



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

MIKRO-Stoffdatenblatt
Industriechemikalien
Flammschutzmittel

Flammschutzmittel

1. Allgemeine Stoffdaten

Tabelle 1: Allgemeine Stoffdaten

Stoffname	CAS Nr.	Handelsname (Beispiele)	Verwendung	Quellenna chweis
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	115-96-8		Flammschutzmittel, Weichmacher; hauptsächlich in PU-Schaumstoffen, Klebstoffen, Lacken, Farben, Beschichtungsmitteln. (wird wegen krebserzeugender Wirkung nicht mehr eingesetzt)	(1), (6)
Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP)	13674-84-5	Fyrol PCF (AKZO NOBEL, 1995) Antiblaze TMCP (ALBRIGHT & WILSON, 1998) Levargard (BAYER, 1999) TCPP (CLARIANT, 1999)	Vgl. TCEP, aufgrund Anwendung in PU-Schaumstoffen bspw. auch in Matratzen u. Polstermöbeln (<i>ebenfalls Verdacht auf krebserzeugende Wirkung</i>)	(2), (6), (8)
Tris(dichlorpropyl)phosphat (TDCP)	13674-87-8		Vorwiegend als Weichmacher mit flammhemmenden Eigenschaften in Polyurethanen (Textil-, Bau, Möbelindustrie, Automobilindustrie); wird nur in Spezialanwendungen eingesetzt (<i>gilt als krebserzeugend</i>)	(6)
Tri-n-butylphosphat (TnBP)	126-73-8		Wird als Lackbestandteil und als Weichmacher eingesetzt; lt. (1) in Hydraulikflüssigkeiten; als Entschäumer in der Betonherstellung; Textil- u. Papierindustrie; (<i>gilt als neurotoxisch</i>)	(3), (6)

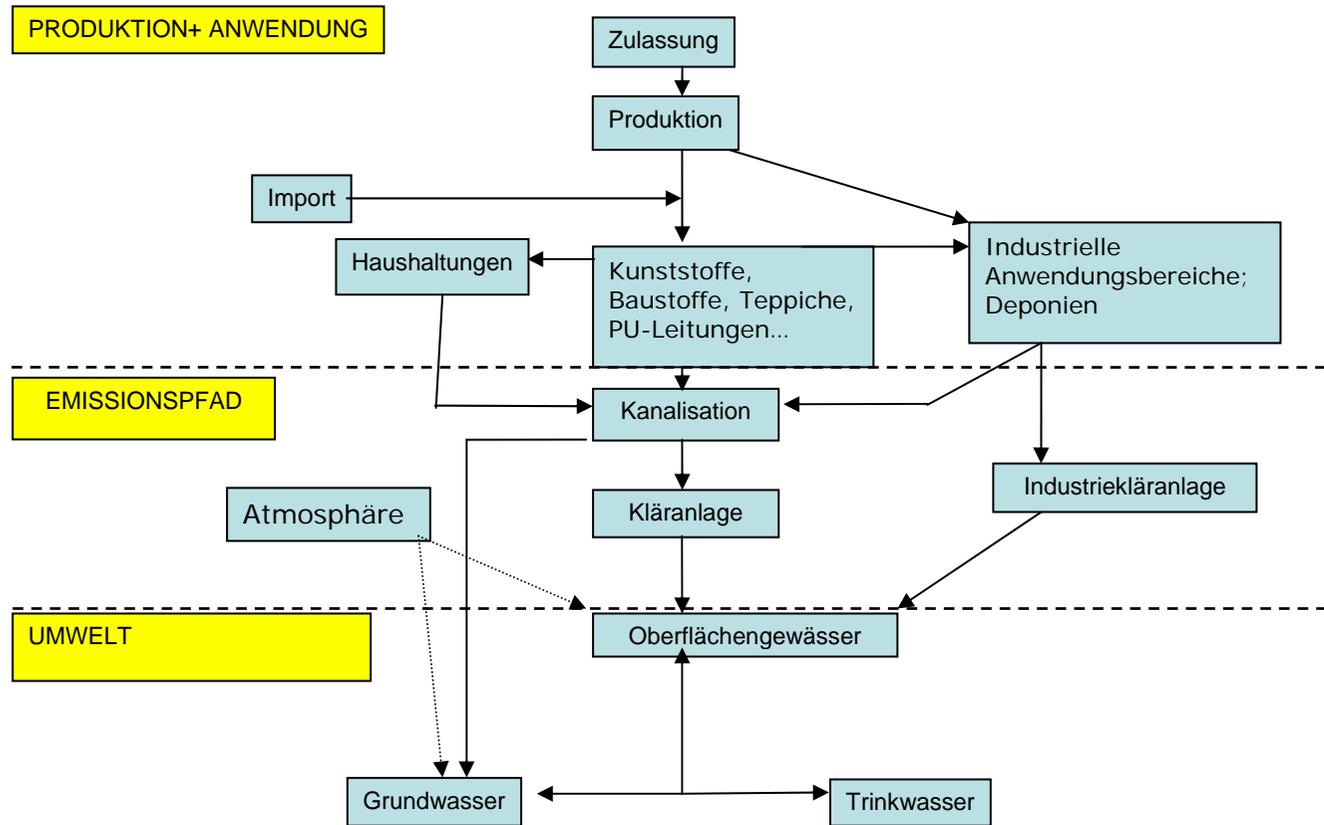
Stoffname	CAS Nr.	Handelsname (Beispiele)	Verwendung	Quellenna chweis
Tri-iso-butylphosphat (TiBP)	126-71-6		Wird als Hilfsmittel bei der Papier- und Textilherstellung verwendet; Schmiermittel, Weichmacher; zur Regulierung der Porenweite eingesetzt	(5), (6)
Triphenylphosphat (TPP)	115-86-6		als Weichmacher in plastischen Massen und als Lackbestandteil; Anwendung in elektronischen Geräten (Gehäuse);	(3)
Tris(butoxyethyl)phosphat (TBEP)	78-51-3		Als Weichmacher in Bodenpflegemitteln, Kunststoffen und Gummi; als Zusatz in Schaumstoffen	(4)
Triphenylphosphinoxid (TPPO)	791-28-6		entsteht als Nebenprodukt in Reaktionen, in denen Triphenylphosphan oder Derivate zum Einsatz kommen. (z.B. Wittig-Reaktion / Knüpfung von C-C-Bindungen)	
Ethylhexyldiphenylphosphat (EHDPP)	1241-94-7			
Tris(ethylhexyl)phosphat (TEHP)	78-42-2	99 %-ig (SIGMA-ALDRICH, 1999, ALBRIGHT & WILSON, 1989, BAYER AG, 1999)		(8)
Tricresylphosphat (TCP)	1330-78-5 (Isomerengemisch); 78-30-8 (o-o-TCP); 563-04-2 m-m-m-TCP); 78-32-0 (p-p-p-TCP)	Tritolyl phosphate (SIGMA-ALDRICH, 1999) Lindol (AKZO NOBEL, 1996) Disflamoll TKP (BAYER AG, 1999)		(8)

