



MA 15 - IFUM
Institut für Umweltmedizin
der Stadt Wien



**ABWASSER- UND KLÄRSCHLAMM-
UNTERSUCHUNGEN
IN DER PILOTKLÄRANLAGE
ENTSORGUNGSBETRIEBE SIMMERING (EbS)**

MONOGRAPHIEN
Band 121
M-121

Wien, März 2000

Projektleitung

Heinz Oppenauer (Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien)
Sigrid Scharf (Umweltbundesamt Wien)

Autoren

Philipp Hohenblum
Robert Sattelberger
Sigrid Scharf

Textgestaltung

Evelyn Neuhold
Philipp Hohenblum

Satz/Layout

Evelyn Neuhold

Übersetzung

Brigitte Read

Titelgraphik

IWAG, TU Wien

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt (Federal Environment Agency)
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna),
Austria

Druck: Riegelnik, 1080 Wien

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2000
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-537-8

BETEILIGTE INSTITUTIONEN

Nachfolgende Institutionen haben im Rahmen dieses Kooperationsprojekts mitgearbeitet.

Initiation der Studie und Finanzierung eines Großteils der Untersuchungen:

Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien (Senatsrat D.I. Helmut Löffler, D.I. Heinrich Oppenauer)

Unterstützung von UBA Mitarbeitern bei der Probenahme:

Hauptkläranlage Wien (Ing. Henriette Zutz, Herbert Minichshofer) und

Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft (D.I. Dr. Karl Svoldal, D.I. Gerald Wandl)

Umwelttechnik Wien (UTW) D.I. Stefan Haider

Die Analysen wurden von folgenden Labors durchgeführt:

Labor der Hauptkläranlage Wien / EbS (Ing. Henriette Zutz, Ing. Peter Hora)
Chemische und physikalische Parameter, CSB, BSB, TOC, Stickstoff- und Phosphorparameter (Abwasser)

Labor der Magistratsabteilung 22 (Ing. Peter Kreiner)
Anionen und Kationen, Schwermetalle (Abwasser, Klärschlamm)

Magistratsabteilung 15 – Institut für Umweltmedizin: (Prof. Renate Walter, Dr. Franz Groß, Dr. Gerhard Kirchner)
Kohlenwasserstoffe, Oberflächenspannung, abfiltrierbare und absetzbare Stoffe, Färbung, Trübung (Abwasser)
Toxizitätsuntersuchungen (Abwasser)

Labor / UBA Salzburg (Dr. Walter Pichler)
AOX, BiAS und MBAS (Abwasser, Klärschlamm)

Labor / UBA Wien (Dr. Gundi Lorbeer, Dr. Sigrid Scharf)
Trockenrückstand, Glühverlust, TOC, TC, Kjeldahl-Stickstoff, EDTA und NTA, Moschus-Xylol-Verbindungen, Phthalate, Organozinnverbindungen LAS, Nonylphenol, Octylphenol, Nonylphenolmono- und -diethoxylat, Bisphenol A und Bisphenol F, Screeninguntersuchungen (Abwasser, Klärschlamm)

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	3
2	EINLEITUNG	10
3	BESCHREIBUNG DER PILOTKLÄRANLAGE	11
4	AUFLISTUNG UND BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN PARAMETER	14
4.1	Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS)	18
4.2	Nonyl- und Octylphenol (NP und OP)	20
4.3	Nonylphenolmono- und -diethoxylat (NP1EO und NP2EO)	22
4.4	Phthalate	24
4.5	Bisphenol A und Bisphenol F	26
4.6	EDTA und NTA	27
4.7	Nitromoschus-Verbindungen	28
4.8	Organozinnverbindungen	30
5	PROBENAHEME UND PROBENAUFBEREITUNG / ABWASSER	31
5.1	Reinigung der Probeflaschen	31
5.2	Probenahme und Probenvorbereitung	33
6	KURZBESCHREIBUNG DER METHODEN / ABWASSER	34
6.1	Analytik der LAS	37
6.2	Analytik von Nonyl- und Octylphenol, Bisphenol A und Bisphenol F	37
6.3	Analytik von Nonylphenolmono- und -diethoxylat (NP1EO, NP2EO)	37
6.4	Analytik der Phthalate	37
6.5	Analytik der Nitromoschus-Verbindungen	37
6.6	Analytik der Organozinnverbindungen	38
6.7	Analytik von EDTA und NTA	38
6.8	EPA-Screening auf halbflüchtige Verbindungen	38
6.9	Screening auf flüchtige organische Verbindungen	38
6.10	Oberflächenspannung	39
6.11	Zusätzliche Probenvorbereitung bei Toxizitätsuntersuchungen	39
6.12	Leuchtbakterientest nach ÖNORM EN ISO 11348-3	39
6.13	Daphnientest nach DIN 38412, Teil 30	39
6.14	Algentest nach DIN 38412, Teil 33	39
7	DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE / ABWASSER	40
7.1	Vergleich der Ablaufergebnisse mit der Abwasseremissionsverordnung (AEV)	40
7.2	Diskussion der Untersuchungsergebnisse im Vergleich mit der AEV	44
8	MINIMA, MAXIMA, MITTELWERTE UND MEDIAN ALLER ANALYSIRTER PARAMETER / ABWASSER	45
8.1	Chemische und physikalische Parameter	46
8.2	Stickstoffparameter	47
8.3	Anionen	48
8.4	Kationen	49
8.5	Elemente	50
8.6	Organische Summenparameter	54
8.7	Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln	55
8.8	Wichtige Industriechemikalien	57
8.9	Toxizitätsuntersuchungen	59
8.10	Unfiltriert gemessene organische Parameter	60

9	DISKUSSION AUSGEWÄHLTER ORGANISCHER SUBSTANZEN / ABWASSER	61
9.1	Anionische und nichtionische Tenside sowie deren Metaboliten	61
9.2	Phthalate	66
9.3	Bisphenol A und F	68
9.4	Nitromoschusverbindungen	69
9.5	Organozinnverbindungen	70
9.6	Toxizitätsuntersuchungen	71
10	SCREENING AUF FLÜCHTIGE UND HALBFLÜCHTIGE VERBINDUNGEN / ABWASSER	72
10.1	Screening auf flüchtige Verbindungen	72
10.2	Screening auf halbflüchtige Verbindungen	73
10.3	Diskussion einiger ausgewählter halbflüchtiger Verbindungen	125
11	PROBENAHE UND PROBENAUFBEREITUNG / KLÄRSCHLAMM	130
11.1	Auswahl der Probenahmestellen	130
11.2	Probenahme und Probenaufbereitung	131
12	METHODENKURZBESCHREIBUNGEN / KLÄRSCHLAMM	132
12.1	Bestimmung der TS 105° C	134
12.2	Bestimmung des Glühverlustes	134
12.3	Bestimmung von TC und TOC	134
12.4	Bestimmung des Total Kjeldahl Nitrogen	134
12.5	Bestimmung des AOX	134
12.6	Analytik der Kationen	134
12.7	Analytik der Elemente	134
12.8	Analytik der LAS	135
12.9	Analytik von Nonyl- und Octylphenol, Bisphenol A und Bisphenol F	135
12.10	Analytik von NP1EO und NP2EO	135
12.11	Analytik der Phthalate	135
12.12	Analytik der Organozinnverbindungen	136
12.13	EPA Screening auf halbflüchtige Substanzen	136
13	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE / KLÄRSCHLAMM	137
14	DISKUSSION EINIGER ANALYSierter PARAMETER /KLÄRSCHLAMM	140
14.1	AOX, TC, TOC, Kjeldahl-Stickstoff	140
14.2	Schwermetalle	140
14.3	Lineare Alkylbenzolsulfonate	140
14.4	Alkylphenol und Alkylphenoethoxylate	142
14.5	Phthalate	144
14.6	Bisphenole	145
14.7	Organozinnverbindungen	146
15	SCREENING AUF HALBFLÜCHTIGE VERBINDUNGEN / KLÄRSCHLAMM	147
15.1	Screeninguntersuchungen auf ausgewählte organische Verbindungen	147
15.2	Nur im Klärschlamm nachgewiesene Substanzen	155
15.3	Diskussion der Ergebnisse – Halbquantitatives Screening im Klärschlamm	178
ANHANG		181
	A) Literatur	181
	B) Tabellenverzeichnis	185
	C) Graphikverzeichnis	187
	D) Analysedaten / Abwasser	188

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Magistratsabteilung 22 (Umweltschutz) der Stadt Wien initiierte eine umfassende Untersuchung der Pilotkläranlage der Hauptkläranlage Wien. Die dazu erforderlichen Abwasser- und Klärschlammanalysen wurden von den Labors des Umweltbundesamtes, der Hauptkläranlage Wien, der MA 22 (Umweltschutz), und der MA 15 (Umweltmedizin) der Stadt Wien vorgenommen. Die Koordination der Studie und die Berichterstellung erfolgte durch das Umweltbundesamt.

Ziel der Studie ist die Erhebung und Beschreibung der wichtigsten abwasserspezifischen chemischen und physikalischen Parameter des Zu- und Ablaufwassers sowie vor der zweiten Klärstufe („Mitte“) der Pilotkläranlage. Neben den in Routinemessungen prinzipiell zu erfassenden Kenngrößen erfolgte eine Beurteilung der vorliegenden Schadstoffkonzentrationen in der Kläranlage, wurde die Effizienz der Pilotkläranlage erhoben und Aussagen über das ökotoxische Potential des Zu- und Ablaufwassers getroffen.

Die 1980 in Betrieb genommene Hauptkläranlage Wien (HKA) ist als teilbiologische Anlage für gegenwärtig 2,5 Mio. Einwohnergleichwerte (EGW₆₀) ausgelegt. Wegen einer erforderlichen Neudimensionierung der Kläranlage durch eine Einwohnerzunahme im Einzugsgebiet und neuer gesetzlicher Regelungen (Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen - AAEV, BGBl. Nr. 186/1996; Begrenzung von Abwasseremissionen aus Abwasserreinigungsanlagen für Siedlungsgebiete – AEV, BGBl. Nr. 210/1996) sind eine verfahrenstechnische Umstellung und wesentliche bauliche Veränderungen der HKA Wien notwendig. Insbesondere müssen die Stickstoffparameter Ammonium und Gesamtstickstoff an die Vorgaben der Abwasseremissionsverordnung (AEV) angepaßt werden.

Außer den in der Abwasseremissionsverordnung gesetzlich geregelten Summenparametern wurden im Detail Anionen und Kationen (speziell von Schwermetallen), Inhaltsstoffe und Metaboliten von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln (Tenside, Komplexbildner, Duftstoffe), wichtige ubiquitäre Industriechemikalien (Phthalate und Bisphenole) und die hochtoxischen Organozinnverbindungen analysiert. Einige dieser untersuchten Chemikalien stellen endokrin wirksame Substanzen, sogenannte Xenohormone dar. Zur Erfassung des toxischen Potentials des Zu- und Ablaufwassers der Kläranlage wurden Toxizitätsuntersuchungen mit Leuchtbakterien, Algen und Daphnien durchgeführt.

Nachfolgend die wichtigsten Ergebnisse der Studie:

Vergleich der Abwasserergebnisse mit der AEV sowie der Klärschlammdaten mit den österreichischen Klärschlammrichtlinien bzw. -verordnungen

Die AEV schreibt in ihrer Anlage A Emissionsbegrenzungen und Mindestwirkungsgrade in Abhängigkeit ihrer Größe vor. Für die Größenklasse IV (größer als 50.000 EGW₆₀) sind die Parameter CSB und TOC um 85 %, BSB₅ um 95 % und Gesamtstickstoff um 70 % ihrer Zulauffracht zu vermindern. Die Wirkungsgrade werden bis auf BSB₅ bei allen vier Probenahmen eingehalten. Die maximal zulässigen Ab-

laufkonzentrationen der Parameter BSB₅, CSB, TOC, NH₄-N und Gesamt-P werden bei allen Proben unterschritten.

Bis auf die Gehalte weniger Elemente (nämlich Chrom, Silber und Zink) werden die in der AEV vorgegebenen Grenzwerte im Ablauf der Pilotkläranlage eingehalten.

Interessant ist der Vergleich der Elementuntersuchungen in den filtrierten bzw. unfiltrierten Proben. Da sich diese Stoffe an Klärschlamm, Sedimentationsmaterial und Schwebstoff anreichern, sind die Gehalte der unfiltrierten Proben bei einzelnen Elementen um bis zu 4 Zehnerpotenzen höher als in den filtrierten Proben. Weiters schwanken im Ablauf der Pilotkläranlage die Gehalte einzelner Elemente zum Teil erheblich. Dies könnte auf unterschiedliche Mengen an absetzbaren Stoffen in den Proben zurückzuführen sein.

Im Ablaufwasser schwanken die Konzentrationen bei den abfiltrierbaren Stoffen zwischen 2,6 mg/l und 21,4 mg/l, bei der Trübung zwischen 2 und 12 FNU, bei Ammonium-Stickstoff zwischen 0,1 und 2,7 mg/l. Auffällig sind weiters die geringen Gehalte an Kohlenwasserstoffen (Median 0,19 mg/l, Grenzwert 10 mg/l) im Ablauf der Pilotkläranlage. Auch die AOX-Gehalte und Tensidwerte sind im Vergleich zu den Grenzwerten der AEV gering.

Die Gehalte für die zwei Summenparameter AOX und Kjeldahl-Stickstoff liegen in für Klärschlamm typischen Größenordnungen. Die TC- sowie die TOC-Gehalte sind gegenüber früheren Faulschlammuntersuchungen etwas erhöht, dies ist jedoch verständlich, da eine nachfolgende anaerobe Behandlung des Klärschlammes im Faul-turm zu einem (teilweisen) Abbau organischer Substanzen führt.

Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Arsen, Cobalt und Molybdän liegen unter den jeweiligen österreichischen Klärschlammgrenz- bzw. -richtwerten, wiewohl es für Wien selbst keine rechtliche Bestimmung zur landwirtschaftlichen Verwertung von kommunalem Klärschlamm gibt, da Klärschlamm aus den beiden Wiener Großkläranlagen (Simmering und Blumental) zur Gänze verbrannt wird.

Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS):

Weltweit werden rund 1,5 Mio. Tonnen LAS pro Jahr produziert. Sie finden ihre Verwendung in pulverförmigen, aber auch flüssigen Wasch-, Spül- und Reinigungsmitteln. Literaturdaten zu Folge werden in der Kläranlage 27 % der LAS in der Vorklä-rung im Schlamm abgezogen. Der Rest wird in den Belebungsbecken zu ca. 80 % aerob abgebaut.

In dieser Studie beträgt die Abnahme bei allen vier Abwasserprobenahmen mindestens 95 % (Zulauf-Median: 6.392 µg/l, Ablauf-Median: 271 µg/l). Kalkuliert man anhand der Stoffstromdaten die Tagesfrachten an LAS und setzt die offensichtlich abgebaute Menge LAS (Differenz zwischen Zulauf und Ablauf) in Relation mit den durch den Klärschlamm abgezogenen LAS Frachten, so errechnet sich ein Anteil an nicht mineralisiertem LAS von ca. 19 %, das durch den Klärschlamm sorptiv gebunden aus der Kläranlage entfernt wird. Der Totalabbau würde also rund 80 % betragen.

techn. 4-Nonylphenol und 4-tert.-Octylphenol:

Als ausgewählte Vertreter der Alkylphenole stellen 4-Octyl- und 4-Nonylphenol die wichtigsten Ausgangsprodukte von Alkylphenoethoxylaten (APEO), einer Gruppe nichtionischer Tenside, dar. In Österreich werden Nonylphenole nicht produziert, jedoch beträgt die importierte Menge an den endokrin wirksamen Substanzen Octyl- und Nonylphenol rund 120 Tonnen pro Jahr.

Der Nonylphenolgehalt im Ablauf der Kläranlage liegt im Median bei 160 ng/l, der von Octylphenol bei 90 ng/l. Der Vergleich von filtriert und unfiltriert gemessener Probe erlaubt eine Abschätzung des Schadstoffgehaltes im Schwebstoff. Bei 4-tert.-Octylphenol zeigt sich tendenziell ein Mehrbefund in den unfiltrierten Proben des Zulaufs. Nonylphenol ist in den unfiltrierten Proben des Zulaufs um einen Faktor 10 mehr enthalten als in den filtrierten, in den Ablaufproben noch um einen Faktor fünf. Ein hoher Anteil an Schwebstoff im Ablaufwasser bedeutet somit auch eine erhöhte Fracht an diesen Schadstoffen. Eine Belastung des Vorfluters mit diesen beiden endokrin wirksamen Stoffen ist daher nicht auszuschließen.

Weiters wurden um 5,5 mg/kg TS im Klärschlamm des ersten Belebungsbeckens und 3 mg/kg TS im Klärschlamm des zweiten Belebungsbeckens an Nonylphenol ermittelt. Octylphenol wurde mit 0,14 bzw. 0,11 mg/kg TS in der ersten und 0,91 bzw. 0,04 mg/kg TS in der zweiten Stufe quantifiziert. Im Klärschlamm der zweiten Belebungsstufe waren die Gehalte an Nonylphenol um ca. 50 % geringer als im Vergleich zum Klärschlammgehalt der ersten Belebungsstufe. Nonylphenol wird aerob abgebaut.

Nonylphenolmono- und Nonyphenoldiethoxylat

In Österreich gibt es einen freiwilligen Verzicht der Waschmittelindustrie, Alkylphenolethoxylate in Haushaltswaschmitteln einzusetzen, da bei der biologischen Abwasserbehandlung toxischere Metaboliten entstehen. Trotzdem werden diese Alkylphenolethoxylate in vielen anderen Bereichen verwendet.

Die Abbauraten für diese beiden endokrin wirksamen Substanzen liegen bei den Abwasseruntersuchungen bei rund 95 % (Zulauf Median 2,013 µg/l, Ablauf Median 0,322 µg/l bei NP1EO, Zulauf Median 14,123 µg/l, Ablauf Median 0,628 µg/l bei NP2EO). Im Klärschlamm werden im ersten Belebungsbecken bis zu 30 mg/kg TS an Nonylphenolmonoethoxylat bzw. 17 mg/kg TS an Nonylphenoldiethoxylat bestimmt. Im zweiten Belebungsbecken waren die Gehalte an Nonylphenolmonoethoxylat um ca. zwei Drittel, an Nonylphenoldiethoxylat um ca. die Hälfte reduziert.

EDTA und NTA

EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure) und NTA (Nitrilotriessigsäure) sind organische Komplexbildner, die in erster Linie jene Ionen komplexieren sollen, die die Härte des Wassers verursachen, also Mg^{2+} und Ca^{2+} . Ihre komplexierende Wirkung ist aber nicht auf die Erdalkalimetalle beschränkt. Daher können sie auch Schwermetalle komplexieren und diese in die Umwelt remobilisieren, nachdem sich diese Metalle im Sediment angereichert haben.

EDTA wird in Kläranlagen so gut wie gar nicht, NTA gut abgebaut. Allerdings verschlechtert sich die Abbaubarkeit beider Substanzen, sobald mit Schwermetallen Komplexe gebildet wurden. In der untersuchten Kläranlage wurden ca. 42 % an EDTA bzw. 3 % NTA im Ablauf der Kläranlage nicht abgebaut wieder ausgeschieden.

Nitromoschus –Verbindungen

Nitromoschusduftstoffe weisen lipophile, bioakkumulierende Eigenschaften auf und sind biologisch schlecht abbaubar. Sie persistieren daher in der Umwelt. Trotz der niedrigen Bestimmungsgrenze von 10 ng/l konnten nur zwei der fünf Nitromoschusverbindungen, nämlich Moschus-Keton und Moschus-Xylol, im Zu- und Ablauf der Kläranlage quantifiziert werden. Dieser Befund zeigt, daß diese beiden Substanzen offensichtlich auch in Österreich derzeit die relevantesten Nitromoschusverbindungen sind. Moschus-Keton findet in Kosmetika, Moschus-Xylol in Waschmitteln Verwendung.

Phthalate

Phthalsäureester gehören aufgrund ihrer eingesetzten Menge zu den wichtigsten und weitest verbreiteten Industriechemikalien. In Österreich werden Phthalate nicht hergestellt, jedoch wurden 1994 7.500 Tonnen importiert. Dazu kommen noch Phthalate, die in fertigen Produkten eingeführt werden. In Österreich schätzt das Ökologie-Institut die jährlich in Umlauf gebrachte Menge an Phthalaten auf 15.000 bis 20.000 Tonnen. Butylbenzyl- und Di-n-butylphthalat stehen im Verdacht, endokrin wirksam zu sein.

Dimethyl-, Diethyl- und Di-(2-ethylhexyl)phthalat wurden im Zulauf der Pilotkläranlage im µg/l-Bereich quantifiziert, im Ablauf konnten nur mehr Phthalatgehalte unter 0,5 µg/l nachgewiesen werden.

Die untersuchten Klärschlammproben weisen Phthalatgehalte auf, die im Vergleich mit der internationalen Literatur als gering einzustufen sind. Nur Di-(2-ethylhexyl)phthalat konnte regelmäßig in allen vier Proben nachgewiesen werden. Die Werte bewegen sich zwischen 23,4 und 34,4 mg/kg TS. Dimethylphthalat konnte in keiner Probe nachgewiesen, Diethylphthalat nur detektiert, jedoch nicht quantifiziert werden.

Bisphenol A und Bisphenol F

Bisphenol A gehört zu den meistproduzierten Chemikalien dieser Welt (Herstellung von Polycarbonaten und Epoxidharzen). 1994 wurden ca. 15.000 Tonnen Polycarbonatgranulat und ca. 13.000 Tonnen Epoxidharze nach Österreich importiert. Trotz der hohen Produktionsmengen liegen nur wenige Daten über das Verhalten von Bisphenol A und F in der Umwelt vor.

Bisphenol A reichert sich an Schwebstoffen an, was zu Mehrbefunden bei unfiltrierten Proben führt (bei filtrierten Proben: Zulauf Median: 0,925 µg/l; Ablauf Median 0,221 µg/l; bei unfiltrierten Proben: Zulauf Median 1,54 µg/l; Ablauf Median 0,354 µg/l). Bisphenol F wurde in dieser Studie erstmals analysiert und liegt im Zulauf zwi-

schen 0,1 und 0,25 µg/l vor (Median 0,22 µg/l). Im Ablauf konnte es nicht mehr quantifiziert werden (<0,032 µg/l).

Organozinnverbindungen

Sie sind organische Derivate des tetravalenten Zinns. Prominentester Vertreter ist das Tributylzinn (TBT); es zeichnet sich durch seine hohe Persistenz und durch seine hohe Umwelttoxizität aus und wird zu den giftigsten Umweltchemikalien gezählt, die jemals hergestellt wurden. Monobutylzinn (MBT), Dibutylzinn (DBT) und TBT waren die dominierenden Substanzen im Zu- und Ablaufwasser der Pilotkläranlage. Diese Ergebnisse bestätigen weitgehend die bisher erhobenen Befunde des Umweltbundesamtes. Im Klärschlamm wurden diese Substanzen ebenfalls in geringen Konzentrationen nachgewiesen.

Toxizitätsuntersuchungen

Die Leuchtbakterientest G_L -Werte der Proben aus dem Zulauf der Pilotkläranlage bewegten sich im Bereich von 4 bis 12. Diese Proben können somit als gering bis mäßig toxisch für Leuchtbakterien eingestuft werden. Für Daphnien und Algen erwies sich das Zulaufwasser als vollkommen untoxisch (alle GD-Werte und GA-Werte = 1). Weiters konnten in den Ablaufproben keine Leuchtbakterien-, Daphnien- und Algtoxizität nachgewiesen werden.

Screening auf flüchtige und halbflüchtige Verbindungen.

Flüchtige organische Verbindungen, wie z.B. Benzol, wurden weder im Zulauf noch im Ablauf detektiert (BG 2 µg/l).

Im Screening auf halbflüchtige Verbindungen konnten unter anderem Inhaltsstoffe von Arzneimitteln, Pflanzenschutzmitteln, Lösungsmitteln, Reinigungsmitteln und Kosmetika identifiziert werden.

4-Acetylaminoantipyrin, wahrscheinlich ein Abbauprodukt der fiebersenkenden, krampflösenden und schmerzstillenden Phenazon- und Pyrazolidin-3,5-dion-Derivate wird in der Kläranlage offensichtlich ebenso wie *Propyphenazon*, *Pentoxifyllin* und *Carbamazepin*, das am häufigsten eingesetzte Antiepileptikum in Österreich (1997: > 6.000 kg), nicht vollständig abgebaut. Vorfluterbelastungen mit diesen Substanzen sind nicht auszuschließen.

Ethylendiglykol und *Ethylenglykolmonobutylether* sind u.a. Hauptbestandteile der meisten im Handel befindlichen Frostschutzmittel für Autokühler und Autoscheibenenteisener. Im Zulauf fanden sich Konzentrationen bis > 10 µg/l. In der untersuchten Kläranlage wurden diese Glykol-Verbindungen weitgehend abgebaut, aber offensichtlich nicht immer vollständig (mindestens zu etwa 90 %). Auch im Klärschlamm wurden diese Verbindungen nachgewiesen.

Koffein und *Theobromin* sind in Kaffee, Tee und vielen Erfrischungsgetränken (bis 150 mg/l) enthalten. Koffein ist auch Bestandteil zahlreicher Schmerzmittel. Während diese Verbindungen wie das Nikotin sowohl im Zu- als auch im Ablauf nachgewiesen werden konnten, konnten sie im Klärschlamm nicht mehr detektiert werden.

Im Klärschlamm wurden auch Polycyclische Aromatische Verbindungen (PAH) die im Zu- bzw. Ablauf mit der Screeningmethode nicht detektiert wurden, nachgewiesen.

Weiters konnte im Klärschlamm auch Galaxolid, eine synthetische Moschusverbindung, bestimmt werden. Diese Moschusduftstoffe (Galaxolid, Tonalid) werden verstärkt als Ersatzsubstanzen für Nitromoschusverbindungen eingesetzt. Galaxolid wurde bereits in Oberflächengewässern und Fischgewebe nachgewiesen.

Abschließend ist festzuhalten, daß die Pilotkläranlage zum Zeitpunkt der Abwasser- und Klärschlammprobenahmen effizient arbeitete und die Emissionsbegrenzungen und Mindestwirkungsgrade der AEV eingehalten wurden. Im Klärschlamm akkumulieren einige der untersuchten Stoffe. Da die EbS den Klärschlamm jedoch zur Gänze verbrennt, sind diebezüglich keine Umweltbelastungen mit diesen Stoffen zu erwarten. Über das Ablaufwasser gelangen einige organische Stoffe noch in nachweisbaren Konzentrationen in den Vorfluter. Hierbei handelt es sich meist um Inhaltsstoffe oder Metaboliten von Wasch- und Reinigungsmitteln, Desinfektionsmitteln, Körperpflegemitteln, Arzneimittelwirkstoffen und anderen Produktgruppen, die der Mensch in großen Mengen verwendet bzw. aufnimmt. Zum Großteil jedoch werden diese Substanzen bereits in der Pilotkläranlage abgebaut. Neue verfahrenstechnologische Forschungsprojekte werden international initiiert bzw. durchgeführt, um diese organischen Stoffe in der Kläranlage noch effizienter aus dem Abwasser und dem Klärschlamm zu entfernen.

Nach Inbetriebnahme der Hauptkläranlage 2 sollte überprüft werden, ob die Analysergebnisse dieser Pilotkläranlagenuntersuchung verifiziert werden können.

SUMMARY

The municipal department No. 22 (environmental protection) initiated a detailed study of the pilot unit of the main Vienna sewage treatment plant. The waste water and sewage sludge analyses were carried out by the Federal Environment Agency (department of analytical chemistry), the municipal department No. 22 (environmental protection) and No. 15 (environmental medicine) and the sewage treatment plant itself.

The Federal Environment Agency was responsible for the project management and writing a report.

The aim of the study was to ascertain and describe the most important physical and chemical parameters of the pilot sewage treatment plant's in- and outflow and before the intermediate stage. Apart from the parameters measured routinely, the pollutant concentrations in the sewage treatment plant were determined and assessments were made of the efficiency and the ecotoxicological potential of in- and outflows.

The main Vienna sewage treatment plant, which went into operation in 1980, includes biological waste water treatment and currently serves 2,5 million population equivalents. Due to an increase in inhabitants in the catchment area (general limitation of waste water emissions to running waters and public sewage systems, Federal Legal Gazette No. 186/1996; limitation of waste water emissions from waste water treatment plants treating waste water from settlement areas, Federal Legal Gazette No. 210/1996) it has become necessary to redesign the main Vienna sewage treatment plant by making process-related and structural changes. In particular the nitrogen parameters ammonium and total nitrogen had to be adapted to the provisions of the Ordinary on Waste Water Emissions.

In addition to the summary parameters stipulated in the Ordinary on Waste Water Emissions, anions and cations (e.g. heavy metals), the ingredients and metabolites of cleaners and disinfectants (e.g. surfactants, complexing agents and fragrances), important ubiquitous industrial chemicals (e.g. phthalates and bisphenols) and the highly toxic organo-tin compounds were analysed. Some of the analysed chemicals are substances with an endocrine effect (xenohormones). To assess the toxic potential of the in and outflows of the sewage treatment plant, toxicology tests were carried out with luminescent bacteria, algae and daphnia.

2 EINLEITUNG

Die Magistratsabteilung 22 (Umweltschutz) der Stadt Wien initiierte eine umfassende Untersuchung der Pilotkläranlage der Hauptkläranlage Wien auf chemische und physikalische Grundparameter, Schwermetalle und ausgewählte Schadstoffe, die teilweise endokrin wirksam sind. Weiters wurde ein Screening auf flüchtige und halbflüchtige Verbindungen gewünscht, um einen Überblick auf weitere mögliche Schadstoffbelastungen zu erhalten.

Aufgrund der Einwohnerzunahme im Einzugsgebiet und neuer gesetzlicher Auflagen wurde eine Neudimensionierung und verfahrenstechnische Umstellung der Hauptkläranlage Wien notwendig. Insbesondere müssen die Stickstoffparameter Ammonium und Gesamtstickstoff an die Vorgaben der Abwasseremissionsverordnung (AEV, BGBl. Nr. 210/1996 und AAEV, BGBl. Nr. 186/1996) angepaßt werden.

Die Entwicklung und Kalibrierung eines mathematischen Simulationsmodells für die geplante Erweiterung der Hauptkläranlage (HKA 2) erfolgt seit Anfang 1998 anhand einer Pilotkläranlage durch das Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien. Durch diese Pilotkläranlage im Maßstab 1:10.000 sollen die Bedingungen für den optimalen Betrieb der erweiterten HKA 2 gefunden werden.

Wegen der hohen Parameteranzahl bei einer limitierten Probenmenge konnten nicht alle Parameter sowohl filtriert als auch unfiltriert bestimmt werden. Einige organische Parameter wurden daher nur in der filtrierten Abwasserprobe gemessen. Dies hat einerseits den Vorteil, daß die Konzentrationsergebnisse von Substanzen, die am Schwebstoff akkumulieren, weniger schwanken (da nun unabhängig von der Schwebstoffmenge), andererseits sind die gemessenen Werte teilweise zu gering, um Risikoabschätzungen für den Vorfluter treffen zu können (der Vorfluter wird ja auch durch die Substanzen, die an der Festphase akkumulieren, belastet).

Um eine Abschätzung der Größenordnung eventueller Minderbefunde ermitteln zu können, wurde auch der Klärschlamm auf ausgewählte organische Parameter, Schwermetalle und Summenparameter, die zur Klärschlammcharakterisierung dienen, untersucht.

Die Gehalte der filtrierten und unfiltrierten Abwasserproben wurden verglichen und überprüft, ob die Klärschlammwerte und die Ergebnisse der filtriert analysierten Abwasserproben herangezogen werden können, um Gesamtgehalte für Abwasserproben abschätzen zu können. Weiters wurde untersucht, in welchem Maß das erhöhte Schlammalter von rund fünf Tagen (aktuell in der HKA: eineinhalb bis zwei Tage) die Mineralisierung von schwer abbaubaren Verbindungen begünstigt. Zusätzlich zu den oben angeführten Parametern wurde deswegen auch mit Screening-Verfahren die Effizienz der Pilotkläranlage ermittelt.

3 BESCHREIBUNG DER PILOTKLÄRANLAGE

Der momentane Ist-Zustand der Hauptkläranlage HKA Wien entspricht nicht mehr den gesetzlichen Vorgaben der Abwasseremissionsverordnung 1996.

Der für 2,5 Mio. Einwohnergleichwerte (EGW₆₀) dimensionierten HKA fließen im Mittel 6 m³/s Abwässer zu, die zwischen Tagesspitze und Nachtminimum im Bereich von 3 bis 8 m³/s schwanken können. Durch Niederschlagswässer treten Spitzen bis zu 24 m³/s auf. Der etwa anderthalb Tage alte Klärschlamm wird mit 5 % Trockensubstanz zur EbS gepumpt, wo er eingedickt und thermisch entsorgt wird. Die im Jahresmittel der letzten Jahre erreichte Reinigungsleistung beträgt über 86 % bezogen auf den BSB₅. Eine ausreichende Stickstoffeliminierung ist jedoch konstruktionsbedingt nicht gegeben (siehe UBA BE-141). Durch eine Pilotkläranlage sollen die optimalen Rahmenbedingungen für den Betrieb der erweiterten HKA ermittelt werden. Diese Anlage im Maßstab 1:10.000 ist für 400 EGW bemessen und so konstruiert, daß die gesetzlichen Bedingungen eingehalten werden.

Durch das gegenwärtige Schlammalter in den Belebungsbecken der HKA Wien von rund einhalb bis zwei Tagen können in der Schlammbiozönose nur sehr rasch wachsende Bakterien bestehen. Dies führt dazu, daß die im Abwasser enthaltenen Stickstoffverbindungen nicht optimal oxidiert bzw. nitrifiziert werden. Gleichzeitig können andere, ebenfalls nur langsam wachsende Spezialisten nicht heranwachsen, die die Entfernung von schwer abbaubaren Verbindungen ermöglichen würden. Die Qualität des Ablaufwassers der Kläranlage ist dadurch bedeutend herabgesetzt (KREUZINGER, 1998).

Die Pilotkläranlage ist so konstruiert, daß zwei unterschiedliche Betriebsweisen eingestellt werden können (siehe Grafik 1). Die wirtschaftlichste davon ist das Bypassverfahren, das einen Teilstrom des vorgeklärten Zulaufs (ZU) direkt in die zweite Stufe leitet (BP, Bypass), um dort leicht abbaubaren Kohlenstoff der Denitrifikation zur Verfügung zu stellen. Gleichzeitig kann nitrathaltiges Abwasser aus der zweiten Stufe in die erste über einen Rückpass (RP) rückgeführt werden, um es dort zur Denitrifikation bereitzustellen. Der Überschussschlamm aus der zweiten Stufe soll über den Umweg der ersten Stufe abgezogen werden (Schlammkreislauf SK2), um in dieser eine Teilnitrifikation zu gewährleisten, die wegen des dortigen geringen Schlammalters nicht möglich wäre. Das gebildete Nitrat wird dann in den anoxischen Zonen durch den Belebtschlamm schnell denitrifiziert.

Im Wesentlichen kann in dieser Betriebsweise die Effizienz durch die Aufteilung des Zulaufes auf die beiden Belebungsstufen und durch die Veränderung des anoxischen Volumens der zweiten Belebungsstufe geregelt werden (KAINZ, 1999).

Während der Abwasserprobenahmen wurde die Versuchsanlage quasi zweistufig betrieben, das bedeutet, daß sowohl der Bypass (BP) als auch der Schlammkreislauf 1 (SK1) abgeschaltet waren. Bei dieser Betriebsweise wurde das gesamte vorgeklärte Abwasser der ersten Stufe über den Zulauf (ZU) zugeführt. Allerdings herrschte zum Zeitpunkt der Probenahme starker Schlammabtrieb von der ersten in die zweite Stufe, sodaß auch von einem Quasi-Hybridbetrieb gesprochen werden kann. Ein Teil des hochbelasteten Schlammes der ersten Stufe gelangte über den Ablauf in die zweite Stufe, und stellte dort die Kohlenstoffquelle für die Denitrifikation

dar. Der Ablauf aus der ersten Stufe erfolgte über eine Zwischenklärung (ZK), von wo der Rücklaufschlamm (RS1) wieder in die erste Stufe rückgeführt wurde. Der anfallende Überschussschlamm der zweiten Stufe wurde über die erste abgezogen, um dort die bereits angesprochene Teilnitrifikation zu erhalten. Er wurde als Überschussschlamm (ÜS) aus dem System entfernt. In der ersten Stufe war die erste Kaskade unbelüftet, wurde aber gerührt (Denitrifikation), die anderen drei wurden belüftet. In der zweiten Belebungsstufe war die erste Kaskade anoxisch und daher für die Denitrifikation des Rücklaufschlammes RS2 (aus der Nachklärung NK) verantwortlich. Zur Simulation eines Umlaufbeckens (UM) wurde der Klärschlamm von der vierten (belüfteten) in die zweite Kaskade gepumpt und die dritte Kaskade nach Belastung belüftet (siehe Graphik 1).

