

Vortrag zur Übung Grundwasserschutz

„Medikamente und Hormone im Trinkwasser“

Bearbeiter: Kristin Kutschera
Sabine Höhlig

Freiberg, den 14.05.2004

Abstract

Unter dem Begriff endokrin wirksame Stoffe versteht man Substanzen, die den Hormonhaushalt von Lebewesen beeinflussen können. Dabei handelt es sich um natürliche Hormone, aber auch um Stoffe, die wie Hormone wirken, ohne Hormone im eigentlichen Sinn zu sein. Zu dieser Stoffgruppe zählen also auch Medikamente und verschiedene Industriechemikalien. Endokrin wirksame Substanzen gelangen hauptsächlich über Kläranlagenabläufe in aquatische Ökosysteme und so auch ins Trinkwasser, weil sie in den Kläranlagen noch nicht vollständig eliminiert werden können. So können sie Konzentrationen erreichen, die über der Wirkungsgrenze liegen.

Diese Stoffe können auf verschiedenste Weise in den Naturhaushalt und den Stoffwechsel von Menschen und Tieren eingreifen. Deshalb werden derzeit verschiedene Maßnahmen erarbeitet, um den Eintrag der Stoffe zu verringern oder schon im Wasser enthaltene Stoffe zu eliminieren.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Allgemeines
- 3 Eintragspfade
- 4 Wirkungen und Auswirkungen
 - 4.1 Auswirkungen auf die Tierwelt
 - 4.2 Auswirkungen auf den Menschen
 - 4.3 Auswirkungen auf Mikroorganismen
- 5 Maßnahmen zur Eliminierung aus dem Wasser
- 6 Quellenverzeichnis

1 Einleitung

Jeder schluckt sie, den meisten helfen sie, nur wenige fragen sich, wo sie bleiben. Arzneimittel werden in großen Mengen in der Human- und Veterinärmedizin eingesetzt. Seit einigen Jahren wächst die Sorge über einen möglichen Einfluss von Wirkstoffen dieser Arzneimittel auf das Hormonsystem von Mensch und Tier. Auslöser ist die Frage, ob einige in der Umwelt nachweisbare Substanzen diese Weise unser Hormonsystem (Endokrinium) aus dem Gleichgewicht bringen. Eine Reihe von Schädigungen und bisher nicht eindeutig erklärbaren Phänomenen soll darauf zurückgehen. Nicht nur Wirkstoffe, die aus Medikamenten stammen können, sondern auch Umweltchemikalien mit hormoneller Wirkung sind schon seit einiger Zeit Objekt der Forschung.

Aufgrund der hohen Anzahl an endokrin wirksamen Stoffen, werden hier nur wenige Beispiele aufgezeigt.

2 Allgemeines

Medikamente sind aus der Natur gewonnene oder künstlich hergestellte Stoffe, die am oder im menschlichen oder tierischen Körper zum Zwecke der Heilung, Vorbeugung oder Diagnose angewendet werden. Aufgrund ihres Anwendungszweckes sind viele Arzneimittel persistent, in wässriger Phase hoch mobil, umweltschädigend, insbesondere den Gewässerzustand beeinträchtigend (z.B. fischtoxisch) und Funktionen störend (z.B. bakterientoxisch).

Am bekanntesten ist z. Bsp. Acetylsalicylsäure (Strukturformel siehe Abbildung 1), die v. a. in Schmerzmitteln zu finden ist und in Deutschland in etwa 66 Präparaten verwendet wird (IMS Health chemical country profile; 2002). Im Jahr 2001 wurden insgesamt 902 t verbraucht.

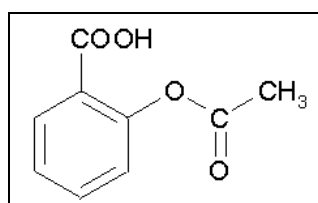


Abb. 1: Acetylsalicylsäure

Ein weiterer Medikamentenwirkstoff ist die Clofibrinsäure (Strukturformel siehe Abbildung 2), ein Wirkstoff, der den Cholesterinspiegel senkt. Dieser Stoff ist am häufigsten in Oberflächengewässern nachgewiesen. Täglich wird in Deutschland mehr als 1 t eingenommen.

