



Auswertungsbericht Östrogene

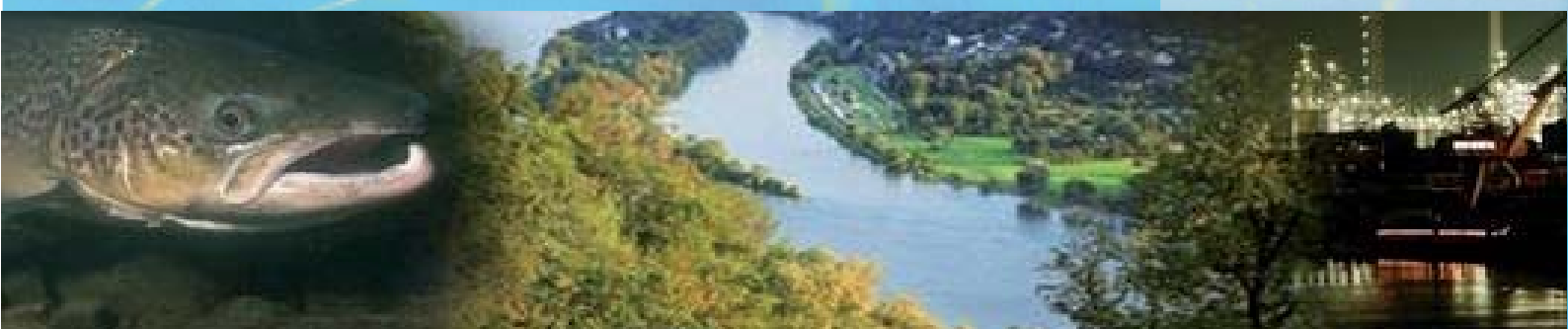


Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht Nr. 186



Im Rahmen der Strategie für die Verringerung der Einträge von Mikroverunreinigungen aus Siedlungs- und Industrieabwässern werden für 10 Stoffgruppen Auswertungsberichte ausgearbeitet, deren Ziel es ist, die wissenschaftlichen und technischen Fakten prägnant zusammenzufassen und bestehende Wissenslücken aufzuzeigen. Die Auswertungsberichte stellen ebenfalls ein breites Spektrum möglicher Maßnahmen von der Quelle (z.B. Zulassung von Stoffen, Einschränkung der Anwendung) bis hin zu technischen Maßnahmen an zentralen Kläranlagen (z.B. Einführung einer weiteren Klärstufe) vor. Im Kapitel Fazit der Auswertungsberichte werden die effizientesten Maßnahmen, die im Rahmen einer Gesamtstrategie der IKSR weiter geprüft werden sollen aufgeführt. Diese Maßnahmen sind noch keine IKSR-Empfehlungen an die Mitgliedstaaten. Die IKSR wird die in diesem Kapitel gelisteten Maßnahmen im Rahmen eines Syntheseberichtes der Gesamtheit der Maßnahmen synoptisch zusammenführen, um eventuelle Synergieeffekte der Maßnahmen (Wirkung der Maßnahmen auf verschiedene Stoffgruppen) bei der abschließenden Bewertung berücksichtigen zu können. Auf der Basis der abschließenden Bewertung der Gesamtheit der Maßnahmen wird sie Maßnahmenempfehlungen für die Mitgliedsstaaten festlegen.

Impressum

Herausgeberin:

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Koblenz
Postfach 20 02 53, D 56002 Koblenz
Telefon +49-(0)261-94252-0, Fax +49-(0)261-94252-52
E-mail: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

