

8.5 Tabellen

8.5.1 Anhang Tabellen Grundlagen: Abwasser- und Klärschlamm Entsorgung

Tabelle 8-2: Öffentliche Wasserversorgung und Klärschlammaufkommen 1998 und Bevölkerung 2000 in der EU

Land °	Bevölkerung §	Süßwasserentnahme &		Öffentliche Wasserversorgung & *		Klärschlamm-aufkommen §
		(Mio. m ³)	Bem.	(Mio. m ³)	Bem.	
D	82,16	40.591		4.859		2,661
GB	59,62	13.085	1975	6.597		1,193
F	58,75	32.474		4.000		0,878
E	39,73	31.745		3.933		0,787
I ☆	57,68	41.982		5.692	1999	0,450 ⁽¹⁾ 0,816 ⁽²⁾ 2,177 ⁽³⁾
NL	15,86	8.813	2001	1.253		0,349
P	10,20	7.288	1990, geschätzt	k. A.		0,246
S	8,86	2.711		720		0,221 ⁽¹⁾
A	8,10	3.561	1997	604	1997	0,212
DK	5,33	738		440		0,200
FIN	5,17	2.328	1999	404		0,158
B	10,24	7.442		559		0,113
GR	10,55	8.695	1997	750	1980	0,086
IRL	3,78	1.070	1980	k. A.		0,043
L	0,44	61	1999	36,9	1999	0,013
Summe ☆	376,47	202.584		29.849		7,610 7,976 9,337

° 01.01.2000, [625]; & 1998, [31]; § 1998, [32] außer ⁽¹⁾ [40], ⁽²⁾ 1990, [625], ⁽³⁾ 1993, [625]; Bem.: Bemerkung; E: Einwohner/innen; k. A.: keine Angabe; TR: Trockenrückstand;

° Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis; * einschließlich Meerwasserentsalzung, ohne landwirtschaftliche Bewässerung, ohne Wasseraufbereitung nur zum Zwecke des Umweltschutzes, ohne gegenseitige Belieferung der Versorger;

☆ Anmerkung: [41] gibt für I/1992 ein Klärschlammaufkommen von 0,816 Mio. t TR an. [625] führen diese Zahl für 1990 und als „abweichende Datenerhebung“. [40] geben für 1998 und 2000 0,45 bzw. 0,5 Mio. t TR an, [625] demgegenüber bei 57 Mio. E und einem Klärschlammfall von $36 \text{ kg TR} \cdot (\text{E} \cdot \text{a})^{-1}$ in 1993 2,177 Mio. t TR. [625] geben für 1998 einen Anschlußgrad von 97 % (bei 77 % tertiärer Reinigung) an, [31] 75 % für 1995, [624] nur 63 % für 1995 (Tabelle 8-4). F hat 1998 bei 58 Mio. E und 77 % Anschlußgrad etwa 0,9 Mio. t TR Klärschlamm produziert, GB mit 58 Mio. E etwa 1,2 Mio. t TR. Da der Wasserverbrauch in I höher lag als in F oder D und niedriger als in GB [31], sollte das Klärschlammaufkommen bei 75 % Anschlußgrad wohl in der Größenordnung von etwas über 1 Mio. t TR liegen. Sollte heute tatsächlich ein Anschlußgrad von 97 % vorliegen, wären wegen des hohen Wasserverbrauchs auch ein Klärschlammaufkommen von über 2 Mio. t TR vorstellbar.

Tabelle 8-3: Entwicklung des Klärschlammaufkommens in der EU 1992 – 2005

Land °	1992	1995	1998	2000	2005
	(Mio. t TR)				
D	2,208	2,512	2,661	2,736	2,787
GB	0,998	1,158	1,193	1,407	1,467
F	0,643	0,764	0,878	0,980	1,172
E	0,528	0,751	0,787	1,069	1,088
I	0,816 ⁽¹⁾ 2,177 ⁽²⁾	k. A.	0,450 ⁽³⁾	0,498 ⁽³⁾	k. A.
NL	0,324	0,362	0,349	0,401	0,401
P	0,126	0,147	0,246	0,348	0,359
S	0,243	0,236	0,221 ⁽³⁾	0,217 ⁽⁴⁾	k. A.
A	0,190	0,190	0,212	0,196	0,195
DK	0,175	0,185	0,200	0,200	0,200
FIN	0,150	0,158	0,158	0,150	0,160
B	0,059	0,078	0,113	0,131	0,159
GR	0,066	0,066	0,086	0,096	0,099
IRL	0,037	0,040	0,043	0,100	0,113
L	0,009	0,010	0,013	0,013	0,014
Summe	6,552 ^(a) 7,933 ^(b)	7,107 ^(c) 7,473 ^(a) 8,834 ^(b)	7,610 7,976 ^(a) 9,337 ^(b)	8,542 8,861 ^(a) 10,221 ^(b)	8,931 ^(d) 9,247 ^(e) 10,608 ^(f)

nach [32] außer ⁽¹⁾ 1993, [41,625], ⁽²⁾ 1990, [625], ⁽³⁾ [40], ⁽⁴⁾ nach [626] geschätzt mit 8,9 Mio. E; ^(a) mit 0,816 Mio. t TR für I; ^(b) mit 2,177 Mio. t TR für I; ^(c) mit 0,45 Mio. t TR für I; ^(d) mit 0,5 Mio. t TR für I und 0,271 Mio. t TR für S; ^(e) mit 0,816 Mio. t TR für I und 0,271 Mio. t TR für S; ^(f) mit 2,177 Mio. t TR für I und 0,271 Mio. t TR für S

Tabelle 8-4: Anschlußgrad an öffentliche Kläranlagen in der EU, 1998

Land °	Anschlußgrad insgesamt Reinigung		Anschlußgrad primäre Reinigung		Anschlußgrad sekundäre Reinigung		Anschlußgrad tertiäre Reinigung	
	(%)	Bem.	(%)	Bem.	(%)	Bem.	(%)	Bem.
D	91,0		1,1		6,3		83,1	
GB ^{(1) *}	94,6	2000	3,6	2000	64	2000	27	2000
F	76,9		k. A.		k. A.		k. A.	
E	48,3	1995	10,6	1995	34,4	1995	3,3	1995
I	75,0 ⁽¹⁾	1995	2,9 ⁽¹⁾	1995	36,1 ⁽¹⁾	1995	24,1 ⁽¹⁾	1995
	63,0 ⁽²⁾	1995						
	97,0 ⁽³⁾		0,0 ⁽³⁾		19,5 ⁽³⁾		77,5 ⁽³⁾	
NL	98,1		0,0		21		77	
P	46,0		17,8		26		2,3	
S	93,0		0,0		6		87	
A	85,0	2000	1,0		17		64	
DK	89,0		1,6		3,4		84	
FIN	79,0		0,0		0		79	
B	38,1		0,0		22		16,1	
GR	56,2	1997	32,4	1997	14,2	1997	9,6	1997
IRL	57,6	1995	24,0	1995	31,8	1995	1,8	1995
L	93,0	1999	19,0	1995	57	1995	11	1995
MEAN	76,2		7,9		23,0		44,5	
gesamt	81,8 308,1 &		≥ 3,6 ≥ 13,7 &		≥ 21,7 ≥ 81,5 &		≥ 44,4 ≥ 167,1 &	

[31] außer ⁽¹⁾ [626], ⁽²⁾ [624], ⁽³⁾ [625];

° Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis; * nur England und Wales; & (Mio. E)

Bem.: Bemerkung; E: Einwohner/innen; k. A.: keine Angabe

Tabelle 8-5: Entsorgungswege für Klärschlamm in der EU, 1998

Land °	Recycling	Deponierung	Verbrennung	Verklappung	k. A.
	(Mio. t TR)				
D	1,270	0,744	0,558	0	0,089
GB	0,672	0,118	0,144	0,240	0
F	0,572	0,092	0,214	0	0
E	0,410	0,268	0,052	0,057	0
I⁽¹⁾	0,012				0,438
NL	0,073	0,104	0,172	0	0
P	0,074	0,147	0,000	0	0,025
S⁽²⁾	0,111	0,078	0	0	0,028
A	0,092	0,035	0,068	0	0,043
DK	0,125	0,025	0,050	0	0
FIN	0,146	0,014	0	0	0
B	0,033	0,037	0,011	0	0,032
GR	0,004	0,082	0	0	0
IRL	0,024	0,017	0	0	0,001
L	0,009	0,001	0,003	0	0
Summe	3,572	1,684	1,272	0,297	0,793

zusammengestellt nach [32] außer ⁽¹⁾ [40] und ⁽²⁾ [625], 2000, geschätzt mit 8,9 Mio. E;

° Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis; k. A.: keine Angabe; TR: Trockenrückstand

Tabelle 8-6: Mindestanforderungen der EU an die primäre, sekundäre und tertiäre Abwasserreinigung

Parameter	Primäre Reinigung	Sekundäre Reinigung	Tertiäre Reinigung
BSB₅-Elimination	≥ 20 %	≥ 70 %	≥ 95 %
Schwebstoff- elimination	≥ 50 %		
CSB-Elimination		≥ 75 %	≥ 85 %
N_{ges}-Elimination oder P_{ges}-Elimination oder Coliforme Keime			≥ 70 % ≥ 80 % ≤ 1000 in 100 ml
Verfahren	mechanisch, physikalisch, chemisch	physikalisch, chemisch, biologisch	mechanisch, physikalisch, chemisch, biologisch, Strahlung

nach [33]

8.5.2 Anhang Tabellen Grundlagen: Bisphenol A

Tabelle 8-7: Eigenschaften von Bisphenol A

Eigenschaft	Wert
CAS-Registrierungsnummer	80-05-7
EINECS-Nummer	201-245-8
Summenformel	C ₁₅ H ₁₆ O ₂
Synonyme &	2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)propan ⁽¹⁾ (IUPAC-Name) 4,4'-Isopropylidendiphenol ⁽¹⁾ Diphenylolpropan ⁽¹⁾ Dihydroxydiphenylpropan ⁽¹⁾ Dian ⁽¹⁾ 4,4'-(1-methylethylidene)bisphenol ⁽¹⁾ 2,2-(4,4'-Dihydroxydiphenyl)propan ⁽⁴⁾
Abkürzungen	BPA; 4,4'-BPA ⁽¹⁾
Molare Masse	228,3 g · mol ⁻¹ ⁽⁶⁾
Dichte	1,065 g · cm ⁻³ (bei 160 °C) ⁽⁶⁾ 1,195 g · cm ⁻³ (bei 25 °C) ⁽⁵⁾ 1,04 g · cm ⁻³ (bei 20 °C) ⁽⁶⁾
Schmelzpunkt	156 – 157 °C ⁽⁶⁾ 150 – 155 °C ⁽⁴⁾
Siedepunkt	360 °C (bei 1013 hPa) ⁽⁶⁾
Flammpunkt	227 °C ⁽⁶⁾
Zündtemperatur	510 °C ⁽⁶⁾
Dampfdruck (20 – 25 °C; je nach Autor)	5,3 · 10 ⁻⁸ – 4,1 · 10 ⁻⁹ hPa ⁽¹⁾ 5 · 10 ⁻⁶ hPa ⁽²⁾
Löslichkeit in Wasser	120 – 320 mg · l ⁻¹ (bei 25 °C bzw. RT und pH = 7 – 8) ⁽¹⁾
Löslichkeit in Aceton	1086 g · l ⁻¹ (bei RT) ⁽¹⁾
Dissoziationskonstanten pK _S	pK _{S1} = 10,2 und pK _{S2} = 11,2 ⁽¹⁾ 9,6 – 10,2 ⁽⁴⁾
n-Octanol/Wasser- Verteilungskoeffizient log K _{OW}	3,32 bis 3,84 (je nach Autor) ⁽¹⁾ 2,2 bis 3,82 (je nach Autor) ⁽⁴⁾
Henry-Konstante	1,0 · 10 ⁻⁵ Pa · m ³ · mol ⁻¹ ⁽¹⁾ 4,03 · 10 ⁻⁶ Pa · m ³ · mol ⁻¹ ⁽⁷⁾
UV-Spektrum	2 Maxima bei 278,5 und 227 nm ⁽¹⁾
log K _{OC} (modelliert außer * experimentell)	2,85 ⁽⁷⁾ Boden 2,5 ⁽¹⁾ Boden 1,15 ⁽⁷⁾ * Boden 2,9 ⁽⁸⁾ Sediment 3,2 ⁽¹⁾ Sediment 1,55 ⁽⁷⁾ Schwebstoffe 1,85 ⁽⁷⁾ * Klärschlamm 2,72 – 3,11 ⁽⁹⁾

Eigenschaft	Wert
Biokonzentrationsfaktoren	Karpfen: 5,1 – 13,3 (bei $150 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) ⁽¹⁾ Karpfen: < 20 – 68 (bei $15 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) ⁽¹⁾ Karpfen: < 100 ⁽¹⁾ 133 (berechnet mit $\log K_{\text{OW}} = 3,32$) ⁽¹⁾ 366 (berechnet mit $\log K_{\text{OW}} = 3,84$) ⁽¹⁾ 42 (berechnet aus Wasserlöslichkeit) ⁽¹⁾ 196 (berechnet aus $\log K_{\text{OW}}$) ⁽¹⁾

& s. a. [20];⁽¹⁾ [175] und dort angegebene Referenzen (u. d. a. R.),⁽²⁾ [183] u. d. a. R.,⁽³⁾ [627];⁽⁴⁾ [176] u. d. a. R.;⁽⁵⁾ [27];⁽⁶⁾ [171] u. d. a. R.;⁽⁷⁾ [20];⁽⁸⁾ [514];⁽⁹⁾ [492]

Tabelle 8-8: Bindungsaffinitäten und endokrine Effekte von Bisphenol A in zellfreien bzw. *in vitro*-Testsystemen

Tierart	Testsystem	Endpunkt	Wirkung	Wert	relative Wirkstärke	Referenz
estrogen, Relative Bindungsaffinität (RBA)						
Karpfen	Hepatozyten		+			[628]
Regenbogenforelle	GST-rtERdef		+		2×10^{-4}	[629]
Eidechse	GST-aERdef		+		10^{-4} *	[629]
Huhn	GST-cERdef		+		4×10^{-5}	[629]
Ratte	rER β		+		3×10^{-3}	[630]
Maus	MUC-ER		+		10^{-5}	[241]
Kaninchen	RbUC-ER		+		10^{-6}	[631]
Mensch	SHBG		+			[628]
Mensch	GST-hERdef		+		10^{-5}	[629]
Maus	GST-mERdef		+		10^{-5}	[629]
Mensch	hER β		+		10^{-5}	[632]
Mensch	hER α , MCF-7		+		6×10^{-6}	[250]
estrogen, Reporter-Gen-Assay (RGA)						
Regenbogenforelle	Hepatozyten	VTG	+	LOEC $23 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$	$10^{-4} - 10^{-5}$ (E2)	[633]
Karpfen	Hepatozyten	VTG	+	LOEC $11 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	10^{-4} (E2)	[634]
Mensch	BG-1	Luc	+		4×10^{-3}	[347]
Hamster/ Mensch	CHO-K1, hER α	Luc	+	EC ₅₀ $0,35 \mu\text{M}$		[347]
Hamster/ Mensch	CHO-K1, hER α	Luc	+	EC ₅₀ $0,25 \mu\text{M}$		[347]
Ratte	RPC	Luc	+			[243]
Mensch	HEK293, hER α	Luc, β -Gal	+		50 % ^S ($1 \mu\text{M}$ E2)	[632]
Mensch	HEK293, hER β	Luc, β -Gal	+		41 % ($1 \mu\text{M}$ E2)	[632]
Mensch	HeLa, hER α	Luc	+			[635]
Mensch	HepG2, hER α	Luc, β -Gal	+	EC ₅₀ $0,64 \mu\text{M}$	100 %	[91]
Mensch	HepG2, hER β	Luc, β -Gal	+	EC ₅₀ $0,89 \mu\text{M}$	45 %	[91]
Mensch	MCF-7, hER α def	Luc, β -Gal	+	EC ₅₀ $0,71 \mu\text{M}$	10^{-4}	[241]
Mensch	MCF-7, hER β def	Luc, β -Gal	+	EC ₅₀ $0,45 \mu\text{M}$	2×10^{-4}	[241]
estrogen, Säugetier-Zellvermehrungsassay (MCPA)						

