	2,652	21477000	56957004	56957,00	56,96
08.08.2003	0,140	23467000	3285380	3285,38	3,29
09.08.2003	0,198	21057000	4169286	4169,29	4,17
10.08.2003	0,215	17416000	3744440	3744,44	3,74
11.08.2003	0,158	20799000	3286242	3286,24	3,29
			Summe	121051,14	121,05

**Tabelle 198. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Roxithromycin
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,077	174846083	13463148,41	13463,15	13,46
06.08.2003	0,111	168775386	18734067,88	18734,07	18,73
07.08.2003	0,112	174695664	19565914,33	19565,91	19,57
08.08.2003	0,121	179490895	21718398,33	21718,40	21,72
09.08.2003	0,103	169333833	17441384,78	17441,38	17,44
10.08.2003	0,112	154461220	17299656,68	17299,66	17,30
11.08.2003	0,106	163021275	17280255,15	17280,26	17,28
			Summe	125502,83	125,50

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,049	174846083	8567458,077	8567,46	8,57
07.08.2003	0,052	168775386	8776320,089	8776,32	8,78
08.08.2003	0,044	174695664	7686609,202	7686,61	7,69
09.08.2003	0,048	179490895	8615562,975	8615,56	8,62
10.08.2003	0,038	169333833	6434685,647	6434,69	6,43
11.08.2003	0,043	154461220	6641832,473	6641,83	6,64
12.08.2003	0,045	163021275	7335957,375	7335,96	7,34
			Summe	54058,43	54,06

Tabelle 199. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Sulfamethoxazol

Sulfamethoxazol**Versuch 2****Scharnhorststraße**

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,006	191200	1147,2	1,15	0,00
30.01.2003		35590	0	0,00	0,00
31.01.2003	0,014	52580	736,12	0,74	0,00
01.02.2003	0,013	42720	555,36	0,56	0,00
02.02.2003	0,002	53120	106,24	0,11	0,00
03.02.2003	0,054	83720	4520,88	4,52	0,00
04.02.2003	0,700	76580	53606	53,61	0,05
			Summe	60,67	0,06

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,124	965900	119771,6	119,77	0,12
30.01.2003	0,384	562900	216153,6	216,15	0,22
31.01.2003	1,712	537610	920388,32	920,39	0,92
01.02.2003	5,454	372540	2031833,16	2031,83	2,03
02.02.2003	5,644	440530	2486351,32	2486,35	2,49
03.02.2003	9,581	524070	5021114,67	5021,11	5,02
04.02.2003	3,138	498860	1565422,68	1565,42	1,57
			Summe	12361,04	12,36

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	1,028	35560000	36555680	36555,68	36,56
30.01.2003	0,926	44550000	41253300	41253,30	41,25
31.01.2003	0,331	34600000	11452600	11452,60	11,45
01.02.2003	1,908	31100000	59338800	59338,80	59,34
02.02.2003	1,989	21700000	43161300	43161,30	43,16
03.02.2003	0,731	20000000	14620000	14620,00	14,62
04.02.2003	1,494	26400000	39441600	39441,60	39,44
			Summe	245823,28	245,82

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,937	257823440	241580563,3	241580,56	241,58
30.01.2003	0,413	389875570	161018610,4	161018,61	161,02
31.01.2003	1,402	241092870	338012203,7	338012,20	338,01
01.02.2003	1,626	222954100	362523366,6	362523,37	362,52
02.02.2003	1,205	196772440	237110790,2	237110,79	237,11
03.02.2003	1,848	190938070	352853553,4	352853,55	352,85
04.02.2003	0,577	262937940	151715191,4	151715,19	151,72
			Summe	1844814,28	1844,81