ISBN 3-935324-48-0

© IKSR-CIPR-ICBR 2010

Auswertungsbericht Östrogene

1. Einleitung

‘Endokrine Wirkung’ ist ein Sammelbegriff für unterschiedliche Auswirkungen einer Vielzahl unterschiedlicher Stoffe, deren Gemeinsamkeit darin besteht, dass sie die normale Funktion des endokrinen Systems verändern. Das kann die Funktionsweise der (aquatischen) Tiere in unterschiedlicher Weise verändern: Veränderung des Verhaltens bis hin zu Entwicklungsstörungen, Geschlechtsumwandlung und Unfruchtbarkeit. Die derzeit bekannten endokrinen Wirkungen wurden in der Vergangenheit meist zufällig entdeckt. So schien bei männlichen Fischen in regionalen Gewässern in der Nähe der Einleitungsstellen von Kläranlagen eine Verweiblichung einzutreten. Diese östrogene endokrine Wirkung bei Fischen wird u. A. durch natürliche und synthetische Hormone verursacht. Auch andere Stoffe können eine endokrine Wirkung auf aquatische Organismen ausüben¹. Relativ gesehen ist der Beitrag dieser Stoffe wesentlich geringer als die endokrine Wirkung der natürlichen Hormone 17 β -Estradiol und Estron von Menschen und Tieren und des synthetischen Hormons 17 α -Ethinylestradiol aus Anti-Baby-Pillen.

Aus diesem Grund befasst sich dieser Auswertungsbericht nur mit zwei natürlichen Hormonen, 17 β -Estradiol und Estron und dem synthetischen Hormon 17 α -Ethinylestradiol.

Der wichtigste Eintragspfad dieser drei östrogenen Hormone erfolgt über die Ausscheidung aus dem menschlichen Körper mit dem Urin und Fäkalien, die über die kommunale Kanalisation und die Kläranlagen in das Oberflächenwasser abgeleitet werden. Ein weiterer Eintragspfad für natürliche Hormone ist das Ausbringen von tierischer Gülle auf landwirtschaftliche Flächen. Des Weiteren gelangen diese Hormone auch über Güllevergärungsanlagen in die Gewässer. Die Bruttoemissionen dieser natürlichen Hormone in tierischer Gülle werden in den Niederlanden auf 17.000 kg/Jahr geschätzt². Das liegt um mehr als einen Faktor 10 über der Gesamtmenge der Hormone aus der niederländischen Bevölkerung.

Auf der Grundlage verfügbarer Messdaten³ wird davon ausgegangen, dass die Abwässer aus Kläranlagen aufgrund ihrer kontinuierlichen Einleitungen direkt in das Oberflächengewässer eine größere Rolle bei endokrinen Wirkungen in der aquatischen Umwelt spielen, als die indirekte und nicht-kontinuierliche Auswaschung von tierischer Gülle von landwirtschaftlichen Flächen.

Die nachstehenden Ausführungen basieren auf der Information aus dem Stoffdatenblatt.

2. Problemanalyse

Aufgrund der großen Bevölkerungsdichte in städtischen Bereichen und der (intensiven) Viehhaltung in der Landwirtschaft entlang des Rheins sind im Rheineinzugsgebiet verhältnismäßig hohe Konzentrationen östrogenen Hormone zu erwarten. Über die drei östrogenen Hormone Estron, 17 β -Estradiol und 17 α -Ethinylestradiol liegen wenige Messdaten aus dem Hauptstrom des Rheins vor, aber es liegen mehr Daten aus einzelnen regionalen Nebengewässern vor^{4, 5}. In den großen Gewässern liegen die Konzentrationen

¹ Vethaak AD, GBJ Rijs, SM Schrap, H Ruiter, A Gerritsen and J Lahr (2002). Estrogens and xenoestrogens in the aquatic environment of the Netherlands. Occurrence, potency and biological effects. RIZA/RIKZ-report 2002.001.

² Blok *et al.* (2000) Blok J und MAD Wösten (2000). Ursprung natürlicher Östrogene in der Umwelt. RIWA.

³ Montforts *et al.* (2007). 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.

⁴ Micropoll DB Bafu (2009). Micropoll Datenbank BAFU (2009). Datenbank des Bundesamts für Umwelt (Schweiz) mit Monitoringdaten aus der ganzen Schweiz.

