

Studien und Tagungsberichte  
Band 26

# Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt

Literaturstudie zur Bedeutung dieser Stoffe  
im Land Brandenburg



LANDESUMWELTAMT  
BRANDENBURG



**Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg  
ISSN 0948-0838**

Herausgeber:  
Landesumweltamt Brandenburg (LUA)  
Berliner Straße 21–25  
14467 Potsdam  
Tel.: 0331-23 23 259 Fax.: 0331-29 21 08  
e-mail: infoline@lua.brandenburg.de

**Band 26 - Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt –  
Literaturstudie zur Bedeutung dieser Stoffe im Land Brandenburg**

**Potsdam, im Dezember 2000**

Bearbeitung:  
LUA, Abteilung Ökologie und Umweltanalytik, Referat Wirkungsfragen und Umwelttoxikologie Q2 -  
Babette Jurkat, Diplomchemikerin, PD Dr. Werner Kratz, Diplombiologe

Gesamtherstellung: Digital & Druck, Inh. Matthias Greschow, Welzow  
gedruckt auf Recycling-Papier aus 100% Altpapier

Schutzgebühr: 15,- DM



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Studien und Tagungsberichte  
Band 26

# **Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt**

Literaturstudie zur Bedeutung dieser Stoffe  
im Land Brandenburg



LANDESUMWELTAMT  
BRANDENBURG





# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielstellung der Studie</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Definition der endokrin wirksamen Substanzen</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Wirkungsmechanismen von Hormonen und hormonell wirksamen Umweltchemikalien</b>	<b>5</b>
3.1	Direkte Wirkungsmechanismen von Hormonen und hormonell wirksamen Umweltchemikalien	6
3.2	Indirekte Wirkungsmechanismen von Hormonen und hormonell wirksamen Umweltchemikalien	6
<b>4</b>	<b>Vorkommen von endokrin wirksamen Substanzen in der Umwelt</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Testmethoden zur Untersuchung endokriner Wirkungen</b>	<b>8</b>
5.1	In vivo-Verfahren	8
5.2	In vitro-Verfahren	8
<b>6</b>	<b>Eintrag endokrin wirksamer Umweltchemikalien im Land Brandenburg</b>	<b>9</b>
6.1	Eintrag endokrin wirksamer Arzneimittel im Land Brandenburg	11
6.2	Eintrag endokrin wirksamer Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Land Brandenburg	12
6.3	Eintrag endokrin wirksamer Schwermetalle/Metall- und Organohalogenverbindungen im Land Brandenburg	14
6.4	Eintrag sonstiger endokrin wirksamer Umweltchemikalien	15
<b>7</b>	<b>Integration von endokrin wirksamen Stoffen in zukünftige Umweltmonitoring Messprogramme des Landesumweltamtes Brandenburg</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>18</b>
<b>Verzeichnisse</b>		
	Abkürzungsverzeichnis	19
	Tabellenverzeichnis	19
	Abbildungsverzeichnis	20
	Literaturverzeichnis	20
<b>Anhang</b>		
Tab. 1	Endokrin wirksame Substanzen nach der durchgeführten Literaturrecherche	21
Tab. 2	Umweltdaten endokrin wirksamer und deren Bedeutung für das Land Brandenburg	39

# 1 Einleitung und Zielstellung der Studie

Bereits seit den 40er Jahren wird die Beeinflussung/Störung des hormonellen Systems des Menschen und wildlebender Tiere durch Umweltchemikalien diskutiert (DODDS ET AL., 1938). Diese sogenannten endokrin wirksamen Stoffe sind von hoher ökotoxikologischer Bedeutung, da sie negativ auf die Reproduktion der Organismen einwirken und damit entscheidende Wirkungen auf der Ebene von Populationen und Ökosystemen haben können. Dies wiederum kann erhebliche Auswirkungen auf die Biodiversität und Stabilität von Ökosystemen haben. Man muss diesen Stoffen daher heute und zukünftig große Aufmerksamkeit bzgl. ihres ökotoxikologischen Wirkpotentials schenken.

In diesem Zusammenhang wurden und werden zunehmend Befunde in der Öko- und Humantoxikologie, wie mögliche Ursachen von erhöhten und spezifischen Krebsraten, sowie in der Reproduktionsbiologie von Mensch und Säugetier – wie z.B. der Rückgang der Spermienzahl bei Männern – (SCHLUMPF ET AL., 1996) publiziert und kontrovers diskutiert.

Die Problematik der Umweltchemikalien, welche direkt oder indirekt auf das endokrine System einwirken, hat in den letzten Jahren durch unerwartete, bis dahin nicht bekannte Effekte bei Fischen und Wirbellosen (meist Mollusken) in aquatischen Ökosystemen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Inzwischen ist für eine beachtliche Zahl von Chemikalien die hormonelle Wirksamkeit bekannt. So ist beispielsweise durch den Einfluss von DDT eine Verweiblichung von Seemöwen, die Feminisierung oder Maskulinierung von Fischen und ein Populationsrückgang von Florida-Alligatoren im Lake Apopka beobachtet worden (GÜLDEN ET AL., 1997).

Durch Imposex (das gleichzeitige Auftreten von weiblichen und männlichen Geschlechtsorganen), welcher durch Exposition von Tributylzinn (TBT) hervorgerufen wird, sind Schneckenarten in aquatischen Ökosystemen stark in ihrem Populationsbestand geschädigt worden (GÜLDEN ET AL., 1997). Diethylstilboestrol (DES), ein bis in die 80er Jahre verwendetes Arzneimittel zur Verhinderung von Fehlgeburten, verursachte beim Menschen schwerwiegende Entwicklungsstörungen im Genitaltrakt der weiblichen und männlichen Nachkommen der mit DES behandelten Mütter (SCHLUMPF ET AL., 1996). Bei den mit DES behandelten Frauen ist die Wahrscheinlichkeit an Brustkrebs zu erkranken, stark erhöht.

In diesem Zusammenhang wird angenommen, dass die Einwirkung von Hormonen und hormonell wirksamen Substanzen, welche zu hormonellen Störungen führen, vielfach in kritischen

Lebensphasen erfolgt. Die daraus resultierenden Effekte können nicht mehr rückgängig gemacht werden und verursachen bleibende Veränderungen. Während der Entwicklung des Organismus werden als kritische Lebensphasen für unerwünschte Hormoneinwirkungen die Embryonalphase, die sexuelle Differenzierung und die Kindheit angesehen (DANKWARDT, 1998). Derartige Beobachtungen lassen die Debatte, welche und in welchem Maße Umweltchemikalien für diese Effekte verantwortlich sind, nicht abklingen.

Deshalb sind seitens der United States-Environmental Protection Agency (US-EPA) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) verschiedene Sonderforschungsprogramme initiiert worden, die das Wissen zum Entstehen dieser hormonellen Störungen aufklären sollen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, nach intensivem Literaturstudium die wissenschaftlich ermittelten endokrin wirksamen Substanzen zusammenzustellen (Tab. 1 und 2 im Anhang) und in ihrer Relevanz für das Land Brandenburg zu diskutieren.

Dabei wurden neben allgemeinen Informationen zu den endokrin wirksamen Substanzen, wie Anwendungsbereiche und Umweltmedien, in denen diese Stoffe eine bedeutsame Rolle spielen können, aus der Literatur ermittelte Daten zu Konzentrationen in bestimmten Umweltmedien und zur Bio- und Geoakkumulation zusammengetragen (Tab. 1). Tabelle 2 enthält darüber hinaus Daten zu empfohlenen Grenzwerten in den Umweltmedien, beobachteten endokrinen Wirkungen und erforschten endokrinen Wirkdosen. Tabelle 2 soll in diesem Zusammenhang als Ergänzung zu Tabelle 1 verstanden werden. Bezüglich der Bio- bzw. Ökoakkumulation ist das gegenwärtig vorhandene Datenmaterial noch sehr unzureichend und aktualisierungsbedürftig. In der dargelegten Form sollen sie als allgemeine Übersichten zur Problematik der endokrin wirksamen Stoffen dienen.

Unter Berücksichtigung und Auswertung dieser recherchierten Stoffe sollen die im Land Brandenburg relevanten endokrin wirksamen Stoffe aufgezeigt werden, um diese ggf. bei der Analytik von Luft, Wasser und Boden zu berücksichtigen, entsprechende ökotoxikologische Rückschlüsse zu ziehen und Vorsorgemaßnahmen zu treffen bzw. abzuleiten.

Im Mittelpunkt der Studie standen also die Fragen nach dem Vorkommen und der öko- und humantoxikologischen Relevanz endokrin wirksamer Substanzen im Land Brandenburg.

## 2 Definition der endokrin wirksamen Substanzen

Auf internationaler Ebene gibt es eine Vielzahl von Definitionen der endokrin wirksamen Substanzen. Nachfolgend wird die von der US-EPA (Environmental Protection Agency) im Jahre 1997 (DANKWARDT, 1998) publizierte Definition dargelegt:

*An environmental endocrine or hormone disruptor may be defined as an exogenous agent that interferes with the synthesis, secretion, transport, binding, action or elimination of natural hormones in the body, that are responsible for the maintenance of homeostasis, reproduction, development and/or behaviour.*

Eine endokrin oder hormonell wirksame Umweltchemikalie wird definiert als ein von außen zugeführter Stoff, der in Synthese, Ausscheidung, Transport, Bindung, Wirkung oder Eliminierung von natürlichen Hormonen im Körper eingreift, die für die Aufrechterhaltung des hormonellen Gleichgewichtes (Homeostasis), die Fortpflanzung, die Entwicklung und/oder Verhalten verantwortlich sind.

## 3 Wirkungsmechanismen von Hormonen und hormonell wirksamen Umweltchemikalien

Hormone regulieren als körpereigene Botenstoffe wichtige Funktionen im Organismus, wie z.B. die Fortpflanzung, Entwicklung, Stoffwechsel, Verdauung, Wachstum etc. Dabei haben die Sexualhormone als Promotor der Fortpflanzung und Entwicklung eine zentrale Funktion. Sexualhormone werden von bestimmten Organen (z.B. Eierstöcke, Hoden, Nebennieren) ins Blut abgegeben und dort durch Bindung an das Plasmaprotein zum jeweiligen Zielort transportiert. Gesteuert werden die Prozesse durch den Hypothalamus (Zwischenhirn) und die Hypophyse (Hirnanhangdrüse).

Die natürlichen Sexualhormone, weibliche (Östrogen, Progesteron, Gestagen) und männliche (Androgen, Androstendion, Testosteron) zählen aufgrund ihres Steroidgerüsts (Abb. 1) zur Gruppe der Steroidhormone.

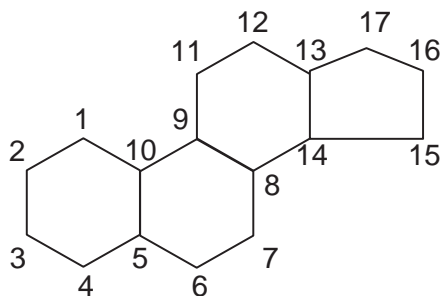


Abb. 1: Chemische Struktur von Steran (Steroide - Derivate des Sterans)

Sexualhormone werden im Organismus aus Cholesterin (Abb. 2) gebildet. Die Biosynthese verläuft über mehrere Zwischenstufen bis zum männlichen Sexualhormon Testosteron. Die Biosynthese der männlichen und weiblichen Sexualhormone ist eng miteinander verbunden. Unter Einwirkung des Enzyms Aromatase werden aus den Androgenen Androstendion und Testosteron die weiblichen Hormone Östron und Östradiol gebildet. Im Hoden ist das Endprodukt vorwiegend Testosteron, im Ovar Östradiol und Progesteron.

Eine Hemmung der Aromatase verhindert die Umwandlung der Androgene in Östrogene und bewirkt eine Vermännlichung (antiöstrogen bzw. androgene Wirkung). Aber auch der umgekehrte Effekt, d.h. Förderung der Aromatase (antiandrogene bzw. östrogene Wirkungen), die zur Feminisierung führen kann, tritt auf.

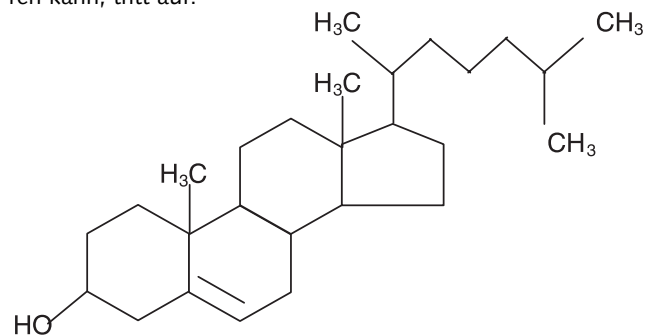


Abb. 2: Chemische Struktur von Cholesterin  $C_{17}H_{45}OH$

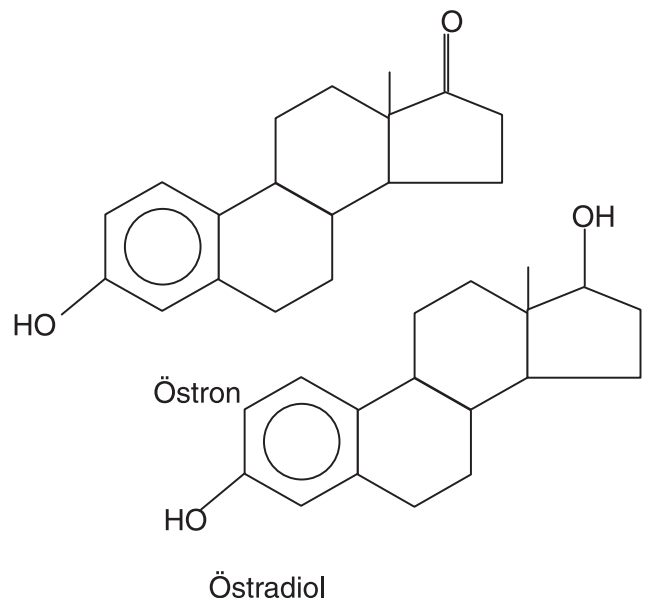


Abb. 3: Chemische Strukturen von Östron und Östradiol

**Östrogene** sind in der Embryonal- und Juvenilphase für die Entwicklung der weiblichen Geschlechtsorgane und sekundärer Geschlechtsmerkmale verantwortlich. Progesteron steuert den Menstruationszyklus, während Gestagene für die Schwangerschaftserhaltung wichtig sind.

**Androgene** sind vorwiegend für die Entwicklung der männlichen Geschlechtsorgane und der sekundären Geschlechtsmerkmale zuständig. Das Hodenhormon Testosteron beeinflusst bei Erwachsenen die Produktion, Beweglichkeit und Lebensdauer der Spermien.

### 3.1 Direkte Wirkungsmechanismen von Hormonen und hormonell wirksamen Umweltchemikalien

Sexualhormone wirken direkt (östrogen bzw. androgen), indem sie sich an einen spezifischen Rezeptor (Steroidhormonrezeptor) binden. Östrogene binden an Östrogenrezeptoren – Androgen an Androgenrezeptoren. Das Hormon bindet sich an den Rezeptor und aktiviert ihn dadurch. Dieser Prozess kann sowohl innerhalb als auch außerhalb der Zelle ablaufen. Der so aktivierte Rezeptor-Hormonkomplex bindet an bestimmte Stellen der DNA, sog. Response Elements – RE und stimuliert die Transkription bestimmter Gene und die Neusynthese der von diesen Genen codierten Proteine (Abb. 4).