Tierart	Testsystem	Endpunkt	Wirkung	Wert	relative Wirkstärke	Referenz
Ratte	MtT, rER	ZV	+	LOEC 1 μ M		[636]
Mensch	MCF-7	ZV	+			[238]
Mensch	MCF-7	Luc	+			[637]
Mensch	MCF-7	DNS-Menge, Thymidin- Einbau	+			[638]
Mensch	MCF-7 (BUS)	ZV	+			[639]
Mensch	T47D	ZV	+			[639]
Mensch	T47D	Luc	+	EC ₅₀ 0,77 μ M	8 x 10 ⁻³	[640]
Mensch	ZR-75-1	ZV	+			[639]
Mensch	MCF-7 (BB)	ZV	+		10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁵ (E2)	[641]
Mensch	MCF-7 (ATCC)	ZV	+			[641]
estrogen, Hefezellen-Reporterger-Assay (YRGA)						
Mensch	hER α	β -Gal	+		10 ⁻⁴	[116]
Mensch	hER α	β -Gal	+	EC ₅₀ 0,80 μ M	5 x 10 ⁻⁴	[642]
Mensch	hER α	β -Gal	+	50 %	5 x 10 ⁻³	[643]
Mensch	hER β	β -Gal	+	EC ₅₀ 0,10 μ M		[644]
antiestrogen, Säugetierzellen-Reporterger-Assay (MCRGA)						
Mensch	HepG2, hER β	Luc, β -Gal	-			[91]
Mensch	HepG2, hER α	Luc, β -Gal	-			[91]
Progesteron, Relative Bindungsaffinität (RBA)						
Mensch	MCF-7, hPgR		+			[216]
Progesteron, Säugetierzellen-Reporterger-Assay (MCRGA)						
Maus	mLTC-1, mLHR	cAMP, Pg	+			[244]
Mensch	MCF-7	hPgR	+		4 x 10 ⁻⁴	[638]
Progesteron, Hefezellen-Reporterger-Assay (YRGA)						
Mensch	hPgR		-			[645]
androgen, Hefezellen-Reporterger-Assay (YRGA)						
Mensch	hAR	β -Gal	-			[89]
androgen, Säugetierzellen-Reporterger-Assay (MCRGA)						
Mensch	CHO-K1, MMTV, hAR	Luc	-			[646]
antiandrogen, Hefezellen-Reporterger-Assay (YRGA)						
	hAR	β -Gal	+			[89]
antiandrogen, Säugetierzellen-Reporterger-Assay (MCRGA)						

Tierart	Testsystem	Endpunkt	Wirkung	Wert	relative Wirkstärke	Referenz
Mensch	HepG2, hAR	Luc, β -Gal	-			[91]
Mensch	PC-3, hAR, MMTV	Luc	+	IC ₅₀ 1,0 μ M		[647]
Mensch	CHO-K1, MMTV, hAR	Luc	+			[646]
neuroendokrin, Säugetierzellen-Reportergen-Assay (MCRGA)						
Ratte	RPC	PRL	+		10 ⁻³	[243]
Ratte	GH3, rPROL-R	Luc	+			[243]
Ratte	RPC, GH3, PRF	Luc	+/- °			[243]

° F-344-Ratten +, SD-Ratten -; * EC₅₀, IC₅₀ im Verhältnis zum jeweiligen Referenzestrogen (E2, DES);
^s Angaben in (%): maximale Wirkung im Verhältnis zum jeweiligen Referenzestrogen (E2, DES, EE2);
 Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis

Tabelle 8-9: Endokrine Effekte von Bisphenol A bei Invertebraten

Tierart	Parameter	Wirkung / Wert	Exposition
Flachkrebse Wasserfloh ⁽¹⁾ <i>Daphnia magna</i> STRAUS	NOEC Häutungsverhalten	3,16 mg · l ⁻¹	
Vorderkiemerschnecken ⁽³⁾ Apfelschnecke <i>Marisa cornuarietis</i>	LOEC diverse ("Superweibchen")	nominal: 1 μ g · l ⁻¹	semi-statisch, 5 Mo.; semi-statisch, 12 Mo.
Vorderkiemerschnecken ⁽³⁾ Apfelschnecke <i>Marisa cornuarietis</i>	NOEC diverse ("Superweibchen") LOEC kum. Eiproduktion EC ₁₀ kum. Eiproduktion NOEC kum. Eiproduktion	50 ng · l ⁻¹ 48,3 ng · l ⁻¹ 13,9 ng · l ⁻¹ 7,9 ng · l ⁻¹	semi-statisch, 180 d
Vorderkiemerschnecken ⁽³⁾ Wellhornschnecke (marin) <i>Nucella lapillus</i>	LOEC diverse ("Superweibchen")	nominal: 1 μ g · l ⁻¹	semi-statisch, 3 Mo.
Ruderfüßler ⁽²⁾ Ruderfußkrebse (marin) <i>Acartia tonsa</i>	EC ₁₀ Larvenentwicklungsrate EC ₅₀ Larvenentwicklungsrate	nominal: 0,1 mg · l ⁻¹ 0,55 mg · l ⁻¹	semi-statisch, ~ 5 d
Zuckmücke ⁽⁴⁾ ° <i>Chironomus riparius</i>	NOEC diverse (F0) NOEC diverse (F1) LOEC Auftauchen (F1)	nominal: 0,75 mg · l ⁻¹ 0,75 mg · l ⁻¹ 78 ng · l ⁻¹ (m/w)	statisch, 24 h
Flachkrebse (benthisch) <i>Chorophium volutator</i> ⁽⁵⁾	EC ₅₀ diverse (10 d) *	36 mg · kg ⁻¹ dm	

⁽¹⁾ [648]; ⁽²⁾ [649]; ⁽³⁾ [229-231,472]; ⁽⁴⁾ [650]; ⁽⁵⁾ siehe [20]

° Endpunkte für Reproduktion, aber unklar, ob für hormonelle (estrogene) Wirkung geeignet;

* allgemeine Toxizität;

EC₁₀ (EC₅₀): 10 % (50 %) effective concentration; F0: Elterngeneration; F1: erste Generation Nachkommen; LOEC: lowest observed effect concentration; NOEC: no observed effect concentration

Tabelle 8-10: Endokrine Effekte von Bisphenol A bei Fischen

Tierart	Parameter	Wirkung / Wert	Exposition
Dickkopfelritze ⁽¹⁾ <i>Pimephales promelas</i>	NOEC Lethalität und Reproduktion NOEC Spermienentwicklung (F0) NOEC VTG-Induktion (F1) LOEC Spermienentwicklung (F1) NOEC VTG-Induktion (F2) NOEC Schlupfrate (F2)	640 µg · l ⁻¹ 1 µg · l ⁻¹ (m) 16 µg · l ⁻¹ (m/w) 1 µg · l ⁻¹ (m) 16 µg · l ⁻¹ (m) 16 µg · l ⁻¹	3-Generationen-Studie, Durchfluß
Regenbogenforelle ⁽²⁾ <i>Oncorhynchus mykiss</i>	NOEC VTG-Induktion LOEC VTG-Induktion	40 µg · l ⁻¹ 70 µg · l ⁻¹	Durchfluß, 12 d
Regenbogenforelle ⁽³⁾ <i>Oncorhynchus mykiss</i>	NOEC VTG-Induktion	100 µg · l ⁻¹ §	Durchfluß, 7 d
Medaka ⁽⁴⁾ <i>Oryzias latipes</i>	NOEC Anzahl Eier, Jungtiere LOEC Anzahl Eier, Jungtiere	68 µg · l ⁻¹ 2,3 mg · l ⁻¹	14 d
Karpfen ⁽⁵⁾ <i>Cyprinus carpio</i>	NOEC Eileiter-Bildung (Exp. 1) NOEC Eileiter -Bildung (Exp. 2)	16 µg · l ⁻¹ (m) 17 µg · l ⁻¹ (m)	Durchfluß, 49 d
Zebrafisch ⁽⁶⁾ <i>Brachydanio rerio</i>	NOEC Befruchtungsrate EC50 Befruchtungsrate Zeitpunkt erstes Laichen Eiproduktion	1,45 mg · l ⁻¹ 0,76 mg · l ⁻¹ + +	Lebenszyklus
Zebrafisch ⁽⁶⁾ <i>Brachydanio rerio</i>	VTG-Induktion Reproduktion	+ +	Lebenszyklus
Medaka ⁽⁸⁾ <i>Oryzias latipes</i>	LOEC Induktion weibliche Proteine NOEC Induktion weibliche Proteine LOEC Gonadengewebe NOEC diverse	nominal: 10 µg · l ⁻¹ (m) 0,1 µg · l ⁻¹ (m) 100 µg · l ⁻¹ (m) 100 µg · l ⁻¹ (w)	35 d
Schwertträger ⁽⁹⁾ <i>Xiphophorus helleri</i>	NOEC VTG-Induktion LOEC VTG-Induktion LOEC Zellschäden Gonaden	nominal: 0,4 mg · l ⁻¹ 2 mg · l ⁻¹ 10 mg · l ⁻¹ (m)	semi-statisch, 3 d
Schwertträgerfisch ⁽⁹⁾ <i>Xiphophorus helleri</i>	NOEC Schwertlänge LOEC Schwertlänge NOEC VTG LOEC VTG	nominal: 2 µg · l ⁻¹ (m) 20 µg · l ⁻¹ (m) 0,4 µg · l ⁻¹ (m) 2 µg · l ⁻¹ (m)	semi-statisch, 60 d
Medaka ⁽¹⁰⁾ <i>Oryzias latipes</i>	NOEC Geschlechterverhältnis Auftreten Testis-Ova LOEC Morphologie Hoden NOEC Morphologie Hoden LOEC Entwicklung Eierstöcke NOEC Entwicklung Eierstöcke LOEC → Eosinophile Flüss. NOEC → Eosinophile Flüss.	nominal: 200 µg · l ⁻¹ nur bei niedrigster Konzentration 10 µg · l ⁻¹ 50 µg · l ⁻¹ 10 µg · l ⁻¹ 200 µg · l ⁻¹ 100 µg · l ⁻¹ 200 µg · l ⁻¹ (m/w) 100 µg · l ⁻¹ (m/w)	semi-statisch, 85 – 110 d

§ einzige getestete Konzentration;

(¹) [259]; (²) [651]; (³) [211]; (⁴) [340]; (⁵) siehe [20]; (⁶) [80]; (⁸) [652]; (⁹) [101]; (¹⁰) [341];

EC₅₀: 50 % effective concentration; Exp.: Experiment; Flüss.: Flüssigkeit; F0: Elterngeneration; F1 (F2): erste (zweite) Generation Nachkommen; LOEC: lowest observed effect concentration; NOEC: no observed effect concentration; VTG: Vitellogenin (-produktion)

Tabelle 8-11: Endokrine Effekte von Bisphenol A bei Amphibien

Tierart	Parameter	Wirkung / Wert	Exposition	Referenz
Afrikanischer Krallenfrosch <i>Xenopus laevis</i>	LOEC Geschlechterverhältnis NOEC Geschlechterverhältnis (aber nicht signif. Effekt)	nominal: 23 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 2,3 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$	semi-statisch, ~ 12 Wo.	[232]
Afrikanischer Krallenfrosch <i>Xenopus laevis</i>	NOEC diverse	nominal: 500 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$	Durchfluß, 90 d	[233]

LOEC: lowest observed effect concentration; NOEC: no observed effect concentration

Tabelle 8-12: Estrogene Effekte von Bisphenol A bei Säugetieren *in vivo*

Tierart	Parameter *	Wirkung / Wert § ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$)	Art und Dauer der Exposition	Referenz
Unreife Alpk-Ratten (w)	LOEL ALT NOEL ALT NOEL AST NOEL diverse LOEL Uterusgewicht NOEL Uterusgewicht NOEL insgesamt	800 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 800 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 800 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$	oral, 3 d; PND 21	[20]
Unreife Alpk:AP-Ratten (w)	NOEL KG NOEL vaginales Öffnen LOEL Uterusgewicht NOEL Uterusgewicht	800 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 800 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 800 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ 400 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$	oral, 3 d; PND 21	[234]
Ovariectomierte SD-Ratten	NOEL Uterusgewicht NOEL vaginale Zytologie	16,9 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$	oral, 3 d	[235]
Unreife Long Evans-Ratten (w)	LOEL Uterusgewicht NOEL Uterusgewicht	200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$ (nach 6 h, nicht mehr nach 24 h) 100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$	oral, 3 d; PND 21	[236]
Ovariectomierte Long Evans-Ratten	LOEL Uterusgewicht	400 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$	oral, 3 d	[236]
Unreife Long Evans-Ratten (w)	LOEL KG NOEL vaginales Öffnen	400 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}$	oral, 16 d; PND 21	[236]
Ovariectomierte Long Evans-Ratten	NOEL vaginale Zytologie	100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}^\circ$	oral, 25 d	[236]
Long Evans-Ratten (w)	LOEL Zyklus	100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}^\circ$	oral, 25 d	[236]
Ovariectomierte Long Evans-Ratten	LOEL Uterusgewicht	200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{KG}^\circ$	oral, 3 d	[236]

Tierart	Parameter *	Wirkung / Wert § (mg · kg ⁻¹ KG)	Art und Dauer der Exposition	Referenz
Unreife Alpk:APf SD-Ratten (m)	NOEL Hodengewicht NOEL Gew. Epididymes NOEL Gew. seminale Vesikel NOEL Prostatagewicht NOEL Lebergewicht, NOEL Nierengewicht NOEL KG	150 mg · kg ⁻¹ KG	oral, 3 d; PND 21/32	[237]
Ovariectomierte SD-Ratten	LOEL Uterusgewicht NOEL Uterusgewicht NOEL CL	10 mg · kg ⁻¹ KG 30 mg · kg ⁻¹ KG < 30 mg · kg ⁻¹ KG (exakter Wert n. g.)	oral, 4 d	[238]
Ovariectomierte SD-Ratten	NOEL mineralische Dichte der Knochen	30 mg · kg ⁻¹ KG	oral, 35 d	[238]
Unreife SD- Ratten (w)	NOEL Uterusgewicht LOEL Uterus Peroxidase- Aktivität NOEL Uterus Peroxidase- Aktivität LOEL Uterus PgR-Level	150 mg · kg ⁻¹ KG 100 mg · kg ⁻¹ KG 50 mg · kg ⁻¹ KG 5 mg · kg ⁻¹ KG	oral, 3 d; PND 21	[239]
Ovariectomierte WISTAR-Ratten	NOEL Uterusgewicht, Uterusepithelium, vaginales Epithelium, Uterusexpression von Clusterin mRNA	200 mg · kg ⁻¹ KG	oral, 3 d	[653]
Ovariectomierte SD-Ratten	LOEL Uterusgewicht NOEL Uterusepithelium, vaginales Epithelium, Uterusexpression von Clusterin mRNA	200 mg · kg ⁻¹ KG 50 mg · kg ⁻¹ KG	oral, 3 d	[653]
Ovariectomierte DA/Han-Ratten	LOEL Uterusgewicht NOEL Uterusepithelium, vaginales Epithelium, Uterusexpression von Clusterin mRNA	200 mg · kg ⁻¹ KG 50 mg · kg ⁻¹ KG	oral, 3 d	[653]

* wenn nur LOEL angegeben, dann niedrigste getestete Dosis, wenn nur NOEL, dann höchste getestete Dosis; ° einzige getestete Dosis; n. g.: nicht angegeben;

ALT: Alanin-Aminotransferase; AST: Aspartat-Aminotransferase; CL: Cholesteroll; KG: Körpergewicht; LOEL: lowest observed effect level; m: männlich; NOEL: no observed effect level; PgR: Progesteron-Rezeptor; PND: postnatal day/s (Tag/e nach Geburt); TE: Testosteron (-produktion); w: weiblich

Tabelle 8-13: Namen und Eigenschaften einiger Diphenylalkane

Name *	CAS-Nr.	EINECS-Nr.	Summenformel	Molare Masse (g · mol ⁻¹)	Abk. *
Bis(4-hydroxyphenyl)methan 4,4'-Bis(hydroxyphenyl)methan Bisphenol F, BPF	620-92-8	210-658-2	C ₁₃ H ₁₂ O ₂	200,2	4,4'-BPF, BPF
2,2'-Bis(hydroxyphenyl)methan Bisphenol F	2467-02-9	219-578-2	C ₁₃ H ₁₂ O ₂	200,2	2,2'-BPF
2,4'-Bis(hydroxyphenyl)methan Bisphenol F					2,4'-BPF
1,1-Bis(4-hydroxyphenyl)ethan Bisphenol E, BPE	6052-84-2	keine	C ₁₄ H ₁₄ O ₂	214,3	BPE
2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propan Bisphenol A, BPA	80-05-7	201-245-8	C ₁₅ H ₁₆ O ₂	228,3	BPA
1,1-Bis(4-hydroxyphenyl)propan	1576-13-2	keine	C ₁₅ H ₁₆ O ₂	228,3	1,1-BPA
2,2-Bis(4-hydroxy-3-methylphenyl)propan Bisphenol C, BPC	79-97-0	201-240-0	C ₁₇ H ₂₀ O ₂	256,3	BPC
2,2-Bis(3,5-dimethyl-4-hydroxy-3-methylphenyl)propan Tetramethylbisphenol A, TMBPA	5613-46-7	227-033-5	C ₁₉ H ₂₄ O ₂	284,4	TMBPA
2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)butan Bisphenol B, BPB	77-40-7	201-025-1	C ₁₆ H ₁₈ O ₂	242,3	BPB
2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)pentan	4204-58-4	keine	C ₁₇ H ₂₀ O ₂	256,3	2,2-BP-5
3,3-Bis(4-hydroxyphenyl)pentan	3600-64-4	keine	C ₁₇ H ₂₀ O ₂	256,3	3,3-BP-5
2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)hexan	14007-30-8	237-812-1	C ₁₈ H ₂₂ O ₂	270,4	2,2-BP-6
3,3-Bis(4-hydroxyphenyl)hexan	10196-77-7	keine	C ₁₈ H ₂₂ O ₂	270,4	3,3-BP-6
Bis(4-hydroxyphenyl)cyclohexan, 2,2-...: Bisphenol Z, BPZ	843-55-0	212-677-1	C ₁₈ H ₂₀ O ₂	268,4	BPZ
1,1-Bis(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan, BPTMC	129188-99-4	keine	C ₂₁ H ₂₆ O ₂	310,4	BPTMC
4,4-Bis(4-hydroxyphenyl)heptan	7425-79-8	keine	C ₁₉ H ₂₄ O ₂	284,4	4,4-BP-7
2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)octan	6052-90-0	keine	C ₂₀ H ₂₆ O ₂	298,4	2,2-BP-8
4,4-Bis(4-hydroxyphenyl)octan	keine	keine	C ₂₀ H ₂₆ O ₂	298,4	4,4-BP-8
5,5-Bis(4-hydroxyphenyl)nonan	5754-76-9	keine	C ₂₁ H ₂₈ O ₂	312,5	5,5-BP-9

nach [64,171,214,262]; * wenn nicht anders aufgeführt, sind die jeweiligen x,y-Bis(4-hydroxyphenyl)-n-Alkane gemeint.

