



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Kommission zum Schutz des Rheins

Stoffdatenblatt

Östrogene

Das Stoffdatenblatt ist wie folgt gegliedert:

1. Allgemeine Stoffdaten
2. Grundschemata zur Stoffflussanalyse
3. Emission (Produktion und Verwendung)
4. Immission (gemessene Konzentrationen und Frachten, berechnete Frachten)
5. Bewertungskriterien (Qualitätskriterien)
6. Strategieansatz (potenzielle Verminderungsmaßnahmen)

Östrogene

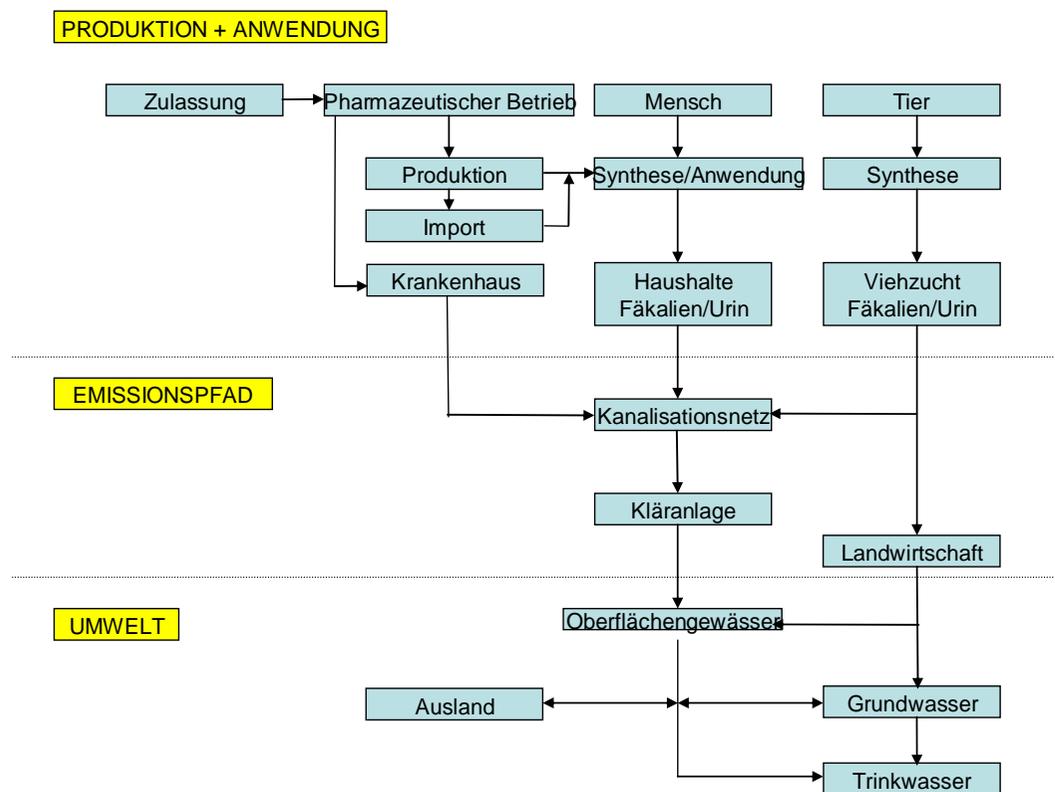
1. Allgemeine Stoffdaten

Tabelle 1: Allgemeine Stoffdaten

Stoffname	CAS-Nr.	Handelsname (Beispiele)	Verwendung	Quellennachweis
17 β -Östradiol (E2)	50-28-2		- natürliches Hormon (Mensch/Tier) - Hormontherapie	
Östron (E1)	53-16-7		- natürliches Hormon (Mensch/Tier) - Hormontherapie	
17 α -Ethinylöstradiol (EE2)	57-63-6	Cilest (Janssen-Cilag), Femodeen (Schering), Harmonet (AHP), Lovette (AHP), Marvelon (Schering), Meliane (Schering), Mercilon (Schering), Microgynon 30 (Schering), Minulet (AHP), Modicon (Janssen-Cilag), Neocon (Janssen-Cilag), Neogynon 21 (Schering), Stediril 30 (AHP), Yasmin (Schering), Binordiol (AHP), Gracial (Schering), Trigynon (Schering), Tri-Minulet (AHP), Trinordiol (AHP), Trinovum (Janssen-Cilag), Triodeen (Schering), Evra (Janssen-Cilag), Nuvaring (Schering)	synthetisches Hormon in Verhütungsmitteln	www.anticonceptie.nl