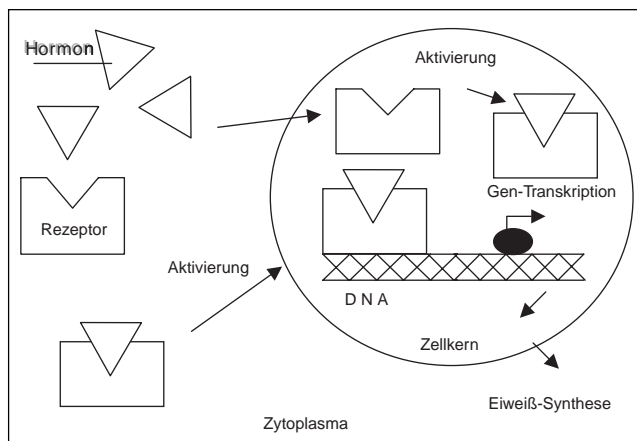


Abb. 4: Wirkungsschema – Hormonbindung an Rezeptor, Aktivierung und Auslösung einer spezifischen Reaktion

Diese Reaktionen – Bindung an den Sexualhormonrezeptor, Aktivierung, Hormonwirkung – können auch durch Umweltchemikalien ausgelöst werden (Abb. 5).

Aber auch der umgekehrte Effekt, d.h. die Bindung an den Hormonrezeptor ohne Aktivierung und hormonelle Wirkung kann durch Umweltchemikalien verursacht werden. Damit werden körpereigene Hormone blockiert und deren Wirkung unterdrückt (Abb. 6).

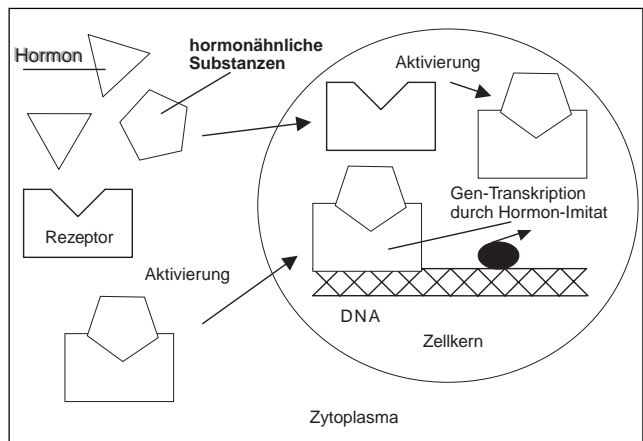


Abb. 5: Wirkungsschema unter Einfluss hormonähnlicher Substanzen – Hormon-Imitat

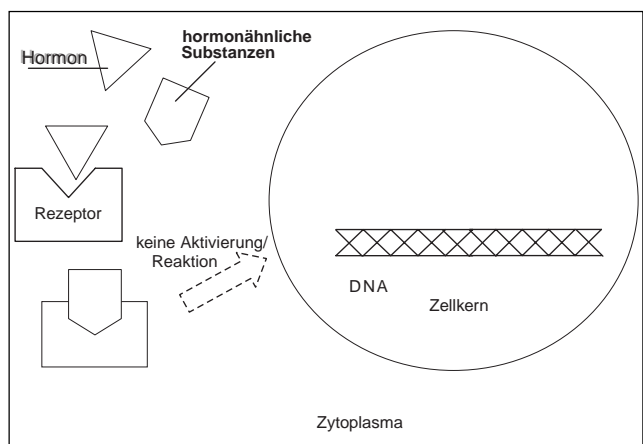


Abb. 6: Wirkungsschema unter Einfluss hormonähnlicher Substanzen – Hormonblockierung

### 3.2 Indirekte Wirkungsmechanismen von Hormonen und hormonell wirksamen Umweltchemikalien

Umweltchemikalien können aber auch indirekt (antiöstrogen bzw. antiandrogen) die Synthese und den Abbau von Steroidhormonen beeinflussen, indem sie beispielsweise die Enzymaktivität und daraus resultierend die Hormon- bzw. Hormonrezeptorkonzentration in den Zielorganen verändern. Derartige Effekte sind bei verschiedenen Organochemikalien, z.B. PCB, Dioxine sowie auch bei Schwermetallen beobachtet worden (SCHLUMPF ET AL., 1996).



## 4 Vorkommen von endokrin wirksamen Substanzen in der Umwelt

Substanzen, die hormonell wirken, sind im Zeitalter der Kunststoff- und Chlorchemie in der Umwelt in vielfältiger Struktur (Abb. 7) und Form (Tab. 3) (SCHUSTER ET AL., 1997) anzutreffen.

Wie in der Tabelle 3 ersichtlich ist, trifft man die endokrinen Substanzen in fast allen Lebensbereichen und somit überall in der Umwelt an. Vermeidungsstrategien sind nur durch gesetzliche Regulative realisierbar.

Weiterhin bedeutsam sind auch die zahlreichen von Pflanzen und Pilzen gebildeten Stoffe (Phyto- bzw. Mykoöstrogene) mit hormonellen Effekten, die die Organismen über die Nahrungskette aufnehmen und auf diese Weise weiteren Umweltmedien zuführen. Darüber hinaus gelangt eine nicht unbeachtliche Menge an hormonell wirkenden Arzneimitteln (z.B. Ethinylestradiol – Pillenwirkstoff) überwiegend über das Abwasser in die Umwelt (Fließgewässer, Sedimente, Klärschlamm, Boden).

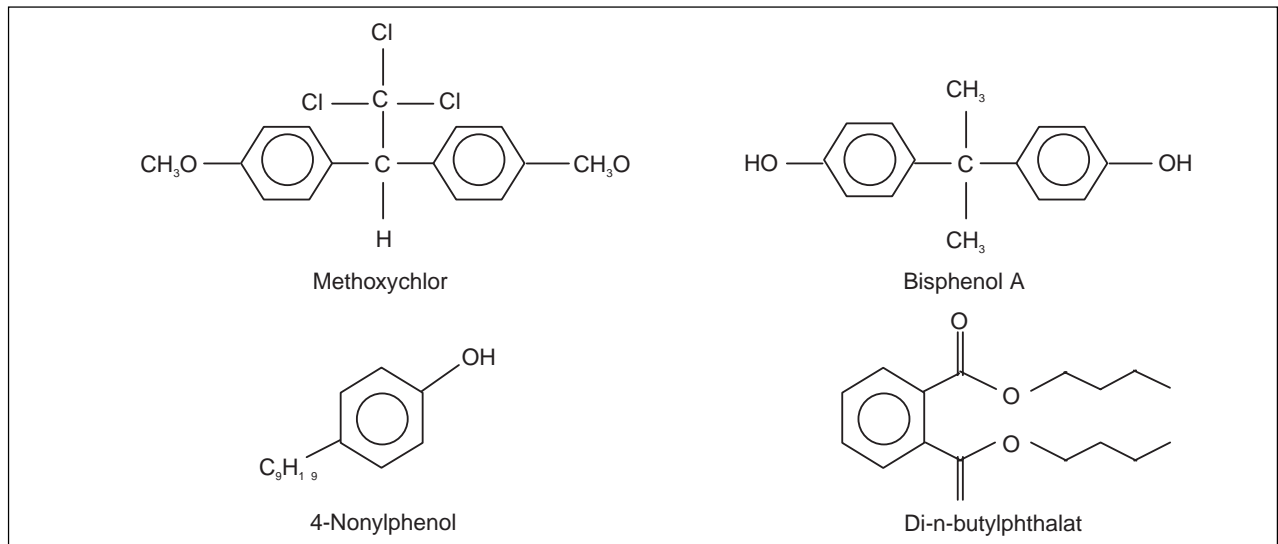


Abb. 7: Chemische Strukturen von hormonell wirksamen Substanzen

Tab. 3: Vorkommen von hormonell wirkenden Chemikalien in Artikeln des täglichen Gebrauchs

Substanz	Vorkommen
Bisphenol A	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Konservendosen - weiße Innenbeschichtung</li> <li>· Kronkorken - weiße Beschichtung der Unterseite</li> <li>· weiße Kunststoff-Zahnfüllung</li> <li>· Wasserrohre aus Metall - Innenbeschichtung</li> <li>· Kunststoffe wie Polycarbonate - schusssichere Bankschalter, harte Plastik-Kontaktlinsen</li> <li>· Epoxidharze</li> </ul>
Phthalate (Weichmacher)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· viele weiche Kunststoffe</li> <li>· Lebensmittelverpackungen aus Folie und Pappe</li> <li>· Klebstoffe in der Verpackungsindustrie</li> <li>· Emulsionsfarbe</li> <li>· PVC-Bodenbelag u.a. PVC-Gegenstände</li> <li>· Druckfarbe - auch auf Lebensmittelverpackungen, dann Anreicherung in Butter, Margarine, Käse, Babymilchpulver und Chips möglich</li> </ul>
Alkylphenole	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Detergentien - Industriewaschmittel für Schaffelle, Reinigungsmittel für Platinen</li> <li>· Antioxydationsmittel, die in transparenten Kunststoffen das Vergilben vermeiden</li> <li>· Körperpflegemittel - Shampoos, Rasiercremes, Kosmetika</li> <li>· Benzin</li> </ul>
Chlorierte Verbindungen, z.B. PCB's, Dioxine	<ul style="list-style-type: none"> <li>· mittlerweile überall in Boden, Wasser, Luft</li> <li>· fetthaltige Nahrungsmittel - Milchprodukte, Wurst, Fisch, Schokolade</li> </ul>
Pestizide z.B. DDT und Abbauprodukte	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Obst und Gemüse</li> <li>· alle fetthaltigen Nahrungsmittel</li> <li>· Trinkwasser (Atrazin)</li> <li>· Boden, Wasser</li> </ul>
Tributylzinn (TBT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Anstriche für Schiffsrümpfe</li> <li>· Stabilisator und Katalysator bei der Kunststoff-Herstellung</li> </ul>
Pentachlorphenol	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Holzschutzmittel</li> <li>· Lederwaren (Import)</li> </ul>

## 5 Testmethoden zur Untersuchung endokriner Wirkungen

Zur Prüfung der hormonellen Aktivität von Stoffen werden verschiedene *in vivo* und *in vitro* Verfahren herangezogen. Sie sind unterschiedlich aufwendig und haben aufgrund ihrer Spezifität, Quantifizierbarkeit und Dosisabhängigkeit eine unterschiedliche Aussagekraft. Aufgrund dieser Tatsache kann gegenwärtig noch kein standardisiertes Verfahren zur Ermittlung der hormonellen Wirkung einer Substanz abgeleitet werden.

Während *in vitro*-Verfahren für die Schaffung erster Grundlagen zur Ermittlung und Charakterisierung von Wirkungsmechanismen (Screening für verdächtige Substanzen) bedeutsam sind, erfolgt durch *in vivo*-Verfahren die Prüfung/Bestätigung dieser Erkenntnisse, insbesondere der Wirkungsstärke in Tierversuchen. Dort können weitere, im *in vitro*-Verfahren nicht berücksichtigbare Faktoren, wie Metabolismus, Eliminierung und Bioverfügbarkeit der einzelnen Substanzen ergänzend abgeklärt werden.

Durch Untersuchungen hat man allerdings festgestellt, dass die relative oder absolute hormonelle Potenz einer Substanz zudem vom biologischen System, dem erfassten Endpunkt und den Expositionsbedingungen abhängig ist und nicht ohne weiteres auf andere Bedingungen/ Systeme übertragen werden kann.

Im Folgenden werden die üblichen Testverfahren zur Untersuchung von endokrinen Wirkungen von Substanzen aufgezeigt und kurz beschrieben. Die meisten Tests bestimmen die direkte, überwiegend östrogene Wirkung einer Substanz.

### 5.1 *In vivo*-Verfahren

#### Uterus-Gewichtstest

Juvenilen bzw. ovariectomierten Ratten oder Mäusen werden hormonell wirkende Stoffe verabreicht, die dosisabhängig ein Uteruswachstum auslösen (BÜLBRING ET AL., 1935). In Auswertung des Tests wird die Veränderung des Uterusgewichtes und somit die uterotrope Wirkung in Nagetieren gemessen. Mit dieser relativ alten Methode wurde und wird die östrogene und anti-östrogene Wirkung vieler Substanzen festgestellt.

#### Allen-Doisy-Test

In einem ähnlichen Test – dem Allen-Doisy-Test – wird die hormonelle Potenz von Stoffen durch Erfassung der Verhornung des Vaginalepithels bestimmt (ALLEN ET AL., 1923). Dazu werden bei ovariectomierten Ratten oder Mäusen 2–3 Tage nach Verabreichung der Testsubstanz die Veränderungen des Vaginalepithels gemessen. Mit diesem Test wird die östrogene Wirkung einer Substanz bestimmt.

#### Oviduktgewichts-Test

Im Eileiter (Ovidukt) junger Vögel erfolgt unter Einwirkung von Östrogenen eine intensive Zellteilung, eine Gewichtszunahme sowie ein Anstieg des Glykogengehaltes. Außerdem werden die Proteine Ovalbumin und Conalbumin gebildet (DORFMANN ET AL., 1953). Durch die Messung der Veränderungen des Oviduktgewichtes, des Glykogengehaltes und der

Synthese der Proteine wird die hormonelle Wirkung – hier östrogene – ermittelt.

#### Vitellogeninsynthese

Vitellogenin ist ein von eierlegenden Tieren in der Leber gebildetes Lipidprotein, welches über den Blutstrom in das Ovar gelangt und dort in ein Dotterprotein umgewandelt wird. In dieser Form dient es als Energiequelle für den sich entwickelnden Embryo. Vitellogenin wird ausschließlich unter Einwirkung von Östrogen gebildet und ist deshalb in männlichen oder noch geschlechtsunreifen Tieren nicht vorhanden. Die Bildung von Vitellogenin in Männchen und jungen Tieren wird deshalb als Biomarker für die östrogene Wirkung einer Substanz angesehen.

Weitere *in vitro*-Tests zur Bestimmung der hormonellen Wirkungen von Stoffen, die an dieser Stelle nur benannt und nicht weiter erläutert werden, sind die Beobachtung der Geschlechtsentwicklung von Ratten/Mäusen und der Geschlechtsdifferenzierung von Vögeln bzw. Reptilien.

### 5.2 *In vitro*-Verfahren

#### Proliferation von Brustkrebszellen

An östrogensensitiven Brustkrebszellen (MCF-7-, ZR-75-1 oder T47D-Zellen) werden Zellvermehrung, -wachstum oder/ und die Synthese bestimmter Proteine (z.B. 32 + 52 kDa-Protein) in Abhängigkeit von der östrogenen Wirkung der Substanz ermittelt (DANKWARDT, 1998). Die Zellen wurden aus Pleuraergüssen oder Ascitesflüssigkeit von Brustkrebspatientinnen gewonnen. Inzwischen sind zahlreiche Sublinien der Zellen existent, die sich aber hinsichtlich ihrer biologischen Eigenschaften, insbesondere der Östrogensensitivität, deutlich unterscheiden. Der einfach durchführbare Test ist deshalb im Ergebnis stark von der Herkunft der Brustkrebszellen abhängig.

#### Östrogenrezeptorbindung

Hormone wirken, indem sie sich an einen spezifischen Rezeptor binden und dadurch bestimmte Reaktionen im Organismus ausgelöst werden. Der Test beruht auf der Messung der Bindung bzw. der Verhinderung der Bindung an den Östrogenrezeptor, lässt aber keine abschließende Beurteilung der östrogenen bzw. der fehlenden Aktivität zu. So wurde bei einigen Verbindungen *in vitro* östrogene Inaktivität, *in vivo* aber östrogene Aktivität festgestellt, welche mit der Bildung von östrogen aktiven Metaboliten im Organismus zusammenhängt.

#### Stimulierung der Vitellogeninsynthese

Auch *in vitro* ist die Vitellogeninsynthese durchführbar. Leberzellen von Krallenfröschen und Forellen können auch im Laborversuch zur Synthese des Vitellogenins angeregt und so die östrogene Wirkung von Stoffen nachgewiesen werden (DANKWARDT, 1998).

Als weitere in vitro-Tests zur Bestimmung der hormonellen Wirkung von Stoffen sei hier die Stimulierung der Genexpression genetisch veränderter Zellen (z.B. Hefetest) und

die östrogen-vermittelte Expression von E-RmRNASF (estrogenregulated mRNA stabilizing factor) erwähnt.