Tabelle 8-14: Namen und Eigenschaften einiger Weiterverarbeitungsprodukte von Bisphenol A und Bisphenol F

Name	CAS-Nr.	EINECS-Nr.	Summenformel	Molare Masse (g · mol ⁻¹)
2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propan-bis(2,3-epoxypropyl)ether, Bisphenol A-Diglydylether, BADGE (Monomer)	1675-54-3	216-823-5	C ₂₁ H ₂₄ O ₄	340,4
2,2'-Bis(hydroxyphenyl)methan-bis(2,3-epoxypropyl)ether, Bisphenol F-Diglydylether, BFDGE (Monomer)	54208-63-8	259-026-8	C ₁₉ H ₂₀ O ₄	312,4
Bisphenol-A-Dimethacrylat, Bis-DMA	3253-39-2	221-846-9	C ₂₃ H ₂₄ O ₄	364,4
Bisphenol-A-Diglycidylidimethacrylat, Bis-GMA	1565-94-2	216-367-7	C ₂₉ H ₃₆ O ₈	512,6
2,2-Bis(3,5-dibrom-4-hydroxyphenyl)propan, 2,2,6,6'-Tetrabrom-4,4'-isopropylidendiphenol, Tetrabrombisphenol A, TBBPA	79-94-7	201-236-9	C ₁₅ H ₁₂ Br ₄ O ₈	543,9
2,2-Bis(3,5-dichlor-4-hydroxyphenyl)propan Tetrachlorbisphenol A, TCBPA	79-95-8	201-237-4	C ₁₅ H ₁₂ Cl ₄ O ₈	366,1

Tabelle 8-15: Ausgewählte chemische und physikalische Eigenschaften von Tetrabrombisphenol A

Eigenschaft	Wert	Referenz
Summenformel	C ₁₅ H ₁₂ Br ₄ O ₂	
Molare Masse	543,9 g · mol ⁻¹	
Schmelzpunkt	181 – 182 °C	[288,292]
Dampfdruck	1,3 mbar bei 20 °C 1,2 · 10 ⁻⁵ Pa bei 25 °C	[292]
Löslichkeit in Wasser	0,5 – 1 µg · l ⁻¹ (je nach Autor) 4,16 mg · l ⁻¹ bei 25 °C	[292] [288]
Dissoziationskonstanten pK _s	< 7 (geschätzt)	[136]
<i>n</i> -Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient log K _{OW}	4,5 ~ 5 5,9 (gemessen) 7,2 (modelliert)	[654,655] [288] [292] [292]

Tabelle 8-16: Endokrine Wirkung von Tetrabrombisphenol A in Zelltests

Tierart	Testsystem	Endpunkt	Wirkung	relative Wirkstärke	Referenz
estrogen					
Ratte	MCPA, MfT	ZV	+		[305]
Mensch	MCRGA, T47D	Luc	-		[310]
Mensch	MCPA, MCF-7	ZV	+	10 ⁻⁶ (E2)	[656]
Mensch	MCPA, MCF-7	diverse	+/-		[657]
Mensch	MCPA, MCF-7	diverse	+		[658]
	YRGA, hER- α	β -Gal	-		[95]
	YRGA, hER- α	β -Gal	-		[659]
androgen, Säugetierzellen-Reporter-gen-Assay (MCRGA)					
Maus	Hepatozyten	CYP1A1	-		[304]
Schilddrüse					
	YRGA, hTR- α	β -Gal	-		[660]
Mensch	RBA, hTTR		+	10,6 (T4)	[306]
Ratte	MCPA, GH3	ZV	+		[305]
Immunsystem, Säugetierzellen-Reporter-gen-Assay (MCRGA)					
Maus	Splenozyten	CD25	+ (anti)		[304]

CYP1A1: Unterfamilie 1 der Cytochrom P450-Proteinfamilie; E2: 17 β -Estradiol; GH3: Hypophysengeschwulstzelllinie von Ratten; hTR- α : humaner Thyroninrezeptor alpha; hTTR: humanes Transthyretin; MCF-7: menschliche Brustkrebszelllinie; MCPA: Mammalian Cell Proliferation Assay; MCRGA: Mammalian Cell Reporter Gene Assay; MfT: estrogensensitive Zelllinie; RBA: Relative Binding Affinity (Assay); T4: Thyroxin; T47D: menschliche Brustkrebszelllinie; YRGA: Yeast Reporter Gene Assay; ZV: Zellvermehrung

Tabelle 8-17: Vorkommen von Tetrabrombisphenol A in Abwasser, Klärschlamm und Recyclingpapierprodukten

Medium ⁽¹⁾		Dimension	MIN	MAX	MED	N >BG	N	Bemerkung
KS	PS	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)		13,98		1	1	
	ÜS	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)	7,86	8,87		2	2	
	PSÜS	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)	11	16,23		2	2	
	FS	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)		19,32		1	1	
	ES	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)	n. q.	34,45	5,35	5	6	
	k. A. ⁽²⁾	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	n. d.	220	2		57	Schweden
	k. A. ⁽³⁾	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)	31	56		2	2	mit DSW-Einleitung von Kunststoffdeponie, Schweden
AW	ZL	($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	0,86	17,35	2,63	4	4	KA ZL filtriert
	ZL	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)	n. d.	n.q.		0	4	SSt. im ZL
	AL	($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	n. q.	24,99	2,67	11	19	
DSW		($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	203	220,7		2	2	
AltP/TP		($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)	n. q.	668,9		2	3	je 1x TP, AltP-TP und Pappe

⁽¹⁾ [298] außer ⁽²⁾ [393], ⁽³⁾ [291]; n. d.: nicht detektierbar; n. q.: nicht quantifizierbar

AL: Ablauf; AltP: Altpapier; AW: Abwasser; DSW: Deponiesickerwasser; ES: entwässerter Schlamm; FS: Faulschlamm; KA: Kläranlage; KS: Klärschlamm; PS: Primärschlamm; PSÜS: Gemisch aus PS und ÜS; S: Schweden; SSt.: Schwebstoffe; TP: Toilettenpapier; ÜS: Überschussschlamm; ZL: Zulauf

Tabelle 8-18: Vorkommen von Tetrabrombisphenol A in biologischen und Umweltproben

	OW		Sedimente	Biota	Kommentar	Referenz
	vor KA	nach KA				
	(ng · l ⁻¹)	(ng · l ⁻¹)	(µg · kg ⁻¹ TS)	(ng · g ⁻¹)		
MIN	1,02	0,73	0,17		D	[298]
MAX	20,4	18,8	1,8			
MED	n. d.	n. d.	n. q.			
N>BG	3	4	8			
N	19	19	19			
MIN			34		stromauf bzw. -ab von Kunststoffindustrie, S	[291]
MAX			270			
N>BG			2			
N			2			
MIN	n. d.		n. d.		1980er Jahre, J, Biota: Fisch	u. a. [296], Überblick in [287]
MAX	50		150	n. d.		
MED	n. d.					
N>BG	1		48			
N	225		215	210		
MAX			20	5	Muschel, J	[297]
MAX					(ng · g ⁻¹ Fett), Mensch, Blutplasma, J	[300]
MED				~ 1		
N>BG				8		
N				14		
MIN				n. d.	(ng · g ⁻¹ Fett), Mensch, Blutplasma, N	[301]
MAX				1,8		
N>BG				13		
N				15		
MIN				1,1	(ng · g ⁻¹ Fett), Mensch, Blutplasma, S	[299]
MAX				3,8		

n. d.: nicht detektierbar;

D: Deutschland; J: Japan; KA: Kläranlage; N: Norwegen; OW: Oberflächenwasser; S: Schweden; TS: Trockensubstanz

Tabelle 8-19: Konzentrationen von Bisphenol A-DMA und Bisphenol A-GMA in (wäßrigen Extrakten von) zahntechnischen Materialien

In wäßrigen Extrakten ($\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$)							
Substanz	Material	Zustand	positiv	MIN	MAX	pH	Referenz
Bis-DMA	Komposit	ungehärtet	0 von 7 °			7	[312]
	Komposit	gehärtet	1 von 7		5,9	7	[312]
	Fissurenversiegler	ungehärtet	1 von 1		3,4	7	[312]
	Fissurenversiegler	gehärtet	1 von 1		1,8	7	[312]
Bis-GMA	Komposit	ungehärtet	0 von 8			7	[312]
	Komposit	gehärtet	5 von 8	0,4	12,7	7	[312]
	Fissurenversiegler	ungehärtet	1 von 1		31,1	7	[312]
	Fissurenversiegler	gehärtet	1 von 1		2,5	7	[312]
	diverse	gehärtet	x von 3		n. g.	n. g.	[313]
In Materialproben ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)							
Bis-DMA	Komposit	ungehärtet	0 von 3				[216]
	Fissurenversiegler	ungehärtet	1 von 1		0,29	7	[216]
	Speichel		3 von 18		n. g.	n. g.	[216]
Bis-GMA	Komposit	ungehärtet	3 von 3	0,18	1,05	7	[216]
	Fissurenversiegler	ungehärtet	1 von 1		0,46	7	[216]
Bis-EMA	Komposit	gehärtet	1 von 1		6 *	n. g.	[315]

° [312] setzten beim Auslaugtest mit $100 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ Komposit bzw. $50 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ Lack allerdings ungewöhnlich hohe Massen ein; * (M.-%); n. g.: nicht angegeben

Tabelle 8-20: Estrogene Wirkung von Bisphenol A-DMA, Bisphenol A-GMA und zahn-technischen Materialien in Zelltests

Tierart	Testsystem	Endpunkt	Wirkung	relative Wirkstärke	Referenz
Bis-DMA					
Ratte	RBA, rER		+	0,0015 (E2)	[111]
Ratte	RBA, rER		+	0,0033 (E2)	[216]
Mensch	MCPA, MCF-7	ZV	+	10 ⁻⁵ (E2)	[111]
Mensch	MCPA, MCF-7	ZV	+		[656]
Mensch	MCPA, MCF-7	ZV	+	10 ⁻⁴ (E2)	[216]
Mensch	MCPA, MCF-7	hER-Level	-		[216]
Mensch	MCPA, MCF-7 (BUS)	ZV	+		[639]
Mensch	MCPA, T47D	ZV	+		[639]
Mensch	MCPA, ZR-75-1	ZV	+		[633]
Mensch	MCRGA, MCF-7	pS2, PgR	+	10 ⁻⁴ (E2)	[111]
Mensch	MCRGA, MCF-7	pS2, PgR	+	10 ⁻³ (E2)	[216]
	YRGA, hER- α	β -Gal	-		[95]
diverse Materialien					
Mensch ^(A)	MCPA, MCF-7	diverse	- (3 von 3)		[216]
Mensch ^(B)	MCRGA, HeLa	Luc	- (5 von 5)		[635]
Mensch ^(C)	MCRGA, HeLa	Luc	+ (2 von 3) °		[635]
Mensch ^(C)	MCPA, MCF-7	diverse	+ °		[216]
Mensch ^(C)	MCPA, MCF-7 (HTB22)	ZV	+ (1 von 11) °		[661]
Mensch ^(D)	MCPA, MCF-7 (BUS)	ZV	+ (7 von 11)		[661]
Bis-GMA					
	YRGA, hER- α	β -Gal	-		[95]
Ratte	RBA, rER		-		[216]
Ratte	RBA, rER		-		[111]
Mensch	MCRGA, MCF-7	pS2, PgR	-		[111]
Mensch	MCPA, MCF-7	ZV	- *		[111]
Mensch	RBA, hER α		-		[662]
Mensch	MCPA, MCF-7	diverse	-		[216]
diverse	diverse	diverse	+		[663]

Abkürzungen s. Abkürzungsverzeichnis; ° korrespondiert mit dem Auftreten von Bis-DMA; * [111] konstatieren bei RPP = 1,1 Estrogenität, geben jedoch keinen Signifikanztest an; ⁽¹⁾ als RBA;

^(A) Komposit; ^(B) Harz; ^(C) Fissurenversiegler; ^(D) diverse

Tabelle 8-21: Konzentration von Bisphenol F in Umweltproben und Lebensmitteln

	KS ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)	AL ($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	Gülle ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	OW ($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	Sediment ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TS)	DSW ($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	KSW ($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	Referenz
MIN	4,2	0,8	2,2	0,1	1,2	0,326	1,699	[23,191, 192]
MAX	181,2	160	62,6	18	7,3	1,133	2,798	
MED	17,3	7,5	8,1	1,3	3,7			
N>BG	33	21	3	30	7			
N	38	40	10	52	12	2	2	
MIN				n. q.	n. q.			[23]
MAX				0,4	7			
MED				n. q.	2,7			
N>BG				1	9			
N				15	12			

AL: Kläranlagenablauf; DSW: Deponiesickerwasser; KA: Kläralage; KS: entwässerter Klärschlamm;
 KSW: Kompostsickerwasser; OW: Oberflächengewässer; SW: Sickerwasser; TS: Trockensubstanz;
 n. d.: nicht detektierbar; n. q.: nicht bestimmbar

8.5.3 Anhang Tabellen Methoden: Kenngrößen der beprobte Kläranlagen

Tabelle 8-22: Verfahrenstechnische Daten der beprobten großtechnischen Kläranlagen

Nr. der KA	Ausbaugröße (EW)	Auslastung (EW)	Abwassermenge (m ³ · d ⁻¹)	Technologie	FM Belebung	DN	Schlammbehandlung	
1	1.248.500		251.400	Belebung, zweistufig		ja	Frischschlammverbrennung	
2	90.000	67.000	8.500	Belebung, zyklisch	Eisensalze	nein	1-stufige Faulung	
3	200.000	170.000	40.000		Eisensalze		1-stufige Faulung	
4	320.000		38.800	Belebung	Eisensalze	ja	1-stufige Faulung	
5	20.000	17.300	8.800	Tropfkörper		nein	kalte Faulung	
6	21.500		2.500	Belebung		ja	simultan-aerobe Stabilisierung	
7	235.000	139.000	25.400	Belebung, O ₂	Eisensalze	ja	1-stufige Faulung	
8	3.000		450	Mikrofiltration	Eisensalze	nein	kalte Faulung	
9	10.000		850	Belebung		nein	kalte Faulung	
10	290.000		67.000	Belebung	Eisensalze	ja	1-stufige Faulung	
11	13.000		2.200	Belebung	Eisensalze	nein	kalte Faulung	
12	12.000	8.000	1.600	Mikrofiltration	Eisensalze	ja	kalte Faulung	
13	20.000		3.150	Tropfkörper		nein	1-stufige Faulung	
Nr. der KA	Schlammalter ca. (d)	Vor-eindicker	Vor-eindicker (d)	Faulung	Faulung (d)	Nach-eindicker	Nach-eindicker (d)	FHM Schlamm
1	0	ja		nein		nein		ja
2	20 - 25	ja	0,75	Faulbehälter	20	ja		ja
3								ja
4	25 - 30	Durchlaufbehälter	0 - 1	Faulbehälter	27	Zentrifuge		Polymere
5	90 - 180	nein		offene Erdbecken	90 - 180	Bandfilterpresse		ja
6	20 - 25	Siebtrommel		belüfteter Schlamm-silo	20	nein		ja
7	20 - 25	ja	0 - 1	Faulbehälter	20	ja	10	
8	20 - 25	1	10 - 20	Schlammstapelung	20 - 25	nein		
9	10 - 20			Schlamm-silo geschlossen	10 - 20	ja		
10	20 - 30			Faulturm	20 - 25	ja	1 - 2	Eisensalze
11	130 - 260			Schlammstapelung	120 - 240			Eisensalze
12				Schlammstapelung	5 - 7	ja		
13				Faulturm	28 - 30	Presse		

DN: Denitrifikation; EW: Einwohnergleichwerte; FHM: Fällungshilfsmittel; FM: Fällungsmittel; KA: Kläranlage