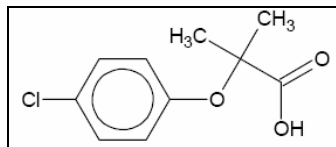


Abb. 2: Clofibrinsäure

Die Antibabypille ist ein Medikament, welches Hormone, v. a. 17α -Ethinylöstradiol, enthält.

Hormone sind Wirkstoffe, die vom Organismus selbst produziert werden und den Stoffwechsel sowie die Reproduktion steuern. Für die Entwicklung und Gesundheit ist ein ausgewogenes Hormonverhältnis nötig. Synthetische Hormone werden z. Bsp. zu Heil- oder Verhütungszwecken von der Arzneimittelindustrie hergestellt. Auch bei der Tierproduktion werden Hormone zur Ertragssteigerung der Fleischproduktion eingesetzt. Das ist allerdings in Europa verboten. Natürlich Östrogene, wie 17β -Östradiol und Östron, sind im Urin der Menschen und Tieren enthalten. Die Strukturformel von Östradiol ist in der folgenden Abbildung zu sehen.

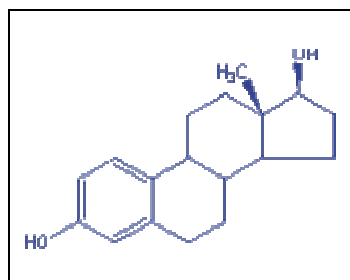


Abb. 3: Östradiol

Künstlich hergestellte Substanzen, die das Hormonsystem stören können, nennt man *endokrin wirksame Industriechemikalien*. Sie können hormonelle Effekte an innersekretorischen Drüsen direkt auslösen oder Drüsenaktivitäten am Wirkungsort beeinflussen. So können diese endokrin wirksamen Stoffe an Stelle eines natürlichen Hormons die Bildung bestimmter Eiweiße veranlassen oder die Aktivität eines Hormons beeinflussen.

Das Insektizid DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) wurde über 25 Jahre eingesetzt und besitzt eine östrogene Wirkung. In Deutschland ist die Anwendung seit mehreren Jahren verboten. Technisches DDT besteht zu über 70 % aus p,p'-DDT und zu über 20 % aus o,p'-DDT. Mikroorganismen, Tiere und Pflanzen wandeln DDT in DDD (Dichlordiphenyldichlorethan), DDE (Dichlordiphenyldichlorethylen) und DDA (Dichlordiphenyldichlor-essigsäure), welche als noch persistenter als DDT gelten. Eine weitere Umweltchemikalie ist TBT (Tributylzinn), das vorwiegend in bewuchshemmenden Unterwasseranstrichen verwendet wird. Außerdem wird es noch in der Landwirtschaft als Biozid eingesetzt. Diese

Substanz hat eine androgene Wirkung. Die Wirkung des TBT kann artspezifisch schon bei einer Konzentration von weniger als 1,5 ng/l eintreten.

Weitere endokrin wirksame Industriechemikalien sind PCB, Benzo-a-Pyren, Nonylphenol, Dieldrin, Chlordan und Endosulfan.

Einige Strukturformeln sind in der nächsten Abbildung zusammengestellt.