östrogenen Hormone durchgehend unter der Nachweisgrenze von weniger als 1 ng/l. In den Nebenflüssen sind diese bis zu einigen ng/l nachweisbar, wobei die Gehalte in der Regel proportional zum Anteil des (biologisch aufbereiteten) kommunalen Abwassers im Vorfluter zunehmen. In den Nebengewässern des Rheins kommt das natürliche Hormon Estron am häufigsten und in den höchsten Konzentrationen vor.

Dieses Bild für das Einzugsgebiet des Rheins stimmt mit dem im restlichen Europa überein. Aus diesem Grund wird bei der weiteren Bewertung auf vergleichbare Betrachtungen für die drei erwähnten östrogenen Hormone im EU-Auswertungsbericht aus 2002 zurückgegriffen⁶. Auch neuere Daten⁷, die von der EU zur Vorbereitung von Beurteilungen herangezogen werden, ob die Hormone 17 β -Estradiol und 17 α -Ethinylestradiol auf die prioritäre Stoffliste der EU-Wasserrahmenrichtlinie gesetzt werden sollen, werden genutzt. Daraus ergibt sich, dass es bei den im Oberflächengewässer nachgewiesenen Konzentrationen im Bereich einiger ng/l nicht um akut toxische Wirkungen geht, die Konzentrationen liegen aber dennoch in der Nähe der Schwellenwerte, bei denen spezifische (endokrine) Wirkungen auftreten können. So liegt der Schwellenwert für die akute Toxizität des synthetischen Hormons 17 α -Ethinylöstradiol bei ca. 1 mg/l, während der Schwellenwert für das Auftreten endokriner Wirkung um einen Faktor eine Million darunter (0,5 ng/l) liegt. Soweit bekannt, liegen für die drei erwähnten Hormone in den Rheinanliegerstaaten noch keine genehmigten Umweltqualitätsnormen vor. Für die Hormone 17 β -Estradiol und 17 α -Ethinylestradiol werden sie in der EU derzeit abgeleitet. Im EU-Auswertungsbericht (2002) wird die Schlussfolgerung gezogen, dass auf der Grundlage der in der aquatischen Umwelt gemessenen Expositionskonzentrationen und der NOEC-Schwellenwerte (No Observed Effect Concentration), bei denen keine endokrinen Wirkungen nachgewiesen werden, das Vorkommen der Hormone 17 β -Estradiol, Estron und 17 α -Ethinylestradiol in europäischen Gewässern ein potenzielles Risiko für Fische nicht im Voraus ausgeschlossen werden kann.

Aus vorstehenden Ausführungen ergibt sich, dass endokrine Wirkungen nicht im Voraus für Fische und andere aquatische Organismen in den Nebenflüssen des Rheins ausgeschlossen werden können. Das gilt vor allem für Gewässer im Rheineinzugsgebiet, die in erheblichem Umfang durch Abwassereinleitungen der Kläranlagen beeinträchtigt werden.

3. Analyse der Eintragspfade

Bis heute gelten die Abläufe der Kläranlagen als wichtigste Emissionsquelle für die Verbreitung östrogenen Hormone in die aquatische Umwelt. Örtlich können die Konzentrationen im Vorfluter so hoch sein, dass östrogene Wirkungen in Fischen nachweisbar sind. Der Anteil des Abflusses einer Kläranlage im Vorfluter scheint entscheidenden Einfluss auf das Vorkommen dieser Wirkung zu haben.