8.5.4 Anhang Tabellen Methoden: Durchführung Batch-Versuche

Tabelle 8-23: Betriebsparameter der Kläranlage Nr. 20 (Stand: 2000)

Parameter	Dimension	Wert
Zulauf	(l · s ⁻¹)	167
Rücklaufschlammförderung	(% des Zulaufs)	100
Nitrat-Rezirkulation	(% des Zulaufs)	300
Aufenthaltszeit im Vorklärbecken	(h)	2,6
Anaerobe Kontaktzeit	(h)	3,6
Anoxische Kontaktzeit	(h)	0,9
Aerobe Kontaktzeit	(h)	1,8
Schlammbelastung	(kg BSB ₅ · kg ⁻¹ TS)	0,1
Schlammalter	(d)	12
Klärschlammfall (ca. 35 % TS), 1999	(t · a ⁻¹)	5.863

Angaben der Betreibers; BSB₅: Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 d; TS: Trockensubstanz

Tabelle 8-24: Probenahmeregime beim anaerob-mesophilen Laborversuch

Wochentag	Schlammzugabe (ml)	Schlammmentnahme (ml)	Analytik
Montag	300	600	Zielanalyten
Dienstag	300	300	Begleitparameter
Mittwoch	300		
Donnerstag	300	600	Zielanalyten
Freitag	300	300	Begleitparameter
Samstag	300	300	
Sonntag	300		

Tabelle 8-25: Meßwerte Begleitparameter eingesetzter Mischschlamm, anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch

Laufzeit (d)	TR (%)	GR (%)	oTR (%)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	BSB ₅ (mg · l ⁻¹)
PS	7,08	4,82	68,08			
ÜS	3,24	1,91	53,62			
1	4,31	2,71	62,91	125,1	1.291	12.220
41	4,59	3,00	65,35	111,0	631	14.453
50	4,54	2,93	64,52	200,9	944	14.780
54	5,73	3,07	53,62			
57	4,64	2,37	51,18	110,0	1.070	8.003
59	4,60	2,28	49,58	123,3	1.089	9.090
64	4,67	2,34	50,00	136,6	1.134	8.760
69	4,58	2,31	50,34	172,9	1.276	8.003
70	5,38	3,32	61,80			
71	5,37	3,30	61,50	141,1	934	12.075
74	5,53	3,42	61,94	183,9	1.069	
78	5,33	3,27	61,41	172,2	1.149	
80	5,38	3,28	60,89	206,5	1.206	

BSB₅: Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 d; DOC: Dissolved Organic Carbon; GR: Glührückstand; NH₄-N: Ammoniumstickstoff; oTR: organischer Anteil am Trockenrückstand; PS: Primärschlamm; TR: Trockenrückstand; ÜS: Überschussschlamm

8.5.5 Anhang Tabellen Methoden: Durchführung sim.-ae. Schlammstabilisierung

Tabelle 8-26: Zusammensetzung der Nährlösung („synthetisches Abwasser“) nach DIN EN ISO 11733 bzw. OECD 303A für Versuche mit Nitrifikation, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Zusatz	Abk./Formel	DIN EN ISO 11733 / OECD 303A ^{° §}
TW mit DOC < 3 mg · l ⁻¹ oder Reinwasser mit DOC < 2 mg · l ⁻¹	LW	1 *
Pepton		80
Fleischextrakt		55
Harnstoff		15
Dikaliumhydrogenphosphat	K ₂ HPO ₄	14
Natriumchlorid	NaCl	3,5
Calciumchlorid-dihydrat	CaCl ₂ · 2 H ₂ O	2
Magnesiumsulfat-heptahydrat	MgSO ₄ · 7 H ₂ O	1
Zielsubstanz	Hier: BPA	DOC = 10 – 20 mg · l ⁻¹ oder CSB = 40 mg · l ⁻¹

[°] für ausschließlich denitrifizierende Versuche doppelt so hoch konzentriertes synthetisches Abwasser;

[§] alle Angaben (mg · l⁻¹), außer * (l);

BPA: Bisphenol A; CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf; DD: doppelt deionisiert; DOC: Dissolved Organic Carbon; LW: Leitungswasser; TW: Trinkwasser

Tabelle 8-27: Versuchsdurchführung Untersuchung der aeroben biologischen Abbaubarkeit von Stoffen nach OECD 303A bzw. DIN EN ISO 11733 (simultan-aerobe Stabilisierung) mit Nitrifikationsstufe

Parameter	OECD 303A	DIN EN ISO 11733
Lagerung der Nährlösung bei	4 °C	4 °C
Volumenstrom synthetisches Abwassers durch Belebungsbecken	0,5 l · h ⁻¹	0,5 l · h ⁻¹
Belebtschlammrücklaufverhältnis		2,4
Gesamtschlammrücklaufverhältnis		< 4
Mittlere hydraulische Aufenthaltszeit in den 2 Becken der biologischen Behandlung	6 h	6 h
Schlammalter		6 – 10 d
Anzahl der Messungen Zielsubstanz	> 2 x pro Woche	1 – 7 x pro Woche
Anzahl der Messungen DOC/CSB/TS	> 2 x pro Woche	regelmäßig, mind. 1 x pro Woche
Art der Probe	24 h-Mischprobe	24 h-Mischprobe
Probenaufbereitung	Zentrifugation 40.000 m · s ⁻² für 15 min oder Filtration 1,2 µm	Zentrifugation 40.000 m · s ⁻² für 15 min oder Filtration 0,45 µm
Adaptionszeit		< 6 Wochen
Anzahl Werte	~ 20 aus Plateauphase	> 15 aus Plateauphase
Dauer Plateauphase	> 3 Wochen	> 3 Wochen
Testdauer	< 6 Wochen	< 12 Wochen
Animpfen	Inoculum aus Kläranlagenablauf	Inoculum aus Kläranlagenablauf
Lichtverhältnisse		dunkel oder dämmrig

CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf; DOC: Dissolved Organic Carbon; TS: Trockensubstanz

8.5.6 Anhang Tabellen Methoden: Durchführung Analytik

Tabelle 8-28: Übersicht über die bei den einzelnen Versuchen bzw. Probenahmen erhobenen Begleitparameter und die verwendeten DIN-Vorschriften

Parameter	Probe/Probenahme					Versuch				DIN
	GKA	KF	TP	AP	ZL	an-me	ae-ps	ae-th	sim-ae	
Temperatur						X	X	X	X	[458]
pH-Wert	X	X				X	X	X	X	[459]
Leitfähigkeit									X	[460]
TR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	[461]
GR			X	X		X				[462]
oTR (GV)						X				[462]
Konz. NO ₃ ⁻									X	[463,464]
Konz. NO ₂ ⁻									X	[463,464]
Konz. NH ₄ ⁺						X			X	[465]
Konz. PO ₄ ³⁻									X	[463,464]
DOC						X	X	X	X	[466]
TOC							X	X		[466]
BSB ₅						X	X	X		[468]
CSB							X	X	X	[469]
Organische Säuren								X		[470]
Partialdruck O ₂							X			
Konz. O ₂									X	
Gasmenge						X				
Anteil CH ₄ im Gas						X				

ae-ps: aerob-psychrophil; ae-th: aerob-thermophil; an-me: anaerob-mesophil; AP: Altpapier; BSB₅: Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 d; CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf; DIN: Deutsche Industrienorm; DOC: Dissolved Organic Carbon; GKA: Großkläranlage; GR: Glührückstand; GV: Glühverlust; KF: Kofermentationsanlage; Konz.: Konzentration; oTR: organischer TR; sim-ae: simultan-aerob; TOC: Total Organic Carbon; TP: Toilettenpapier; TR: Trockenrückstand; ZL: Zellolose

Tabelle 8-29: Einstellungen des Gaschromatographen für die Analyse des bei der anaerob-mesophilen Klärschlammstabilisierung angefallenen Faulgases

Trägergas	Stickstoff 5.0
Brenngase	Wasserstoff, Sauerstoff
Detektor	FID
Säule	HP Pona (Crosslinked Methyl Silicone Gum) 50 m x 0,2 mm x 0,5 µm
Split	1:20
Probevolumen	100 µl
Probenaufgabe	manuell mit gasdichter Spritze
Injektortemperatur	150 °C
Detektortemperatur	200 °C
Ofentemperatur	40 °C

8.5.7 Anhang Tabellen Ergebnisse: großtechnische Anlagen

Tabelle 8-30: Bisphenol A-Konzentrationen im Abwasser kommunaler deutscher Kläranlagen im Jahr 2000

KA	Datum	Probe	BPA ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Elim. (%)	KA	Datum	Probe	BPA ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Elim. (%)
1	17.02.00	ZL	0,15	61,3	7	20.06.00	ZL	2,18	- 15,8
1	17.02.00	AL	0,056		7	20.06.00	AL	2,52	
2	02.03.00	ZL	1,20	73,8	8	20.06.00	ZL	2,19	74,7
2	02.03.00	AL SF	2,21		8	20.06.00	AL	0,55	
2	02.03.00	AL VK	n. a.		9	05.07.00	ZL	3,78	78,8
2	02.03.00	AL	0,31		9	05.07.00	AL	0,80	
3	24.03.00	ZL	7,22	96,7	10	02.08.00	ZL	1,30	97,8
3	24.03.00	AL	0,24		10	02.08.00	AL	0,029	
4	11.04.00	ZL	1,08	70,9	11	02.08.00	ZL	(n. q.)*	
4	11.04.00	ZL	1,28	75,6	11	02.08.00	AL	0,083	
4	11.04.00	AL FA	0,11		11	11.10.00	ZL	n. d.	
4	11.04.00	AL	0,31		11	11.10.00	AL SF	0,97	
5	05.05.00	ZL	5,18	89,2	11	11.10.00	AL	n. d.	
5	05.05.00	AL	0,56		12	21.11.00	ZL	n. a.	
6	26.05.00	ZL	(n. q.)*		12	21.11.00	AL	0,058	
6	26.05.00	AL	0,36		12	21.11.00	AL	0,064	
ZL ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)		MIN = n. d.; MAX = 7,22; MED = 1,28; N = 13; N = 13; N > BG = 10; n. a.: 1							
AL ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)		MIN = n. d.; MAX = 2,52; MED = 0,24; N = 13; N = 14; N > BG = 13							
Elimination (%)		MIN = -15,8; MAX = 97,8; MED = 75,1; MEAN = 70,3; STABW = 32; N = 10							

AL: Ablauf; AW: Abwasser; BPA: Bisphenol A; Elim.: Elimination; FA: Fettabscheider; KA: Kläranlage; SF: Sandfang; VK: Vorklärung; ZL: Zulauf

n. a.: Peaks nicht auswertbar; n. d.: nicht detektierbar; n. q.: nicht quantifizierbar; (n. q.)*: uneinheitliche Ergebnisse bei 3 Bestimmungen, mehrheitlich aber n. d./n. q.

Tabelle 8-31: Bisphenol A-Konzentrationen im Klärschlamm kommunaler deutscher Kläranlagen in den Jahren 2000/2001

KA	Datum	Probe	BPA ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TR)	KA	Datum	Probe	BPA ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TR)
1	04.07.01	PSÜS	259,95	4	09.05.01	PS	380,5
1	04.07.01	PSÜS	462,93	4	09.05.01	ÜS	109,8
1	04.07.01	ÜS	360,94	4	09.05.01	FS	556,8
1	04.07.01	ÜS	n. d.	4	09.05.01	ES	555,3
2	02.03.00	PS	3.582	4	10.10.01	PS	135,0
2	02.03.00	ÜS	1.203	4	10.10.01	ÜS	110,1
2	02.03.00	FS	6.650	4	10.10.01	FS	415,6
2	02.03.00	ES	6.248	4	10.10.01	ES	252,0
2	18.05.00	PS	n. a.	5	05.05.00	PSÜS	556,8
2	18.05.00	ÜS	104,6	5	05.05.00	FS	582,0
2	18.05.00	FS	1.384	6	26.05.00	ÜS	150,4
2	19.12.00	PS	2.859	6	26.05.00	ES	202,4
2	19.12.00	ÜS	589,9	6	27.11.01	S, z	3.142
2	19.12.00	FS	4.134	7	20.06.00	PSÜS	388,9
2	19.12.00	ES	3.681	7	20.06.00	ÜS	178,7
2	21.08.01	PS	339,1	7	20.06.00	FS	711,9
2	21.08.01	ÜS	59,8	7	20.06.00	ES	368,3
2	21.08.01	FS	402,4	8	20.06.00	ÜS	74,8
2	21.08.01	ES	329,0	8	20.06.00	FS	160,7
2	17.12.01	ZL	1.177	9	05.07.00	ÜS	909,2
2	10.06.02	ZL	418,7	9	05.07.00	FS	2.764
3	24.03.00	PS	352,1	9	05.07.00	ES	8.476
3	24.03.00	ÜS	638,9	10	02.08.00	ÜS	1.693
3	24.03.00	FS	152,0	10	02.08.00	FS	28.380
3	24.03.00	ES	496,0	10	02.08.00	ES	32.100
4	11.04.00	PS	222,1	11	11.01.00	PS	961,2
4	11.04.00	PS	205,8	11	11.01.00	ÜS	918,2
4	11.04.00	ÜS	107,9	11	11.01.00	FS	1.260
4	11.04.00	FS	605,3	11	11.01.00	ES	488,3
4	11.04.00	FS	545,4	12	21.11.00	ÜS	574,7
4	11.04.00	ES	382,7	12	15.06.01	ÜS	n. d.
4	18.01.01	PS	855,5	12	15.06.01	DN	n. d.
4	18.01.01	ÜS	636,2	12	15.06.01	NI	n. q.
4	18.01.01	FS	4.633				
4	18.01.01	ES	8.517				

BPA: Bisphenol A; BS: belebter Schlamm; DN: Denitrifikation; ES: entwässerter Schlamm; FS: Faulschlamm; KA: Kläranlage; NI: Nitrifikation; PS: Primärschlamm; PSÜS: Gemisch aus PS und ÜS; ÜS: Überschussschlamm; TR: Trockenrückstand; ZL: partikulärer Zulauf; n. a.: Peaks nicht auswertbar; n. d.: nicht detektierbar; n. q.: nicht quantifizierbar

Tabelle 8-32: Eliminationsraten für Bisphenol A im Schlamm großtechnischer deutscher Kläranlagen während der Faulung, 2000/2001

KA	Datum	Elimination (%)	Verhältnis °
2	02.03.00	-138,43	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
2	19.12.00	-96,58	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
2	21.08.01	-63,58	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
3	24.03.00	66,04	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
4	11.04.00	-222,16	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
4	18.01.01	-492,22	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
4	09.05.01	-91,80	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
4	10.10.01	-228,04	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
5	05.05.00	-4,52	GS/PSÜS *
7	20.06.00	-83,06	GS/PSÜS *
11	11.01.00	-31,09	GS/(2/3 · PS+1/3 · ÜS)
MEAN		-125,95	
MED		-91,80	
MIN		-492,22	
MAX		66,04	
STABW		149,11	
N		11	
KONF		88,12	

GS: gefaulter Schlamm; KA: Kläranlage; PS: Primärschlamm; ÜS: Überschussschlamm

° Verhältnis zwischen Faulschlamm und theoretischer 2:1-Mischung aus PS und ÜS, außer * Verhältnis zwischen den Konzentrationen in Faulschlamm und beprobtem Gemisch aus PS und ÜS

Tabelle 8-33: Verhältnis zwischen den Bisphenol A-Konzentrationen im Schlamm großtechnischer deutscher Kläranlagen vor und nach der Faulung, 2000/2001

	N	p (t-Test)	Korrelation nach BRAVAIS-PEARSON	Lineare Regression $y = ax + b$		
				a	b	R ²
Ohne KA 3/24.03.00	10	0,042	0,886	2,24	110,08	0,786
Zusätzlich ohne KA 4/18.01.01	9	0,081	0,981	2,26	-218,9	0,963

KA: Kläranlage

8.5.8 Anhang Tabellen Ergebnisse: anaer.-mesoph. Schlammbehandlung

Tabelle 8-34: Meßwerte Begleitparameter ausgefallter Schlamm, anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch

Laufzeit (d)	TR (%)	GR (%)	oTR (%)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	BSB ₅ (mg · l ⁻¹)
original	3,19	1,64	51,52			
gesiebt	3,22	1,65	51,18			
Reaktor	4,68	2,33	49,85			
1	5,00	2,40	47,90	728,2	325,6	3.860
42	3,45	1,84	53,28	637,0	177,6	3.720
43	3,52					
45	3,58					
47	3,45	1,85	53,56	605,3	265,9	
53	3,43	1,86	54,24	579,5	149,2	
60	3,44	1,77	51,57	548,3	167,3	
61	3,34	1,71	51,33			
64	3,42	1,72	50,23	571,0	142,0	
67	3,53	1,71	48,56	584,5	127,4	
68	3,41	1,64	48,22			
71				513,8	185,6	
74	3,77	1,93	51,17	531,0	175,5	
75	3,63	1,80	49,64			
78	3,71	1,89	50,90	562,3	175,5	
80	3,78	1,95	51,56	578,8	180,9	

BSB₅: Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 d; DOC: Dissolved Organic Carbon; GR: Glührückstand; NH₄-N: Ammoniumstickstoff; oTR: organischer Anteil am Trockenrückstand; TR: Trockenrückstand