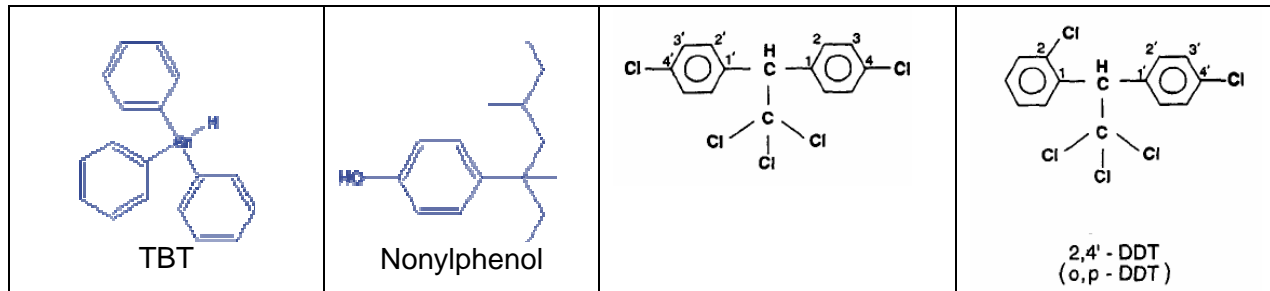


Abb. 4: einige Strukturformeln von hormonell wirksamen Stoffen

3 Eintragspfade

Neben dem Luftweg ist der Wasserpfad für endokrin wirkende Substanzen der wichtigste Eintragsweg in die Umwelt.

Eine Möglichkeit für Hormone in die Gewässer zu gelangen, ist der Weg über die Kanalisation. Von dort gelangen sie mit dem Abwasser in die Klärwerke, wo sie nur unzureichend entfernt werden und so in die Vorfluter gelangen können. Natürlich Östrogene, wie 17b-Östradiol und Östron, sind im Urin den Menschen und Tieren enthalten. So scheiden z. Bsp. trächtige Stuten 100 mg pro Tag aus. Bei Frauen beträgt die tägliche Ausscheidung zwischen 25 µg und 30 mg. Die Konzentrationen in verschiedenen Wässern sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Hormonkonzentrationen in Gewässern

	17b-Östradiol	Östron
Ablauf deutscher Kläranlagen	21 ng/l	76 ng/l
Bayrische Oberflächengewässer	5,5 ng/l	5 ng/l
Trinkwasser in Bayern	0,3 ng/l	1 ng/l

Verunreinigte Wässer können auch durch undichte Kanalisationssysteme in die Umwelt gelangen.

Die gleichen Eintragspfade nehmen viele Medikamente. Hierbei handelt es sich um weit verbreitete Medikamente, wie z. Bsp. Antibabypille und Cholesterinsenker. Besonders problematisch sind dabei die Abwässer von Krankenhäusern. Clofibrinsäure wurde in Berliner Kläranlagenabläufen mit bis zu 4,5 µg/l, in Flusswasser bis zu 1,75 µg/l, im Grundwasser bis zu 4 µg/l und im Trinkwasser bis zu 0,165 µg/l gemessen (www.bund.net).

Amerikanische Trinkwasseruntersuchungen ergaben Werte von bis zu 100 µg Salicylsäure pro Liter (www.ano.de).

Arzneimittel, die im Hausmüll entsorgt werden, gelangen auf Deponien, wo sie in den Untergrund ausgewaschen werden können. Für die Gesamtmenge von Medikamenten, die mit dem Hausmüll entsorgt werden, schätzt man für die BRD 11.000 bis 16.000 Tonnen pro Jahr (www.rz.uni-karlsruhe.de).

Durch Verwendung von z. Bsp. Antibiotika in der Tierhaltung (Massentierhaltung und Aquakulturen) und das anschließende Ausbringen der Gülle auf die Felder, können ebenfalls diese Substanzen in die Gewässer gelangen. In der Gülle von Mastschweinen in Niedersachsen werden Konzentrationen von ca. 20 mg/kg für die Tetrazyklone (Antibiotika) gefunden.

Industriechemikalien mit endokriner Wirkung gelangen je nach Anwendung über verschiedene Pfade in Oberflächen- und Grundwasser, z. Bsp. durch die Auswaschung von Bioziden oder über die Atmosphäre. In Oberflächengewässer sind bis zu 300 ng/l o,p'-DDE, 80 ng/l p,p'-DDE, 30 ng/l o,p'-DDD und 120 ng/l p,p'-DDD gefunden worden (www.bund.net). In Oberflächengewässern wurden bis zu 2,9 ng/l TBT, im Kläranlagenablauf 7000 ng/l und in der Nord- und Ostsee bis zu 200 ng/l gemessen (www.bund.net).