## 6 Eintrag endokrin wirksamer Umweltchemikalien im Land Brandenburg

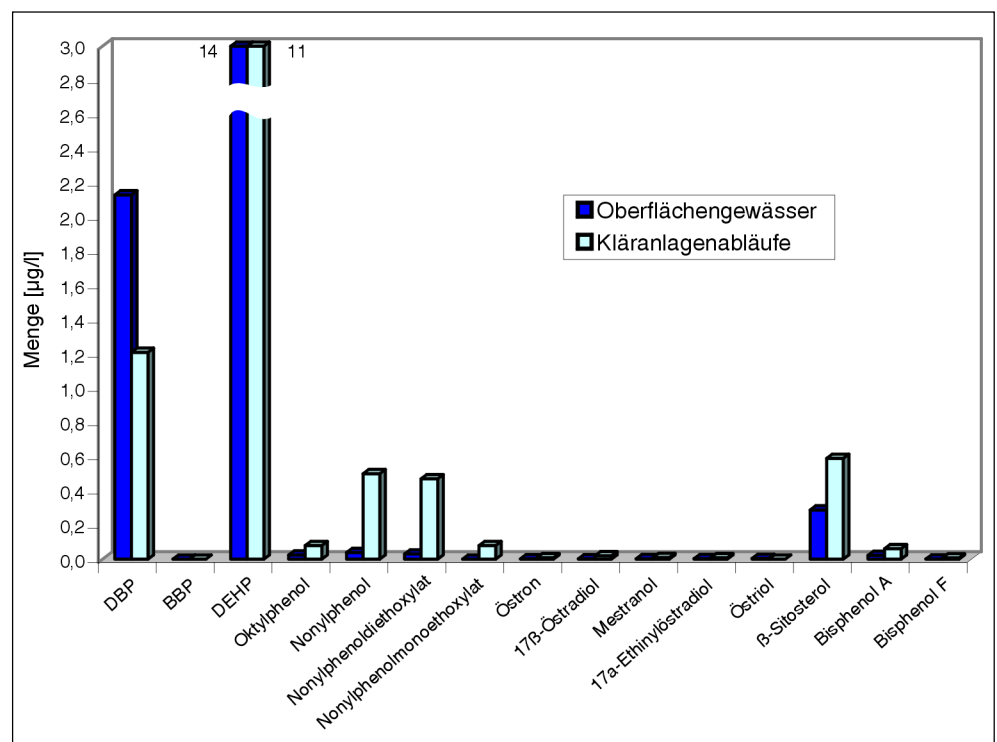
Endokrin wirksame Substanzen werden entsprechend ihrer Vorkommen (Tab. 3) in vielfältiger Art und Weise (Herstellung, Anwendung, Entsorgung) in die Umwelt eingetragen. Der Eintrag von endokrin wirksamen Umweltchemikalien, wie z.B. den Phthalaten, über den Abwasserpfad scheint dabei von entscheidender Bedeutung zu sein. Basierend auf dieser Grundkenntnis ist in verschiedenen Forschungsprojekten (z.B. WENZEL ET AL., 1998) dieser Eintragspfad Abwasser → Kläranlagenablauf → Fließgewässer → Grundwasser oder Abwasser → Klärschlamm → Boden → Grundwasser sowie Deponie → Grundwasser genauer untersucht und Expositionskonzentrationen ermittelt worden (Tab. 4). Nur auf diesem Weg können ökotoxikologische Bewertungsstrategien entwickelt und entsprechende Umweltgefährdungspotentiale abgeleitet werden.

Unter Berücksichtigung der jeweiligen Medianwerte der o.g. Messreihen ergibt sich für Brandenburger Oberflächengewässer und Kläranlagenabläufe folgendes Bild (Abb. 8):

Abb. 8: Phthalate, Östrogene und Bisphenole in Oberflächengewässern und Abläufen von Kläranlagen im Land Brandenburg

Tab. 4: Phthalate, natürliche und synthetische Östrogene und Bisphenole in Brandenburger Oberflächengewässern und anderen Matrices (WENZEL ET AL., 1998)

Stoffgruppe	Substanz	Oberflächengewässer [ng/l]	Abläufe von Kläranlagen [ng/l]	Klärschlamm [µg/kg TS]	Sedimente [µg/kg TS]	Gülle [µg/kg TS]
Phthalate	DBP	180 - 8.800	200 - 10.400	190 - 1.720	60 - 860	100 - 2.970
	BBP	< 100	< 100	< BG	< BG	< BG
	DEHP	1.850 - 97.800	1.480 - 80.800	8.700 - 154.100	230 - 8.440	910 - 5.310
Phenole/Ethoxylate (FROMME ET AL., 1998)	Oktylphenol	30 - 270	80 - 430		100	
	Nonylphenol	80 - 2.720	400 - 2.100	14.180 (HEGEMANN ET AL., 2000)	2.510 - 12.700	
	Nonylphenoldiethoxylat	110 - 3.270	470 - 2.240		770 - 1.900	
	Nonylphenolmonoethoxylat	50 - 840	80 - 1.380		190 - 480	
Östrogene	Östron	<1 - 20,10	<1 - 68,60	<1 - 328,20	< 2 - 13,70	< 2 - 640,10
	17β-Östradiol	<1 - 29,10	<1 - 50,30	<1 - 111,40	< 2 - 9,20	< 2 - 1.229,40
	Mestranol	<1 - 27,50	<1 - 43,00	<1 - 4,50	< 2	< 2 - 90,90
	17α-Ethinyl-östradiol	<1 - 3,40	<1 - 10,90	<1 - 145,00 (HEGEMANN ET AL., 2000)	< 2	< 2 - 10,90
	Östriol	<1 - 6,60	<1 - 5,20	<1 - 31,40	< 2	< 2
	β-Sitosterol	79,80 - 1116,20	<10 - 7105,10	<10 - 268.702,70	< 2 - 23.292,20	110.885,20 (Medianwert)
Bisphenole	Bisphenol A	0,50 - 134,60	<0,10 - 701,80	3,90 - 1.363,30	<0,20 - 190,40	124,40 (Medianwert)
	Bisphenol F	0,10 - 10,20	<0,10 - 160,00	<0,10-181,20	<0,20 - 7,30	<0,20 - 62,60



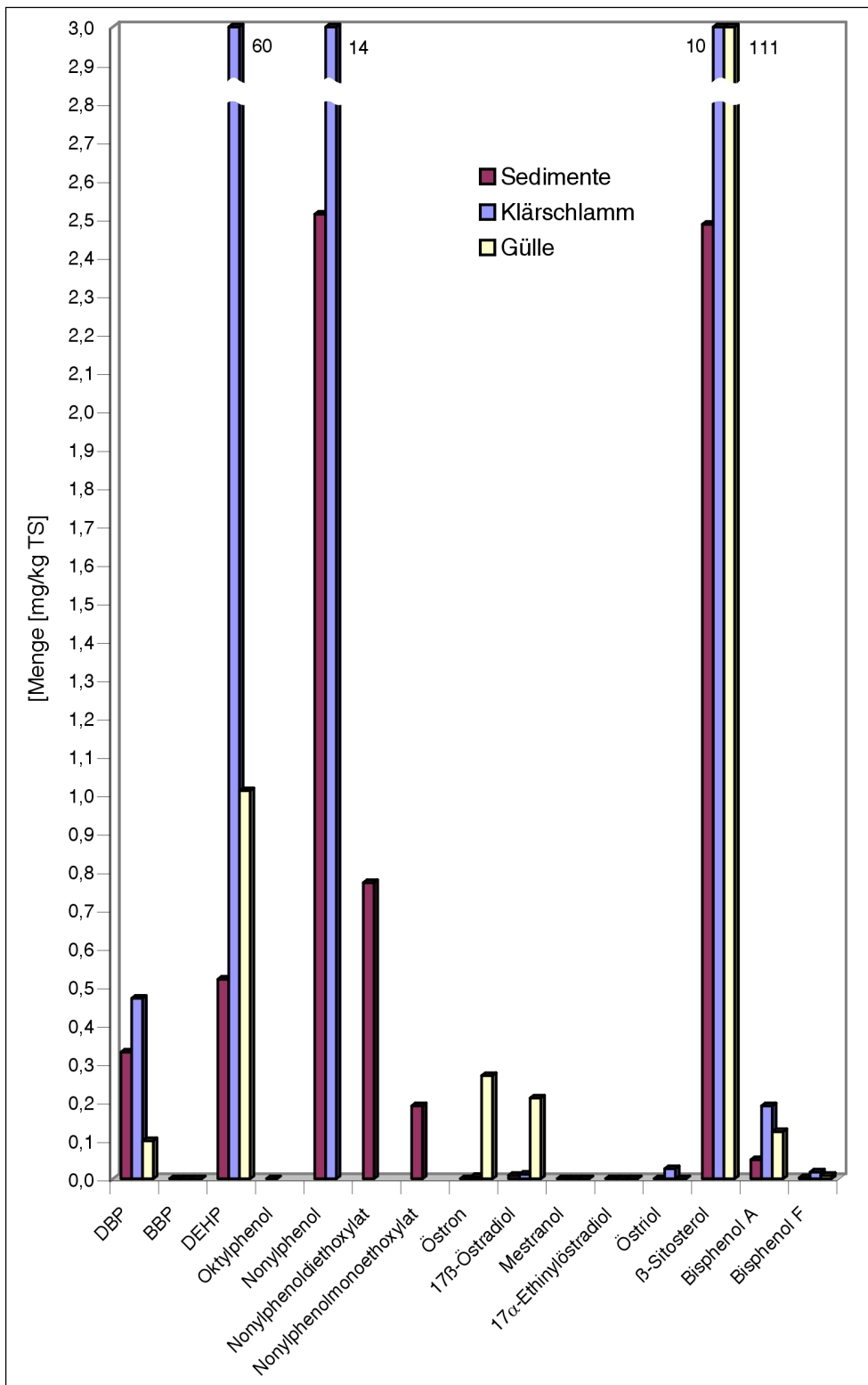


Abb. 9: Phthalate, Östrogene und Bisphenole in Sedimenten, Klärschlamm und Gülle im Land Brandenburg

Die grafische Darstellung des Medians der Messwerte der Tabelle 4 für Brandenburger Sedimente, Klärschlamm und Gülle ist in Abbildung 9 dargestellt.

Darüber hinaus wurden in dem Projekt „Bodennormwerte für das Land Brandenburg“ des Landesumweltamtes Brandenburg über die Jahre 1994–1998 Untersuchungen zu organi-

schen Schadstoffen und Schwermetallen verschiedener Bodenarten durchgeführt und zahlreiche relevante organische Bodenschadstoffe bestimmt (MÖLLER ET AL., 1998).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen für endokrin wirksame Substanzen in Brandenburger Böden sind in Abbildung 10 dargestellt.

## 6.1 Eintrag endokrin wirksamer Arzneimittel im Land Brandenburg

Zur Ermittlung des Eintrages an endokrin wirksamen Arzneimitteln mussten im Vorfeld die Menge der in einem Jahr im Land Brandenburg verabreichten Arzneimittel recherchiert und hinsichtlich verordneter Wirkstoffmengen/Jahr analysiert werden. Die Daten stammen aus dem Jahre 1999. In diesem Zusammenhang wurden Daten des Apothekenmarktes (ambulanter Apothekenmarkt und Krankenhausapotheken) ausgewertet (ABBAS ET AL., 2000). Nach Auswertung der Daten und entsprechender Hochrechnung für das Land Brandenburg ergeben sich die in Abbildung 11 dargestellten Mengen an verabreichten endokrin wirksamen Arzneimitteln (ABBAS ET AL., 2000).

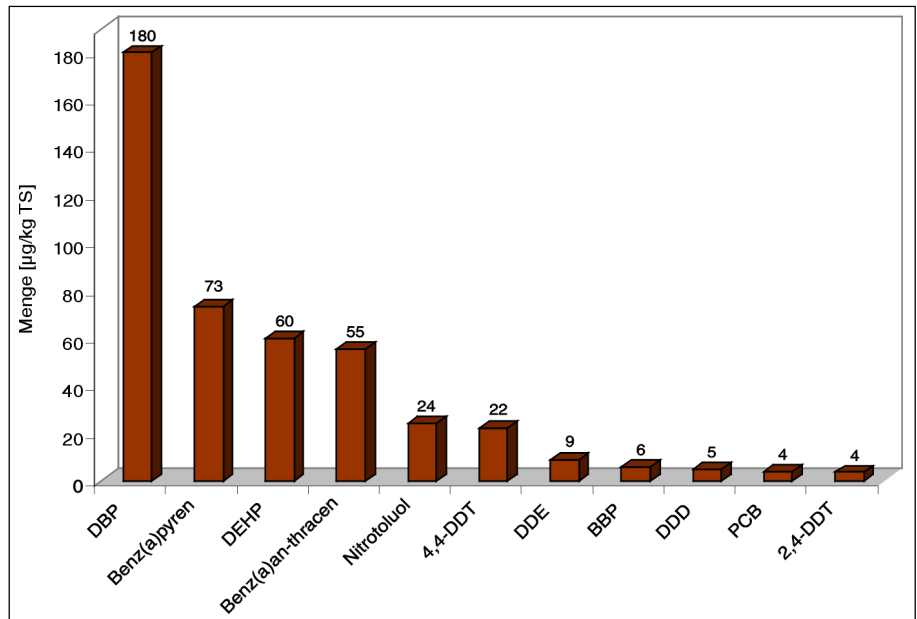


Abb. 10: Konzentrationen endokrin wirksamer Substanzen (Mittelwert) in verschiedenen Brandenburger Böden (MÖLLER ET AL., 1998)

Daraus wird ersichtlich, dass der Haupteintrag an endokrin wirksamen Arzneimitteln in der Summe durch die oralen Kontrazeptiva erfolgt, d.h. durch die synthetischen Sexualhormone Levonorgestrel, Norethisteron, Norethisteronacetat, Medroxyprogesteron, 17 $\alpha$ -Ethinylöstradiol, Hydroxyprogesteroncaproat, Mestranol, Testosteron und Östriolvalerat. Die Zytostatika Flutamid, Tamoxifen, Megestrol, Aminoglutethimid und Fosfestrol sowie das Diuretikum Spironolacton als auch das Prostatamittel  $\beta$ -Sitosterol spielen mengenmäßig dabei eine untergeordnete Rolle (Abb. 12). Zudem wird  $\beta$ -Sitosterol als Bestandteil vieler Pflanzen (z.B. Hopfen, Mais) täglich mit der üblichen Nahrung in großen Mengen (z.B. Mensch ca. 150–300 mg) von den Organismen aufgenommen.