**Tabelle 199. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Sulfamethoxazol
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	0,364	257823440	93847732,16	93847,73	93,85
31.01.2003	0,273	389875570	106436030,6	106436,03	106,44
01.02.2003	0,595	241092870	143450257,7	143450,26	143,45
02.02.2003	0,745	222954100	166100804,5	166100,80	166,10
03.02.2003	0,820	196772440	161353400,8	161353,40	161,35
04.02.2003	0,760	190938070	145112933,2	145112,93	145,11
05.02.2003	0,767	262937940	201673400	201673,40	201,67
			Summe	1017974,56	1017,97

Sulfamethoxazol

Versuch 3

Scharnhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,023	126700	2914,1	2,91	0,00
06.08.2003	0,012	68030	816,36	0,82	0,00
07.08.2003	0,008	41160	329,28	0,33	0,00
08.08.2003	0,035	34230	1198,05	1,20	0,00
09.08.2003	0,019	54050	1026,95	1,03	0,00
10.08.2003	0,158	23410	3698,78	3,70	0,00
11.08.2003	0,068	28130	1912,84	1,91	0,00
			Summe	11,90	0,01

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	1,311	352270	461825,97	461,83	0,46
06.08.2003	2,203	337980	744569,94	744,57	0,74
07.08.2003	1,954	378910	740390,14	740,39	0,74
08.08.2003	2,520	379190	955558,8	955,56	0,96
09.08.2003	2,120	268640	569516,8	569,52	0,57
10.08.2003	1,418	218170	309365,06	309,37	0,31
11.08.2003	3,423	323650	1107853,95	1107,85	1,11
			Summe	4889,08	4,89

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,362	21620000	7826440	7826,44	7,83
06.08.2003	0,605	22029000	13327545	13327,55	13,33
07.08.2003	0,490	21477000	10523730	10523,73	10,52
08.08.2003	0,869	23467000	20392823	20392,82	20,39
09.08.2003	0,689	21057000	14508273	14508,27	14,51
10.08.2003	0,805	17416000	14019880	14019,88	14,02
11.08.2003	1,103	20799000	22941297	22941,30	22,94
			Summe	103539,99	103,54

**Tabelle 199. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Sulfamethoxazol
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,445	174846083	77806507,03	77806,51	77,81
06.08.2003	0,661	168775386	111560530,4	111560,53	111,56
07.08.2003	0,634	174695664	110757050,8	110757,05	110,76
08.08.2003	0,731	179490895	131207844,5	131207,84	131,21
09.08.2003	0,592	169333833	100245629	100245,63	100,25
10.08.2003	0,661	154461220	102098866,6	102098,87	102,10
11.08.2003	0,621	163021275	101181871,4	101181,87	101,18
			Summe	734858,30	734,86

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,577	174846083	100886190	100886,19	100,89
07.08.2003	0,445	168775386	75105046,92	75105,05	75,11
08.08.2003	0,502	174695664	87697223,16	87697,22	87,70
09.08.2003	0,517	179490895	92796792,88	92796,79	92,80
10.08.2003	0,527	169333833	89238929,89	89238,93	89,24
11.08.2003	0,571	154461220	88197356,8	88197,36	88,20
12.08.2003	0,568	163021275	92596084,2	92596,08	92,60
			Summe	626517,62	626,52

Tabelle 200. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Trimethoprim

Trimetoprim

Versuch 2

Scharnhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003		191200	0	0,00	0,00
30.01.2003		35590	0	0,00	0,00
31.01.2003		52580	0	0,00	0,00
01.02.2003		42720	0	0,00	0,00
02.02.2003		53120	0	0,00	0,00
03.02.2003		83720	0	0,00	0,00
04.02.2003	1,265	76580	96873,7	96,87	0,10
			Summe	96,87	0,10

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,554	965900	535108,6	535,11	0,54
30.01.2003	0,560	562900	315224	315,22	0,32
31.01.2003	1,908	537610	1025759,88	1025,76	1,03
01.02.2003	3,167	372540	1179834,18	1179,83	1,18
02.02.2003	7,660	440530	3374459,8	3374,46	3,37
03.02.2003	4,507	524070	2361983,49	2361,98	2,36
04.02.2003	3,424	498860	1708096,64	1708,10	1,71
			Summe	10500,47	10,50