4 Wirkungen und Auswirkungen

Allgemein lässt sich die Wirkung von endokrinen Substanzen wie folgt unterteilen:

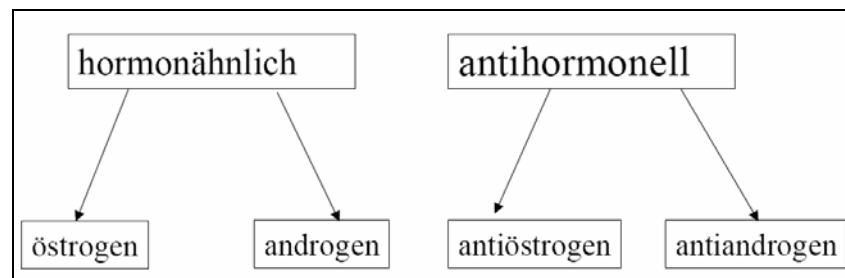


Abb. 5: Wirkung endokriner Substanzen

Hormone werden im Körper von Mensch und Tier in verschiedenen Organen produziert und über das Blut transportiert. Beim Zielorgan rufen sie einen oder mehrere spezifische Effekte hervor. Grundsätzlich läuft die Signalübermittlung nach folgendem Schema ab: Das Hormone gelangt zusammen mit einem passenden Rezeptor (ER) als Hormon-Rezeptor-Komplex zur DNA und bindet dort an einen spezifischen Ort (ERE). Dies löst die Bildung von Proteinen aus. Falls aber ein Stoff X (Umwelthormon) ebenfalls an den Rezeptor binden oder diesen blockieren kann, so wird ebenfalls die ganze Reaktion ablaufen bzw. verhindert, und es kommt zu einer eventuell unerwünschten Veränderung im Organismus (siehe Abbildung 6).

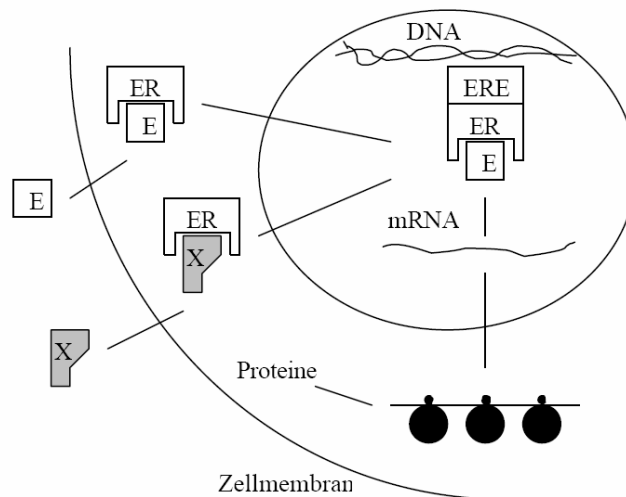


Abb. 6: Wirkung eines Hormons in der Zelle

Die Wirkung von Stoffgemischen wird derzeit noch erforscht. Mit genetisch veränderten Hefezellen konnte nachgewiesen werden, dass Gemische von zwei endokrin wirkenden Pestiziden eine 150- bis 1600fach höhere Aktivität als die Einzelverbindungen zeigen. Dem gegenüber stehen Befunde anderer Forschungsgruppen, die bei anderen sog. In-Vitro-Systemen nur eine additive Wirkung feststellen konnten (www.ito.umnw.ethz.ch).

Bei Arzneimittelwirkstoffen lässt sich auf Grund ihrer relativ geringen Konzentrationen keine direkte medikamentöse Wirkung feststellen. Es ist allerdings auch bei niedrig konzentrierten Wirkstoffen und chronischer Aufnahme zu beachten, dass diese eine synergistische Wirkung haben können (siehe Hormone), zur Grundbelastung des Menschen und der Tiere beitragen und dass chronische Giftwirkungen kleiner Mengen bislang wenig erforscht sind.