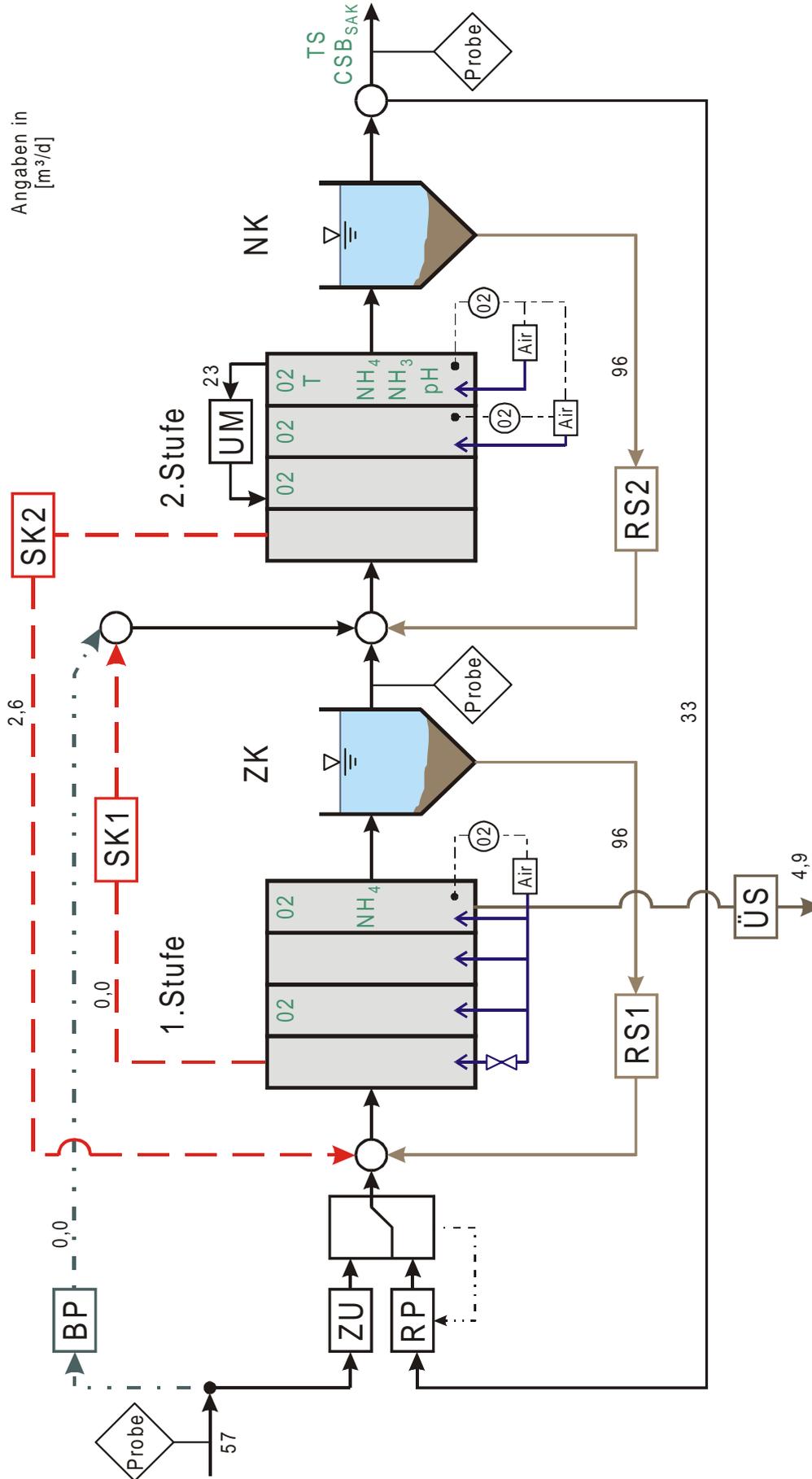
Während der Klärschlammprobenahmen wurde die Pilotkläranlage im Bypassbetrieb geführt. Die Durchflußmengen sind in der Tabelle 1 angegeben. Sie beziehen sich auf die Graphik 1.

Legende zu Graphik 1:

ZU Zulauf
 BP Bypass
 RP Rückpass
 SK1 Schlammkreislauf 1
 SK2 Schlammkreislauf 2
 ZK Zwischenklärung
 US Überschussschlamm
 RS Rücklaufschlamm
 NK Nachklärung
 UM Umlaufbecken

Tabelle 1: Durchflußmengen bei den Probenahmen

Pos.	Dim.	Wasserproben	Klärschlammproben	
		Mai/Juni 1999	30. Nov. 1999	6. Dez. 1999
ZU	m ³ /d	57	49	39
BP	m ³ /d	0	8,6	8,9
RP	m ³ /d	33	47	55,4
SK1	l/d	0	0	0
SK2	l/d	2.600	559	564
ÜS	m ³ /d	4,9	3,4	3,8



Graphik 1: Fließschema der Pilotkläranlage (Quelle: TU Wien); Durchflussmengen beziehen sich auf Durchschnittswerte zum Zeitpunkt der Wasserprobenahmen (Ende Mai / Anfang Juni 1999)

4 AUFLISTUNG UND BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN PARAMETER

Die Untersuchungen führten die Labors der MA 15, MA 22, der Hauptkläranlage Wien / EbS und des Umweltbundesamtes durch.

Das volle Untersuchungsprogramm „Abwasser“ erfolgte mit allen Ab- und Zulaufproben. Von der Probenahmestelle ‚Mitte‘ standen nur limitierte Abwassermengen zur Verfügung. Deshalb wurden nur die chemischen und physikalischen Parameter analysiert, sowie das EPA-Screening und die Toxizitätstests durchgeführt.

Die Parameter des Untersuchungsprogramms „Abwasser“ und die ausführenden Labors sind in der Tabelle 2 zusammengefaßt, die Klärschlammuntersuchungen analog in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 2: Parameter des Untersuchungsprogramms „Abwasser“ und zuständige Untersuchungslabors

Parameter	Ort der Probenahme		durchführendes Labor			
	Zu- / Ablauf	Mitte	EbS	MA 15	MA 22	UBA
CHEM. UND PHYSIK. PARAMETER						
pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, Sauerstoff	X	X	X			
abfiltrierbare Stoffe, absetzbare Stoffe, Färbung, Trübung, Oberflächenspannung	X			X		
STICKSTOFFPARAMETER						
Nitrat, Nitrit, Ammonium, Gesamtstickstoff	X	X	X			
PHOSPHOR-PARAMETER						
ges. Phosphor und o-Phosphat	X	X	X			
ANIONEN						
Sulfat, Chlorid, Fluorid	X				X	
KATIONEN						
Natrium, Calcium, Kalium, Magnesium	X				X	
ELEMENTE						
Aluminium, Arsen, Barium, Blei, Bor, Cadmium, Chrom, Cobalt, Eisen, Kupfer, Nickel, Molybdän, Quecksilber, Platin, Silber, Vanadium, Zink, Zinn	X				X	

Fortsetzung Tabelle 2: Parameter des Untersuchungsprogramms „Abwasser“ und zuständige Untersuchungslabors

Parameter	Ort der Probenahme		Durchführendes Labor			
	Zu- / Ablauf	Mitte	EbS	MA 15	MA 22	UBA
ORGANISCHE SUMMENPARAMETER						
CSB, BSB ₅ , TOC	X		X			
Summe der Kohlenwasserstoffe	X			X		
Summe der lipophilen Stoffe	X					X
AOX	X					X
Summe der anionischen und nicht-ionischen Tenside	X					X
TOXIZITÄTSUNTERSUCHUNGEN						
Leuchtbakterien-, Daphnien- und Algentest	X	X		X		
INHALTSSTOFFE VON WASCH- UND REINIGUNGSMITTELEN UND DEREN METABOLITEN						
LAS	X					X
Nonyl- und Octylphenol	X					X
Nonylphenolmono- und -diethoxylat	X					X
EDTA und NTA	X					X
Moschus-Verbindungen	X					X
WICHTIGE INDUSTRIECHEMIKALIEN						
Phthalate	X					X
Bisphenol A und Bisphenol F	X					X
Organozinnverbindungen	X					X
SCREENINGUNTERSUCHUNGEN						
Screening auf flüchtige und halb-flüchtige organische Substanzen	X	X				X

Tabelle 3: Parameter des Untersuchungsprogramms „Klärschlamm“ und zuständige Untersuchungslabors

Parameter	durchführendes Labor		
	Klärschlamm	MA 22	UBA
CHEM. SUMMENPARAMETER			
Trockenrückstand; Glühverlust, TOC, TC, Kjeldahl-Stickstoff, AOX	X		X
ELEMENTE			
Aluminium, Arsen, Barium, Blei, Bor, Cadmium, Chrom, Cobalt, Eisen, Kupfer, Nickel, Molybdän, Quecksilber, Platin, Silber, Vanadium, Zink, Zinn	X	X	
KATIONEN			
Natrium, Calcium, Kalium, Magnesium	X	X	
INHALTSSTOFFE VON WASCH- UND REINIGUNGSMITTELN UND DEREN METABOLITEN			
LAS	X		X
Nonyl- und Octylphenol	X		X
Nonylphenolmono- und -diethoxylat	X		X
WICHTIGE INDUSTRIECHEMIKALIEN			
Phthalate	X		X
Bisphenol A und Bisphenol F	X		X
Organozinnverbindungen	X		X
SCREENINGUNTERSUCHUNGEN			
Screening auf halbflüchtige organische Substanzen	X		X

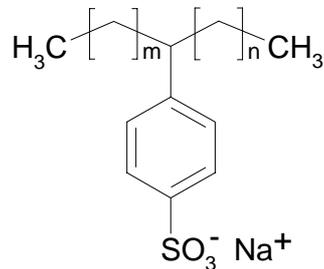
Die zur Abwasseruntersuchung ausgewählten Parameter sind im Wesentlichen vom Gesetzgeber in den Abwasser-Emissionsverordnungen (BGBl. Nr. 186/1996, 210/1996) verankert. Weiters wurden einige Parameter in ein Sondermeßprogramm aufgenommen, um eine über die gesetzlichen Kriterien hinausgehende Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Kläranlage zu ermöglichen.

Einige Substanzen, die in großen Mengen durch den Menschen ins Abwasser gelangen, werden im Folgenden kurz beschrieben. Zusätzliche Informationen (z.B. Stoffeigenschaften wie Umweltverhalten, Ökotoxizität, hormonelle Aktivität usw.) sind den Berichten des Umweltbundesamtes (UBA-BE-141, -150, -151) zu entnehmen.

In den Tabellen wurden folgende Abkürzungen verwendet:

Min	Minimum
Max	Maximum
MW	Mittelwerte
-	kein Wert vorhanden (nicht gemessen oder nicht berechenbar)
BG	Bestimmungsgrenze
NG	Nachweisgrenze
n.n.	nicht nachweisbar

4.1 Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS)



LAS bestehen aus aromatischen Sulfonsäuren, die in para-Stellung mit linearen Alkylketten verbunden sind. Zur Gruppe der anionischen Tenside gehörend sind die LAS ein Gemisch verschiedener Isomere mit Kettenlängen zwischen 10 und 13 C-Atomen ($n+m=7$ bis 10 C-Atome). Durch ihre sowohl polare ($-\text{SO}_3^-$ -Gruppe) wie auch apolare Struktur (C-Kette) sind sie einerseits wasserlöslich und zeigen andererseits auch eine Affinität zu Fetten, wodurch sie ihre oberflächenaktiven Eigenschaften erhalten.

Mit einem Marktanteil von ca. 30 % werden weltweit rund 1,5 Mio. Tonnen LAS pro Jahr produziert. Sie finden ihre Verwendung in pulverförmigen, aber auch flüssigen Wasch-, Spül- und Reinigungsmitteln (UBA-95-105).

Nach ihrem Gebrauch gelangt der größte Teil der Reinigungsmittel ins Abwasser und in weiterer Folge zur Kläranlage. Nach GIGER et al. (1987) werden 27 % der LAS in der Vorklärung im Schlamm abgezogen. Der Rest wird in den Belebungsbecken zu ca. 80 % aerob abgebaut.

Aus einer Untersuchung des Umweltbundesamtes Wien (UBA-95-105) an zwei verschiedenen kommunalen Kläranlagen (6 Stichproben zu verschiedenen Zeiten) geht ebenfalls hervor, daß LAS in der Kläranlage zum überwiegenden Teil abgebaut werden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Abbau von LAS in Kläranlagen (Quelle: UBA-BE-95-105)

Zulauf	Dim.	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5	Probe 6
LAS	µg/l	1.000	748	400	1.160	3.500	967
Ablauf		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5	Probe 6
LAS	µg/l	20	15	15	11	55	15

Die Gewässertoxizität der LAS wird von BERTH (1988) wie folgt beschrieben: Je länger die C-Kette des hydrophoben Teiles des Moleküls ist, desto höher ist die aquatische Toxizität. GILBERT (1988) stellte bei *Daphnia magna* eine LD_{50} von 8,5 mg/l nach 48^h Exposition fest.

Für LAS gibt es keinen nationalen Grenzwert für die Emission in ein Fließgewässer. Als Grenzwert für die Einleitung von Tensiden in ein Fließgewässer wird die Summe aus nichtionischen und anionischen Tensiden herangezogen. Dieser Wert ist mit 1 mg/l begrenzt (BGBl. 186/1996).

Das Umweltbundesamt untersuchte Klärschlamm von 16 kommunalen Kläranlagen (Klärschlammaufbereitung mit Faulturm) und erhielt folgende Werte für LAS:

Tabelle 5: LAS in Klärschlämmen (Quelle: UBA-BE-046)

Klärschlamm	Dim.	Min.	Max.
LAS (n=16)	mg/kg TS	2.199	17.955

LAS ist die nach heutigem Wissen am höchsten konzentrierte xenobiotische organische Sustanzgruppe im Klärschlamm. Aus toxikologischer Sicht scheint den LAS bezüglich der vorhandenen akuten Toxizität für Regenwürmer Bedeutung zuzukommen. Ein Klärschlammgrenzwert bzw. -richtwert für diese Analyten gibt es derzeit in Österreich nicht.

4.2 Nonyl- und Octylphenol (NP und OP)



R= C₈H₁₇ Octylphenol

R= C₉H₁₉ Nonylphenol

Als ausgewählte Vertreter der Alkylphenole stellen 4-Octyl- und 4-Nonylphenol die wichtigsten Ausgangsprodukte von Alkylphenoethoxylaten (APEO), einer Gruppe nichtionischer Tenside, dar. Technisches 4-Nonylphenol ist ein Isomerengemisch von 4-Nonylphenol und 2-Nonylphenol im Verhältnis 9:1. Der Anteil von Nonylphenolen an in Deutschland produzierten und verbrauchten Alkylphenolen beträgt 70 %, wobei 1995 33.000 Tonnen Alkylphenole hergestellt, aber nur 20.000 Tonnen im Land verbraucht wurden.

In Österreich werden Nonylphenole nicht produziert, jedoch beträgt die importierte Menge an Octyl- und Nonylphenol rund 120 Tonnen pro Jahr (JANSSEN, 1998), die Menge an Octyl- und Nonylphenolverbindungen ca. 470 Tonnen pro Jahr. Nicht eingeschlossen sind Verbindungen, die in Fertigwaren importiert werden (REISNER-OBERLEHNER, 1998).

Nonylphenole werden hauptsächlich zu Alkylphenoethoxylaten weiterverarbeitet und sehr vielfältig eingesetzt (Bohr-, Flotations-, Netz- und Verlaufsmittel, Additive zu Schmierölen, Weichmacher etc.). Sie enthalten in der Regel 1 bis 100 Ethoxygruppen, in Reinigungsmitteln dominieren allerdings Verbindungen mit nur wenigen Ethoxygruppen. Durch anaerobe Behandlung wird die Polyethylenglykolkette vom Nonylphenol abgespalten (BUA, 1988). Die entstehenden NP werden anaerob nicht weiter abgebaut, was zu einer Anreicherung dieser Substanzen im Klärschlamm führt.

Analysendaten von Nonylphenol und Octylphenol in Oberflächengewässern und Kläranlagenzu- bzw. -abläufen in Österreich wurden in den UBA Berichten BE-150 und 151 (1999) sowie im UBA-BE-121 (1998) publiziert. Im Kläranlagenzu- und -ablaufwasser wurden die in Tabelle 6 angeführten Konzentrationen festgestellt:

Tabelle 6: 4-tert. Octylphenol und 4-Nonylphenol in Kläranlagenzu- und -abläufen
(Quelle: UBA-BE-151)

Zulauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
4-tert.-Octylphenol (n=16)	ng/l	43	362	77	123
4-Nonylphenol (n=16)	ng/l	249	9.382	1.553	2.732
Ablauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
4-tert.-Octylphenol (n=16)	ng/l	57	241	-	-
4-Nonylphenol (n=17)	ng/l	105	1.890	401	576

Derzeit existieren keine nationalen gesetzlichen Bestimmungen für die Begrenzung der Emissionen und Immissionen von Nonylphenolen oder anderer Alkylphenole in Bezug auf Fließgewässer oder Abwässer.

In der Abwasserbehandlung entsteht Nonylphenol unter aeroben und aneroben Bedingungen. Bei der Klärschlammbehandlung werden Nonylphenole und Nonylphenolethoxylate zu einem hohen Anteil an dem Primär- (Schlamm aus der mechanischen Reinigung) und dem Sekundärschlamm (Schlamm aus dem Belebungsbecken) von Kläranlagen sorbiert. Beim Ausfaulen dieser Schlämme im Faulturm der Kläranlagen werden die Nonylphenolpolyethoxylate in Polyglykole und Nonylphenol abgespalten. Während die Polyglykole quantitativ mineralisiert werden können, persistieren die Nonylphenole unter den genannten aeroben Bedingungen (GIGER, 1987; BINGMAN, 1991). Daher hat die aerobe Schlammbehandlung signifikant geringere Nonylphenol-Werte, verglichen mit der anaeroben, zur Folge. Der Gehalt von Nonylphenol im Klärschlamm fällt aufgrund des intensiveren APEO-Abbaus in den Sommermonaten höher aus (AHEL, 1994).

In kommunalen Klärschlämmen aus Kläranlagen mit Faultürmen konnten folgende Nonylphenolgehalte nachgewiesen werden (Quelle: UBA-M-95):

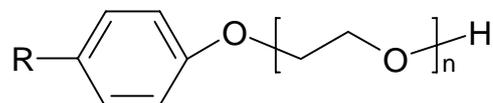
Tabelle 7: Nonylphenolgehalt in Klärschlamm

Klärschlamm	Dim.	Min.	Max.
4-Nonylphenol techn. (n=16)	mg/kg TS	249	9.382

Einen Klärschlammgrenzwert bzw. -richtwert für Nonylphenol gibt es derzeit in Österreich nicht. Das Fraunhofer Institut (SCHNAAK; 1995) schlägt einen Normwert von 60 mg/kg TS vor. In Schweden wird ab 1997 vorgeschlagen, 50 mg/kg TS Nonylphenol nicht zu überschreiten (MATTHEWS, 1996). Bis 1997 wurde in Schweden vorgeschlagen, 100 mg/kg TS zu unterschreiten.

4.3 Nonylphenolmono- und -diethoxylat (NP1EO und NP2EO)

Alkylphenoethoxylate gehören zu den weitest verbreiteten oberflächenaktiven Sub-



R= C₈H₁₇ Octylphenol n=1 Monoethoxylat

R= C₉H₁₉ Nonylphenol n=2 Diethoxylat

stanzen und bestehen aus einem Gemisch von Isomeren und Oligomeren. Der lipophile Octyl- oder Nonylrest in para-Stellung kann unterschiedliche Konfigurationen annehmen. Die hydrophile Ethoxylatkette besteht in der Regel aus 1 bis 100 Ethoxyeinheiten. Die weltweite Produktion an Alkylphenoethoxylaten lag 1996 bei etwa 500.000 t (NAYLOR, 1996), der Anteil an Nonylphenoethoxylate betrug ca. 80 %. Sie sind die am häufigsten produzierten Alkylphenoethoxylate (WARHURST, 1995). Diese werden unter aeroben Bedingungen im Wesentlichen zu Nonylphenolmono- und -diethoxylat abgebaut (NP1EO und NP2EO). Unter anaeroben Bedingungen (Faulturm) sind sie bis zum Nonylphenol (NP) abbaubar (BUA, 1988).

Aktuelle Daten über deren Vorkommen in Kläranlagenzu- und -abläufen sind aus Tabelle 8 ersichtlich:

Tabelle 8: NP1EO und NP2EO in Kläranlagenzu- und -abläufen (Quelle: UBA-BE-151)

Zulauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
NP1EO (n=17)	ng/l	169	11.360	2.978	3.784
NP2EO (n=17)	ng/l	790	27.468	3.318	6.919
Ablauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
NP1EO (n=16)	ng/l	142	860	146	180
NP2EO (n=17)	ng/l	169	2.164	-	-

Derzeit existieren keine nationalen gesetzlichen Bestimmungen für die Begrenzung der Emissionen und Immissionen von Nonylphenoethoxylaten in Bezug auf Fließgewässer oder Abwässer.

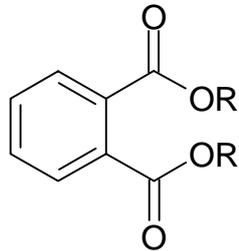
Die Gehalte dieser Metaboliten wurden auch in Klärschlämmen untersucht. Die Klärschlammproben wurden im Faulturm genommen und stammen aus unterschiedlichen Bearbeitungsstadien. Die NPEO waren daher möglicherweise noch nicht vollständig abgebaut.

Tabelle 9: Nonylphenoethoxylate in Klärschlämmen (Quelle: UBA-M-95)

Klärschlamm	Dim.	Min.	Max.
NP1EO (n=16)	mg/kg TS	<5 (BG)	n.n. (NG=2)
NP2EO (n=16)	mg/kg TS	72	69

Klärschlammgrenzwerte bzw. -richtwerte für diese Analyten gibt es in Österreich derzeit nicht.

4.4 Phthalate



Phthalsäureester

Phthalsäureester gehören aufgrund ihrer eingesetzten Menge zu den wichtigsten und weit verbreiteten Industriechemikalien. Durch ihre Eigenschaften (chemische Stabilität, Farb-, Geruchs- und Geschmackslosigkeit und vor allem billige Produzierbarkeit) sind sie in einer Vielzahl von Bereichen einsetzbar. Sie werden als Weichmacher in Kunststoffen, bei der Herstellung von Farben, Lacken, Schmierölen, Klebstoffen und Kosmetika verwendet.

In Österreich werden Phthalate nicht hergestellt, jedoch wurden 1994 7.500 Tonnen importiert. Dazu kommen noch Phthalate, die in fertigen Produkten eingeführt werden (JANSSEN, 1998). In Österreich schätzt das Ökologie-Institut die jährlich in Umlauf gebrachte Menge an Phthalaten auf 15.000 bis 20.000 Tonnen (JANSSEN, 1998).

Das Umweltbundesamt ermittelte folgende Konzentrationen von Phthalaten im Zu- und Ablaufwasser von Kläranlagen:

Tabelle 10: Phthalate in Kläranlagenzu- und -abläufen (Quelle: UBA-BE-151)

Zulauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
Dimethylphthalat (n=17)	µg/l	<0,4	17	5,2	5,9
Diethylphthalat (n=17)	µg/l	<0,4	26	8,1	9,5
Dibutylphthalat (n=17)	µg/l	<0,5	2,3	0,73	0,76
Butylbenzylphthalat (n=17)	µg/l	<0,4	0,41	-	-
Di(2-ethylhexyl)phthalat (n=17)	µg/l	<1,0	7,5	3,3	3,8
Dioctylphthalat (n=17)	µg/l	<0,4	<0,4	-	-

Fortsetzung Tabelle 10: Phthalate in Kläranlagenzu- und -abläufen (Quelle: UBA-BE-151)

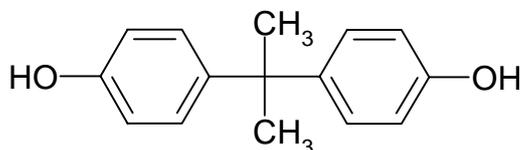
Ablauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
Dimethylphthalat (n=17)	µg/l	<0,4	2,6	1,0	1,2
Diethylphthalat (n=17)	µg/l	<0,4	0,45	-	-
Dibutylphthalat (n=17)	µg/l	<0,5	3,0	-	-
Butylbenzylphthalat (n=17)	µg/l	<0,4	<0,4	-	-
Di(2-ethylhexyl)phthalat (n=17)	µg/l	<1,0	1,6	-	-
Dioctylphthalat (n=17)	µg/l	<0,4	<0,4	-	-

Das mengenmäßig wichtigste Phthalat ist das Diethylhexylphthalat. Aufgrund seiner hohen Lipophilie und geringen Wasserlöslichkeit wird es von aquatischen Organismen akkumuliert. Außerdem ist es aerob, jedoch nicht anaerob abbaubar (WAMS, 1987). Dibutylphthalat, Benzylbutylphthalat, Diethyl- und Dimethylphthalat sind weniger lipophil und besser abbaubar (UBA-BE 141).

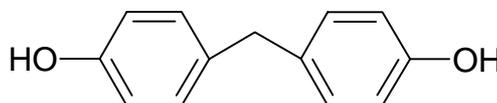
Durch ihre Persistenz und die hohen Einsatzmengen können sich die Phthalate in verschiedenen Umweltmedien anreichern, so daß sie bereits ubiquitär nachweisbar sind (GÜLDEN et al., 1997).

Derzeit existieren keine nationalen gesetzlichen Bestimmungen für die Begrenzung der Emissionen und Immissionen von Phthalaten in Bezug auf Fließgewässer oder kommunale Abwässer. Weiters sind auch die Klärschlammgehalte nicht geregelt.

4.5 Bisphenol A und Bisphenol F



Bisphenol A



Bisphenol F

Bisphenol A gehört zu den meistproduzierten Chemikalien dieser Welt. Es wird durch Kondensation von Phenol mit Aceton gewonnen und vor allem als Antioxidans in Kunststoffen beigefügt. Bisphenol F entsteht durch Kondensation von Phenol mit Formaldehyd. Beide Substanzen werden zur Herstellung von Polycarbonaten und Epoxidharzen verwendet, welche in weiterer Folge zur Herstellung von Flachprodukten, Compact Discs und Beschichtungen („solvent free coatings“) verwendet werden. Besonders günstige Eigenschaften haben Harzgemische von Bisphenol A und Bisphenol F.

1994 wurden ca. 15.000 Tonnen Polycarbonatgranulat und ca. 13.000 Tonnen Epoxidharze nach Österreich importiert. Trotz der hohen Produktionsmengen liegen nur wenige Daten über das Verhalten von Bisphenol A und F in der Umwelt vor (BUA 1997; UBA-BE 141, UBA-BE-150, UBA-BE-151).

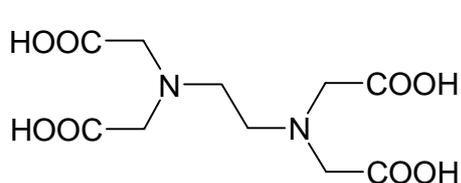
Im Kläranlagenzu- bzw. -ablaufwasser wurden vom Umweltbundesamt die in Tabelle 11 angeführten Werte für Bisphenol A analysiert.

Tabelle 11: Bisphenol A im Kläranlagenzu- und -ablauf (Quelle: UBA-BE-151)

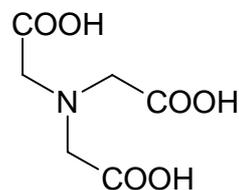
Zulauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
Bisphenol A (n=14)	ng/l	196	8.425	547	2.005
Ablauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
Bisphenol A (n=17)	ng/l	67	884	243	346

Derzeit existieren keine nationalen gesetzlichen Bestimmungen für die Begrenzung der Emissionen und Immissionen von Bisphenol A und Bisphenol F in Bezug auf Fließgewässer oder Abwässer oder Klärschlammricht- bzw. -grenzwerte für diese Analyten.

4.6 EDTA und NTA



EDTA
(Ethyldiamintetraessigsäure)



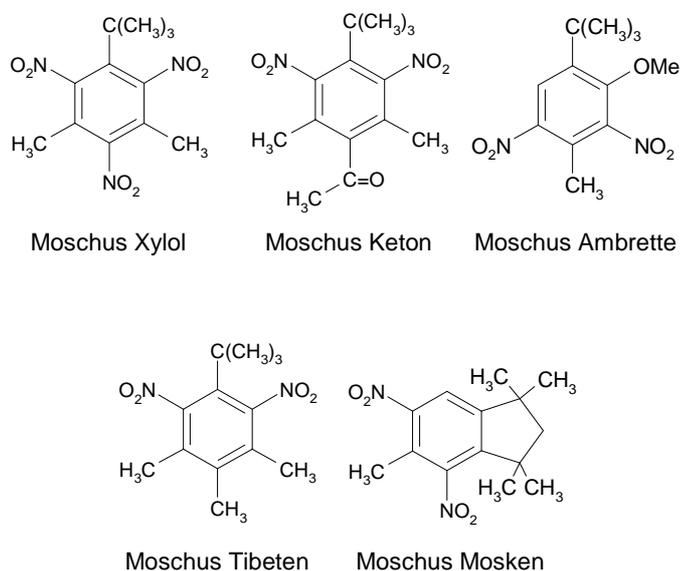
NTA
(Nitrilotriessigsäure)

EDTA (Ethyldiamintetraessigsäure) und NTA (Nitrilotriessigsäure) sind organische Komplexbildner, die in erster Linie jene Ionen komplexieren sollen, die die Härte des Wassers verursachen, also Mg^{2+} und Ca^{2+} . Sie werden Waschmitteln als Phosphatersatz zugesetzt. Ihre komplexierende Wirkung ist aber nicht auf die Erdalkalimetalle beschränkt. Daher können sie auch Schwermetalle komplexieren und diese in die Umwelt remobilisieren, nachdem sich diese Metalle im Sediment angereichert haben.

EDTA wird in Kläranlagen so gut wie gar nicht, NTA nur schlecht abgebaut. Außerdem verschlechtert sich die Abbaubarkeit beider Substanzen, sobald mit Schwermetallen Komplexe gebildet wurden (UBA-89-038).

Derzeit existieren keine nationalen gesetzlichen Bestimmungen für die Begrenzung der Emissionen und Immissionen von NTA und EDTA in Bezug auf Fließgewässer oder kommunale Abwässer. Es besteht jedoch ein freiwilliger Verzicht der chemischen Industrie in Österreich, EDTA und NTA sowie deren Salze in Haushaltsprodukten einzusetzen.

4.7 Nitromoschus-Verbindungen



Moschusverbindungen sind verbreitete Duftstoffe, die u.a. Waschmitteln zugesetzt werden. Sie sind nach dem ostasiatischen Moschustier benannt, aus dessen Brunftdrüse schon seit tausenden Jahren ein Duftstoff gewonnen wird. Die dem natürlichen Moschus ähnlich riechenden synthetischen Nitromoschusverbindungen sind aromatischer Natur und verschieden substituiert (siehe Tabelle 12). Sie werden zur Duftverbesserung von Wasch- und Reinigungsmitteln verwendet, denen sie bis zu 1 % zugesetzt werden. Ihre Weltjahresproduktion beträgt rund 1000 t (MACKWITZ, 1997).

Tabelle 12: Trivialnamen und IUPAC Bezeichnungen der analysierten Moschusverbindungen

Trivialname	IUPAC Bezeichnung
Moschus-Xylol	5-tert.-Butyl-2,4,6-trinitro-m-xylol
Moschus-Ambrette	4-tert. Butyl-3-methoxy-2,6-dinitrotoluol
Moschus-Mosken	1,1,3,3,5-Pentamethyl-4,6-dinitroindan
Moschus-Tibeten	1-tert. Butyl-3,4,5-trimethyl-2,6-dinitrobenzol
Moschus-Keton	4'-tert.-Butyl-2',6'-dimethyl-3',5'-dinitroacetophenon

Seit Anfang der Achtzigerjahre ist bekannt, daß diese Substanzen, ähnlich wie die polychlorierten Kohlenwasserstoffe, bioakkumulierende und persistente Eigenschaften aufweisen. Aufgrund dieser Eigenschaften müssen synthetische Moschusverbindungen zu den POPs (persistent organic pollutants) gezählt werden.

Durch das kommunale Abwassersystem gelangen sie in die Kläranlagen und in die Oberflächengewässer und reichern sich in der Nahrungskette an. Über ihr Verhalten in Kläranlagen ist noch wenig bekannt, jedoch berichtet STAN et al. (1999), daß diese Verbindungen in Oberflächenwässern nachweisbar sind.

Derzeit existieren keine nationalen gesetzlichen Bestimmungen für die Begrenzung der Emissionen und Immissionen von Moschusverbindungen in Bezug auf Fließgewässer oder Abwässer. Auch die Klärschlammgehalte unterliegen keinen gesetzlichen Regelungen.

4.8 Organozinnverbindungen



R...Butyl-, Heptyl-, Phenyl-

X...Anion, meist Halogenid

Sie sind organische Derivate des tetravalenten Zinns. Prominentester Vertreter ist das Tributylzinn; es zeichnet sich durch seine hohe Persistenz (SELIGMAN, 1986) und durch seine hohe Umwelttoxizität aus und wird zu den giftigsten Umweltchemikalien gezählt, die jemals hergestellt wurden (OEHLMANN et al., 1995). Verwendung finden diese Verbindungen als effektive Biozide in Antifouling-Anstrichen, im Holz- und Materialschutz sowie in Dämmstoffen, Dichtungsmassen, Klebstoffen und Vergußmassen. Durch diese können sie durch Auslaugung über kommunale Abwässer in die Umwelt gelangen.

In Tabelle 13 sind Untersuchungsergebnisse des Umweltbundesamtes von Organozinnverbindungen in Kläranlagenzu- und -abläufen zusammengefaßt:

Tabelle 13: Organozinnverbindungen in Kläranlagenzu- und -abläufen (Quelle: UBA-BE-151)

Zulauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
Monobutyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	1,0	29	11	17,5
Dibutyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	23	31	11	18,1
Tributyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	10	20	14	13,7
Heptyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	13	n.n.	-	-
Diheptyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	n.n.	-	-
Diphenyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	n.n.	-	-
Triphenyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	n.n.	-	-
Ablauf	Dim.	Min.	Max.	MW	Median
Monobutyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	19	5	8
Dibutyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	23	-	7,3
Tributyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	14	5	6,5
Heptyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	13	-	13
Diheptyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	n.n.	-	-
Diphenyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	n.n.	-	-
Triphenyl-Sn-Kation (n=17)	ng/l	n.n.	<10	-	5

In Österreich sind Antifoulings, die zinnorganische Verbindungen enthalten, durch die Verordnung über das *Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Unterwasser-Anstrichmitteln* (BGBl. Nr. 577/1990), verboten.

5 PROBENAHE UND PROBEAUFBEREITUNG / ABWASSER

5.1 Reinigung der Probeflaschen

Generell wurden die Probegebinde in der Spülmaschine gereinigt und getrocknet. Bei einzelnen Parametergruppen war jedoch eine zusätzliche Reinigung notwendig. Die in Tabelle 14 erwähnten Reinigungsschritte sind nachfolgend näher beschrieben:

<i>speziell gereinigt:</i>	Zur Vermeidung von Blindwerten wurden die Glas-Probeflaschen nach der Reinigung in der Spülmaschine mit Aceton ausgeschwemmt, 12 Stunden im Trockenschrank bei 250° C ausgeheizt und danach nochmals mit Isooctan ausgespült.
<i>TTE gespült:</i>	Die Gebinde wurden zusätzlich mit Trichlortrifluorethan ausgewaschen.
<i>Leitungswasser:</i>	Die Gebinde wurden vor der Probenabfüllung mit Leitungswasser ausgespült.
<i>HNO₃:</i>	Vor der Abfüllung wurden die Gebinde mit Salpetersäure ausgeschwemmt, mit Leitungswasser gewaschen und mit der Probe vorgespült.

Die Gebinde, die zum Transport der Proben von der Pilotkläranlage zum UBA verwendet wurden, wurden vor Beginn des Projektes in der Spülmaschine gereinigt und danach mit Aceton ausgewaschen; zwischen den einzelnen Probenahmen wurden die Gebinde mit heißem Wasser gründlich gereinigt und mit Aceton gespült.

Tabelle 14: Gebindeart, Menge, Vorreinigung der Gebinde, eventuelle Stabilisierung und Filtration der Proben

Parameter	Gebindeart/-größe	Stabilisierung	filtriert	un- filtriert
Adsorbierbare Organische Halogene (AOX)	1 x 0,5l Glas	1ml Na-Sulfit auf 0,5l; mit HNO ₃ auf pH 2		X
Summe der anionischen und nicht-ionischen Tenside	1l Glas	10ml 37 % Formaldehyd pro 1l Probe		X
Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS)	1l Kunststoff	10ml 37 % Formaldehyd pro 1l Probe	X	
Screening-Untersuchungen	2 x 1l Aluminium; speziell gereinigt	Natriumazid	X	
Nonyl- u. Octylphenol, Bisphenol A und F	1l Glas; speziell gereinigt	Natriumazid	X	X
Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) und Nitritriessigsäure (NTA)	0,5l Glas	Natriumazid	X	
Phthalate	1l Glas	Natriumazid	X	
Summe der lipophilen Stoffe	1l Glas; TTE gespült	mit Schwefelsäure auf pH<2		X
Nonylphenolmono- u. diethoxylat (NP1EO und NP2EO)	1l Glas; speziell gereinigt	Natriumazid	X	
Organozinnverbindungen	0,5l Glas	Natriumazid	X	
Moschus-Verbindungen	1l Glas	Natriumazid	X	
Allgemeine Parameter	1l Glas	unstabiliert		X
Toxizität, Oberflächenspannung	2 x 1l Glas; Leitungswasser	unstabiliert		X
Summe der Kohlenwasserstoffe (CH)	1l Glas; TTE gespült	mit Schwefelsäure auf pH<2		X
Schwermetalle	1l Glas; HNO ₃	unstabiliert	X	X
Rückstellprobe	0,5l Kunststoff	unstabiliert		X

5.2 Probenahme und Probenvorbereitung

Probenahme

Im Mai/Juni 1999 wurden an vier Tagen 24-stündige, mengenproportionale Probenahmen durchgeführt. Die Beprobung der Pilotkläranlage erfolgte durch automatische Probesammler der HKA Wien beim Zulauf, Ablauf und vor der Nitrifikation („Mitte“). In Abhängigkeit von den Zuflußmengen wurden zwischen 17 und 19 Liter Probengesamtvolumen für Zu- bzw. Ablauf und 4 Liter für die Kläranlagenmitte erhalten. Die Einzelfraktionen wurden in einem Behälter zu einer Mischprobe vereinigt. Das vom Labor der HKA benötigte Probenvolumen wurde vor Ort entnommen. Die restliche Mischprobe wurde dann zum Transport in das Umweltbundesamt in Glasflaschen abgefüllt und gekühlt transportiert.

Tabelle 15: Probenahmezeiträume und Probencodierung

Probe	Zeitraum	Probenahmedatum
Tagesmischprobe 1 (Probe 1)	Dienstag, 7:00 bis Mittwoch, 7:00	25.5.-26.5.1999
Tagesmischprobe 2 (Probe 2)	Donnerstag, 7:00 bis Freitag, 7:00	27.5.-28.5.1999
Tagesmischprobe 3 (Probe 3)	Sonntag, 7:00 bis Montag, 7:00	30.5.-31.5.1999
Tagesmischprobe 4 (Probe 4)	Montag, 7:00 bis Dienstag, 7:00	31.5.-1.6.1999

Die 4 Probenahmen sollten trotz ev. unterschiedlich starker Belastung der Pilotkläranlage ein repräsentatives Ergebnis ermöglichen.