2. Grundschemata zur Stoffflussanalyse

Abbildung 2.1: Stoffflussanalyse



3. Emission (Produktion und Verwendung)

Abbildung 3.1: Eintragspfade

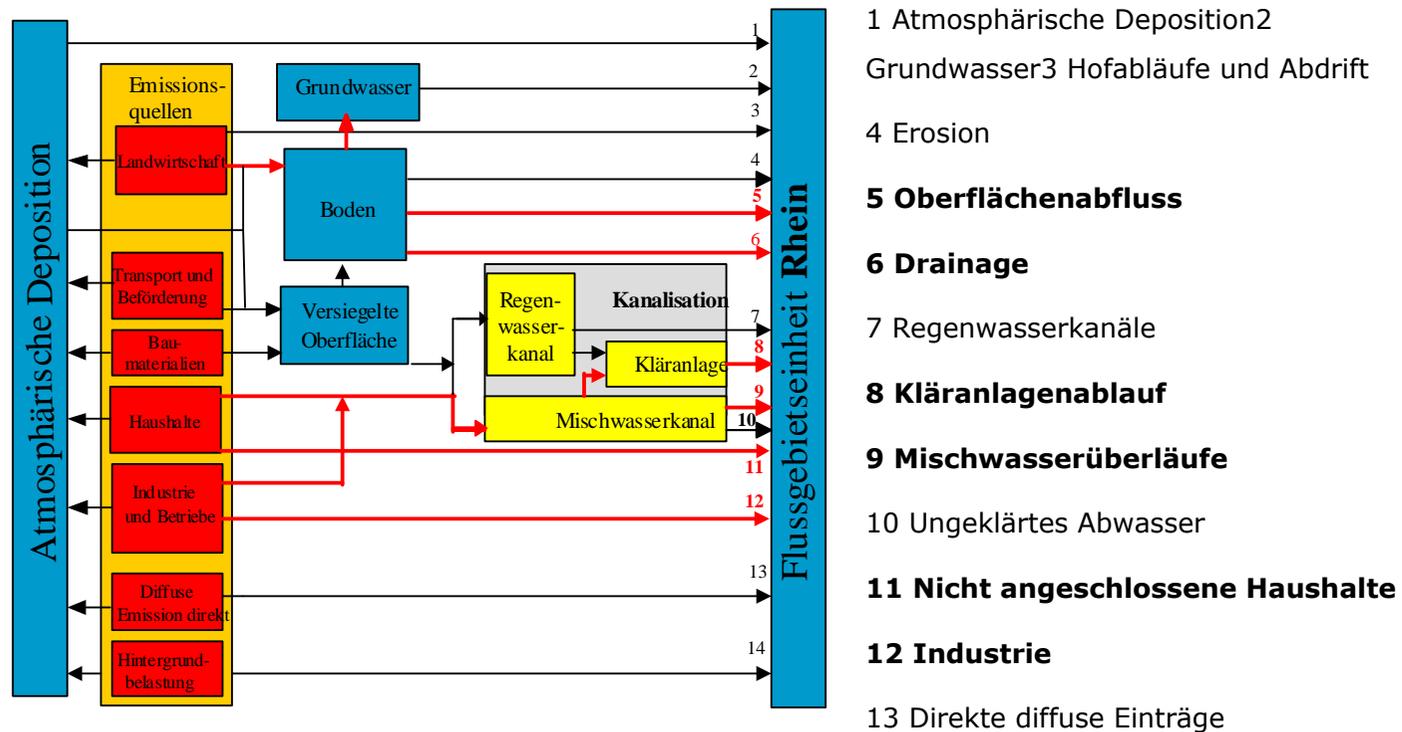


Tabelle 3.1: Im Rheineinzugsgebiet produzierte Mengen

Stoffname	A	CH	D	F	L	NL	Summe	Quellennachweis
Anzahl produzierende Betriebe im Rheineinzugsgebiet, die Abwasser einleiten								

Tabelle 3.2: National verwendete Mengen

Stoffname	A	CH	D	F	L	NL	Summe	Quellennachweis
Gesamter nationaler Verbrauch (in kg/Jahr)								
17β-Östradiol + Östron						1200* 17000**		Blok <i>et al</i> (2000)
17α-Ethinyl-Östradiol						14*** 15****		Blok <i>et al</i> (2000) Aa <i>et al</i> (2008)
		186 (Mittelwert 2000 und 2004)						IMS Health (2005)
		4 (Mittelwert 2007, 2008,2009)						IMS Health (2010)
Verwendete Mengen pro Kopf der Bevölkerung im Rheineinzugsgebiet (in kg/Jahr)								

* Auf der Grundlage von 210µg natürlicher Hormone 17β-Östradiol und Östron pro Tag und Einwohner in Fäkalien/Urin. NL Gesamtbevölkerung = 16 358 000 Einwohner. Verteilung der natürlichen Hormone auf die Bevölkerungsgruppen Kind < 14 Jahren (2%), Jugendlicher 14-19 Jahre (4 %), erwachsener Mann (12 %), erwachsene Frau (36 %), schwangere Frau (44%) und ältere Menschen (2 %).

** Auf der Grundlage von Ausscheidungen pro landwirtschaftlichem Nutztier. Verteilung natürlicher Hormone: Zuchtsauen (23 %), Mastschweine (1 %), trächtige Kühe (63 %), sonstige Kühe + Jungvieh (6 %), Legehennen (3 %) und Stuten (4 %).

*** Auf der Grundlage von 30 µg 17α-Ethinyl-Östradiol pro Tag und Benutzer über 21/28 Tage im Jahr. Anzahl Benutzer von Anti-Baby-Pillen = 11 % der Bevölkerung.

**** Auf der Grundlage von Verabreichung auf Rezept über Apotheke im Jahr 2007.

Tabelle 3.3: Messdaten (in ng/l) für die Eintragspfade

17β-Östradiol								
Eintragspfad	Rhein-anlie-ger-staat	Anzahl Messun-gen (n)	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennach-weis
Atmosphärische Deposition (1)								
Grundwasser (2)								
Hofabläufe und Abdrift (3)								
Erosion (4)								
Oberflächenabfluss (5)								
Drainage (6)								
Regenwasserkanäle (7)								
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)								
NL		34	29	< 0,8	< 0,8	< 0,8	2,3	Vethaak et al (2002)
CH		48	30	< 0,4	0,5	3,2	17	STOWA (2005)
A		8	8	< BG			< BG	Micropoll DB Bafu (2009)
D								
Mischwasserüberläufe (9)								
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)								
NL		22	0	12,0	22,0	36,3	150	Vethaak et al (2002) STOWA (2005)
Nicht angeschlossene Haushalte (11)								
Direkteinleitungen aus Industrie (12)								
Direkte diffuse Einträge (13)								
Natürliche Hintergrundbelastung (14)								