Fett: als Leitsubstanzen ausgewählte Stoffe

- (1) BUA (1988): Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe: Tris(2-chlorethyl)-phosphat, BUA-Stoffbericht 20, VCH Weinheim
- (2) UBA (2001): Texte des Umweltbundesamtes 25-27/2001
- (3) MUNLV (2004): Einträge und Quellen von phosphororganischen Flammschutzmitteln in Oberflächen- und Abwässern, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf.
- (4) WHO (2000): IPCS Environmental Health Criteria 218: Flame Retardants
- (5) BG Chemie: Toxikologische Bewertung Nr. 112 – Triisobutylphosphat – Ausgabe 11/00 (2000) (http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/907/907-triisobutylphosphat.pdf?__blob=publicationFile)
- (6) Püttmann W. (2011): Trinkwasserrelevanz von chlorierten Organophosphaten (Flammschutzmittel). UBA-Fachgespräch Dessau, 19.01.2011. Folienpräsentation.
- (7) Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- (8) Forschungsbericht 204 08 542 (alt) / 297 44 542 (neu): Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel. Auftragnehmer: Öko-Recherche Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Frankfurt/M. Band I: Ergebnisse und zusammenfassende Übersicht im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Forschungsbericht, Dezember 2000.

2. Grundschemata zur Stoffflussanalyse

Diagramm 2.1: Stoffflussanalyse (das Grundschemata kann je nach Stoffgruppe bzw. Stoff variiert werden.)



3. Emission (Produktion und Anwendung)

Diagramm 3.1: Diagramm der Eintragspfade (Die wichtigsten Eintragspfade sind rot markiert)

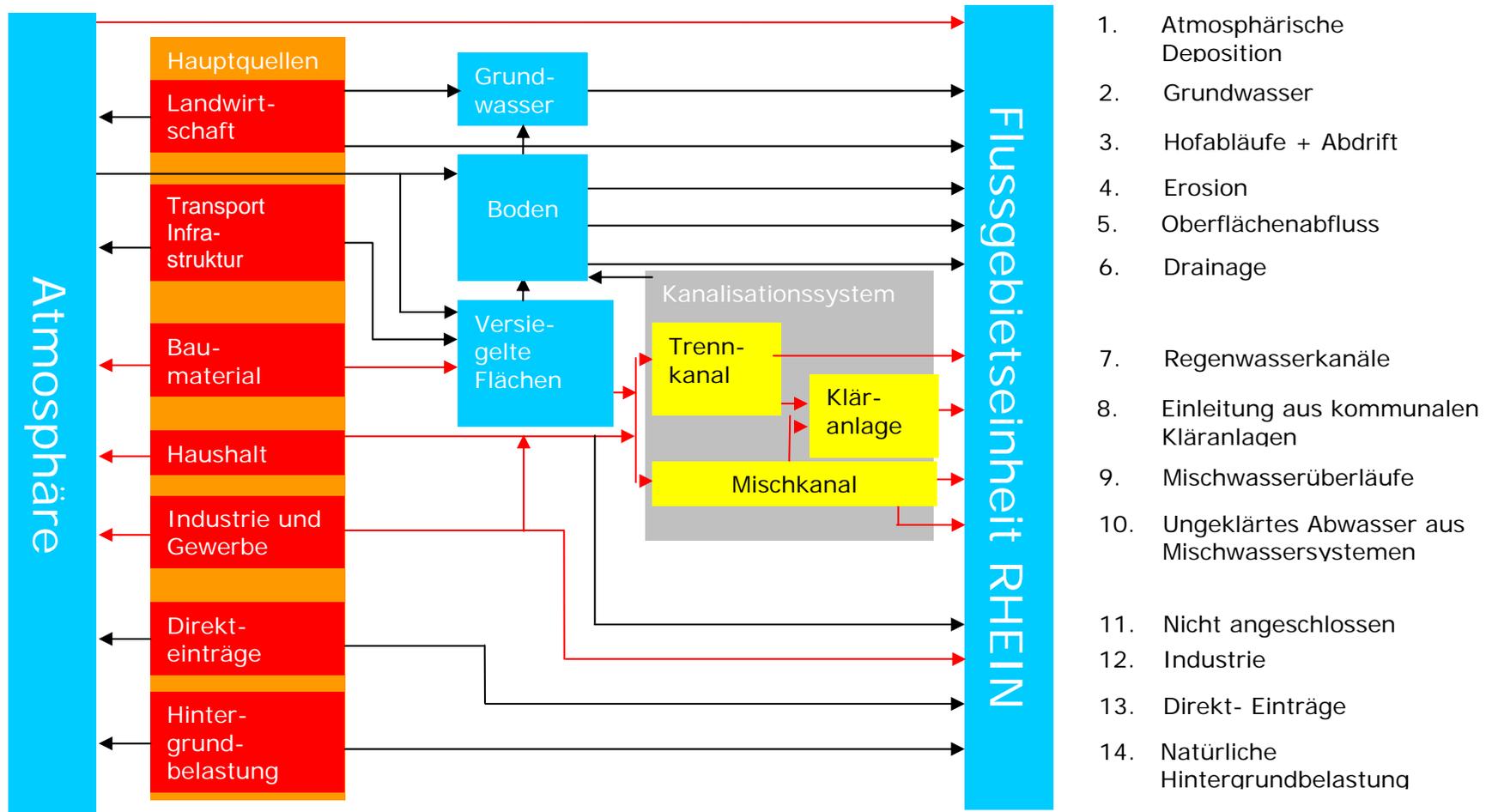


Tabelle 3.1: Im Rheineinzugsgebiet produzierte Mengen

Stoffname	A	CH	D	F	L	NL	Summe	EU	EU, davon im RheinEZG	Quellennachweis
Produzierte Mengen (in t/Jahr)										
TCPP								36.038 t im Jahr 2000	?	[2]
TDCP								<10.000 t im Jahr 2000	0	[3]
Anzahl produzierende Betriebe oder Betriebe, die diese Stoffe importiert haben										
TCEP			3			1		5	4	[1]
TCPP			2			1		6	3	[1]
TDCP								2	0	[1]
TnBP			2			1		6	3	[1]
TiBP								2	2	[1]
TPP			2					4	2	[1]
TBEP			2			1		7	3	[1]
TPPO			2					2	2	[1]
EHDPP			1					2	1	[1]
TEHP			2					2	2	[1]
TCP								k.A.		[1]