Probenvorbereitung

Die organischen Analyte wurden in filtrierten und/oder unfiltrierten Proben bestimmt. Diese Parameter können sich in Schwebstoffen, im Klärschlamm und im Sediment anreichern (siehe UBA-BE-151). Sollten Werte mit der Abwasseremissionsverordnung (AEV, BGBl. 210/1996) verglichen werden, wurde gemäß dieser Verordnung mit unfiltrierten Proben gearbeitet (Elemente).

Die gekühlten Proben wurden am UBA in einem Glasbehälter homogenisiert und die Anteile der unfiltriert zu bestimmenden Parameter, sowie eine Rückstellprobe, entnommen. Der Rest der Probe wurde über ein 8 µm Glasfaserfilter druckfiltriert und auf die einzelnen Parameter aufgeteilt. Je nach Parameter wurden unterschiedliche Gebinde (Glas/Kunststoff) verwendet und die Proben nach Notwendigkeit stabilisiert. Soweit die Proben nicht sofort an die entsprechenden Labors weitergeleitet wurden, wurden sie bei 4° C aufbewahrt oder bei –70° C tiefgefroren.

6 KURZBESCHREIBUNG DER METHODEN / ABWASSER

Die Nachweisgrenzen (NG) und Bestimmungsgrenzen (BG) der einzelnen Analyte sind in der nachstehenden Tabelle 16 angeführt. Bei jenen anorganischen Parametern, die zwei Angaben der BG enthalten, handelt es sich um Angaben für unaufgeschlossene (filtrierte) und aufgeschlossene (unfiltrierte) Proben. Letztere haben durch den chemischen Aufschluß eine höhere BG.

Jene Parameter, die die Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen aus Abwasserreinigungsanlagen für Siedlungsgebiete (AEV) vorschreibt, wurden durch Analysemethoden gemäß dieser Verordnung erhoben. Das heißt, daß entweder die in der Verordnung festgesetzten Normen angewendet oder entsprechend gleichwertige Verfahren herangezogen wurden. Die Kurzbeschreibung dieser Methoden entfällt daher.

Für alle anderen Analysen, die über den Umfang der AEV hinausgingen, werden die Methoden im Folgenden kurz beschrieben.

Tabelle 16: Nachweisgrenze (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) der einzelnen Analyte

Parameter	Dim.	NG	BG
STICKSTOFFPARAMETER			
Nitrat – N	mg/l	-	0,1
Nitrit – N	mg/l	-	0,1
Ammonium - N	mg/l	-	0,1
Gesamtstickstoff	mg/l	-	0,5
PHOSPHOR-PARAMETER			
ges. Phosphor	mg/l	-	0,1
o-Phosphat	mg/l	-	0,1
ANIONEN			
Sulfat	mg/l	-	15
Chlorid	mg/l	-	5
Fluorid	mg/l	-	0,1
KATIONEN			
filt./ unfilt.			
Natrium	mg/l	-	0,008/1
Calcium	mg/l	-	0,03/7,5
Kalium	mg/l	-	0,03/2
Magnesium	mg/l	-	0,4/0,5

Parameter	Dim.	NG	BG
ELEMENTE			
filt./unfilt.			
Aluminium	mg/l	-	0,0006/0,5
Arsen	mg/l	-	0,0003/0,1
Barium	mg/l	-	0,0002/0,08
Blei	mg/l	-	0,00007/0,02
Bor	mg/l	-	0,004/0,5
Cadmium	mg/l	-	0,00005/0,02
Chrom	mg/l	-	0,002/0,9
Cobalt	mg/l	-	0,0003/0,007
Eisen	mg/l	-	0,005/0,7
Kupfer	mg/l	-	0,001/0,07
Nickel	mg/l	-	0,0002/0,04
Molybdän	mg/l	-	0,0002/0,001
Quecksilber	mg/l	-	0,0002/0,01
Platin	mg/l	-	0,00005/0,008
Silber	mg/l	-	0,00005/0,3
Vanadium	mg/l	-	0,0002/0,5
Zink	mg/l	-	0,006/0,2
Zinn	mg/l	-	0,0004/0,01

Fortsetzung Tabelle 16: Nachweisgrenze (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) der einzelnen Analyte

Parameter	Dim.	NG	BG
ORGANISCHE SUMMENPARAMETER			
Summe der Kohlenwasserstoffe	mg/l	0,025	0,05
Summe der lipophilen Stoffe	mg/l	-	5
AOX	mg/l Cl	-	0,01
BiAS	mg/l	-	0,1
MBAS	mg/l	-	0,1
Summe der anionischen und nicht-ionischen Tenside	mg/l	-	0,2
INHALTSSTOFFE VON WASCH- UND REINIGUNGSMITTELN BZW. DEREN METABOLITEN			
LAS	µg/l	0,002	0,006
Nonylphenol	µg/l	0,016	0,052
Octylphenol	µg/l	0,012	0,036
Nonylphenolmonoethoxylat	µg/l	0,003	0,010
Nonylphenoldiethoxylat	µg/l	0,003	0,010
EDTA	µg/l	1,2	2,3
NTA	µg/l	1,1	2,5
Moschus-Verbindungen	µg/l	0,005	0,01
Parameter			
Dim.			
NG			
BG			
WICHTIGE INDUSTRIECHEMIKALIEN			
Dimethylphthalat	µg/l	0,035	0,069
Diethylphthalat	µg/l	0,032	0,063
Dibutylphthalat	µg/l	0,035	0,071
Butylbenzylphthalat	µg/l	0,034	0,068
Di(ethylhexyl)phthalat	µg/l	0,063	0,126
Diocetylphthalat	µg/l	0,066	0,131
Bisphenol A und Bisphenol F	µg/l	0,008	0,032
Monobutyl-Sn-Kation	ng/l	4	8
Di- und Tributyl-Sn-Kation	ng/l	3	6
Heptyl-Sn-Kation	ng/l	5	10
Diheptyl-Sn-Kation	ng/l	3	6
Di und Triphenyl-Sn-Kation	ng/l	3	5
SCREENINGUNTERSUCHUNGEN			
Screening auf flüchtige organische Verbindungen	µg/l	-	2
EPA-Screening auf halbflüchtige Verbindungen	µg/l	-	0,1

6.1 Analytik der LAS

- Anreicherung der Probe durch eine Festphasenextraktion
- Elution mit Methanol
- Eindampfen zur Trockene am Rotationsverdampfer
- Aufnahme des Rückstandes in Methanol
- flüssigchromatographische Trennung und Analyse mit UV-Detektion

6.2 Analytik von Nonyl- und Octylphenol, Bisphenol A und Bisphenol F

- Derivatisierung der Probe mit Acetanhydrid
- Anreicherung durch eine Festphasenextraktion
- Einengung und Lösungsmitteltausch durch Isooctan
- Kapillargaschromatographie mit massenselektiver Detektion nach der internen Standardmethode

6.3 Analytik von Nonylphenolmono- und -diethoxylat (NP1EO, NP2EO)

- flüssig/flüssig Extraktion mit Dichlormethan
- Einengung eines Aliquots am Stickstoffkonzentrator
- Lösungsmitteltausch mit n-Hexan
- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie mit Fluoreszenzdetektion

6.4 Analytik der Phthalate

- Extraktion mit n-Hexan/Ethylacetat
- Extraktreinigung über Aluminiumoxid
- Bestimmung mittels Gaschromatographie und Flammenionisationsdetektor nach der internen Standardmethode
- Qualitative Absicherung mittels Gaschromatographie und massenselektiver Detektion in Niederauflösung

6.5 Analytik der Nitrososchus-Verbindungen

- Extraktion der Probe mit Dichlormethan
- Einengung am Rotavapor
- Säulenreinigung über deakt. Florisil
- Lösungsmitteltausch mit n-Hexan
- Kapillargaschromatographie und massenselektive Detektion

6.6 Analytik der Organozinnverbindungen

- Derivatisierung mit Natriumtetraethylborat
- Extraktion mit Isooctan
- Kapillargaschromatographie und massenselektive Detektion

6.7 Analytik von EDTA und NTA

- Ansäuern mit Salzsäure
- Eindampfen zur Trockene
- Aufnahme in Salzsäure und erneutes Eindampfen
- Veresterung mit n-Butanolacetylchlorid
- Kapillargaschromatographie und massenselektive Detektion

6.8 EPA Screening auf halbflüchtige Verbindungen

- Flüssigextraktion der Wasserprobe im basischen und sauren Milieu
- Einengung des Lösungsmittels
- gelpermeationschromatographische Reinigung
- Kapillargaschromatographie und massenselektive Detektion
- Identifizierung der Substanzen anhand ihrer Retentionszeiten und computerunterstützter Vergleich der Massenspektren mit kommerziell erhältlichen Spektrenbibliotheken

6.9 Screening auf flüchtige organische Verbindungen

- Analyse der Probe mittels Headspace Kapillargaschromatographie und massenselektiver Detektion

6.10 Oberflächenspannung

- Bestimmung mit Interfacial-Tensiometer nach Lecomte du Noüy (Abreißbügelmethode)

6.11 Zusätzliche Probenvorbereitung bei Toxizitätsuntersuchungen

- Filtration aller Proben durch 0,45 µm Celluloseacetatfilter

6.12 Leuchtbakterientest nach ÖNORM EN ISO 11348-3

- Messung der Leuchtintensitätsabnahme von *Vibrio fischeri* nach 30 Minuten Kontaktzeit unter Berücksichtigung eines Kontrollansatzes
- Verdünnungsstufe G (Verdünnungsfaktor) entspricht dem Kehrwert des Volumenanteils Abwasser im Testansatz, bei dem eine Hemmung der Leuchtintensität <20 % festgestellt wurde

6.13 Daphnientest nach DIN 38412 Teil 30

- Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser innerhalb 24h gegenüber *Daphnia magna* STRAUS
- Verdünnungsstufe G entspricht dem Kehrwert des Volumenanteils Abwasser im Testansatz, bei dem 9 von 10 Daphnien ihre Schwimmfähigkeit behalten (90 %)

6.14 Algentest nach DIN 38412 Teil 33

- Bestimmung der in-vivo Chlorophyllfluoreszenz nach 72h der Grünalge *Scenedesmus subspicatus* gegen unbehandelten Kontrollansatz als Maß für das Algenwachstum
- Verdünnungsstufe G entspricht dem Kehrwert des Volumenanteils Abwasser im Testansatz, bei dem eine Hemmwirkung der Biomasseproduktion <20 % gemessen wird

7 DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER UNTERSUCHUNGS- ERGEBNISSE / ABWASSER

7.1 Vergleich der Ablaufergebnisse mit der Abwasseremissionsverordnung (AEV)

In den folgenden Kapiteln werden die Meßergebnisse dargestellt und Kenngrößen der Pilotkläranlage errechnet. Alle Meßergebnisse wurden in diesem Bericht folgendermaßen gerundet:

Werte <1 wurden auf 3 Kommastellen angegeben, wie 0,358
Werte >1 und <10 wurden auf 2 Kommastellen angegeben, wie 8,46
Werte >10 und <100 wurden auf 1 Kommastelle angegeben, wie 10,5
Werte >100 und <1000 wurden als ganze Zahlen angegeben, wie 436

Zum Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit der AEV und zur Darstellung der Kenngrößen in dieser Studie wurden, wie in der Fachliteratur üblich, der *Median* bzw. der *Median* und der *Mittelwert* sowie die *Minima* und *Maxima* der Meßwerte angegeben. Bei dieser Berechnung wurden alle ermittelten Werte berücksichtigt (ohne Ausreißertest). In den Berechnungen wurden nur jene Meßreihen einbezogen, von denen mindestens zwei von vier Meßwerten oberhalb der *Bestimmungsgrenze* liegen. Für Werte, die zwischen der *Bestimmungs-* und *Nachweisgrenze* lagen, und daher nicht quantifizierbar waren, wurde die *Nachweisgrenze* eingesetzt. Substanzen, die nicht nachweisbar waren (n.n.), wurden bei der Berechnung gleich null gesetzt.

In der folgenden Tabellen stellen fett gedruckte Werte Grenzwertüberschreitungen der Abwasseremissionsverordnung (AEV, BGBl. 210/1996) dar. Der Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit den in der AEV geregelten Grenzwerten soll zeigen, ob die Pilotkläranlage die gesetzlichen Vorgaben einhält.

Tabelle 17: Chemische und physikalische Parameter im Vergleich mit der AEV

Ablauf	Dim.	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median Ablauf	AEV
pH Wert	[-]	7,6	8,2	7,8	7,5	7,7	6,5 – 8,5
abfiltrierbare Stoffe	[mg/l]	2,6	9,3	21,4	12	11,3	30
absetzbare Stoffe	[ml/l]	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	-	0,3

Tabelle 18: Stickstoffparameter im Vergleich mit der AEV

Ablauf	Dim.	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median Ablauf	AEV
Nitrat, berechnet als N	[mg/l]	8,6	6,0	6,5	6,2	6,3	*)
Nitrit, berechnet als N	[mg/l]	0,5	0,5	0,6	0,8	0,6	1,0
Ammonium, ber. als N	[mg/l]	0,1	2,7	2,4	1,1	1,8	5

Tabelle 19: Anionen im Vergleich mit der AEV

Ablauf	Dim.	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median Ablauf	AEV
Gesamtposphor, ber. als P	[mg/l]	0,4	0,7	0,6	0,6	0,6	1
Sulfat, ber. als SO ₄ ²⁻	[mg/l]	93,1	101	105	89,1	97,1	*)
Chlorid	[mg/l]	97,2	108	90,8	94,0	95,6	**)
Fluorid	[mg/l]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	10

*) diese Parameter sind lt. AAEV im Bedarfsfalle festzulegen

***) der Wert wird lt. AAEV durch G_A, G_D und G_F begrenzt

Tabelle 20: Elemente (unfiltriert) im Vergleich mit der AEV

Ablauf	Dim.	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median Ablauf	AEV
Aluminium	[mg/l]	4,2	0,5	0,5	<0,5	0,5	2,0
Arsen	[mg/l]	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,1
Barium	[mg/l]	<0,08	0,13	0,12	0,08	<0,08	5,0
Blei	[mg/l]	0,10	0,16	<0,02	<0,02	0,06	0,5
Cadmium	[mg/l]	0,07	0,17	<0,02	<0,02	0,04	0,1
Chrom	[mg/l]	4,6	5,1	5,6	<0,9	4,8	0,5
Cobalt	[mg/l]	0,007	0,013	<0,007	<0,007	<0,007	1,0
Eisen	[mg/l]	<0,7	2,6	<0,7	1,1	1,1	2,0
Kupfer	[mg/l]	0,16	0,19	0,10	<0,07	0,13	0,5
Nickel	[mg/l]	0,31	0,62	<0,04	<0,04	0,17	0,5
Quecksilber	[mg/l]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	0,01
Silber	[mg/l]	<0,3	0,6	0,7	<0,3	0,4	0,1
Zink	[mg/l]	3,5	5,0	0,2	1,4	2,5	2,0
Zinn	[mg/l]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	2,0

Tabelle 21: organische Summenparameter im Vergleich mit der AEV

Ablauf	Dim.	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median Ablauf	AEV
CSB	[mg/l]	25	31	31	26	29	75
BSB ₅	[mg/l]	10	12	12	11	12	15
TOC	[mg/l]	8	10	10	9	10	25
Summe der Kohlenwasserstoffe	[mg/l]	0,2	0,41	0,12	0,18	0,19	10
Summe der lipophilen Stoffe	[mg/l]	11	<5	10	8	8	20
AOX, ber. als Cl	[mg/l]	0,028	0,032	0,024	0,027	0,028	0,5
Summe der anionischen und nicht-ionischen Tenside	[mg/l]	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	1,0

Tabelle 22: Toxizitätsdaten im Vergleich mit der AEV

Ablauf	Dim.	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median Ablauf	AEV
Leuchtbakterientest G _L	[-]	1	1	1	1	1	*)
Daphnientest G _D	[-]	1	1	1	1	1	*)
Algentest G _A	[-]	1	1	1	1	1	*)

*) diese Parameter sind lt. AAEV im Bedarfsfalle festzulegen

7.2 Diskussion der Untersuchungsergebnisse im Vergleich mit der AEV

Die AEV schreibt in ihrer Anlage A Emissionsbegrenzungen und Mindestwirkungsgrade in Abhängigkeit ihrer Größe vor. Für die Größenklasse IV (größer als 50.000 EGW₆₀) sind die Parameter CSB und TOC um 85 %, BSB₅ um 95 % und Gesamtstickstoff um 70 % ihrer Zulauffracht zu vermindern. Die Wirkungsgrade werden bis auf den BSB₅ bei Probe 2 (94 %) und Probe 3 (92 %) eingehalten (siehe Anhang D, Analysedaten).

Die maximal zulässigen Ablaufkonzentrationen der Parameter BSB₅, CSB, TOC, NH₄-N und Gesamt-P werden bei allen Proben unterschritten (siehe Tabelle 18, 19 und 21).

Bis auf die Gehalte weniger Elemente (nämlich Chrom, Silber und Zink) werden die in der AEV vorgegebenen Grenzwerte im Ablauf der Pilotkläranlage eingehalten.

- Chrom gehört wie die Schwermetalle Kupfer, Mangan, Kobalt und Zink zu den lebensnotwendigen Spurenstoffen. Es werden jedoch im Durchschnitt größere Mengen als der Bedarf über die Nahrungsmittel, das Trinkwasser und die Luft aufgenommen und mit Harn und Fäzes wieder ausgeschieden. Chrom stammt auch aus den Wässern, die zur Reinigung verchromter Gegenstände, zum Waschen von Kleidern, zum Putzen von Schuhen und Leder verwendet werden.
- Silber stammt u.a. von den Photolabors (Amateurphotograph, Arztpraxen, Entwicklungsanstalten...).
- Mit der Nahrung nimmt der erwachsene Mensch im Durchschnitt 12 mg Zink täglich auf und scheidet sie entsprechend pro Tag im Mittel wieder aus. Reinigungsabwässer und Leitungswasser sowie Regenwasser aus verzinkten Rohren stellen ebenfalls Quellen dar.

Interessant ist der Vergleich der Elementuntersuchungen in den filtrierten bzw. unfiltrierten Proben. Da sich diese Stoffe an Klärschlamm, Sedimentationsmaterial und Schwebstoff anreichern, sind die Gehalte der unfiltrierten Proben bei einzelnen Elementen um bis zu 4 Zehnerpotenzen höher als in den filtrierten Proben. Weiters schwanken im Ablauf der Pilotkläranlage die Gehalte einzelner Elemente zum Teil erheblich. Dies könnte auf unterschiedliche Mengen an absetzbaren Stoffen in den Proben zurückzuführen sein (siehe Anhang bzw. Kapitel 8). Der Rückhalt der Schwebstoffe am Ablauf wird allerdings in der HKA 2 weitaus effizienter sein.

Die Konzentrationen bewegen sich bei den abfiltrierbaren Stoffen zwischen 2,6 mg/l und 21,4 mg/l, bei der Trübung zwischen 2 und 12 FNU, bei Ammonium-Stickstoff zwischen 0,1 und 2,7 mg/l.

Auffällig sind weiters die geringen Gehalte an Kohlenwasserstoffen (Median 0,19 mg/l, Grenzwert 10 mg/l) im Ablauf der Pilotkläranlage. Kohlenwasserstoffe stammen nicht nur aus den Kraftstoff- und Mineralölresten, die von Straßen, Tankstellen und Autowäschen in die Kanalisation gelangen, sondern zum Teil auch aus dem menschlichen Haushalt. Unverdaute Nahrungsmittelreste sowie die Lipide der Fäzes sind als Quellen für den Eintrag der Kohlenwasserstoffe aus den natürlichen Ausscheidungsprodukten des Menschen anzusehen.

Auch die AOX-Gehalte und Tensidwerte sind im Vergleich zu den Grenzwerten der AEV unauffällig.

8 MINIMA, MAXIMA, MITTELWERTE UND MEDIAN ALLER ANALYSierter PARAMETER / ABWASSER

In den folgenden Tabellen werden die Untersuchungsergebnisse und Kenngrößen des Zu- und Ablaufs, sowie bei einzelnen Parametern auch die der Mitte, dargestellt.

Die Darstellung der Kenngrößen erfolgt wie in Kapitel 7.1 beschrieben.

Die Bestimmungsgrenze (BG) und die Nachweisgrenze (NG) der einzelnen Parameter sind in Kapitel 6, Tabelle 16 ersichtlich.

8.1 Chemische und physikalische Parameter

Tabelle 23: Kenngrößen der Gruppe „Chemische und physikalische Parameter“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
pH Wert (n=4)	-	Zulauf	4	7,7	8,0	7,8	7,8
pH Wert (n=4)	-	Ablauf	4	7,5	8,2	7,8	7,7
elektr. Leitfähigkeit (n=4)	µS/cm	Zulauf	4	932	1.048	981	972
elektr. Leitfähigkeit (n=4)	µS/cm	Ablauf	4	800	871	836	836
Sauerstoff (n=4)	mg/l	Zulauf	4	3,5	3,9	3,7	3,8
Sauerstoff (n=4)	mg/l	Ablauf	4	10,3	11,0	10,8	10,9
Oberflächenspannung (n=4)	mN/m	Zulauf	4	42,5	46,2	44,6	44,8
Oberflächenspannung (n=4)	mN/m	Ablauf	4	44,8	66,8	56,1	56,4
abfiltrierbare Stoffe (n=4)	mg/l	Zulauf	4	107	167	142	147
abfiltrierbare Stoffe (n=4)	mg/l	Ablauf	4	2,6	21,4	11,3	10,7
absetzbare Stoffe (n=4)	ml/l	Zulauf	4	0,2	0,3	0,3	0,3
absetzbare Stoffe (n=4)	ml/l	Ablauf	0	-	-	-	-
Färbung (n=4)	-	Zulauf	4	-	-	-	-
Färbung (n=4)	-	Ablauf	4	-	-	-	-
Trübung (n=4)	FNU	Zulauf	4	90	175	140	148
Trübung (n=4)	FNU	Ablauf	4	2	12	7,8	8,5

8.2 Stickstoffparameter

Tabelle 24: Kenngrößen der Gruppe „Stickstoffparameter“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Nitrat – N (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,1	0,4	0,3	0,3
Nitrat – N (n=4)	mg/l	Mitte	4	1,4	2,6	2,1	2,1
Nitrat – N (n=4)	mg/l	Ablauf	4	6,0	8,6	6,8	6,4
Nitrit – N (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,2	0,4	0,3	0,3
Nitrit – N (n=4)	mg/l	Mitte	4	0,3	0,6	0,4	0,4
Nitrit – N (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,5	0,8	0,6	0,6
Ammonium – N (n=4)	mg/l	Zulauf	4	25,7	33,5	29,2	28,7
Ammonium – N (n=4)	mg/l	Mitte	4	9,0	20,0	14,3	14,2
Ammonium – N (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,1	2,7	1,6	1,8
Gesamtstickstoff (n=4)	mg/l	Zulauf	4	53,8	62,1	57,7	57,5
Gesamtstickstoff (n=4)	mg/l	Mitte	4	26,7	33,7	31,1	31,9
Gesamtstickstoff (n=4)	mg/l	Ablauf	4	11,0	15,7	13,5	13,7

8.3 Anionen

Tabelle 25: Kenngrößen der Gruppe „Anionen“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
o- Phosphat (n=4)	mg/l	Zulauf	4	1,9	3,3	2,4	2,2
o-Phosphat (n=4)	mg/l	Mitte	4	0,4	0,9	0,6	0,6
o-Phosphat (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,2	0,4	0,3	0,3
Gesamtposphor (n=4)	mg/l	Zulauf	4	5,6	8,6	6,7	6,4
Gesamtposphor (n=4)	mg/l	Mitte	4	2,2	3,5	2,9	2,9
Gesamtposphor (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,4	0,7	0,6	0,6
Sulfat (n=4)	mg/l	Zulauf	4	58,1	108,9	88,6	93,7
Sulfat (n=4)	mg/l	Ablauf	4	89,1	104,7	97,0	97,1
Chlorid (n=4)	mg/l	Zulauf	4	64,9	90,8	78,7	79,6
Chlorid (n=4)	mg/l	Ablauf	4	90,8	107,7	97,4	95,6
Fluorid (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,2	0,2	0,2	0,2
Fluorid (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,2	0,2	0,2	0,2

8.4 Kationen

Tabelle 26: Kenngrößen der Gruppe „Kationen“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Natrium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	57,3	76,6	69,8	72,7
Natrium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	61,5	74,0	66,8	65,9
Calcium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	61,8	67,2	64,5	64,5
Calcium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	63,3	69,4	66,5	66,7
Kalium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	12,2	26,7	19,3	19,3
Kalium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	14,8	26,7	18,1	15,5
Magnesium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	17,4	19,2	18,1	17,9
Magnesium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	17,3	18,2	17,8	17,8

8.5 Elemente

Tabelle 27: Kenngrößen der Gruppe „Elemente (unfiltriert)“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Aluminium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	2,4	3,5	2,8	2,7
Aluminium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	<0,5	4,22	1,7	0,5
Arsen (n=4)	mg/l	Zulauf	0	<0,1	<0,1	-	-
Arsen (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,1	<0,1	-	-
Barium (n=4)	mg/l	Zulauf	3	<0,08	0,1	0,08	<0,08
Barium (n=4)	mg/l	Ablauf	2	<0,08	0,13	<0,08	<0,08
Blei (n=4)	mg/l	Zulauf	3	<0,02	0,06	0,03	0,04
Blei (n=4)	mg/l	Ablauf	3	<0,02	0,16	0,07	0,06
Bor (n=4)	mg/l	Zulauf	4	1,6	4,9	3,0	2,8
Bor (n=4)	mg/l	Ablauf	4	<0,5	2,2	1,3	1,4
Cadmium (n=4)	mg/l	Zulauf	2	<0,02	0,06	0,03	0,02
Cadmium (n=4)	mg/l	Ablauf	2	<0,02	0,17	0,07	0,04
Chrom (n=4)	mg/l	Zulauf	4	6,2	7,9	7,1	7,2
Chrom (n=4)	mg/l	Ablauf	4	<0,9	5,6	3,9	4,8
Cobalt (n=4)	mg/l	Zulauf	0	<0,007	<0,007	-	-
Cobalt (n=4)	mg/l	Ablauf	2	<0,007	0,013	0,007	<0,007

Fortsetzung Tabelle 27: Kenngrößen der Gruppe „Elemente (unfiltriert)“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Eisen (n=4)	mg/l	Zulauf	2	<0,7	3,4	1,1	<0,7
Eisen (n=4)	mg/l	Ablauf	2	<0,7	2,6	1,3	1,1
Kupfer (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,09	0,13	0,12	0,13
Kupfer (n=4)	mg/l	Ablauf	3	<0,07	0,19	0,12	0,13
Nickel (n=4)	mg/l	Zulauf	1	<0,04	0,17	-	-
Nickel (n=4)	mg/l	Ablauf	3	<0,04	0,62	0,24	0,17
Molybdän (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,004	0,006	0,005	0,004
Molybdän (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,003	0,006	0,005	0,005
Quecksilber (n=4)	mg/l	Zulauf	0	<0,01	<0,01	-	-
Quecksilber (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,01	<0,01	-	-
Platin (n=4)	mg/l	Zulauf	0	<0,008	<0,008	-	-
Platin (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,008	<0,008	-	-
Silber (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,4	1,5	0,9	0,8
Silber (n=4)	mg/l	Ablauf	3	<0,3	0,7	0,4	0,4
Vanadium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	1,7	2,0	1,9	1,9
Vanadium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	<0,5	1,5	1,1	1,3
Zink (n=4)	mg/l	Zulauf	2	<0,2	3,7	1,0	0,2
Zink (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,2	5,0	2,5	2,5
Zinn (n=4)	mg/l	Zulauf	0	<0,01	<0,01	-	-
Zinn (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,01	<0,01	-	-

Tabelle 28: Kenngrößen der Gruppe „Elemente (filtriert)“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Aluminium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0108	0,0373	0,0259	0,0277
Aluminium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0018	0,0060	0,0039	0,0039
Arsen (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0011	0,0018	0,0013	0,0011
Arsen (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0004	0,0007	0,0006	0,0006
Barium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0715	0,0951	0,0838	0,0842
Barium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0096	0,0350	0,0263	0,0303
Blei (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,00193	0,00345	0,00261	0,00253
Blei (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,00033	0,00098	0,00060	0,00054
Bor (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,783	1,041	0,954	0,997
Bor (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,813	0,879	0,849	0,853
Cadmium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,00005	0,00013	0,00008	0,00008
Cadmium (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,00005	<0,00005	-	-
Chrom (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0036	0,0053	0,0046	0,0048
Chrom (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0032	0,0039	0,0036	0,0037
Cobalt (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0006	0,0013	0,0010	0,0010
Cobalt (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0006	0,0008	0,0007	0,0007
Eisen (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,258	0,437	0,32	0,292
Eisen (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,058	0,121	0,08	0,071

Tabelle 28: Kenngrößen der Gruppe „Elemente (filtriert)“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Kupfer (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0096	0,0145	0,0117	0,0114
Kupfer (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0021	0,0151	0,0060	0,0034
Nickel (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0046	0,0087	0,0063	0,006
Nickel (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0049	0,0075	0,006	0,0057
Molybdän (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0047	0,0062	0,0051	0,0047
Molybdän (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0040	0,0049	0,0046	0,0047
Quecksilber (n=4)	mg/l	Zulauf	0	<0,0002	<0,0002	-	-
Quecksilber (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,0002	<0,0002	-	-
Platin (n=4)	mg/l	Zulauf	0	<0,00005	<0,00005	-	-
Platin (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,00005	<0,00005	-	-
Silber (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,00014	0,00317	0,00170	0,00174
Silber (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,00005	<0,00005	-	-
Vanadium (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,00101	0,00131	0,00121	0,00126
Vanadium (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,00093	0,00112	0,00103	0,00103
Zink (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0583	0,0884	0,0477	0,0621
Zink (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0358	0,0473	0,0423	0,0430
Zinn (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,0004	0,0010	0,00078	0,00087
Zinn (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,0001	0,0004	0,00016	0,00008

8.6 Organische Summenparameter

Tabelle 29: Kenngrößen der Gruppe "organische Summenparameter"

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
CSB (n=4)	mg/l	Zulauf	4	292	441	392	417
CSB (n=4)	mg/l	Mitte	4	123	172	156	164
CSB (n=4)	mg/l	Ablauf	4	25	31	28	29
BSB ₅ (n=4)	mg/l	Zulauf	4	150	231	205	219
BSB ₅ (n=4)	mg/l	Mitte	4	42	58	53	56
BSB ₅ (n=4)	mg/l	Ablauf	4	10	12	11	12
TOC (n=4)	mg/l	Zulauf	4	81	128	113	122
TOC (n=4)	mg/l	Mitte	4	32	45	41	43
TOC (n=4)	mg/l	Ablauf	4	8	10	9	10
Summe KW (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,38	0,51	0,42	0,39
Summe KW (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,12	0,41	0,23	0,19
Summe d. lipophilen Stoffe (n=4)	mg/l	Zulauf	4	32	38	35	35
Summe d. lipophilen Stoffe (n=4)	mg/l	Ablauf	3	<5	11	8	9
AOX (n=4)	mg/l	Zulauf	4	0,030	0,038	0,036	0,037
AOX (n=4)	mg/l	Ablauf	4	0,024	0,032	0,028	0,028
Summe anion. u. nichtion. Tenside (n=4)	mg/l	Zulauf	4	4,83	7,56	6,68	7,17
Summe anion. u. nichtion. Tenside (n=4)	mg/l	Ablauf	0	<0,20	<0,20	-	-

8.7 Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln

Tabelle 30: Kenngrößen der Gruppe „Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
LAS (n=4)	µg/l	Zulauf	4	4.781	7.478	6.261	6.392
LAS (n=4)	µg/l	Ablauf	4	185	318	261	271
Octylphenol (n=4)	µg/l	Zulauf	4	0,080	0,152	0,111	0,106
Octylphenol (n=4)	µg/l	Ablauf	4	0,053	0,147	0,096	0,091
Nonylphenol (n=4)	µg/l	Zulauf	4	0,295	0,665	0,400	0,321
Nonylphenol (n=4)	µg/l	Ablauf	4	0,109	0,224	0,164	0,161
Nonylphenolmonoethoxylat (n=4)	ng/l	Zulauf	4	1.647	2.709	2.096	2.013
Nonylphenolmonoethoxylat (n=4)	ng/l	Ablauf	4	292	513	363	323
Nonylphenoldiethoxylat (n=4)	ng/l	Zulauf	4	7.572	16.552	13.093	14.123
Nonylphenoldiethoxylat (n=4)	ng/l	Ablauf	4	571	730	639	628
EDTA (n=4)	µg/l	Zulauf	4	210	391	322	343
EDTA (n=4)	µg/l	Ablauf	4	82,1	223	136	119
NTA (n=4)	µg/l	Zulauf	4	245	469	410	460
NTA (n=4)	µg/l	Ablauf	4	8,60	12,0	9,85	9,40

Fortsetzung Tabelle 30: Kenngrößen der Gruppe "Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln"

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Moschus- Xylol (n=4)	µg/l	Zulauf	4	0,023	0,037	0,031	0,031
Moschus- Xylol (n=4)	µg/l	Ablauf	0	n.n.	<0,010	-	-
Moschus- Ambrette (n=4)	µg/l	Zulauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Moschus- Ambrette (n=4)	µg/l	Ablauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Moschus- Mosken (n=4)	µg/l	Zulauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Moschus- Mosken (n=4)	µg/l	Ablauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Moschus- Tibeten (n=4)	µg/l	Zulauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Moschus- Tibeten (n=4)	µg/l	Ablauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Moschus- Keton (n=4)	µg/l	Zulauf	4	0,049	0,069	0,056	0,053
Moschus- Keton (n=4)	µg/l	Ablauf	4	0,038	0,053	0,049	0,052

8.8 Wichtige Industriechemikalien

Tabelle 31: Kenngrößen der Gruppe „wichtige Industriechemikalien“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Dimethylphthalat (n=4)	µg/l	Zulauf	4	5,80	19,8	10,8	8,71
Dimethylphthalat (n=4)	µg/l	Ablauf	4	0,070	0,148	0,112	0,114
Diethylphthalat (n=4)	µg/l	Zulauf	4	7,52	9,91	8,88	9,04
Diethylphthalat (n=4)	µg/l	Ablauf	4	0,116	0,181	0,145	0,142
Dibutylphthalat (n=4)	µg/l	Zulauf	4	0,358	21,3	6,51	2,19
Dibutylphthalat (n=4)	µg/l	Ablauf	4	0,217	0,761	0,438	0,387
Butylbenzylphthalat (n=4)	µg/l	Zulauf	4	0,088	0,394	0,246	0,252
Butylbenzylphthalat (n=4)	µg/l	Ablauf	0	n.n.	<0,068	-	-
Di-(2-ethylhexyl)phthalat (n=4)	µg/l	Zulauf	4	3,30	11,80	6,00	4,45
Di-(2-ethylhexyl)phthalat (n=4)	µg/l	Ablauf	4	0,257	0,433	0,333	0,322
Dioctylphthalat (n=4)	µg/l	Zulauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Dioctylphthalat (n=4)	µg/l	Ablauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Bisphenol A (n=4)	µg/l	Zulauf	4	0,483	1,357	0,922	0,925
Bisphenol A (n=4)	µg/l	Ablauf	4	0,163	0,294	0,225	0,221
Bisphenol F (n=4)	µg/l	Zulauf	4	0,079	0,280	0,200	0,220
Bisphenol F (n=4)	µg/l	Ablauf	0	<0,032	<0,032	-	-

Fortsetzung Tabelle 31: Kenngrößen der Gruppe „wichtige Industriechemikalien“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Monobutyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Zulauf	2	<8	8	<8	<8
Monobutyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Ablauf	2	<8	23	10	<8
Dibutyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Zulauf	1	<6	7	<6	<6
Dibutyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Ablauf	1	n.n.	10	<6	<6
Tributyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Zulauf	0	<6	<6	-	-
Tributyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Ablauf	0	<6	<6	-	-
Heptyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Zulauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Heptyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Ablauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Diheptyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Zulauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Diheptyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Ablauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Diphenyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Zulauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Diphenyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Ablauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Triphenyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Zulauf	0	n.n.	n.n.	-	-
Triphenyl-Sn-Kation (n=4)	ng/l	Ablauf	0	n.n.	n.n.	-	-

8.9 Toxizitätsuntersuchungen

Tabelle 32: Kenngrößen der Gruppe „Toxizitätsuntersuchungen“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Leuchtbakterientest (n=4)	-	Zulauf	4	4	12	6	4
Leuchtbakterientest (n=4)	-	Mitte	4	1	1	1	1
Leuchtbakterientest (n=4)	-	Ablauf	4	1	1	1	1
Daphnientest (n=4)	-	Zulauf	4	1	1	1	1
Daphnientest (n=4)	-	Mitte	4	1	1	1	1
Daphnientest (n=4)	-	Ablauf	4	1	1	1	1
Algentest (n=4)	-	Zulauf	4	1	1	1	1
Algentest (n=4)	-	Mitte	4	1	1	1	1
Algentest (n=4)	-	Ablauf	4	1	1	1	1

8.10 Unfiltriert gemessene organische Parameter

Tabelle 33: Kenngrößen der Gruppe „unfiltriert gemessene organische Parameter“

Parameter	Dim.	Ort der Probenahme	Anzahl >BG	Min.	Max.	Mittelwert	Median
Octylphenol (n=3)	µg/l	Zulauf	3	0,276	0,575	0,430	0,440
Octylphenol (n=3)	µg/l	Ablauf	3	0,017	0,200	0,089	0,049
Nonylphenol (n=3)	µg/l	Zulauf	3	2,92	3,38	3,11	3,02
Nonylphenol (n=3)	µg/l	Ablauf	3	0,209	1,21	0,708	0,707
Bisphenol A (n=3)	µg/l	Zulauf	3	0,526	3,868	1,98	1,54
Bisphenol A (n=3)	µg/l	Ablauf	3	0,142	0,638	0,378	0,354
Bisphenol F (n=3)	µg/l	Zulauf	3	0,159	0,740	0,394	0,282
Bisphenol F (n=3)	µg/l	Ablauf	3	0,015	0,123	0,068	0,066

9 DISKUSSION AUSGEWÄHLTER ORGANISCHER SUBSTANZEN / ABWASSER

9.1 Anionische und nichtionische Tenside sowie deren Metaboliten (Lineare Alkylbenzolsulfonate, Octylphenol, Nonylphenol, Nonylphenolmonoe-thoxylat, Nonylphenoldiethoxylat)

Tenside:

Tenside sind gut wasserlöslich, zeigen aber auch eine hohe Affinität zu Fetten. Aufgrund dieser Eigenschaften finden sie hauptsächlich in Wasch- und Reinigungsmitteln, ferner als Netzmittel, Schaumbildner und Reinigungsverstärker, Antistatika, Emulgatoren und Demulgatoren Verwendung. Weiters werden sie u.a. als Zusatz zu Schneid- und Bohrölen, Bitumen und Schädlingsbekämpfungsmitteln gegeben. Sie werden in der Papier-, Leder-, Klebstoff-, Gummi- und Kunststoffindustrie verwendet und zur Lösungsvermittlung in der Kosmetik- und Arzneimittelindustrie eingesetzt.