4.1 Auswirkungen auf die Tierwelt

Durch den Eintrag von Geschlechtshormonen kann es zu Vermännlichungs- bzw. Verweiblichungsphänomenen kommen. So wurde z.B. an der kalifornischen Küste eine Verweiblichung von Möwenpopulationen beobachtet, welche durch DDT verursacht wurde. Veränderungen in den Hoden verbunden mit der Entwicklung von Eierstockgewebe und Eileitern in männlichen Tieren verhinderten ein normales Brutverhalten. Bei weltweit 120 Arten von Meeres- und Süßwasserschnecken lassen sich auf Grund von TBT-Belastungen Vermännlichungserscheinungen bei weiblichen Tieren beobachten. Es können auch Entwicklungsstörungen, wie Imposex und Intersexstadien bei Vorderkiemenschnecken, Schalenmissbildungen und Störung der Larvenentwicklung bei Austern auftreten. Diese Effekte treten nicht nur in küstennahen Gewässern auf, sondern auch entlang der Großschifffahrtsstraßen, wie der Deutschen Bucht. In den betroffenen Bereichen wurden

deutliche Bestandsrückgänge bis zum regionalen Verschwinden der Populationen nachgewiesen.

Vitellogenin (Vorstufe des Dottereiweißes) ist ein Indikator für Belastungen durch Östrogene und Stoffe mit östrogenen Wirkung. Das Gen, das die Vitellogeninproduktion steuert ist auch bei männlichen Fischen vorhanden, wird jedoch nur von Östrogenen und östrogenwirksamen Substanzen aktiviert. Untersuchungen von Fischen deutscher Binnen- und Küstengewässer zeigen ein gehäuftes Auftreten erhöhter Gehalte an Vitellogenin im Blut der Tiere und zwar unabhängig vom Geschlecht und der Fangzeit (Sherry J. et al, 1999). Diese Östrogenbelastung stammt häufig aus Kläranlagenabläufen, welche hohe Konzentrationen von Nonylphenol und anderen Alkylphenolen aufweisen können. Durch die Verweiblichungserscheinungen wurden in Berliner Gewässern bereits zahlreiche Arten mit einem Anteil von 70 % Weibchen beobachtet (www.bund.net). Hohe Vitellogeninkonzentrationen können auch Leber- und Nierenschäden hervorrufen.

Stoffe, welche die Schilddrüse beeinflussen, hemmen die Produktion von Schilddrüsenhormonen. Die Folge ist z.B. an Froschlarven in Form eines Kropfes sichtbar.

4.2 *Auswirkungen auf den Menschen*

Hormonähnliche Substanzen können beim Menschen Unfruchtbarkeit, Herzschäden und bei Kindern Entwicklungsschäden hervorrufen. So ist z.B. die männliche Reproduktionsfunktion beeinträchtigt. In Deutschland ist die Fruchtbarkeit der Männer in den vergangenen 40 Jahren um ca. 70 % gesunken. Die Fruchtbarkeit ist neben der Aktivität der Spermien auch von der Spermienkonzentration abhängig. In der folgenden Abbildung sind die Spermiedichten verschiedener deutscher Untersuchungen und einer Untersuchung von Westeuropa zu sehen. Man sieht bei allen deutlich den abnehmenden Trend.