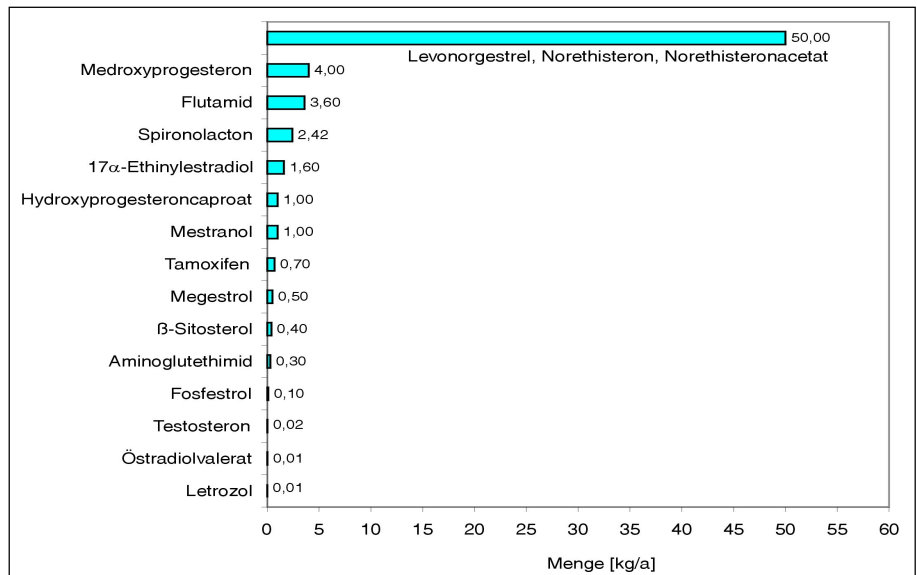
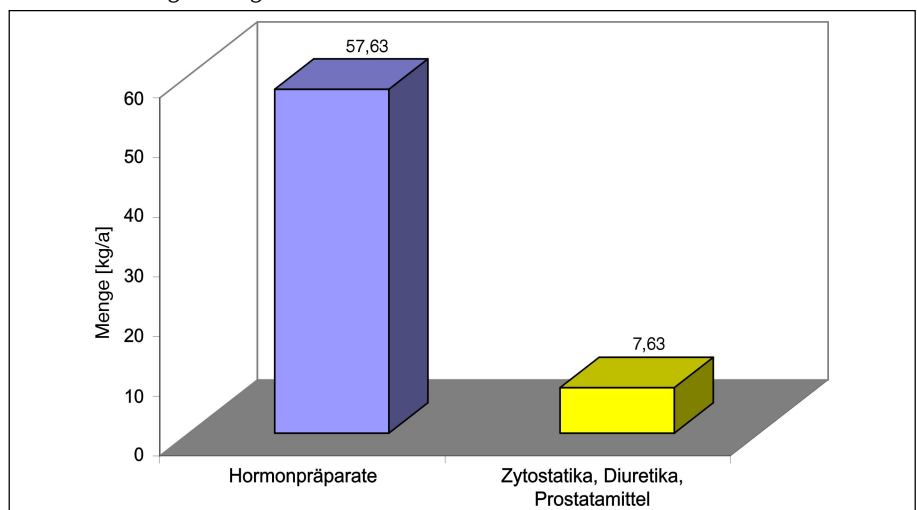
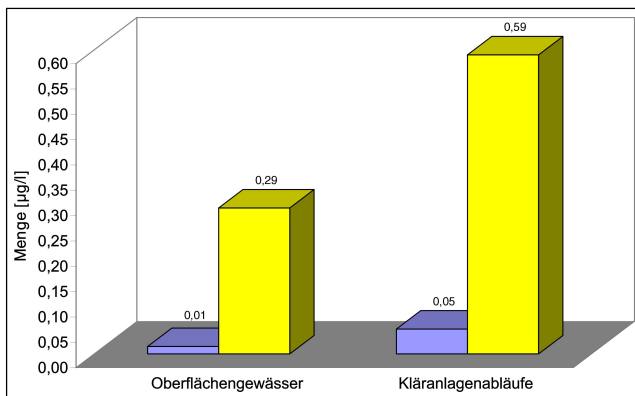


Abb. 11: Endokrin wirksame Arzneimittel im Land Brandenburg (1999 verabreichte Mengen in kg/a)

Die ausgeschiedenen natürlichen und synthetischen Sexualhormone gelangen über den Abwasserpfad in die biologische Abwasseraufbereitung, wo organische Verbindungen unter aeroben Reaktionsbedingungen abgebaut werden. Während synthetische Sexualhormone, mit Ausnahme von 17 $\alpha$ -Ethinylöstradiol und Mestranol, bereits nach mehreren Tagen abgebaut waren, dauerte dieser Prozess bei den natürlichen Sexualhormonen mehrere

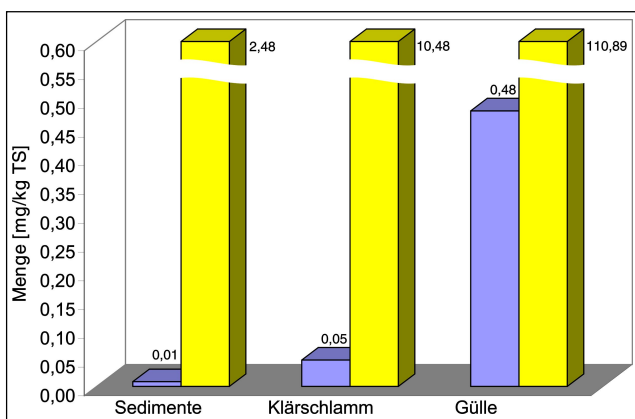
Abb. 12: Endokrin wirksame Arzneimittel im Land Brandenburg (1999 verabreichte Mengen in kg/a)





■ Hormonpräparate  
■ β-Sitosterol

Abb. 13: Mengen endokrin wirksamer Arzneimittel in Brandenburger Oberflächengewässern und Kläranlagenabläufen (WENZEL ET AL., 1998)



■ Hormonpräparate  
■ β-Sitosterol

Abb. 14: Mengen endokrin wirksamer Arzneimittel in Brandenburger Sedimenten, Klärschlamm und Gülle (WENZEL ET AL., 1998)

Wochen (TURAN, 1995). Dies zeigt, dass die synthetischen Sexualhormone, obwohl sie chemisch betrachtet viel stabiler sind, schneller abgebaut werden als die natürlichen.

Abbildungen 13 und 14 zeigen die aus einer Studie (WENZEL ET AL., 1998) analysierten Mengen an natürlichen und synthetischen Östrogenen wie Östron, 17β-Estradiol, Mestranol, 17α-Ethinylöstradiol und Östriol sowie β-Sitosterol in Brandenburger Oberflächengewässern, Kläranlagenabläufen sowie Sedimenten, Klärschlamm und Gülle.

Endokrin wirksame Tierarzneimittel sind 1998/99 nach unseren Recherchen in Brandenburg nicht zur Anwendung gekommen (LINKE ET AL., 2000).

## 6.2 Eintrag endokrin wirksamer Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Land Brandenburg

Der Eintrag von endokrin wirksamen Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (PSM) erfolgt hauptsächlich über den Pfad Boden → Fließgewässer bzw. Grundwasser. Die Eintragspfade Abwasser und Luft spielen in Brandenburg keine gravierende Rolle, da es

- nur einen PSM-herstellenden Betrieb in Brandenburg gibt (Jahresproduktion von ca. 1.500 t) und
- die im Land Brandenburg anfallenden Mengen an Alt-PSM und Produktionsabfällen von PSM aufgrund ihres Entsorgungsweges – Sonderabfallverbrennung – für den Abwasserpfad und Luftpfad vernachlässigt werden können.

In analoger Verfahrensweise wie bei den Arzneimitteln wurden die in einem Jahr (1998–1999) in Brandenburg in Verkehr gebrachten endokrin wirksamen PSM ermittelt (HOYER ET AL., 2000) (Abb. 15). Daneben wurden Daten zu endokrin wirksamen PSM in Oberflächengewässern aus der Literatur recherchiert. Nach Auswertung beider Datenquellen können so Umweltgefährdungspotentiale bzw. Aussagen zur Ökotoxikologie abgeleitet werden.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die aus der Literatur recherchierten Daten zu endokrin wirksamen Substanzen, besonders bei den PSM, viele Stoffe enthalten, die in Deutschland gegenwärtig nicht mehr zugelassen sind, z.B. DDT, Atrazin u.a. Derartige Stoffe können demzufolge auch nicht bei den 1998–1999 in Verkehr gebrachten PSM (Abb. 15) enthalten sein.

Tabelle 5 und Abbildung 16 zeigen die Messergebnisse der in Brandenburger Oberflächen-/Fließgewässern ermittelten Daten verschiedener endokriner PSM (GÜLDEN ET AL., 1997) (LAWA, AK, 1998).

Viele nicht mehr in der Bundesrepublik Deutschland zugelassene PSM werden in den aktuellsten Messungen nicht mehr berücksichtigt und fehlen deshalb ebenfalls in der Abbildung 16. Hierzu liegen auch keine Daten des Bundes vor.

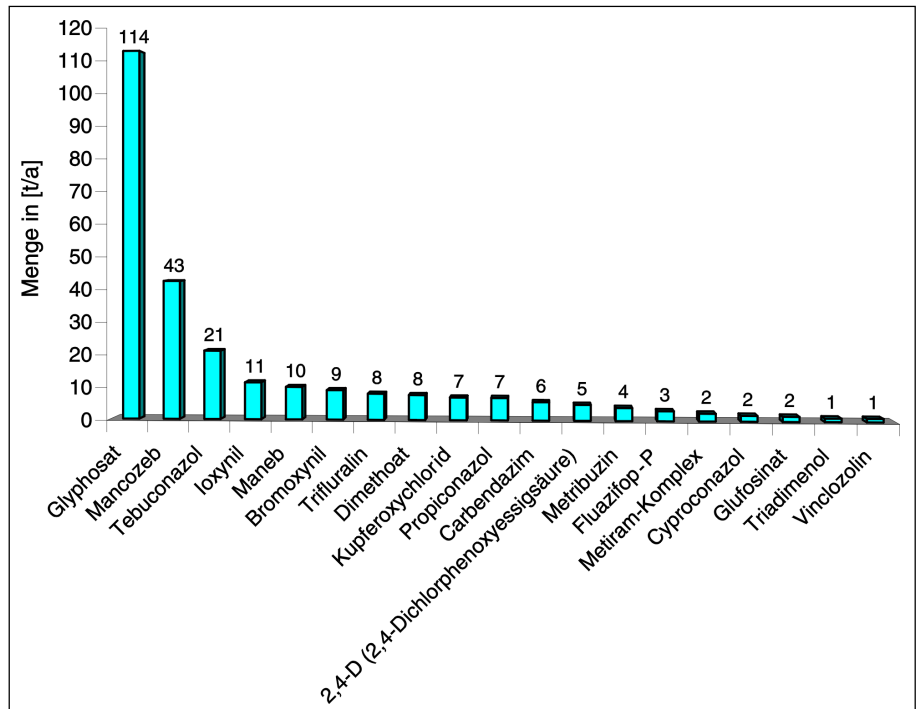


Abb. 15: In Verkehr gebrachte endokrin wirksame Pestizide im Land Brandenburg bezogen auf die Jahre 1998–1999 (HOYER ET AL., 2000)

Pestizid	1994 Menge [ $\mu\text{g/l}$ ]	1995 Menge [ $\mu\text{g/l}$ ]	1996 Menge [ $\mu\text{g/l}$ ]	Bemerkungen
Atrazin	keine Daten	< 0,04	< 0,05	BG
DDT	0,65	keine Daten	keine Daten	Mittelwert
DDE	< 0,01	keine Daten	keine Daten	BG
DDD	< 0,01	keine Daten	keine Daten	BG
Dichlovos	keine Daten	keine Daten	< 0,01	BG
Dieldrin	< 0,01	keine Daten	keine Daten	Mittelwert
Dimethoat	keine Daten	keine Daten	< 0,01	BG
Diuron	keine Daten	keine Daten	< 0,05	BG
Endosulfan	< 0,05	keine Daten	< 0,01	BG
Lindan	< 0,01	keine Daten	< 0,005	BG
Malathion	keine Daten	keine Daten	< 0,01	BG
Parathion-methyl	keine Daten	keine Daten	< 0,01	BG
Simazin	keine Daten	keine Daten	< 0,05	BG
Trifluralin	keine Daten	keine Daten	< 0,01	BG

Tab. 5: Endokrine Pestizide in Brandenburger Oberflächengewässern (1994–1996) (GÜLDEN ET AL., 1997) (LAWA, AK, 1998)

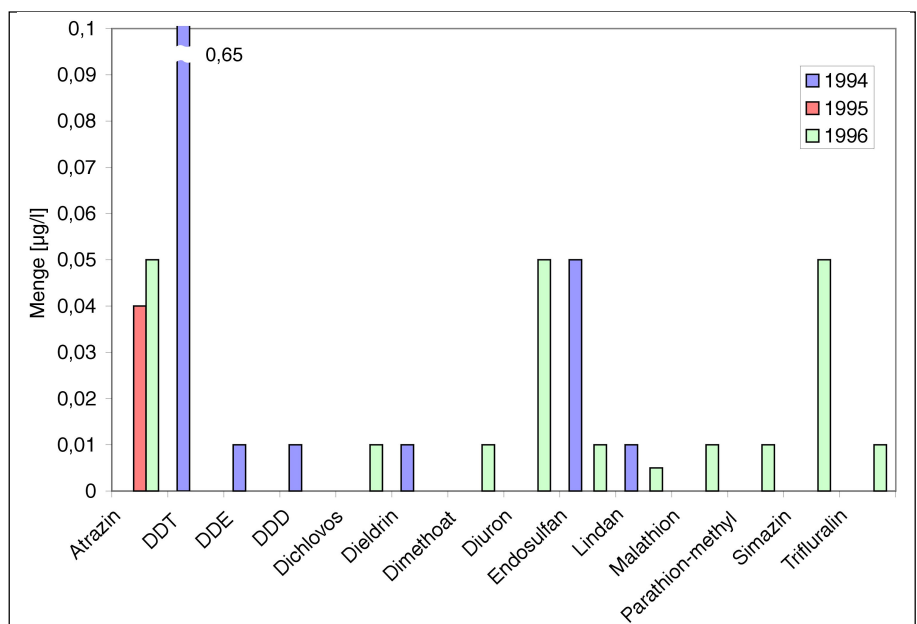


Abb. 16: Endokrin wirksame Pestizide in Oberflächengewässern im Land Brandenburg (1994–1996) (GÜLDEN ET AL., 1997) (LAWA, AK, 1998)

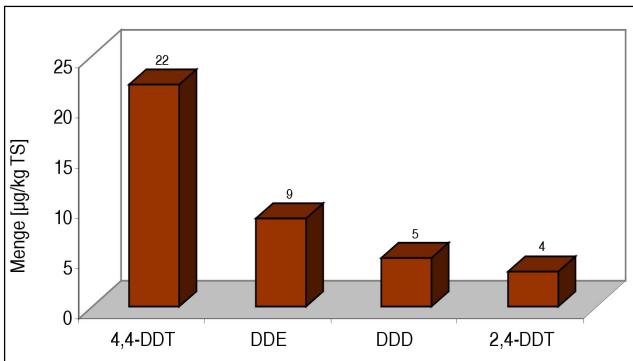


Abb. 17: Endokrin wirksame Pestizide in Brandenburger Böden (MÖLLER ET AL., 1998)

Die über die Jahre 1994–1997 in Brandenburgischen Böden verschiedener Nutzungen/Standorte im Mittel gemessenen Daten (MÖLLER ET AL., 1998) zu endokrin wirksamen PSM sind in Abbildung 17 dargestellt. Bei den PSM Atrazin, HCB, HCH, Lindan, PCP, Simazin und Triazin lagen die gemessenen Werte < 1 µg/kg TS Boden. Das endokrin wirksame Herbizid Paraquat konnte in den dort getesteten Bodenproben nicht nachgewiesen werden. Nur 4,4-DDT wurde bei mengenrelevanten Konzentrationen von 2–99 µg/kg TS Boden bzw. deren Metabolite bei Werten von 1–24 µg/kg TS Boden nachgewiesen.

Ältere Studien wiesen deutlich höhere Gehalte an Chlorpestiziden in Brandenburger Böden nach (KUJAWA ET AL., 1997; SCHNAAK ET AL., 1995; SCHNAAK ET AL., 1996).

Die Konzentrationen an Chlorpestiziden (DDT und HCB sowie deren Isomere) in anderen Umweltmedien sind wesentlich höher (KUJAWA ET AL., 1997). So lagen die Belastungen an Chlorpestiziden in Brandenburger Klärschlämmen (Medianwerte) bei 154–200 µg/kg TS (frischer bzw. abgelagerter), in Kläranlagenabläufen bei 41,6 µg/l und in Komposten bei 116 µg/kg TM (KUJAWA ET AL., 1997).

### 6.3 Eintrag endokrin wirksamer Schwermetalle/Metall- und Organohalogenverbindungen im Land Brandenburg

Zu den aus der Literatur recherchierten endokrin wirksamen Schwermetallen/Metall- und Organohalogenchemikalien zählen die folgenden Stoffe:

Schwermetalle/Metallverbindungen	Organohalogen-Verbindungen
Blei	Dioxine/ Furane
Cadmium	PBB's
Methylquecksilber	PCB's
Quecksilber	PCP (Pentachlorphenol)
Organische Zinnverbindungen	Polychlorierte Hydroxybiphenyle
	Polychlorierte Terphenyle (PCT)
	PCT - Aroclor 5442

Obwohl einige dieser Stoffe in Deutschland schon seit Jahren nicht mehr hergestellt werden (z.B. PCB), bestimmten Verwendungsverbote unterliegen bzw. in ihrer Anwendung stark eingeschränkt wurden (z.B. TBT), sind sie aufgrund ihrer Persistenz sowie des Neueintrages infolge von Verbrennungsprozessen nach wie vor in verschiedenen Umweltmedien anzutreffen. Das betrifft hauptsächlich die Umweltmedien Boden und Wasser/Sedimente, die als Senken fungieren.