Über Ausscheidungen aus dem menschlichen Körper mit Urin und Fäkalien gelangen östrogene Hormone in die Abwässer aus Haushaltungen, Betrieben oder Schiffen (diffus). Das Abwasser aus Haushalten, die nicht an die kommunale Kanalisation angeschlossen sind (ca. 1-2 %), gelangt ungeklärt oder nach irgendeiner Form der Aufbereitung in das Oberflächengewässer. Häufig wird auch das Abwasser aus den Toiletten an Bord der Schiffe noch ungeklärt eingeleitet. Über 95 % des Abwassers aus Haushalten und Betrieben im Rheineinzugsgebiet werden über die kommunale Kanalisation und eine Kläranlage in die Oberflächengewässer eingeleitet. Nur ein kleiner Prozentsatz (ca. 1-3

⁵ Adler *et al.* (2001) Adler, P., T. Steger-Hartmann, W. Kalbfuss (2001): Vorkommen natürlicher und synthetischer östrogenen Steroide in Wässern des süd- und mitteldeutschen Raumes. *Acta hydrochem. hydrobiol.* 29 (4), 227-241.

⁶ Johnston *et al.* (2002). 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

⁷ EU (2010). Drafting Group on review of priority substances Ethinylestradiol EQS draft dossier dd 20/09/2010 and Beta-estradiol dd 09/04/2010.

%) dieses kommunalen Abwassers gelangt über Kanalisationsüberläufe direkt in das Oberflächengewässer. Der Eliminationsgrad ist von den Bedingungen in der Kläranlage und den spezifischen Stoffeigenschaften abhängig. Für 17 β -Estradiol beträgt die Eliminationsleistung in einer Kläranlage 90 %, für Estron und 17 α -Ethinylestradiol jeweils 60 %. Der biologische Abbau dieser Hormone in den Vorflutern zeigt ein vergleichbares Bild, wobei 17 α -Ethinylestradiol am schlechtesten abbaubar ist und 17 β -Estradiol schnell zu Estron umgewandelt und anschließend mineralisiert wird.

Der Eintragspfad der natürlichen Hormone Estron und 17 β -Estradiol aus der Viehzucht in die aquatische Umwelt wurde bislang wenig beachtet und muss weiter quantifiziert werden. In den Niederlanden ist die Bruttoausscheidung des Viehbestands wesentlich größer (um einen Faktor 10) als die der menschlichen Bevölkerung. Ein (kleiner) Teil der Gülle gelangt dabei indirekt über Auswaschung von landwirtschaftlicher Nutzfläche in die Gewässer. In Gebieten mit intensiver Viehzucht könnte das zu hohen Konzentrationen natürlicher Hormone und möglicherweise zu negativen Folgen für die in diesen Gewässern lebenden Fische führen. Über diesen Aspekt ist noch wenig bekannt und die wenigen durchgeführten Untersuchungen haben noch keine negativen Auswirkungen auf die aquatische Umwelt nachgewiesen. Eine mögliche Erklärung könnte in einem anderen Eintragsmuster liegen. Im Gegensatz zu einer kontinuierlichen punktuellen Kläranlageneinleitung erfolgt der Eintrag von natürlichen Hormonen aus der Viehzucht in die Oberflächengewässer diffus und diskontinuierlich.

An Standorten von Gülle-Verarbeitungsbetrieben, wo Gülle zur Energiegewinnung vergoren wird und das Abwasser eingeleitet wird, entfällt dieses Argument.

4. Mögliche Maßnahmen

Um die Belastung des Oberflächengewässers mit den Hormonen Estron, 17 β -Estradiol und 17 α -Ethinylestradiol zu reduzieren, können auf verschiedenen Ebenen, für die natürlichen Hormone jedoch nur teilweise, emissionsreduzierende Maßnahmen getroffen werden:

- Maßnahmen an der Quelle;
- Information der Öffentlichkeit;
- Behandlung von Abwasser(teil)strömen;
- Zentrale Maßnahmen bei Kläranlagen;
- Anpassung der Messprogramme.

Die potenziellen Maßnahmen werden nachstehend näher erläutert.