[1] ESIS: European chemical Substances Information System. <http://esis.jrc.ec.europa.eu> (Stand: Februar 2000)

[2] European Union Risk Assessment Report (2009). TRIS(2-CHLORO-1-METHYLETHYL) PHOSPHATE (TCPP) CAS No: 13674-84-5 EINECS No: 237-158-7 RISK ASSESSMENT. May 2008. Ireland (lead) and United Kingdom. (Stand der Daten: 2007)
http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/tcppreport425.pdf
 (aktuellere Daten ggf. in: <http://www.echa.europa.eu>)

[3] European Union Risk Assessment Report. TRIS[2-CHLORO-1-(CHLOROMETHYL)ETHYL] PHOSPHATE (TDCP), CAS No: 13674-87-8 EINECS No: 237-159-2 SUMMARY RISK ASSESSMENT REPORT. May 2008. Ireland (lead) and United Kingdom.
http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/existing-chemicals/risk_assessment/SUMMARY/tdcpsum426.pdf

Tabelle 3.2: Im Rheineinzugsgebiet verwendete Mengen

Stoffname	A	CH	D	F	L	NL	Summe	Quellennachweis
Gesamte national verwendete Mengen (in t/Jahr)								
Flammschutzmittel, insgesamt			87.000-101.000 (1997)				360.000 * (1998)	(1), (2), (3)
Bromierte Verbindungen			10.500 - 13.500 (1997)				50.400 * (1998)	(2), (3)
Chlorierte Verbindungen			4.000 - 5.000 (1997)				25.200 * (1998)	(2), (3)
Organische phosphorbasierte Flammschutzmittel			13.500 - 16.000 (1997)				72.000 * (1998)	(1), (2), (3)
Halogenierte organische Phosphorverbindungen			5.500 - 7.000 (1997)					(3)
TCP			5.000 - 6.000 (1997)					(3)
TCEP			500 - 1.000 (1997)					(3)
TDCP							10.000 (EU)	(4)
Halogenfreie organische Phosphorverbindungen (u.a. DMMP, DEEP, TEP, TPP, TCP, DPK, RDP)			8.000 - 9.000 (1997)					(3)
anorganische Phosphorverbindungen			59.500-66.500					(3)

Stoffname	A	CH	D	F	L	NL	Summe	Quellennachweis
u. Sonstige Flammschutzmittel			(1997)					
Verwendete Mengen pro Kopf der Bevölkerung im Rheineinzugsgebiet (in kg/Jahr)								

*Summe für Westeuropa

- (1) Davenport R.E., Fink, U., Ishikawa, Y. (1999): Flame Retardants, SRI International
- (2) Metzger, J.W., Möhle, E. (2001): Flammschutzmittel in Oberflächengewässern, Grundwässern und Abwässern – Eintragungspfade und Gehalte, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart – Lehrstuhl für Hydrochemie und Hydrobiologie, Förderkennzeichen: BWB 99012, Stuttgart
- (3) Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000): „Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel“. Forschungsbericht 204 08 542 (alt) 297 44 542 (neu). Auftragnehmer: Öko-Recherche, Büro für Umweltforschung und –beratung GmbH, Frankfurt/M.
- (4) RIVM (2005): Environmental Risk Limits for several phosphate esters, with possible application as flame retardant. RIVM report 601501024/2005.

Tabelle 3.3: Pro Stoff und pro Verwendungsbereich angewandte Mengen (t/Jahr oder in % der in 3.2 angegebenen Mengen)

Phosphororganische Flammschutzmittel							
Rheinanlieger -staat	Kunststoffindu strie	Möbel und Textilien	Innenausstatt ung in Fahrzeugen	Baustoffe (Dämmstoffe, Wasserrohre, Fassaden, Folien, Harze)	Elektrogeräte (Gehäuse)	Summe	Quellen- nachweis
A							
CH							
D	30%						(3)
F							
L							
NL							

(3) Brüggemann Chemical (2004): Technische Informationen Flammschutzmittel Brüggolen®

Tabelle 3.4.1: TCPP-Messdaten [$\mu\text{g/l}$] für die Eintragspfade (oder prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade siehe Tabelle 3.5)

Eintragspfad	TCPP						
	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Atmosphärische Deposition (1) / Niederschlagswasser	90	0	0,032	0,403		3,562	(2)
Grundwasser (2)	10	7	<BG	<BG		0,006	(3)
Hofabläufe und Abdrift (3)							
Erosion (4)							
Oberflächenabfluss (5)							
Drainage (6)							
Regenwasserkanäle (7)	42	0	0,016	0,880		5,791	(2)
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	97	0	0,55		3,09	110	LANUV (2007-2010)
Mischwasserüberläufe (9)							
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)							
Nicht angeschlossen (11)							
Direkteinleitungen aus Industrie (12) und Deponiesickerwasser	9	6	<BG		0,31	2,9	LANUV (2007-2010)
Deponiesickerwasser	4 ; 11	k.A. ; 1		k.A. ; 0,191		> 1000 ; 0,343	(1) ; (3)
Direkteinträge (13)							
Natürliche Hintergrundbelastung (14)							

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

- (1) LUBW (1999): Flammschutzmittel in Oberflächenwässern, Grundwässern und Abwässern - Eintragspfade und Gehalte. Forschungsberichtsblatt Forschungsvorhaben Nr. BWB 99012 (BWBÖ 99007). Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
- (2) Regnery et al., Chemosphere (2010), 78, 958-964. (Auswahl: Untersuchungen Niederschlagsstation u. Regenwasserauffangbecken in Frankfurt am Main). in: Püttmann W. (2011): Trinkwasserrelevanz von chlorierten Organophosphaten (Flammschutzmittel). UBA-Fachgespräch Dessau, 19.01.2011. Folienpräsentation.