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

Östron								
Eintragspfad	Rhein-anlie-ger-staat	Anzahl Messun--gen (n)	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Atmosphärische Deposition (1)								
Grundwasser (2)								
Hofabläufe und Abdrift (3)								
Erosion (4)								
Oberflächenabfluss (5)								
Drainage (6)								
Regenwasserkanäle (7)								
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)								
NL		43	14	< 0,3	2,9	5,3	28	Vethaak et al (2002)
CH		50	15	< 0,2	4,3	9,1	51	STOWA (2005)
A		8	1	< BG	3,0		7,5	Micropoll DB Bafu (2009)
D								
Mischwasserüberläufe (9)								
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)								
NL		22	0	< 0,3	55	70,0	150	Vethaak et al (2002)
A		8	0	43	58		100	STOWA (2005)
Nicht angeschlossene Haushalte (11)								
Direkteinleitungen aus Industrie (12)								
Direkte diffuse Einträge (13)								
Natürliche Hintergrundbelastung (14)								

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

17 α -Ethinylöstradiol								
Eintragspfad	Rhein-anlie-ger-staat	Anzahl Messun-gen (n)	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Atmosphärische Deposition (1)								
Grundwasser (2)								
Hofabläufe und Abdrift (3)								
Erosion (4)								
Oberflächenabfluss (5)								
Drainage (6)								
Regenwasserkanäle (7)								
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)								
NL		43	34	< 0,3	< 0,3	1,0	6,1	Vethaak et al (2002)
CH		47	41	< 0,3	1	0,7	2,8	STOWA (2005)
A		8	8	< BG			< BG	Micropoll DB Bafu (2009)
Mischwasserüberläufe (9)								
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)								
NL		22	12	< 0,3	< 0,3	1,6	9,2	Vethaak et al (2002)
A		8	8	< BG			< BG	STOWA (2005)
Nicht angeschlossene Haushalte (11)								
Direkteinleitungen aus Industrie (12)								
Direkte diffuse Einträge (13)								
Natürliche Hintergrundbelastung (14)								

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

Tabelle 3.5: Prozentuale Anteile der einzelnen Eintragspfade

Eintragspfad	17β-Östradiol NL*	Östron NL	17α-Ethinyl- Östradiol NL	17β-Östradiol Rhein**	Östron Rhein	17α-Ethinyl- Östradiol Rhein
Atmosphärische Deposition (1)	-	-	-			
Grundwasser (2)	-	-	-			
Hofabläufe und Abdrift (3)	-	-	-			
Erosion (4)	-	-	-			
Oberflächenabfluss (5)	?	?	-			
Drainage (6)	?	?	-			
Regenwasserkanäle (7)	0 (0,3 %)	0 (0,3 %)	0 (0,3 %)			
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	+ (99 %)	+ (99 %)	+ (99 %)	+ (97 %)	+ (97 %)	+ (97 %)
Mischwasserüberläufe (9)	0 (0,3 %)	0 (0,3 %)	0 (0,3 %)	0 (1-2 %)	0 (1-2 %)	0 (1-2 %)
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)	-	-	-			
Nicht angeschlossene Haushalte (11)	0 (0,2 %)	0 (0,2 %)	0 (0,2 %)	0 (1-2 %)	0 (1-2 %)	0 (1-2 %)
Direkteinleitungen aus Industrie (12)	-	-	0 (0,1 %)			
Direkte diffuse Einträge (13)	0 (0,1 %)	0 (0,1 %)	0 (0,1 %)			
Natürliche Hintergrundbelastung (14)	0 (0,1 %)	0 (0,1 %)	-			

Schätzung auf der Basis der Niederlande (*) und auf der Basis von Arzneimitteln für den menschlichen Gebrauch in den Rheinanliegerstaaten (**)

- = Anteil Eintragspfad: keiner

0 = Eintrag erfolgt, aber der Anteil ist gering und ausschließlich von lokaler Bedeutung

+ = Eintragspfad hat bedeutenden Anteil

? = potenziell großer Brutto-Eintrag, aber auf der Grundlage einer beschränkten Anzahl Messungen scheint der Anteil der Netto-Eintragspfade in das Oberflächengewässer gering oder von ausschließlich lokaler Bedeutung zu sein.

4 Immission (gemessene Konzentrationen und Frachten, berechnete Frachten)

4.1 Konzentrationsmessdaten

Tabelle 4.1.1: Konzentrationsdaten aus dem Rhein und einzelnen Nebenflüssen (in ng/l)

17 β -Östradiol									
Messstelle	km	Rhein anliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Hauptstrom des Rheins									
Lobith Maassluis		NL	13	13	< 0,8			< 1,0	Vethaak et al (2002)
Nebenflüsse, Kanäle, Seen									
Andijk Den Oever Nieuwegein Amsterdam IJmuiden		NL	26	26	< 0,8			< 0,8	Vethaak et al (2002)
Verschiedene Gewässer		CH	106	92	< 0,2		0,9	10	Micropoll DB Bafu (2009)
		A	261	244	< BG			0,31	

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

Östron									
Mess- stelle	km	Rhein- an- lieger- staat	Anzahl Messunge n	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein									
Lobith Maassluis		NL	13	12	< 0,3	<0,3	0,33	2,2	Vethaak et al (2002)
Nebenflüsse									
Andijk Den Oever Nieuwegein Amsterdam IJmuiden		NL	26	22	< 0,3	< 0,3	0,40	2,1	Vethaak et al (2002)
Verschiede -ne Gewässer		CH	130	99	< 0,1		0,8	5,0	Micropoll DB Bafu (2009)
		A	243	58	< BG			4,6	