Zu den o.g. Schwermetallen/Metallverbindungen bzw. Organohalogen-Verbindungen waren im Gesamtprojekt zu den Brandenburger Bodenwerten (MÖLLER ET AL., 1998) keine Messergebnisse, mit Ausnahme von PCB und den chlorierten Terphenylen, enthalten. Chlorierte Terphenyle wurden nach dieser Studie in keiner der analysierten Bodenproben nachgewiesen, so dass diese Stoffgruppe für das Land Brandenburg als nicht relevant angesehen wird.

Bei den PCB's, zu denen insgesamt 209 Einzelsubstanzen (sog. Kongenere) gehören, wurden in Brandenburger Böden entsprechend der BBodSchV die Ballschmitter Kongenere PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 und zusätzlich PCB 118 bestimmt (DIN 38414 – S20, GC-MSD). Diese waren in der Summe in Bereichen von 1,9 µg/kg TS Boden (Rekultivierungsflächen) bis 5,8 µg/kg TS Boden (Flussauen) analysiert worden (MÖLLER ET AL., 1998).

Andere Studien weisen PCB-Gehalte bis maximal 16 µg/kg TS Boden (KUJAWA ET AL., 1997) nach. In Bereichen definierter Emittenten (Böden ehemaliger Agrochemischer Zentren) sind vereinzelt auch höhere Konzentrationen an PCB, z.B. PCB 101 1.127 µg/kg TS, (SCHNAAK ET AL., 1996) bestimmt worden, die aber aufgrund ihrer Spezifik bei unserer Betrachtung vernachlässigt werden.

Deutlich höhere PCB-Gehalte findet man dagegen in frischen bzw. abgelagerten Klärschlämmen, Kläranlagenabläufen und Komposten (Abb. 18) (KUJAWA ET AL., 1997).

PCB-Messungen aus dem Jahre 1994 in Oberflächengewässern des Landes Brandenburg (GÜLDEN ET AL., 1997) ergaben PCB-Konzentrationen, die in der Summe fast ausschließlich unterhalb der dortigen Nachweisgrenze von 0,01 µg/l lagen.

Bei der Dioxinbelastung Brandenburger Böden, Klärschlämme, Kläranlagenabläufe und Komposte verhält es sich insgesamt analog, wie den PCB's.

In Oberböden ländlicher Gebiete liegen die PCDD/F-Belastungen im Mittel zwischen 1–2 ng ITE/kg Boden (KUJAWA ET AL., 1997). Auch hier sind nur in Bereichen definierter Emittenten gering erhöhte PCDD/F-Konzentrationen beobachtet worden. Die PCDD/F-Gehalte von Klärschlämme betragen 14,4–29,0 ng ITE/kg Boden, Kläranlagenabläufen 0,014 ng ITE/l und Komposten von 10,9 ng ITE/kg TM (KUJAWA ET AL., 1997).

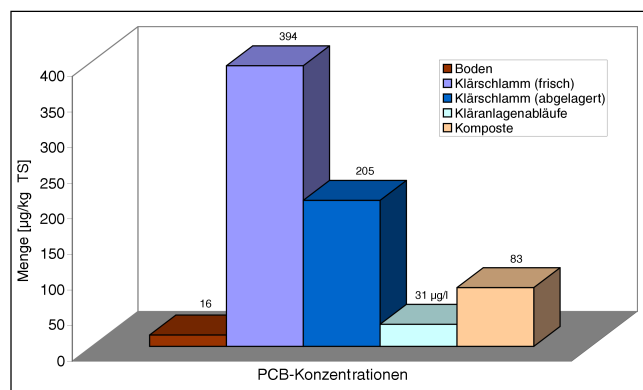


Abb. 18: PCB-Konzentrationen in Brandenburger Böden, Klärschlamm, Kläranlagenabläufen und Komposten (KUJAWA ET AL., 1997)



Untersuchungen zu den endokrin wirksamen Metallen Blei, Cadmium und Quecksilber ergaben für Brandenburg folgende Boden-Hintergrundwerte (Medianwerte) (SCHULZ-STERNBERG, 2000) und Klärschlamm-Konzentrationen (LELF, 2000) gemäß Tabelle 6.

Tab. 6: *Boden-Hintergrundwerte und Klärschlamm-Konzentrationen endokrin wirksamer Metalle im Land Brandenburg (SCHULZ-STERNBERG, 2000) (LELF, 2000)*

	Boden-Hintergrundwerte [mg/kg]	Klärschlamm-Konzentrationen [mg/kg TS]
Blei	1,00 - 68,59	59,30
Cadmium	0,10 - 0,27	1,60
Quecksilber	< 0,05	1,60

Tributylzinn wurde in Brandenburger Fließgewässern nur in geringen Konzentrationen (< 0,1 µg/l) gemessen (LAWA, AK, 1998). In Klärschlamm betragen die TBT-Konzentrationen 1994 je nach Einzugsgebiet der Kläranlagen 0,054–0,98 mg/kg TS (SCHNAAK ET AL., 1995).

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Organozinnverbindungen aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums (Antifoulingfarben, Pestizide, Holzschutzmittel, Stabilisator und Katalysator in der Kunststoff-Herstellung u.a. - APPEL ET AL., 2000) dieser Gruppe zugeordnet wurden. In der Literatur sind Organozinnverbindungen, insbesondere das TBT, vielfach in PSM-Studien/Berichten zu finden.

## 6.4 Eintrag sonstiger endokrin wirksamer Umweltchemikalien

Zu den weiteren bedeutsamen endokrin wirksamen Stoffen zählen die Phthalate, die Phytoöstrogene/Mykotoxine und zahlreiche Organo-Verbindungen gemäß den folgenden Übersichten.

### Endokrin wirksame Phthalate

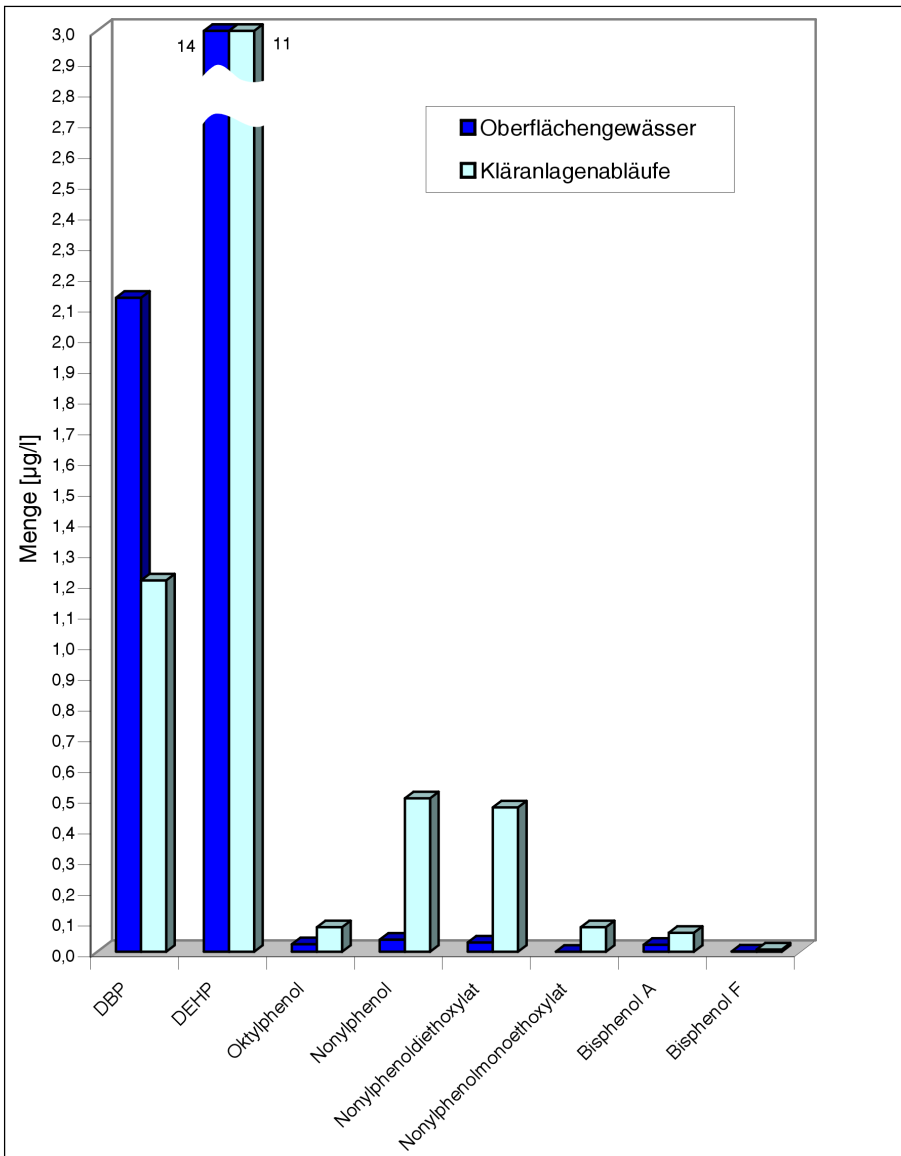
Benzylbutylphthalate (BBP)	Di-n-butylphthalate (DBP)
Dicyclohexylphthalate (DCHP)	Di-n-hexylphthalate (DHP)
Diethylhexylphthalat (DEHP)	Di-n-pentylphthalate (DPP)
Diethylphthalate (DEP)	Dipropylphthalate (DprP)

### Endokrin wirksame Phytoöstrogene/Mykotoxine

Apigenin	Equol	Luteolin	Secoisolariciresinol
Biochanin A	Ergosterin	Matairesinol	β-Sitosterol
Butin	Formononetin	4-Methoxycoumestrol	Sitosteron
Campesterol	Genistein	Naringenin	Stigmasterin
Citral	Glycitin	Panoferyl	Terahydrocannabinol
Coumestrol	Indol-[3,2-b]-carbazol	Phloretin	Toxaphen
Daidzein	carbazol	Quercetin	Zearalenol
Enterodiol	Kaempferol	Resveratrol	Zearalenon
Enterolacton	Laktone		

### Andere endokrin wirksame Umweltchemikalien

Alkylphenoethoxylate	Heptylphenol
Alkylphenolcarboxylate	Hexylphenol
Benzophenon	Hydroxyacetophenon
Benz(a)anthracen	Hydroxybenzoesäure
Benz(a)pyren	Methylchloanthren
Bis-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	Naphthol
Bis(hydroxyphenyl)-methan	Nitrotoluol
Bisphenol A	Nonylphenol
Bisphenol A-dimethacrylat	Nonyphenoldiethoxylat
Bisphenol F	Nonyphenolmonoethoxylat
Butylbenzol	Nonyphenoxyacetat
Butylhydroxyanisol (BHA)	Oktachlorstyrol
Cholesterin	Oktylphenol
Dichloranilin (DCA)	Pentylphenol
Dihydroxybiphenyl	Phenolrot
Dihydroxybenz(a)-anthracen	Phenylhydroxyphenylmethane
Diphenylethan	Phenylsiloxane
Diphenylether	Polyethoxysorbitanmonooleat
Diphenylethylen	Styrol
Diphenylhexamethylcyclotetrasiloxan	Triphenylmethan
Diphenylpropan	Triphenylethylen



Entsprechend der Vorkommen dieser Substanzen (Tab. 3) erfolgt auch hier der Eintrag in die Umwelt hauptsächlich über das Abwasser → Kläranlagenablauf → Fließgewässer → Grundwasser oder Abwasser → Klärschlamm → Boden → Grundwasser bzw. Deponie → Grundwasser.

Abbildungen 19 und 20 zeigen die in Brandenburger Oberflächengewässern, Abläufen von Kläranlagen, Sedimenten, Klärschlamm und Gülle gemäß Tabelle 4 analysierten Phthalate, Bisphenole (WENZEL ET AL., 1998) und Alkylphenole (FROMME ET AL., 1998) – während Abbildung 21 die in Brandenburger Böden bestimmten Konzentrationen von Phthalaten, Alkylphenolen und speziellen Organo-Verbindungen (MÖLLER ET AL., 1998) wiedergibt.

Abb. 19: Phthalate, Alkylphenole und Bisphenole in Oberflächengewässern und Kläranlagenabläufen im Land Brandenburg (WENZEL ET AL., 1998; FROMME ET AL., 1998)

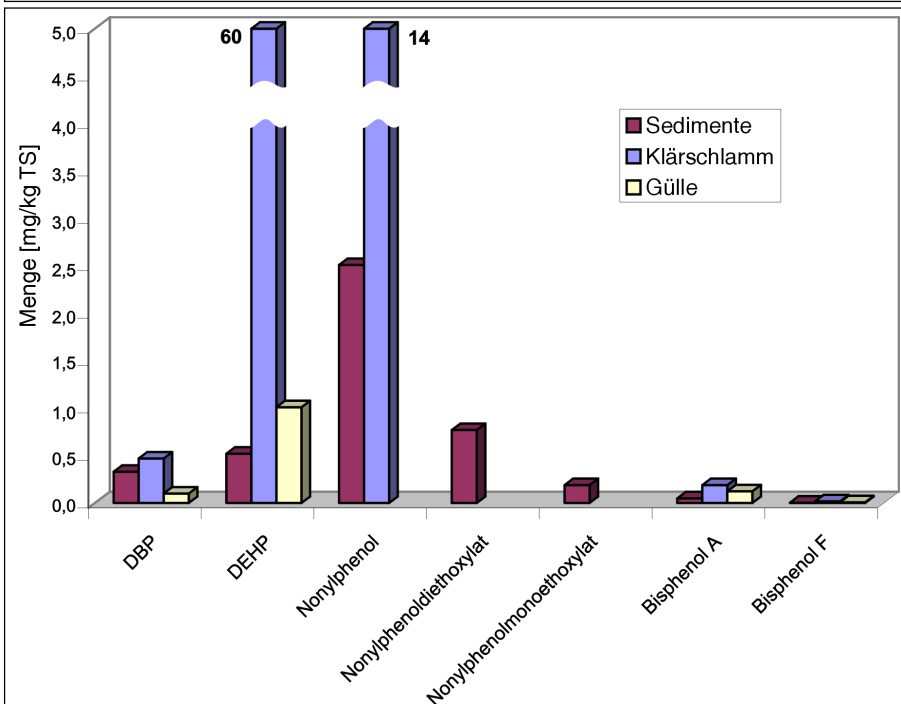


Abb. 20: Phthalate, Alkylphenole und Bisphenole in Sedimenten, Klärschlamm und Gülle im Land Brandenburg (WENZEL ET AL., 1998; FROMME ET AL., 1998)

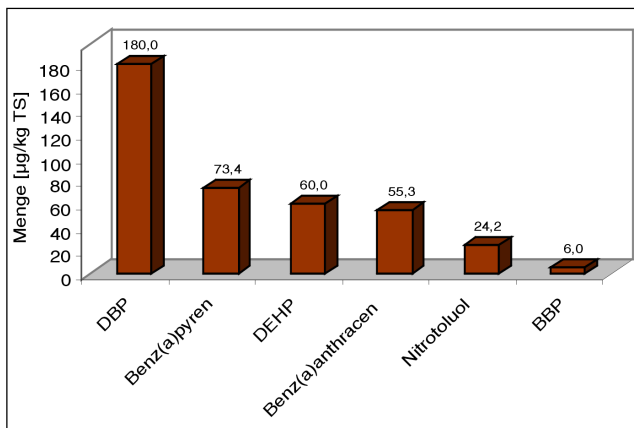


Abb. 21: Endokrin wirksame Organo-Verbindungen in Brandenburger Böden (MÖLLER ET AL., 1998)

## 7 Integration von endokrin wirksamen Stoffen in zukünftige Umweltmonitoring Messprogramme des Landesumweltamtes Brandenburg

Die mit dieser Studie zusammengetragenen Daten zeigen, dass endokrin wirksame Substanzen in Verkehr gebracht und in verschiedenen Umweltmedien des Landes Brandenburg in unterschiedlichsten Konzentrationen nachgewiesen werden konnten. Aufgrund der erheblichen Auswirkungen im Bereich der Öko- und Humantoxikologie sollte diesen Substanzen größte Aufmerksamkeit gewidmet werden (Vorsorgeprinzip).