Tabelle 8-35: Meßwerte pH-Wert anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch

Versuchsbegleitende pH-Werte									
Laufzeit (d)	FS pH _{int}	FS pH _{ext}	MS pH _{ext}	FS, PN pH _{ext}	Laufzeit (d)	FS pH _{int}	FS pH _{ext}	MS pH _{ext}	FS, PN pH _{ext}
1	7,33				61	7,10	7,30	6,40	7,06
42	7,24	7,15	6,38	7,22	62			6,51	7,04
43	7,20	7,21	6,43	7,18	63	7,13	7,33	6,83	7,04
44	7,19		6,43	7,18	64	7,08			7,03
45	7,22	7,18	6,46	7,19	65				7,03
46	7,22				67		7,09	6,20	
47	7,21	7,15	6,44	7,19	68		7,16	6,22	
48	7,22		6,38	7,19	69	7,05		6,25	
49	7,22	7,15	6,33	7,20	70	7,04			7,01
50	7,22		6,45	7,19	71	7,02	7,17	6,27	7,00
51	7,08		6,29	7,06	72	7,01	-	6,22	6,97
52	7,09	7,09	6,35	7,06	73	6,98	7,07	6,07	6,98
53	7,09	7,15	6,38	7,06	74	6,98	7,06	6,22	6,94
54	7,09	7,15	6,24	7,04	75	6,97	7,15	6,26	6,92
55	7,12		6,19	7,08	76	7,15		6,32	7,03
56	7,10			7,06	77	7,04			7,00
57	7,10	7,15	6,25	7,06	78	7,06			7,01
58	7,09		6,24	7,06	79	7,04			7,00
59	7,01			7,04	80	7,04			
60	7,09	7,15	6,26	7,07					

pH_{int}: geräteinterne Elektrode; pH_{ext}: externe Elektrode;
 FS: Faulschlamm; MS: Mischschlamm; PN: Probenahme

Tabelle 8-36: Zusammensetzung und Menge des entstandenen Faulgases, anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch

Laufzeit	Gasanfall		Methan-Anteil			
	pro Tag (l · d ⁻¹)	kumuliert (l)	eigene Messung (%)	Messung in Kaditz (%)	pro Tag (l · d ⁻¹)	kumuliert (l)
41	2,50	2,50	71,1		1,78	1,78
42	2,50	5,00	71,1		1,78	3,56
43	1,93	6,93	71,9		1,39	4,95
44	1,93	8,86	71,9		1,39	6,33
45	1,93	10,79	71,9		1,39	7,72
46	2,95	13,74	73,6		2,17	9,89
47	2,95	16,69	73,6		2,17	12,06
48	3,05	19,74	70,0		2,14	14,20
49	3,05	22,79	70,0		2,14	16,33
50	3,30	26,09	75,3		2,48	18,82
51	3,30	29,39	75,3		2,48	21,30
52	3,20	32,59	75,1		2,40	23,71
53	3,20	35,79	75,1		2,40	26,11
54	3,50	39,29	0,2	0,2	0,01	26,12
55	3,50	42,79	0,2	0,2	0,01	26,12
56	0,00	42,79	0,0		0,00	26,12
57	0,00	42,79	0,0		0,00	26,12
58	0,00	42,79	0,0		0,00	26,12
59	0,00	42,79	0,0		0,00	26,12
60	0,00	42,79	0,0		0,00	26,12
61	1,97	44,76	76,2	69	1,50	27,62
62	1,97	46,73	76,2	69	1,50	29,13
63	1,97	48,70	76,2	69	1,50	30,63
64	2,07	50,77	76,9		1,59	32,22
65	2,07	52,84	76,9		1,59	33,81
66	2,07	54,91	76,9		1,59	35,40
67	2,27	57,18	77,3		1,75	37,16
68	2,27	59,45	77,3		1,75	38,91
69	2,27	61,72	77,3		1,75	40,67
70	3,35	65,07	72,2		2,42	43,08

71	3,35	68,42	72,2		2,42	45,50
72	3,20	71,62	75,7		2,42	47,93
73	3,20	74,82	75,7		2,42	50,35
74	3,40	78,22	65,0	65	2,21	52,56
75	3,40	81,62	65,0	65	2,21	54,77
76	3,35	84,97	75,6		2,53	57,30
77	3,35	88,32	75,6		2,53	59,83
78	1,26	89,58	60,9		0,77	60,60
79	1,26	90,84	60,9		0,77	61,37
80	1,26	92,10	60,9		0,77	62,14

Tabelle 8-37: Konzentrationen und Massenströme Bisphenol A, anaerob-mesophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren, semi-statisch

Laufzeit	Konzentration ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{TR}$)				Massenstrom ($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)				Bildung (%)
	MS	Dotierung	Zulauf gesamt	FS	MS	Dotierung	Zulauf gesamt	FS	
43				1.711					
46	716	496	1.212	2.619	9,9	6,9	16,7	27,9	67
49				2.774				28,7	72 *
52				2.310				23,9	43 *
53	711	496	1.207		9,8	6,9	16,7		
54	426	401	826		7,3	6,9	14,1		
56				2.717				27,7	116 *
59				2.622				26,7	106 *
63				2.568				25,8	96 *
66				2.420				25,0	88 *
69	480	496	976		6,6	6,9	13,5		
70	762	423	1.184	2.380	12,3	6,9	19,2	25,3	32
73				2.514				28,2	46 *
77				2.710				29,7	53 *
80	779	423	1.201	2.625	12,6	6,9	19,5	29,7	53

FS: ausgefauter Schlamm; MS: eingesetzter Mischschlamm; TR: Trockenrückstand

* Werte berechnet auf Grundlage interpolierter Konzentrationen im Zulauf

8.5.9 Anhang Tabellen Ergebnisse: aer.-psychroph. Schlammbehandlung

Tabelle 8-38: Meßwerte Begleitparameter, aerob-psychrophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren

Probe	Laufzeit (d)	pH	T (°C)	pO ₂ (%)	TOC (%)	CSB (mg · l ⁻¹)	BSB ₅ (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)
MS	0 °	6,65	7		38,7	27.000	10.020	371,9
MS	2	7,33	19,6		38,1			
MS	5	7,15	18,5	37,4	35,8	18.900	5.220	127,4
MS	9	7,21	18,7	62,0	35,0			
MS	12	6,65	18,1	70,4	33,0	20.300	2.195	80,5
MS	16	6,17	22,1	68,7	33,0			
MS	19	5,83	22,4	63,7	31,6	15.500	1.860	82,0
MS	23	5,44	21,7	71,0	31,5			
MS	26	4,99	24,7	74,7	31,5	12.000	1.145	81,2
MS	30	4,75	18,1	71,3	30,5			
MS	33	5,16	18,1	72,6	31,7	10.900	944	166,4
Sediment	33				38,4			

° vor Befüllung des Reaktors

BSB₅: Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 d; CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf; DOC: Dissolved Organic Carbon; MS: Mischschlamm; pO₂: Sauerstoffpartialdruck; TOC: Total Organic Carbon

Tabelle 8-39: Konzentrationen Bisphenol A, aerob-psychrophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren

Probe	Laufzeit (d)	Feststoff (µg · kg ⁻¹ TR)	Flüssigphase (µg · l ⁻¹)
MS	0 °	213,7	n. a.
MS	1	211,5	n. d.
MS	3	175,5	0,127
MS	6	77,85	n. d.
MS	10	55,91	n. d.
MS	13	46,05	n. d.
MS	17	39,29	n. d.
MS	20	41,26	n. d.
MS	24	33,83	n. d.
MS	27	48,22	n. d.
MS	31	48,56	n. d.
MS	34	47,40	n. d.
Sediment	34	72,37	n. m.

° vor Befüllung des Reaktors; n. a.: Peak nicht auswertbar; n. d.: nicht detektierbar; n. m.: nicht gemessen
MS: Mischschlamm; TR: Trockenrückstand

8.5.10 Anhang Tabellen Ergebnisse: aer.-thermoph. Schlammbehandlung

Tabelle 8-40: Meßwerte Begleitparameter, aerob-thermophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren

Laufzeit (h)	CSB (mg · l ⁻¹)	BSB ₅ (mg · l ⁻¹)	Verhältnis BSB ₅ /CSB	organische Säuren (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	TOC (%)
0	59.900	16.030	0,268	325,8	1865	35,85
15,5	40.700	13.797	0,339	655,1	3318	32,97
39,25	48.300	8.970	0,186	436,7	3257	30,82
64,0	39.800	5.580	0,140	664,5	3108	28,11
87,0	22.300	1.765	0,079	207,8	1598	24,56
Sediment	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	35,27

n. m.: nicht gemessen; BSB₅: Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 d; CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf; DOC: Dissolved Organic Carbon; TOC: Total Organic Carbon

Tabelle 8-41: Berechnung der Hintergrundbelastung des eingesetzten Mischschlammes und der Wiederfindung der Bisphenol A-Nominalkonzentration in der Startprobe, aerob-thermophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren

Probe	TR (%)	BPA flüssig (µg · l ⁻¹)	BPA fest (µg · kg ⁻¹ TR)	BPA fest (µg · l ⁻¹)	BPA Hintergrund (µg · l ⁻¹)
ÜS	1,27	0,57	426	5,41	5,98
PS	2,74	3,40	1859	50,9	54,3
MS 2:1	2,25	2,46	1381	31,1	33,5
MS eingedickt	5,17	2,46	1381	71,4	73,8
MS, Startprobe	5,17	7,78	1.746	90,2	98,0
Probe	BPA Hintergrund (µg · l ⁻¹)	Dotierung (µg · l ⁻¹)	Nominal (µg · l ⁻¹)	MS, Startprobe (µg · l ⁻¹)	WF (%)
MS eingedickt	73,83	100	173,8	98,0	56,4

BPA: Bisphenol A; MS: Mischschlamm; PS: Primärschlamm; ÜS: Überschußschlamm; TR: Trockenrückstand; WF: Wiederfindungsrate

Tabelle 8-42: Meßwerte Bisphenol A-Konzentrationen, aerob-thermophile Schlammbehandlung, Laborversuch, Batch-Verfahren

Probe	Laufzeit (h)	BPA im Feststoff ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TR)	BPA im Feststoff ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	BPA in der Flüssigphase ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	BPA gesamt ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Elimination (%)	BPA im Feststoff, Anteil an gesamt (%)
ÜS	0,00	426	5,41	0,57	5,98		90,5
PS	0,00	1859	50,9	3,40	54,3		93,7
MS	0,00	1746	90,2	7,78	98,0		92,1
MS	15,50	1354	69,9	4,63	74,6	23,9	93,8
MS	39,25	1315	67,9	5,24	73,2	25,3	92,8
MS	64,00	1413	73,0	6,83	79,9	18,5	91,4
MS	87,00	1614	83,4	11,2	94,6	3,5	88,2
Sediment	87,00	1.970		n. m.			

n. m.: nicht gemessen; BPA: Bisphenol A; TR: Trockenrückstand

8.5.11 Anhang Tabellen Ergebnisse: sim.-aer. Schlammstabilisierung

Versuche b1, b2: Bisphenol A als einzige Zielsubstanz

Versuche m1, m2: Gemisch an Zielsubstanzen, s. a. ^[51]

Tabelle 8-43: Statistische Lageparameter der Meßwerte Temperatur, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

T (°C)	Versuch b1	Versuch b2	Versuch m1	Versuch m2
MIN	19,1	19,6	19,1	19,5
MAX	24,7	25,0	27,9	28,1
MED	21,1	21,5	23,0	22,6
MEAN	21,5	21,8	22,8	23,0
N	28	28	59	59
STABW	1,5	1,5	2,6	2,6
KONF	0,56	0,56	0,67	0,66

Tabelle 8-44: Statistische Lageparameter der Meßwerte pH-Wert, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Versuch	Becken	MIN	MAX	MED	MEAN	N	STABW	KONF
b1	ZL	7,28	7,78	7,53	7,55	6	0,20	0,16
	AL	6,77	7,46	7,01	7,06	6	0,28	0,23
	DN	6,99	7,39	7,32	7,27	6	0,15	0,12
	NI	6,44	7,09	6,85	6,82	6	0,22	0,18
b2	ZL	7,24	7,78	7,71	7,62	6	0,21	0,17
	AL	6,79	7,28	7,05	7,05	6	0,19	0,15
	DN	6,94	7,40	7,27	7,25	6	0,16	0,13
	NI	6,45	6,99	6,81	6,79	6	0,19	0,15
m1	ZL	7,30	7,76	7,56	7,51	7	0,17	0,12
	AL	6,53	7,46	7,02	6,96	7	0,36	0,27
	DN	6,93	7,55	7,29	7,24	7	0,21	0,16
	NI	6,31	7,19	6,62	6,72	7	0,32	0,24
m2	ZL	7,22	7,78	7,61	7,53	7	0,22	0,16
	AL	6,64	7,11	6,91	6,88	7	0,20	0,15
	DN	7,01	7,33	7,18	7,20	7	0,12	0,09
	NI	6,44	6,84	6,64	6,63	7	0,15	0,11

AL: Ablauf; NI: belüftetes Belebungsbecken (Nitrifikation); DN: Denitrifikationsbecken; ZL: Zulauf

Tabelle 8-45: Meßwerte Begleitparameter Versuch b1, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuch

Datum / Uhrzeit	NO ₂ -N (mg · l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · l ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	CSB (mg · l ⁻¹)	pH	Woche
Versuch b1 / Zulauf							
6.3.01 9:00	< 0,1	0,50	7,77	182,7	400	7,80	
12.3.01 8:00	< 0,1	0,36	15,38	138,7	310	7,47	
19.3.01 9:00	< 0,1	< 0,1	15,27	142,4	310	7,55	
27.3.01 8:00	< 0,1	0,29	13,78	109,1	220	7,45	
2.4.01 8:00	< 0,1	0,34	26,70	175,4	440	7,41	
9.4.01 8:00	< 0,1	< 0,1	24,75	150,5	410	7,55	
17.4.01 8:00	< 0,1	< 0,1	21,11	148,6	340	7,58	
23.4.01 8:00	< 0,1	0,05	24,01	157,9	370	7,65	
2.5.01 8:00	0,34	0,92	15,11	175,5	400	7,70	
7.5.01 8:00	< 0,1	2,40	23,89	163,1	370	7,67	
14.5.01 8:00	< 0,1	1,16	22,60	168,9	390	7,51	
21.5.01 8:00	< 0,1	1,48	32,11	219,1	540	7,41	3
28.5.01 8:00	< 0,1	2,98	20,55	169,2	390	7,53	4
8.6.01 8:00	< 0,1	1,36	15,90	195,1	370	7,53	5
11.6.01 8:00	< 0,1	0,97	18,50	136,6	370	7,77	6
18.6.01 8:00	< 0,1	1,35	22,20	136,85	360	7,78	7
25.6.01 8:00	< 0,1	2,16	16,75	141,8	360	7,28	8
Versuch b1 / Ablauf							
6.3.01 9:00	2,38	0,59	2,46	6,51	44	7,66	
12.3.01 8:00	5,75	0,79	19,16	6,29	36	7,57	
19.3.01 9:00	6,24	1,69	0,43	5,88	39	7,42	
27.3.01 8:00	0,62	8,82	0,15	5,41	32	6,94	
2.4.01 8:00	0,50	12,29	0,22	7,35	40	7,12	
9.4.01 8:00	0,39	13,27	0,24	8,05	37	7,21	
17.4.01 8:00	0,78	10,52	0,98	9,88	38	7,34	
23.4.01 8:00	0,58	13,01	0,47	10,57	48	7,22	
2.5.01 8:00	1,89	9,43	6,65	19,94	83	7,43	
7.5.01 8:00	2,49	7,94	3,20	13,29	61	7,46	
14.5.01 8:00	0,42	10,76	1,39	11,31	54	7,35	
21.5.01 8:00	0,71	11,6	0,67	9,50	45	7,34	3
28.5.01 8:00	1,65	8,83	2,55	10,50	53	7,46	4
8.6.01 8:00	1,82	9,75	2,81	7,0	43	6,77	5
11.6.01 8:00	0,61	10,40	0,26	6,85	35	7,03	6
18.6.01 8:00	0,23	12,20	0,25	5,80	24	6,98	7
25.6.01 8:00	0,13	13,40	0,20	5,55	28	6,79	8