- (3) Püttmann W. (2011): Trinkwasserrelevanz von chlorierten Organophosphaten (Flammschutzmittel). UBA-Fachgespräch Dessau, 19.01.2011. Folienpräsentation. Grundwasser-/Sickerwasseruntersuchungen im hessischen Ried. Deponiesickerwasser am Monte Scherbelino (HE)

Tabelle 3.4.2: TiBP-Messdaten [$\mu\text{g/l}$] für die Eintragspfade (oder prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade siehe Tabelle 3.5)

Triisobutylphosphat (TiBP)							
Eintragspfad	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Atmosphärische Deposition (1) / Niederschlagswasser	90	k.A.	<BG	0,106		1,410	(2)
Grundwasser (2)	10	8	<BG	<BG		0,007	(3)
Hofabläufe und Abdrift (3)							
Erosion (4)							
Oberflächenabfluss (5)							
Drainage (6)							
Regenwasserkanäle (7)	42	0	0,002	0,117		1,478	(2)
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	31	13	<BG		1,17	7,5	LANUV (2007-2010)
Mischwasserüberläufe (9)							
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)							
Nicht angeschlossen (11)							
Direkteinleitungen aus Industrie (12) und Deponiesickerwasser	6	5	<BG		0,15	0,74	LANUV (2007-2010)
Deponiesickerwasser	11	0	k.A.	0,092		0,697	(3)
Direkteinträge (13)							
Natürliche Hintergrundbelastung (14)							

Tabelle 3.4.3: TnBP-Messdaten [$\mu\text{g/l}$] für die Eintragspfade (oder prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade siehe Tabelle 3.5)

Eintragspfad	TnBP						
	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Atmosphärische Deposition (1) / Niederschlagswasser	90	k.A.	<BG	0,108		1,679	(2)
Grundwasser (2)							
Hofabläufe und Abdrift (3)							
Erosion (4)							
Oberflächenabfluss (5)							
Drainage (6)							
Regenwasserkanäle (7)	42	0	0,004	0,057		0,417	(2)
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	28	26	<BG		0,01	0,24	LANUV (2007-2010)
Mischwasserüberläufe (9)							
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)							
Nicht angeschlossen (11)							
Direkteinleitungen aus Industrie (12) und Deponiesickerwasser	476	461	<BG		0,09	6,54	LANUV (2007-2010)
Deponiesickerwasser	11	0	k.A.	0,09		0,213	(3)
Direkteinträge (13)							
Natürliche Hintergrundbelastung (14)							

Tabelle 3.4.4: TPP-Messdaten [$\mu\text{g/l}$] für die Eintragspfade (oder prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade siehe Tabelle 3.5)

Eintragspfad	TPP						Quellennachweis
	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	
Atmosphärische Deposition (1) / Niederschlagswasser							
Grundwasser (2)							
Hofabläufe und Abdrift (3)							
Erosion (4)							
Oberflächenabfluss (5)							
Drainage (6)							
Regenwasserkanäle (7)							
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	17	17	<BG		<BG	<BG	LANUV (2007-2009)
Mischwasserüberläufe (9)							
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)							
Nicht angeschlossen (11)							
Direkteinleitungen aus Industrie (12) und Deponiesickerwasser	5	5	<BG		<BG	<BG	LANUV (2009)
Deponiesickerwasser							
Direkteinträge (13)							
Natürliche Hintergrundbelastung (14)							

Tabelle 3.4.5: TCEP-Messdaten [$\mu\text{g/l}$] für die Eintragspfade (oder prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade siehe Tabelle 3.5)

Eintragspfad	TCEP						
	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Atmosphärische Deposition (1) / Niederschlagswasser	90	0	0,01	0,071		0,485	(2)
Grundwasser (2)	10	6	<BG	<BG		0,024	(3)
Hofabläufe und Abdrift (3)							
Erosion (4)							
Oberflächenabfluss (5)							
Drainage (6)							
Regenwasserkanäle (7)	42	0	0,033	0,077		0,275	(2)
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	51	5	<BG		0,33	2,5	LANUV (2007-2009)
Mischwasserüberläufe (9)							
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)							
Nicht angeschlossen (11)							
Direkteinleitungen aus Industrie (12) und Deponiesickerwasser	474	474	<BG		<BG	<BG	LANUV (2007-2010)
Deponiesickerwasser	11	1	<BG	0,141		0,318	(3)
Direkteinträge (13)							
Natürliche Hintergrundbelastung (14)							

Tabelle 3.4.6: TBEP-Messdaten [$\mu\text{g/l}$] für die Eintragspfade (oder prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade siehe Tabelle 3.5)

Eintragspfad	TBEP						Quellennachweis
	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	
Atmosphärische Deposition (1) / Niederschlagswasser	90	k.A.	<BG	0,021		0,505	(2)
Grundwasser (2)	10	8	<BG	<BG		<BG	(3)
Hofabläufe und Abdrift (3)							
Erosion (4)							
Oberflächenabfluss (5)							
Drainage (6)							
Regenwasserkanäle (7)	42	k.A.	<BG	0,077		1,616	(2)
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	28	16	<BG		0,5	1,8	LANUV (2007-2010)
Mischwasserüberläufe (9)							
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)							
Nicht angeschlossen (11)							
Direkteinleitungen aus Industrie (12) und Deponiesickerwasser	5	5	<BG		<BG	<BG	LANUV (2009)
Deponiesickerwasser	11	10	<BG	<BG		0,199	(3)
Direkteinträge (13)							
Natürliche Hintergrundbelastung (14)							

Tabelle 3.4.7: TDCP-Messdaten [$\mu\text{g/l}$] für die Eintragspfade (oder prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade siehe Tabelle 3.5)

Eintragspfad	TDCP						Quellennachweis
	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	
Atmosphärische Deposition (1) / Niederschlagswasser	90	k.A.	<BG	0,021		0,505	(2)
Grundwasser (2)							
Hofabläufe und Abdrift (3)							
Erosion (4)							
Oberflächenabfluss (5)							
Drainage (6)							
Regenwasserkanäle (7)	42	k.A.	<BG	0,077		1,616	(2)
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	88	7	<BG		0,16	0,61	LANUV (2007-2010)
Mischwasserüberläufe (9)							
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)							
Nicht angeschlossen (11)							
Direkteinleitungen aus Industrie (12) und Sickerwasser	8	8	<BG		<BG	<BG	LANUV (2009-2010)
Deponiesickerwässer	11	5	<BG	<BG		0,045	(3)
Direkteinträge (13)							
Natürliche Hintergrundbelastung (14)							

Tabelle 3.5: Prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade

Eintragspfad	TCPP	TiBP	TnBP	TPP	TCEP	TBEP	TDCP	Quellennachweis
Atmosphärische Deposition (1) / Niederschlagswasser	??	??	??	??	??	??	??	
Grundwasser (2)								
Hofabläufe und Abdrift (3)								
Erosion (4)								
Oberflächenabfluss (5)								
Drainage (6)								
Regenwasserkanäle (7)	??	??	??	??	??	??	??	
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	97%	55%	27%	<BG	100%	100%	100%	LANUV (2007-2010)
Mischwasserüberläufe (9)								
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)								
Nicht angeschlossen (11)								
Direkteinleitungen aus Industrie- (12) und Deponiekläranlagen	3%	45%	73%	<BG	<BG	<BG	<BG	LANUV (2007-2010)
Direkteinträge (13)	?	?	?	?	?	?	?	
Natürliche Hintergrundbelastung (14)								