Man unterscheidet anionische, kationische, nichtionische und amphotere Tenside. Diese Begriffe sind eine Grobeinteilung, denn sie geben nur Auskunft über die Ladung der Tensidmoleküle in der Wasserlauge.

Tenside sind die wichtigste Gruppe der Waschmittelinhaltstoffe. Sie sind in Haushalts-, Gewerbe- und Industriewaschmitteln enthalten und gelangen nach ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch direkt in das Abwasser.

Lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS):

LAS zählen neben Seife zu den mengenmäßig wichtigsten Tensiden und werden den anionischen Tensiden zugeordnet.

LAS weisen lipophile und hydrophile Eigenschaften auf, sind biologisch unter aeroben Bedingungen gut und rasch, unter aneroben Bedingungen nicht abbaubar.

Der Gesamt-Eliminierungsgrad für die LAS liegt bei einer biologischen dreistufigen Abwasserreinigungsanlage (Belebtschlammverfahren) in der Regel über 99 %. Der biologisch nicht abgebaute Rest im Kläranlagenablauf könnte unter Umständen auf schlechter abbaubare technische Verunreinigungen oder komplexierte LAS zurückzuführen sein (UBA-95-105).

Da LAS anaerob nicht abgebaut werden, reichern sich LAS im Faulturm an und stellen neben Nonylphenol (Hauptmetabolit der Alkylphenoethoxylate) die mengenmäßig wichtigsten, xenobiotischen organischen Substanzen im Klärschlamm dar.

Das Umweltbundesamt untersuchte bereits in früheren Untersuchungen Abwasser der HKA Wien. Der Schwerpunkt dieser früheren Untersuchungen war jedoch der Nachweis endokrin wirksamer Substanzen, daher waren LAS nicht in diesen Analysenprogrammen enthalten.

In dieser Studie beträgt die Abbaurate bei allen vier Probenahmen mindestens 95 % (Zulauf-Median: 6.392 µg/l, Ablauf-Median: 271 µg/l) Diese Daten stimmen mit früheren Untersuchungen des Umweltbundesamtes überein, in denen Stichproben von Zu- bzw. Abläufen kleinerer Kläranlagen auf LAS analysiert wurden (siehe auch Kapitel 4.1).

LAS zählen zu den anionischen Tensiden, deren Nachweis mittels des Summenparameters methylenblaubaktive Substanzen „**MBAS**“ erfolgen kann.

Dieser Summenparameter eignet sich als Screeningparameter, da er nicht nur die synthetischen, sondern auch oberflächenaktive Substanzen natürlichen Ursprungs erfasst. Organische Sulfate, Sulfonate, Carboxylate, Phenole sowie einfache anorganische Anionen wie Thiocyanat und Sulfid können methylenblauaktiv sein. Sind diese Substanzen in der Probe enthalten, täuschen sie anionische Tenside vor und führen zu Mehrbefunden des Summenparameters MBAS.

Obwohl negative Störungen als Folge einer Reaktion mit anderen kationischen Substanzen z.B. Eiweißstoffen und quaternären Ammoniumverbindungen auftreten, werden diese im Allgemeinen als wenig bedeutend erachtet. Bei Fließgewässeruntersuchungen sind die MBAS-Werte auch im Normalfall höher als die LAS-Werte. Bei Untersuchungen des Umweltbundesamtes von Kläranlagenabwässern lagen die LAS- und MBAS-Werte in der gleichen Größenordnung, die MBAS-Gehalte waren in der Regel jedoch etwas tiefer als die der LAS trotz einer speziellen Probenreinigung (Ausblasen nach Wickbold), um Störsubstanzen zu eliminieren (siehe auch Anhang D).

Nichtionische Tenside:

Nichtionische Tenside stellen neben den anionischen Tensiden die zweite wichtige Tensidgruppe dar und werden mit dem Summenparameter „bismutaktive Substanzen“ (**BiAS**) erfasst.

Im Zulauf der Kläranlagen bewegen sich die Konzentrationen dieses Summenparameters bei allen vier Tagesproben um 1.700 bis 2.100 µg/l. Im Ablauf kann der Summenparameter jedoch nicht mehr quantifiziert werden (siehe auch Anhang D).

Zu den nichtionischen Tensiden zählen auch die Alkylphenoethoxylate, welche u.a. zu den endokrin wirksamen Metaboliten **Nonylphenolmonoethoxylat (NP1EO)**, **Nonylphenoldiethoxylat (NP2EO)** und **Nonylphenol (NP)** abgebaut werden. **Octylphenol (OP)** ist oft eine Verunreinigung des technischen Nonylphenols, das zur Herstellung der wichtigen Nonylphenoethoxylate eingesetzt wird.

Das Umweltbundesamt befaßte sich in den letzten Jahren intensiv mit dem Vorkommen dieser endokrin wirksamen Substanzen in der aquatischen Umwelt (siehe dazu auch „Nonylphenole in der Umwelt“; UBA-BE-121).

1997 wurde erstmalig in einer Pilotstudie das Zu- und Ablaufwasser der Hauptkläranlage Wien auf diese Verbindungen untersucht (UBA-BE-141). Auch im Jahre 1998 wurde im Rahmen einer Untersuchung von 17 Kläranlagen die HKA beprobt (UBA-BE-151).

Die damaligen Daten können mit den aktuellen Daten der Pilotkläranlage verglichen werden.

Tabelle 34: Vergleich von Nonylphenoethoxylat-, Nonylphenol- und Octylphenol-Meßwerten

Zulauf	Dim.	Pilotkläranlage EbS	Pilotkläranlage EbS	Hauptkläranlage EbS ¹⁾	Hauptkläranlage EbS ²⁾
		filtriert Median, n=4	unfiltriert Median, n=3	filtriert Median, n=6	filtriert n=1
4-tert.-Octylphenol	µg/l	0,106	0,440	*)	<0,050
4-Nonylphenol	µg/l	0,321	3,02	1,7	0,598
NP1EO	µg/l	2,013	-	**)	3,182
NP2EO	µg/l	14,123	-	**)	7,533
Ablauf					
4-tert.-Octylphenol	µg/l	0,091	0,049	0,1	0,196
4-Nonylphenol	µg/l	0,161	0,707	0,8	0,105
NP1EO	µg/l	0,322	-	**)	n.a.
NP2EO	µg/l	0,628	-	**)	<0,1

*) es lagen weniger als 50 % der Meßwerte über der Bestimmungsgrenze

***) NP1EO und NP2EO wurden nicht analysiert

1) Quelle: UBA-BE-141

2) Quelle: UBA-BE-151

Bei den früher in der Kläranlage EbS untersuchten Parametern kann festgestellt werden, daß die Konzentrationen im selben Bereich gelegen sind. Wie im Anhang bzw. in den publizierten Studien ersichtlich, schwanken die Zulaufkonzentrationen. Aufgrund dieser tageweisen Unregelmäßigkeiten können die Abweichungen der einzelnen Untersuchungsergebnisse erklärt werden.

In Österreich gibt es einen freiwilligen Verzicht der Waschmittelindustrie, Alkylphenol-ethoxylate in Haushaltswaschmitteln einzusetzen, da bei der biologischen Abwasserbehandlung toxischere Metaboliten entstehen. Trotzdem werden diese Alkylphenoethoxylate als Bohr-, Flotations-, Netz- und Verlaufsmittel und als Additive in Schmierölen eingesetzt. Als Formulierungshilfsstoffe in Pflanzenschutzmitteln gelangen sie direkt in die Umwelt (siehe auch Kapitel 4.2).

Alkylphenoethoxylate werden zu NP abgebaut, welches anaerob im Faulturm nicht weiter abgebaut werden kann. Daher reichert sich NP im mg/kg TS – Bereich im Klärschlamm an. Es wird daher empfohlen, vor der landwirtschaftlichen Ausbringung den Klärschlamm bis zu einem Jahr zu lagern, um den aeroben Abbau von Nonylphenol im Klärschlamm zu fördern. Eine weitere analytische Kontrolle wäre aber dennoch sinnvoll.

In der aktuellen Studie liegt die Zulaufkonzentration an NP der filtrierten Probe tiefer, als es bei den früheren Messungen der Fall war. Dies könnte ev. auf die unterschiedliche Jahreszeit der Probenahmen zurückzuführen sein (November 1997 bis Jänner 1998 (UBA-BE-141) bzw. März 1998 (UBA-BE-151) bzw. Mai 1999). Die

Nonylphenolgehalte im Ablauf der Kläranlagen liegen im Median zwischen 100 und 800 ng/l.

Vergleicht man die Ablaufkonzentrationen der OP aller drei Studien, so sind nur geringfügige Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungen feststellbar.

Der Vergleich von filtriert und unfiltriert gemessener Probe erlaubt eine Abschätzung des Schadstoffgehaltes im Schwebstoff (siehe Tabelle 34 und Anhang D). Bei 4-tert.-Octylphenol zeigt sich tendenziell ein Mehrbefund in den unfiltrierten Proben des Zulaufs. Nonylphenol ist in den unfiltrierten Proben des Zulaufs um einen Faktor 10 mehr enthalten als in den filtrierten, in den Ablaufproben noch um einen Faktor fünf. Ein hoher Anteil an Schwebstoff in den Abläufen bedeutet somit auch eine erhöhte Fracht an diesen Schadstoffen.

Die Daten von Nonylphenolmonoethoxylat zeigen, daß in der aktuellen Studie die Zulaufkonzentrationen ein wenig geringer waren, als bei der Untersuchung 1998. Da der damalige Ablaufwert nicht analysierbar war, kann zu den aktuellen, guten Abbauraten von NP1EO kein Vergleich gezogen werden. NP2EO liegt in den Zuläufen rund doppelt so hoch als in der früheren Studie. Dementsprechend sind auch höhere Ablaufwerte zu verzeichnen. Die Abbauraten jedenfalls liegen bei rund 95 %.

Zur Bestimmung der Summe nichtionischer Tenside wird die BiAS-Methode (Bismut-aktive Substanzen) herangezogen. Durch diese können nichtionische Tenside von fünf bis ca. 30 Ethoxylatgruppen erfaßt werden. Vergleicht man die Ergebnisse der Summenbestimmung mit den NP1EO und NP2EO Einzelwerten, so zeigt sich deutlich, daß NP1EO und NP2EO nur Metaboliten längerkettiger nichtionischer Tenside sind und nur eine Teilmenge dieser darstellen. Die Werte des Summenparameters liegen rund zwei Zehnerpotenzen höher als die Summe aus NP1EO und NP2EO (siehe Daten im Anhang D).

Oberflächenspannung und Tenside:

Die Werte der Oberflächenspannung im Ablauf deuten auf die Anwesenheit von Tensiden hin: Reines Wasser besitzt bei 20° C eine Oberflächenspannung von 72,8 mN/m. Der Einfluß der Temperatur ist für diese Betrachtung nur untergeordnet, da Wasser bei 40° C eine Oberflächenspannung von 70 mN/m hat. Durch Tenside wird die Oberflächenspannung stark herabgesetzt. Tabelle 35 zeigt, daß bei Probe 2 und Probe 3 im Ablauf die Oberflächenspannung um 25 bis 30 mN/m soweit herabgesetzt ist, als es in den Zuläufen auch der Fall ist, jedoch ist die Summe von MBAS und BiAS nur noch kleiner als die Nachweisgrenze. Probe 1 und Probe 4 sind bei den selben Ergebnissen für die Summe aus MBAS und BiAS zwar nur rund 6-8 mN/m herabgesetzt, jedoch deuten auch hier die Werte auf das Vorhandensein von Tensiden oder Metaboliten hin, die die Oberflächenspannung herabsetzen können.

Tabelle 35: Vergleich der Oberflächenspannung mit Tensiden

Zulauf	Dim.	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Oberflächenspannung	mN/m	45,6	46,2	44,0	42,1
LAS	mg/l	7,48	6,67	4,781	6,11
MBAS	mg/l	4,94	5,82	3,62	5,44
BiAS	mg/l	1,89	1,69	1,21	2,12
Summe MBAS u. BiAS	mg/l	6,83	7,51	4,83	7,56
Ablauf		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Oberflächenspannung	mN/m	64,5	48,3	44,8	66,8
LAS	mg/l	0,185	0,318	0,274	0,269
MBAS	mg/l	<0,01	0,18	<0,01	<0,01
BiAS	mg/l	<0,01	n.n.	<0,01	<0,01
Summe MBAS u. BiAS	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

9.2 Phthalate

Phthalate zählen aufgrund ihrer Einsatzmenge zu den bedeutendsten Industriechemikalien. Di(2-ethylhexyl)phthalat hat eine sehr geringe Wasserlöslichkeit, wogegen Dibutyl- und Butylbenzylphthalat besser wasserlöslich sind. Einige Phthalate, wie Di(2-ethylhexyl)phthalat oder Butylbenzylphthalat, reichern sich zum Teil in beträchtlichen Mengen im Klärschlamm an. Mit zunehmender Seitenkettenlänge werden Phthalate lipophiler und deren Flüchtigkeit nimmt ab. Butylbenzyl- und Di-n-butylphthalat stehen im Verdacht, endokrin wirksam zu sein.

FURTMANN (1993) bestimmte ausgewählte Phthalate im Kläranlagenzu- und -ablauf. Diese Daten sind in Tabelle 36 zusammengefasst. Fünf der angeführten Phthalate wurden auch in dieser Studie analysiert (Diethylphthalat, Dibutylphthalat, Butylbenzylphthalat, Di-(2-ethylhexyl)phthalat und Dioctylphthalat).

Tabelle 36: Phthalate im Zu- und Ablauf von Kläranlagen (Quelle: FURTMANN, 1993)

Parameter	Dim.	komm. Kläranlage		industrielle Kläranlage		
		Zulauf, n=1	Ablauf, n=1	Zulauf, n=1	Ablauf 1.PN, n=1	Ablauf 2.PN, n=1
Diethylphthalat	µg/l	0,52	0,06	1,0	0,05	0,07
Di(2-methylpropyl)phthalat	µg/l	2,3	0,07	5,4	0,08	0,09
Dibutylphthalat	µg/l	1,3	0,22	8,2	0,19	0,41
Butylbenzylphthalat	µg/l	0,8	n.n.	2,4	n.n.	n.n.
Dicyclohexylphthalat	µg/l	1,5	0,03	2,0	0,04	0,04
Di-(2-ethylhexyl)phthalat	µg/l	25	0,54	71	0,70	0,90
Dioctylphthalat	µg/l	1,3	n.n.	3,6	n.n.	n.n.

PN ... Probenahme

Die im Zulauf nachgewiesenen Diethylphthalat-Konzentrationen waren deutlich höher, die Di(2-ethylhexyl)-phthalat-Konzentrationen jedoch geringer (siehe Tabelle 37).

Tabelle 37: Vergleich von Phthalat-Meßwerten

Zulauf	Dim.	Pilotkläranlage EbS	Hauptkläran- anlage EbS ¹⁾	Hauptkläran- anlage EbS ²⁾
		filtriert Median, n=4	unfiltriert Median, n=6	filtriert n=1
Dimethylphthalat	µg/l	8,7	10,5	11
Diethylphthalat	µg/l	9,0	13,2	12
Dibutylphthalat	µg/l	2,2	2,7	0,72
Butylbenzylphthalat	µg/l	0,3	1	<0,4
Di(2-ethylhexyl)phthalat	µg/l	4,4	22,1	5,3
Diocetylphthalat	µg/l	- *)	<0,4	<0,4
Ablauf				
Dimethylphthalat	µg/l	0,1	- *)	<0,4
Diethylphthalat	µg/l	0,1	- *)	<0,4
Dibutylphthalat	µg/l	0,4	- *)	<0,5
Butylbenzylphthalat	µg/l	- *)	- *)	<0,4
Di(2-ethylhexyl)phthalat	µg/l	0,3	1,8	1,6
Diocetylphthalat	µg/l	- *)	- *)	<0,4

*) es lagen weniger als 50 % der Meßwerte über der Bestimmungsgrenze

1) Quelle: UBA-BE-141

2) Quelle: UBA-BE-151

In zwei früheren Studien des Umweltbundesamtes wurde die HKA Wien auch auf Phthalate untersucht. Im UBA-BE-141 stehen der Median aus vier Tages- und zwei Wochenmischproben, im UBA-BE-151 eine Tagesmischprobe zu Vergleichszwecken zur Verfügung (siehe Tabelle 37). Es ist auffallend, daß Dimethyl-, Diethyl- und Di(2-ethylhexyl)phthalat im Zulauf in erheblich höheren Konzentrationen quantifiziert wurden, als die anderen Analyte.

FURTMANN (1993; Tabelle 36) detektierte ähnliche Konzentrationen. Ausnahme war Di(2-ethylhexyl)phthalat. Diese Differenzen können auf regionale Unterschiede zurückzuführen sein, wie FROMME et al. (1998) berichten. Sie zitieren Konzentrationsspannweiten von Kläranlagenabläufen in Deutschland für Di(2-ethylhexyl)phthalat zwischen <0,1 und 182 µg/l, für Dibutylphthalat zwischen <0,1 und 34 µg/l und Diethylphthalat zwischen 0,05 und 1,3 µg/l.

Im Wesentlichen sind in allen drei Untersuchungen stark reduzierte Ablaufkonzentrationen ermittelt worden.

9.3 Bisphenol A und F

Bisphenol A findet durch seine günstigen Eigenschaften gemeinsam mit Bisphenol F Verwendung als Monomer zur Produktion von Polycarbonaten und Epoxidharzen (BADGE). Bisphenol A wird auch als Antioxidans in Kunststoffen zugesetzt, ist das farbgebende Additiv im Thermopapier und wird in Lebensmittelverpackungen und Konservendosenbeschichtungen eingesetzt.

Der Eintrag in die Umwelt erfolgt durch Migration der Monomere aus Verpackungsmaterialien oder durch Emission bei der Produktion. Sie sind wenig flüchtig und nur mäßig wasserlöslich. Bisphenol A liegt im aquatischen System stark an Partikel gebunden vor und zeigt eine geringe Tendenz zur Bioakkumulation (FROMME et al., 1998). Nach BUA (1997) sind vor allem Abwässer von Papierfabriken (Recycling) mit Bisphenol A belastet. In den früheren Untersuchungen an der HKA Wien durch das Umweltbundesamt wurde auch Bisphenol A, jedoch nicht Bisphenol F analysiert.

Tabelle 38: Vergleich von Bisphenol A Meßwerten

Zulauf	Dim.	Pilotkläranlage EbS	Pilotkläranlage EbS	Hauptkläranlage EbS ¹⁾	Hauptkläranlage EbS ²⁾
		filtriert	unfiltriert	unfiltriert	filtriert
		Median, n=4	Median, n=3	Median, n=6	n=1
Bisphenol A	µg/l	0,925	1,54	1,1	0,5
Bisphenol F	µg/l	0,220	0,282	- *)	- *)
Ablauf					
Bisphenol A	µg/l	0,221	0,354	0,7	0,4
Bisphenol F	µg/l	- **)	0,066	- *)	- *)

*) Bisphenol F wurde in dieser Untersuchung nicht bestimmt

**) es lagen weniger als 50 % der Meßwerte über der Bestimmungsgrenze

1) Quelle: UBA-BE-141

2) Quelle: UBA-BE-151

Bisphenol A reichert sich an Schwebstoffen an, was zu Mehrbefunden bei unfiltrierten Proben führt (WENZEL et al., 1998). WENZEL fand in einer Studie an deutschen Kläranlagenabläufen Median-Werte zwischen 0,05 und 0,23 µg/l. KÖRNER et al. (1998) bestimmte in einer bayrischen Kläranlage 0,56 µg/l im Zulauf und 0,16 µg/l im Ablauf, was einer 72 %-igen Reduktion entspricht. Ein ähnliches Ergebnis wurde auch in der aktuellen Studie ermittelt.

Bisphenol F wurde in dieser Studie erstmals analysiert und liegt im Zulauf zwischen 0,1 und 0,25 µg/l vor (Median 0,22 µg/l). Im Ablauf konnte es nicht mehr quantifiziert werden (<0,032 µg/l). FROMME et al. (1998) fanden in den Abläufen von fünf Berliner Kläranlagen einen Median-Wert von Bisphenol F von 0,013 µg/l und ein Maximum von 0,053 µg/l. Kläranlagenzuläufe wurden nicht analysiert.

Auch bei diesen beiden Parametern wurde in den unfiltrierten Proben höhere Konzentrationen ermittelt (siehe Tabelle 38 und Anhang D).

9.4 Nitromoschus-Verbindungen

Nitromoschusduftstoffe weisen lipophile, bioakkumulierende Eigenschaften auf und sind biologisch schlecht abbaubar. Sie persistieren daher in der Umwelt. Die wichtigsten Nitromoschusverbindungen sind Moschus-Keton in Kosmetika bzw. Moschus-Xylol in Waschmitteln (BAUER, 1998). Die sog. polycyclischen Moschusverbindungen, die auch als Duftstoffe und Geruchsverbesserer eingesetzt werden, sind im gegenständlichen Analysenprogramm nicht enthalten. Diese polycyclischen Moschusduftstoffe (z.B. Galaxolid, Tonalid) werden verstärkt als Ersatzsubstanzen für Nitromoschusverbindungen eingesetzt. Erste Ergebnisse einer Biomonitoring-Untersuchung aus Deutschland zeigen erstaunlich hohe Werte dieser polycyclischen Verbindungen im menschlichen Blut (Galaxolid-Mittelwert: 722 ng/l; Tonalid-Mittelwert: 274 ng/l; BAUER & FRÖSSL, 1999).

Trotz der niedrigen Bestimmungsgrenze von 10 ng/l (0,01 µg/l) konnten nur zwei der fünf Moschusverbindungen, nämlich Moschus-Keton und Moschus-Xylol, im Zu- und Ablauf der Kläranlage quantifiziert werden. Dieser Befund zeigt, daß diese beiden Substanzen offensichtlich auch in Österreich derzeit die relevantesten Nitromoschusverbindungen sind.

Moschus-Keton wird in der gegenständlichen Kläranlage offensichtlich nicht abgebaut. Der Median (n = 4) im Zu- und Ablauf ist etwa gleich, nämlich 0,053 bzw. 0,052 µg/l. Moschus-Xylol konnte im Ablaufwasser nicht oder nur mehr in Konzentrationen < BG nachgewiesen werden. Es ist anzunehmen, daß in der Kläranlage auch eine Metabolisierung von Moschus-Keton bzw. Moschus-Xylol erfolgt. Als wichtigste Metaboliten wurden 4-Amino-Moschus Xylol und 2-Amino-Moschus Keton identifiziert (RIMKUS, 1998). Dies wäre bei der Beurteilung der Ablaufkonzentrationen von Nitromoschusverbindungen zu beachten.

In einer Studie aus Deutschland (ESCHKE et al., 1994), in der die Zu- und Abläufe von 25 kommunalen Kläranlagen auf Nitromoschusverbindungen untersucht wurden, konnten ebenfalls nur Moschus-Xylol und Moschus-Keton nachgewiesen werden (BG: 0,02 µg/l). Die Ablauf-Konzentrationen von Moschus-Xylol lagen im Bereich von 0,03 bis 0,31 µg/l, die von Moschus-Keton zwischen 0,22 und 1,3 µg/l.

9.5 Organozinnverbindungen

Der Einsatz von Organozinnverbindungen im Holz- und Materialschutz (z.B. Textilien, Farben, Kunststoffe) sowie bei der Papierherstellung könnte als mögliche Eintragsquelle in Betracht kommen (BÄTSCHER et al., 1999). Tributylzinn (TBT) und Triphenylzinn (TPT) wirken bakterizid, fungizid und insektizid und wurden früher in der Landwirtschaft als Pestizide eingesetzt.

Monobutylzinn (MBT), Dibutylzinn (DBT) und TBT waren die dominierenden Substanzen im Zu- und Ablaufwasser der Pilotkläranlage. Diese Ergebnisse bestätigen weitgehend die bisher erhobenen Befunde des Umweltbundesamtes (siehe Tabelle 39). TPT war jedoch in der gegenständlichen Untersuchung nicht nachweisbar. In den bisherigen Untersuchungen des Umweltbundesamtes konnte TPT ebenfalls nicht nachgewiesen werden bzw. lagen die gefundenen Konzentrationen im Bereich < BG (10 ng/l).

Tabelle 39: Vergleich von Meßwerten der Organozinnverbindungen (filtrierte Proben)

Zulauf	Dim.	Pilotkläranlage EbS	Hauptkläranlage EbS ¹⁾	österr. Kläranlagen ²⁾
		Min-Max, n=4	n=1	Min-Max, n=17
Monobutyl-Sn-Kation	ng/l	< 8 - 8	13	n.n. – 29
Dibutyl-Sn-Kation	ng/l	< 6 -7	12	n.n. – 31
Heptyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.
Tributyl-Sn-Kation	ng/l	< 6	11	n.n. - 20
Diphenyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.
Diheptyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.
Triphenyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	< 10	n.n.
Ablauf				
Monobutyl-Sn-Kation	ng/l	< 8 - 23	< 10	n.n. - 19
Dibutyl-Sn-Kation	ng/l	n.n. - 10	< 10	n.n. - 23
Heptyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n. - 13
Tributyl-Sn-Kation	ng/l	< 6	11	n.n. - 14
Diphenyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.
Diheptyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.
Triphenyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	< 10	n.n. < 10

1) Quelle: UBA-BE-141

2) Quelle: UBA-BE-151

Organozinnverbindungen sind im Sediment und Klärschlamm sehr persistent, wobei nicht auszuschließen ist, daß diese Substanzen durch Desorption wieder aktiviert werden.

Die ökotoxikologisch am bedenklichsten Organozinnverbindungen sind TBT und TPT. Weiters haben diese Verbindungen eine hormonelle (androgene) Wirkung auf marine Wasserschnecken in Konzentrationen < 5 ng/l (GÜLDEN et al., 1997). Den Abbauprodukten von TBT und TPT, Di- und Monobutylzinn bzw. Di- und Monophenylzinn, fehlt weitgehend diese androgene Wirkung.

Die im Ablauf der Kläranlage gefundenen Tributylzinn-Konzentrationen können somit nur bedingt für eine Gefährdungsabschätzung herangezogen werden, da möglicherweise der größte Anteil über die Schwebstoffe des Abwassers bzw. über den Klärschlamm in die Umwelt gelangt. Besonders dringlich wäre daher, nachdem Organozinnverbindungen aus Antifouling-Anstrichen als Kontaminationsquelle für kommunale Abwässer weitgehend auszuschließen ist, die Verursacher derartiger Belastungen zu eruieren. Erst dann könnten sinnvolle Risikominderungsmaßnahmen gesetzt werden.

9.6 Toxizitätsuntersuchungen

Zulauf:

Ist der im Leuchtbakterientest ermittelte G_L -Wert größer oder gleich 4, kann mit dem Vorhandensein von toxischen Substanzen gerechnet werden.

Die Leuchtbakterientest G_L -Werte der Proben aus dem Zulauf der Pilotkläranlage bewegten sich im Bereich von 4 bis 12. Diese Proben können somit als gering bis mäßig toxisch für Leuchtbakterien eingestuft werden. Für Daphnien und Algen erwies sich das Zulaufwasser als vollkommen untoxisch (alle G_D -Werte und G_A -Werte = 1).

Ablauf:

Sämtliche Ablaufproben erwiesen sich im Leuchtbakterien-, Daphnien- und Algentest als untoxisch (alle G -Werte = 1). Diese Befunde sind natürlich im Licht der niedrigen Toxizität des Zulaufwassers zu sehen. Die Frage, ob bei einer hohen Leuchtbakterien-, Daphnien- und Algentoxizität des Zulaufwassers das Reinigungspotential der Pilotkläranlage ausreichen würde, um für diese Testorganismen ein untoxisches Ablaufwasser zu „produzieren“, kann somit nicht beantwortet werden.

10 SCREENING AUF FLÜCHTIGE UND HALBFLÜCHTIGE VERBINDUNGEN / ABWASSER

Um einen Überblick über weitere Inhaltsstoffe in den Abwasserproben zu erhalten, wurden zwei Screening-Verfahren angewendet. Die Untersuchung auf flüchtige organische Verbindungen erfolgte mit Headspace-Gaschromatographie, die Untersuchung auf halbflüchtige organische Verbindungen durch ein spezielles Screeningverfahren mit Kapillargaschromatographie. Screeningverfahren bieten den Vorteil, eine sehr große Menge unterschiedlicher Substanzen identifizieren zu können und erlauben darüber hinaus eine Abschätzung der vorliegenden Konzentrationen. Einzelanalytische Bestimmungen ermöglichen eine statistisch abgesicherte Quantifizierung bis in den Ultraspurenbereich, Screeningverfahren sind nicht so sensitiv.

10.1 Screening auf flüchtige Verbindungen

Die Probe wird, wie in Abschnitt 6.9. beschrieben, behandelt. Die gewählte Aufnahmetechnik (scan mode) erlaubt eine Quantifizierung ab 2 µg/l. Keine der in Tabelle 40 verzeichneten Substanzen konnte mit diesem Verfahren bestimmt werden.

Tabelle 40: Quantifizierbare Analyte im Screening auf flüchtige Verbindungen

Analyt	Analyt
Aceton	4-Ethyltoluol
Benzol	4-Isopropyltoluol (p-Cymol)
sec. Butylbenzol	Isopropylbenzol (Cumol)
Butylbenzol	m-Xylol
2-Chlortoluol	o-Xylol
3-Chlortoluol	n-Propylbenzol
Chlorbenzol	Propanol
1,2-Dichlorbenzol	p-Xylol
1,2-Diethylbenzol	Styrol
1,3-Dichlorbenzol	Tetrachlorethen
1,4-Dichlorbenzol	Toluol
1,3-Diethylbenzol	Trichlorethen
1,4-Diethylbenzol	1,3,5-Trichlorbenzol
2-Ethyltoluol	1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)
3-Ethyltoluol	1,2,3-Trichlorbenzol
Ethanol	1,2,3-Trimethylbenzol (Hemellitol)
Ethylbenzol	1,2,4-Trichlorbenzol
4-Chlortoluol	1,2,4-Trimethylbenzol (Pseudocumol)

10.2 Screening auf halbflüchtige Verbindungen

Die Screening-Methode, die hier zur Untersuchung der Zu- bzw. Ablaufproben sowie der in der Mitte der Pilotkläranlage gezogenen Proben eingesetzt wurde, beruht auf der EPA Methode 8270, „Gas Chromatography/Mass Spectrometry for semivolatile Organics“. Dieses Verfahren erfaßt die meisten neutralen, sauren und basischen Komponenten, die in Dichlormethan löslich und ohne vorhergehende Derivatisierung mittels GC-MS meßbar sind.

Nachfolgende Tabellen zeigen in alphabetischer Reihenfolge die mit dieser Methode in den Proben nachgewiesenen Substanzen. Dabei wurden nur solche Stoffe aufgenommen, die in 75 % der Zulaufproben positiv detektiert werden konnten. Substanzen, welche nur vereinzelt vorkamen, wurden nicht angeführt.

10.2.1 Semiquantifizierung und Berechnung der Abbauraten von kalibrierten Substanzen

Zur Semiquantifizierung wurde auf über 100 speziell ausgewählte Substanzen (PAH, Alkyl- und Chlorphenole, flüchtige aromatische Verbindungen, Benzidine, Ether, Pyridin, usw.) kalibriert, die Proben wurden auf diese Substanzen mit einer speziellen Aufnahmetechnik (Extracted Ion Chromatogram) untersucht. Trotz der Kalibration sind bei dieser Screening Methode nur halbquantitative Aussagen möglich, da durch die unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Verbindungen die Ausbeuten bei der Probenvorbereitung differieren können.

Die Abbaurate wurde für jede kalibrierte Substanz berechnet (Abbau in % wird in den Klammern angegeben). Ein Abbau von 100 % gibt an, daß bei der vorgegebenen Nachweisgrenze (0,05 µg/l) diese Substanz nicht mehr detektierbar war. Natürlich könnte mit empfindlicheren Einzelanalysen diese Substanz ev. nachweisbar sein.

Bei der Semiquantifizierung nicht berücksichtigt wurden alle jene Verbindungen, die bereits durch einzelanalytische Untersuchungen bestimmt wurden (z.B.: Bisphenol A und F, Phthalate etc.).

10.2.2 Abschätzung der Konzentrationen und Abbauraten nicht kalibrierter Substanzen

Für alle anderen identifizierten, jedoch nicht kalibrierten Substanzen wurde eine Abschätzung der Konzentrationen vorgenommen. Dies erfolgte über die Peakfläche des Basisions des jeweiligen Analyten. Dabei wurde diese mit der Peakfläche / Konzentration des nächstgelegenen Internen Standards verglichen. Dadurch konnte eine grobe Einteilung in 5 verschiedene Konzentrationsbereiche erfolgen.

<0,5 µg/l

0,5 - 1 µg/l

1 - 5 µg/l

5 - 10 µg/l

>10 µg/l

Bei jeder Substanz erfolgte auch eine Abschätzung der Abbaurrate (geschätzter Abbau in % wird in den Klammern angegeben und mit ~ gekennzeichnet). Auch hier könnte ev. durch Anwendung einzelanalytischer Methoden tiefere Bestimmungs- und Nachweisgrenzen erreicht werden und daher diese Stoffe im Ablauf der Kläranlage ev. nachweisbar sein.

10.2.3 Abkürzungen

Bei den meisten Substanzbeschreibungen wurde ein kurzer Abriß über Eigenschaft, Verwendung und Vorkommen der Substanz und die CAS Nummer, die WGK und der MAK Wert angeführt. Diese Abkürzungen bedeuten:

CAS..... Chemical Abstracts Service; Registriernummer

WGK ... Wassergefährdungsklasse, eine Einteilung in 4 Klassen wassergefährdender Stoffe

WGK 0 ... im Allgemeinen nicht wassergefährdend

WGK 1 ... schwach wassergefährdend

WGK 2 ... wassergefährdend

WGK 3 ... stark wassergefährdend

MAK Wert maximale Arbeitsplatzkonzentration; gibt die höchst zulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes in der Luft am Arbeitsplatz an, der ein Beschäftigter auch bei langfristiger und wiederholter, täglich achtstündiger Exposition ausgesetzt sein darf, ohne daß seine Gesundheit nach dem Stand des Wissens beeinträchtigt wird.

PDK Wert ... Konzentrationsangabe ähnlich dem MAK Wert in den GUS Staaten

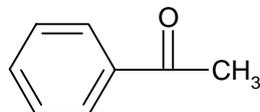
Zusätzlich zu den in Tabelle 40 angeführten Substanzen wurden

- Aldehyde und Ketone aliphatischer Kohlenwasserstoffe
- aliphatische gesättigte Kohlenwasserstoffe
- ungesättigte Kohlenwasserstoffe
- Cholesterinderivate
- Fettsäuren und Fettsäureester
- Alkohole
- cyclische Kohlenwasserstoffe

in zum Teil erheblichen Mengen detektiert.

10.2.4 ACETOPHENON

CAS Nr.: 98-86-2



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte

Flammpunkt 82° C, Siedepunkt 200° – 204° C

Die geruchliche Wahrnehmungsschwelle liegt beim Menschen bei 0,3 mg/l, es wirkt haut- und schleimhautreizend, kann Dermatitis hervorrufen und kann in höheren Konzentrationen auch narkotisch wirken.

WGK 1

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es findet als hochsiedendes Lösungsmittel für Farben, Celluloseether, Kunst- und Naturharze, zur Parfümierung von Detergentien und techn. Produkten und als Ausgangsstoff für die Synthese in der pharmazeutischen Industrie Verwendung. Es tritt als Bestandteil von Nahrungsmitteln und ätherischen Ölen auf und ist im Steinkohlenteer enthalten.

Tabelle 41: Acetophenon: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,4	0,7	1	1	0,9	0,8

MITTE:

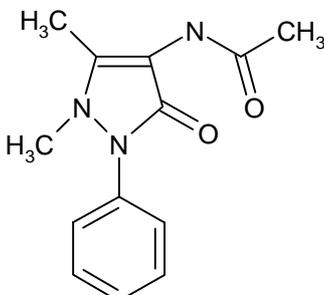
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.a.	0,2 (71 %)	0,2 (80 %)	0,3 (70 %)	0,2	0,2

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.a.	n.n. (100 %)

10.2.5 4-ACETYLAMINOANTIPYRIN (4-Acetamidoantipyrin)

CAS Nr.: 83-15-8



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte

Schmelzpunkt: 200 – 203° C

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird als Analgetikum verwendet (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 42: Acetylaminoantipyrin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

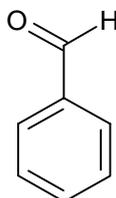
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 70 %)	<0,5 (~ 25 %)	<0,5 (~ 0 %)	<0,5 (~ 35 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 75 %)	<0,5 (~ 40 %)	<0,5 (~ 30 %)	<0,5 (~ 35 %)

10.2.6 BENZALDEHYD (BITTERMANDELÖL)CAS Nr.: 100-52-7Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Siedepunkt 178 –180° C, Flammpunkt 64° C,

WGK 1/2

Gesundheitsschädlich; Der Geruchsschwellenwert liegt bei 0,1 ppm. Es riecht nach Bittermandeln.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird als chemisches Reagenz, Lösungsmittel, zur Herstellung von Triphenylmethanfarbstoffen, Zimtsäure, Pharmazeutika und Parfümen verwendet, findet als Geruchs- und Geschmackstoff Verwendung und ist Bestandteil in Fahrzeugabgasen und Zigarettenrauch.