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

17 α -Ethinylöstradiol									
Name der Mess-stelle	km	Rhein-an-lieger-staat	Anzahl Messun-gen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Rhein									
Lobith Maassluis		NL	13	13	< 0,3			< 0,3	Vethaak et al (2002)
Bad Honnef Düsseldorf Bimmen		D	223	223	< 100			< 100	Bergman (2010)
Nebenflüsse									
Andijk Den Oever Nieuwegein Amsterdam IJmuiden		NL	26	26	< 0,3			< 0,3	Vethaak et al (2002)
Verschiede- ne Gewässer		CH	113	110	< 0,1		1,1	2,0	Micropoll DB Bafu (2009)
		A	261	257	< BG			0,33	
Menden Opladen Eppinghoven Münding Wesel		D	1365	1365	< 100			< 100	Bergman (2010)

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

Tabelle 4.1.3 Konzentrationsdaten für Grund- und Trinkwasser (in ng/l)

17β-Östradiol							
Rhein anliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
A	112	108	< BG			0,21	
Trinkwasser (Uferfiltrat)							
Trinkwasser (Wasserhahn)							
NL	22	22	< 0,8			< 0,8	Versteegh et al (2003) Versteegh et al (2007)

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

Östron							
Rhein anliegerstaat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
A	109	89	< BG			1,6	
Trinkwasser (Uferfiltrat)							
Trinkwasser (Wasserhahn)							
NL	22	22	< 0,3			< 0,3	Versteegh et al (2003) Versteegh et al (2007)

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

17α-Ethinylöstradiol							
Rhein anlieger-staat	Anzahl Messungen	Anzahl < BG	Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Quellennachweis
Grundwasser							
A	112	111	< BG			0,94	
Trinkwasser (Uferfiltrat)							
Trinkwasser (Wasserhahn)							
NL	22	22	< 0,3			< 0,3	Versteegh et al (2003) Versteegh et al (2007)

Legende: BG = Bestimmungsgrenze

5 Bewertungskriterien (Qualitätskriterien)

Die EU hat im Jahr 2002 eine wissenschaftliche Beurteilung 12 endokriner Wirkstoffe, u. A. der natürlichen Hormone 17 β -Östradiol und Östron und des synthetischen Hormons 17 α -Ethinylöstradiol durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Beurteilung sind im EU-Bericht 'Study on the scientific evaluation of 12 substances in the context of endocrine disrupter priority list of actions (Johnson et al; 2002) festgehalten. U. A. wird ein Überblick über die Nutzung in der EU, die Ökotoxizitätsdaten und die spezifischen endokrinen Wirkungen, das Vorkommen in den Kläranlagenabläufen und in Oberflächengewässern, eine Einschätzung der Gefahr für die Umwelt durch Angabe der Sicherheitsmarge zwischen Mess- und Ökotoxizitätsdaten gegeben. Pro Stoff kommt man zu folgenden Schlussfolgerungen:

17 β -Östradiol

Die Auswirkungen von 17 β -Östradiol auf die Fortpflanzung und Entwicklung von Fischen, die mit endokriner Wirkung in Verbindung stehen, liegen bei erheblich niedrigeren Konzentrationen vor als die, bei denen akute Toxizität auftritt. Aus dem kombinierten Datensatz ökotoxikologischer Tests mit verschiedenen Endpunkten geht hervor, dass der Schwellenwert, über dem diese Auswirkungen nachgewiesen werden, im Bereich 5-25 ng/l liegen. Die Konzentrationen von 17 β -Östradiol in europäischen Oberflächengewässern liegen i. A. unter 5 ng/l, wobei die meisten Werte sogar unter 1 ng/l liegen.

Die Sicherheitsmarge MOS (Margin of Safety), - d.h. die niedrigste NOEC (**No observed effect concentration**) für endokrine Wirkung (5-25 ng/l) geteilt durch die vorhandenen Expositionskonzentrationen in Oberflächengewässern (1-5 ng/l) liegt bei 1-25 und ist also niedriger als das annehmbare Risiko von 100. Auf dieser Grundlage scheint das Vorkommen von 17 β -Östradiol in Gewässern ein potenzielles Risiko für Fische (und andere Wirbeltiere) darzustellen.

Östron

Die Auswirkungen von Östron auf die Fortpflanzung und Entwicklung von Fischen, die mit endokriner Wirkung in Verbindung stehen, liegen bei erheblich niedrigeren Konzentrationen vor als die, bei denen akute Toxizität auftritt. Aus dem kombinierten Datensatz ökotoxikologischer Tests mit verschiedenen Endpunkten geht hervor, dass der Schwellenwert, über dem diese Auswirkungen nachgewiesen werden, im Bereich 1-10 ng/l liegen. Die Östron-Konzentrationen in europäischen Oberflächengewässern liegen im Bereich 0,5 - 14 ng/l, wobei die meisten Werte durchgehend im untersten Konzentrationsbereich und unter 5 ng/l liegen.

Die Sicherheitsmarge MOS (Margin of Safety), - d.h. die niedrigste NOEC für endokrine Wirkung (1-10 ng/l) geteilt durch die vorhandenen Expositionskonzentrationen in Oberflächengewässern (0,5-14 ng/l) liegt bei 0,07-20 und ist also niedriger als das annehmbare Risiko von 100. Auf dieser Grundlage scheint das Vorkommen von Östron in Gewässern ein potenzielles Risiko für Fische (und andere Wirbeltiere) darzustellen.