Datum / Uhrzeit	NO ₂ -N (mg · l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · l ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	CSB (mg · l ⁻¹)	TR (mg · kg ⁻¹)	pH	Woche
Versuch b1 / Denitrifikationsbecken								
6.3.01 9:00	0,32	0,50	39,98	45,95	132	2988	7,50	
12.3.01 8:00	1,09	< 0,1	26,56	39,60	117	3310	7,54	
19.3.01 9:00	0,89	0,23	10,92	33,55	106	3282	7,50	
27.3.01 8:00	< 0,1	0,16	8,25	30,76	96	3422	7,29	
2.4.01 8:00	0,20	1,90	7,81	11,63	59	3190	7,23	
9.4.01 8:00	< 0,1	0,62	9,42	15,26	49	3214	7,25	
17.4.01 8:00	0,37	1,46	8,35	15,45	51	1776	7,23	
23.4.01 8:00	0,23	1,95	7,80	18,53	63	2210	7,29	
2.5.01 8:00	0,55	1,34	15,99	27,46	100	1906	7,29	
7.5.01 8:00	< 0,1	0,82	9,86	25,45	85	1562	7,42	
14.5.01 8:00	< 0,1	2,05	8,82	20,84	75	3190	7,30	
21.5.01 8:00	< 0,1	1,79	8,71	18,2	62	2606	7,21	3
28.5.01 8:00	< 0,1	1,76	11,47	18,46	65	2646	7,31	4
8.6.01 8:00	< 0,1	1,37	10,40	12,40	58	2738	7,39	5
11.6.01 8:00	< 0,1	1,04	10,35	13,55	48	2482	7,38	6
18.6.01 8:00	< 0,1	1,21	10,35	13,20	45	3056	7,32	7
25.6.01 8:00	< 0,1	2,10	10,00	11,80	42	3768	6,99	8
Versuch b1 / Belebungsbecken								
6.3.01 9:00	1,30	1,51	38,8	30,5	103	2992	7,52	
12.3.01 8:00	4,41	0,47	22,1	28,2	90	3614	7,35	
19.3.01 9:00	6,56	1,88	4,48	25,5	83	2980	7,07	
27.3.01 8:00	0,54	6,37	1,42	26,8	83	2992	6,88	
2.4.01 8:00	0,32	11,90	1,75	9,2	51	3244	6,91	
9.4.01 8:00	< 0,1	11,74	1,30	9,9	45	2580	6,85	
17.4.01 8:00	0,74	9,56	1,64	10,3	44	1576	7,00	
23.4.01 8:00	0,56	11,57	1,53	12,1	50	1800	6,91	
2.5.01 8:00	1,65	9,76	8,78	22,2	91	1450	6,95	
7.5.01 8:00	2,20	7,26	3,67	16,8	62	1078	7,11	
14.5.01 8:00	0,55	10,52	1,99	14,2	56	2480	6,89	
21.5.01 8:00	0,94	10,50	1,73	13,1	53	2206	6,95	3
28.5.01 8:00	1,59	8,11	3,52	12,8	57	1810	7,09	4
8.6.01 8:00	1,65	8,95	2,95	8,0	51	2262	6,87	5
11.6.01 8:00	0,55	8,81	1,55	7,1	32	2536	6,82	6
18.6.01 8:00	0,28	10,02	1,77	7,1	30	3382	6,74	7
25.6.01 8:00	0,47	10,50	1,10	7,0	31	3522	6,44	8

Tabelle 8-46: Meßwerte Begleitparameter Versuch b2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuch

Datum / Uhrzeit	NO ₂ -N (mg · l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · l ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	CSB (mg · l ⁻¹)	pH	Woche
Versuch b2 / Zulauf							
6.3.01 9:00	< 0,1	0,50	7,77	183	400	7,80	
12.3.01 8:00	< 0,1	0,36	15,4	139	310	7,47	
19.3.01 9:00	< 0,1	< 0,1	15,3	142	310	7,55	
27.3.01 8:00	< 0,1	0,29	13,8	109	220	7,45	
2.4.01 8:00	< 0,1	0,34	26,7	175	440	7,41	
9.4.01 8:00	< 0,1	< 0,1	24,8	151	410	7,55	
17.4.01 8:00	< 0,1	< 0,1	21,1	149	340	7,58	
23.4.01 8:00	< 0,1	0,05	24,0	158	370	7,65	
2.5.01 8:00	0,34	0,92	15,1	176	400	7,70	
7.5.01 8:00	< 0,1	2,40	23,9	163	370	7,67	
14.5.01 8:00	< 0,1	1,16	22,6	169	390	7,51	
21.5.01 8:00	< 0,1	1,48	26,3	172	390	7,66	3
28.5.01 8:00	< 0,1	2,88	19,2	155	350	7,50	4
8.6.01 8:00	< 0,1	1,16	22,5	150	330	7,77	5
11.6.01 8:00	< 0,1	1,55	18,3	127	340	7,78	6
18.6.01 8:00	< 0,1	1,67	23,2	136	370	7,75	7
25.6.01 8:00	< 0,1	1,73	18,3	138	350	7,24	8
Versuch b2 / Ablauf							
6.3.01 9:00	1,00	0,97	44,4	7,2	45	1,00	
12.3.01 8:00	1,57	0,54	45,2	7,2	34	1,57	
19.3.01 9:00	6,73	0,64	26,4	4,2	30	6,73	
27.3.01 8:00	3,89	6,44	0,36	5,4	37	3,89	
2.4.01 8:00	0,24	11,3	0,22	8,5	45	0,24	
9.4.01 8:00	0,39	11,4	0,19	5,5	33	0,39	
17.4.01 8:00	0,39	11,4	0,23	5,7	34	0,39	
23.4.01 8:00	0,53	13,3	0,18	6,4	36	0,53	
2.5.01 8:00	0,59	7,65	13,9	14,1	64	0,59	
7.5.01 8:00	1,45	7,05	13,2	12,4	61	1,45	
14.5.01 8:00	0,45	11,7	1,16	12,5	55	0,45	
21.5.01 8:00	0,98	11,4	1,18	11,7	57	0,98	3
28.5.01 8:00	1,82	9,67	1,83	10,4	53	1,82	4
8.6.01 8:00	1,31	10,1	0,70	10,0	43	1,31	5
11.6.01 8:00	1,18	10,8	0,63	8,0	35	1,18	6
18.6.01 8:00	0,93	9,68	0,89	6,5	31	0,93	7
25.6.01 8:00	0,82	12,2	0,37	6,3	28	0,82	8

Datum / Uhrzeit	NO ₂ -N (mg · l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · l ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	CSB (mg · l ⁻¹)	TR (mg · kg ⁻¹)	pH	Woche
Versuch b2 / Denitrifikationsbecken								
6.3.01 9:00	0,46	0,77	48,0	50,9	144	2958	7,50	
12.3.01 8:00	0,74	< 0,1	49,2	35,0	103	3452	7,52	
19.3.01 9:00	1,04	0,20	26,3	28,5	83	3024	7,61	
27.3.01 8:00	0,30	0,83	9,36	18,8	66	2888	7,27	
2.4.01 8:00	0,16	1,51	8,89	16,1	73	2898	7,19	
9.4.01 8:00	< 0,1	1,79	8,84	11,9	46	3688	7,24	
17.4.01 8:00	1,22	2,29	8,61	13,4	54	3282	7,22	
23.4.01 8:00	< 0,1	1,44	7,78	12,7	48	2714	7,23	
2.5.01 8:00	0,90	1,19	26,5	27,3	105	2532	7,27	
7.5.01 8:00	0,35	1,95	21,8	26,6	81	1448	7,53	
14.5.01 8:00	< 0,1	2,06	9,26	22,4	72	2332	7,24	
21.5.01 8:00	< 0,1	1,86	8,70	21,9	74	2294	7,26	3
28.5.01 8:00	< 0,1	1,85	9,62	20,9	76	2332	7,36	4
8.6.01 8:00	< 0,1	0,96	9,47	19,3	66	2728	7,40	5
11.6.01 8:00	< 0,1	1,63	9,85	12,9	48	2636	7,28	6
18.6.01 8:00	< 0,1	1,96	11,0	15,3	67	2502	7,26	7
25.6.01 8:00	< 0,1	1,55	11,8	12,7	43	3270	6,94	8
Versuch b2 / Belebungsbecken								
6.3.01 9:00	1,15	10,9	0,74	13,2	56	1824	6,85	
12.3.01 8:00	1,76	10,0	1,69	12,4	60	1764	6,99	
19.3.01 9:00	1,46	9,29	1,33	12,1	52	2144	6,93	
27.3.01 8:00	1,00	9,80	1,75	8,5	37	2350	6,77	
2.4.01 8:00	0,21	8,55	0,25	10,7	55	3326	6,99	
9.4.01 8:00	< 0,1	9,89	1,24	7,2	37	3250	6,98	
17.4.01 8:00	< 0,1	10,3	0,31	8,7	37	3118	6,95	
23.4.01 8:00	< 0,1	12,7	0,57	8,6	35	2962	6,82	
2.5.01 8:00	0,65	8,14	16,3	22,2	83	2134	7,21	
7.5.01 8:00	1,09	5,89	18,6	15,7	58	1328	7,35	
14.5.01 8:00	0,36	10,8	1,05	13,8	53	2036	6,90	
21.5.01 8:00	1,15	10,9	0,74	13,2	56	1824	6,85	3
28.5.01 8:00	1,76	10,0	1,69	12,4	60	1764	6,99	4
8.6.01 8:00	1,46	9,29	1,33	12,1	52	2144	6,93	5
11.6.01 8:00	1,00	9,80	1,75	8,5	37	2350	6,77	6
18.6.01 8:00	0,89	8,87	2,30	8,3	37	2554	6,75	7
25.6.01 8:00	0,51	9,95	2,18	7,6	31	3100	6,45	8

Tabelle 8-47: Meßwerte Begleitparameter Versuch m1, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuch

Datum / Uhrzeit	NO ₂ -N (mg · l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · l ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	CSB (mg · l ⁻¹)	pH	Woche	
Versuch m1 / Zulauf								
22.7.01 7:00	0,10	0,95	20,8	245,9	580	7,76	0	
30.7.01 7:00	0,10	1,09	18,5	156,4	340	7,56	1	
6.8.01 7:00	0,10	0,95	19,5	154,6	330	7,58	2	
13.8.01 7:00	0,10	1,11	26,7	138,2	310	7,46	3	
20.8.01 7:00	0,10	1,20	26,7	141,9	310	7,62	4	
27.8.01 7:00	0,10	0,50	23,4	163,9	380	7,32	5	
3.9.01 7:00	0,50	0,87	13,8	145,6	340	7,30	6	
Versuch m1 / Ablauf								
22.7.01 7:00	2,330	8,40	26,40	23,8	76	7,46	0	
30.7.01 7:00	0,319	12,69	0,28	7,1	26	6,65	1	
6.8.01 7:00	0,524	10,16	0,36	7,5	30	7,02	2	
13.8.01 7:00	1,020	8,63	8,40	6,0	26	7,31	3	
20.8.01 7:00	0,653	10,70	0,64	8,1	36	6,64	4	
27.8.01 7:00	1,280	11,40	0,87	8,2	38	6,53	5	
3.9.01 7:00	0,640	15,30	0,59	9,9	37	7,09	6	
Datum / Uhrzeit	NO ₂ -N (mg · l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · l ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	CSB (mg · l ⁻¹)	TR (mg · kg ⁻¹)	pH	Woche
Versuch m1 / Denitrifikationsbecken								
22.7.01 7:00	0,10	0,98	25,9	46,5	148	3064	7,55	0
30.7.01 7:00	0,10	1,10	12,6	21,5	69	3084	7,14	1
6.8.01 7:00	0,10	0,86	10,0	15,8	52	2206	7,29	2
13.8.01 7:00	0,10	1,10	16,4	19,8	60	2780	7,40	3
20.8.01 7:00	0,10	1,50	8,7	16,8	54	1984	7,33	4
27.8.01 7:00	0,10	0,50	12,5	18,8	64	2278	7,05	5
3.9.01 7:00	0,50	1,96	16,9	71,0	160	1930	6,93	6
Versuch m1 / Belebungsbecken								
22.7.01 7:00	1,220	7,54	18,8	25,9	76	2210	7,19	0
30.7.01 7:00	0,246	10,55	2,3	10,0	38	2332	6,62	1
6.8.01 7:00	0,193	7,31	2,3	9,2	36	2818	6,83	2
13.8.01 7:00	0,970	5,85	9,4	8,9	29	3482	7,08	3
20.8.01 7:00	0,442	9,35	1,8	10,5	47	1754	6,52	4
27.8.01 7:00	1,250	11,40	1,9	10,4	44	1884	6,31	5
3.9.01 7:00	0,350	1,52	3,9	61,3	110	2728	6,50	6

Tabelle 8-48: Meßwerte Begleitparameter Versuch m2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuch

Datum / Uhrzeit	NO ₂ -N (mg · l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · l ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	CSB (mg · l ⁻¹)	pH	Woche	
Versuch m2 / Zulauf								
22.7.01 7:00	0,10	1,36	24,9	303,5	730	7,78	0	
30.7.01 7:00	0,10	1,17	23,2	154,3	340	7,61	1	
6.8.01 7:00	0,10	0,86	23,6	142,8	310	7,32	2	
13.8.01 7:00	0,10	1,04	39,1	149,3	350	7,66	3	
20.8.01 7:00	0,10	1,02	24,8	139,3	320	7,71	4	
27.8.01 7:00	0,14	0,50	25,3	161,1	360	7,22	5	
3.9.01 7:00	0,50	1,26	10,2	156,6	360	7,39	6	
Versuch m2 / Ablauf								
22.7.01 7:00	1,510	22,20	10,9	31,9	96	6,69	0	
30.7.01 7:00	0,542	12,85	0,2	7,7	32	6,72	1	
6.8.01 7:00	1,235	9,00	0,4	6,4	42	7,01	2	
13.8.01 7:00	2,290	7,03	1,6	6,2	27	7,08	3	
20.8.01 7:00	1,435	11,10	1,8	13,8	53	6,64	4	
27.8.01 7:00	2,700	9,20	6,2	11,6	48	6,91	5	
3.9.01 7:00	1,370	11,90	8,2	12,0	52	7,11	6	
Datum / Uhrzeit	NO ₂ -N (mg · l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · l ⁻¹)	NH ₄ -N (mg · l ⁻¹)	DOC (mg · l ⁻¹)	CSB (mg · l ⁻¹)	TR (mg · kg ⁻¹)	pH	Woche
Versuch m2 / Denitrifikationsbecken								
22.7.01 7:00	0,10	1,97	18,9	35,1	101	2730	7,28	0
30.7.01 7:00	0,10	1,85	10,5	17,9	56	2762	7,18	1
6.8.01 7:00	0,10	1,58	10,0	13,2	35	2004	7,33	2
13.8.01 7:00	0,10	1,42	13,5	17,3	54	2948	7,32	3
20.8.01 7:00	0,10	2,46	9,3	17,8	59	1930	7,16	4
27.8.01 7:00	0,52	1,20	14,1	19,4	66	1478	7,12	5
3.9.01 7:00	0,50	0,69	22,7	102,70	240	2298	7,01	6
Versuch m2 / Belebungsbecken								
22.7.01 7:00	0,430	18,40	7,2	26,8	77	2244	6,44	0
30.7.01 7:00	0,376	10,41	2,1	10,2	40	2080	6,64	1
6.8.01 7:00	0,525	7,58	2,0	9,0	34	2770	6,84	2
13.8.01 7:00	2,185	6,17	3,3	8,8	28	2524	6,81	3
20.8.01 7:00	0,820	10,70	2,4	13,4	51	1722	6,46	4
27.8.01 7:00	2,550	9,14	6,7	13,9	55	1302	6,59	5
3.9.01 7:00	1,670	3,42	13,6	77,4	140	1472	6,66	6

Tabelle 8-49: Elimination von DOC und CSB aus der Wasserphase, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Elimination (%) °	DOC				CSB				
	Woche	Versuch b1	Versuch b2	Versuch m1	Versuch m2	Versuch b1	Versuch b2	Versuch m1	Versuch m2
0				90,3	89,5			86,9	86,8
1				95,5	95,0			92,4	90,6
2				95,1	95,5			90,9	86,5
3	95,7	93,2		95,7	95,9	91,7	85,4	91,6	92,3
4	93,8	93,3		94,3	90,1	86,4	84,9	88,4	83,4
5	96,4	93,3		95,0	92,8	88,4	87,0	90,0	86,7
6	95,0	93,8		93,2	92,4	90,5	89,7	89,1	85,6
7	95,8	95,2				93,3	91,6		
8	96,1	95,5				92,2	92,0		

° berechnet aus Differenz zwischen Zulauf- und Ablaufkonzentration; CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf; DOC: Dissolved Organic Carbon

Tabelle 8-50: Einhaltung der Richtwerte nach OECD 303A bzw. DIN EN ISO 11733, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Parameter / Richtwert	Versuch b1	Versuch b2	Versuch m1	Versuch m2
CSB- Elimination > 80 %	94 – 96 %	85 – 92 %	87 – 92 % °	86 – 92 % °
DOC-Elimination > 80 %	86 – 93 %	93 – 95 %	93 – 96 % °	89 – 96 % °
NO ₂ -N / Ablauf < 0,61 mg · l ⁻¹	Sprung in Wo. 4/5, ok ab Wo. 6	Sprung Wo. 4, sinkend Wo. 5 – 8, durchgehende Überschr.	schwankend, Überschr. ab Wo. 3	stark schwankend mit deutlicher Überschr.
NH ₄ -N / Ablauf < 0,78 mg · l ⁻¹	Sprung in Wo. 4/5, ok ab Wo. 6	ok ab Wo. 5, min. Überschr. Wo. 7	Ausreißer Wo. 3, leichte Überschr. Wo. 5	Überschr. ab Wo. 4, stark ansteigend
TR / NI ≥ 2,5 (1 – 3) g · l ⁻¹	Überschr. Wo. 7/8	Minimale Überschr. Wo. 8	Überschr. in NI Wo. 3, niedrig in Wo. 4/5	niedrig in Wo. 4/5
pH-Wert / DN 7,5 ± 0,5	6,99 in Wo. 8	6,94 in Wo. 8	6,93 in Wo. 6	ok
O ₂ / NI > 2 mg · l ⁻¹	ok	ok	ok	ok
Bewertung	+	(+)	(+)	(+)