Tabelle 43: Benzaldehyd: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
7	11	2	0,9	4,5	5,3

MITTE:

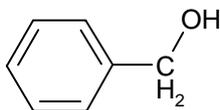
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5 (93 %)	0,7 (94 %)	0,3 (85 %)	<0,1 (~ 95 %)	0,4	0,4

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,1 (99 %)	0,2 (98 %)	n.a.	n.n. (100 %)	0,2	0,2

10.2.7 BENZYLALKOHOL

CAS Nr.: 100-51-6



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 101° C, Siedepunkt 205° C

Gesundheitsschädlich

WGK 1

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird für Lacke und Kunstharze, Riechstoffe, Aromen, Kosmetika, Textilhilfsmittel, als Lösungsmittel für Farbstoffe, Gelatine, Schellack und Riechstoffe und als Entwicklungsbeschleuniger in der Farbfilmindustrie verwendet.

Tabelle 44: Benzylalkohol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
12	17	7	15	13,5	12,8

MITTE:

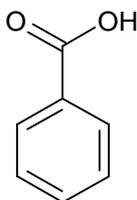
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,1 (~ 100 %)	0,7 (96 %)	0,2 (97 %)	0,3 (98 %)	0,3	0,3

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,1 (~ 100 %)	0,2(99 %)	0,2 (97 %)	0,1 (99 %)	0,2	0,1

10.2.8 BENZOESÄURE

CAS Nr.: 65-85-0



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 121,5-123° C, Siedepunkt ~ 250° C

WGK 1

Bakterizid und fungizid, reizend

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird als Zwischenprodukt für die Farbstoff- und Parfümerieherstellung, Vorprodukt zur Herstellung von Phenol, Benzoylchlorid und Benzonitril verwendet und wird als Konservierungsstoff (E210) in Lebensmittel und Kosmetika eingesetzt.

Tabelle 45: Benzoessäure: Abschätzung der Konzentration und der Abbauraten

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	0,5-1	0,5-1	<0,5

MITTE:

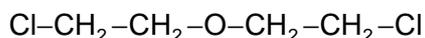
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 90 %)	n.n. (100 %)

10.2.9 BIS(2-CHLORETHYL)ETHER

CAS Nr.: 111-44-4



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 55° C, Siedepunkt 177 –178° C

WGK 2

MAK: 10 ppm; sehr giftig

Es besitzt eine starke Reizwirkung auf Schleimhäute der Atemwege und wird über die Haut aufgenommen.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird als Lösungsmittel für Ethylcellulose, Harze und Fette, Reinigungsmittel, Textilhilfsmittel und zur Herstellung von Thioplasten verwendet.

Tabelle 46: Bis(2-chlorethyl)ether: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

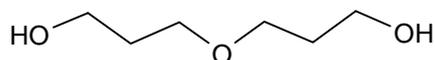
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,1	n.n. (100 %)	<0,1

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.a.

10.2.10 BIS(2-HYDROXYPROPYL)-ETHERCAS Nr.: 110-98-5Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 120° C, Siedepunkt 231 – 235° C

Hygroskopisch

Es reizt die Augen und die Haut.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird in der Kunststoffindustrie und in der Farben- und Lackindustrie eingesetzt, wird als Lösungsmittel verwendet und findet in kosmetischen Mitteln und als Hydraulikflüssigkeiten Verwendung.

Tabelle 47: Bis(2-hydroxypropyl)-ether: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

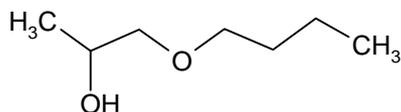
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5-1	1-5	0,5-1	0,5-1

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	0,5-1 (~ 50 %)	<0,5 (~ 55 %)	<0,5 (~ 70 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.11 1-BUTOXYPROPANOL-2CAS Nr.: 5131-66-8Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Reizend

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird als Lösungsmittel verwendet.

Tabelle 48: 1-Butoxypropanol-2: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate
ZULAUF:

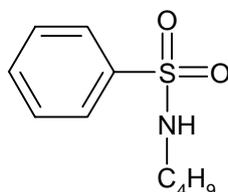
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1-5	1-5	1-5	1-5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	1-5 (~ 70 %)	<0,5 (~ 80 %)	1-5 (~ 70 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.12 N-BUTYLBENZOLSULFONAMIDCAS Nr.: 3622-84-2Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 235° C; Siedepunkt 314° C

MAK (ehem. UDSSR): 0,5 mg/m³

Reizend

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3 .

Tabelle 49: N-Butylbenzolsulfonamid: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1-5	1-5	1-5	1-5

MITTE:

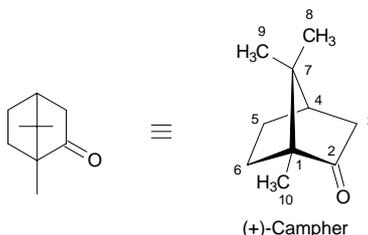
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1-5 (~ 15 %)	1-5 (~ 40 %)	1-5 (~ 40 %)	0,5-1 (~ 70 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 90 %)	<0,5 (~ 80 %)	n.a.	0,5-1 (~ 80 %)

10.2.13 CAMPHER

CAS Nr.: 464-49-3



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt: 129,8° C; Siedepunkt (Sublimation): 204° C, Flammpunkt 66° C

Leicht entzündlich, reizend

WGK 2/1

MAK 13 mg/m³

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Man verwendet es hauptsächlich als Weichmacher von Celluloid. Da Campher bei 20° C sublimiert, wird er als Mottenbekämpfungsmittel eingesetzt. Campher gehört zu den Bestandteilen vieler Linimente bei rheumatischen Schmerzen, Neuralgien und Entzündungen und wird als Hilfsmittel bei der Schießpulver-herstellung eingesetzt.

Tabelle 50: Campher: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

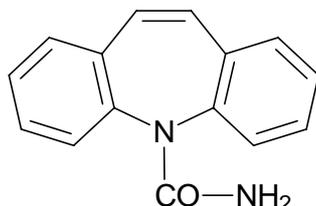
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
5	5	4	5	5,0	4,8

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	1 (80 %)	n.n. (100 %)	0,4 (92 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	<0,1 (99 %)

10.2.14 CARBAMAZEPINCAS Nr.: 298-46-4Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 191 – 192° C

Es wird über die Nerven- und Blutbahn aufgenommen.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Carbamazepin wird als Antiepileptikum verwendet und ist generikafähig (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 51: Carbamazepin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	n.n.	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 30 %)	<0,5	<0,5	<0,5

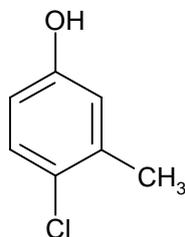
ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 30 %)	<0,5	<0,5	<0,5

bei drei Probenahmen höhere Konzentrationen für Ablauf und Mitte als im Zulauf!!

10.2.15 4-CHLOR-m-KRESOL

CAS Nr.: 59-50-7



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 118° C, Schmelzpunkt 63- 65° C, Siedepunkt 235-238° C

Gesundheitsschädlich, reizend, sensibilisierend, umweltgefährlich

WGK 2

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Man verwendet 4-Chlor-m-Kresol als Antiseptikum, Desinfektionsmittel und zur Konservierung von chem.-techn. Präparaten (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 52: 4-Chlor-m-Kresol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

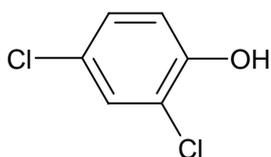
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,7	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.16 2,4-DICHLORPHENOLCAS Nr.: 120-83-2Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 40 – 43° C, Siedepunkt 209 – 211° C, Flammpunkt 114° C

Gesundheitsschädlich, umweltgefährlich

WGK 3

2,4-Dichlorphenol führt bei Aufnahme zur Schädigung von Leber, Niere und Zentralnervensystem und wirkt ätzend auf Schleimhaut und Haut.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es ist ein Zwischenprodukt organischer Synthesen, wird zur Herstellung von (2,4-Dichlorphenoxy)-essigsäure verwendet und findet in Mottenschutzmitteln, Insektiziden und Antiseptika Verwendung (siehe Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 53: 2,4-Dichlorphenol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1

MITTE:

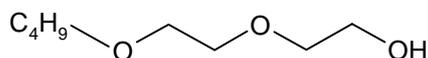
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,1 (~ 35 %)	n.n. (100 %)	<0,1 (~ 35 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	<0,1 (~ 99 %)

10.2.17 DIETHYLENGLYKOL-MONOBUTYLETHER (BUTYLDIGLYKOL)

CAS Nr.: 112-34-5



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 105° C, Siedepunkt 231° C

Reizend

WGK 1

MAK: 100 mg/m³

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es ist der Butylether des Diethylenglykols, der als Ersatzstoff für Dichlormethan in Abbeizmitteln verwendet wird.

Tabelle 54: Diethylenglykol-monobutylether: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

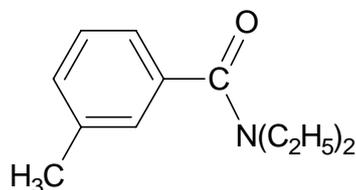
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
5-10	5-10	1-5	5-10

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	1-5 (~ 90 %)	<0,5 (~ 95 %)	0,5-1 (~ 95 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 100 %)

10.2.18 N,N-DIETHYL-m-TOLUAMID (DEET)CAS Nr.: 134-62-3Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 145° C, Siedepunkt 160° C (24,7 hPa)

Gesundheitsschädlich

WGK 1

DEET reizt Augen und Schleimhäute, aber nicht die Haut.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Das in der Natur in weiblichen Baumwollspinnen *Pectinophora gossypiella* vorkommende DEET ist die wirksame Komponente von Fliegen- und Mückenabwehrmittel (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 55: N,N-Diethyl-m-Toluamid: Abschätzung der Konzentration und der Abbauräte

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

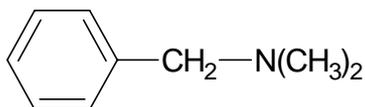
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.a.	<0,5 (~ 30 %)	<0,5 (~ 30 %)	<0,5 (~ 45 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 85 %)	<0,5 (~ 40 %)	<0,5 (~ 55 %)	<0,5 (~ 55 %)

10.2.19 N,N-DIMETHYLBENZYLAMIN

CAS Nr.: 103-83-3



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 55° C, Schmelzpunkt 75° C, Siedepunkt 180 – 183° C

Entzündlich, gesundheitsschädlich, ätzend, umweltgefährlich

WGK 2/3

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

N,N-Dimethylbenzylamin ist Zwischenprodukt für Polyurethanlacke, -beschichtungen, -schaumstoffe und -vergußmassen und wird für organische Synthesen eingesetzt.

Tabelle 56: N,N-Dimethylbenzylamin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

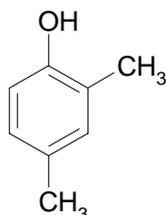
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 25 %)	<0,5 (0 %)	<0,5 (0 %)	<0,5 (~ 20 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.a.	<0,5 (~ 70 %)	<0,5 (~ 75 %)

10.2.20 2,4-DIMETHYLPHENOLCAS Nr.: 105-67-9Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 80 – 95° C, Schmelzpunkt 25° C, Siedepunkt 211° C

Giftig, ätzend

WGK 2/3

LD₅₀ (Ratte oral): 3200 mg/kgVorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

2,4-Dimethylphenol wird zur Desinfektion, zur Herstellung antiseptischer Seifen und antiparasitärer Waschmittel, zur Herstellung von Insektiziden, von Kunststoffen, in Lack-Kunstharzen, Phenoplasten usw. verwendet.

Tabelle 57: 2,4-Dimethylphenol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,1	0,4	<0,1	0,1	0,1	0,2

MITTE:

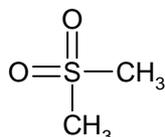
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,1 (~ 75 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.21 DIMETHYLSULFON

CAS Nr.: 67-71-0



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 143° C, Schmelzpunkt 108 – 110° C, Siedepunkt 238° C

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Man verwendet Dimethylsulfon als Lösungsmittel für anorganische und organische Verbindungen, als Weichmacher, Zündbeschleuniger bei Treibstoffen und als Dispersionsmittel.

Tabelle 58: Dimethylsulfon: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

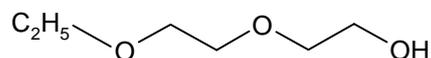
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
3	6	5	3	4,0	4,3

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.a.	3 (50 %)	4 (20 %)	3 (0 %)	3,0	3,3

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5 (83 %)	1 (83 %)	0,5 (90 %)	0,4 (87 %)	0,5	0,6

10.2.22 ETHYLENDIGLYKOL (DIETHYLENGLYKOLMOMOETHYLETHER)CAS Nr.: 111-90-0Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 94° C, Siedepunkt 201 – 203° C

WGK 1

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird als Ersatzstoff für Dichlormethan in Abbeizmitteln verwendet (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 59: Ethylendiglykol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
5-10	5-10	1-5	5-10

MITTE:

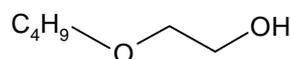
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	1-5 (~ 65 %)	0,5-1 (~ 80 %)	<0,5 (~ 90 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	0,5-1 (~ 90 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 100 %)

10.2.23 ETHYLENGLYKOLMONOBUTYLETHER

CAS Nr.: 111-76-2



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 50° C, Siedepunkt 170 – 172° C

Gesundheitsschädlich, reizend

WGK 1

MAK: 98 mg/m³

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Ethylenglykolmonobutylether wird als Ersatzstoff für Methyl- und Ethylglykol sowie deren Acetate verwendet (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 60: Ethylenglykolmonobutylether: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

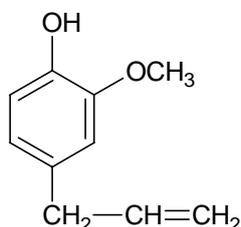
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
>10	>10	5-10	>10

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 100 %)	1-5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)	1-5 (~ 95 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 100 %)	<0,5 (~100 %)	1-5 (~ 90 %)	<0,5 (~ 100 %)

10.2.24 EUGENOLCAS Nr.: 97-53-0Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:Schmelzpunkt -10°C

Gesundheitsschädlich

Eugenol wirkt mäßig giftig bei oraler Aufnahme, im Experiment wirkt es carcinogen, mutagen und hautreizend.

WGK 3

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Eugenol ist Ausgangsstoff für die Partialsynthese von Vanilin. Es wird zur Parfümierung von Seifen sowie als Anästhetikum in der Zahnheilkunde und als Zusatz zu Zahnfüllmaterial verwendet.

Tabelle 61: Eugenol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

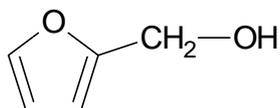
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	<0,5 (~ 90 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.25 FURFURYLALKOHOLCAS Nr.: 98-00-0Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 75° C, Schmelzpunkt -31° C, Siedepunkt 170 – 171° C

Gesundheitsschädlich

WGK 1

MAK: 10 ppm

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Furfurylalkohol ist Ausgangsstoff zur Herstellung von Furanharzen und Netzmitteln und wird als Lösungsmittel eingesetzt.

Tabelle 62: Furfurylalkohol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

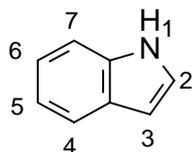
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1-5	0,5-1	<0,5	<0,5

MITTE:

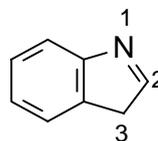
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 85 %)	n.n. (100 %)	<0,5 (~ 90 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.26 INDOLCAS Nr.: 120-72-9

Indol

3 H - IndolEigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 235° C, Schmelzpunkt 52 – 54° C, Siedepunkt 253 – 254° C

Indol ist gesundheitsschädlich, wird leicht von der Haut aufgenommen und ist luft- und lichtempfindlich.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Indol wird in der Parfümerie bei der Herstellung von künstlichem Jasmin und Nerolöl verwendet.

Tabelle 63: Indol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

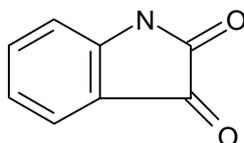
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 85 %)	<0,5 (~ 85 %)	<0,5 (~ 85 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.27 ISATIN (2,3-INDOLDION)CAS Nr.: 91-56-5Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 220° C; Schmelzpunkt 193 – 195° C

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Isatin ist ein Textilfarbstoff. Die früher in Laxantien verwendeten Isatin-Derivate werden heute wegen leberschädigender Wirkung nicht mehr eingesetzt.

Tabelle 64: Isatin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

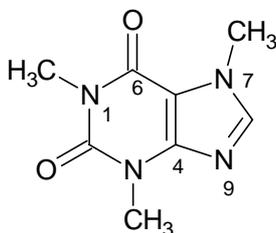
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5-1	0,5-1	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 85 %)	<0,5 (~ 95 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 90 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.28 KOFFEIN (1,3,7-TRIMETHYLXANTHIN; 7-METHYLTHEOBROMIN)CAS Nr.: 58-08-2Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 234 – 236,5° C

Gesundheitsschädlich

Koffein steht im Verdacht, möglicherweise mutagene und teratogene Wirkungen zu verursachen. Es wird über Nervenbahn und Herz aufgenommen.

WGK 1

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3 .

Tabelle 65: Koffein: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
60	67	49	71	63,5	61,8

MITTE:

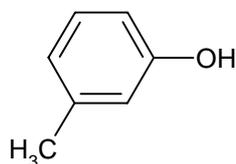
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
7 (88 %)	22 (67 %)	9 (82 %)	10 (86 %)	9,5	12,0

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5 (99 %)	2 (97 %)	2 (96 %)	1 (99 %)	1,5	1,4

10.2.29 m-KRESOL

CAS Nr.: 108-39-4



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 86° C, Schmelzpunkt 10 –12° C, Siedepunkt 203° C

WGK 2

MAK: 5 ppm

stark desinfizierend, giftig, ätzend

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

m-Kresol wird in Form wässriger Seifenlösungen zu Desinfektionszwecken verwendet. Es wird weiters zur Herstellung von Harzen, Lösungsmitteln, synthetischen Gerbstoffen, Farbstoffen, Pestiziden und Antiklopfmitteln eingesetzt und findet Verwendung als Bestandteil von Antischaummitteln (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 66: m-Kresol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,3	0,6	0,2	0,2	0,3	0,3

MITTE:

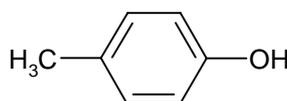
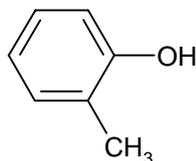
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	0,1 (82 %)	<0,1 (~ 85 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.30 SUMME von o-KRESOL und p-KRESOL

CAS Nr.: 95-48-7 und 106-44-5

Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 81 bzw. 86° C, Schmelzpunkt 29 –31° C bzw. 31 – 34° C; Siedepunkt 191 bzw. 202° C

WGK 3

MAK: 22 mg/m³Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

siehe m-Kresol und auch Diskussion, Kapitel 10.3 .

Tabelle 67: o- und p-Kresol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

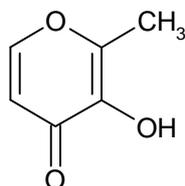
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
3	5	2	1	2,5	2,8

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,1 (~ 99 %)	<0,1 (~ 99 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,1 (~ 99 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.31 MALTOL (3-Hydroxy-2-methyl-pyron)CAS Nr.: 118-71-8Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 163° C

Reizend

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Maltol bildet sich allgemein bei der trockenen Destillation von Cellulose und Stärke, bei vielen Brat- und Backprozessen sowie beim Rösten von Malz und kommt natürlich in Lärchenrinde, Holzpech und –öl etc. vor.

Tabelle 68: Maltol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

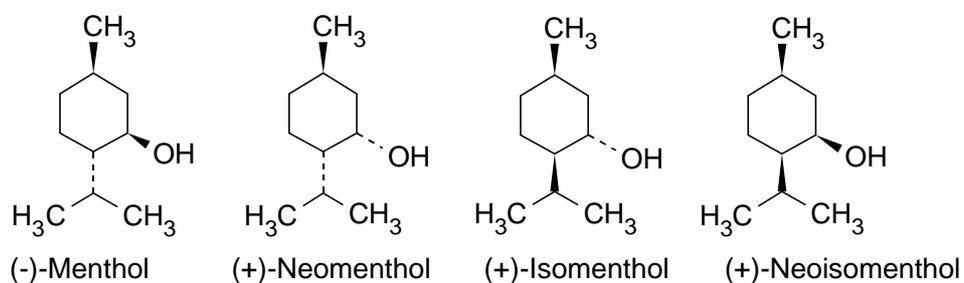
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	n.n.

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n.

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n.

10.2.32 MENTHOL (2-ISOPROPYL-5-METHYL-CYCLOHEXANOL)CAS Nr.: 89-78-1Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt ~ 96° C; Schmelzpunkt 31-34° C, Siedepunkt 216° C

Reizend

WGK 1

Es wirkt desinfizierend und erfrischend.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Menthol findet in der Likör-, Süßwaren-, Parfüm- und Zigarettenindustrie Verwendung und wird in Körperpflegemitteln in Zahn- und Mundpflegemitteln, Lotionen und Haarwässern eingesetzt. In der Medizin ist Menthol Bestandteil von Salben und Einreibemitteln.

Tabelle 69: Menthol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5-1	0,5-1	0,5-1	0,5-1

MITTE:

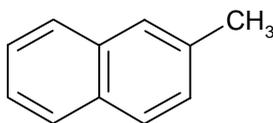
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 70 %)	<0,5 (~ 90 %)	<0,5 (~ 85 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.33 2-METHYLNAPHTHALIN

CAS Nr.: 91-57-6



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 97° C, Siedepunkt 241° C

WGK 2

PDK (UDSSR): 3,4 ppm

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

2-Methylnaphthalin ist ein alkylierter polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff. Es dient als Ausgangsmaterial zur Herstellung von 2-Methyl-1,4-naphthochinon (Menadion, Vitamin D₃). Im Gemisch mit 1-Methylnaphthalin wird es als Wärmeübertragungslösungsmittel und Dielektrikum eingesetzt und ist Bestandteil von Steinkohlenteer, Mineralöl und Erdgas.

Tabelle 70: 2-Methylnaphthalin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

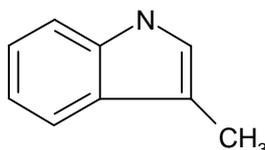
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.34 METHYLINDOL (SKATOL)CAS Nr.: 83-34-1Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 95 – 96° C, Siedepunkt 266° C

WGK 3

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Methylindol entsteht aus Tryptophan bei der Fäulnis von Eiweißstoffen. Es findet sich in Mist, Steinkohleteer und Fäkalien.

Tabelle 71: Methylindol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

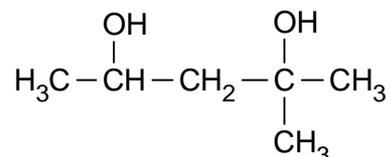
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	0,5-1	0,5-1	0,5-1

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 70 %)	<0,5 (~ 65 %)	<0,5 (~ 80 %)	<0,5 (~ 80 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)

10.2.35 2-METHYL-2,4-PENTANDIOLCAS Nr.: 107-41-5Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 93° C, Schmelzpunkt -40° C, Siedepunkt 196° C

WGK 1

MAK: 25 ppm (US-Wert)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird in Bremsflüssigkeiten, Bohrölen, Metallreinigungsmitteln, als Glycerinersatz, als Lösungsmittel-Vermittler, als Zusatz zu Zement, Lacken, Farben, Tuschen, usw. verwendet.

Tabelle 72: 2-Methyl-2,4-Pentandiol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

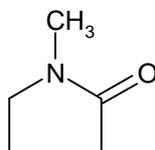
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5-1	1-5	<0,5	0,5-1

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.36 1-METHYL-PYRROLIDONCAS Nr.: 872-50-4Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 91° C, Schmelzpunkt –24° C, Siedepunkt 202° C

Reizend

WGK 1

MAK (Dampf): 100 ppm bzw. 400 mg/m³MAK: 80 mg/m³Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es löst viele schwerlösliche Stoffe und ist gegen verdünnte Säuren und Alkalien auch in der Wärme beständig. Es dient zur techn. Gewinnung von Kohlenwasserstoffen, ist Bestandteil von Abbeizmitteln und Lösungsmittel bei zahlreichen organischen Synthesen.

Tabelle 73: 1-Methyl-Pyrrolidon: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1-5	1-5	0,5-1	1-5

MITTE:

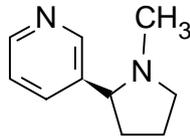
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 90 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.37 NIKOTIN

CAS Nr.: 54-11-5



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt >100° C, Schmelzpunkt –79° C, Siedepunkt 246° C

Hygroskopisch, sehr giftig

WGK 3

MAK: 0,5 mg/m³ bzw. 0,07 ppm

Nikotin ist ein starkes Humangift, dessen tödliche Dosis bei oraler Applikation für Erwachsene auf 40-60 mg geschätzt wird. Für den Menschen sind 50 mg infolge auftretender Lähmungserscheinungen tödlich.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es ist das Hauptalkaloid in Tabakerzeugnissen. Siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3

Tabelle 74: Nikotin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

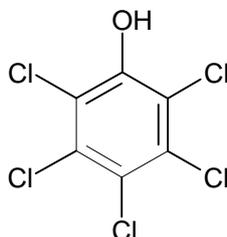
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1-5	1-5	1-5	1-5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1-5 (~ 70 %)	1-5 (~ 65 %)	0,5-1 (~ 80 %)	0,5-1 (~ 80 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 95 %)

10.2.38 PENTACHLORPHENOLCAS Nr.: 87-86-5Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Es unterliegt starkem photochemischen Abbau.

WGK 3

MAK: 0,05 ml/m³

Embryotoxisch, Teratogen

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird als Holz-, Textil-, und Lederkonservierungsmittel, Desinfektionsmittel, Algizid, Fungizid, Konservierungsmittel, als Zusatzstoff für Kühlwasserkreisläufe, Kautschuk und Kosmetika verwendet.

Tabelle 75: Pentachlorphenol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,1	<0,1	0,1	n.n.

MITTE:

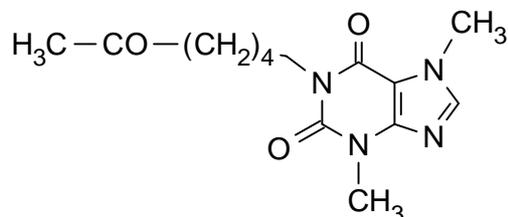
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n.

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n.

10.2.39 PENTOXIFYLLIN

CAS Nr.: 6493-05-6



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Gesundheitsschädlich

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Pentoxifyllin ist ein internationaler Freiname für den Vasodilator und Thrombocyten-Aggregationshemmer, siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3 .

Tabelle 76: Pentoxifyllin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

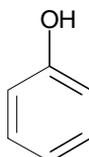
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 60 %)	<0,5 (~ 0 %)	<0,5 (~ 0 %)	<0,5 (~ 35 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 40 %)	<0,5 (~ 50 %)	<0,5 (~ 55 %)

10.2.40 PHENOLCAS Nr.: 108-95-2Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 79° C, Siedepunkt 180 – 182° C

Giftig, ätzend

WGK 2

MAK: 5 ppm bzw. 19 mg/m³;

Auf der Haut wirkt es stark ätzend und wird leicht resorbiert. Es führt beim Menschen bereits in geringen Mengen bei Aufnahme über die Haut zu Benommenheit, Rausch, Delirium und Pulsverlangsamung.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird zur Herstellung von Phenolharzen, ϵ -Caprolactam, Bisphenol A, Adipinsäure, Alkylphenole, Anilin, Chlorphenole, Pikrinsäure eingesetzt und wird als Weichmacher, Antioxidans u.a. verwendet. Weitere Verwendung findet Phenol als Lösungsmittel sowie als Bestandteil von Mikroskopierfarbstoffen, Arzneimitteln, Pestiziden und Schmierölen.

Tabelle 77: Phenol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
7	11	2	0,9	4,5	5,2

MITTE:

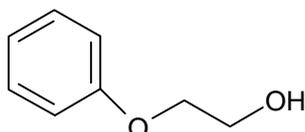
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5 (93 %)	0,7 (94 %)	0,3 (85 %)	<0,1 (~ 94 %)	0,4	0,4

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,1 (99 %)	0,2 (98 %)	n.a.	n.n. (100 %)

10.2.41 2-PHENOXYETHANOL (ETHYLENGLYCOLMOMOPHENYLETHER)

CAS Nr.:122-99-6



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 121° C, Schmelzpunkt 11 – 13° C, Siedepunkt 244 – 246° C

Gesundheitsschädlich, reizend

WGK 2/1

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es wird in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in der Textilindustrie, der Farben- und Lackindustrie sowie in der Kosmetikindustrie eingesetzt (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 78: 2-Phenoxyethanol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

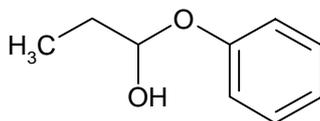
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
22	22	13	31	22,0	22,0

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,1 (~ 100 %)	2 (91 %)	0,2 (98 %)	1 (97 %)	0,6	0,8

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	0,2 (99 %)	0,2 (98 %)	<0,1 (~ 100 %)	0,1	0,1

10.2.42 1-PHENOXYPROPAN-2-OLCAS Nr. :770-35-4Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Siedepunkt 243° C, Schmelzpunkt 235° C

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

1-Phenoxypropanol findet in Desinfektionsmitteln Verwendung (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 79: 1-Phenoxypropanol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
34	42	19	44	38,0	34,8

MITTE:

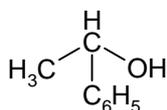
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,4 (99 %)	23 (45 %)	6 (68 %)	13 (70 %)	9,5	10,6

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,2 (99 %)	1 (98 %)	0,1 (99 %)	0,6 (99 %)	0,4	0,5

10.2.43 α -PHENYLETHANOL

CAS Nr.: 98-85-1 (a)



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 20° C, Siedepunkt 200 – 205° C, Flammpunkt 85° C

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es dient als Lösungsmittel für fette Öle, Ethylcellulose, natürliche und synthetische Harze und wird in der Parfümerie eingesetzt (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 80: α -Phenylethanol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

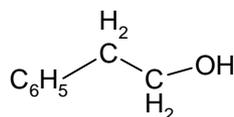
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 60 %)	<0,5 (~ 70 %)	<0,5 (~ 70 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.44 β -PHENYLETHANOLCAS Nr.: 60-12-8Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 27° C, Siedepunkt 220° C, Flammpunkt 102° C

Reizend

WGK 1

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es tritt als Aromastoff in Honig, Beeren- und Pfirsichprodukten auf und wird in Getränken und als Brotgeschmacksverbesserer, als Duftstoff in Kosmetika, Detergentien, Seifen (in allen Rosenparfüms), als pharmazeutisches Hilfsmittel (antimikrobielles Mittel) und als Arzneimittelkonservierungsstoff verwendet (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 81: β -Phenylethanol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
1-5	1-5	0,5-1	1-5

MITTE:

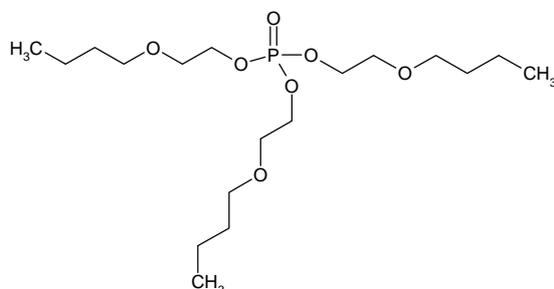
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.45 PHOSPHORSÄURE-TRIS(2-BUTOXYETHYL)-ESTER

CAS Nr.: 78-51-3



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 225° C, Siedepunkt 215 – 228° C (5,5 mbar)

Hinweis auf Hautresorption

MAK (ehem. UDSSR): 1 mg/m³

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Das Chemikal findet in Schmierstoffen und Schmierstoffzusätzen Verwendung.

Tabelle 82: Phosphorsäure-tris(2-butoxyethyl)-ester: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

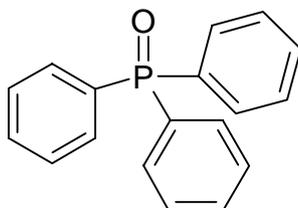
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 45 %)	<0,5 (~ 30 %)	<0,5 (~ 30 %)	<0,5 (~ 50 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 90 %)	<0,5 (~ 90 %)	<0,5 (~ 90 %)

10.2.46 PHOSPHORTRIPHENYLOXID (TRIPHENYLPHOSPHINOXID)CAS Nr.: 791-28-6Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 156 – 158° C, Siedepunkt >360° C

Reizend, gesundheitsschädlich

WGK 2/3

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Phosphortriphenyloxid wird in der Kunststoffindustrie eingesetzt und findet als Flammschutzmittel Verwendung.

Tabelle 83: Phosphortriphenyloxid: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	0,5-1	<0,5

MITTE:

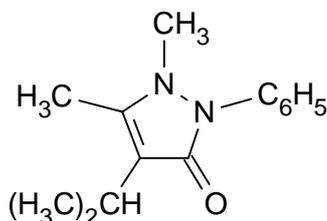
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.a.	<0,5 (~ 70 %)	0,5-1 (0 %)	<0,5 (0 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 75 %)	<0,5 (~ 75 %)	<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 75 %)

10.2.47 PROPYPHENAZON

CAS Nr.: 479-92-5



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 103° C

Kristalle von bitterem Geschmack

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Propyphenazon ist die freie internationale Kurzbezeichnung für das Antipyretikum und Analgetikum (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 84: Propyphenazon: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate

ZULAUF:

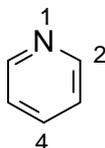
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 60 %)	<0,5 (~ 30 %)	<0,5 (~ 15 %)	0,5 (~ 45 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 85 %)	<0,5 (~ 45 %)	<0,5 (~ 15 %)	<0,5 (~ 50 %)

10.2.48 PYRIDINCAS Nr.: 110-86-1Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 17° C, Siedepunkt 115° C

Leicht entzündlich, gesundheitsschädlich

WGK 2

MAK: 5 ppm oder 15 mg/m³Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Pyridin wird als Lösungsmittel in der Leder- und Baumwollindustrie verwendet und zur Synthese von Piperidin, Alkaloiden, Farbstoffen, Nikotinsäuren, Vitaminen, Arzneimitteln, Desinfektionsmitteln, Herbiziden, Insektiziden, usw. eingesetzt. Es ist im Steinkohlenteer und in Ölen bituminöser Schiefer enthalten (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 85: Pyridin: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

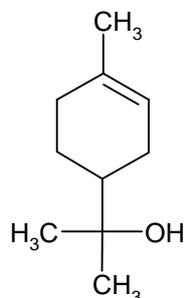
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Median	Mittelwert
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,7	1	0,4	0,3	0,6	0,6

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.49 α -TERPINEOLCAS Nr.: 10482-56-1Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 193° C, Siedepunkt 217 – 218° C

Reizend, brennbar

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

α -Terpineol wird in Parfüms (der Duft von Terpeneol erinnert an Flieder) eingesetzt (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 86: α -Terpineol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

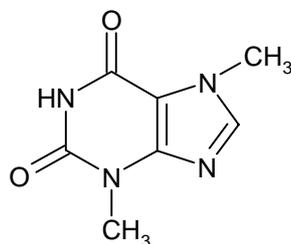
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 95 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.50 THEOBROMINCAS Nr.: 83-67-0Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Gesundheitsschädlich

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Theobromin ist das Hauptalkaloid des Kakaos. Therapeutisch wurde Theobromin zur Ausschwemmung von Ödemen, zur Anregung des Kreislaufs und der Herztätigkeit, und als Vasodilator gegen Durchblutungsstörungen verwendet (siehe auch Diskussion, Kapitel 10.3).

Tabelle 87: Theobromin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1-5	1-5	1-5	<0,5

MITTE:

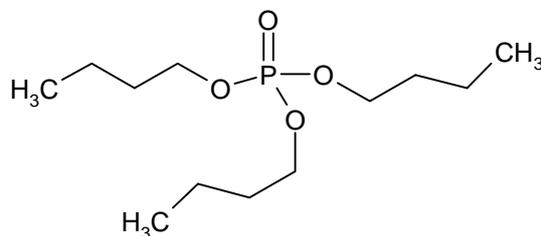
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 95 %)	0,5-1 (~ 65 %)	<0,5 (~ 70 %)	<0,5 (~ 70 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	<0,5 (~ 95 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.2.51 TRIBUTYLPHOSPHAT

CAS Nr.: 126-73-8



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 146° C, Siedepunkt 289° C

Gesundheitsschädlich, im Tierversuch teratogen

WGK 2

Reizwirkung auf Haut und Schleimhäute

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Tributylphosphat wird als Weichmacher für Celluloid, Nitrocelluloselacke und Kunststoffen verwendet und als Extraktionsmittel bei der Isolierung von Seltenerdmetallen und bei der Aufarbeitung von Kernbrennstoffen eingesetzt.

Tabelle 88: Tributylphosphat: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

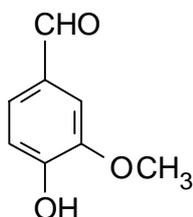
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
0,5-1	0,5-1	0,5-1	0,5-1

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 85 %)	<0,5 (0 %)	<0,5 (~ 85 %)	<0,5 (~ 50 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 90 %)	<0,5 (~ 25 %)	<0,5 (~ 90 %)	<0,5 (~ 70 %)

10.2.52 VANILLIN (4-HYDROXY-3-METHOXY-BENZALDEHYD)CAS Nr.: 121-33-5Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 80 –83° C, Siedepunkt ~ 285° C

Gesundheitsschädlich

WGK 1

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Vanillin dient anstelle der teuren natürlichen Vanille in großem Umfang als Gewürz in Schokolade, Süßwaren, Likören, Backwaren u.a. süßen Lebensmitteln sowie zur Herstellung von Vanillezucker.

Tabelle 89: Vanillin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

MITTE:

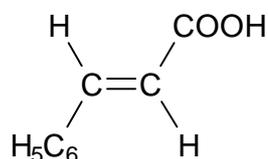
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 85 %)	<0,5 (~ 25 %)	<0,5 (~ 60 %)	<0,5 (~ 55 %)

ABLAUF:

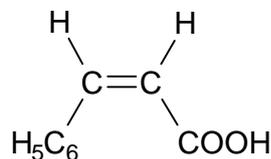
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5 (~ 95 %)	<0,5 (~ 70 %)	<0,5 (~ 25 %)	n.n. (100 %)

10.2.53 ZIMTSÄURE (3-Phenylpropensäure)

CAS Nr.: 621-82-9



trans-Z.=*(E)*-Z.



cis-(*allo*-)Z.=*(Z)*-Z.

Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Flammpunkt 160° C, Schmelzpunkt 131 –134° C, Siedepunkt 300° C

Reizend

WGK 1/2

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Zimtsäure wird zur Herstellung von Zimtsäureester, Pharmaka und Hydrozimtsäure verwendet. Sie wird als Additiv in Kunststoffen, als Lichtschutzmittel und UV-Absorber, zur Herstellung von Polyvinylcinnamat eingesetzt und dient als lichtempfindliche Masse für Photoresists im Offsetdruck und Elektrophotographie.

Tabelle 90:Zimtsäure: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate

ZULAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<0,5	<0,5	<0,5	n.n.

MITTE:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

ABLAUF:

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)	n.n. (100 %)

10.3 Diskussion einiger ausgewählter halbflüchtiger Verbindungen

Im Screening auf halbflüchtige Verbindungen konnten unter anderem Inhaltsstoffe von Arzneimitteln, Pflanzenschutzmitteln, Lösungsmitteln, Reinigungsmitteln und Kosmetika identifiziert werden. Im Kapitel 9 wurden schon einige wichtige Schadstoffgruppen und deren Metaboliten diskutiert, hier sollen weitere im Zu- und Ablauf identifizierte Inhaltsstoffe anhand der vorliegenden Ergebnisse kurz interpretiert werden.

4-Acetylaminoantipyrin (siehe auch Propyphenazon):

Diese Substanz ist wahrscheinlich ein Abbauprodukt der fiebersenkenden, krampflösenden und schmerzstillenden Phenazon- und Pyrazolidin-3,5-dion-Derivate. In Österreich sind Phenazon (Antipyrin), Propyphenazon und Metamizol als Schmerzmittel-Wirkstoffe zugelassen. Der Wirkstoff Aminophenazon (Aminopyrin, Amidopyrin) ist in Österreich nicht mehr in Verwendung.

Metamizol wird auch in der Veterinärmedizin eingesetzt und zwar zur Kolikbekämpfung beim Rind, Pferd und Schwein.

Der Metabolit wird in der Kläranlage offensichtlich nicht vollständig abgebaut (geschätzte Abbauraten: 30 bis 75 %). Die Zu- und Ablaufkonzentrationen lagen im selben Bereich um etwa 0,5 µg/l. Eine Belastung des Vorfluters mit Metaboliten von Phenazonderivaten ist daher wahrscheinlich.

N-Butylbenzosulfonamid:

Sulfonylharnstoff- und Sulfonamid-Derivate werden in der Medizin als orale Antidiabetika und als Antibiotika eingesetzt. Auch in der Landwirtschaft kommen die hochwirksamen Sulfonylharnstoffderivate als Herbizidwirkstoffe zum Einsatz.

Die gefundenen Konzentrationen im Zulauf bewegten sich im Bereich von 1 bis 5 µg/l. Die Substanz wird offensichtlich nicht vollständig abgebaut (geschätzte Abbauraten: 80 bis 90 %).

Carbamazepin:

Ist das am häufigsten eingesetzte Antiepileptikum (1997: > 6.000 kg) in Österreich.

Nur 2-3 % der verabreichten Dosis werden unverändert im Urin ausgeschieden. Als Primärmetabolit wird das pharmakologisch aktive Carbamazepin-10,11-Epoxid gebildet.

Hauptmetabolit des Dibenzazepin-Derivats ist beim Menschen das aus dem 10,11-Epoxid gebildete trans-Diol-Derivat. Weitere Produkte der Biotransformation sind verschiedene monohydroxilierte Verbindungen sowie das N-Glukuronid von Carbamazepin (Quelle: Novartis Pharma, Wien).

In Deutschland wurde dieser Wirkstoff bereits in zahlreichen Kläranlagenabläufen und in Oberflächengewässern (100 bis 200 ng/l) nachgewiesen. Carbamazepin wird in kommunalen Kläranlagen nur zu einem geringen Teil abgebaut (siehe UBA REPORT-162). Dies ist offensichtlich auch in der gegenständlichen Kläranlage der

Fall, da das Antiepileptikum sowohl im Zu- und Ablaufwasser in Konzentrationen $< 0,5 \mu\text{g/l}$ gefunden wurde.

Chlorkresole, Kresole:

Kresole unterteilt man in 2-Kresole (o-Kresol), 3-Kresole (m-Kresol) und 4-Kresole (p-Kresol), je nach Stellung der Methylgruppe am Phenol.

Diese Methylphenol-Verbindungen werden aufgrund ihrer bakteriziden Wirkung in Desinfektionsmitteln eingesetzt. Das Haupteinsatzgebiet ist die Flächen- und Instrumentendesinfektion. Die Konzentrationen im Zulauf lagen unter $1 \mu\text{g/l}$. Im Ablauf waren diese Phenol-Derivate nicht mehr nachweisbar.

2,4-Dichlorphenol:

Dieses im Zulauf nur in geringer Konzentration ($< 0,1 \mu\text{g/l}$) gefundene Phenol-Derivat könnte ein Abbauprodukt des Herbizids 2,4-D, eine phytotoxische Phenoxyessigsäure, sein.

Der Wirkstoff 2,4-D (2,4-Dichlorphenoxy-essigsäure) wird auch in Österreich als Herbizid eingesetzt. In der Landwirtschaft wird es als Getreideherbizid und im nichtlandwirtschaftlichen Bereich als Unkrautvernichter im Rasen verwendet. 1997 wurden in Österreich ca. 115.000 kg des Herbizids 2,4-D verbraucht.

Diethyltoluamid (DEET):

Diese Substanz wurde als Insekten-Repellent, auch auf der menschlichen Haut, zur Fliegen und Mückenabwehr eingesetzt. Ob die sowohl im Zu- als auch im Ablauf der Pilotkläranlage gefundenen DEET-Konzentrationen ($< 0,5 \mu\text{g/l}$) aus dieser Anwendung stammen, ist allerdings fraglich.

Ethylendiglykol, Ethylenglykolmonobutylether:

Diese Substanzen sind Hauptbestandteile der meisten im Handel befindlichen Frostschutzmittel für Autokühler und Autoscheibenenteiser. Auch in diversen Autopflegemitteln und in Bremsflüssigkeiten können sie enthalten sein. Für den Menschen sind Ethylenglykol-Verbindungen oral giftig, wobei zentralnervöse Symptome (Krämpfe, Koma) im Vordergrund stehen. Im Zulauf fanden sich Konzentrationen bis $> 10 \mu\text{g/l}$. In der untersuchten Kläranlage wurden diese Glykol-Verbindungen weitgehend abgebaut, aber offensichtlich nicht immer vollständig (mindestens zu etwa 90 %).

Koffein (1,3,7-Trimethyl-xanthin) und Theobromin (3,7-Dimethyl-xanthin):

Das Xanthinderivat Koffein ist in Kaffee, Tee (50 bis 150 mg/Tasse) und vielen Erfrischungsgetränken (bis 150 mg/l) enthalten. Koffein ist auch Bestandteil zahlreicher Schmerzmittel.

Die Konzentrationen im Zulauf sind mit einem Medianwert von 63,5 µg/l durchaus beachtlich. Das Koffein wird zwar in der Kläranlage zum größten Teil abgebaut (bis 99 %), dennoch konnten im Ablauf Koffeinkonzentrationen bis 2 µg/l festgestellt werden.

Untersuchungen aus Deutschland belegen, daß Koffein als ein ubiquitärer Wasserkontaminant angesehen werden muß. In deutschen Flüssen wurden Spitzenwerte von > 1 µg/l Koffein detektiert (siehe UBA-REPORT 162).

Theobromin, wichtigstes Alkaloid der Kakaobohne, wurde im Zulauf der Kläranlage in weit geringerer Konzentration (bis 5 µg/l) als das Xanthinderivat Koffein gefunden. Ein vollständiger Abbau in der Kläranlage ist wahrscheinlich. Medizinisch wird Theobromin kaum mehr eingesetzt. In Österreich ist nur ein einziges theobrominhaltiges Arzneimittel, zur Behandlung von Herzbeschwerden, zugelassen.

Das im Tee vorkommende **Theophyllin** (1,3-Dimethyl-xanthin) wurde mittels Screening nicht erfaßt.

Nikotin:

Tabak enthält ca. 1,5 % wasserlösliches Nikotin. Diese Substanz ist das pharmakologisch wichtigste Alkaloid in der Tabakpflanze. Etwa 10 % des Nikotins werden unmetabolisiert mit dem Urin ausgeschieden. Der überwiegende Teil wird in der Leber metabolisiert.

Nach einer Abschätzung von GARTISER (1999) wird die mittlere Nikotinkonzentration im Zulauf deutscher Kläranlagen auf 2,5 µg/l geschätzt. In Oberflächengewässern sind Konzentrationen von 50 bis ca. 450 ng/l zu erwarten (ohne Berücksichtigung von Eliminationsfaktoren). Nikotin gilt als leicht biologisch abbaubar. Die Elimination in kommunalen Kläranlagen soll, nach Angaben dieses Autors, mindestens 90 % betragen.

Im Zulauf der untersuchten Pilot-Kläranlage wurde 1 bis 5 µg/l Nikotin gefunden. Die Abbaurate wird auf 95 % geschätzt (Ablaufkonzentration: < 0,5 µg/l). Diese Befunde sind somit im Einklang mit den Kalkulationen von GARTISER (1999).

Pentachlorphenol (PCP):

Erstaunlich ist der Nachweis von PCP in Konzentrationen um 0,1 µg/l im Zulauf der Kläranlage. Im Ablaufwasser gelang der Nachweis nicht. Aufgrund der lipophilen Eigenschaften dieses polychlorierten Kohlenwasserstoffes ist anzunehmen, daß der überwiegende Teil des PCPs im Klärschlamm gebunden wird.

PCP besitzt bakterizide, fungizide und herbizide Eigenschaften. Weit verbreitet war der Einsatz von PCP in Holzschutzmitteln. Aufgrund der fungiziden und konservierenden Eigenschaften wurde/wird PCP auch in der Textil- und Lederindustrie, in der Papierproduktion und zur Herstellung von Farb- und Klebstoffen verwendet.

In Österreich ist die Herstellung, das Inverkehrsetzen und die Verwendung von Pentachlorphenol (PCP) und von Pentachlorphenol -Natrium sowie sonstigen Pentachlorphenolsalzen und -verbindungen verboten (BGBl. 58/1991). Mögliche Kontaminationsquellen könnten jedoch PCP-hältige Holz-, Textil- und Lederprodukte sein. Durch die Weiterverarbeitung oder Gebrauch dieser Produkte in Österreich, ist es denkbar, daß PCP-Reste in die Kläranlage gelangen.

Pentoxifyllin:

Pentoxifyllin ist ein häufig in der Humanmedizin verwendeter Wirkstoff. Es kommt vor allem zur Behandlung peripherer, aber auch zerebraler Durchblutungsstörungen zum Einsatz. Pentoxifyllin verbessert die Verformbarkeit der Erythrozyten und vermindert die Thrombozyten-Aggregation. Pentoxifyllin wird zu einem überwiegenden Teil in der Leber metabolisiert und anschließend renal eliminiert. Der Verbrauch an diesem Vasodilatator in Österreich betrug 1997 ca. 18.000 kg. In Deutschland wurde diese Substanz sowohl in Fließgewässern als auch in Kläranlagenabläufen nachgewiesen (siehe UBA-REPORT 162).

Die Zulaufkonzentration dieses Arzneimittelwirkstoffes lag im Bereich $< 0,5 \mu\text{g/l}$. Die Abbaurate wird auf 40 bis 100 % geschätzt. Pentoxifyllin wird in der gegenständlichen Kläranlage offensichtlich nicht immer vollständig abgebaut. Eine Vorfluterbelastung mit dieser Substanz ist daher nicht auszuschließen.

Phenol:

Die weltweite jährliche Produktionsmenge wird auf 4 Millionen t/a (1994) geschätzt. Phenol ist Ausgangssubstanz zahlreicher Produktgruppen wie Phenolharze, Kunststoffe (Bisphenol A), Desinfektionsmittel usw.. Weiters ist es Bestandteil von Steinkohlenteer und entsteht auch bei der unvollständigen Verbrennung von Kraftstoffen (RIPPEN, 1995).

Phenol gilt als biologisch leicht abbaubar (aerober Abbau in Kläranlagen $> 90 \%$). Die Phenolkonzentrationen im Zulauf bewegten sich im Bereich von $0,9$ bis $11 \mu\text{g/l}$ (Median: $4,5 \mu\text{g/l}$). Im Ablauf der Kläranlage war Phenol nicht oder nur in geringer Konzentration ($< 0,2 \mu\text{g/l}$) nachweisbar. Da der Abbau von Phenol auch in Oberflächenwasser sehr rasch und vollständig erfolgen soll, sind relevante Vorfluterbelastungen mit dieser Substanz eher unwahrscheinlich.

2-Phenoxyethanol, 1-Phenoxypropan-2-ol, Phenylethanol:

Diese Verbindungen werden als Lösungsmittel und als Bestandteil von Desinfektionsmitteln verwendet. Ihre Zulaufkonzentrationen sind, bis auf Phenylethanol, durchaus beträchtlich. Für 1-Phenoxypropan-2-ol wurde ein Medianwert von $38 \mu\text{g/l}$, für 2-Phenoxyethanol ein Median von $22 \mu\text{g/l}$ festgestellt. Alle drei Substanzen können im Ablauf nicht oder nur mehr in geringen Konzentrationen (1-Phenoxypropan-2-ol: $0,2$ bis $1 \mu\text{g/l}$; 2-Phenoxyethanol: n.n. bis $0,2 \mu\text{g/l}$) nachgewiesen werden. Diese Substanzen werden offensichtlich in der Kläranlage weitgehend abgebaut, wobei anzunehmen ist, daß in Fließgewässern ebenfalls eine rasche Mineralisation erfolgt.

Propyphenazon (Iso-Propylphenazon):

Propyphenazon, ein Pyrazolderivat, gehört zur Substanzklasse der Phenazone. Dazu zählen noch die Wirkstoffe Phenazon (1997: 832 kg), Aminophenazon (in Österreich nicht zugelassen) und Metamizol (1997: 4.020 kg).

Dieses Analgetikum (Schmerzmittel) wird in Österreich in hohen Mengen (ca. 12.000 kg im Jahr 1997) verbraucht. Derzeit sind 31 Arzneispezialitäten mit Propyphenazon zugelassen (Quelle: AUSTRIA-CODEX 1999).

Propyphenazon wird in der Leber metabolisiert und als Glucuronid bzw. als Sulfat im Urin ausgeschieden.

Phenazon, Ausgangssubstanz der Phenazonderivate und wahrscheinlicher Metabolit des Isopropyl-Derivats Propyphenazon, wurde in deutschen Fließgewässern mit Maximalwerten bis ca. 1 µg/l detektiert (siehe UBA-REPORT 162).

Im Zulauf der Pilotkläranlage konnte das Analgetikum in Konzentrationen < 0,5 µg/l nachgewiesen werden. Es wird in der Kläranlage offensichtlich nicht vollständig abgebaut (geschätzte Abbaurate: 15 bis 85 %). Eine Belastung des Vorfluters mit dieser Substanz ist daher nicht auszuschließen.

Pyridin:

Pyridin, auch Azabenzol genannt, ist Bestandteil von Steinkohlenteer und entsteht bei der Verbrennung von Kohle. Es wird als Lösungsmittel eingesetzt und zur Synthese zahlreicher Chemikalien (Pharmaka, Pestizide, Vitamine, Textilhilfsmittel usw.) verwendet.

Pyridin (Konzentrationsbereich im Zulauf: 0,3 bis 1 µg/l) wird in Kläranlagen aerob und anaerob vollständig abgebaut bzw. mineralisiert. Im Ablauf der Kläranlage konnte daher diese Substanz nicht mehr nachgewiesen werden.

Terpene (Campher, Menthol, Terpeneol):

In den Zulaufproben wurde Terpeneol und Menthol in Konzentrationen < 0,5 µg/l bzw. im Konzentrationsbereich zwischen 0,5 und 1 µg/l gefunden. Die Campher-Konzentrationen im Zulauf lagen zwischen 4 und 5 µg/l.

Terpene, Isopren-Derivate, werden in Reinigungsmitteln in Form von ätherischen Ölen zugesetzt. Weiters sind sie in zahlreichen Lebens- und Arzneimitteln enthalten.

Alle drei Substanzen waren bereits in der Mitte der Kläranlage zum Großteil abgebaut und konnten im Ablauf nicht mehr nachgewiesen werden. Vorfluterbelastungen mit diesen Substanzen sind somit unwahrscheinlich.

11 PROBENAHE UND PROBENAUFBEREITUNG / KLÄRSCHLAMM

11.1 Auswahl der Probenahmestellen

Aufgrund der zweistufigen Konstruktion der Pilotkläranlage wurden zwei Probenahmestellen ausgewählt. Laut TU Wien und UTW Wien betragen die Schlammbelastungen zum Zeitpunkt der Probenahmen rund 0,1 bis 0,2 % in der ersten Stufe und rund 0,3 % in der zweiten Stufe. Da es aus technischen Gründen nicht möglich war, eingedickte Proben nach der Zwischenklärung bzw. nach der Nachklärung zu ziehen, mußte ein Weg gefunden werden, die für die Analytik notwendige Menge Trockensubstanz zu erhalten. Als einzig gangbarer Weg erschien die Entnahme aus den Belebungsbecken und die Gewinnung des Klärschlammes durch Absetzen und Dekantieren des überschüssigen Wassers. Durch diese Anreicherung konnte die Menge an Naßschlamm für die Lyophilisation bedeutend reduziert werden.

Da das Schlammalter in der Pilotkläranlage fünf Tage beträgt, wurden zwei Probenahmen im Abstand von sechs Tagen durchgeführt, um Analyseergebnisse von zwei verschiedenen Schlammgenerationen zu erhalten.

Die Pilotkläranlage war zum Zeitpunkt der Probenahmen im Bypassbetrieb geführt.

11.2 Probenahme und Probenaufbereitung

Zwei Probenahmen wurden durchgeführt, wobei jeweils ca. 60 Liter (ca. 65 kg; entsprechend 130 g TS bei 0,2 %) pro Belebungsbecken entnommen wurde und in tarierten Glasgefäßen in das Umweltbundesamt gebracht wurde. Dort wurde der Klärschlamm im Kühlraum (+4° C) über Nacht absetzen gelassen, das überstehende Wasser dekantiert und der eingedickte Schlamm ausgewogen (siehe Tabelle 91) und zur Lyophilisation vorbereitet.

Tabelle 91: Probenbezeichnung, Probenahmestelle und Datum

Probe	Probenahmestelle	Probenahmedatum	Probenahmewicht [kg]	eingedickt [kg]
Probe 1	1. Belebungsstufe	30. November 1999	65,748	4,788
Probe 2	2. Belebungsstufe	30. November 1999	66,300	11,421
Probe 3	1. Belebungsstufe	6. Dezember 1999	65,116	12,657
Probe 4	2. Belebungsstufe	6. Dezember 1999	66,375	17,240

Es wurden für die Probenahmen ausschließlich Glasgefäße verwendet, da bei Verwendung von Kunststoffen die Gefahr bestanden hätte, daß Blindwerte u.a. durch Weichmachersubstanzen eingeschleppt werden.

11.2.1 Probenaufbereitung

Die eingedickten Proben wurden in tarierten Metallschalen¹ eingewogen und im Tiefkühler bei minus 18° C eingefroren. Es wurde darauf geachtet, daß nicht mehr als 1.500 g Naßschlamm pro Tasse eingewogen wurde, um die Lyophilisation so rasch und effizient als möglich durchführen zu können. Die Proben wurden in weiterer Folge bis zur Gewichtskonstanz lyophilisiert, ausgewogen und in der Planetenmühle auf eine Korngröße kleiner 0,1 mm vermahlen. Bis zur Analyse wurden sie bei minus 18° C gelagert. Die übrige Menge an lyophilisiertem Schlamm wurde als Rückstellprobe bei minus 70° C gelagert.

¹ Ausnahme: zur Vermeidung von Blindwerten wurde für die Gruppe „Elemente“ eine Kunststoffschale verwendet.

12 METHODENKURZBESCHREIBUNGEN / KLÄRSCHLAMM

Die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen werden in der folgenden Tabelle 92 aufgelistet:

Tabelle 92: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten Analyte

Parameter	Dim.	NG	BG
ORGANISCHE SUMMENPARAMETER			
TOC und TC	%	-	0,1
Kjeldahl Stickstoff	%	-	0,1
AOX	mg/kg TS	-	25
KATIONEN			
Natrium	mg/kg TS	-	4,0
Calcium	mg/kg TS	-	25
Kalium	mg/kg TS	-	7,0
ELEMENTE			
Aluminium	mg/kg TS	-	2,0
Arsen	mg/kg TS	-	0,5
Barium	mg/kg TS	-	0,3
Blei	mg/kg TS	-	0,04
Bor	mg/kg TS	-	2,0
Cadmium	mg/kg TS	-	0,07
Chrom	mg/kg TS	-	3,0
Cobalt	mg/kg TS	-	0,03
Eisen	mg/kg TS	-	3,0
Kupfer	mg/kg TS	-	0,2
Nickel	mg/kg TS	-	0,1
Molybdän	mg/kg TS	-	0,003
Quecksilber	mg/kg TS	-	0,02
Platin	mg/kg TS	-	0,003
Silber	mg/kg TS	-	1,0
Vanadium	mg/kg TS	-	1,8
Zink	mg/kg TS	-	0,4
Zinn	mg/kg TS	-	0,03

Fortsetzung Tabelle 92: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten Analyte im Klärschlamm

Parameter	Dim.	NG	BG
INHALTSSTOFFE VON WASCH- UND REINIGUNGSMITTELN UND DEREN METABOLITEN			
LAS	mg/kg TS	0,016	0,034
Nonylphenol	mg/kg TS	0,05	0,1
Octylphenol	mg/kg TS	0,005	0,01
NP1EO	mg/kg TS	0,25	0,5
NP2EO	mg/kg TS	0,25	0,5
WICHTIGE INDUSTRIECHEMIKALIEN			
Dimethylphthalat	mg/kg TS	0,08	0,17
Diethylphthalat	mg/kg TS	0,07	0,14
Dibutylphthalat	mg/kg TS	0,09	0,18
Butylbenzylphthalat	mg/kg TS	0,40	0,80
Di-(2-ethylhexyl)-phthalat	mg/kg TS	0,07	0,15
Dioctylphthalat	mg/kg TS	0,07	0,14
Bisphenol A,F	mg/kg TS	0,005	0,01
Monobutyl-Sn-Kation	mg/kg TS	0,005	0,010
Dibutyl-Sn-Kation	mg/kg TS	0,035	0,07
Tributyl-Sn-Kation	mg/kg TS	0,025	0,05
Tetrabutyl-Sn-Kation	mg/kg TS	0,025	0,05
SCREENINGUNTERSUCHUNGEN			
EPA Screening auf halbfüchtige Verbindungen	mg/kg TS	-	0,05

12.1 Bestimmung der TS 105° C

- Einwaage des lyophilisierten Klärschlammes in eine tarierte Schale
- Trocknung bei 105° C ± 2° C bis zur Gewichtskonstanz

12.2 Bestimmung des Glühverlustes

- Glühen der Probe bei 550° C bis zur Gewichtskonstanz

12.3 Bestimmung des Total Carbon (TC) und Total Organic Carbon (TOC)

- TC: coulometrische Detektion von CO₂ nach Verbrennung der Probe bei 1.300° C
- IC (Inorganic Carbon): gasvolumetrische Detektion von CO₂ nach Freisetzung aus der Probe durch HCl
- Bestimmung des TOC als Differenz von TC – IC

12.4 Bestimmung des Kjeldahl Stickstoffs (TKN)

- Aufschluß der Probe mit Schwefelsäure und Selenkatalysator
- Wasserdampfdestillation des gebildeten Ammoniaks
- NH₃ Bestimmung durch potentiometrische Titration

12.5 Bestimmung des AOX

- Versetzen der lyophilisierten Probe mit halogenidfreier salpetersaurer Nitratlösung
- Zugabe von Aktivkohle und Filtration
- Verbrennung des Filtrerrückstandes bei 950° C im Sauerstoffstrom und mikrocoulometrische Detektion des gebildeten Halogenidions

12.6 Analytik der Kationen

- Aufschluß mit Königswasser
- Bestimmung mittels ICP-MS

12.7 Analytik der Elemente

- Aufschluß der Probe mit Königswasser
- Bestimmung mit ICP-MS

12.8 Analytik der LAS

- Extraktion der Probe mit einer methanolischen Kaliumhydroxidlösung
- Anreicherung der Probe durch eine Festphasenextraktion
- Elution mit Methanol
- Eindampfen zur Trockene am Rotationsverdampfer
- Aufnahme des Rückstandes in Methanol
- flüssigchromatographische Trennung und Analyse mit UV-Detektion

12.9 Analytik von Nonyl- und Octylphenol, Bisphenol A und Bisphenol F

- Extraktion der Probe mit Dichlormethan
- Derivatisierung mit Acetanhydrid
- Anreicherung durch eine Festphasenextraktion
- Einengung und Lösungsmitteltausch durch Isooctan
- Kapillargaschromatographie mit massenselektiver Detektion nach der internen Standardmethode

12.10 Analytik von Nonylphenolmono- und -diethoxylat (NP1EO, NP2EO)

- Extraktion der Probe mit Dichlormethan
- Einengung des Extraktes am Stickstoffkonzentrator
- Lösungsmitteltausch mit n-Hexan
- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie mit Fluoreszenzdetektion

12.11 Analytik der Phthalate

- Extraktion mit n-Hexan/Ethylacetat
- Extraktreinigung über Aluminiumoxid
- Bestimmung mittels Gaschromatographie und Flammenionisations-Detektor nach der internen Standardmethode
- Qualitative Absicherung mittels Gaschromatographie und massenselektiver Detektion in Niederauflösung

12.12 Analytik der Organozinnverbindungen

- Extraktion mit konz. Essigsäure
- Derivatisierung mit Natriumtetraethylborat
- Extraktion mit Isooctan
- Kapillargaschromatographie und massenselektive Detektion

12.13 EPA Screening auf halbflüchtige Verbindungen

- Mehrstufige Extraktion der Probe
- Einengung des Lösungsmittels
- gelpermeationschromatographische Reinigung
- Kapillargaschromatographie und massenselektive Detektion
- Identifizierung der Substanzen anhand ihrer Retentionszeiten und computerunterstützter Vergleich der Massenspektren mit kommerziell erhältlichen Spektrenbibliotheken

13 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE / KLÄRSCHLAMM

Die Untersuchungsergebnisse sind in den folgenden Tabellen dargestellt. Da nur zwei Probenahmen durchgeführt wurden, wurden keine Kenngrößen (*Minimum, Maximum, Median* und *Mittelwert*) berechnet.

Bei der Angabe der Untersuchungsergebnisse wurden die Werte im Wesentlichen nach folgendem Schema gerundet:

Werte <1 wurden auf 3 Kommastellen angegeben, wie 0,358

Werte >1 und <10 wurden auf 2 Kommastellen angegeben, wie 8,46

Werte >10 und <100 wurden auf 1 Kommastelle angegeben, wie 10,5

Werte >100 und <1.000 wurden als ganze Zahlen angegeben, wie 436

Tabelle 93: Ergebnisse / Klärschlamm

Parameter	Dim.	1. Probenahme		2. Probenahme	
		1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
ORGANISCHE SUMMENPARAMETER					
TS 105° C	%	91,5	91,2	91,8	89,6
Glühverlust	%	76,2	70,6	79,1	71,8
TC	%	40,1	35,3	39,8	34,9
TOC	%	39,9	35,0	39,7	34,7
Kjeldahl Stickstoff	%	6,7	7,2	8,2	7,6
AOX	mg Cl/kg TS	110	141	92	119
KATIONEN					
Natrium	mg/kg TS	4.393	7.303	6.536	7.533
Calcium	mg/kg TS	25.399	28.180	22.124	26.674
Kalium	mg/kg TS	5.268	6.875	5.871	6.305
Magnesium	mg/kg TS	4.503	6.129	4.793	6.060
ELEMENTE					
Aluminium	mg/kg TS	10.284	10.384	7.734	7.623
Arsen	mg/kg TS	2,1	3,6	2,2	3,5
Barium	mg/kg TS	262,7	274,3	183,2	205,1
Blei	mg/kg TS	48,71	47,09	38,53	37,87
Bor	mg/kg TS	40,9	54,3	43,3	63,0

Fortsetzung Tabelle 93: Ergebnisse / Klärschlamm

Parameter	Dim.	1. Probenahme		2. Probenahme	
		1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Fortsetzung ELEMENTE					
Cadmium	mg/kg TS	2,01	1,64	1,36	1,32
Chrom	mg/kg TS	42,0	57,7	35,3	50,9
Cobalt	mg/kg TS	2,42	3,86	2,59	3,87
Eisen	mg/kg TS	54.678	93.607	45.163	91.038
Kupfer	mg/kg TS	173,1	202,5	191,0	187,3
Nickel	mg/kg TS	25,1	34,4	19,0	29,4
Molybdän	mg/kg TS	3,963	5,201	4,720	4,714
Quecksilber	mg/kg TS	1,02	0,95	0,85	0,81
Platin	mg/kg TS	0,017	0,019	0,010	0,018
Silber	mg/kg TS	20,5	19,1	14,6	15,9
Vanadium	mg/kg TS	3,0	5,7	2,6	4,4
Zink	mg/kg TS	742,4	595,1	520,5	485,1
Zinn	mg/kg TS	14,32	15,10	13,45	17,40
INHALTSSTOFFE VON WASCH- UND REINIGUNGSMITTELN UND DEREN METABOLITEN					
LAS	mg/kg TS	4.218	149	3.914	652
Nonylphenol	mg/kg TS	5,53	2,98	5,83	2,92
Octylphenol	mg/kg TS	0,139	0,912	0,106	0,039
Nonylphenolmonoethoxylat	mg/kg TS	15,71	5,26	30,54	7,73
Nonylphenoldiethoxylat	mg/kg TS	16,80	8,89	12,52	5,77

Fortsetzung Tabelle 93: Ergebnisse / Klärschlamm

Parameter	Dim.	1. Probenahme		2. Probenahme	
		1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
WICHTIGE INDUSTRIECHEMIKALIEN					
Dimethylphthalat	mg/kg TS	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diethylphthalat	mg/kg TS	<0,14	< 0,14	< 0,14	<0,14
Dibutylphthalat	mg/kg TS	0,19	<0,18	< 0,18	<0,18
Butylbenzylphthalat	mg/kg TS	< 0,80	n.n.	n.n.	n.n.
Di-(2-ethylhexyl)phthalat	mg/kg TS	24,9	31,2	34,4	23,4
Dioctylphthalat	mg/kg TS	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bisphenol A	mg/kg TS	0,811	0,229	0,165	0,163
Bisphenol F	mg/kg TS	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
ORGANOZINNVERBINDUNGEN					
Monobutyl-Sn-Kation	mg/kg TS	0,12	0,14	0,16	< 0,10
Dibutyl-Sn-Kation	mg/kg TS	0,09	0,08	0,11	< 0,07
Tributyl-Sn-Kation	mg/kg TS	n.n.	n.n.	0,19	n.n.
Tetrabutylzinn	mg/kg TS	0,1	n.n.	0,09	n.n.

n.n. ... nicht nachweisbar

14 DISKUSSION EINIGER ANALYSierter PARAMETER / KLÄRSCHLAMM

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse einzelner Parameter diskutiert, die Ergebnisse mit Daten aus der internationalen Literatur verglichen. Die Angaben der Klärschlammresultate erfolgt in Bezug auf den Feststoffanteil und wird in mg/kg Trockenmasse (Trockensubstanz, TS) angegeben. Sie ist der bei 105° C zur Gewichtskonstanz getrocknete Feststoffanteil der Klärschlammprobe.

14.1 AOX, TC, TOC, Kjeldahl-Stickstoff

Die Gehalte für die zwei Summenparameter AOX und Kjeldahl-Stickstoff liegen in für Klärschlamm typischen Größenordnungen (siehe UBA-M-095). Die TC- sowie die TOC-Gehalte sind gegenüber den damaligen Faulschlammuntersuchungen etwas erhöht, dies ist jedoch verständlich, da die anerobe Behandlung des Klärschlammes im Faulturn zu einem teilweisen Abbau organischer Substanzen führt.

14.2 Schwermetalle

Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Arsen, Cobalt und Molybdän liegen unter den jeweiligen österreichischen Klärschlammgrenz- bzw. -richtwerten, wiewohl es für Wien selbst keine rechtliche Bestimmung zur landwirtschaftlichen Verwertung von kommunalem Klärschlamm gibt, da Klärschlamm aus den beiden Wiener Großkläranlagen (Simmering und Blumental) zur Gänze verbrannt wird.

14.3 Lineare Alkylbenzolsulfonate LAS

Vergleich von Literaturdaten:

Untersuchungen aus dem Jahr 1986 von 29 ostschweizer Kläranlagen zeigen Meßwerte von 50 bis 11.900 mg LAS pro kg Trockensubstanz (GIGER, 1987). DRESCHER-KADEN (1989) berichteten über LAS Werte im Klärschlamm von Kläranlagen der Schweiz und Deutschland im Bereich von 15 bis 16.000 mg pro kg Trockensubstanz.

SCHNAAK et al. (1995) berichtet in Brandenburg von Klärschlammkonzentrationen häuslicher Abwässer zwischen 34 und 423 mg/kg TS (Median 52 mg/kg TS) und bei kommunalen Abwässern von 84 mg/kg TS im Median. Als Maximalwert wurden 913 mg/kg TS festgestellt.

In der vorliegenden Studie ermittelte Werte:

In der vorliegenden Untersuchung wurden Werte zwischen 149 mg/kg TS und 4.218 mg/kg TS ermittelt. Die zum Vergleich heranzuziehenden Werte sind jedoch die der ersten Klärstufe, da über diese der Klärschlamm abgezogen wird (4.218 und 3.914 mg/kg TS).

Diskussion:

Der oben genannte Bereich der ermittelten Werte ist genauer zu betrachten. Es handelt sich um zwei Belebungsstufen, die natürlich unterschiedliche Abbauergebnisse liefern. Stellt man die Ergebnisse der ersten Belebungsstufe der zweiten gegenüber (siehe Tabelle 93), so fällt auf, daß es in der ersten Stufe zu einer beachtlichen Anreicherung von LAS im Schlamm kommt. Der Schlamm der zweiten Belebungsstufe hingegen weist nur einen Bruchteil dessen auf. Somit wird über die erste Belebungsstufe ein Großteil der LAS über den Schlamm ausgeschieden.

Da LAS anaerob nicht abgebaut wird (z.B. Schlammfäulung), können diese Werte direkt mit jenen aus der Literatur verglichen werden. Es zeigt sich, daß die Ergebnisse dieser Studie in guter Übereinstimmung mit der internationalen Literatur sind. Die Werte von SCHNAAK (1995) liegen jedoch tiefer.

Bilanziert man die Tagesfrachten an LAS über den Zu- und Ablauf, so erhält man die aus dem Wasser abgebaute LAS-Fracht (~350 g/d). Aus den Stoffstromdaten für den Klärschlamm läßt sich die sorbierte LAS-Fracht bestimmen (~65 g/d). Setzt man diese Daten zueinander in Relation, so läßt sich der Totalabbau der LAS abschätzen¹. Er beträgt rund 80 % und steht in guter Übereinstimmung mit dem von GIGER (1989) errechnetem Wert.

¹ es handelt sich tatsächlich nur um eine Abschätzung, da die selben Anlagenbedingungen für die Wasser- und Klärschlammprobenahme postuliert werden müssen!

14.4 Alkylphenole und Alkylphenoethoxylate

Vergleich von Literaturdaten:

Tabelle 94: Literaturdaten von Nonylphenol und Nonylphenoethoxylaten im Klärschlamm
(Konzentrationen in mg/kg TS)

Land	Klärschlamm [mg/kg TS]			Literatur
	NP	NP1EO	NP2EO	
Kanada	137 - 470	--	--	LEE & PEART, (1995)
Deutschland	130 - 400	5 - 40	≤ 3	KUNKEL, (1987)
Deutschland	22,1 – 1.193	--	--	JOBST, (1995)
Deutschland	90 – 1.300	--	--	ZELLNER & KALBFUS, (1997)
Italien	210	--	--	MARCOMINI et al., (1993)
Spanien	20 - 350	--	--	CHALAUX et al., (1994)
Spanien	400 – 1.200	20 - 190	1 - 50	WAHLBERG et al., (1990)
Schweiz	450 – 2.530	--	--	GIGER et al., (1984)
Schweiz	1.000	79	n.n.	AHEL & GIGER, (1985)
Schweiz	1.520 – 1.900	340 - 410	--	TSCHUI & BRUNNER, (1985)
Schweiz	150 – 2.200	--	--	GIGER et al., (1986)
Schweiz	1200	220	30	MARCOMINI & GIGER, (1987)
Schweiz	640 – 2.200	90 - 680	20 - 220	BRUNNER et al., (1988) MARCOMINI & GIGER (1986)
Großbritannien	256 – 824	--	--	SWEATMAN, (1994)
USA, N. Carolina	1,8 – 2,8	--	--	NAYLOR et al., (1992)
USA, L. Angeles	370	--	--	CHALAUX et al., (1994)

In der vorliegenden Studie ermittelte Werte:

In dieser Untersuchung wurden 5,53 bzw. 5,83 mg/kg TS in der ersten und 2,98 bzw. 2,92 mg/kg TS in der zweiten Belebungsstufe an Nonylphenol gefunden. Octylphenol wurde mit 0,139 bzw. 0,106 mg/kg TS in der ersten und 0,912 und 0,039 mg/kg TS in der zweiten Stufe quantifiziert. NP1EO wurde mit 15,71 und 30,54 mg/kg TS in der ersten Stufe bzw. mit 5,26 und 7,73 mg/kg TS in der zweiten Stufe nachgewiesen. NP2EO wurde mit 16,80 und 12,52 mg/kg TS in der ersten Stufe und 8,89 und 5,77 mg/kg TS in der zweiten Stufe analysiert.

Diskussion:

Da es sich bei den vorliegenden Schlämmen um nicht stabilisierte Belebtschlämme handelt, ist der Vergleich von Nonylphenoethoxylaten und Nonylphenol interessant. Da die Ethoxylate anaerob zum Nonylphenol abgebaut werden, dieses aber nicht weiter metabolisiert wird, kommt es zu einer Anreicherung von Nonylphenol im Faulschlamm. Da die Schlämme dieser Untersuchung nicht anaerob stabilisiert wurden, ist ein deutliches Mehrverhältnis der Ethoxylate zum Nonylphenol bestimmt worden. Trotzdem sind die ermittelten Gehalte an NP1EO und NP2EO, die im wesentlichen die aeroben Abbauprodukte höherer Ethoxylate sind, im Vergleich mit der internationalen Literatur als gering einzustufen. Nonylphenol selber kann mit den Daten der Literatur aus den genannten Gründen nicht verglichen werden.