4. Immission (gemessene Konzentrationen und Frachten, berechnete Frachten)

4.1 Konzentrationsmessdaten

Tabelle 4.1.1: TiBP-Konzentrationsdaten aus dem Rhein und seinen wichtigsten Nebenflüssen (µg/l)

TiBP								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	16	4	<0,03	0,042	0,11	LANUV (2008-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	11	0	0,02	0,094	0,21	LANUV (2008-2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D	26	1	<0,03	0,077	0,18	LANUV (2008-2009)
Nebenfluss								
Menden (Sieg)	8,7	D	11	5	<0,03	0,039	0,09	LANUV (2008-2009)
Opladen (Wupper)	5,4	D	12	5	<0,03	0,046	0,18	LANUV (2008-2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	10	9	<0,03	0,015	0,08	LANUV (2008-2009)
Emscher-Mündung (Emscher)	0,05	D	11	2	<0,03	0,382	0,78	LANUV (2008-2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	11	1	<0,03	0,060	0,12	LANUV (2008-2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	11	1	<0,03	0,106	0,26	LANUV (2008-2009)

Tabelle 4.1.2: TnBP-Konzentrationsdaten aus dem Rhein und seinen wichtigsten Nebenflüssen (µg/l)

TnBP								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein								
Karlsruhe	359	D	26	26	<0,1	<0,1	<0,1	LUBW (2008-2009)
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	33	20	<0,02	0,039	0,19	LANUV (2007-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	29	14	<0,02	0,044	0,19	LANUV (2007-2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D	69	32	<0,02	0,050	0,20	LANUV (2007-2009)
Lobith	862	NL	89	87	< 0,100	0,0515	0,1200	RIWA (2001-2009)
Nebenfluss								
Mannheim (Neckar)	3	D	26	25	<0,1	<0,1		LUBW (2008-2009)
Menden (Sieg)	8,7	D	28	20	<0,02	0,037	0,38	LANUV (2007-2009)
Opladen (Wupper)	5,4	D	29	18	<0,02	0,037	0,2	LANUV (2007-2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	27	20	<0,02	0,037	0,19	LANUV (2007-2009)
Emscher-Mündung (Emscher)	0,05	D	29	2	<0,02	1,51	9,5	LANUV (2007-2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	29	15	<0,02	0,037	0,19	LANUV (2007-2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	28	18	<0,02	0,037	0,19	LANUV (2007-2009)
Nieuwegein (Lekkanaal)		NL	78	72	< 0,050	0,0395	0,200	RIWA (2001-2009)
Nieuwersluis (Amsterdam-Rijnkanaal)		NL	57	56	< 0,050	0,0372	0,070	RIWA (2001-2009)
Andijk (IJsselmeer)		NL	51	51	< 0,100	< 0,100	< 0,100	RIWA (2001-2009)

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

Tabelle 4.1.3: TPP-Konzentrationsdaten aus dem Rhein und seinen wichtigsten Nebenflüssen ($\mu\text{g/l}$)

TPP								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	19	19	<0,05	<0,05	<0,05	LANUV (2007-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	15	15	<0,05	<0,05	<0,05	LANUV (2007-2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D	34	33	<0,05	<0,05	0,05	LANUV (2007-2009)
Lobith	862	NL	90	90	< 0,050	< 0,050	< 0,050	RIWA (2001-2009)
Nebenfluss								
Menden (Sieg)	8,7	D	15	15	<0,05	<0,05	<,05	LANUV (2007-2009)
Opladen (Wupper)	5,4	D	16	15	<0,05	<0,05	0,05	LANUV (2007-2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	15	15	<0,05	<0,05	<0,05	LANUV (2007-2009)
Emscher-Mündung (Emscher)	0,05	D	15	11	<0,05	0,067	0,14	LANUV (2007-2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	15	15	<0,05	<0,05	<0,05	LANUV (2007-2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	14	13	<0,05	<0,05	0,07	LANUV (2007-2009)
Nieuwegein (Lekkanaal)		NL	74	74	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	RIWA (2001-2009)
Nieuwersluis (Amsterdam-Rijnkanaal)		NL	39	39	< 0,050	< 0,050	< 0,050	RIWA (2001-2009)
Andijk (IJsselmeer)		NL	51	51	< 0,050	< 0,050	< 0,050	RIWA (2001-2009)

Tabelle 4.1.4: TPPO-Konzentrationsdaten aus dem Rhein und seinen wichtigsten Nebenflüssen ($\mu\text{g/l}$)

TPPO								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein								
Karlsruhe	359	D	26	23	<0,05	<0,05		LUBW (2008-2009)
Lobith	862	NL	16	1	< 0,05	0,2478	0,39	RIWA (2001-2009)
Nebenfluss								
Mannheim (Neckar)	3	D	26	26	<0,05	<0,05		LUBW (2008-2009)
Nieuwegein (Lekkanaal)		NL	831	300	< 0,10	0,1459	0,510	RIWA (2001-2009)
Nieuwersluis (Amsterdam-Rijnkanaal)		NL	64	29	< 0,10	0,0785	0,200	RIWA (2001-2009)
Andijk (IJsselmeer)		NL	31	12	< 0,10	0,1079	0,200	RIWA (2001-2009)

Tabelle 4.1.5: TCPP-Konzentrationsdaten aus dem Rhein und seinen wichtigsten Nebenflüssen ($\mu\text{g/l}$)

TCPP								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein								
Messstation Mainz, Leitung 1	~498	D	39	5	<0,05	0,082	0,17	RLP (2007-2009)
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	33	13	<0,10	0,094	0,24	LANUV (2007-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	29	3	<0,10	0,142	0,29	LANUV (2007-2009)
WKST Rhein-Nord/Kleve-Bimmen	865	D	65	4	<0,10	0,144	0,49	LANUV (2007-2009)
Lobith	862	NL	10	10	< 5,00	< 5,00	< 5,00	RIWA (2001-2009)
Nebenfluss								
Grolsheim (Nahe)		D	39	4	<0,05	0,272	0,870	RLP (2007-2009)
Lahnstein (Lahn)		D	39	1	<0,05	0,190	0,560	RLP (2007-2009)
Palzem (Mosel)		D	39	17	<0,05	0,083	0,310	RLP (2007-2009)
Sauer, Mündung (Sauer)		D	39	11	<0,05	0,134	0,530	RLP (2007-2009)
Kanzem (Saar)		D	39	6	<0,05	0,177	0,480	RLP (2007-2009)
Fankel (Mosel)		D	39	15	<0,05	0,105	0,290	RLP (2007-2009)
Menden (Sieg)	8,7	D	29	2	<0,10	0,192	0,50	LANUV (2007-2009)
Opladen (Wupper)	5,39	D	30	1	<0,10	0,359	2,4	LANUV (2007-2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	28	0	0,10	0,188	0,37	LANUV (2007-2009)
Emscher-Mündung (Emscher)	0,05	D	29	0	0,75	1,814	4,6	LANUV (2007-2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	29	1	<0,10	0,427	1,5	LANUV (2007-2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	29	1	<0,10	0,203	0,56	LANUV (2007-2009)