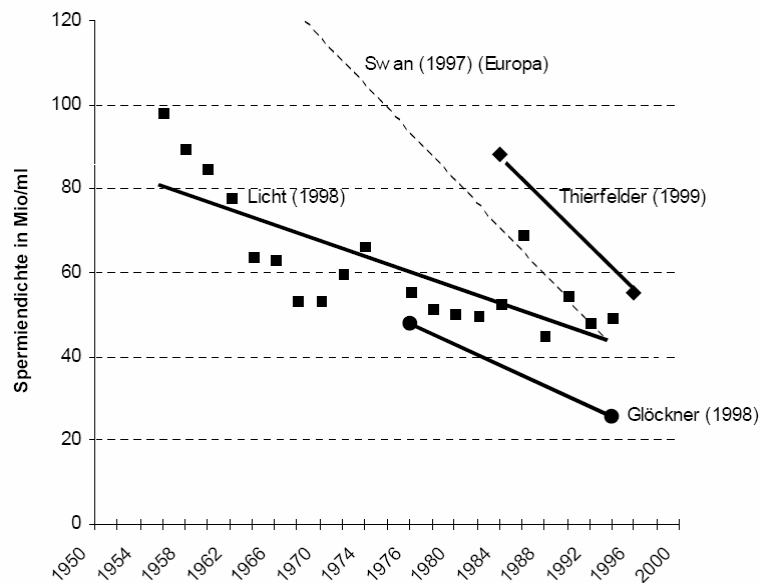


Abb. 7: Zeitlicher Verlauf der Spermiendichten in verschiedenen deutschen Untersuchungen mit linearisierter Trenddarstellung (Licht – Hamburg; Thierfelder – Leipzig; Glöckner – Magdeburg; Quelle: www.umweltdaten.de)

Auch der starke Anstieg von Krebsfällen im Bereich der Geschlechtsorgane scheint in Verbindung mit der hormonellen Belastung zu stehen. Frauen reagieren viel empfindlicher auf Hormonstörungen, z.B. durch Bildung polyzystischer Ovarien. Man hat festgestellt, dass Frauen, die nach 1955 geboren wurden, viermal häufiger polyzystische Ovarien aufweisen, als die, die davor geboren wurden. Der Hormonhaushalt betroffener Frauen ist aus dem Gleichgewicht gebracht und dadurch sind sie gefährdet, auch früher Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu bekommen oder deutlich vermehrt Brustkrebs zu entwickeln. Die Anzahl von Hodenkrebsfällen ist ähnlich wie die polyzystischen Ovarien bei den Frauen in diesem Zeitraum um annähernd das Vierfache angestiegen. Man geht davon aus, dass die Veranlagung schon im Mutterleib entsteht (www.rainforestnewsletter.de). Das ist aber noch nicht bewiesen.

In einer Untersuchung in den USA über die Auswirkung der PCB-Belastung durch Fischverzehr wurde nachgewiesen, dass PCB einen Langzeiteffekt auf die intellektuellen Fähigkeiten menschlicher Föten ausübt. Die mündliche Ausdrucksfähigkeit und Aufmerksamkeit der betroffenen Kinder im späteren Leben zeigte deutliche Defizite. Dieser Effekt wird durch die Verminderung von Schilddrüsenhormonen durch PCB hervorgerufen.

4.3 Auswirkungen auf Mikroorganismen

Ein weiteres Problem stellen antibiotikaresistente Keime dar. Ist ein Keim erst einmal resistent gegen ein Medikament, entwickelt er schnell auch Resistenzen gegen andere Antibiotika, die sogenannte Multi Drug Resistance (MDR).

Ein Beispiel ist das Notfallantibiotikum Glycopeptid, welches auch in geringer Menge als Masthilfe in Viehfutter verwendet wurde. Aufgrund der Bildung resistenter Krankheitserreger in der Nahrungskette wirkt diese Antibiotikum gegen einige Infektionen nicht mehr (www.rainforest-newsletter.de).

Kläranlagen mit ihrer mitunter großen Einzugsgebiete wirken dabei als Sammelpunkte für antibiotikaresistente Bakterien und sorgen auch für deren beständige Verteilung in der Umwelt. Antibiotikaresistente Bakterien werden vermehrt in Bereichen detektiert, in denen Antibiotika verstärkt eingesetzt werden, z. B. in Spitalsabwässern. Kläranlagen tragen nicht nur zur Verbreitung der antibiotikaresistenten Bakterien bei, es existieren auch Hinweise, dass es in Kläranlagen, begünstigt durch die hohen Bakterienkonzentrationen, zum Austausch von Antibiotikaresistenzen zwischen verschiedenen Bakterien kommen kann (www.cis.tugraz.at).