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,584	35560000	20055840	20055,84	20,06
30.01.2003	0,328	44550000	14612400	14612,40	14,61
31.01.2003	0,389	34600000	13459400	13459,40	13,46
01.02.2003	0,969	31100000	30135900	30135,90	30,14
02.02.2003	1,008	21700000	21873600	21873,60	21,87
03.02.2003	0,449	20000000	8980000	8980,00	8,98
04.02.2003	0,771	26400000	20354400	20354,40	20,35
			Summe	129471,54	129,47

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
29.01.2003	0,548	257823440	141287245,1	141287,25	141,29
30.01.2003	0,392	389875570	152831223,4	152831,22	152,83
31.01.2003	0,303	241092870	73051139,61	73051,14	73,05
01.02.2003	0,646	222954100	144028348,6	144028,35	144,03
02.02.2003	0,739	196772440	145414833,2	145414,83	145,41
03.02.2003	0,926	190938070	176808652,8	176808,65	176,81
04.02.2003	0,292	262937940	76777878,48	76777,88	76,78
			Summe	910199,32	910,20

**Tabelle 200. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Trlmethoprim
(Fortsetzung)**

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
30.01.2003	0,450	257823440	116020548	116020,55	116,02
31.01.2003	0,582	389875570	226907581,7	226907,58	226,91
01.02.2003	0,606	241092870	146102279,2	146102,28	146,10
02.02.2003	0,571	222954100	127306791,1	127306,79	127,31
03.02.2003	0,709	196772440	139511660	139511,66	139,51
04.02.2003	0,661	190938070	126210064,3	126210,06	126,21
05.02.2003	0,752	262937940	197729330,9	197729,33	197,73
			Summe	1079788,26	1079,79

Trimetoprim

Versuch 3

Scharnhorststraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,155	126700	19638,5	19,64	0,02
06.08.2003		68030	0	0,00	0,00
07.08.2003		41160	0	0,00	0,00
08.08.2003		34230	0	0,00	0,00
09.08.2003		54050	0	0,00	0,00
10.08.2003		23410	0	0,00	0,00
11.08.2003		28130	0	0,00	0,00
			Summe	19,64	0,02

Boyenstraße

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	1,162	352270	409337,74	409,34	0,41
06.08.2003	1,801	337980	608701,98	608,70	0,61
07.08.2003	1,358	378910	514559,78	514,56	0,51
08.08.2003	2,26	379190	856969,4	856,97	0,86
09.08.2003	1,902	268640	510953,28	510,95	0,51
10.08.2003	0,278	218170	60651,26	60,65	0,06
11.08.2003	3,032	323650	981306,8	981,31	0,98
			Summe	3942,48	3,94

Pumpwerk

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,153	21620000	3307860	3307,86	3,31
06.08.2003	0,227	22029000	5000583	5000,58	5,00
07.08.2003	0,261	21477000	5605497	5605,50	5,61
08.08.2003	0,355	23467000	8330785	8330,79	8,33
09.08.2003	0,422	21057000	8886054	8886,05	8,89
10.08.2003	0,405	17416000	7053480	7053,48	7,05
11.08.2003	0,571	20799000	11876229	11876,23	11,88
			Summe	50060,49	50,06

**Tabelle 200. Berechnete Arzneimittelfrachten für den Parameter Trimethoprim
(Fortsetzung)**

Ruhleben Zulauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
05.08.2003	0,170	174846083	29723834,14	29723,83	29,72
06.08.2003	0,364	168775386	61434240,62	61434,24	61,43
07.08.2003	0,245	174695664	42800437,6	42800,44	42,80
08.08.2003	0,211	179490895	37872578,91	37872,58	37,87
09.08.2003	0,232	169333833	39285449,21	39285,45	39,29
10.08.2003	0,220	154461220	33981468,47	33981,47	33,98
11.08.2003	0,220	163021275	39179446,43	39179,45	39,18
			Summe	284277,46	284,28