Es hat sich gezeigt, dass der Haupteintrag dieser Stoffe im Land Brandenburg vermutlich durch das Abwasser und die Hauptanreicherung in den Kläranlagenabläufen, Klärschlämmen und Komposten erfolgt.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass in Brandenburg jährlich ca. 30.000 t Klärschlamm eingesetzt, d.h. auf Brandenburger Böden aufgebracht werden, ist dies für alle Umweltmedien, insbesondere den Boden, von entscheidender Bedeutung (LELF, 2000). Analoges ergibt sich für Fließgewässer mit einem hohen Anteil an kommunalen aber auch industriellen Abwässern.

Nach Auswertung der analytischen Daten spielen die Stoffgruppen der **Phthalate**, der **Alkylphenole**, der **Sexualhormone** sowie die Substanzen **PCB**, **Bisphenol A**, **Bisphenol F** und **Tributylzinn** eine dominierende Rolle im Land Brandenburg.

Pestizide wurden im Bericht nicht als Messparameter ausgewiesen, da diese bereits im Untersuchungsprogramm zum Grundwasser/Oberflächenwasser des LUA berücksichtigt werden.

Nur im Rahmen langfristiger Beobachtungen/Messungen können Veränderungen des Belastungsgrades dieser endokrin wirksamen Stoffe bzw. Stoffklassen in den verschiedenen Umweltmedien bestimmt und entsprechend ausgewertet werden.

Das bestehende unzureichende Datenmaterial lässt zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine ökotoxikologischen Rückschlüsse und das Ableiten entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu.

## 8 Zusammenfassung

Die Problematik der Umweltchemikalien, welche direkt oder indirekt auf das endokrine System bei Organismen einwirken, hat in den letzten Jahren durch unerwartete, bis dahin nicht bekannte Effekte bei Fischen und Wirbellosen (meist Mollusken) an Bedeutung gewonnen. Inzwischen ist für eine beachtliche Zahl von Chemikalien die hormonelle Wirksamkeit beschrieben und auf entsprechende biozönotische Folgen durch verschiedene Untersuchungen aufmerksam gemacht worden.

Die endokrin wirksamen Substanzen sind von hoher ökologischer und ökotoxikologischer Bedeutung, da sie das hormonelle System von Organismen und damit der Fortpflanzung und Entwicklung beeinflussen und so oftmals bleibende und unerwünschte Veränderungen verursachen.

Diese negative Einwirkung auf die Reproduktion der Organismen kann entscheidende Auswirkungen auf der Ebene von Populationen und Ökosystemen, d.h. auf die Biodiversität und Stabilität von Ökosystemen, haben. Man muss diesen Stoffen daher große Aufmerksamkeit bzgl. ihres ökotoxikologischen Wirkpotentials schenken.

Mit der vorliegenden Arbeit wurden, nach intensivem Literaturstudium, die wissenschaftlich ermittelten endokrin wirksamen Substanzen zusammengestellt, Wirkungsmechanismen, Vorkommen, Testmethoden und Eintrag in verschiedene Umweltmedien beschrieben und in ihrer Relevanz für das Land Brandenburg diskutiert.

Es hat sich herausgestellt, dass der Haupteintrag dieser Stoffe im Land Brandenburg vermutlich durch das Abwasser und die Hauptanreicherung in den Kläranlagenabläufen, Klärschlämmen und Komposten erfolgt. Damit werden die Umweltkompartimente Wasser und Boden am stärksten beeinflusst. Dabei hat der Boden in den natürlichen Stoff-/Energiekreisläufen und im Naturhaushalt eine zentrale Rolle und einen wesentlichen Einfluss auf die Ausprägung der Ökosysteme.

Unter Berücksichtigung und Auswertung dieser Daten sind die im Land Brandenburg relevanten endokrin wirksamen Stoffe aufgezeigt und entsprechende Empfehlungen für das Umweltmonitoring-Programm des Landesumweltamtes Brandenburg abgeleitet worden.

# Verzeichnisse

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr(e)	HCH	Hexachlorcyclohexan
ADI-Wert	accetable daily intake-Wert; zulässige tägliche Aufnahmemenge	Hg	Quecksilber
AOEL	acceptable operator exposure level; zulässige Anwenderexposition	ITEq	internationale Toxizitätsäquivalente
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung	KG	Körpergewicht
BBP	Benzyl-Butylphthalat	LELF	Landesamt für Ernährung und Landwirtschaft
BG	Bestimmungsgrenze	LOEL	lowest observed effect level
BHA	t-Butyl-hydroxyanisol	LUA	Landesumweltamt Brandenburg
BLAC	Bund-/Länderausschuss Chemikaliensicherheit	MUNR	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	Na	Natrium
BUA	Beratergremium umweltrelevanter Altstoffe	NOEL	no observed effect level
Cd	Cadmium	OECD	Organisation on Economical Cooperation and Development
2,4-D	2,4-Dichlorphenoxyessigsäure	Pb	Blei
DBCP	Dibromchlorpropan	PBB	Polybromierte Biphenyle
DBP	Di-n-butylphthalat	PCB	Polychlorierte Biphenyle
DCA	3,4-Dichloranilin	PCDD/F	polychlorierte Dibenzodioxine/furane
DCHP	Dicyclohexylphthalat	PCP	Pentachlorphenol
DDC	Dimethyldithiocarbamate	PCT	polychlorierte Terphenyle
DDE	1,1-Dichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl)ethen	PSM	Pflanzenschutz- u. Schädlingsbekämpfungsmittel
DDD	1,1-Dichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl)-ethan	RE	Response Elements
DDT	1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl)-ethan	RNA	Ribonukleinsäure
DEHA	Bis-(2-ethyl-hexyl)adipat	2,4,5-T	2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure
DEHP	Diethylhexylphthalat	TBT	Tributylzinn
DEP	Diethylphthalat	TBTO	Tributylzinnoxid
DES	Diethylstilboestrol	TCDD/F	Tetrachlordibenzodioxine/furane
DNA	Desoxyribonukleinsäure	TDI-Wert	tolerable daily intake-Wert; tolerierbare tägliche Aufnahmemenge
DHP	Di-n-hexylphthalat	TQE	dulbare tägliche Aufnahmemenge
DPP	Di-n-pentylphthalat	TS	Trockensubstanz
DprP	Dipropylphthalat	Tween 80	Polyethoxysorbitanmonooleat
EPA	Environmental Protection Agency	UBA	Umweltbundesamt
E-RmRNASF	estrogen-regulated mRNA stabilizing factor	VCI	Verband der chemischen Industrie
ETU	Ethylenharnstoff	WHO	Weltgesundheitsorganisation
HCB	Hexachlorbenzol	ZNS	Zentrales Nervensystem

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Endokrin wirksame Substanzen nach der durchgeführten Literaturrecherche Anhang, Seite ..
Tab. 2	Umweltdaten endokrin wirksamer Substanzen und deren Bedeutung für das Land Brandenburg Anhang, Seite ..
Tab. 3	Vorkommen von hormonell wirkenden Chemikalien in Artikeln des täglichen Gebrauchs
Tab. 4	Phthalate, natürliche und synthetische Östrogene und Bisphenole in Brandenburger Oberflächengewässern und anderen Matrizies (WENZEL ET AL., 1998)
Tab. 5	Endokrine Pestizide in Brandenburger Oberflächengewässern (1994–1996) (GÜLDEN ET AL., 1997) (LAWA, AK, 1998)
Tab. 6	Boden-Hintergrundwerte und Klärschlamm-Konzentrationen endokrin wirksamer Metalle im Land Brandenburg (SCHULTZ-STERNBERG, 2000) (LELF, 2000)

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Chemische Struktur von Steran (Steroide – Derivate des Sterans)
- Abb. 2 Chemische Struktur von Cholesterin  $C_{27}H_{46}OH$
- Abb. 3 Chemische Strukturen von Östron und Östradiol
- Abb. 4 Wirkungsschema – Hormonbindung an Rezeptor, Aktivierung und Auslösung einer spezifischen Reaktion
- Abb. 5 Wirkungsschema unter Einfluss hormonähnlicher Substanzen – Hormon-Imitat
- Abb. 6 Wirkungsschema unter Einfluss hormonähnlicher Substanzen – Hormonblockierung
- Abb. 7 Chemische Strukturen von hormonell wirksamen Substanzen
- Abb. 8 Phthalate, Östrogene und Bisphenole in Oberflächengewässern und Abläufen von Kläranlagen im Land Brandenburg
- Abb. 9 Phthalate, Östrogene und Bisphenole in Sedimenten, Klärschlamm und Gülle im Land Brandenburg
- Abb. 10 Konzentrationen endokrin wirksamer Substanzen (Mittelwert) in verschiedenen Brandenburger Böden (MÖLLER ET AL., 1998)
- Abb. 11 Endokrin wirksame Arzneimittel im Land Brandenburg (1999 verabreichte Mengen in kg/a)
- Abb. 12 Summe der 1999 im Land Brandenburg verabreichten endokrin wirksamen Arzneimittel (ABBAS ET AL., 2000)
- Abb. 13 Mengen endokrin wirksamer Arzneimittel in Brandenburger Oberflächengewässern und Kläranlagenabläufen (WENZEL ET AL., 1998)
- Abb. 14 Mengen endokrin wirksamer Arzneimittel in Brandenburger Sedimenten, Klärschlamm und Gülle (WENZEL ET AL., 1998)
- Abb. 15 In Verkehr gebrachte endokrin wirksame Pestizide im Land Brandenburg bezogen auf die Jahre 1998–1999 (HOYER ET AL., 2000)
- Abb. 16 Endokrin wirksame Pestizide in Oberflächengewässern im Land Brandenburg (1994–1996) (GÜLDEN ET AL., 1997) (LAWA, AK, 1998)
- Abb. 17 Endokrin wirksame Pestizide in Brandenburger Böden (MÖLLER ET AL., 1998)
- Abb. 18 PCB-Konzentrationen in Brandenburger Böden, Klärschlamm, Kläranlagenabläufen und Komposten (KUJAWA ET AL., 1997)
- Abb. 19 Phthalate, Alkylphenole und Bisphenole in Oberflächengewässern und Kläranlagenabläufen im Land Brandenburg (WENZEL ET AL., 1998; FROMME ET AL., 1998)
- Abb. 20 Phthalate, Alkylphenole und Bisphenole in Sedimenten, Klärschlamm und Gülle im Land Brandenburg (WENZEL ET AL., 1998; FROMME ET AL., 1998)
- Abb. 21 Endokrin wirksame Organohalogen-Verbindungen in Brandenburger Böden (MÖLLER ET AL., 1998)

## Literaturverzeichnis

- ABBAS B.; KRATZ W. (2000): Humanarzneimittel in der Umwelt, Erhebung von Humanarzneimittelmengen im Land Brandenburg 1999. Band 25 – Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe (Hrsg.): Landesumweltamt Brandenburg, 28 S.
- ALLEN E., DOISY E. A. (1923): An ovarian hormone: Preliminary report on its localization, extraction and partial purification, and action in test animals. *Journal of the American Medical Association* 81, 819–821.
- ALLNER B. (1995): Effekte von endokrin wirksamen Substanzen auf Fische – Dargestellt am Beispiel der Wirkung von 3,4-Dichloranilin auf den Androgenmetabolismus des Stichlings. Fachgespräch „Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung“, UBA Berlin, 111 S.
- APPEL K. E.; BÖHME CH.; PLATZEK TH.; SCHMIDT E.; STINCHCOMBE ST. (2000): Organozinnverbindungen in verbrauchsnahen Produkten und Lebensmitteln. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 5 (2), 67–77.
- Arbeitsgruppe der Umweltministerkonferenz (1999): Entwurf Abschlussbericht „Ursachen der Klärschlammbelastung mit gefährlichen Stoffen. Maßnahmeplan“, 89 S.
- BAUDISCH CH.; PRÖSCH J. (2000): DDT- und Lindanexpositionen nach Anwendung von Holzschutzmitteln (Hylotox 59). *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 5 (3), 161–165.
- BÖHME CH. (1998): Chemikalien mit östrogenem Potential in Lebensmitteln und kosmetischen Mitteln. *Bundesgesundhbl.*, 8/98, 340–343.
- BRUHN T.; GÜLDEN M.; LUDEWIG S.; SEIBERT H. (1999): Einstufung von Schadstoffen als endokrin wirksame Substanzen. UBA Berlin, 143 S.
- BÜLBRING E.; BURN J. H. (1935): The estimation of oestrin and of male hormone in oily solution. *J. Physiol.* 85, 320–333.
- CARLSEN E.; GIMERCMAN A.; SKAKKERBAEK N. E. (1992): Evidence for decreasing quality of semen during past 50 years. *Brit. Med. J.* 305, 609–613.
- DANKWARDT A. (1998): Hormonell und reproduktionstoxisch wirksame Pestizide. *Umweltstiftung WWF-Deutschland*, 75 S.
- DEGEN G. (1995): Exposition und Wirkung von Östrogenen – Kenntnisse und Erfahrungen. Fachgespräch „Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung“, UBA Berlin, 111 S.
- DEGEN G.H.; FOTH H.; KAHL R.; KAPPUS H.; NEUMANN N. G.; OESCH F.; SCHULTE-HERMANN R. (1999): Hormonell aktive Substanzen in der Umwelt: Xenoöstrogene. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 4 (6), 367–374.
- DODDS E.,C.; GOLDBERG L.; LAWSON W.; ROBINSON R. (1938): Oestrogenic activity of certain synthetic compounds. *Nature* 141, 247 S.
- DORFMANN R. I.; DORFMANN A. S. (1953): The assay of estrogens in the chick by oral administration. *Endocrinology* 53, 301–305.
- FENT K. (1995): Endokrin wirksame Stoffe in der aquatischen Umwelt – Erkenntnisstand und Probleme. Fachgespräch „Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung“, UBA Berlin, 111 S.
- FROMME H.; OTTO TH.; PILZ K.; LAHRZ TH.; FÜHLING D. (1998): Expositionsmonitoring endokrin wirksamer Substanzen in verschiedenen Umweltkompartimenten. *BUNR Forschungsbericht* 216 02 001/12, 79 S.
- GREIM H. (1998): Hormonähnlich wirkende Stoffe in der Umwelt – Einführung und Sachstand. *Bundesgesundhbl.*, 8/98, 326–329.
- GÜLDEN M.; SEIBERT H. (1996): Synergistische Wirkungen von Xenoöstrogenen. *UWSF-Z., Umweltchem. Ökotox.*, 8 (5), 274–284.
- GÜLDEN M.; TURAN A.; SEIBERT H. (1997): Substanzen mit endokriner Wirkung in Oberflächengewässern. UBA Berlin 46/97, 362 S.
- HANSEN P.-D. (18.11.1997): Stellungnahme zum Artikel im Berliner Kurier vom 17.11.1997.
- HARBAUER GmbH & Co KG Ingenieurbüro für Umwelttechnik (1991): Harbauer Umweltkalender Altlastensanierung 1992/93, 161.