17 α -Ethinylöstradiol

Die Auswirkungen von 17 α -Ethinylöstradiol auf die Fortpflanzung und Entwicklung von Fischen, die mit endokriner Wirkung in Verbindung stehen, liegen bei erheblich niedrigeren Konzentrationen vor als die, bei denen akute Toxizität auftritt. Aus dem kombinierten Datensatz ökotoxikologischer Tests mit verschiedenen Endpunkten geht hervor, dass der Schwellenwert, über dem diese Auswirkungen nachgewiesen werden, im Bereich 0,3-1 ng/l liegen. Die 17 α -Ethinylöstradiol in europäischen Oberflächengewässern liegen durchgehend unter der Nachweisgrenze von 0,1-0,3 ng/l, es wurden aber auch Werte um 1 ng/l nachgewiesen.

Die Sicherheitsmarge MOS (Margin of Safety), - d.h. die niedrigste NOEC für endokrine Wirkung (0,3-1 ng/l) geteilt durch die vorhandenen Expositionskonzentrationen in Oberflächengewässern (0,1-1 ng/l) liegt bei 1-10 und ist also niedriger als das annehmbare Risiko von 100. Auf dieser Grundlage scheint das Vorkommen von 17 α -Ethinylöstradiol in Gewässern ein potenzielles Risiko für Fische (und andere Wirbeltiere) darzustellen. Dabei ist anzumerken, dass die Festlegung dieser Sicherheitsmarge aufgrund analytischer Einschränkungen nur teilweise möglich ist, da die nachgewiesenen Konzentrationen von 17 α -Ethinylöstradiol in Oberflächengewässern unter oder um die Nachweisgrenze der Analysenmethode liegen.

Kurz zusammen gefasst liegen diese Ergebnisse in der Nähe der Angaben folgender Tabelle:

Stoffname	Messdaten in Oberflächengewässern	endokrine Wirkungen NOEC	Sicherheitsmarge für Auswirkungen auf die Umwelt MOS (margin of safety, > 100) Lowest NOEC for endocrine mediated responses/environmental concentrations
17 β -Östradiol	< 1 – 5 ng/l, wobei die meisten Messwerte < 1 ng/l sind und nahe der Nachweisgrenze liegen	5 – 25 ng/l	1 – 25
Östron	< 0,5 – 14 ng/l, wobei die meisten Messwerte < 5 ng/l sind und nahe an der Nachweisgrenze liegen	1 – 10 ng/l	0,07 - >20
17 α -Ethinylöstradiol	< 1 ng/l, wobei die meisten Messwerte < Nachweisgrenze (0,3 – 1 ng/l) liegen	0,3 – 1,0 ng/l	1 – 10

EU-Schlussfolgerung (Johnson *et al*, 2002): Aus den vorliegenden Expositionsdaten und der niedrigsten NOEC für endokrine Wirkstoffe geht hervor, dass die drei Hormone eine Gefahr für Fischen in der aquatischen Umwelt darstellen können.

Im Rahmen der EU Wasserrahmenrichtlinie werden die Stoffe 17 β -Östradiol und 17 α -Ethinylöstradiol als Kandidatenstoffe für die Aufnahme in die Liste prioritär (gefährlicher) Stoffe ausgewiesen. Zur Vorbereitung darauf wurden in einer EU-Arbeitsgruppe 'Drafting Group on Review of WFD Priority Substances List' Toxizitätsdaten gesammelt und zur Ableitung der Umweltqualitätsnormen MAC-UQN (Höchstkonzentrationen) und AA-UQN (Jahresmittelwert) in Wasser verwendet. Die vorläufigen Erkenntnisse sind in den Konzept-Unterlagen (UK, 2009; EU, 2010) gesammelt und sollen im Laufe der Jahre 2010-2011 von der Arbeitsgruppe beurteilt und aktualisiert werden. U. A. auf der Grundlage der von der Arbeitsgruppe festgelegten Umweltqualitätsnormen MAC-UQN und AA-UQN wird die EU beschließen, ob die Hormone 17 β -Östradiol und 17 α -Ethinylöstradiol

auf die Liste prioritär (gefährlicher) Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie gesetzt werden sollen.

Für 17 β -Östradiol liegt die vorläufig von der EU-Arbeitsgruppe abgeleitete AA-UQN bei 0,27 ng/l und basiert bei einem Verdünnungsfaktor 10 auf einer NOEC_{reduced hatching success} (14 d, *Oryzias latipes*) von 2,7 ng/l (Shioda and Wakabayashi (2000) in EU, 2010). Der heutige PNEC-Wert (**P**redicted **n**o **e**ffect **c**oncentration) liegt bei 1 ng/l (Young *et al.*, 2000; ARCEM, 2003 in Ivashechkin, 2006). Caldwell *et al.* (2010) geben einen Überblick über die verfügbaren aquatischen Toxizitätsdaten für Hormone und haben für 17 α -Ethinylöstradiol eine PNEC abgeleitet (Caldwell *et al.*, 2008).

Für 17 α -Ethinylöstradiol liegt die vorläufige von der EU-Arbeitsgruppe abgeleitete AA-UQN bei 0,016 – 0,2 ng/l (EU, 2010). Sie basiert in erster Linie auf einer LOEC (**L**owest **e**ffect **c**oncentration) von 0,32 ng/l in einem ‚life-cycle‘ Test mit Elritzen (*Pimephales promelas*), bei dem eine Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses hin zur Verweiblichung und eine geringere Befruchtung der Eier aufgezeigt wird. Diese LOEC entspricht der NOEC von 0,16 ng/l (Parrott and Blunt, 2005). Bei der Ableitung der AA-UQN hat die EU-Arbeitsgruppe auch die Erkenntnisse Dritter hinzugezogen, wobei in der Regel auch verschiedene Ansätze angewandt wurden (Caldwell *et al.*, 2008/2010; Kase *et al.*, 2010; Legler *et al.*; van Vlaardingen *et al.*, 2007). Die EU-Arbeitsgruppe hat die Testmethoden mit ‚Vitellogenin-Induktion‘ als ökologischer Auswirkung nicht in Betracht gezogen.