Ruhleben Ablauf

Datum	Messwert µg/L	Durchfluss L	Fracht µg	Fracht mg	Fracht g
06.08.2003	0,302	174846083	52803517,13	52803,52	52,80
07.08.2003	0,236	168775386	39830991,17	39830,99	39,83
08.08.2003	0,250	174695664	43673915,92	43673,92	43,67
09.08.2003	0,290	179490895	52052359,64	52052,36	52,05
10.08.2003	0,259	169333833	43857462,7	43857,46	43,86
11.08.2003	0,261	154461220	40314378,5	40314,38	40,31
12.08.2003	0,267	163021275	43526680,43	43526,68	43,53
			Summe	316059,31	316,06

ZUSAMMENFASSUNG

Alle im Rahmen des Forschungsvorhabens der Bundeswehr mit dem Titel „Arzneimittelrückstände in Trinkwasser(versorgungsanlagen) und Krankenhausabwässern der Bundeswehr: Methodenentwicklung - Vorkommen - Wasseraufbereitung“ gestellten Zielvorgaben konnten erfolgreich umgesetzt werden.

Im Rahmen des Projekts wurden zwei instrumentelle Analysenmethoden zur Bestimmung von Arzneimittelrückständen in matrixbelasteten Wasserproben entwickelt, validiert und in der Routineanalytik eingesetzt. Beide Methoden verwenden die Festphasenextraktion (SPE), die chemische Derivatisierung und die Detektion mittels Kapillargaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) im Selekted Ion Monitoring (SIM) zur zweifelsfreien Spurenanalyse der Verbindungen in Konzentrationen im unteren ng/L-Bereich. Zwei weitere neuentwickelte Methoden zur Bestimmung von Antibiotika und Steroiden mittels SPE und HPLC-MS/MS Detektion sind im Rahmen der Krankenhausabwasseruntersuchungen verwendet worden.

Alle Trinkwasser- und etliche Löschwasserbrunnen der Bundeswehrliegenschaften in den neuen Bundesländern, sowie Rohwasser aus dem Überwachungsbereich der anderen drei Zentralen Institute sind über den ganzen Versuchszeitraum von vier Jahren in einer Art Screening-Programm auf ausgewählte Rückstände von Arzneimitteln, Pestiziden und Flammschutzmitteln auf Organophosphatbasis untersucht worden. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Gefahr des Auftretens von Arzneimittelrückständen in Trinkwasser mit der Größe des Ballungsraumes zunimmt. In ländlichen Gebieten wurden fast keine positiven Befunde erhalten.

Auch die Fragestellung in wie weit organische Kontaminanten wie Arzneimittelrückstände oder Pestizide durch moderne Wasseraufbereitungsanlagen aus hoch kontaminiertem Rohwasser entfernt werden können konnte zufriedenstellend beantwortet werden. In zwei Feldversuchen mit unterschiedlichen Trinkwassergewinnungsanlagen, die beide nach dem Prinzip der Membranfiltration mit

integrierter Umkehrosmose arbeiten, wurde deutlich dargelegt, dass selbst aus stark verschmutzten Oberflächengewässern sowohl aus chemischer als auch aus mikrobiologischer Sicht sicheres und wohlschmeckendes Trinkwasser produziert werden kann.

Der dritte Teil des Projektes behandelte die Frage der Herkunft von Arzneimittelrückständen. Anhand des Bundeswehrkrankenhauses Berlin wurde verdeutlicht, dass die zu erwartenden Rückstände im kommunalen Abwasser mit einer guten kaum für möglich gehaltenen Genauigkeit für bestimmte Substanzen berechnet werden können, wenn die entsprechenden Verbrauchszahlen und hinreichende pharmakokinetische Daten vorliegen. Auch konnte gezeigt werden, dass nicht, wie oft vermutet, die Krankenhäuser Hauptverursacher der Rückstände im Abwasser sind, sondern vielmehr die Privathaushalte durch ihren Arzneimittelkonsum die Hauptlast dieser Verschmutzungen verursachen.