- HEGEMANN W.; BUSCH K. (2000): Untersuchungen zum Abbau endokrin wirksamer Substanzen in Kläranlagen. In: Chemische Stressfaktoren in aquatischen Systemen. Berlin, Schriftenreihe Wasserforschung 6.
- HOYER J.; KRATZ W. (2000): Erhebungen zu Wirkstoffmengen von Pflanzenschutzmitteln im Land Brandenburg, Bezugszeitraum 1998–1999. Band laufende Nummer – Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe (Hrsg.): Landesumweltamt Brandenburg, in Vorber.
- KROKER R.; SCHMÄDICKE I. (1998): Stellt die veterinärmedizinische Anwendung von steroidalen Sexualhormonen und ihren Abkömmlingen ein Risiko für die Umwelt dar?. Bundesgesundhbl., 8/98, 344–345.
- KUJAWA M.; SCHNAAK W.; DREHER P.; RAAB M.; GRÜN M.; HENSCHEL K.P.; KÜCHLER TH. (1997): Problematische organische persistente Stoffe in Böden, Klärschlämmen und Komposten des Landes Brandenburg, insbesondere Dioxone, PCB und Chlorpestizide. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des MUNR, 59 S.
- KUSSATZ C. (1999): Zielvorgaben für PSM-Wirkstoffe zum Schutz oberirdischer Binnengewässer. UBA-Texte 76/99
- LAN N. C.; KATZENELLENBOGEN B. S. (1976): Temporal relationship between hormone receptor binding and biological responses in the uterus: Studies with short- and longacting derivatives of estradiol. *Endocrinology* 98, 220–227.
- LAWA-AK „Qualitative Hydrologie der Fließgewässer“ (QHF), (1998): Wasserbeschaffenheit in ausgewählten Fließgewässern der Bundesrepublik Deutschland – Datensammlung Pestizide. UBA Berlin 56/98, 367 S.
- LELF, (2000): Klärschlammensatz auf landwirtschaftlichen Flächen im Land Brandenburg im Zeitraum 1994–1998. <http://www.brandenburg.de/lelf/a3/d31/0006/eklaer.htm>
- LINKE I.; KRATZ W. (2000): Tierarzneimittel in der Umwelt, Erhebung von Tierarzneimittelmengen in Brandenburg für den Zeitraum 07/98 bis 06/99. Band laufende Nummer – Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe (Hrsg.): Landesumweltamt Brandenburg, in Vorber.
- MÖLLER F.; SCHULZ V.; DORNBERGER U.; WENDLER F.; POHL A.; HUNDT I.; SCHÜTZE H.; BORSIG A.; MAHLER J.; WALSCH A. (1998): Bodennormwerte für das Land Brandenburg: Organische Schadstoffe und Schwermetalle. Gesamtprojekt 1994–1997, Forschungsbericht des Landesumweltamtes Brandenburg, 150 S.
- NIEMANN L.; HILBIG V.; PFEIL R. (1998): Pflanzenschutzmittel und Hormonsystem – Möglichkeiten gesundheitlicher Störungen und ihre Manifestation im Tierversuch. Bundesgesundhbl., 8/98, 330–335.
- PLUTA H.-J. (1995): Endokrine Wirkung von Umweltchemikalien auf Fische – aktuelle Untersuchungen. Fachgespräch „Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung“, UBA Berlin, 111 S.
- PRZYREMBEL H. (1998): Natürliche Pflanzeninhaltsstoffe mit Wirkung auf das Hormonsystem. Bundesgesundhbl., 8/98, 335–340.
- RABOWSKI H. (2000): Arzneimittelrückstände und endokrin wirkende Stoffe in der aquatischen Umwelt. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 99 S.
- RÖMBKE J.; KNACKER TH.; STAHLSCHEMIDT-ALLNER P. (1996): Arzneimittel in der Umwelt, Umweltprobleme durch Arzneimittel. UBA 60/96, 341 S.
- SAFE ST.H.; GAIDOX K. (1998): Phytoestrogens and anthropogenic estrogenic compounds. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 17 (1), 119–126.
- SCHÄFER W.; ZAHRADNIK H. P. (1995): Untersuchungen zur Wirkung von Umweltchemikalien auf die Fortpflanzung. Fachgespräch „Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung“, UBA Berlin, 111 S.
- SCHÄFER W. R.; ZAHRADNIK H. P.; FRIJUS-PLESSSEN N.; SCHNEIDER K. (1996): Anthropogene Substanzen mit unerwünschter Östrogenwirkung. *Umweltmedizin*, 1 (1), 35–42.
- SCHÄFER W. R.; ZAHRADNIK H. P.; BRÜCKNER B.; HERRMANN TH. (1997): Chlororganische Umweltchemikalien und Xeno-östrogene im menschlichen Endometrium. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 2 (4), 281–288.
- SCHENK D.; FÜRST P. (1999): Ableitung der tolerierbaren täglichen Dioxin-Aufnahme durch die WHO. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 4 (3), 163–167.
- SCHLUMPF M.; LICHTENSTEIGER W. (1996): Hormonaktive Xenobiotika – Störungen von Fortpflanzungs- und Entwicklungsprozessen. *UWSF-Z., Umweltchem. Ökotox.*, 8 (6), 321–332.
- SCHNAAK W.; DONAU R.; ENGELKE M.; HENSCHEL K. P.; JOHN TH.; KÜCHLER PLÖGER U.; RAAB M.; SCHIMMING G.; SÜß ENBACH D.; WRONSKI B.; ZYDEK G. (1995): Untersuchungen zum Vorkommen von ausgewählten organischen Schadstoffen im Klärschlamm und deren ökotoxikologische Bewertung bei der Ausbringung von Klärschlamm auf Böden sowie Ableitungen von Empfehlungen für Normwerte. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben A8 – 11/93 des LUA, 205 S.
- SCHNAAK W.; DREHER P.; RAAB M.; KÜCHLER TH.; BRZEZINSKI H.; KUJAWA M. (1996): Erfassung der stofflichen Belastung von Böden im Elbe-Elsterkreis mit PAH's, PCB's, Chlorpestiziden und Dioxinen (PCDD/-F). Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des MUNR, 82 S.
- SCHULTZ-STERNBERG R. (2000): persönliche Mitteilung
- SCHUSTER G.; WEDEMEYER G.; WESS L. (1997): Fluch der Hormone. *Stern* 4/97, 38–41.
- SEIBERT B. (1995): Tierexperimentelle und epidermiologische Daten zur Tumorgenität von Estradiolvalerat und Ethinylestradiol. Fachgespräch „Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung“, UBA Berlin, 111 S.
- STUMPF M.; TERNES T.; HABERER K.; BAUMANN W. (1996): Nachweis von natürlichen und synthetischen Östrogenen in Kläranlagen und Fließgewässern. *Vom Wasser*, 87, 251–261.
- TURAN A. (1995): Exkretion natürlicher und synthetischer Östrogene – Vorkommen und Verhalten im Wasser. Fachgespräch „Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung“, UBA Berlin, 111 S.
- TOPPARI ET AL. (2000): Internet Info zu endocrine disruptors, web-site <http://www.osf-facts.org/basics/chemlist.html>
- TOPPARI J.; LARSEN J. CHR.; CHRISTIANSEN P.; GIWERCMAN A.; GRANDJEAN PH.; GUILLETTE JR. L. J.; JEGOU B.; JENSEN T. K.; JOUANNET P.; KEIDING N.; LEFFERS H.; MCLACHLAN J. A.; MEYER O.; MÜLLER J.; RAJPERT-DE MEYTS E.; SCHEIKE TH.; SHARPE R.; SUMPTER J.; SUMPTER N.; SKAKKEBAEK E. (1995): Male Reproductive Health and Environmental Chemicals with Estrogenic Effects. *Miljøprojekt 290 DEPA*, 166 S.
- VACK A. (1996): Östrogene Wirkungen von Xenobiotika – Forschungsstand und Konsequenzen für die Bewertung der Umweltrelevanz von Chemikalien. *UWSF-Z., Umweltchem. Ökotox.*, 8 (4), 221–226.
- WENZEL A.; KÜCHLER TH.; HENSCHEL K.-P.; SCHNAAK W.; DIEDRICH M.; MÜLLER J. (1998): Konzentrationen östrogen wirkender Substanzen in Umweltmedien. *Umweltforschungsplan des BMU, Forschungsbericht 216 02 011/11*, 88 S.

# Anhang

Tabelle 1: Endokrin wirksame Substanzen nach der durchgeführten Literaturrecherche

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
<b>Phthalate</b>									
Benzyl- Butylphthalat (BBP)  (85-68-7)	(Hansen, 1997) (Greim, 1998)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Abwasser		< 0,006 mg/kg TS Boden			Endometrium 3,5 -22,3 µg/kg Bauchfett 3,3-60,0 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
	(Böhme, 1998)	Kunststoffbe- standteil (Le- bensmittelver- packungen)	Boden, Wasser, Sedimente		< 0,006 mg/kg TS Boden			Endometrium 3,5-22,3 µg/kg Bauchfett 3,3-60,0 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
Dicyclohexyl- phthalat (DCHP) (84-61-7)	(Toppari et al., 2000)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Boden, Wasser, Sedimente						
Diethylhexyl- phthalat (DEHP)  (117-81-7)	(Hansen, 1997)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Abwasser	1,85- 97,80 µg/l	< 0,06 mg/kg TS Boden			Endometrium 81-970 µg/kg Bauchfett 127-1760 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
	(Toppari et al., 1995)	Lösemittel	Boden, Wasser, Sedimente					Endometrium 81-970 µg/kg Bauchfett 127-1760 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
Diethylphthalat (DEP) (84-66-2)	(Toppari et al., 2000)	Kunststoff- additiv (Weichmacher), Lösemittel	Boden, Wasser, Sedimente						
Di-n- butylphthalat (DBP)  (84-74-2)	(Hansen, 1997)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Abwasser	0,18-8,80 µg/l	< 0,18 mg/kg TS Boden			Endometrium 105-475 µg/kg Bauchfett 133-748 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
	(Greim, 1998)	Lösemittel	Boden, Wasser, Sedimente					Endometrium 105-475 µg/kg Bauchfett 133-748 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
	(Böhme, 1998)	Kunststoffbe- standteil (Le- bensmittelver- packungen)	Boden, Wasser, Sedimente					Endometrium 105-475 µg/kg Bauchfett 133-748 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
Di-n-hexyl- phthalat (DHP) (3648-21-3)	(Toppari et al., 2000)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Boden, Wasser, Sedimente						
Di-n-pentyl- phthalat (DPP) (131-18-0)	(Toppari et al., 2000)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Boden, Wasser, Sedimente						
Dipropyl- phthalat (DprP) (131-16-8)	(Toppari et al., 2000)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Boden, Wasser, Sedimente						
<b>andere Umweltchemikalien</b>									
Alkylphenol- ethoxylate	(Toppari et al., 2000)	Pharmaroh- stoffe, Tenside	Boden, Wasser, Sedimente						
	(Böhme, 1998)	Kosmetika	Boden, Wasser, Sedimente						
Alkylphenol- carboxylate	(Vack, 1996)	Kosmetk- und Pharmaroh- stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Benzophenon (119-61-9)	(Greim, 1998)	Farben, Klebstoffe, Kosmetika	Boden, Wasser, Sedimente						



# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Benz(a)an- thracen (56-55-3)	(Gülden et al., 1997)	Brennstoffe, Entstehung bei Verbrennungs-	Boden, Wasser, Sedimente		4-143 µg/kg TS Boden				
Benz(a)pyren (50-32-8)	(Gülden et al., 1997)	Brennstoffe, Entstehung bei Verbrennungs-	Boden, Wasser, Sedimente		3-215 µg/kg TS Boden				
Bis-(2-ethyl- hexyl)adipat (DEHA) (119-61-9)	(Greim, 1998)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Boden, Wasser, Seimente						
Bis(hydroxy- phenyl)-methan	(Gülden et al., 1997)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Boden, Wasser, Sedimente						
Bisphenol A  (80-05-7)	(Hansen, 1997)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Abwasser	0,50- 134,60 ng/l					
	(Greim, 1998)	Kupplungs-, Bremsbeläge	Boden, Wasser, Sedimente	0,50- 134,60 ng/l					
	(Böhme, 1998)	Lacke	Boden, Wasser, Sedimente	0,50- 134,60 ng/l					
Bisphenol A- dimethacrylat	(Greim, 1998)	Kunststoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Bisphenol F	(Wenzel et al., 1998)	Kunststoff- additiv (Weichmacher)	Boden, Wasser, Sedimente						
Butylbenzol (104-51-8)	(Greim, 1998)	Chemikalie	Boden, Wasser, Seimente						
t-Butyl- hydroxyanisol (BHA)  (25013-16-5)	(Greim, 1998)	Konservie- rungsstoff	Boden, Wasser, Sedimente						
	(Böhme, 1998)	Lebensmittel- zusatz (E 320)	Boden, Wasser, Sedimente						
Cholesterin (57-88-5)	(Rabowski, 2000)	Lebensmittel- bestandteil	Boden, Wasser, Sedimente						
3,4-Dichlor- anilin (DCA) (95-76-1)	(Allner, 1995)	Chemikalie in Farbstoffindus- trie	Boden, Wasser, Sedimente						
2,2-Dihydroxy- biphenyl (1806-29-7)	(Gülden et al., 1995)	Chemikalie zur Desinfektions- herstellung, Weichmacher	Boden, Wasser, Sedimente						
4,4-Dihydroxy- biphenyl (92-88-6)	(Gülden et al., 1997)	Chemikalie zur Desinfektions- herstellung u.a., Weichmacher	Boden, Wasser, Sedimente						
3,9-Dihydroxy- benz(a)- antracen (56614-97-2)	(Gülden et al., 1995)	Brennstoffe, Entstehung bei Verbrennungs- prozessen	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Diphenylethan (103-29-7)	(Gülden et al., 1997)	Chemikalie bei Farbstoffherstellung	Boden, Wasser, Sedimente						
Diphenyläther (101-84-8)	(Gülden et al., 1997)	Kosmetikherstellung	Boden, Wasser, Sedimente						
Diphenyl- ethylen (645-49-8)	(Gülden et al., 1997)	Chemikalie bei Farbstoffherstellung	Boden, Wasser, Sedimente						
Diphenyl- hexamethyl- cyclotetra- siloxan (30026-85-8)	(Gülden et al., 1996)	Chemikalie zur Synthese von Silikon	Boden, Wasser, Sedimente						
Diphenyl- propan	(Gülden et al., 1997)	Chemikalie, Arzneimittel	Boden, Wasser, Sedimente						
Heptylphenol (90-00-6)	(Pluta, 1995)	Farben, Lacke, Tenside	Abwasser						
Hexylphenol (2446-69-7)	(Pluta, 1995)	Tenside	Abwasser						
Hydroxyaceto- phenon (99-93-4)	(Rabowski, 2000)	Chemikalie in der Pharmazie	Boden, Wasser, Sedimente						
Hydroxy- benzoesäure (99-96-7)	(Rabowski, 2000)	Arzneimittel- u. Farbstoffherstellung, Chemikalie in der Pharmazie	Boden, Wasser, Sedimente						
Methylchol- anthren (56-49-5)	(Gülden et al., 1997)	Chemikalie	Boden, Wasser, Sedimente						
Naphthol (90-15-3)	(Gülden et al., 1995)	Chemikalie in Farbstoffindustrie	Boden, Wasser, Sedimente						
Nitrotoluol (99-99-0)	(Greim, 1998)	Chemikalie in Farbstoffindustrie	Boden, Wasser, Sedimente		<(1-50) µg/kg TS Boden				
4-Nonylphenol (104-40-5)	(Hansen, 1997)	Chemikalie (Reinigungsmittel)	Abwasser	0,08- 2,72µg/l					
	(Greim, 1998)	Netzmittel, Antioxidanzien	Boden, Wasser, Sedimente	0,08- 2,72µg/l					
	(Arbeitsgruppe der Umweltministerkonferenz, 1999)	technischer Hilfsstoff	Klärschlamm	0,08- 2,72µg/l					
	(Fent, 1995)	Tenside (Abbauprodukte nichtionischer Tenside)	Boden, Wasser, Sedimente	0,08- 2,72µg/l					
Nonylphenoldi- ethoxylat (20427-84-3)	(Toppani et al., 2000)	Tenside (Abbauprodukte nichtionischer Tenside)	Boden, Wasser, Sedimente	0,11- 3,27µg/l					
	(Hansen, 1997)	Netzmittel, Antioxidanzien	Abwasser	0,11- 3,27µg/l					