° deutlicher Anstieg der DOC- und CSB-Konzentrationen in DN und NI in Wo. 6; NI: belüftetes Belebungsbecken; CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf; DN: Denitrifikationsbecken; DOC: Dissolved Organic Carbon; TR: Trockenrückstand

Tabelle 8-51: Meßwerte Leitfähigkeit, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Leitfähigkeit ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)		ZL	AL	DN	NI	ZL	AL	DN	NI
Woche	Datum / Uhrzeit	Versuch b1				Versuch b2			
	6.3.01 9:00	403	654	653	655	403	728	723	481
	12.3.01 8:00	470	424	586	546	470	481	659	482
	19.3.01 9:00	408	417	465	421	408	576	596	419
	27.3.01 8:00	392	403	437	387	392	417	474	423
	2.4.01 8:00	430	410	463	406	430	408	466	405
	9.4.01 8:00	480	423	475	427	480	408	475	407
	17.4.01 8:00	506	412	457	415	506	374	451	390
	23.4.01 8:00	582	423	471	425	582	406	467	410
	2.5.01 8:00	483	479	518	486	483	539	581	547
	7.5.01 8:00	628	480	515	475	628	620	632	600
	14.5.01 8:00	598	444	487	455	598	501	488	441
3	21.5.01 8:00	695	430	476	441	598	450	481	481
4	28.5.01 8:00	585	484	538	489	569	478	519	482
5	8.6.01 8:00	517	439	488	435	518	420	467	419
6	11.6.01 8:00	542	410	471	418	470	419	476	423
7	18.6.01 8:00	491	410	478	415	516	419	479	420
8	25.6.01 8:00	408	391	458	396	421	393	463	396
Woche	Datum / Uhrzeit	Versuch m1				Versuch m2			
0	22.7.01 7:00	576	576	611	570	609	643	573	571
1	30.7.01 7:00	553	454	535	461	524	458	511	462
2	6.8.01 7:00	534	428	472	433	534	430	476	431
3	13.8.01 7:00	611	491	542	490	706	446	515	449
4	20.8.01 7:00	597	433	472	429	579	449	491	454
5	27.8.01 7:00	636	484	547	484	631	524	570	525
6	3.9.01 7:00	520	340	516	440	500	449	555	492

AL: Ablauf; NI: belüftetes Belebungsbecken (Nitrifikation); DN: Denitrifikationsbecken; ZL: Zulauf

Tabelle 8-52: Meßwerte Orthophosphatkonzentration, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

PO_4^{3-} (mg · l ⁻¹)		ZL	AL	DN	NI	ZL	AL	DN	NI
Woche	Datum / Uhrzeit	Versuch b1				Versuch b2			
	6.3.01 9:00	4,66	3,62	4,08	3,72	4,66	3,72	4,69	9,21
	12.3.01 8:00	2,05	2,31	3,19	2,35	2,05	1,96	3,11	11,20
	19.3.01 9:00	5,94	6,11	10,61	6,90	5,94	0,10	12,58	7,77
	27.3.01 8:00	10,82	2,84	7,02	3,62	10,82	0,10	9,06	8,85
	2.4.01 8:00	14,31	0,10	13,92	0,10	14,31	7,50	15,62	8,64
	9.4.01 8:00	10,31	9,22	13,18	10,18	10,31	3,91	14,62	5,20
	17.4.01 8:00	9,77	9,44	12,61	9,73	9,77	4,43	12,38	3,57
	23.4.01 8:00	11,02	11,67	14,58	11,91	11,02	9,25	15,01	9,07
	2.5.01 8:00	7,56	10,79	13,93	11,82	7,56	11,74	18,47	11,29
	7.5.01 8:00	10,80	7,87	11,02	8,05	10,80	9,62	13,19	8,50
	14.5.01 8:00	10,67	8,81	13,50	10,47	10,67	9,54	11,83	8,76
3	21.5.01 8:00	14,45	9,61	14,74	10,95	9,65	9,66	13,15	9,21
4	28.5.01 8:00	11,45	8,64	14,69	9,50	10,23	9,76	12,71	11,20
5	8.6.01 8:00	11,00	7,40	9,40	7,85	9,38	7,74	10,45	7,77
6	11.6.01 8:00	10,20	8,30	10,35	8,85	9,05	8,65	12,43	8,85
7	18.6.01 8:00	10,08	8,22	12,53	8,82	9,88	10,19	13,02	10,32
8	25.6.01 8:00	10,70	8,50	12,10	8,88	9,60	9,45	14,60	14,45
Woche	Datum / Uhrzeit	Versuch m1				Versuch m2			
0	22.7.01 7:00	14,00	9,50	7,80	9,10	17,20	11,60	9,30	10,80
1	30.7.01 7:00	9,72	10,15	9,93	10,16	10,15	10,19	9,99	10,52
2	6.8.01 7:00	9,80	9,55	9,25	9,23	7,50	8,68	8,33	8,93
3	13.8.01 7:00	9,85	8,27	9,74	8,31	8,92	8,96	9,58	9,12
4	20.8.01 7:00	9,85	10,68	10,00	10,00	8,00	11,45	10,30	11,00
5	27.8.01 7:00	10,85	11,05	11,38	10,85	9,60	10,55	11,30	10,40
6	3.9.01 7:00	8,90	8,00	17,00	9,10	9,80	8,20	20,00	15,60

AL: Ablauf; NI: belüftetes Belebungsbecken (Nitrifikation); DN: Denitrifikationsbecken; ZL: Zulauf

Tabelle 8-53: Statistische Lageparameter der Meßwerte Leitfähigkeit und Orthophosphatkonzentration, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

*	ZL	AL	DN	NI	ZL	AL	DN	NI
Leitfähigkeit ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	Versuch b1				Versuch b2			
MIN	408	391	458	396	421	393	463	396
MAX	695	484	538	489	598	478	519	482
MED	529,5	420,0	477,0	426,5	517,0	419,5	477,5	421,5
MEAN	539,7	427,3	484,8	432,3	515,3	429,8	480,8	436,8
STABW	96,3	32,5	27,8	32,0	64,3	29,7	20,0	35,9
N	6	6	6	6	6	6	6	6
KONF	77,1	26,0	22,3	25,6	51,5	23,8	16,0	28,7
	Versuch m1				Versuch m2			
MIN	520	340	472	429	500	430	476	431
MAX	636	576	611	570	706	643	573	571
MED	576	454	535	461	579	449	515	462
MEAN	575,3	458,0	527,9	472,4	583,3	485,6	527,3	483,4
STABW	42,2	72,1	48,2	49,3	71,8	75,7	38,8	49,5
N	7	7	7	7	7	7	7	7
KONF	31,3	53,4	35,7	36,5	53,2	56,1	28,8	36,7
PO₄³⁻ ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	Versuch b1				Versuch b2			
MIN	10,08	7,40	9,40	7,85	9,05	7,74	10,45	7,77
MAX	14,45	9,61	14,74	10,95	10,23	10,19	14,60	14,45
MED	10,85	8,40	12,32	8,87	9,63	9,56	12,87	9,77
MEAN	11,31	8,45	12,30	9,14	9,63	9,24	12,73	10,30
STABW	1,62	0,72	2,19	1,03	0,41	0,89	1,35	2,35
N	6	6	6	6	6	6	6	6
KONF	1,29	0,57	1,75	0,83	0,32	0,71	1,08	1,88
	Versuch m1				Versuch m2			
MIN	7,50	8,20	8,33	8,93	8,90	8,00	7,80	8,31
MAX	17,20	11,60	20,00	15,60	14,00	11,05	17,00	10,85
MED	9,60	10,19	9,99	10,52	9,85	9,55	9,93	9,23
MEAN	10,17	9,95	11,26	10,91	10,42	9,60	10,73	9,54
STABW	3,25	1,36	3,96	2,22	1,68	1,15	2,96	0,85
N	7	7	7	7	7	7	7	7
KONF	2,41	1,01	2,93	1,64	1,24	0,85	2,19	0,63

* für die Wochen der Laufzeit mit Erfassung der Bisphenol A-Konzentrationen;

AL: Ablauf; NI: belüftetes Belebungsbecken (Nitrifikation); DN: Denitrifikationsbecken; ZL: Zulauf

Tabelle 8-54: Versuchszeit für Austausch der Wasserkörper (DN, NI, NK) und hydraulische Aufenthaltzeit (gesamt), simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Woche	Versuch b1				Versuch b2			
	DN	NI	NK	gesamt	DN	NI	NK	gesamt
3	1,53	1,53	1,96	16,21	1,53	1,53	2,14	16,51
4	1,46	1,46	1,90	15,88	1,47	1,47	1,90	16,38
5	1,50	1,50	2,01	16,92	1,48	1,48	1,92	16,66
6	1,50	1,50	1,77	16,39	1,45	1,45	1,87	16,55
7	1,51	1,51	1,88	16,79	1,45	1,45	1,87	16,53
8	1,50	1,50	1,88	16,70	1,46	1,46	1,88	16,58
	Versuch m1				Versuch m2			
1	1,50	1,50	1,96	16,53	1,53	1,53	2,06	16,24
2	1,50	1,50	2,02	16,75	1,48	1,48	2,05	14,35
3	1,42	1,42	1,89	15,53	1,33	1,33	1,66	13,90
4	1,38	1,38	1,83	16,36	1,57	1,57	2,24	15,35
5	1,33	1,33	1,68	15,24	1,68	1,68	2,24	15,05

(h); NI: belüftetes Belebungsbecken (Nitrifikation); DN: Denitrifikationsbecken; NK: Nachklärbecken

Tabelle 8-55: Schlammalter, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Woche	Versuch b1		Versuch b2		Versuch m1		Versuch m2	
	DN	NI	DN	NI	DN	NI	DN	NI
1					30,0	30,0	30,0	30,0
2					20,0	20,0	20,0	20,0
3	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
4	21,0	21,0	21,0	21,0	20,0	20,0	20,0	20,0
5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
6	21,0	21,0	21,0	21,0	22,1	22,1	20,0	20,0
7	21,0	21,0	21,0	21,0				
8	21,0	21,0	21,0	21,0				

(d); NI: belüftetes Belebungsbecken (Nitrifikation); DN: Denitrifikationsbecken

Tabelle 8-56: Volumenströme, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Woche	LW	K	ZL	RZ	RS	DN AL	NI AL	ÜS/PN	NK AL	AL
(ml · h ⁻¹)	Versuch b1									
3	441	52,6	493,6	934	527	1.948	1.008	6,3	481	484
4	445	58,8	503,8	1.004	547	2.049	1.039	6,0	492	492
5	424	49,2	472,8	1.003	520	1.990	981	6,0	461	463
6	439	49,0	488,2	878	639	1.999	1.115	6,0	476	464
7	428	48,3	476,5	916	589	1.976	1.054	6,0	465	488
8	430	49	479	932	583	1.988	1.050	6,0	467	472
	Versuch b2									
3	419	65,6	484,6	1.030	448	1.956	920	6,3	472	475
4	439	49,3	488,3	987	564	2.033	1.040	6,0	476	509
5	431	49,4	480,1	981	562	2.017	1.030	6,0	468	470
6	435	48,1	483,3	999	589	2.066	1.060	6,0	471	468
7	436	47,7	484,0	998	587	2.064	1.059	6,0	472	476
8	434	48	482	993	579	2.049	1.050	6,0	471	471
	Versuch m1									
1	434	49,6	484	980	534	1992	1006	6,3	472	480
2	429	48,3	478	1011	514	1996	979	6,3	465	476
3	465	50,1	515	1058	541	2108	1044	6,3	503	509
4	438	51,1	489	1078	605	2165	1081	6,3	476	514
5	472	52,4	525	1069	664	2252	1176	6,3	512	503
	Versuch m2									
1	443	50,1	493	992	480	1959	960	6,3	480	490
2	517	40,3	557	1055	420	2026	965	6,3	545	453
3	524	51,7	576	1046	627	2242	1190	6,3	563	567
4	470	51,3	521	1014	371	1900	880	6,3	509	517
5	480	51,3	531	895	361	1781	880	6,3	519	529

AL: Ablauf; NI: belüftetes Belebungsbecken; DN: Denitrifikationsbecken; K: Zulauf konzentrierte Nähr-/BPA-Lösung; LW: Zulauf Leitungswasser; NK: Nachklärbecken; PN: Probenahme; RS: Rücklaufschlamm von NK zu DN; RZ: Interne Rezirkulation von NI zu DN; ÜS: Überschussschlamm; ZL: gesamter Zulauf

Tabelle 8-57: Konzentrationen Bisphenol A, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Woche	ZL	DN flüssig	DN fest	DN gesamt	NI flüssig	NI fest	NI gesamt	AL
	($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TR)	($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ TR)	($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)
Versuch b1								
3	9,68	4,34	1,106	7,24	3,54	1,090	5,73	4,17
4	10,11	3,19	689,1	5,01	2,45	529,9	3,41	4,11
5	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.
6	8,86	1,55	310,7	2,41	0,46	143,7	0,89	0,83
7	4,06	1,40	305,8	2,44	0,26	151,3	0,78	0,16
8	12,66	0,38	414,5	1,95	n. d.	168,7	0,59	0,22
Versuch b2								
3	15,33	4,21	1,168	6,91	2,61	770,1	3,99	4,15
4	15,21	1,89	544,5	3,16	0,55	231,2	0,96	2,96
5	9,76	1,57	539,5	3,01	0,68	202,4	1,13	1,29
6	9,53	1,25	348,7	2,15	0,34	143,4	0,69	0,58
7	4,21	1,12	354,7	2,14	0,25	78,68	0,47	0,23
8	12,28	0,24	391,8	1,52	n. d.	214,3	0,66	0,28
Versuch m1								
1	0,888	0,352	60	0,537	0,216	76	0,394	0,217
2	0,674	0,146	61	0,280	0,081	46	0,212	0,050
3	0,736	0,178	76	0,390	0,106	123	0,534	0,064
4	0,819	n. m.	n. m.		0,133	40	0,202	0,085
5	0,869	0,126	43	0,225	0,103	86	0,264	0,071
Versuch m2								
1	0,902	0,425	113	0,737	0,345	97	0,547	0,272
2	0,772	0,309	99	0,509	0,207	85	0,442	0,104
3	0,705	0,274	101	0,572	0,218	112	0,501	0,191
4	0,812	0,287	72	0,426	0,234	62	0,341	0,158
5	0,860	0,223	55	0,304	0,167	26	0,201	0,302

AL: Ablauf; NI: belüftetes Belebungsbecken; DN: Denitrifikationsbecken; ZL: gesamter Zulauf

Tabelle 8-58: Massenströme Bisphenol A, Versuche b1 und b2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Woche	ZL	AL	RZ flüssig	RZ fest	RZ gesamt	RS flüssig	RS fest	RS gesamt	ÜS/PN DN flüssig	ÜS/PN DN fest	ÜS/PN DN gesamt
Versuch b1											
($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)											
3	114,71	48,42	79,28	49,06	128,3	44,73	52,95	97,68	0,65	0,44	1,09
4	122,19	48,58	59,11	23,11	82,2	32,21	23,92	56,12	0,46	0,26	0,72
5	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.		n. m.	n. m.		n. m.	n. m.	
6	103,82	9,26	9,74	8,96	18,7	7,09	11,38	18,47	0,22	0,12	0,34
7	41,71	1,89	5,68	11,48	17,2	3,65	13,21	16,86	0,20	0,15	0,35
8	145,63	2,49	n. d.	13,30	13,3	n. d.	14,98	14,98	0,05	0,22	0,28
(%)											
3	100	42,21	69,11	42,76	111,88	39,00	46,16	85,15	0,57	0,38	0,95
4	100	39,76	48,38	18,91	67,29	26,36	19,57	45,93	0,37	0,21	0,59
5											
6	100	8,92	9,38	8,63	18,01	6,83	10,96	17,79	0,21	0,12	0,33
7	100	4,53	13,61	27,52	41,14	8,76	31,66	40,42	0,48	0,36	0,84
8	100	1,71		9,13	9,13		10,28	10,28	0,04	0,15	0,19
Versuch b2											
($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)											
3	178,3	47,2	64,6	34,2	98,7	28,1	30,5	58,6	0,63	0,41	1,04
4	178,3	36,2	13,1	9,7	22,7	7,5	10,2	17,7	0,27	0,18	0,45
5	112,4	14,6	15,9	10,7	26,7	9,1	11,2	20,4	0,22	0,21	0,43
6	110,5	6,5	8,1	8,4	16,6	4,8	8,9	13,7	0,18	0,13	0,31
7	48,9	2,7	6,0	5,3	11,3	3,5	5,7	9,2	0,16	0,15	0,31
8	142,2	3,2	n. d.	15,8	15,8	n. d.	16,7	16,7	0,03	0,18	0,22
(%)											
3	100	26,5	36,2	19,1	55,3	15,7	17,1	32,9	0,4	0,2	0,58
4	100	20,3	7,3	5,4	12,8	4,2	5,7	9,9	0,2	0,1	0,25
5	100	13,0	14,2	9,5	23,7	8,1	10,0	18,1	0,2	0,2	0,38
6	100	5,9	7,3	7,6	15,0	4,3	8,1	12,4	0,2	0,1	0,28
7	100	5,4	12,2	10,9	23,1	7,2	11,6	18,8	0,3	0,3	0,63
8	100	2,3		11,1	11,1	n. d.	11,8	11,8	0,02	0,1	0,15

AL: Ablauf; DN: Denitrifikationsbecken; RS: Rücklaufschlamm von NK zu DN; PN: Probenahme; RZ: Interne Rezirkulation von NI zu DN; ÜS: Überschussschlamm; ZL: gesamter Zulauf; n. d.: nicht detektierbar; n. m.: nicht gemessen

Tabelle 8-58: Massenströme Bisphenol A, Versuche b1 und b2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche (Forts.)