Maßnahmen an der Quelle

- Rückgabe nicht eingenommener Anti-Baby Pillen: Durch Rückgabe nicht eingenommener Anti-Baby Pillen an die Apotheken oder Entsorgung als 'geringfügiger chemischer Abfall' wird vermieden, dass das synthetische Hormon 17 α -Ethinylestradiol (unnötig) in das kommunale Abwasser gelangt.
- Produktinnovation bei Verhütungsmitteln: Durch Anwendung biologisch besser abbaubarer aktiver Wirkstoffe oder Optimierung der Art/Dosierung der Anwendung des Wirkstoffes kann die Belastung der aquatischen Umwelt durch das Hormon 17 α -Ethinylestradiol eingeschränkt werden.
- Dungfreie Zonen in der Landwirtschaft: Durch Einhaltung dungfreier Gewässerrandstreifen an Ackerrändern bei der Ausbringung von Gülle auf landwirtschaftliche Nutzflächen wird vermieden, dass natürliche Hormone in die Gewässer gespült werden.
- Optimierung des Produktionsprozesses: Durch weitere Verbesserung der (Produktions-)Prozesse in Pharma-Betrieben, dem Pflegesektor, Gülle-Verarbeitungsbetrieben, etc. kann vermieden werden, dass das Abwasser verschmutzt wird.

Information der Öffentlichkeit

Im Allgemeinen muss die Umweltrelevanz bei der Information über die Anwendung von Anti-Baby-Pillen mit berücksichtigt werden; das gilt insbesondere für die Bedeutung einer umweltbewussten Entsorgung nicht verwendeter Anti-Baby-Pillen.

Behandlung der Abwasser(teil)ströme

Ungeklärte Einleitungen häuslicher Abwässer und tierischer Gülle können einen relevanten Beitrag zur Fracht östrogenen Hormone in das lokale Oberflächengewässer liefern. Es handelt sich um Abwasser aus verstreut liegender Bebauung, die nicht an Kläranlagen angeschlossen ist, aus Kanalisationsüberläufen und fehlerhaften Anschlüssen von Gebäuden an die Regenwasserkanäle, aber beispielsweise auch die ungeklärte Einleitung von Fäkalien und Urin aus Schiffen. Bei tierischen Ausscheidungen ist das Abwasser bei der Vergärung des Dungs und in Gülle-Verarbeitungsbetrieben betroffen. In Bezug auf das synthetische Hormon 17 α -Ethinylestradiol kann auch an Abwasser aus Pharma-Betrieben gedacht werden. In allen diesen Fällen ist die Behandlung der endgültigen Einleitung aus Kläranlagen oder der Teilströme mit hohen Konzentrationen östrogenen Hormone mit dem Ziel möglich, die Belastung der regionalen Oberflächengewässer mit diesen Stoffen zu reduzieren. Die Art und Weise, wie diese (Teilstrom-)Behandlung des Abwassers erfolgt, ist von den spezifischen (örtlichen) Gegebenheiten abhängig.

Folgende emissionsverringende Maßnahmen können in Erwägung gezogen werden:

- Sanierung ungeklärter Einleitungen von Fäkalien und Urin durch:
 - Anschluss von Siedlungen oder verstreut liegenden Wohneinheiten an eine kommunale Kanalisation und Kläranlage;
 - Senkung der Häufigkeit und des Umfangs von Kanalisationsüberläufen;
 - Weitestgehende Einschränkung fehlerhafter Anschlüsse von Wohneinheiten an die Regenwasserkanalisation und der Abspülung der Ausscheidungen von Hunden;
 - Aufbereitung des Toilettenabwassers der Schiffe oder Abgabe dieser Abwässer an Land.
- Weitgehende Aufbereitung des bei der Vergärung von Dung eingeleiteten Abwassers oder dessen Einsatz als Nährstoffquelle in der Landwirtschaft.
- Teilstrombehandlung von Abwasser mit hohen Konzentrationen östrogenen Hormone.