Tabelle 4.1.6: TCEP-Konzentrationsdaten aus dem Rhein und seinen wichtigsten Nebenflüssen ($\mu\text{g/l}$)

TCEP								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	19	17	<0,10	0,067	0,1	LANUV (2007-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	15	14	<0,10	0,05	0,1	LANUV (2007-2009)
WKST Rhein-Nord/Kleve-Bimmen	865	D	34	31	<0,10	0,067	0,11	LANUV (2007-2009)
Nebenfluss								
Menden (Sieg)	8,7	D	15	8	<0,10	0,083	0,15	LANUV (2007-2009)
Opladen (Wupper)	5,39	D	16	8	<0,10	0,113	0,2	LANUV (2007-2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	15	10	<0,10	0,067	0,16	LANUV (2007-2009)
Emscher-Mündung (Emscher)	0,05	D	16	0	0,21	0,406	0,95	LANUV (2007-2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	15	11	<0,10	0,086	0,5	LANUV (2007-2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	14	10	<0,10	0,05	0,29	LANUV (2007-2009)

Tabelle 4.1.7: TBEP-Konzentrationsdaten aus dem Rhein und seinen wichtigsten Nebenflüssen ($\mu\text{g/l}$)

TBEP								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	15	12	<0,08	<0,08	0,18	LANUV (2008-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	11	10	<0,08	<0,08	0,21	LANUV (2008-2009)
WKST Rhein-Nord/Kleve-Bimmen	865	D	27	19	<0,08	<0,08	0,2	LANUV (2008-2009)
Nebenfluss								
Menden (Sieg)	8,7	D	11	8	<0,08	<0,08	0,14	LANUV (2008-2009)
Opladen (Wupper)	5,39	D	12	9	<0,08	<0,08	0,16	LANUV (2008-2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	11	9	<0,08	0,070	0,38	LANUV (2008-2009)
Emscher-Mündung (Emscher)	0,05	D	11	0	0,23	0,781	1,6	LANUV (2008-2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	11	8	<0,08	<0,08	0,19	LANUV (2008-2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	11	5	<0,08	<0,08	0,15	LANUV (2008-2009)

Tabelle 4.1.8: TDCP-Konzentrationsdaten aus dem Rhein und seinen wichtigsten Nebenflüssen ($\mu\text{g/l}$)

TDCP								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n < BG	Minimum	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	16	0	0,01	0,020	0,04	LANUV (2008-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	11	0	0,02	0,023	0,03	LANUV (2008-2009)
WKST Rhein-Nord/Kleve-Bimmen	865	D	27	0	0,01	0,024	0,04	LANUV (2008-2009)
Nebenfluss								
Menden (Sieg)	8,7	D	11	0	0,02	0,035	0,05	LANUV (2008-2009)
Opladen (Wupper)	5,39	D	12	0	0,05	0,064	0,09	LANUV (2008-2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	11	0	0,02	0,035	0,05	LANUV (2008-2009)
Emscher-Mündung (Emscher)	0,05	D	11	0	0,11	0,178	0,24	LANUV (2008-2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	11	0	0,03	0,052	0,07	LANUV (2008-2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	11	0	0,03	0,060	0,3	LANUV (2008-2009)

Tabelle 4.1.9: Übersicht über Konzentrationsdaten aus sonstigen Oberflächengewässern im Rheineinzugsgebiet (µg/l)

<i>Stoffname</i>							
Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen (n)	n <BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

Tabelle 4.1.10: TCEP-Konzentrationsdaten für Grund- und Trinkwasser (µg/l)

TCEP							
Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
D	10	6	<BG	<BG		0,024	(3)
Uferfiltrat							
D	15	5	<BG	0,007		0,148	(3)
Trinkwasser (Wasserwerk)							
D	98	82	<0,001	<BG	<BG	0,023	(4)

- (3) Püttmann W. (2011): Trinkwasserrelevanz von chlorierten Organophosphaten (Flammschutzmittel). UBA-Fachgespräch Dessau, 19.01.2011. Folienpräsentation. Grundwasser-/Sickerwasser- Uferfiltratuntersuchungen im hessischen Ried.
- (4) AWWR (2006): Trinkwasseruntersuchungen der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr, 2003-2006.

Tabelle 4.1.11: TCCP-Konzentrationsdaten für Grund- und Trinkwasser (µg/l)

TCCP							
Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
D	10	7	<BG	<BG		0,006	(3)
Uferfiltrat							
D	15	4	<BG	0,038		1,795	(3)
Trinkwasser (Wasserwerk)							
D	98	21	<0,001	<BG	<BG	0,100	(4)

Tabelle 4.1.12 TDCP-Konzentrationsdaten für Grund- und Trinkwasser (µg/l)

TDCP							
Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
D							(3)
Uferfiltrat							
D	15	12	<BG	<BG		<BG	(3)
Trinkwasser (Wasserhahn)							

Tabelle 4.1.13: TBEP-Konzentrationsdaten für Grund- und Trinkwasser (µg/l)

TBEP							
Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
D	10	8	<BG	<BG		<BG	(3)
Uferfiltrat							
D	15	9	<BG	<BG		1,813	(3)
Trinkwasser (Wasserhahn)							

Tabelle 4.1.14: TiBP-Konzentrationsdaten für Grund- und Trinkwasser (µg/l)

TiBP							
Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
D	10	8	<BG	<BG		0,007	(3)
Uferfiltrat							
D	15	5	<BG	0,005		0,105	(3)
Trinkwasser (Wasserhahn)							

Tabelle 4.1.15 TnBP-Konzentrationsdaten für Grund- und Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)

TnBP							
Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
Uferfiltrat							
D	15	5	<BG	0,005		0,051	(3)
Trinkwasser (Wasserhahn)							

Tabelle 4.1.16 TCBP-Konzentrationsdaten für Grund- und Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)