Tabelle 5.1: Existierende nationale und internationale Qualitätskriterien

Stoffname	Qualitätskriterien (ng/l)									Quellen- nachweis	
	UQN Rhein	IKSR- Zielvorgabe	Nationale Werte						Sonstige		
			A	CH	D	F	L	NL	IAWR- Werte		Environmental Agency
17 β -Östradiol (ng/l)										1	Young <i>et al</i> (2000)
Östron (ng/l)										3-5	Young <i>et al</i> (2000)
17 β -Thinylöstradiol (ng/l)										0,1	Young <i>et al</i> (2000)

Legende: UQN = **U**mwelt**q**ualitäts**n**orm
IAWR = **I**nternationale **A**rbeitsgemeinschaft der **W**asserwerke im **R**heineinzugsgebiet

Tabelle 5.2: Bestandsaufnahme der Toxizitätsdaten

Stoffname	NOEC* chronisch (ng/l)	NOEC akut (ng/l)	Spezies	Endpunkt	AF akut	AF chronisch	PNEC chronisch (µg/l)	PNEC akut [µg/l]	Quellennachweis
17β-Östradiol	10		<i>Oncorhynchus mykiss</i> ; <i>Rutilus rutilus</i>	Vitellogenin-Induktion					Routledge <i>et al</i> (1998)
17β-Östradiol	2,7		<i>Oryzias latipes</i>	Geringerer Bruterfolg/ 14 d		10	2,7 x 10 ⁻⁴		Shioda and Wakabayashi (2000)
Östron	1		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Vitellogenin-Induktion					Thorpe <i>et al</i> (2003)
17α-Ethinyl-Östradiol	0,1		<i>Pimephales promelas</i>	Vitellogenin-Induktion					Jobling <i>et al</i> (2004)
17α-Ethinyl-Östradiol	LOEC = 0,32 NOEC = LOEC/2	460.000	<i>Pimephales promelas</i> <i>Desmodesmus subspicatus</i>	sex ratio Reproduktion EC50 /72 hr	10	10	0,16 x 10 ⁻⁴	46	Parrot and Blunt (2005) Schering AG (2002)

Legende: NOEC = **N**o **o**bserved **e**ffect **c**oncentration

LOEC = **L**owest **e**ffect **c**oncentration

AF = **A**ssessment **f**actor

PNEC = **P**redicted **n**o **e**ffect **c**oncentration

* in Johnson *et al* (2002) und Legler *et al.* (2007) werden für die östrogenen Wirkungen verschiedene Endpunkte angegeben, z. B. Beeinflussung der Reproduktion, Veränderungen der Gonaden und Vitellogenin-Induktion. Die EU-Arbeitsgruppe (2010) hat die Testmethoden mit 'Vitellogenin-Induktion' als Endpunkt nicht berücksichtigt.

6. Strategieansatz (potenzielle Verminderungsmaßnahmen)

Tabelle 6.1: Potenzielle Maßnahmen an der Quelle

Maßnahme	Wirkung/Bewertung der Maßnahme	Betroffene Indikatorsubstanzen	Zeitbedarf			Quellennachweis
			< 5 Jahre	5 bis 10 Jahre	> 10 Jahre	
a) Optimierung des Produktionsprozesses zur Vorbeugung verunreinigter Abwasserströme und der getrennten Aufbereitung von Abwasserströmen mit hohen Konzentrationen (Pharma-Betrieb, Pflegesektor, Ställe in der Viehhaltung, Gülleverarbeitungsbetriebe)	Höhere Wirksamkeit und geringere Kosten bei Aufbereitung konzentrierter Abwasserströme	Östron (E1) 17β-Östradiol (E2)	X	X	X	Derksen en Roorda (2005)
b) Untersuchung der Eintragspfade von E1 und E2 über Dung von Nutztvieh in die Oberflächengewässer (Ab- und Ausspülung) und in das Grundwasser	Erkenntnis über den Eintragspfad und Abbau von E1 und E2 und die Gefahren für das Grund- und Oberflächenwasser. Ansatzmöglichkeiten für emissionsverringende Maßnahmen	Östron (E1) 17β-Östradiol (E2)	X			Derksen en Roorda (2005)
c) Beim Ausbringen von Dung dungfreie Zonen entlang der Oberflächengewässer einhalten	Abspülung von E1 und E2 in Oberflächengewässer wird so weit wie möglich vermieden	Östron (E1) 17β-Östradiol (E2)		X		Derksen en Roorda (2005)
d) Produktinnovation bei Verhütungsmitteln zur Senkung der EE2-Belastung	Durch Anwendung biologisch besser abbaubarer aktiver Wirkstoffe oder Optimierung der Art/Dosierung der Anwendung kann die Belastung der aquatischen Umwelt eingeschränkt werden.	17α-Ethinylöstradiol (EE2)			X	Derksen en Roorda (2005)
e) Beseitigung fehlerhafter Anschlüsse von Wohneinheiten an die Regenwasserkanalisation und Einschränkung des Eintrags von Hundekot in die Regenwasserkanalisation	Verringerung der Belastung der aquatischen Umwelt durch Fäkalien	Östron (E1) 17β-Östradiol (E2)	X	X	X	Derksen en Roorda (2005)
f) Abgabe nicht eingenommener Anti-Baby-Pillen an Apotheken oder über den 'kleinen chemischen Haushaltsabfall'	Durch Abgabe nicht verwendeter Mittel wird vermieden, dass diese in das häusliche Abwasser gelangen.	17α-Ethinylöstradiol (EE2)	X			Derksen en Roorda (2005)