Zentrale Maßnahmen bei Kläranlagen

Abwässer der Kläranlagen gelten als eine der wichtigsten Emissionsquellen bei der Verbreitung östrogenen Hormone in die aquatische Umwelt. In der Nähe von Einleitungen aus Kläranlagen und in Gewässern mit hohem Abwasseranteil aus Kläranlagen im Oberflächenwasser stromaufwärts können die Konzentrationen östrogenen Hormone so hoch sein, dass negative Auswirkungen auf Fische und andere aquatische Organismen möglicherweise auftreten können. Das gilt insbesondere für die Nebenflüsse des Rheins. Im Hauptstrom des Rheins ist dies nicht oder nur in sehr begrenztem Umfang zu erwarten. Der Ausbau von Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe zur Beseitigung von Mikroverunreinigungen (Ozonung, Einsatz von Aktivkohle) stellt eine effiziente Methode zur Verringerung der Belastung von Nebenflüssen mit östrogenen Hormonen dar (vollständige Eliminierung durch diese weitergehenden Maßnahmen). Dies würde zu einer qualitativen Verbesserung des Vorfluters in der Nähe der Einleitung für Abwasser aus Kläranlagen und stromabwärts in den Nebenflüssen führen. Diese zusätzliche Reinigungsstufe hat auch unter dem Aspekt der Vorsorge eine positive Auswirkung auf die Trinkwassergewinnung aus Oberflächengewässern. Das gilt nicht nur in Bezug auf die drei betrachteten östrogenen Hormone, sondern für ein breites Spektrum organischer Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser.

Anpassung der Messprogramme und Bewertungssysteme

Aus der Analyse der verfügbaren Informationen ergeben sich folgende Hinweise bezüglich der Gestaltung von Messprogrammen und der Weiterentwicklung von Bewertungssystemen:

1. die Anzahl Messdaten, die zu den östrogenen Hormonen Estron, 17 β -Estradiol und 17 α -Ethinylestradiol im Hauptstrom des Rheins vorliegen, ist nicht ausreichend für eine adäquate Beschreibung des Zustands.
2. der relative Anteil der Brutto-Ausscheidungen der natürlichen Hormone Estron und 17 β -Estradiol aus den Viehbeständen und der aus der Bevölkerung in den Rheinanliegerstaaten an der Belastung der aquatischen Umwelt ist unbekannt. Nähere Untersuchungen der Emissionspfade dieser Hormone wären deshalb wünschenswert.
3. Die Nachweisgrenzen der Analysemethoden für die östrogenen Hormone sind zwar niedrig ($< 0,1-0,5$ ng/l), liegen aber um oder für 17 α -Ethinylestradiol sogar über den Konzentrationen, bei denen Auswirkungen auf Fische nachgewiesen wurden. Um eine höhere Sicherheit über das Vorkommen östrogenen Hormone und eventueller nachteiliger ökologischer Auswirkungen auf den Rhein zu erhalten, wäre eine weitere Senkung der Nachweisgrenzen wünschenswert.
4. Ergänzend zu chemischen Analysemethoden zwecks Messung besonderer Stoffe sind auch (inter)national zertifizierte biologische Testmethoden erwünscht, um negative Auswirkungen von Stoffen/Stoffgemischen – in diesem Fall Hormonen – auf die aquatische Umwelt aufzeigen zu können.
5. Verbindliche Qualitätskriterien zur Beurteilung des ökologischen/chemischen Zustands und zum Schutz der Trinkwasservorkommen sind nicht verfügbar. Wenn erforderlich, sollten diese auf geeigneter institutioneller Ebene abgeleitet werden.

5. Fazit

Zusammenfassung der Maßnahmen, die für die weitere Ausarbeitung und Effizienzprüfung in Frage kommen:

- **Maßnahmen an der Quelle** in Haushalten, Betrieben und der Viehzucht, um weitestgehend zu verhindern, dass östrogene Hormone in die aquatische Umwelt gelangen;
- **Dezentrale Maßnahmen:** Sanierung von nicht geklärten Einleitungen von Fäkalien und Urin aus Wohneinheiten, Kanalisationsüberläufen, Toiletten in der Schifffahrt, etc. und Aufbereitung der Teilströme des Betriebsabwassers mit hohen östrogenen Hormonkonzentrationen oder bei Gülle-Verarbeitung;
- **Zentrale Maßnahmen bei Kläranlagen:** In Zukunft ergänzende, weitergehende Aufbereitungstechniken (Ozonung, Einsatz von Aktivkohle) anwenden, um die Belastung mit östrogenen Hormonen aus den Kläranlagen in Oberflächengewässer des Rheineinzugsgebietes zu reduzieren, die einen erheblichen Abwasseranteil aus Kläranlagen haben. Dank dieser Maßnahmen könnte zugleich eine Reduzierung der Konzentrationen eines breiteren Spektrums weiterer Mikroverunreinigungen aus der Siedlungsentwässerung erreicht werden. Die Erfahrungen mit (Pilot-)Anlagen derartiger weitergehender Aufbereitungstechniken müssen gesammelt und bewertet werden, um für zukünftige Entscheidungen nutzbar zu sein.
- **Verbesserung der Messprogramme und Bewertungssysteme:** in Bezug auf die Erweiterung der Kenntnisse zu den Emissionspfaden natürlicher Hormone über die Gülle aus der Tierhaltung in der Landwirtschaft im Rheineinzugsgebiet und die zuverlässige Messung niedriger Konzentrationen östrogenen Hormone.