AUSBLICK

Die in diesem Forschungsvorhaben erhaltenen Ergebnisse bilden eine hervorragende Grundlage für aufbauende, zukünftige Forschung auf diesem neuen und sich international rasch entwickelnden Forschungsgebiet. Durch das Arzneimittel-screening konnte gezeigt werden, dass die Belastung von Roh- bzw. Trinkwasser vor allem in Ballungsräumen wie z.B. der Hauptstadt Berlin eine entscheidende Rolle spielt. Hier wäre auch zukünftig eine regelmäßige Überwachung von Interesse, die beispielsweise von den Laborgruppen Ökochemie der Zentralen Institute der Bundeswehr durchgeführt werden könnte. Analysenmethoden wurden im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit entwickelt und können mit nur geringfügigem Material- und Personalaufwand in den entsprechenden Laborgruppen implementiert und von diesen validiert werden. Die Ergebnisse der beiden Feldversuche zur Überprüfung der Trinkwasseraufbereitungsanlagen wurden seitens des wehrwissenschaftlichen Institutes der Bundeswehr bereits in ihre entsprechenden Prüfungsunterlagen bzw. Gutachten einbezogen. Weiterhin wurden die durchweg positiven Ergebnisse in zwei Zeitschriftenpublikationen und für eine Buchpublikation (siehe Anhang) verwendet, die noch in diesem Jahr veröffentlicht werden soll. Da die mobile Trinkwasseraufbereitung auf der Grundlage von Membranfiltration hinsichtlich der Auslandseinsätze zukünftig eine immer größere Rolle spielen wird, sollte das Engagement des Sanitätsdienstes auf diesem Gebiet auf jeden Fall intensiviert werden. Für den Teilbereich Modellberechnung von Arzneimittelrückständen in Krankenhausabwasser wurden Ergebnisse erzielt, die gerade auch international für Aufmerksamkeit gesorgt haben. Bislang wurden für die Berechnung von PEC-Werten (predicted environmental concentration) im Bereich der ökotoxikologischen Risikoabschätzung meist nur reine Verbrauchsdaten herangezogen, die zudem oft unzuverlässig waren. Gerade das im Bericht vorgestellte Beispiel des Diclofenac's zeigt deutlich, dass neben der Pharmakokinetik gerade die Applikationsform eine entscheidende Rolle für die Konzentration der Rückstände im Abwasser spielt. Auf Basis der hier entwickelten Modellberechnungen und der bisher erzielten Ergebnisse sollte seitens der Bundeswehr auf dem

Gebiet der „Human- und Ökotoxikologie von Arzneimittelrückständen im aquatischen Kreislauf“ weitere Forschungsanstrengungen unternommen werden. Auch bietet der Bereich der Untersuchung von Antibiotikaresistenzen ein weiteres wichtiges Betätigungsfeld für zukünftige Forschungsvorhaben.

DANKSAGUNG

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Verteidigung bzw. dem Institut für Sanitätswesen der Bundeswehr für die finanzielle und logistische Förderung des Forschungsvorhabens „Untersuchung von Arzneimittelrückständen im Krankenhausabwasser, im Grund- und Trinkwasser von Bundeswehrstandorten und deren Eliminierung bei der bundeswehreigenen Trinkwasseraufbereitung“. Unser persönlicher Dank gilt zudem den folgenden Personen für die große Unterstützung bei der Planung, Gestaltung und Durchführung des Forschungsvorhabens:

- Herrn OFAp Dr. Zimmermann für die Initiierung und Betreuung des gesamten Forschungsvorhabens sowie seinem Amtsnachfolger Herrn OFAp Dr. Fricke für die weitergehende Betreuung.
- Frau Britta Fanck, Herrn Sebastian Zühlke und Herrn Andy Mechlinski (alle vom Institut für Lebensmittelchemie der Technischen Universität Berlin) für die Unterstützung bei der Analytik der Proben in den drei Teilprojekten
- Dr. Anke Putschew (Institut für Wasserreinigung der TU Berlin) für die Analytik der Röntgenkontrastmittel und des AOI im zweiten Feldversuch zur Abwasseruntersuchung des Bundeswehrkrankenhauses.
- Herrn Dr. Hans-Jürgen Altmann und seinem Team vom wehrwissenschaftlichen Institut in Munster für die Erlaubnis und die Unterstützung um an der Erprobung der beiden Trinkwasseraufbereitungsanlagen teilnehmen zu können. Nur dank ihres großen Engagements, z.B. durch den Transport der getesteten Anlagen nach Berlin und deren Betrieb, war es für uns möglich, die Anlagen in zwei Projekten an stark belastetem Rohwasser gemeinsam auf ihre Fähigkeit hin zu testen Pharmaka und andere abwasserbürtige Kontaminanten zu entfernen.
- Herrn Dr. Siemer von der Firma Kärcher für die Bereitstellung von Informationen und Bildmaterial zur Trinkwasseraufbereitungsanlage WTC 1600.
- Herrn OFAp Lang gilt unser Dank für die Bereitstellung aller erforderlichen Verbrauchsdaten und die jederzeit hilfsbereite Unterstützung in pharmakologischen Fragen.

- Allen Abteilungsleitern des Bundeswehrkrankenhauses und ihren Teams für die Erfassung der Arzneimittelmengen auf den Stationen und Herrn Schmalfeld für die Erforschung des Abwassernetzes des Bundeswehrkrankenhauses.
- Den Leitern der Krankenhausapotheken der vier anderen Krankenhäusern, Frau Mooz, Herrn Dr. Ohlendorf, Herrn Jaekel und Herrn Brackertz danken wir vielmals für die Bereitstellung der monatlichen Arzneimittelverbrauchsdaten und den Kollegen der drei Zentralen Institute in Kiel, Koblenz und München, die uns mit Grundwasserproben versorgt haben für ihre Bemühungen.
- Herrn StAp Nils Niederland für die Hilfe bei der Zusammenstellung aller pharmakokinetischen Daten und bei den nächtlichen Abwasserbeprobungen.
- Herrn Dr. Schwartz und seiner Arbeitsgruppe um vom Forschungszentrum Karlsruhe für die Untersuchung der Resistenzlage im Abwasserstrom des Bundeswehrkrankenhauses.
- Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Laborgruppe Ökochemie/ZAA des Zentralen Institutes des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Berlin bei der Unterstützung bei den chemischen Untersuchungen in den beiden Versuchen mit den Trinkwasseraufbereitungsanlagen sowie den Veterinären des Zentralen Institutes des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Berlin für Ihre Unterstützung bei den mikrobiologischen Untersuchungen in den beiden Versuchen der Trinkwasseraufbereitung.

Unser Dank gilt weiterhin den Berliner Wasserbetrieben für vielfältige Unterstützung, hier aber besonders Herrn Hönig und Herrn Zajic für ihr großes Engagement bei den Abwasserprobenahmen und der Bereitstellung vieler Informationen zur Berliner Abwasserkanalisation. Frau Dr. Gnirß für ihre Hilfe die Trinkwasseraufbereitungsanlage im Klärwerk Ruhleben betreiben zu dürfen und Herrn Dr. Dünnbier für die Unterstützung bei Fragen der Abwasseranalytik. Anjou Recherche für die Bereitstellung der Azyx-Rohdaten über den Verbrauch von Arzneimittelmengen in Berlin.

Unser ganz besonderer Dank gilt Herrn FIap von Heyer (Leiter ZInstSanBw Berlin) für die langjährige Unterstützung des Forschungsprojekts.