Woche	ÜS/PN NI flüssig	ÜS/PN NI fest	ÜS/PN NI gesamt	DN AL flüssig	DN AL fest	DN AL gesamt	NI AL flüssig	NI AL fest	NI AL gesamt
Versuch b1									
($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)									
3	0,53	0,33	0,86	202,72	135,87	338,58	85,57	52,95	138,52
4	0,35	0,14	0,49	156,80	89,66	246,46	61,17	23,92	85,08
5	n. m.	n. m.		n. m.	n. m.		n. m.	n. m.	
6	0,07	0,06	0,13	74,42	41,28	115,70	12,37	11,38	23,75
7	0,04	0,07	0,11	66,46	49,48	115,94	6,53	13,21	19,74
8	n. d.	0,08	0,08	18,32	74,53	92,84	n. d.	14,98	14,98
(%)									
3	0,46	0,29	0,75	176,72	118,44	295,16	74,60	46,16	120,76
4	0,29	0,11	0,40	128,32	73,38	201,70	50,06	19,57	69,63
5									
6	0,06	0,06	0,12	71,68	39,76	111,45	11,92	10,96	22,88
7	0,09	0,18	0,27	159,34	118,61	277,95	15,66	31,66	47,32
8		0,06	0,06	12,58	51,17	63,75		10,28	10,28
Versuch b2									
($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)									
3	0,39	0,21	0,60	197,8	126,9	324,7	57,7	30,5	88,2
4	0,08	0,06	0,14	92,3	62,0	154,2	13,8	10,2	24,0
5	0,10	0,06	0,16	75,8	70,0	145,9	16,8	11,2	28,0
6	0,05	0,05	0,10	62,0	44,4	106,4	8,6	8,9	17,6
7	0,04	0,03	0,07	55,5	50,7	106,2	6,3	5,7	12,0
8	n,d,	0,09	0,09	12,0	63,0	75,0	n. d.	16,7	16,7
(%)									
3	0,2	0,1	0,34	110,9	71,1	182,0	32,3	17,1	49,4
4	0,0	0,0	0,08	51,8	34,8	86,5	7,7	5,7	13,4
5	0,1	0,1	0,14	67,5	62,3	129,8	14,9	10,0	24,9
6	0,0	0,0	0,09	56,0	40,2	96,2	7,8	8,1	15,9
7	0,1	0,1	0,14	113,6	103,8	217,4	12,9	11,6	24,5
8		0,1	0,07	8,4	44,3	52,7		11,8	11,8

AL: Ablauf; NI: belüftetes Belebungsbecken; DN: Denitrifikationsbecken; PN: Probenahme; ÜS: Überschußschlamm; n. d.: nicht detektierbar; n. m.: nicht gemessen

Tabelle 8-58: Massenströme Bisphenol A, Versuche b1 und b2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche (Forts.)

Woche	NK flüssig (berechnet)	NK fest (berechnet)	NK gesamt (berechnet)	DN	NI	NK	gesamt
	Versuch b1			Massenbilanz Versuch b1			
	($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)						
3	40,84	n. m.	40,84	-1,1	-70,9	7,6	-64,3
4	28,96	n. m.	28,96	-13,4	-78,7	19,6	-72,4
5	n. m.	n. m.					
6	5,28	n. m.	5,28	-24,9	-73,1	4,0	-94,1
7	2,88	n. m.	2,88	40,6	-78,9	-1,0	-39,4
8	n. d.	n. m.	n. d.	-80,8	-64,5	2,5	-142,8
	(%)						
3	35,60		35,60	-0,9	-61,8	6,6	-56,1
4	23,70		23,70	-10,9	-64,4	16,1	-59,3
5							
6	5,09		5,09	-24,0	-70,4	3,8	-90,6
7	6,90		6,90	97,2	-189,2	-2,4	-94,4
8				-55,5	-44,3	1,7	-98,0
	Versuch b2			Massenbilanz Versuch b2			
	($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)						
3	29,6	n. m.	29,6	-9,9	-137,2	17,7	-129,5
4	6,3	n. m.	6,3	-64,0	-107,4	29,9	-141,5
5	7,6	n. m.	7,6	-13,2	-91,0	7,0	-97,2
6	3,8	n. m.	3,8	-34,2	-72,1	2,7	-103,6
7	2,8	n. m.	2,8	37,2	-82,9	-0,2	-45,8
8	n. d.	n. m.	n. d.	-99,6	-42,3	3,2	-138,7
	(%)						
3	16,6		16,6	-5,6	-76,9	9,9	-72,6
4	3,5		3,5	-35,9	-60,2	16,8	-79,4
5	6,8		6,8	-11,7	-81,0	6,2	-86,5
6	3,5		3,5	-30,9	-65,3	2,4	-93,7
7	5,8		5,8	76,1	-169,6	-0,3	-93,8
8				-70,0	-29,7	2,3	-97,5

NI: belüftetes Belebungsbecken; DN: Denitrifikationsbecken; NK: Nachklärbecken; n. d.: nicht detektierbar; n. m.: nicht gemessen

Tabelle 8-59: Massenströme Bisphenol A, Versuche m1 und m2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche

Woche	ZL	AL	RZ flüssig	RZ fest	RZ gesamt	RS flüssig	RS fest	RS gesamt	ÜS/PN DN flüssig	ÜS/PN DN fest	ÜS/PN DN gesamt
Versuch m1											
($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)											
1	10,3	2,5	5,1	4,2	9,3	2,8	4,3	7,1	0,05	0,03	0,08
2	7,7	0,6	2,0	3,2	5,1	1,0	3,1	4,1	0,02	0,02	0,04
3	9,1	0,8	2,7	10,9	13,6	1,4	10,7	12,1	0,03	0,03	0,06
4	9,6	1,0	3,4	1,8	5,2	1,9	1,8	3,7	0,02	0,02	0,04
5	10,9	0,9	2,6	4,1	6,8	1,6	4,6	6,2	0,02	0,01	0,03
(%)											
1	100	24,3	49,3	40,6	90,0	26,9	41,7	68,6	0,5	0,3	0,8
2	100	7,4	25,6	41,0	66,5	13,0	39,7	52,7	0,3	0,3	0,5
3	100	8,6	29,7	119,3	148,9	15,2	117,6	132,8	0,3	0,3	0,6
4	100	10,9	35,7	18,7	54,4	20,0	18,7	38,8	0,2	0,2	0,4
5	100	7,9	24,1	37,9	62,0	15,0	41,6	56,6	0,2	0,1	0,3
Versuch m2											
($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)											
1	10,67	3,20	8,21	4,83	13,0	3,97	4,67	8,64	0,06	0,05	0,11
2	10,33	1,13	5,25	5,94	11,2	2,09	5,44	7,52	0,05	0,03	0,08
3	9,74	2,59	5,49	7,09	12,6	3,29	8,07	11,36	0,04	0,04	0,09
4	10,15	1,96	5,70	2,61	8,3	2,08	2,26	4,35	0,04	0,02	0,06
5	10,97	3,84	3,60	0,73	4,3	1,45	0,72	2,17	0,03	0,01	0,05
(%)											
1	100	29,96	76,93	45,23	122,16	37,24	43,78	81,01	0,60	0,44	1,04
2	100	10,97	50,81	57,56	108,37	20,23	52,64	72,87	0,45	0,29	0,74
3	101	26,63	56,34	72,82	129,16	33,77	82,86	116,63	0,42	0,46	0,88
4	100	19,32	56,12	25,71	81,84	20,53	22,30	42,84	0,42	0,21	0,63
5	100	35,01	32,78	6,66	39,44	13,21	6,55	19,76	0,30	0,11	0,42

AL: Ablauf; DN: Denitrifikationsbecken; RS: Rücklaufschlamm von NK zu DN; PN: Probenahme; RZ: Interne Rezirkulation von NI zu DN; ÜS: Überschussschlamm; ZL: gesamter Zulauf

Tabelle 8-59: Massenströme Bisphenol A, Versuche m1 und m2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche (Forts.)

Woche	ÜS/PN NI flüssig	ÜS/PN NI fest	ÜS/PN NI gesamt	DN AL flüssig	DN AL fest	DN AL gesamt	NI AL flüssig	NI AL fest	NI AL gesamt
Versuch m1									
($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)									
1	0,03	0,03	0,06	16,8	8,9	25,7	5,2	4,3	9,5
2	0,01	0,02	0,03	7,0	6,4	13,4	1,9	3,1	5,0
3	0,02	0,06	0,08	9,0	10,7	19,7	2,7	10,7	13,4
4	0,02	0,01	0,03	7,9	6,2	14,1	3,4	1,8	5,2
5	0,02	0,02	0,04	6,8	5,3	12,1	2,9	4,6	7,5
(%)									
1	0,3	0,3	0,57	163,1	86,0	249,0	50,6	41,7	92,3
2	0,2	0,3	0,41	90,4	83,3	173,7	24,8	39,7	64,4
3	0,2	0,7	0,88	99,0	117,9	216,9	29,3	117,6	146,9
4	0,2	0,1	0,32	82,3	64,1	146,4	35,8	18,7	54,5
5	0,1	0,2	0,36	62,3	48,6	110,9	26,5	41,6	68,2
Versuch m2									
($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)									
1	0,05	0,03	0,08	20,00	14,67	34,66	7,95	4,67	12,62
2	0,03	0,04	0,07	15,04	9,69	24,73	4,80	5,44	10,23
3	0,03	0,04	0,08	14,76	16,04	30,80	6,24	8,07	14,31
4	0,04	0,02	0,05	13,10	6,34	19,43	4,94	2,26	7,21
5	0,03	0,01	0,03	9,52	3,49	13,01	3,53	0,72	4,25
(%)									
1	0,48	0,28	0,77	187,39	137,46	324,84	74,46	43,78	118,24
2	0,30	0,34	0,64	145,68	93,83	239,51	46,46	52,64	99,11
3	0,34	0,44	0,77	151,65	164,73	316,38	64,10	82,86	146,96
4	0,35	0,16	0,50	129,00	62,40	191,40	48,68	22,30	70,98
5	0,23	0,05	0,28	86,81	31,79	118,60	32,22	6,55	38,77

AL: Ablauf; NI: belüftetes Belebungsbecken; DN: Denitrifikationsbecken; PN: Probenahme; ÜS: Überschußschlamm

Tabelle 8-59: Massenströme Bisphenol A, Versuche m1 und m2, simultan-aerobe Schlammstabilisierung, Laborversuche (Forts.)

Woche	NK flüssig (berechnet)	NK fest (berechnet)	NK gesamt (berechnet)	DN	NI	NK	gesamt
	Versuch m1			Massenbilanz Versuch m1			
	($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)						
1	2,4	n. m.	2,4	-0,9	-6,8	0,1	-7,7
2	0,9	n. m.	0,9	-3,5	-3,3	-0,3	-7,1
3	1,3	n. m.	1,3	-14,9	7,3	-0,5	-8,2
4	1,5	n. m.	1,5	-4,5	-3,6	-0,5	-8,5
5	1,3	n. m.	1,3	-11,8	2,1	-0,4	-10,0
	(%)						
1	23,7		23,7	-8,7	-66,2	0,5	-74,4
2	11,8		11,8	-45,0	-42,3	-4,3	-91,6
3	14,1		14,1	-164,2	79,8	-5,5	-89,8
4	15,8		15,8	-46,3	-37,2	-4,9	-88,4
5	11,6		11,6	-107,4	19,6	-3,7	-91,5
	Versuch m2			Massenbilanz Versuch m2			
	($\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)						
1	3,97	n. m.	3,97	2,4	-8,9	-0,8	-7,3
2	2,71	n. m.	2,71	-4,2	-3,2	-1,6	-9,0
3	2,95	n. m.	2,95	-2,8	-3,8	-0,4	-7,0
4	2,86	n. m.	2,86	-3,3	-3,9	-0,9	-8,1
5	2,09	n. m.	2,09	-4,4	-4,4	1,8	-7,1
	(%)						
1	37,23		37,23	22,7	-83,7	-7,3	-68,2
2	26,24		26,24	-41,0	-31,4	-15,3	-87,6
3	30,33		30,33	-28,5	-39,5	-3,7	-71,7
4	28,14		28,14	-32,7	-38,1	-8,8	-79,5
5	19,01		19,01	-40,2	-40,1	16,0	-64,3

NI: belüftetes Belebungsbecken; DN: Denitrifikationsbecken; NK: Nachklärbecken; n. m.: nicht gemessen

Tabelle 8-60: Wiederfindung des Surrogatstandards Bisphenol A-d₁₆ in Papier- und Zelluloseproben

Probe	WF ° (%)	N	p (t-test)	Probe	WF ° (%)	N	p (t-test)
TP1	1,1	3	< 0,01	AltP1	116,8	3	0,19
TP2	1,1	2	0,02	AltP2,3,5,6	86,8	12	0,22
TP3	6,2	3	< 0,01	AltP4	13,7	3	< 0,01
Zell 1,2,3	116,6	9	0,40	AltP7	76,4	3	0,23

° Verhältnis der Peak-Flächen (MEAN) in Probe und Kalibrierstandards; AltP: Altpapier; Zell: Zellulose; TP: Toilettenpapier; WF: Wiederfindungsrate; AltP1: Braune Wellpappe; AltP2: Werbebeilagen; AltP3: Magazine; AltP4: Kataloge; AltP5: Tageszeitungen; AltP6: Kostenlose Werbezeitungen; AltP7: Chromokarton

Tabelle 8-61: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für die Bestimmung von Bisphenol A in Papier- und Zelluloseproben

	TP	AltP	Zell
N	1	7	3
MEAN BW *	99,16	0,21	3,86
STABW *		0,10	0,70
NG *		0,50	5,97
BG *		0,78	8,08

* ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ im Vial); AltP: Altpapier; BG: Bestimmungsgrenze; BW: Blindwert; NG: Nachweisgrenze; TP: Toilettenpapier; Zell: Zellulose

Tabelle 8-62: Wiederfindung des Surrogatstandards 4-n-Nonylphenol in Papier- und Zelluloseproben

Probe	WF ° (%)	N	p (t-test)	Probe	WF ° (%)	N	p (t-test)
TP1	3,1	3	< 0,01	AltP1	122	3	0,12
TP2	1,2	2	0,014	AltP2-6	94	15	0,48
TP3	5,9	3	< 0,01	AltP7	86,7	3	0,24
Zell 1,2,3	115,5	9	0,61				

° Verhältnis der Peak-Flächen (MEAN) in Probe und Kalibrierstandards; AltP: Altpapier; Zell: Zellulose; TP: Toilettenpapier; WF: Wiederfindungsrate; AltP1: Braune Wellpappe; AltP2: Werbebeilagen; AltP3: Magazine; AltP4: Kataloge; AltP5: Tageszeitungen; AltP6: Kostenlose Werbezeitungen; AltP7: Chromokarton

Tabelle 8-63: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für die Bestimmung von Alkylphenolen und Nonylphenolmono- und -diethoxylat in Papier- und Zelluloseproben

		OP	NP	NP1EO	NP2EO
TP	MEAN *	0,15	0,15	40,83	63,2
	N	1	1	1	1
AltP	MEAN *	0,19	0,65	n. m.	n. m.
	SD *	0,03	0,26		
	N	7	7		
	LOD *	0,29	1,44		
	LOQ *	0,40	2,22		
ZL	MEAN *	1,59	5,67	4,41	5,83
	SD *	0,35	0,55	0,87	2,22
	N	3	3	3	3
	LOD *	2,65	7,33	7,01	12,49
	LOQ *	3,71	9,00	9,61	19,15

* ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ im Vial); AltP: Altpapier; BG: Bestimmungsgrenze; BW: Blindwert; NG: Nachweisgrenze; NP: Nonylphenol; NP1EO: Nonylphenolmonoethoxylat; NP2EO: Nonylphenoldiethoxylat; OP: Octylphenol; TP: Toilettenpapier; Zell: Zellulose