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

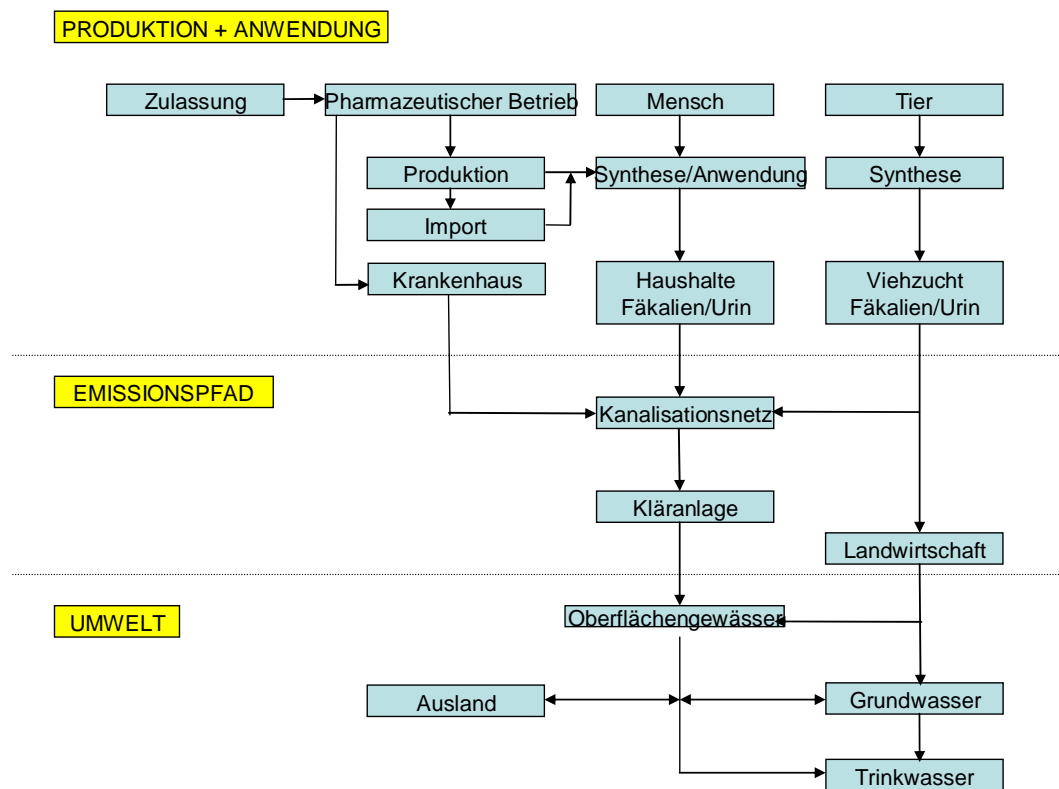
1. Allgemeine Stoffdaten

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

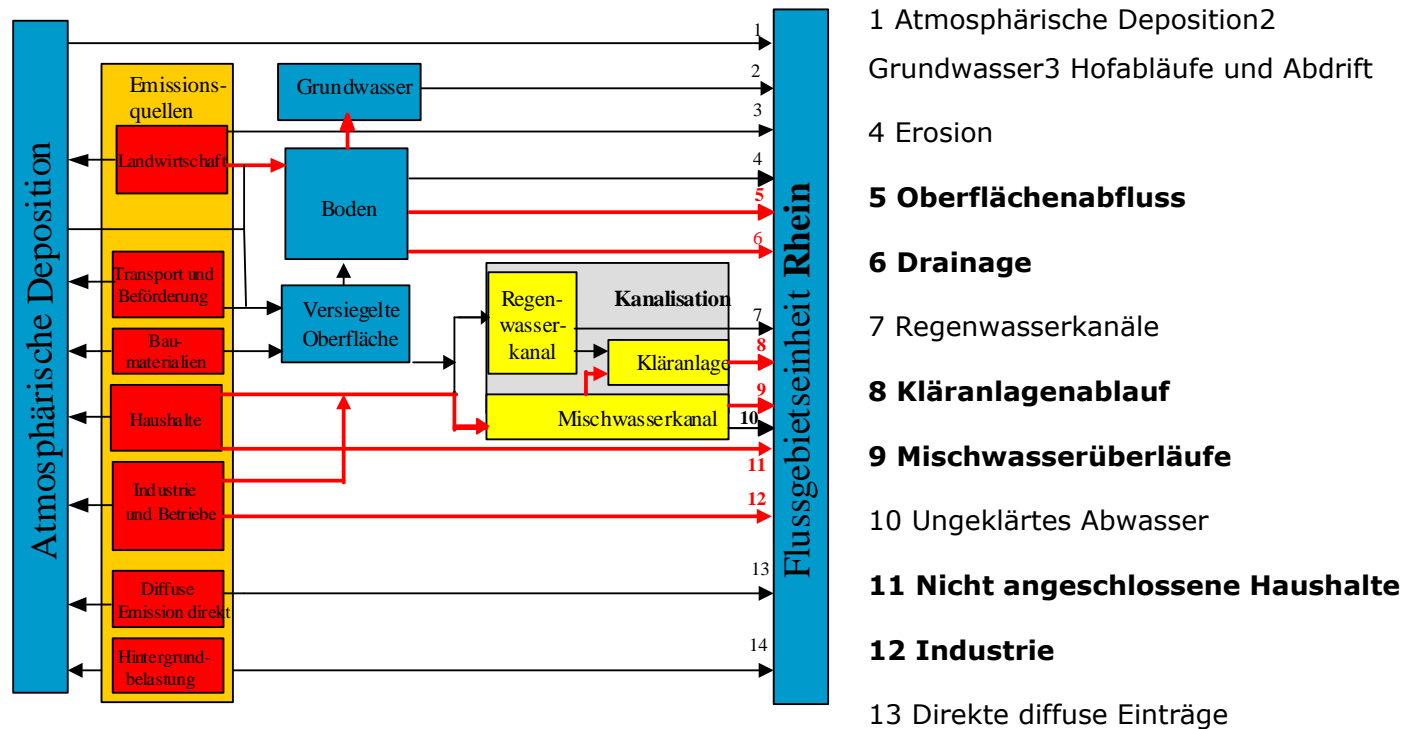


Tabelle 3.1: Im Rheineinzugsgebiet produzierte Mengen

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)

17β-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 anliegerstaat	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
17β-Östradiol (ng/l)										1	Young <i>et al</i> (2000)
Östron (ng/l)										3-5	Young <i>et al</i> (2000)
17β-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 Oberflächegewässer (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 Laïgne, 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). Ketenganalyse 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 hormoonversturende 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