TCBP							
Rheinanliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
Uferfiltrat							
Trinkwasser (Wasserwerk)							
D	98	91	<0,003	<BG	<BG	0,038	(4)

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

4.2 Frachten**Tabelle 4.2.1.** Im Rhein gemessene und mit Modellen berechnete Frachten

Gemessene Frachten								
Name der Messstelle	Km	Rheinanliegerstaat	Mittelwert aus Tabelle 4.1.1	Mittlerer Abfluss MQ (m³/s)	Berechnete Frachten (t/a)	Gemessene Frachten (t/a)	Referenzjahr	Quellennachweis
TCPP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1832	4,69		2007-2009	LANUV (2007-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D		1847	7,8		2007-2009	LANUV (2007-2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		2163	10,0		2007-2009	LANUV (2007-2009)
Triisobutylphosphat								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1622	1,95		2008-2009	LANUV (2008-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D		1559	4,33		2008-2009	LANUV (2008-2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		1972,5	4,44		2008-2009	LANUV (2008-2009)
TBP								
WKST Süd/Bad	640	D		1969	2,74		2007-2009	LANUV (2007-2009)

Honnef								
Düsseldorf-Flehe	732	D		1940	3,48		2007-2009	LANUV (2007-2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		2241	4,06		2007-2009	LANUV (2007-2009)
TPP								
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		1887	0,41		2008	LANUV (2008)
TCEP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1887	0,72		2007-2009	LANUV (2007-2009)
TBEP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1658	1,39		2009	LANUV (2007-2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D		1615	1,68		2009	LANUV (2007-2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		2050	2,94		2009	LANUV (2007-2009)

TDCP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1622	0,95		2008-2009	LANUV (2007- 2009)
Düsseldorf- Flehe	732	D		1559	1,13		2008-2009	LANUV (2007- 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve- Bimmen	865	D		1968,5	1,47		2008-2009	LANUV (2007- 2009)

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

5. Bewertungskriterien (Qualitätskriterien)

Tabelle 5.1: Existierende nationale und internationale Qualitätskriterien ($\mu\text{g/l}$)

Stoffname	Qualitätskriterien [$\mu\text{g/l}$]										Quellen- nachweis		
	UQN (UQN- V)	UQN- Rhein	IKSR- Ziel- vorgabe	Nationale Werte								Sonstige IAWR- Werte	Sonstige (Trinkwasservor- sorgewerte)
				A	CH	D*	F	L	NL				
TCEP						4,0					1,0	GOW: 1,0; LW _{TW} : 22,0; VW: <0,1 bis maximal <1,0	(1), (2)
TCPP											1,0	GOW: 1,0; LW _{TW} : 22,0; VW: <0,1 bis maximal <1,0	(1)
TPPO											1,0		
TiBP						11,0							(2)
TBEP													
TPP													
TCP													

Legende: UQN = **Umweltqualitätsnormen**
IAWR = **Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet.**
UQN-V = **Umweltqualitätsnorm-Vorschlag**
GOW = **Gesundheitliche Orientierungswerte**
* = **Qualitätsziel-Vorschlag des Umweltbundesamtes Berlin**

- (1) Zu GOW: Schreiben des Umweltbundesamtes an das MUNLV NRW (14.03.2008). nicht veröffentlicht.
Der GOW (gesundheitlicher Orientierungswert) gilt zur Bewertung der Anwesenheit nicht oder nur teilbewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht als *Vorsorgewert* (UBA, 2003). Zusätzlich heißt es in dem Schreiben vom 14.03.2008 zu den Stoffen TCEP und TCPP: „Ein trinkwasserhygienischer Zielwert [hier: VW] wäre, etwa hinsichtlich der Möglichkeit des Entstehens toxikologisch relevanter Transformationsprodukte aus der oxidativen Trinkwasseraufbereitung, unter fallweiser Konkretisierung von § 6(3) TrinkwV 2001 auch unterschiedlich niedriger als dieser GOW vorzugeben (VW <0,1 bis maximal 1,0 $\mu\text{g/l}$). Zur Bewertung von

Summen gleichzeitig ähnlich wirkender Stoffe (similar joint action) steht das Additionsverfahren der TRGS 403 zur Verfügung. Bezugswerte wären jeweils, falls verfügbar, die stoffspezifischen LW_{TW} (toxikologisch abgeleitete Trinkwasserleitwerte gemäß WHO) ähnlich wirkender Mischungskomponenten.“

(2) Umweltbundesamt: Stoffdatenblätter (TiBP, TCEP). ETOX-Datenbank:

<http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do;jsessionid=215C64DDF7F2EC51880FA6DB750269B9?stoff=6330>

<http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do?stoff=6327>

Tabelle 5.2: Bestandsaufnahme der Toxizitätsdaten

Stoff	NOEC chronisch (µg/L)	NOEC (µg/L)	Spezies	Prüfkriterium	AF	AF chronisch	PNEC chronisch (µg/L)	PNEC (µg/L)	Quellennachweis
TiBP			Kleinkrebse (<i>daphnia magna</i>)	EC50: 11.000 µg/l	1000			11 µg/l	(1) UBA Stoffdatenblatt TiBP und ETOX-Datenbank
TCEP			Algen (<i>Scenedesmus subspicatus</i>)	EC10: 200 µg/l ; (Biomasse gemäß DIN 38412)	50			4 µg/l	(1) UBA Stoffdatenblatt TCEP und ETOX-Datenbank
TnBP			<i>Scenedesmus subspicatus</i>	72-hr EC10 (Biomasse): 370 µg/l	10			37 µg/l	(2)
TCPP		13.000	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	NOEC (Wachstum)	50			260 µg/l	(3)
TDCP	500 µg/l		Algen (<i>Daphnia magna</i>)	Reproduktion (chronisch)		50	10 µg/l		(4)
TCP		0,32	Fisch (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	NOEC (Wachstum)	10			MPC _{dissolved} : 0,032 µg/l	(5)
TPP			<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	Biomasse (Wachstum) EC10: 16 µg/l, EC50: 570 µg/l	100 (Süßwasser), 1000 (Salzwasser)			MPC _{dissolved} : 0,16 µg/l	(5)