5 Maßnahmen zur Eliminierung aus dem Wasser

Hormone und Stoffe mit hormonähnlicher Wirkung treten in immer höheren Konzentrationen im Trinkwasser auf und nicht alle Klärwerke sind in der Lage diese Stoffe bei der Wasseraufbereitung zu entfernen. Bei vielen Kläranlagen ist die gemessene Hormonbelastung vor und nach der Wasseraufbereitung unverändert. Zur Eliminierung dieser Stoffe sind u. a. folgende Methoden der Abwasserbehandlung denkbar:

- *Aktivkohlefilter:*

Mittels Aktivkohlefiltration ist es möglich, Medikamentenrückstände aus dem Abwasser herauszufiltern. Mit Hilfe dieser Methode wird die Verteilung von Arzneimittelrückständen im Wasserkreislauf unterbunden. Die Stoffe werden adsorptiv zurückgehalten. Im Bereich Abwasser ist dieses Verfahren besonders für gelöste Stoffe geeignet, die sich biologisch sehr schwer oder gar nicht abbauen lassen. Aktivkohlefilter werden sowohl bei der weitergehenden Abwasserbehandlung (dritte Reinigungsstufen) als auch in der Trinkwasseraufbereitung eingesetzt.

- *Mikrofiltration:*

Mikrofilter sind extrem feine Membranfilter, die auch kleine Partikel in der Größe von Bakterien und Viren vollständig aus dem Wasser entfernen.

- *Umkehrosmose:*

Bei diesem Verfahren werden unerwünschte Substanzen wie Arzneimittelrückstände, Bakterien und Viren Hilfe von semipermeablen Membranen aus dem Wasser zurückgehalten. Bei der Umkehrosmose erfolgt eine selektive Abtrennung (Aufkonzentrierung) von gelösten Stoffen aus einer Lösung indem diese unter hohem Druck durch eine semipermeable Membran gepresst wird. Bei Wegfall des Druckes würde das Filtrat aufgrund des Konzentrationsgradienten wieder zurückfließen (Osmose). Alle Anlagen sind mit einer Aktivkohlefilterung und einem Feinfilter zum Schutz der Osmoseanlage ausgestattet. Es können Teilchen der Größe etwa von 5×10^{-7} bis 5×10^{-6} mm zurückgehalten werden. Es werden Drücke bis 100 bar angewendet (www.wasser-wissen.de).

Solche Anlagen sind technisch bereits sehr ausgereift sind, da sie bei der Meerwasserentsalzung im großen Maßstab Anwendung finden (www.cis.tugraz.at).

- *Ozonierung:*

Dieses Verfahren wird in Deutschland im Bereich Schwimmbeckenwasser und Trinkwasser angewendet, aber auch in der Abwasserreinigung eingesetzt. In der Regel wird das Ozon über fein verteilten Gasblasen in das zu behandelnde Wasser eingetragen (Begasung). In organisch hoch belasteten Abwässern können allerdings oberflächenaktive Substanzen (Tenside) zu übermäßiger Schaumbildung und notwendiger Schaumbekämpfung führen. Zur Vermeidung von Schaumproblemen werden teilweise keramische Membranen eingesetzt. Es wird eine selektive Reaktion von Ozon mit ungesättigten Verbindungen ausgelöst, anschließend kommt es zur Spaltung der entstandenen Ozonide (www.wasser-wissen.de).

Viele Pharmaka reagieren aufgrund reaktiver funktioneller Gruppen in ihrer Molekülstruktur sehr schnell mit Ozon.

- *Biologischer Abbau:*

Eine Möglichkeit zur Eliminierung hormonwirksamer Stoffe aus dem Klärschlamm zu entfernen, ist den Klärschlamm länger in der Anlage zu belassen, damit die Bakterien mit den Stoffen fertig werden können. Alternativ kann auch der biologische Abbau im Klärwerk beschleunigt werden, das z.B. durch die Zugabe von Sauerstoff erreicht werden kann. Zur Zeit wird diese Möglichkeit noch in Dauertests in Versuchskläranlagen mit Mini-Klärschlammabsatzbecken untersucht.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, bereits an der Quelle die Entstehung der Ursachen zu unterbinden. Dazu müssen die Stoffströme bereits am Ort des Anfallens getrennt werden, um eine sinnvolle Behandlung dieser Abwässer zu ermöglichen und einer Wiederverwendung zuzuführen. Das bietet sich v. a. in Krankenhäusern an, z. B. kann der

arzneimittelhaltige Urin von Patienten, die permanent Medikamente einnehmen mit einer Zweiwegetoilette getrennt aufgefangen werden.