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

Eintragspfad	Relevanz	Maßnahme	Wirkung/Be- wertung der Maßnahme	Eliminierte Indikatorsub- stanzen	Zeitbedarf			Quellen- nach- weis
					< 5 Jahre	5 bis 10 Jahre	> 10 Jahre	
Atmosphärische Deposition (1)	0	-						
Grundwasser (2)	1	Leckagen in Kanalisation beheben	Geringe lokale Verbesserung der Wasserqualität			X	X	
Hofabläufe und Abdrift (3)	0	-						
Erosion (4)	0	-						
Oberflächenabfluss (5)	2	i) Untersuchung der Eintragspfade von E1 und E2 über Dung von Nutzvieh in die Oberflächegewässer (Ab- und Ausspülung) und in das Grundwasser ii) Beim Ausbringen von Dung dungfreie Zonen entlang der Oberflächen- gewässer einhalten	Mäßig Hohe Bruttoemission, Belastung der aquatischen Umwelt unklar Antizipierend emissionsredu- zierende Maßnahmen ergreifen	Östron 17β-Östradiol	i ii	ii		
Drainage (6)								
Regenwasserkanäle (7)	1	Beseitigung fehlerhafter Anschlüsse von Wohneinheiten an die Regenwasserkanalisation und Einschränkung des Eintrags von Hundekot in die Regenwasserkanalisation	Geringe lokale Verbesserung der Wasserqualität	Östron 17β-Östradiol, 17α-Ethinylöstradiol	X	X	X	
Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen (8)	3	iii) Optimierung des Produktionsprozesses zur Vermeidung von Abwasserströmen iii) Abfallwasserströme mit hohen Konzentrationen (getrennt) vor Einleitung in Kanalisation behandeln	Groß Erhebliche Reduzierung einer großen Bandbreite an Stoffen aus dem Abwasser der Betriebe	Östron 17β-Östradiol, 17α-Ethinylöstradiol	iii iiii	iii iiii iiii	iiii	

Eintragspfad	Relevanz	Maßnahme	Wirkung/Beurteilung der Maßnahme	Eliminierte Indikatormoleküle	Zeitbedarf			Quellenachweis
		iii) Weitergehende Aufbereitung in der Kläranlage durch Aktivkohlefiltration	und dem Pflegesektor oder aus städt. Abwasser					
Mischwasserüberläufe (9)	1	Trennung des von versiegelten Flächen abfließenden Niederschlagswassers	Gering Lokale Verbesserung der Wasserqualität	Östron 17β-Östradiol, 17α-Ethinylöstradiol		X	X	
Ungeklärtes Abwasser aus Mischwassersystemen (10)	0	-						
Nicht angeschlossen (11)	1	Anschluss an kommunale Kanalisation oder individuelle Aufbereitung bei verstreut liegender Bebauung	Gering Lokale Verbesserung der Wasserqualität	Östron 17β-Östradiol, 17α-Ethinylöstradiol		X		
Direkteinleitungen aus Industrie (12)	1	Optimierung der Produktionsprozesse zur Vermeidung von und Aufbereitung von (Teil-)Abwasserströmen aus (Gülleverarbeitungs-)Betrieben	Gering - mäßig Zunahme der Emission durch Vergären von Dung zur Energiegewinnung	Östron 17β-Östradiol, 17α-Ethinylöstradiol	X	X		
Direkte diffuse Einträge (13)	1	Sammeln und Abgabe des Haushaltsabwassers (Schiffe)	Gering Lokale Verbesserung der Wasserqualität	Östron 17β-Östradiol, 17α-Ethinylöstradiol		X	X	
Natürliche Hintergrundbelastung (14)	0	-						

Legende:

Anteil des Emissionspfads an der Gesamtemission in den Rhein

0 = nicht relevant

1 = geringe Relevanz (Eintrag < 10 %)

2 = mittlere Relevanz (Eintrag 10 - 50 %)

3 = sehr relevant (Eintrag > 50 %)

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

Maßnahme	Zeitbedarf		
	< 5 Jahre	5 bis 10 Jahre	> 10 Jahre
Zur Ergänzung der EU-Richtlinie Kommunales Abwasser und Empfehlung an die nationalen Behörden und EU in Bezug auf eine weitere Optimierung des Aufbereitungsprozesses in Kläranlagen im Allgemeinen und dem Einsatz weitergehender Aufbereitungstechniken in Kläranlagen in Bereichen des Rheineinzugsgebietes mit einem erheblichen Anteil Abwässer aus Kläranlagen im Verhältnis zum Vorfluter.	X	X	X
Empfehlung an die nationalen Behörden und die EU für eingehendere Untersuchung der natürlichen Östrogenhormone in Dung von Nutztvieh in das Oberflächen- und Grundwasser näher zu untersuchen und der sich daraus ergebenden negativen Auswirkungen auf die aquatische Umwelt.	X		
Empfehlung an nationale Behörden und die EU, Ansatzpunkten zu sondieren, um die Belastung der aquatischen Umwelt mit natürlichen Östrogenhormonen zu senken, beispielsweise Einrichtung dungfreier Zonen entlang der Oberflächengewässer oder Ausbringen der wässrigen Fraktion auf landwirtschaftliche Fläche nach Vergären des Dungs.	X	X	

Literaturhinweise

Aa NGFM van der, GJ Kommer, GM de Groot en JFM Versteegh (2008). Geneesmiddelen in bronnen voor drinkwater. Monitoring, toekomstig gebruik en beleidsmaatregelen. RIVM-Bericht 609715002/2008.