Stoff	NOEC chronisch (µg/L)	NOEC (µg/L)	Spezies	Prüfkriterium	AF	AF chronisch	PNEC chronisch (µg/L)	PNEC (µg/L)	Quellennachweis
TCPP	Weitere Toxizitätsdaten zu TiBP, TCEP und weiteren FSM: s. RIVM report (2005) [(5); darin Anhang A2].								(5)
TDCP	Überschreitungen von MPC (maximum permissible concentration)-Werten sind aufgrund der in [5] angegebenen Messdaten und ERL's (ecological risk limits) bei den Stoffen TPP (MPC 0,16 µg/l) und TCP (MCP 0,032 µg/l) zu vermuten; die negligible concentrations (NC-Werte) dieser beiden Stoffe liegen bei 0,0016 µg/l (TPP) und 0,00032 µg/l (TCP). Bei den übrigen Stoffen liegen die in [5] angegebenen MPC-Werte im Bereich 11-1600 µg/l, die NC-Werte zwischen 0,11-16,0 µg/l. Überschreitungen von NC-Werten sind aufgrund der Angaben in [5] außerdem für TiBP (NC = 0,11 µg/l) sowie für TBEP (NC=0,13 µg/l) zu vermuten.								
TnBP									
TiBP									
TBEP									
TPP, TCP									

Legende: NOEC = **No observed effect concentration**
 AF = **Assessment factor**
 PNEC = **Predicted no effect concentration**

(1) UBA Stoffdatenblätter und UQN-Vorschläge, ETOX-Datenbank:

<http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do;jsessionid=215C64DDF7F2EC51880FA6DB750269B9?stoff=6330>

<http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do?stoff=6327>

(2) OECD SIDS (2002): TRIBUTYL PHOSPHATE CAS N°: 126-73-8. <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/126-73-8.pdf>

(3) European Union Risk Assessment Report. TRIS(2-CHLORO-1-METHYLETHYL) PHOSPHATE (TCPP) CAS No: 13674-84-5 EINECS No: 237-158-7 RISK ASSESSMENT. May 2008. Ireland (lead) and United Kingdom. http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/tcppreport425.pdf

(4) European Union Risk Assessment Report. TRIS[2-CHLORO-1-(CHLOROMETHYL)ETHYL]PHOSPHATE (TDCP) CAS No: 13674-87-8 EINECS No: 237-159-2. RISK ASSESSMENT. May 2008. Ireland (lead) and United Kingdom. http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/tdcpreport426.pdf

(5) RIVM report 601501024/2005: Environmental Risk Limits for several phosphate esters, with possible applications as flame retardant. <http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/7383/1/601501024.pdf>

6. Strategieansatz (potenzielle Verminderungsmaßnahmen)

Tabelle 6.1: Potenzielle Maßnahmen an der Quelle

Maßnahme	Wirkung/Be- wertung der Maßnahme	Betroffene Indikatorsubstanzen	Zeitbedarf (Jahre)			Quellennachweis
			<5	>5 bis <10	>10	
Maßnahmen an der Quelle (Produkt- und Produktionsinterne Maßnahmen) / Vermeidung, Ersatzstoffe	Verringerung der atmosphärischen Einträge; Verringerung der Einträge in die Gewässer / das Abwasser	alle		x		(1)
Abwasserreinigung kommunale Kläranlagen (Belebungsverfahren)	Eliminationsgrad Kläranlage	T CPP: 35%, T CEP: 40%, T DCP: 40%, T iBP: 70%, T nBP: 80%	x			(2)
Zusätzliche Behandlungsstufe Oxidation (z.B. Ozonung)	Zusätzl. Elimination auf Kläranlage (bezogen auf Ablauf KA nach Belebungsverf.)	T CPP: 38%, T CEP: 9%, T DCP: 15%, T iBP: 91%, T nBP: >91%		x		(2)
Zusätzliche Behandlungsstufe Adsorption (z.B. PAK oder GAK)	Zusätzl. Elimination auf Kläranlage (bezogen auf Ablauf KA nach Belebungsverf.)	T CPP: 93%, T CEP: 76%, T DCP: 97%, T iBP: k.A., T nBP: 72%; T CEP: 66-80%, T CPP: 80- 93%		x		(2) (3)
Erhöhung des Anschlussgrades an kommunale Kläranlagen				x		
Niederschlags- und Mischwasserbehandlung						

(1) Forschungsbericht 204 08 542 (alt) / 297 44 542 (neu): Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel. Auftragnehmer: Öko-Recherche Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Frankfurt/M. Band I: Ergebnisse und zusammenfassende Übersicht im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Forschungsbericht, Dezember 2000.

- (2) Abschlussbericht der TU Dortmund an das MUNLV NRW (2008) Projekt-Nr.: IV-9-0421720030. Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen - Phase 3.
- (3) Umweltministerium Baden-Württemberg

Tabelle 6.2: Potenzielle Möglichkeiten zur Reduzierung des Eintrages für die verschiedenen Eintragspfade

Eintragspfad	Anteil am Gesamteintrag	Maßnahme	Wirkung/Beurteilung der Maßnahme	Eliminierte Indikatorsubstanzen	Zeitbedarf (Jahre)			Quellenachweis
					<5	>5 bis <10	> 10	
Atmosphärische Deposition (1)	2	Maßnahmen an der Quelle (Produkt-, Produktions- u. betriebsinterne Maßnahmen)	hoch	alle			x	
Grundwasser (2)								
Hofabläufe und Abdrift (3)								
Erosion (4)								
Oberflächenabfluss (5)								
Drainage (6)								
Regenwasserkanäle (7)	2	Reinigung des Niederschlagswassers	mittel	alle		x		
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	3	zusätzliche Reinigungsstufe	hoch	Alle (außer TnBP)		x		
Mischwasserüberläufe (9)	1-2	Reduzierung der Menge ungeklärter Mischwasserüberläufe	mittel	alle		x		
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)	1-2	s.o.	mittel	alle		x		
Nicht angeschlossen (11)								
Direkteinleitungen aus Industrie (12)	1 (bei TnBP u. TiBP höher)		i.A. gering (bei TnBP u. TiBP höher)	alle		x		
Direkteinträge (13)	1	Siehe	hoch	alle			x	

		Atmosphärische Einträge						
Natürliche Hintergrundbelastung (14)								

Legende:

Anteil des Eintragspfades am Gesamteintrag in den Rhein

0 = nicht von Bedeutung

1 = von geringer Bedeutung (Eintrag < 10 %

2 = von mittlerer Bedeutung (Eintrag > 10 %)

3 = von großer Bedeutung (Eintrag > 50%)

Tabelle 6.3: Für die allgemeine Strategie der IKSR zu verwendenden Elemente

Maßnahme	Zeitbedarf (Jahre)		
	< 5	> 5 bis < 10	> 10
Maßnahmen an der Quelle (Produkt- und Produktionsinterne Maßnahmen) / Vermeidung, Ersatzstoffe			x
Zusätzliche Behandlungsstufe (Adsorption z.B. PAK oder GAK)		x	
Niederschlags- und Mischwasserbehandlung		x	

7. Literaturnachweis