Wegen der möglichen Auswirkungen auf den Menschen und den Naturhaushalt ist eine systematische Prüfung der in die Umwelt gelangenden Chemikalien (einschließlich Arzneimittel für Mensch und Tier) auf endokrine Wirksamkeit zwingend erforderlich. Die bestehenden Regelungen sind auf den aktuellen Kenntnisstand anzupassen und es müssen Konzentrations-Wirkungs-Beziehungen für die Substanzen ermittelt werden.

Wichtige Substanzgruppen sind regelmäßig an größeren Gewässern und bedeutsamen Kläranlagenabläufen zu messen. Dies kann mit Hilfe von Indikatororganismen erfolgen, z.B. durch Erfassung von Veränderungen der Geschlechtsorgane und des Vitellogeninspiegels bei Fischen.

Ein weiterer Vorschlag zur Verhinderung des Eintrags von Hormonen und hormonähnlichen Stoffen setzt schon bei der Medikamentenentwicklung an. Zukünftiger Präparate sollten schon unter dem Gesichtspunkt der biologischen Abbaubarkeit entwickelt werden. Dennoch wird gerade in der Pharmaindustrie auch in Zukunft das Hauptaugenmerk eher auf die Wirkung einer Substanz als auf deren biologischen Abbaubarkeit gerichtet sein.

Als *kurzfristige* Maßnahmen werden die Erstellung einer Prioritätenliste von Stoffen, die vorrangig hinsichtlich der mit ihrer hormonellen Wirksamkeit verbundenen Risiken bewertet werden sollen, die Anwendung bestehender gesetzlicher Vorschriften (z. B. Bewertung prioritärer Stoffe i. R. der AltstoffV) sowie die Festlegung von Überwachungsprogrammen, internationale Koordination und Öffentlichkeitsarbeit vorgeschlagen. *Mittelfristig* sollen die Fremdstoffe mit endokrinen Wirkungen ermittelt und bewertet sowie die Forschung und Entwicklung mit dem Ziel einer verbesserten Folgenabschätzung vorangetrieben werden. Mit diesen Aktivitäten wurde bereits begonnen. *Langfristig* wird ggf. eine Anpassung der gemeinschaftlichen Rechtsgrundlagen zu Chemikalien, Pflanzenschutzmitteln und Bioziden erforderlich (www.umweltdaten.de).

6 Quellenverzeichnis

BUSCH, K. (2002): Endokrin wirksame Stoffe in kommunalen Kläranlagen und ihre Bilanzierung der Eliminationsleistung, Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der TU Berlin

SHERRY J. ET AL (1999): Vitellogenin induction in fish as an indicator of exposure to environmental estrogens, Lewis Publishers

www.bund.net/lab/reddot2/pdf/hormone.pdf

www.umweltdaten.de/down-d/chempol2.

www.ito.umnw.ethz.ch/SoilProt/staff/nowack/Vorlesung/Umwelthormone.pdf

www.umweltchemie-gdch.de/mblatt/2002/b1h402.pdf

www.rz.uni-karlsruhe.de/~dg21/medik.pdf

www.cis.tugraz.at/orgc/hoegroup/chem_ges/feyertag.doc

www.rwth-aachen.de/bio5/ratte/Deutsch/Oekotox/Endocrine/wirktest.htm

www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/m/medikamente.htm

www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/R162.pdf

www.oekosmos.de/article/articleview/401/1/8/

www.rainforestnewsletter.de/pages/nahrung/kreislauf/umwelt/wasser/horm_03.htm

www.ano.de/wasser/trink-w.htm#arzneimittel

www.transgender.at/presse/shownews.cgi?id=1059146112