14.5 Phthalate

Vergleich von Literaturdaten:

Tabelle 95: Phthalate im Klärschlamm (Quelle: FURTMANN, 1993)

Parameter	Dim.	Konzentrationsbereich
Dimethylphthalat	mg/kg TS	941
Diethylphthalat	mg/kg TS	0,5 – 3.780
Dibutylphthalat	mg/kg TS	0,7 – 3.210
Butylbenzylphthalat	mg/kg TS	2 – 12.800
Di-(2-ethylhexyl)phthalat	mg/kg TS	3 – 58.300
Diocetylphthalat	mg/kg TS	0,7 – 2.610

In der vorliegenden Studie ermittelte Werte:

Nur Di-(2-ethylhexyl)phthalat konnte regelmäßig in allen vier Proben nachgewiesen werden. Die Werte bewegen sich zwischen 23,4 und 34,4 mg/kg TS. Diocetylphthalat und Dimethylphthalat konnten in keiner der vier Proben nachgewiesen werden, Dibutylphthalat wurde nur einmal positiv detektiert (0,19 mg/kg TS).

Diskussion:

Die untersuchten Klärschlammproben weisen Phthalatgehalte auf, die im Vergleich mit der internationalen Literatur als gering einzustufen sind. Die in Tabelle 95 zitierten Werte geben einen sehr großen Bereich an, der zu hinterfragen ist (SCHNAAK, 1993), da oft keine genauen (und daher nicht vergleichbaren) Angaben über die Analytik und die Einleiterstruktur der Kläranlagen gemacht wurden. WEISSER et al. (1992) berichtet von einer durchschnittlichen Belastung für Di-(2-ethylhexyl)phthalat von 131 mg/kg TS, und von 12 bzw. 1,9 mg/kg TS für Dibutylphthalat und Butylbenzylphthalat. Somit liegen die untersuchten Klärschlammproben unter den international gefundenen Werten, wobei Butylbenzylphthalat einmal, aber unter der Bestimmungsgrenze, nachgewiesen werden konnte.

14.6 Bisphenole

Vergleich von Literaturdaten:

Tabelle 96: Bisphenol A Werte im Klärschlamm (Quelle: WENZEL et al. 1998)

Parameter	Dim.	Anz. d. Proben	Min.	Max.	Median	MW
Bisphenol A, komm. Kläranlagen; <50.000 EW; keine Spitäler	µg/kg TS	16	8,8	777	172	236
Bisphenol A, komm. Kläranlage; >50.000 EW; mit Spitälern	µg/kg TS	7	137	855	356	392
Bisphenol A, komm. Kläranlage ohne Spitäler	µg/kg TS	9	21	1.360	176	293
Bisphenol A, indust. Kläranlage	µg/kg TS	1	370	370	-	-

In der vorliegenden Studie ermittelte Werte:

In dieser Untersuchung wurden für Bisphenol A Werte von 811 und 165 µg/kg TS in der ersten Belebungsstufe und 229 und 163 µg/kg TS in der zweiten Stufe ermittelt.

Diskussion:

Die ermittelten Bisphenole liegen in einer Größenordnung, die durch die Ergebnisse der internationalen Literatur bestätigt werden. Der Bisphenol A Gehalt, einer endokrin wirksamen Substanz, ist daher im Klärschlamm nicht zu unterschätzen. Nach LAS, NP, OP, NP1EO und NP2EO sowie einigen Phthalaten ist auch Bisphenol A in deutlich meßbaren Konzentrationen bestimmbar. Die Untersuchung des Klärschlammes auf Bisphenol F zeigte, daß bei der Bestimmungsgrenze von 0,01 mg/kg TS in keiner Probe Bisphenol F nachgewiesen werden konnte.

14.7 Organozinnverbindungen

Vergleich von Literaturdaten:

Organozinnverbindungen werden überwiegend an Schwebstoff-, Sediment- und Bodenpartikel adsorbiert (> 80 %). Eine massive Anreicherung in Sedimenten und im Klärschlamm ist die Folge. In Klärschlammproben aus 27 verschiedenen Kläranlagen in der Schweiz wurden TBT-Konzentrationen im Bereich von 0,05 bis 0,4 mg/kg TS nachgewiesen (BÄTSCHER et al., 1999).

Aus Klärschlammstudien in Deutschland (KALBFUS et al., 1989) und der Schweiz (FENT et al., 1991) geht hervor, daß die durchschnittlichen Belastungen von Klärschlämmen an Organozinnverbindungen kleiner 1 mg/kg TS betragen. SCHNAAK et al. (1995) fand in Untersuchungen in Brandenburger Klärschlämmen eine permanente Belastung mit Tributylzinn mit einem Höchstwert von 9,8 mg/kg TS. Als Einzugsgebiet für die Kläranlagen werden schiffahrtlich genutzte Gebiete angegeben; eine Erklärung für den Eintrag von Tributylzinn in den Klärschlamm konnte jedoch nicht gegeben werden.

In der vorliegenden Studie ermittelte Werte:

In der vorliegenden Studie wurden Monobutyl- und Dibutyl-Sn-Kation in drei Proben zwischen 0,12 und 0,16 mg/kg TS bzw. 0,08 und 0,11 mg/kg TS ermittelt. Tributyl-Sn-Kation wurde nur bei der 2. Probenahme in der 1. Stufe (0,19 mg/kg TS) und Tetrabutyl-Sn-Kation bei beiden Probenahmen in der ersten Stufe (0,1 bzw. 0,09 mg/kg TS) gefunden.

Diskussion:

Im Vergleich zur internationalen Literatur liegen die Gehalte der vier untersuchten Klärschlammproben in der gleichen Größenordnung. Spitzenwerte über 1 mg/kg TS konnten nicht festgestellt werden, was daran gelegen sein könnte, daß im Wiener Einzugsgebiet diese Substanzen seit 1991 nicht mehr eingesetzt werden dürfen (Antifoulingverbot, BGBl. 577/1990). Es ist trotzdem erstaunlich, daß sowohl Mono- als auch Dibutylzinn in den Wasser- und Klärschlammproben und darüber hinaus Tri- und Tetrabutylzinn im Klärschlamm positiv quantifiziert werden konnten. Im Kapitel 9.5. Organozinnverbindungen wurde die Vermutung geäußert, daß der größte Teil der Organozinnverbindungen über den Klärschlamm oder die Schwebstoffe in die Umwelt gelangt. Berechnet man Ablauf- und Klärschlammfrachten für Organozinnverbindungen, so kann abgeschätzt werden, daß die fünf bis zehnfache Ablauffracht durch den Klärschlamm aus der Kläranlage entfernt wird¹.

¹ es handelt sich bei MBT beispielsweise um 3,24 mg/d über den Klärschlamm und ca. 0,5 µg/d durch den Kläranlagenablauf.

15 SCREENING AUF HALBFLÜCHTIGE VERBINDUNGEN IM KLÄRSCHLAMM

Durch das Screening auf halbflüchtige Verbindungen können Substanzen halbquantitativ erfaßt werden, deren Anwesenheit in der Matrix vermutet wird. Für diese Stoffe müssen Kalibrationskurven erstellt werden. Andererseits können Substanzen, bei denen keine Standards zur Verfügung stehen, durch den Vergleich ihrer Massenspektren mit Bibliotheken identifiziert werden und deren Konzentration in der Matrix abgeschätzt werden.

15.1 Screeninguntersuchungen auf ausgewählte organische Verbindungen

Substanzen, die im Abwasser identifiziert werden konnten und deren Abbau zwischen Zu- und Ablauf der Kläranlage dokumentiert wurde, wurden bei dieser Untersuchung bevorzugt behandelt und nach Möglichkeit mittels Standardsubstanzen kalibriert. Im Folgenden werden die im Klärschlamm halbquantitativ nachgewiesenen Substanzen, welche auch im Abwasser detektiert wurden, aufgelistet. Eine Beschreibung und Darstellung dieser Substanzen erfolgte bereits in Kapitel 10.

Zusätzlich zu den in den Kapiteln 15.1.1 bis 15.2.23 beschriebenen Substanzen wurden außerdem

- alkylierte Benzole (in weitaus größerem Maß als bei den Abwasseruntersuchungen)
- Fettsäuren und Fettsäureester
- Alkohole und Aldehyde
- Cholesterinderivate

in zum Teil erheblichen Mengen gefunden.

15.1.1 ACETOPHENON

Tabelle 97: Acetophenon: Berechnung der Konzentration

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,5	0,2	0,3	0,2

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.4

15.1.2 BENZALDEHYD

Tabelle 98: Benzaldehyd: Berechnung der Konzentration

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
2,1	2,7	1,6	3,0

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.6

15.1.3 BENZYLALKOHOL

Tabelle 99: Benzylalkohol: Berechnung der Konzentration

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,3	0,3	0,2	0,3

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.7

15.1.4 BIS(2-CHLORETHYL)ETHER

Tabelle 100: Bis(2-chlorethyl)ether: Berechnung der Konzentration

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,08	<0,05	<0,05	<0,05

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.9

15.1.5 CAMPHER

Tabelle 101: Campher: Berechnung der Konzentration

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,06	0,07	0,06	0,07

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.13

15.1.6 4-CHLOR-m-KRESOL

Tabelle 102: 4-Chlor-m-kresol: Berechnung der Konzentration

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,05	<0,05	n.n.	<0,05

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.15

15.1.7 DIETHYLENGLYKOL-MONOBUTYLETHER

Tabelle 103: Diethylenglykol-monobutylether: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,1 – 0,2	0,1 – 0,2	< 0,1	0,1 – 0,2

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.17

15.1.8 2,4 - DIMETHYLPHENOL

Tabelle 104: 2,4 – Dimethylphenol: Berechnung der Konzentration

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.20

15.1.9 DIMETHYLSULFON

Tabelle 105: Dimethylsulfon: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,2	0,2	0,2	0,4

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.21

15.1.10 INDOL

Tabelle 106: Indol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
1 – 2	1 – 2	0,2 – 1	0,2 -1

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.26

15.1.11 m-KRESOL

Tabelle 107: m-Kresol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,06	0,05	<0,05	0,06

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.29

15.1.12 o- und p-KRESOL

Tabelle 108: o- und p-Kresol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
6,8	3,3	0,1	0,2

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.30

15.1.13 MENTHOL

Tabelle 109: Menthol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.32

15.1.14 METHYLINDOL

Tabelle 110: Methylindol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.34

15.1.15 2-METHYLNAPHTHALIN

Tabelle 111: 2-Methylnaphthalin: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.33

15.1.16 2-METHYL-2,4-PENTANDIOL

Tabelle 112: 2-Methyl-2,4-pentadiol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,2-1	0,2-1	0,2-1	0,2-1

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.35

15.1.17 NIKOTIN

Tabelle 113: Nikotin: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
n.n.	n.n.	<0,05	n.n.

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.37

15.1.18 PHENOL

Tabelle 114: Phenol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,9	1,8	0,4	1,7

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.40

15.1.19 β -PHENYLETHANOLTabelle 115: β -Phenylethanol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.44

15.1.20 PHOSPHORSÄURE-TRIS(2-BUTOXYETHYL)-ESTER

Tabelle 116: Phosphorsäure-tris(2-butoxyethyl)-ester: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.45

15.1.21 PHOSPHORSÄURETRIPHENYLOXID

Tabelle 117: Phosphorsäuretriphenyloxid: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,1 – 0,2	< 0,1	n.n.	n.n.

Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.37

15.1.22 VANILIN

Tabelle 118: Vanilin: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
n.n.	< 0,1	< 0,1	< 0,1

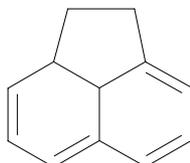
Beschreibung der Substanz: siehe Kapitel 10.2.52

15.2 Nur im Klärschlamm nachgewiesene Substanzen

Nachfolgend eine Übersicht von Substanzen, die nur im Klärschlamm nachgewiesen wurden. Einige dieser Stoffe wurden kalibriert, daher konnte eine halbquantitative Bestimmung durchgeführt werden. Die Konzentration einiger Substanzen konnte jedoch nur abgeschätzt werden, da keine Standards zur Verfügung standen.

15.2.1 ACENAPHTHEN

CAS Nr.: 83-32-9



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 93-94° C, Siedepunkt 278° C, Flammpunkt 125° C

Leicht aromatischer Geruch

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

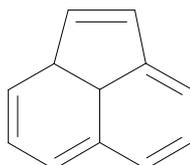
Zwischenprodukt bei der Synthese von Acenaphthen-Formaldehydharzen, Farbkunststoffen und Insektiziden.

Tabelle 119: Acenaphthen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,05	< 0,05	n.n.	< 0,05

15.2.2 ACENAPHTHYLEN

CAS Nr.: 208-96-8



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 90-92° C, Siedepunkt 280° C, Flammpunkt 122° C

Thermische Zersetzung und Polymerisation bei Temperaturen über 265° C

Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

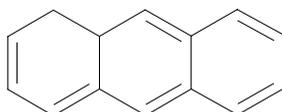
Es kommt als Bestandteil des Steinkohleteers vor.

Tabelle 120: Acenaphthylen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

15.2.3 ANTHRACEN

CAS Nr.: 120-12-7



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 217° C, Siedepunkt 340° C, Flammpunkt 121° C

Reizt Augen, Atmungsorgane und Haut

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

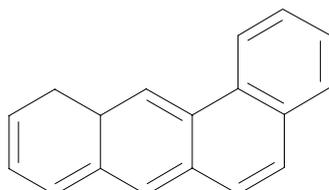
Anthracen kommt besonders im Steinkohleteer vor (0,5 bis 2%) und ist über Anthraquinon das wichtigste Ausgangsmaterial für Indanthren-Farbstoffe. Es wird in Scintillationszählern verwendet.

Tabelle 121: Anthracen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
n.n.	<0,05	<0,05	n.n.

15.2.4 BENZ(A)ANTHRACEN

CAS Nr.: 56-55-3



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Festpunkt 137-139° C, Siedepunkt 437° C

Krebserzeugende Substanz

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

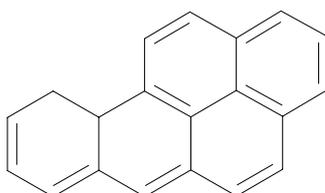
Es ist Bestandteil des Steinkohleteers.

Tabelle 122: Benz(a)anthracen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,06	<0,05	<0,05	0,05

15.2.5 BENZ(A)PYREN

CAS Nr.: 50-32-8



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 176,5-177,5° C, Siedepunkt 495° C

MAK: 0,002 mg/m³

PDK Wert: 0,00015mg/m³

Krebserzeugende Substanz; Benz(a)pyren ist Bezugssubstanz für krebserzeugende polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) in Pyrolyseprodukten aus organischem Material.

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

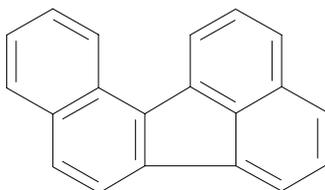
Benz(a)pyren entsteht in Kokereien und in Verbrennungsanlagen bei unvollständiger Verbrennung.

Tabelle 123: Benz(a)pyren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

15.2.6 BENZ(B)FLUORANTHEN

CAS Nr.:205-99-2



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 168° C

Kann Krebs erzeugen

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

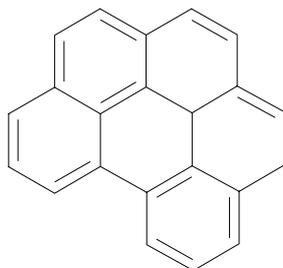
Kommt im Steinkohleteer vor.

Tabelle 124: Benz(b)fluoranthen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
<0,05	< 0,05	< 0,05	0,05

15.2.7 BENZ(g,h,i)PERYLEN

CAS Nr.:191-24-2



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 277-279° C, Siedepunkt >500° C (bei 1013 mbar)

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

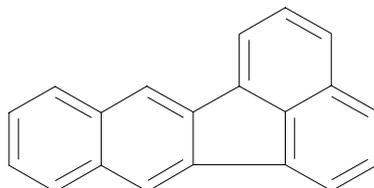
Es kommt u.a. in Kokereiabfällen vor.

Tabelle 125: Benz(ghi)perylen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
n.n.	< 0,05	< 0,05	n.n.

15.2.8 BENZ(k)FLUORANTHEN

CAS Nr.:207-08-9



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 216° C, Siedepunkt 480° C

Kann Krebs erzeugen

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

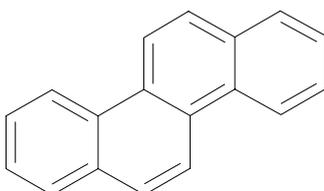
Es kommt in Kokereiabfällen und im Steinkohleteer vor.

Tabelle 126: Benz(k)fluoranthen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

15.2.9 CHRYSEN

CAS Nr.: 218-01-9



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 256° C, Siedepunkt 448° C

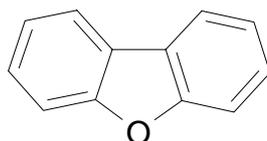
Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Chrysen kommt im Steinkohle- und Braunkohleteer vor und entsteht bei unvollständiger Verbrennung. Es Bestandteil der PAH im Tabakrauch und wirkt carcinogen. Es wird zur Herstellung von UV-Filtern, Sensibilisatoren und Farbstoffen verwendet.

Tabelle 127: Chrysen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
<0,05	<0,05	<0,05	0,06

15.2.10 DIBENZFURANCAS Nr.: 132-64-9Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 83-84° C, Siedepunkt 285° C

Farblose, blau fluoreszierende Kristalle

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

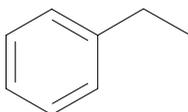
Dibenzofuran wird aus Steinkohleteer gewonnen und in Wärmebadmischungen und Kerzenmassen sowie zur Herstellung von Biphenolen eingesetzt.

Tabelle 128: Dibenzofuran: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
n.n.	<0,05	<0,05	<0,05

15.2.11 ETHYLBENZOL

CAS Nr.: 100-41-4



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt -94°C , Siedepunkt 136°C , Flammpunkt $<23^{\circ}\text{C}$

Farblose, wasserunlösliche Flüssigkeit, nach Benzol riechend

MAK: 100 ppm

PDK Wert: 50 mg/m^3

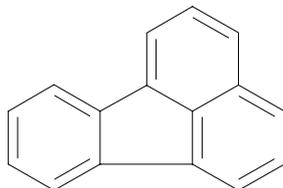
WGK 1

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Ethylbenzol wird hauptsächlich in der chemischen Industrie zur Herstellung von Styrol verwendet. Ein kleiner Teil wird als Lösungsmittel und zur Herstellung von Diethylbenzol oder Acetophenon eingesetzt.

Tabelle 129: Ethylbenzol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,1	0,05	< 0,05	< 0,05

15.2.12 FLUORANTHENCAS Nr.: 206-44-0Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 120° C, Siedepunkt 384° C

Farblose Nadeln mit hellblauer Fluoreszenz

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

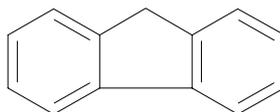
Fluoranthen kommt zu 3,3 % im Hochtemperatursteinkohleteer vor und wird in der Farbstoffindustrie als Zwischenprodukt erhalten. Es wird auch zur Synthese von Spasmolytika eingesetzt.

Tabelle 130: Fluoranthen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,05	0,06	0,05	0,1

15.2.13 FLUOREN

CAS Nr.: 86-73-7



Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 116 bis 117° C, Siedepunkt 295° C

Farblose Blättchen, die nur im reinen Zustand nicht fluoreszieren

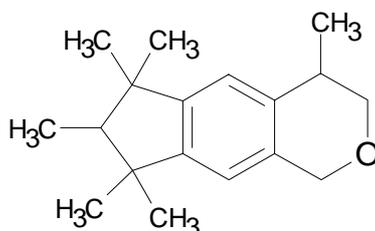
Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Fluoren wird aus der bei 270 – 300° C überdestillierenden Fraktion des Steinkohlenteers gewonnen und dient der Herstellung von Farbstoffen, Arzneimitteln und Schädlingsbekämpfungsmitteln. Fluorencarbonsäuren haben sich als Pflanzenwuchsstoffe erwiesen.

Tabelle 131: Fluoren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

15.2.14 GALAXOLIDCAS Nr.: 1222-05-5Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

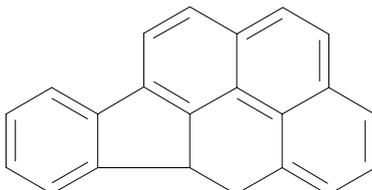
Synthetischer polycyclischer Moschusduftstoff

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Galaxolid kommt als synthetischer Duftstoff zum Einsatz. In Europa werden bis zu 2.400 t pro Jahr verwendet.

Tabelle 132: Galaxolid: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
1 - 2	1 - 2	1 - 2	> 2

15.2.15 INDENO(1,2,3-cd)PYRENCAS Nr.: 193-39-5Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 164° C

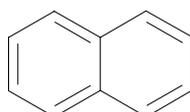
Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Es kommt in Verbrennungsrückständen und im Steinkohleteer vor.

Tabelle 133: Indeno(1,2,3-cd)pyren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,08	0,1	0,07	0,07

15.2.16 NAPHTHALINCAS Nr.: 91-20-3Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 80° C, Siedepunkt 218° C, Flammpunkt 80° C

MAK: 52 mg/m³PDK Wert: 20 mg/m³

Farblose, charakteristisch riechende Kristalle

WGK 2

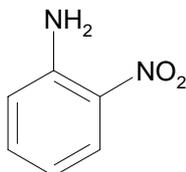
Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Naphthalin entsteht bei jeder unvollständigen Verbrennung und gelangt durch Kraftfahrzeugabgase in die Umwelt. In der Natur kommt es in einigen Erdölen und wenigen etherischen Ölen vor. Techn. Naphthalin wird aus Mittelölen und Schwerölen des Steinkohleteers gewonnen. Es wird in derivatisierter Form als Ausgangsstoff für Farbstoffe, Gerbstoffe Insektizide und Pharmaka verwendet.

Tabelle 134: Naphthalin: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

15.2.17 2-NITROANILINCAS Nr.: 88-74-4Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 72° C, Schmelzpunkt 284° C, Flammpunkt >150° C

Goldgelbe Blättchen oder Nadeln

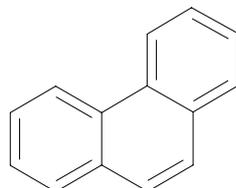
WGK 2

PDK Wert: 0,5 mg/m³Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Nitroanilin dient als Reagens zur photometrischen Bestimmung von Vitamin C und ist Ausgangsprodukt zur Herstellung von Farbstoffen.

Tabelle 135: 2-Nitroanilin: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
n.n.	0,1	0,1	0,1

15.2.18 PHENANTHRENCAS Nr.: 85-01-8Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 101° C, Siedepunkt 332° C

Farblose Tafeln oder Blättchen

PDK Wert 0,8 mg/m³

Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

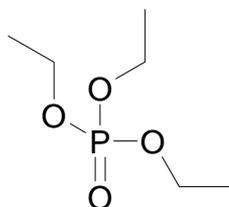
Es kommt zu ca. 5 % im Steinkohleteer gemeinsam mit dem Isomeren Anthracen vor. In der Natur kommt perhydriertes Phenanthren in vielen Naturstoffen vor. Es wird zur Synthese von Farbstoffen, Arzneimitteln und Herbiziden verwendet.

Tabelle 136: Phenanthren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,08	0,05	0,05	0,07

15.2.19 PHOSPHORSÄURETRIETHYLESTER

CAS Nr.: 78-40-0

Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:Schmelzpunkt -56°C , Siedepunkt 215°C , Flammpunkt 130°C

WGK 1

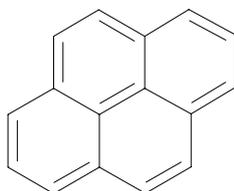
Triester der Phosphorsäure

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Phosphorsäuretriethylester wird in Kunststoffen und Lacken als Weichmacher, Flammenschutzmittel, Härter und Beschleuniger, als Beiz- und Haftmittel beim Auftragen von Farben und Lacken verwendet.

Tabelle 137: Phosphorsäuretriethylester: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

15.2.20 PYRENCAS Nr.: 129-00-0Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt 156° C, Siedepunkt 404° C

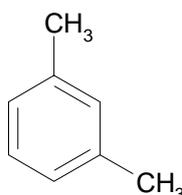
Polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAH)

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Pyren entsteht bei unvollständigen Verbrennungen und kommt im Asphalt und Steinkohleteer vor.

Tabelle 138: Pyren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0,04	0,09	0,05	0,16

15.2.21 m-XYLOLCAS Nr.: 108-38-3Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:Schmelzpunkt -48°C , Siedepunkt 139°C

Farblose, aromatisch riechende, brennbare Flüssigkeit

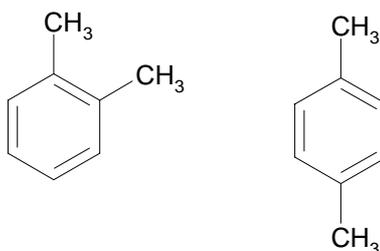
Haut- und Schleimhaut-reizend, die Dämpfe reizen Augen und erzeugen Benommenheit

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

Xylole kommt als Abfall aus der chemischen Industrie, aus Oberflächenbehandlungen, aus der Petrochemie und aus Kokereien. Es ist ein gutes Lösungsmittel für Kautschuk, Fette, Harze und Öle. Verwendung findet m-Xylole in der Farben- und Lackindustrie, in Bautenschutzmitteln und Insektiziden.

Tabelle 139: m-Xylole: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
1,6	1,1	0,4	0,5

15.2.22 o- und p-XYLOLCAS Nr.: 95-47-6 und 106-42-3Eigenschaften, Einstufungen und Grenzwerte:

Schmelzpunkt -25,2° C bzw. 13,3 °C, Siedepunkt 144,4 bzw. 138,7° C

MAK: 100 ml/m³ bzw. 440 mg/m³

BAT Wert: 1,5 mg/l

WGK 2

Vorkommen, Verwendung und Einsatzgebiet:

O- und p-Xylol werden als Lösungsmittel verwendet und in der chemischen Industrie als Oberflächenbehandlungsreagens eingesetzt. Der Abfall kann auch aus der Petrochemie oder aus Kokereien stammen.

Tabelle 140: o- und p-Xylol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm

1. Probenahme		2. Probenahme	
1. Stufe	2. Stufe	1. Stufe	2. Stufe
Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
<0,05	<0,05	n.n.	<0,05

15.3 Diskussion der Ergebnisse – Halbquantitatives Screening im Klärschlamm

Die Untersuchungsergebnisse des Screenings im Klärschlamm lassen sich in die folgenden Bereiche unterteilen:

- Substanzen, die aufgrund der Abwasserergebnisse analysiert, jedoch nicht detektiert werden konnten
- Substanzen, die sowohl im Abwasser als auch in geringen Mengen im Klärschlamm gefunden wurden
- Substanzen, die sowohl im Abwasser als auch in z. T. größeren Mengen im Klärschlamm gefunden wurden
- Substanzen, die nur im Klärschlamm gefunden wurden

Substanzen, die aufgrund der Abwasserergebnisse analysiert, jedoch nicht detektiert werden konnten:

Nikotin, Koffein und einige Arzneiwirkstoffe (Acetylaminoantipyrin, Carbamazepin, Pentoxifyllin, Propyphenazon) wurden im Abwasser in zum Teil größeren Mengen identifiziert. Keine der genannten Substanzen konnte aber im Klärschlamm gefunden werden. Als Gründe dafür wären zum einen die Möglichkeit des Abbaus der Substanz in der Kläranlage denkbar, zum anderen könnte aber die verfahrensbedingte Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/kg TS dafür verantwortlich sein. Es wäre also möglich, daß diese Substanzen durchaus im Klärschlamm vorhanden sind, jedoch in Konzentrationen kleiner 0,05 mg/kg TS.

Substanzen, die sowohl im Abwasser, als auch in geringen Mengen im Klärschlamm gefunden wurden:

Es konnten einige Substanzen sowohl im Klärschlamm als auch in den Abwasserproben identifiziert werden. Acetophenon und Benzylalkohol wurden zwischen 0,2 – 0,5 mg/kg TS analysiert, wobei Benzylalkohol von 13,5 µg/l (Median) im Zulauf auf 0,2 µg/l (Median) im Ablauf reduziert wurde. Campher wurde zwischen 0,06 und 0,07 mg/kg TS im Klärschlamm bestimmt und konnte im Abwasser nichtmehr nachgewiesen werden. Diethylenglykolmonobutylether und Dimethylsulfon wurde ebenfalls im Bereich von 0,2 bis 0,5 mg/kg TS im Klärschlamm und um 5 µg/l im Zulauf bestimmt, im Ablauf wurde es jedoch nur bei einer von vier Proben detektiert (< 0,1 µg/l). Beide Substanzen waren im Zulauf zwischen 5 und 10 µg/l enthalten. Diethylenglykolmonobutylether konnte im Ablauf nicht mehr nachgewiesen werden bzw. unter 0,5 µg/l bestimmt werden, Dimethylsulfon wurde im Ablauf mit 0,6 µg/l analysiert.

Substanzen, die sowohl im Abwasser als auch in z. T. größeren Mengen im Klärschlamm gefunden wurden:

Einige Substanzen wurden sowohl im Abwasser als auch in größeren Mengen im Klärschlamm gefunden (Benzaldehyd, Indol, Kresol, Methylpentadiol, Phenol). Sie sind alle mehr oder weniger kleine Verbindungen, die durch Metabolisierungen entstanden sein könnten. Diese Verbindungen wurden im Abwasser gut abgebaut, so-

daß die Substanzen im Ablauf nur noch in sehr geringen Mengen bzw. nicht mehr nachweisbar waren. Im Klärschlamm wurde Benzaldehyd zwischen 1,6 und 3,0 mg/kg TS, Indol mit 1-2 mg/kg TS, m-Kresol um 0,05 mg/kg TS, o- und p-Kresol zw. 0,1 und 6,8 mg/kg TS, 2-Methyl-2,4-pentadiol zw. 0,2-1 mg/kg und Phenol zwischen 0,4-1,8 mg/kg TS bestimmt.

Interessant ist der Unterschied an o- und p-Kresol bei beiden Probenahmen. Bei der ersten wurde ein Wert von 6,8 bzw 3,3 mg/kg TS in der ersten bzw. zweiten Stufe der Pilotkläranlage festgestellt, bei der zweiten Probenahme konnten nur noch 0,1 bzw. 0,2 mg/kg TS analysiert wurden. Dieser Unterschied zeigt auf, daß es mitunter starke Belastungsunterschiede mit einzelnen Analyten gibt.

Substanzen, die nur im Klärschlamm gefunden wurden

PAHs:

Im Gegensatz zu den Abwasserproben wurden im Klärschlamm polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs) nachgewiesen. Die Konzentrationen liegen jedoch mit Ausnahme des Chrysens, Indenopyrens, Phenanthrens und Fluoranthens unter der Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/kg TS. Chrysen wurde mit <0,05 bis 0,06 mg/kg TS bestimmt, Fluoranthen mit 0,05 bis 0,1 mg/kg TS, Indenopyren mit 0,07 bis 0,1 mg/kg TS und Phenanthren mit 0,05 bis 0,08 mg/kg TS bestimmt. SCHNAAK et al. (1995) gibt für Brandenburger Klärschlamm eine Übersicht über PAHs in Klärschlamm und unterscheidet zwischen Klärschlamm aus kommunalen, häuslichen und Gewerbeabwasser. Er unterteilt weiters in Winter- und Sommerbelastung und findet für kommunalen Klärschlamm (im Winter) folgende Median-Werte: Chrysen 0,27 mg/kg TS, Fluoranthen (0,46 mg/kg TS), Indenopyren 0,10 mg/kg TS und Phenanthren 0,85 mg/kg TS.

Da das Einzugsgebiet der Hauptkläranlage Wien durch eine Mischkanalisation entwässert wird, ist nicht auszuschließen, daß durch Abspülungen der Straßen und Asphaltflächen eine unterschwellige Belastung mit PAHs gegeben ist. Durch Anreicherung der Substanzen im Klärschlamm können sie bei der gegebenen Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/kg TS durch dieses Screening-Verfahren (im Gegensatz zu den Abwasserproben) gefunden werden.

Schnaak (1995) merkt an, daß der Eintrag von PAH durch Klärschlamm bei Ausbringung in die Umwelt gegenüber dem diffusen Eintrag eine untergeordnete Rolle spielt. Die Ausbringung überdurchschnittlich belasteter Schlämme sollte jedoch wegen der vorhandenen Hintergrundbelastung (diffuser Eintrag) eingeschränkt werden.

Ethylbenzol, m-Xylol:

Die beiden Stoffe konnten im Abwasser nicht bestimmt werden (BG <0,1 µg/l). Ihre Anwesenheit im Klärschlamm deutet darauf hin, daß sie erst in der Kläranlage gebildet wurden und Metaboliten größerer Verbindungen sind. Ethylbenzol wurde im Klärschlamm zwischen <0,05 und 0,1 mg/kg TS gefunden, m-Xylol zwischen 0,4 bis 1,6 mg/kg TS.

2-Nitroanilin:

2-Nitroanilin wurde im Klärschlamm um 0,1 mg/kg TS gefunden. In den Abwasserproben konnte es bei der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l nicht nachgewiesen werden. Nitroaniline werden zur Herstellung von Azofarbstoffen verwendet. Ihre Anwesenheit im Klärschlamm, nicht jedoch im Abwasser, deutet darauf hin, daß es erst in der Kläranlage als Metabolit anderer Substanzen gebildet wird.

Galaxolid:

Galaxolid ist ein synthetischer polycyclischer Moschus-Duftstoff, von dem in Europa 2.400 t pro Jahr eingesetzt werden. Er gelangt durch Wasch- Reinigungs- und Körperpflegemittel ins Abwasser. Er wurde bereits in Oberflächengewässern (Mittel 0,4 µg/l), Kläranlagenzu- und Abläufen (im Mittel mit 1,5 bzw. 1,1 µg/l) und im Fischgewebe (mit ca. 15 µg/kg, Aal als Indikatororganismus in einem Schönungsteich¹ mit 13.200 µg/kg) nachgewiesen (ESCHKE, 1994).

Im Screening des Abwassers konnte Galaxolid nicht nachgewiesen werden (BG 0,1 µg/l). Im Klärschlamm wurde es in Konzentrationen zwischen 1 und 2 mg/kg TS gemessen. Da sich diese Substanz im Klärschlamm anreichert, konnte sie identifiziert werden und zeigt, daß polycyclische Moschusduftstoffe (wie die Nitromoschusverbindungen) in der Umwelt persistieren.

Genaueren Aufschluß über die Herkunft dieser Verbindungen könnten Einzelanalysen (mit niedrigeren Bestimmungsgrenzen) geben, die nach einer simultanen Probenahme von Abwasser und Klärschlamm eine Bilanzierung über die Wasserfrachten und Klärschlammfrachten zulassen würden. Aufgrund dieser Analyseergebnisse könnte dann unterschieden werden, ob ein Stoff in der Kläranlage entsteht oder ob er durch das Abwasser eingebracht wird und sich im Klärschlamm anreichert.

¹ Teich führt Abwasser einer kommunalen Kläranlage

ANHANG

A) Literatur

AAEV siehe BGBl. 186/1996.

AEV siehe BGBl. 210/1996.

AHEL, M., GIGER, W. (1985): Determination of alkylphenols and alkylphenol mono- and diethoxylates in environmental samples by high-performance liquid chromatography. *Analytical Chemistry* 57, 1577-1583.

AHEL, M., GIGER, W., KOCH, M. (1994): Behaviour of alkylphenol polyethoxylate surfactants in the aquatic environment –1. Occurrence and transformation in sewage treatment. *Wat. Res.*, 28, 1131-1142.

BAUER, K. (1998): Synthetische Moschusduftstoffe. *Arzt und Umwelt* 11, 3/98: 230-231.

BAUER, K. & FLÖSSL, C. (1999): Blutkonzentrationen von Polycyclischen und Nitromoschusverbindungen bei deutschen Probanden. *Umweltmedizinische Praxis*, 12, 3/99: 235-237.

BÄTSCHER, R.; STUDER, C.; FENT, K. (1999): Stoffe mit endokriner Wirkung in der Umwelt. BUWAL-Schriftenreihe Umwelt, Nr. 308. Bern.

BERTH P., GERIKE, P., GODE, P., STEBER, J. (1988): Zur ökologischen Bewertung technisch wichtiger Tenside. *Tenside Surfactants Detergents*, 25, 108ff.

BGBL. 577/1990: Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 16. August 1990 über das Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Unterwasser-Anstrichmitteln (Antifouling)

BGBl. 186/1996: Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässern und öffentlichen Kanalisationen. 186. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, 1996.

BGBl. 210/1996: Begrenzung von Abwasseremissionen aus Abwasserreinigungsanlagen für Siedlungsgebiete (1. AEV für kommunales Abwasser). 210 Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, 1996.

BGBl. 577/1990: Antifouling. Verordnung über das Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Unterwasser-Anstrichmitteln.

BINGMAN, I. (1991): Swedish Environment Protection Agency, Report 3907. Proceedings-Seminar on Nonylphenoethoxylates (NPE) and Nonylphenol (NP), Grand Hotel, Saltsjöbaden, Sweden, Feb. 6-8, ISBN 91-620-3907-5.

BRUNNER, P.H., CAPRI, S., MARCOMINI, A., GIGER, W. (1988): Occurrence and behaviour of linear alkylbenzene sulphonates, nonylphenol, nonylphenol mono and nonylphenol diethoxylates in sewage and sewage sludge treatment. *Wat. Res.*, 22, 12, 1465-1472.

BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe) (1997): Bisphenol A. BUA Stoffbericht 203, S. Hirzel, Wiss. Verlagsges., Stuttgart.

BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe) (1988): BUA Stoffbericht 13, p. 12ff. VCH Verlagsgesellschaft D 6940 Weinheim.

CHALAUX, N., BAYONA, J.M., ALBAIGES, J. (1994): Determination of nonylphenols and pentafluorobenzyl derivatives by capillary gas chromatography with electroncapture and mass spectrometric detection in environmental matrices. *Journal of Chromatography, A*. 686, 275-281.