ARCEM (2003). Hormonwirksame Stoffe in Österreichs Gewässern – ein Risiko? Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Bergman S. (2010). Persoonlijke mededeling, mail dd 9 april 2010.

Blok J en MAD Wösten (2000). Ursprung natürlicher Östrogene in der Umwelt. RIWA.

Caldwell DJ, F Mastrocco, TH Hutchinson, R Laîgne, D Heijerick, C Janssen, PD Anderson and JP Sumpter (2008). Derivation of an aquatic Predicted No-Effect Concentration for the synthetic hormone 17alpha-Ethinyl Estradiol. *Environmental Science & Technology* 42(19): 7046-7054.

Caldwell DJ, F Mastrocco, E Nowak, J Johnston, H Yekel, D Pfeiffer, M Hoyt, BM DuPlessie and PD Anderson (2010). An assessment of potential exposure and risk from estrogens in drinking water. *Environmental Health Perspectives* 118(3): 338-344.

Derksen JGM en JH Roorda (2005). Ketenanalyse humane en veterinaire geneesmiddelen in het watermilieu. Grontmij-rapport 13/99058421/JW.

IMS Health (2005). Verkaufszahlen von Pharmazeutika in der Schweiz 2000 und 2004.

IMS Health (2010). Verkaufszahlen von Pharmazeutika in der Schweiz 2007, 2008 und 2009.

Ivashechkin P (2006). Elimination organischer Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser Von der Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technische Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation.

Micropoll Datenbank BAFU (2009). Datenbank des Bundesamts für Umwelt (Schweiz) mit Monitoringdaten aus der ganzen Schweiz.

Jobling S, D Casey, T Rodgers-Gray, J Oehlmann, U Schulte-Oehlmann, S Pawlowski, T Baunbeck, AP Turner, & CR Tyler (2004). Comparative responses of molluscs and fish to environmental estrogens and an estrogenic effluent. *Aquatic Toxicology*, 66, 207–222.

Johnson I und P Harvey (2002). Study on the scientific evaluation of 12 substances in the context of endocrine disrupter priority list of actions. European Commission. WRC-NSF report: UC 6052.

Kase R and M Junghans (2010). A probabilistic approach to find a reliable EQS for 17- α -Ethinylestradiol (EE2)+ Consideration of meeting comments (revised version 21.09.2010). Presentation at the Multilateral Meeting 17th September 2010.

Montforts MHMM, GBJ Rijs, JA Staeb und H Schmitt (2007). Tierarzneimittel und natürliche Hormone in Oberflächengewässern in Gebieten mit intensiver Viehzucht. RIVM-Bericht 601500004/2007.

Kuch HM, K Ballschmiter (2001). Determination of endocrine-disrupting phenolic compounds and estrogens in surface and drinking water by HRGC-(NCI)-MS in the picogram per liter range. *Environ Sci Technol* 35(15), 3201-3206.

Legler J, T Hamers, JW Wegener en MH Lamoree (2007). 17 α -ethinyloestradiol als probleemstof voor het watermilieu. IVM-rapport E-07/18.

Parrot JL and BR Blunt (2005). Life-cycle exposure of fathead minnows (*Pimephales promelas*) to an ethinylestradiol concentration below 1 ng/L reduces egg fertilization success and demasculinizes males. *Environ. Toxicol.* 20(2): 131-41.

Rijkswaterstaat (2009). Effluenten rwzi's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's. Factsheet emissieregistratie.

Routledge EJ, D Sheahan, C Desbrow, GC Brighty, M Waldock en JP Sumpter (1998). Identification of estrogenic chemicals in STW effluent. In vivo responses in trout and roach. *Environ Sci Technol* 34, 1521-1528.

Schering AG (2002). Growth inhibition test of ethinylestradiol (ZK4944) on the green algae *Desmodesmus subspicatus* Report A12518.

Shioda T and M Wakabayashi (2000). "Effect of certain chemicals on the reproduction of medaka (*Oryzias latipes*)." *Chemosphere* 40(3): 239-243.

STOWA (2005). Verkennende monitoring van hormoonverstorende stoffen en pathogenen op rwzi's met aanvullende zuiveringstechnieken. STOWA-rapport 2005-32.

Thorpe KL, R Cummings, T Hutchinson, M Scholze, G Brighty, JP Sumpter, & CR Tyler (2003). Relative potencies and combination effects of steroidal estrogens in fish. *Environ. Sci. Technol.*, 37, 1142-1149.

UK (2009). Proposed EQS for Water Framework Directive Annex VIII substances: 17 α -Ethinylestradiol. Science Report – Final Report (July 2009) – Restricted.

Vethaak AD, GBJ Rijs, SM Schrap, H Ruiter, A Gerritsen and J Lahr (2002). Estrogens and xeno-estrogens in the aquatic environment of the Netherlands. Occurrence, potency and biological effects. RIZA/RIKZ-report 2002.001.

Vlaardingen PLA van, LRM de Poorter, RHLJ Fleuren, PJCM Jansen, CJAM Posthuma-Doodeman, CJAM Verbruggen and JH Vos (2007). Environmental risk limits for twelve substances, prioritised on the basis of indicative risk limits, RIVM-report 601782003/2007.

Wenzel, A, J Müller en T Ternes (2003). Study on endocrine disrupters in drinking water. IME/ESWE rapport ENV.D.1/ETU/2000/0083.

Young, WF, P Whitehouse, I Johnson en N Sorokin (2002). Predicted-No-Effect Concentrations (PNECs) for Natural and Synthetic Steroid Oestrogens in Surface Waters. Technical Report Environmental Agency P2-TO4/1.

Links

www.anticonceptie.nl

www.kompendium.ch