DRESCHER-KADEN, U., MATHHIES, M., BRÜGGEMANN, R. (1989): Organische Schadstoffe in Klärschlämmen. *GWF-Wasser, Abwasser* 130. Jhg., 12/89, 613.

ESCHKE, H. D; TRAUD, J.; DIBOWSKI, H. J (1994): Analytik und Befunde künstlicher Nitromoschus-Substanzen in Oberflächen- und Abwässern sowie Fischen aus dem Einzugsgebiet der Ruhr. *Vom Wasser*, 83: 373-383.

- ESCHKE, H.-D., TRAUD, J., DIBOWSKI, H.-J. (1994): Untersuchungen zum Vorkommen polycyclischer Moschus-Duftstoffe in verschiedenen Umweltkompartimenten. *Z. Umweltchem. Ökotox* 6 (4), 183-189.
- FENT, K., MÜLLER, D. (1991): Occurrence of Organotins in Municipal Wastewater and Sewage Sludge in a Treatment plant. *Environ. Sci. Technol.* 25, 489-493.
- FROMME, H., OTTO, T., PILZ, K., LAHRZ, T., FÜHRLING, D. (1998): Expositionsmonitoring endokrin wirksamer Substanzen in verschiedenen Umweltkompartimenten. UFOPLAN 216 02 001/12.
- FURTMANN, K. (1993): Phthalate in der aquatischen Umwelt. LWA- Materialien Nr. 6/93.
- GIGER, W., BRUNNER, P.H., SCHAFFNER, Ch. (1984): 4-Nonylphenol in sewage sludge: Accumulation of toxic metabolites from nonionic surfactants, *Science*, 225, 623-625.
- GIGER, W., AHEL, M., KOCH, M., LAUBSCHER, H.U., SCHAFFNER, Ch., SCHNEIDER, J. (1986): Behaviour of alkylphenol polyethoxylate surfactants and of nitrilotriacetate in sewage treatment. *Wat. Sci. Tech.*, 19. 449-460.
- GIGER, W.; BRUNNER, P. H., AHEL, M., MC EVOY, J., MARCOMINI, A., SCHAFFNER, C. (1987): Organische Waschmittelinhaltsstoffe und deren Abbauprodukte in Abwasser und Klärschlamm. *Gas-Wasser-Abwasser*, 67 Jg., 111ff.
- GILBERT, P. A., KLEISER, H. H. (1988): Beurteilung der Umweltverträglichkeit von LAS. *Tenside Surfactants Detergents* 25, 128ff.
- GARTISER, S. (1999): Abschätzung des Beitrages kommunaler Kläranlagen an Schadstoffkonzentrationen in Oberflächengewässern. *UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox.* 11 (3): 157-162.
- GÜLDEN M., TURAN, A., SEIBERT, H. (1997): Substanzen mit endokriner Wirkung in Oberflächengewässern. *Texte*, 46/97; Umweltbundesamt Berlin.
- HARRIES, J. E.; SHEAHAN D: A; JOBLING, S.; MATTHIESSEN, P.; NEALL, P.; SUMPTER, J.P; TYLOR, T.; ZAMAN, N. (1997): Estrogenic activity in five Untied Kingdom rivers detected by measurements of vitellogenesis in caged male trout. *Environ. Toxicol. Chem.* 16, 1997: 534-542.
- JANSSEN, I., FELLINGER, R. & SCHRAMM, C. (1998): Ökologische Relevanz von hormonell wirksamen Substanzen in Österreich. Im Auftrag des BMUJF; Band 44.
- JOBST, H.: Chlorophenols and Nonylphenols in sewage sludges. 1. Occurrence in sewage sludges of western German treatment plants from 1987-1989. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 23 (1995), 20-25.
- KAINZ H., KLAGER F. (1999): Ertüchtigung der Hauptkläranlage Wien. *Wasser- und Abfallwirtschaft Mitteilungen des ÖWAV* 06/1999, 1-4.
- KALBFUS W., STADLER, E. (1989): Abschätzung des Eintrags und der Verteilung von organischen Substanzen in Oberflächengewässern, Sedimenten, Klärschlämmen und Böden. Abschlußbericht UBA Forschungsvorhaben 106 05 064.
- KÖRNER W., BOLZ U., SÜßMUTH W., HILLER G., HANF V., HAGENMAIER H. (1998): Input/output balance of estrogenic active compounds in a major municipal sewage treatment plant in Germany. *Organohalogen Compounds* 37, 269-272.
- KREUZINGER N. (1998): Zum Verhalten einiger hormonell wirksamer Substanzen in der Abwasserreinigung. *Wiener Mitteilungen* 153; 93-118.
- KUNKEL, E. (1987): *Tenside Surfactants Detergents*, 24, 280 in THIELE, B.; GÜNTHER, K & SCHWUGER, M.J.: Alkylphenol ethoxylates: Trace analysis and environmental behaviour. *Chemical Reviews*, 97, 8, 3247-3272.
- LEE, H.B. & PEART, Th.E. (1995): Determination of 4-Nonylphenol in effluent and sludge from sewage treatment plants. *Analytical Chemistry*, 67, 1976-1980.
- MACKWITZ H. (1997): Evaluation von Produkten für den Reinigungs- und Desinfektionsbereich in Bezug auf ökotoxikologische Problemfelder. *Umweltschutzreferat. Generaldirektion des Krankenanstaltenverbundes der Stadt Wien.*

- MARCOMINI, A., GIGER, W., BRUNNER, P.H., MCEVOY, J. (1986): In *Recycling international*; Thome-Kozmiensky, K.J., Ed.; EF/Verlag für Energie und Umwelttechnik. Berlin, 2, 917 in THIELE, B., GÜNTHER, K., SCHWUGER, M.J.: Alkylphenol ethoxylates: Trace analysis and environmental behaviour. *Vchemical Reviews*, 97, 8, 3247-3272.
- MARCOMINI, A., GIGER, W., CAPEL, P.D. (1987): Determination of linear alkylbenzenesulfonates, alkylphenol polyethoxylates and nonylphenol in waste water by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*, 403, 243-252.
- MARCOMINI, A., TORTATO, C., CPARI, S. & LIBERATORI, A. (1993): *Ann. Chim.* 83, 461 in THIELE, B., GÜNTHER, K., SCHWUGER, M.J.: Alkylphenol ethoxylates: Trace analysis and environmental behaviour. *Chemical Reviews*, 97, 8, 3247-3272.
- MATTHEWS, P. (1996): *a global atlas of wastewater sludge and biosolids use and disposal*, Bourne press Ltd., Bournemouth, GB.
- NAYLOR, C.G., MIEURE, J.P., ADAMS, W.J., WEEKS, J.A., CASTALDI, F.J., OGLE, L.D., ROMANO, R. (1992): Alkylphenol ethoxylates in the environment. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 69, 7, 695-703.
- NAYLOR, C.G., WILLIAMS, J.B., VARINEAU, P.T. & WEBB, D.A. (1996): In *Proceedings of the 4th World Surfactant Congress, Barcelona, Spain*, 4, 378 in THIELE, B., GÜNTHER, K. & SCHWUGER, M.J.: Alkylphenol ethoxylates: Trace analysis and environmental behaviour. *Chemical Reviews*, 97/8:3247-3272.
- NIMROD, A.C. & BENSON, W.H. (1996): Environmental estrogenic effects of alkylphenol ethoxylates. *Critical Reviews in Toxicology*, 26, 335-364.
- OEHLMANN, J., SCHULTE-OEHLMANN, U., STROBEN, E., BETTIN, C., FIORINI, P.: Androgene Effekte zinnorganischer Verbindungen bei Mollusken. In *UMWELTBUNDESAMT BERLIN (1995) Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung, Texte 65/95*.
- OLLSON, P.; BORG, B.; BRUNSTRÖM, B.; HAKANSSON, H.; KLASSON-WEHLER, E. (1998): Endocrine disrupting substances. Swedish environmental protection agency, Stockholm.
- REISNER-OBERLEHNER, M. (1998): Bestehende gesetzliche Regelungen und internationale Aktivitäten. In *WIENER MITTEILUNGEN (1998)*, Bd 153, 131-138.
- RIMKUS, G. (1998): Synthetische Moschusverbindungen in der Umwelt. *Umweltmed. Forsch. Praxis* 3 (6): 341-346.
- RIPPEN, G. (1995): Phenol. In: *Handbuch der Umwelt-Chemikalien. Grundwerk*, 2. Aufl. 1987. Loebel-Ausg. Ecomed-Verlag, Deutschland.
- SCHNAAK, W., DONAU, R., ENGELKE, M., HENSCHER, K.P., JOHN, Th., KÜCHLER, Th., PLÖGER, U., RAAB, M., SCHIMMIG, G., SÜSSENBACH, D., WRONSKI, B., ZYDEK, G. (1995): Untersuchungen zum Vorkommen von ausgewählten organischen Schadstoffen im Klärschlamm und deren ökotoxikologischen Bewertung bei der Aufbringung von Klärschlamm auf Böden sowie Ableitung von Empfehlungen für Normwerte. *Schlußbericht zum Forschungsvorhaben A8-11/93*. Fraunhofer Institut, Bergholz- Rehbrücke, Deutschland.
- SELIGMAN, P.F.; VALKIRS, A.O.; LEE, R.F. (1986): Degradation of Tributyltin in San Diego Bay, California. *Environ. Sci. Technol.* 20, 1229.
- SOTO, A.M., SONNSCHEIN, C., CHUNG, K.L., FERNANDEZ, M.F., OLEA, N., OLEA SERRANO, F. (1995): The e-screen assay as a tool to identify estrogens: an update on estrogenic environmental pollutants. *Environm. Health Perspect.* 103/7, 113-122.
- STAN H.-J., HEBERER Th., GRAMER S. (1999): Occurrence and Distribution of Organic Contaminants in the Aquatic System in Berlin. Part III: Determination of Synthetic Musk in Berlin Surface Water Applying Solid-phase Microextraction (SPME) and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). *Acta hydrochim. hydrobiol.* 27, 150-156.
- SWEATMAN, A.J. (1994): Development and application of multi-residue analytical method for the determination of n-alkanes, linear alkylbenzenes, polynuclear aromatic hydrocarbons and 4-nonylphenol in digested sewage sludges. *Wat. Res.*, 28, 2, 343-353.
- TSCHUI, M., BRUNNER, P.H. (1985): Die Bildung von 4-Nonylphenol aus 4-Nonylphenolmono- und diethoxylat bei der Schlammfäulung. *Vom Wasser*, 65, 9-19.

- UMWELTBUNDESAMT (1989): Untersuchungen von Waschmitteln und Haushaltsreinigungsmitteln auf nichttensidische Waschmittelinhaltsstoffe. UBA-89-038.
- UMWELTBUNDESAMT (1995): Analytische Untersuchungen von Klärschlamm. Analysenbericht. UBA-BE-046.
- UMWELTBUNDESAMT (1995): LAS in der Umwelt – Literaturstudie und Untersuchung zu Waschmittelinhaltsstoffen. UBA-95-105.
- UMWELTBUNDESAMT (1996): Umweltchemikalien mit hormoneller Wirkung. Tagungsberichte Bd. 19, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (1997): Zur Situation der Verwertung und Entsorgung des kommunalen Klärschlammes in Österreich. Monographie-Bd. M-095.
- UMWELTBUNDESAMT (1998a): Nonylphenole in der Umwelt – Übersicht und erste Analyseergebnisse. UBA-BE-121.
- UMWELTBUNDESAMT (1998b): Abwasseruntersuchungen auf östrogen wirksame Substanzen – Pilotstudie HKA Wien. UBA-BE-141.
- UMWELTBUNDESAMT (1999a): Hormonell wirksame Substanzen in Fließgewässern. Datenbericht UBA-BE-150.
- UMWELTBUNDESAMT (1999b): Hormonell wirksame Substanzen im Zu- und Ablauf von Kläranlagen. Datenbericht UBA-BE-151.
- UMWELTBUNDESAMT (1999): Arzneimittelrückstände in der Umwelt – Bestandsaufnahme und Problemdarstellung. UBA-R-162.
- WAHLBERG, C., RENBERG, L. & WIDEQVIST, U. (1990): Determination of nonylphenol and nonylphenol ethoxylates as their pentafluorobenzoates in water, sewage sludge and biota. *Chemosphere*, 20, 1/2, 179-195.
- WAMS, T.J. (1987): Diethylhexylphthalate as Environmental Contaminant – A Review. *Sci. Total Environ.* 66, 1-16.
- WARHURST, A.M. (1995): An environmental assessment of alkylphenol ethoxylates and alkylphenols. *Friends of the Earth*.
- WENZEL A., KÜCHLER T., HENSCHEL K.P., SCHNAACK W., DIETRICH M., MÜLLER J. (1998): Konzentrationen östrogen wirksamer Substanzen in Umweltmedien. Umweltbundesamt/Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie Schmallingenberg und Bergholz-Rehbrücke. Berlin, Umweltforschungsplan Vol UFOPLAN 216 01 011/11, p.88.
- WEISSER M. (1992): Untersuchungen zur Belastung kommunaler Klärschlämme durch organische Schadstoffe – Abschlußbericht BMFT- Forschungsvorhaben 02 WS 464/8. Karlsruhe 1992.
- ZELLNER, A., KALBFUSS, W. (1997): Belastung bayrischer Gewässer durch Nonylphenole. In: *Stoffe mit endokriner Wirkung im Wasser. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie*, Band 50. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Wasserforschung- (Hrsg.), Oldenbourg- Verlag München.

B) Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchflusssmengen bei den Probenahmen	12
Tabelle 2: Parameter des Untersuchungsprogramms „Abwasser“ und	14
Tabelle 3: Parameter des Untersuchungsprogramms „Klärschlamm“ und	16
Tabelle 4: Abbau von LAS in Kläranlagen (Quelle: UBA-BE-95-105).....	18
Tabelle 5: LAS in Klärschlämmen (Quelle: UBA-BE-046).....	19
Tabelle 6: 4-tert. Octylphenol und 4-Nonylphenol in Kläranlagenzu- und -abläufen.....	21
Tabelle 7: Nonylphenolgehalt in Klärschlamm	21
Tabelle 8: NP1EO und NP2EO in Kläranlagenzu- und -abläufen (Quelle: UBA-BE-151)	22
Tabelle 9: Nonylphenoethoxyate in Klärschlämmen (Quelle: UBA-M-95).....	23
Tabelle 10: Phthalate in Kläranlagenzu- und -abläufen (Quelle: UBA-BE-151).....	24
Tabelle 11: Bisphenol A im Kläranlagenzu- und -ablauf (Quelle: UBA-BE-151).....	26
Tabelle 12: Trivialnamen und IUPAC Bezeichnungen der analysierten Moschusverbindungen.....	28
Tabelle 13: Organozinnverbindungen in Kläranlagenzu- und -abläufen (Quelle: UBA-BE-151)	30
Tabelle 14: Gebindeart, Menge, Vorreinigung der Gebinde, eventuelle Stabilisierung und Filtration der Proben.....	32
Tabelle 15: Probenahmezeiträume und Probencodierung.....	33
Tabelle 16: Nachweisgrenze (NG) und Bestimmungsgrenze (BG) der einzelnen Analyte.....	35
Tabelle 17: Chemische und physikalische Parameter im Vergleich mit der AEV	41
Tabelle 18: Stickstoffparameter im Vergleich mit der AEV.....	41
Tabelle 19: Anionen im Vergleich mit der AEV	41
Tabelle 20: Elemente (unfiltriert) im Vergleich mit der AEV	42
Tabelle 21: organische Summenparameter im Vergleich mit der AEV	43
Tabelle 22: Toxizitätsdaten im Vergleich mit der AEV	43
Tabelle 23: Kenngrößen der Gruppe „Chemische und physikalische Parameter“.....	46
Tabelle 24: Kenngrößen der Gruppe „Stickstoffparameter“	47
Tabelle 25: Kenngrößen der Gruppe „Anionen“	48
Tabelle 26: Kenngrößen der Gruppe „Kationen“	49
Tabelle 27: Kenngrößen der Gruppe „Elemente (unfiltriert)“	50
Tabelle 28: Kenngrößen der Gruppe „Elemente (filtriert)“	52
Tabelle 29: Kenngrößen der Gruppe „organische Summenparameter“	54
Tabelle 30: Kenngrößen der Gruppe „Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln“	55
Tabelle 31: Kenngrößen der Gruppe „wichtige Industriechemikalien“	57
Tabelle 32: Kenngrößen der Gruppe „Toxizitätsuntersuchungen“	59
Tabelle 33: Kenngrößen der Gruppe „unfiltriert gemessene organische Parameter“	60
Tabelle 34: Vergleich von Nonylphenoethoxylat-, Nonylphenol- und Octylphenol-Meßwerten	63
Tabelle 35: Vergleich der Oberflächenspannung mit Tensiden	65
Tabelle 36: Phthalate im Zu- und Ablauf von Kläranlagen (Quelle: FURTMANN, 1993).....	66
Tabelle 37: Vergleich von Phthalat-Meßwerten	67
Tabelle 38: Vergleich von Bisphenol A Meßwerten.....	68
Tabelle 39: Vergleich von Meßwerten der Organozinnverbindungen (filtrierte Proben).....	70
Tabelle 40: Quantifizierbare Analyte im Screening auf flüchtige Verbindungen	72
Tabelle 41: Acetophenon: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate	75
Tabelle 42: Acetylaminoantipyrin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate	76
Tabelle 43: Benzaldehyd: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate.....	77
Tabelle 44: Benzylalkohol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate	78
Tabelle 45: Benzoesäure: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate	79
Tabelle 46: Bis(2-chlorethyl)ether: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate	80
Tabelle 47: Bis(2-hydroxypropyl)-ether: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate.....	81
Tabelle 48: 1-Butoxypropanol-2: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate.....	82
Tabelle 49: N-Butylbenzolsulfonamid: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate	83
Tabelle 50: Campher: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate	84
Tabelle 51: Carbamazepin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate	85
Tabelle 52: 4-Chlor-m-Kresol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate	86
Tabelle 53: 2,4-Dichlorphenol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate	87
Tabelle 54: Diethylenglykol-monobutylether: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate.....	88
Tabelle 55: N,N-Diethyl-m-Toluamid: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate.....	89
Tabelle 56: N,N-Dimethylbenzylamin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurate.....	90
Tabelle 57: 2,4-Dimethylphenol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurate.....	91

Tabelle 58: Dimethylsulfon: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	92
Tabelle 59: Ethylendiglykol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	93
Tabelle 60: Ethylenglykolmonobutylether: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	94
Tabelle 61: Eugenol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	95
Tabelle 62: Furfurylalkohol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	96
Tabelle 63: Indol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	97
Tabelle 64: Isatin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	98
Tabelle 65: Koffein: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	99
Tabelle 66: m-Kresol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	100
Tabelle 67: o- und p-Kresol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	101
Tabelle 68: Maltol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	102
Tabelle 69: Menthol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	103
Tabelle 70: 2-Methylnaphthalin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	104
Tabelle 71: Methylindol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	105
Tabelle 72: 2-Methyl-2,4-Pentandiol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	106
Tabelle 73: 1-Methyl-Pyrrolidon: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	107
Tabelle 74: Nikotin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	108
Tabelle 75: Pentachlorphenol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	109
Tabelle 76: Pentoxifyllin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	110
Tabelle 77: Phenol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	111
Tabelle 78: 2-Phenoxyethanol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	112
Tabelle 79: 1-Phenoxypropanol: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	113
Tabelle 80: α -Phenylethanol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	114
Tabelle 81: β -Phenylethanol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	115
Tabelle 82: Phosphorsäure-tris(2-butoxyethyl)-ester: Abschätzung der Konzentration.....	116
Tabelle 83: Phosphortriphenyloxid: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	117
Tabelle 84: Propyphenazon: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	118
Tabelle 85: Pyridin: Berechnung der Konzentration und der Abbaurrate.....	119
Tabelle 86: α -Terpineol: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	120
Tabelle 87: Theobromin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	121
Tabelle 88: Tributylphosphat: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	122
Tabelle 89: Vanillin: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	123
Tabelle 90: Zimtsäure: Abschätzung der Konzentration und der Abbaurrate.....	124
Tabelle 91: Probenbezeichnung, Probenahmestelle und Datum.....	130
Tabelle 92: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten Analyte.....	132
Tabelle 93: Ergebnisse / Klärschlamm.....	137
Tabelle 94: Literaturdaten von Nonylphenol und Nonylphenoethoxylaten im Klärschlamm.....	142
Tabelle 95: Phthalate im Klärschlamm (Quelle: FURTMANN, 1993).....	144
Tabelle 96: Bisphenol A Werte im Klärschlamm (Quelle: WENZEL et al. 1998).....	145
Tabelle 97: Acetophenon: Berechnung der Konzentration.....	147
Tabelle 98: Benzaldehyd: Berechnung der Konzentration.....	148
Tabelle 99: Benzylalkohol: Berechnung der Konzentration.....	148
Tabelle 100: Bis(2-chlorethyl)ether: Berechnung der Konzentration.....	148
Tabelle 101: Campher: Berechnung der Konzentration.....	149
Tabelle 102: 4-Chlor-m-kresol: Berechnung der Konzentration.....	149
Tabelle 103: Diethylenglykol-monobutylether: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm.....	149
Tabelle 104: 2,4 – Dimethylphenol: Berechnung der Konzentration.....	150
Tabelle 105: Dimethylsulfon: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	150
Tabelle 106: Indol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm.....	150
Tabelle 107: m-Kresol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	151
Tabelle 108: o- und p-Kresol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	151
Tabelle 109: Menthol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm.....	151
Tabelle 110: Methylindol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm.....	152
Tabelle 111: 2-Methylnaphthalin: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	152
Tabelle 112: 2-Methyl-2,4-pentadiol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm.....	152
Tabelle 113: Nikotin: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	153
Tabelle 114: Phenol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	153
Tabelle 115: β -Phenylethanol: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm.....	153

Tabelle 116: Phosphorsäure-tris(2-butoxyethyl)-ester: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm	154
Tabelle 117: Phosphorsäuretriphenyloxid: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm.....	154
Tabelle 118: Vanilin: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm.....	154
Tabelle 119: Acenaphthen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	156
Tabelle 120: Acenaphthylen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	157
Tabelle 121: Anthracen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	158
Tabelle 122: Benz(a)anthracen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	159
Tabelle 123: Benz(a)pyren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	160
Tabelle 124: Benz(b)fluoranthren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	161
Tabelle 125: Benz(ghi)perylen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	162
Tabelle 126: Benz(k)fluoranthren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	163
Tabelle 127: Chrysen: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	164
Tabelle 128: Dibenzfuran: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	165
Tabelle 129: Ethylbenzol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	166
Tabelle 130: Fluoranthren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	167
Tabelle 131: Fluoren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	168
Tabelle 132: Galaxolid: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm	169
Tabelle 133: Indeno(1,2,3-cd)pyren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	170
Tabelle 134: Naphthalin: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	171
Tabelle 135: 2-Nitroanilin: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	172
Tabelle 136: Phenanthren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	173
Tabelle 137: Phosphorsäuretriethylester: Abschätzung der Konzentration im Klärschlamm	174
Tabelle 138: Pyren: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm	175
Tabelle 139: m-Xylol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	176
Tabelle 140: o- und p-Xylol: Berechnung der Konzentration im Klärschlamm.....	177

C) Graphikverzeichnis

Graphik 1: Fließschema der Pilotkläranlage	1
--	---

D) Analysedaten

chem.u.physik. Parameter	Zulauf			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
pH Wert	7,7	7,8	7,7	8
elektrische Leitfähigkeit	1.048	943	932	1.001
Sauerstoff	3,9	3,8	3,5	3,7
Oberflächenspannung	45,6	46,2	44	42,5
abfiltrierbare Stoffe	167	144	107	150
absetzbare Stoffe	0,2	0,3	0,2	0,3
Färbung	braun	braun	braun	braun-grau
Trübung	90	175	131	164

chem.u.physik. Parameter	Ablauf			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
pH Wert	7,6	8,2	7,8	7,5
elektrische Leitfähigkeit	871	842	800	829
Sauerstoff	11,0	11,0	10,8	10,3
Oberflächenspannung	64,5	48,3	44,8	66,8
abfiltrierbare Stoffe	2,6	9,3	21,4	12
absetzbare Stoffe	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
Färbung	gelblich	gelblich	gelblich	gelblich
Trübung	2	8	12	9

Stickstoffparameter	Zulauf			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Nitrat-N	0,4	0,3	0,1	0,3
Nitrit-N	0,2	0,2	0,3	0,4
Ammonium-N	28,1	33,5	29,3	25,7
Gesamtstickstoff	53,8	57,4	57,6	62,1

Stickstoffparameter	Mitte			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Nitrat-N	2,6	1,9	1,4	2,3
Nitrit-N	0,3	0,3	0,5	0,6
Ammonium-N	15,1	20	9	13,2
Gesamtstickstoff	26,7	33,4	30,4	33,7

Stickstoffparameter	Ablauf			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Nitrat-N	8,6	6	6,5	6,2
Nitrit-N	0,5	0,5	0,6	0,8
Ammonium-N	0,1	2,7	2,4	1,1
Gesamtstickstoff	14,4	12,9	15,7	11

Anionen	Zulauf			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Gesamtposphor	5,6	5,8	6,9	8,6
o-Phosphat-P	1,9	2	2,4	3,3
Sulfat	108,9	90,1	97,2	58,1
Chlorid	79,3	90,8	64,9	79,9
Fluorid	0,2	0,2	0,2	0,2

Anionen	Mitte			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Gesamtposphor	3,5	2,6	2,2	3,2
o-Phosphat-P	0,6	0,9	0,4	0,6
Sulfat	-	-	-	-
Chlorid	-	-	-	-
Fluorid	-	-	-	-

Anionen	Ablauf			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Gesamtposphor	0,4	0,7	0,6	0,6
o-Phosphat-P	0,2	0,4	0,2	0,3
Sulfat	93,1	101,1	104,7	89,1
Chlorid	97,2	107,7	90,8	94
Fluorid	0,2	0,2	0,2	0,2

Kationen, <u>filtriert</u>		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Natrium	mg/l	72,6	72,7	57,3	76,6
Calcium	mg/l	65,1	63,8	67,2	61,8
Kalium	mg/l	18,5	26,7	12,2	20,0
Magnesium	mg/l	18,0	17,8	19,2	17,4

Kationen, <u>filtriert</u>		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Natrium	mg/l	65,5	74,0	61,5	66,3
Calcium	mg/l	69,4	66,8	66,5	63,3
Kalium	mg/l	15,4	26,7	14,8	15,5
Magnesium	mg/l	18,2	17,8	17,8	17,3

Kationen, <u>unfiltriert</u>		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Natrium	mg/l	86,4	87,5	73,0	96,2
Calcium	mg/l	86,9	79,0	82,8	87,7
Kalium	mg/l	24,8	32,9	16,1	25,1
Magnesium	mg/l	21,4	21,5	22,6	20,9

Kationen, <u>unfiltriert</u>		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Natrium	mg/l	75,8	89,2	75,2	77,2
Calcium	mg/l	82,0	81,6	84,1	81,3
Kalium	mg/l	20,3	34,0	16,8	22,2
Magnesium	mg/l	21,2	20,3	20,8	20,9

Elemente, <u>filtriert</u>	Tagesmischprobe	Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
	Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Aluminium	mg/l	0,0254	0,0373	0,0108	0,0300
Arsen	mg/l	0,0018	0,0011	0,0012	0,0011
Barium	mg/l	0,0951	0,0855	0,0829	0,0715
Blei	mg/l	0,00229	0,00276	0,00193	0,00345
Bor	mg/l	1,026	0,967	0,783	1,041
Cadmium	mg/l	0,00006	0,00005	0,00009	0,00013

Elemente, <u>filtriert</u>	Tagesmischprobe	Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
	Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Aluminium	mg/l	0,0018	0,0060	0,0030	0,0047
Arsen	mg/l	0,0005	0,0007	0,0004	0,0006
Barium	mg/l	0,0264	0,0096	0,0343	0,0350
Blei	mg/l	0,00070	0,00033	0,00038	0,00098
Bor	mg/l	0,838	0,867	0,813	0,879
Cadmium	mg/l	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005

Elemente, <u>filtriert</u>		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Chrom	mg/l	0,0045	0,0053	0,0036	0,0052
Cobalt	mg/l	0,0013	0,0010	0,0006	0,0011
Eisen	mg/l	0,300	0,437	0,258	0,283
Kupfer	mg/l	0,0106	0,0145	0,0096	0,0121
Nickel	mg/l	0,0059	0,0087	0,0046	0,0061
Molybdän	mg/l	0,0047	0,0048	0,0047	0,0062

Elemente, <u>filtriert</u>		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Chrom	mg/l	0,0032	0,0039	0,0035	0,0039
Cobalt	mg/l	0,0007	0,0008	0,0006	0,0008
Eisen	mg/l	0,058	0,121	0,067	0,074
Kupfer	mg/l	0,0151	0,0032	0,0036	0,0021
Nickel	mg/l	0,0056	0,0075	0,0049	0,0059
Molybdän	mg/l	0,0049	0,0047	0,0040	0,0046

Elemente, <u>filtriert</u>		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Quecksilber	mg/l	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Platin	mg/l	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Silber	mg/l	0,00175	0,00317	0,00014	0,00173
Vanadium	mg/l	0,00129	0,00131	0,00101	0,00123
Zink	mg/l	0,0640	0,0884	0,0583	0,0602
Zinn	mg/l	0,0010	0,0009	0,0004	0,0009

Elemente, <u>ablutriert</u>		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Quecksilber	mg/l	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Platin	mg/l	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Silber	mg/l	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
Vanadium	mg/l	0,00093	0,00111	0,00096	0,00112
Zink	mg/l	0,0473	0,0468	0,0393	0,0358
Zinn	mg/l	0,00042	0,00009	0,00007	0,00007

Elemente, <u>unfiltriert</u>		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Aluminium	mg/l	3,0	2,4	2,5	3,5
Arsen	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Barium	mg/l	0,08	0,08	0,10	<0,08
Blei	mg/l	0,05	0,02	<0,02	0,06
Bor	mg/l	1,6	2,5	4,9	3,1
Cadmium	mg/l	<0,02	0,06	0,04	<0,02

Elemente, <u>unfiltriert</u>		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Aluminium	mg/l	4,2	0,5	0,5	<0,5
Arsen	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Barium	mg/l	<0,08	0,13	0,12	0,08
Blei	mg/l	0,10	0,16	<0,02	<0,02
Bor	mg/l	2,0	0,8	2,2	<0,5
Cadmium	mg/l	0,07	0,17	<0,02	<0,02

<u>Elemente, unfiltriert</u>		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Chrom	mg/l	6,2	6,9	7,6	7,9
Cobalt	mg/l	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Eisen	mg/l	3,4	1,1	<0,7	<0,7
Kupfer	mg/l	0,13	0,12	0,09	0,13
Nickel	mg/l	0,17	<0,04	<0,04	<0,04
Molybdän	mg/l	0,005	0,004	0,004	0,006

<u>Elemente, unfiltriert</u>		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Chrom	mg/l	4,6	5,1	5,6	<0,9
Cobalt	mg/l	0,007	0,013	<0,007	<0,007
Eisen	mg/l	<0,7	2,6	<0,7	1,1
Kupfer	mg/l	0,16	0,19	0,10	<0,07
Nickel	mg/l	0,31	0,62	<0,04	<0,04
Molybdän	mg/l	0,006	0,004	0,003	0,006

Elemente, <u>unfiltriert</u>		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Quecksilber	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Platin	mg/l	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Silber	mg/l	0,4	1,5	0,8	0,7
Vanadium	mg/l	1,7	1,8	2,0	2,0
Zink	mg/l	3,7	<0,2	<0,2	0,3
Zinn	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Elemente, <u>unfiltriert</u>		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Quecksilber	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Platin	mg/l	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Silber	mg/l	<0,3	0,6	0,7	<0,3
Vanadium	mg/l	1,2	1,4	1,5	<0,5
Zink	mg/l	3,5	5,0	0,2	1,4
Zinn	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

org. Summenparameter	Zulauf			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	Dim. 25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
CSB	mg/l 441	420	292	413
BSB ₅	mg/l 231	216	150	222
TOC	mg/l 128	119	81	125
AOX	mg Cl/l 0,036	0,038	0,03	0,038

org. Summenparameter	Mitte			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	Dim. 25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
CSB	mg/l 160	172	123	167
BSB ₅	mg/l 56	58	42	56
TOC	mg/l 42	45	32	43
AOX	mg Cl/l -	-	-	-

org. Summenparameter	Ablauf			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe				
Probenahmedatum	Dim. 25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
CSB	mg/l 25	31	31	26
BSB ₅	mg/l 10	12	12	11
TOC	mg/l 8	10	10	9
AOX	mg Cl/l 0,028	0,032	0,024	0,027

org. Summenparameter	Tagesmischprobe	Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
	Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
	Summe der Kohlenwasserstoffe	0,51	0,39	0,38	0,38
	Summe der lipophilen Stoffe	38	34	32	36
	MBAS	4,94	5,82	3,62	5,44
	BIAS	1,89	1,69	1,21	2,12
	Summe MBAS und BIAS	6,83	7,51	4,83	7,56

org. Summenparameter	Tagesmischprobe	Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
	Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
	Summe der Kohlenwasserstoffe	0,2	0,41	0,12	0,18
	Summe der lipophilen Stoffe	11	<5	10	8
	MBAS	<0,10	0,18	<0,10	0,13
	BIAS	<0,10	n.n.	<0,10	<0,10
	Summe MBAS und BIAS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20

Tenside und Metaboliten	Tagesmischprobe	Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
	Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
	Dim.				
LAS	µg/l	7.478	6.669	4.781	6.114
Nonylphenol	µg/l	0,338	0,665	0,304	0,295
Octylphenol	µg/l	0,08	0,099	0,113	0,152
Nonylphenol-monoethoxylat	ng/l	2.709	1.667	2.359	1.647
Nonylphenol-diethoxylat	ng/l	13.987	14.259	7.572	16.552

Tenside und Metaboliten	Tagesmischprobe	Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
	Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
	Dim.				
LAS	µg/l	185	318	274	269
Nonylphenol	µg/l	0,121	0,224	0,201	0,109
Octylphenol	µg/l	0,053	0,09	0,147	0,092
Nonylphenol-monoethoxylat	ng/l	301,15	512,7	344,3	292,1
Nonylphenol-diethoxylat	ng/l	571,1	729,8	601,9	654,1

Phthalate		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Dimethylphthalat	µg/l	8,207	19,826	5,8	9,21
Diethylphthalat	µg/l	9,88	9,91	7,519	8,202
Dibutylphthalat	µg/l	0,358	3,979	0,399	21,33
Butylbenzylphthalat	µg/l	0,241	0,262	0,088	0,394
Di-(2-ethylhexyl)phthalat	µg/l	3,704	3,301	5,191	11,821
Dioctylphthalat	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Phthalate		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Dimethylphthalat	µg/l	0,118	0,148	0,07	0,11
Diethylphthalat	µg/l	0,116	0,168	0,116	0,181
Dibutylphthalat	µg/l	0,217	0,761	0,305	0,468
Butylbenzylphthalat	µg/l	<0,068	<0,068	n.n.	<0,068
Di-(2-ethylhexyl)phthalat	µg/l	0,301	0,257	0,342	0,433
Dioctylphthalat	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Moschus-Verbindungen	Zulauf	Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Moschus-Xylol	µg/l	0,026	0,036	0,023	0,037
Moschus-Ambrette	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Moschus-Mosken	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Moschus-Tibeten	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Moschus-Keton	µg/l	0,05	0,056	0,049	0,069

Moschus-Verbindungen	Ablauf	Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Moschus-Xylol	µg/l	<0,010	<0,010	n.n.	n.n.
Moschus-Ambrette	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Moschus-Mosken	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Moschus-Tibeten	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Moschus-Keton	µg/l	0,038	0,053	0,051	0,053

weitere Industriechemikalien	Tagesmischprobe	Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
	Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
	Dim.				
	EDTA	328	358,1	210	390,9
	NTA	452	474,1	244,7	468,5
	Bisphenol A	0,483	1,357	0,791	1,058
	Bisphenol F	0,192	0,248	0,079	0,28

weitere Industriechemikalien	Tagesmischprobe	Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
	Probenahmedatum	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
	Dim.				
	EDTA	85,5	223,1	82,1	151,8
	NTA	9	12	8,6	9,8
	Bisphenol A	0,163	0,294	0,22	0,221
	Bisphenol F	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032

Tagesmischprobe, unfiltriert		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Octylphenol	µg/l	0,44	-	0,276	0,575
Nonylphenol	µg/l	3,016	-	2,924	3,383
Bisphenol A	µg/l	3,868	-	1,542	0,526
Bisphenol F	µg/l	0,74	-	0,282	0,159

Tagesmischprobe, unfiltriert		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Octylphenol	µg/l	0,017	-	0,2	0,049
Nonylphenol	µg/l	0,209	-	1,209	0,707
Bisphenol A	µg/l	0,142	-	0,638	0,354
Bisphenol F	µg/l	0,015	-	0,123	0,066

Organozinnverbindungen	Zulauf	Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Monobutyl-Sn-Kation	ng/l	<8	<8	8	8
Dibutyl-Sn-Kation	ng/l	<6	7	<6	<6
Heptyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tributyl-Sn-Kation	ng/l	<6	<6	<6	<6
Diphenyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diheptyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Triphenyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Organozinnverbindungen	Ablauf	Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Monobutyl-Sn-Kation	ng/l	<8	<8	23	10
Dibutyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	<6	10	<6
Heptyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tributyl-Sn-Kation	ng/l	<6	<6	<6	<6
Diphenyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diheptyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Triphenyl-Sn-Kation	ng/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Toxizitätsuntersuchungen		Zulauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Leuchtbakterientest GL	-	4	4	4	12
Daphnientest GD	-	1	1	1	1
Algentest GA	-	1	1	1	1

Toxizitätsuntersuchungen		Mitte			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Leuchtbakterientest GL	-	1	1	1	1
Daphnientest GD	-	1	1	1	1
Algentest GA	-	1	1	1	1

Toxizitätsuntersuchungen		Ablauf			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Tagesmischprobe					
Probenahmedatum	Dim.	25.5.-26.5.1999	27.5.-28.5.1999	30.5.-31.5.1999	31.5.-1.6.1999
Leuchtbakterientest GL	-	1	1	1	1
Daphnientest GD	-	1	1	1	1
Algentest GA	-	1	1	1	1