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Nonylphenol- monoethoxylat (14409-72-4)	(Hansen, 1997)	Tenside (Ab- bauprodukte nichtionischer	Abwasser	0,05- 0,84µg/l					
Nonylphen- oxyacetat (3115-49-9)	(Rabowski, 2000)	Netzmittel, Antioxidanzien	Boden, Wasser, Sedimente						
Oktachlor- styrol (29082-74-4)	(Toppani et al., 2000)	Chemikalie in der Kunststoff- herstellung	Boden, Wasser, Sedimente						
4-Oktylphenol  (140-66-9)	(Hansen, 1997)	Reinigungs- mittel	Abwasser	0,03- 0,27µg/l				Endometrium 9,1-474 µg/kg Bauchfett 4,2-133 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
	(Gülden et al., 1995)	Netzmittel, Antioxidanzien	Boden, Wasser, Sedimente	0,03- 0,27µg/l				Endometrium 9,1-474 µg/kg Bauchfett 4,2-133 µg/kg (Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
Pentylphenol (14938-35-3)	(Pluta, 1995)	Netzmittel, Antioxidanzien	Abwasser						
Phenolrot (143-74-8)	(Greim, 1998)	Chemikalie in der Medizin (Kontrastmittel)	Boden, Wasser, Sedimente						
Phenylhy- droxyphenyl- methane	(Gülden et al., 1997)	Farbstoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Phenyl- siloxane	(Gülden et al., 1997)	Chemikalie zur Synthese von Silokonen	Boden, Wasser, Sedimente						
Polyeth- oxysorbitan- monooleat (Tween 80) (9005-65-6)	(Römbke et al., 1996)	Pharmazie, Kosmetik	Boden, Wasser, Sedimente						
Styrol (100-42-5)	(Rabowski, 2000)	Lösemittel, Lacke, Farben, Kunststoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Triphenyl- methan (519-73-3)	(Gülden et al., 1997)	Chemikalie in Farbstoffindus- trie	Boden, Wasser, Sedimente						
Triphenyl- ethylen (58-72-0)	(Gülden et al., 1997)	Arzneimittel (Antiöstrogen)	Boden, Wasser, Sedimente						
<b>Metalle/Metalverbindungen</b>									
Blei - Pb (7439-92-1)	(Schäfer et al., 1995)	Elektronik	Boden, Wasser, Seimente						
Cadmium - Cd (7440-43-9)	(Schäfer et al., 1995)	Elektronik, Batterien	Boden, Wasser, Seimente						
Methyl- quecksilber (22967-92-6)	(Schlumpf et al., 1996)	Katalysatoren, Pestizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Quecksilber - Hg (7439-97-6)	(Schäfer et al., 1995)	Chemikalie	Boden, Wasser, Sedimente						
Tributylzinn (TBT)	(Pluta, 1995)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Tributylzinn- oxid (TBTO) (56-35-9)	(Pluta, 1995)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
<b>Organohalogen-Verbindungen</b>									
Chlorierte Triphenyle - Aroclor 5442 <b>(12642-23-8)</b>	(Gülden et al., 1996)	Hydrauliköle, Schmiermittel	Boden, Wasser, Sedimente		nicht nachweis- bar				
Polychlorierte Terphenyle (PCT)	(Gülden et al., 1997)	Hydrauliköle, Schmiermittel	Boden, Wasser, Sedimente						
PBB <b>(67774-32-2)</b>	(Pluta, 1995)	Flammschutz- mittel	Boden, Wasser, Sedimente						
PCB <b>(1336-36-3)</b>	(Greim, 1998)	Kühl-, Schmier- mittel, Elektronik	Boden, Wasser, Sedimente		3,5-6 µg/kg TS Boden			Endometrium 4,7 µg/ kg Baufett 586 µg/kg bzw. 783 mg/ kg Fett (µg/kg Feuchtgewichte - Summe PCB's)	(Schäfer et al., 1997)
Pentachlor- phenol (PCP)  <b>(87-86-5)</b>	(Pluta, 1995)	Waschmittel, Kühlschmier- stoff	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden				
	(Toppari et al., 2000)	Holzschutz- mittel	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden				
polychlorierte Hydroxybi- phenyle	(Greim, 1998)	Additive in Gummi- produkten	Boden, Wasser, Sedimente						
polychlorierte Dibenzodioxine (PCDDs)	(Schenk et al., 1999)	Chemikalie, Entstehung bei Verbrennungs- prozessen	Boden, Wasser, Sedimente						
polychlorierte Dibenzofurane (PCDFs)	(Schenk et al., 1999)	Chemikalie, Entstehung bei Verbrennungs- prozessen	Boden, Wasser, Sedimente						
Tetrachlordi- benzodioxine (TCDDs) <b>(1746-01-6)</b>	(Schenk et al., 1999)	Chemikalie, Entstehung bei Verbrennungs- prozessen	Boden, Wasser, Sedimente						
Tetrachlor- dibenzofurane (TCDFs)	(Schenk et al., 1999)	Chemikalie, Entstehung bei Verbrennungs- prozessen	Boden, Wasser, Sedimente						
<b>Arzneimittel</b>									
Amino- glutethimid <b>(125-84-8)</b>	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Boldenon(un- dec-10-enoat) <b>(13103-34-9)</b>	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Chlormadinon- acetat <b>(302-22-7)</b>	(Pluta, 1995)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Delmadinon- acetat (15262-77-8)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Diethylstil- boestrol (DES) (6898-97-1)	(Greim, 1998)	Arzneimittel (synthetisches Östrogen)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
17 $\alpha$ -Ethinyl- estradiol  (57-63-6)	(Greim, 1998)	Arzneimittel (Östrogen)	Abwasser	<1-3,40 ng/l					
	(Stumpf et al., 1996)	Arzneimittel	Boden, Wasser, Sedimente						
Flutamid  (13311-84-7)	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
	(Gülden et al., 1997)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Fosfestrol (522-40-7)	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Hexestrol (84-16-2)	(Rabowski, 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Hydroxypro- gesteron- caproat	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Indol-3- Carbinol  (120-72-9)	(Degen, 1995)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
	(Schäfer et al., 1996)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Levonorgestrel (797-63-7)	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Letrozol (112809-51-5)	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Lynestrenol (52-76-6)	(Pluta, 1995)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Megestrol (3562-63-8)	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Megestrol- acetat (595-33-5)	(Pluta, 1995)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Medroxy- progesteron (520-85-4)	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Medroxy- progesteron- acetat	(Pluta, 1995)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Mestranol (72-33-3)	(Pluta, 1995)	Arzneimittel (Östrogen)	Abwasser	<1-27,50 ng/l					
	(Stumpf et al., 1996)	Arzneimittel	Boden, Wasser, Sedimente	<1-27,50 ng/l					
Metandienon (72-63-9)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Methandriol (521-10-8)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Methyl- testosteron (58-18-4)	(Pluta, 1995)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Nandrolon- decanoat (360-70-3)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Nandrolondo- decanoat (360-70-5)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Norethisteron (68-22-4)	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Norethisteron- acetat (51-98-9)	(Pluta, 1995)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Norgestrel (797-63-7)	(Pluta, 1995)	Arzneimittel (Gestagene)	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
17 $\alpha$ -Östradiol (50-28-2)	(Rabowski, 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
17 $\beta$ -Östradiol (50-28-2)	(Toppari et al., 1995)	Arzneimittel	Boden, Wasser, Sedimente	<1-29,10 ng/l					
	(Hansen, 1997)	Arzneimittel	Abwasser	<1-29,10 ng/l					

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Östriol (50-27-1)	(Stumpf et al., 1996)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente	<1-6,60 ng/l					
Östradiol- acetat	(Rabowski, 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Östradiol- benzoat (50-50-0)	(Rabowski, 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Östradiol- valerat  (979-32-8)	(Seibert, 1995)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
	(Stumpf et al., 1996)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Östron  (53-16-7)	(Toppari et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente	<1-20,10 ng/l					
	(Stumpf et al., 1996)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente	<1-20,10 ng/l					
Progesteron (57-83-0)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Proligesteron	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
β-Sitosterol  (5779-62-4)	(Toppari et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser	0,008- 1,11 µg/l					
	(Stumpf et al., 1996)	Arzneimittel	Boden, Wasser, Sedimente	0,008- 1,11 µg/l					
	(Stumpf et al., 1996)	Phytoöstrogene (Holz, Hopfen, Mais, Kautschuk)	Abwasser	0,008- 1,11 µg/l					
	(Przyrembel, 1998)	Phytoöstrogene	Boden, Wasser, Sedimente	0,008- 1,11 µg/l					
Spironolacton (52-01-7)	(Römbke et al., 1996)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Tamoxifen (10540-29-1)	(Greim, 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Testosteron (58-22-0)	(Abbas et al., 2000)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Testosteron(3-phenylpropanoat)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Testosteron(4-methylpropanoat)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Testosteron-decanoat (5721-51-5)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Testosteron-enantat (315-37-7)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Testosteron-propionat (57-85-2)	(Kroker et al., 1998)	Arzneimittel	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
<b>Phytoöstrogene/ Mykotoxine</b>									
Apigenin (520-36-5)	(Degen et al., 1999)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Biochanin A (491-80-5)	(Przyrembel, 1998)	Phytoöstrogene (Klee) - natürliche und synthetische	Boden, Wasser, Sedimente						
Butin (492-14-8)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Campesterol (474-62-4)	(Rabowski, 2000)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Citral (5392-40-5)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Coumestrol (479-13-0)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
4-Methoxycoumestrol	(Przyrembel, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Daidzein (486-66-8)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene (Sojabohnen) - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						



# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Enterodiol	(Przyrembel, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Enterolacton	(Przyrembel, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Equol (531-95-3)	(Rabowski, 2000)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Ergosterin (57-87-4)	(Rabowski, 2000)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Formononetin (485-72-3)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Genistein (446-72-0)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene (Sojabohnen) - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Glycitin	(Przyrembel, 1998)	Phytoöstrogene (Sojabohnen) - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Indol-[3,2-b]- carbazol (120-72-9)	(Schäfer et al., 1996)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Kaempferol (520-18-3)	(Stephen et al., 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Laktone	(Rabowski, 2000)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Luteolin (497-70-3)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Matairesinol (580-72-3)	(Przyrembel, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Naringenin (480-41-1)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Panoferol	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Phloretin (60-82-2)	(Stephen et al., 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Quercetin (117-39-5)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Resveratrol (501-36-0)	(Degen et al., 1999)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Secoisolaricresinol (29388-59-8)	(Przyrembel, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
β-Sitosterol	(Stephen et al., 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Sitosteron (5779-62-4)	(Rabowski, 2000)	Phytoöstrogene	Abwasser, Boden, Wasser, Sedimente						
Stigmasterin (38-48-7)	(Rabowski, 2000)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Tetrahydrocannabinol (1972-08-3)	(Greim, 1998)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
Toxaphen (8001-35-2)	(Schäfer et al., 1995)	Phytoöstrogene - natürliche und synthetische Stoffe	Boden, Wasser, Sedimente						
alpha- und beta Zearalenol (26538-44-3)	(Greim, 1998)	Mykotoxine - Pilze	Boden, Wasser, Sedimente						
Zearalenon (17924-92-4)	(Greim, 1998)	Mykotoxine - Pilze	Boden, Wasser, Sedimente						
<b>Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel</b>									
<b>Akarizide</b>									
Abamectin (71751-41-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Akarizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Amitraz (33089-61-1)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Akarizid	Boden, Wasser, Sedimente						
<b>Fungizide</b>									
Benomyl (17804-35-2)	(Pluta, 1995)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Bitertanol (55179-31-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Cyproconazol (94361-06-5)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
DDC (Dimethyl- dithiocarba- mate) (79-45-8)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Epiconazol	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Ethylenharn- stoff (ETU) (120-93-4)	(Bruhn et al., 1999)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Fenarimol (60168-88-9)	(Niemann, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Fentinacetat (900-95-8)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Hexachlor- benzol (HCB)  (118-74-1)	(Schlumpf et al., 1996)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden			Endometrium 1,7 µg/kg Bauchfett 118 µg/kg bzw. 158 mg/kg Fett	(Schäfer et al., 1997)
	(Schäfer et al., 1997)	Chemikalie	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden			Endometrium 1,7 µg/kg Bauchfett 118 µg/kg bzw. 158 mg/kg Fett (µg/kg=Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
Ketoconazol (65277-42-1)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Kupferoxy- chlorid (1332-40-7)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Kupfersulfat (7758-98-7)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Mancozeb (8018-01-7)	(Pluta, 1995)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Maneb (12427-38-2)	(Pluta, 1995)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Metam-Na (137-42-8)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Metiram- Komplex (9006-42-2)	(Pluta, 1995)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Phenylphenol (90-43-7)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Procymidon (32809-16-8)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Propiconazol (60207-90-1)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Tebuconazol (107534-96-3)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Thiram (137-26-8)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Triadimefon (43121-43-1)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Triadimenol	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Triforin (26644-40-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Vinclozolin (50471-44-8)	(Niemann, 1998)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Zineb (12122-67-7)	(Pluta, 1995)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Ziram (137-30-4)	(Pluta, 1995)	PSM - Fungizid	Boden, Wasser, Sedimente						
<b>Herbizide</b>									
Amitrol (61-82-5)	(Niemann, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Alachlor (15972-60-8)	(Pluta, 1995)	PSM - Herbizid	Boden, wasser, Sedimente						
Atrazin (1912-24-9)	(Greim, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden				
Bromoxynil (1629-84-5)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Carbendazim (10605-21-7)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Cyanazin (21725-46-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
2,4-D (2,4- Dichlorphen- oxyessig- säure) (94-75-7)	(Pluta, 1995)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Diuron (330-54-1)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Fluazifop-P (69806-50-4)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Glufosinat (77182-82-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Glyphosat (1071-83-6)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Ioxynil (1689-83-4)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Linuron (330-55-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Metribuzin (21087-64-9)	(Pluta, 1995)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Nitrofen (1836-75-5)	(Pluta, 1995)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Paraquat (1910-42-5)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente		nicht nachweis- bar				
Phos- phamidon (13171-21-6)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Quizalofop- ethyl (76578-14-8)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Simazin (122-34-9)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden				
2,4,5-T (93-76-5)	(Pluta, 1995)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Triazin (101-05-3)	(Schäfer et al., 1995)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden				
Trifluralin (1582-09-8)	(Pluta, 1995)	PSM - Herbizid	Boden, Wasser, Sedimente						
<b>Insektizide</b>									
Acrinathrin (103833-18-7)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Aldrin (309-00-2)	(Greim, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Baygon (Propoxur) (114-26-1)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Bendiocarb (22781-23-3)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
beta-Cyfluthrin (68359-37-5)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Bifenthrin (82657-04-3)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Bioallethrin (584-79-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Campechlor (8001-35-2)	(Römbke et al., 1996)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Carbaryl (63-25-2)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Carbofuran (1563-66-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Chinalphos (13593-03-8)	(Greim, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Chlordan (57-74-9)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Chlordecon (143-50-0)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Chlorfen- vinphos (474-90-6)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Chlorpyrifos (2921-88-2)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
cis-Nonachlor (5103-73-1)	(Toppari et al., 2000)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Cyfluthrin (68359-37-5)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
alpha- Cypermethrin (52315-07-8)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Cypermethrin (52315-07-8)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
DDD (72-54-8)	(Rabowski, 2000)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente		1-21 µg/kg TS Boden				
DDE (72-55-9)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente		1-24 µg/kg TS Boden			Endometrium 1,7 µg/kg Bauchfett 118 µg/kg bzw. 158 mg/kg Fett (µg/kg=Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
2,4-DDT (789-02-6)	(Greim, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente		1-8 µg/kg TS Boden			Endometrium 5,4 µg/kg Bauchfett 780 µg/kg bzw. 1006 mg/kg Fett (µg/kg=Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
4,4-DDT (50-29-3)	(Hansen, 1997)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente		2-99 µg/kg TS Boden			Endometrium 5,4 µg/kg Bauchfett 780 µg/kg bzw. 1006 mg/kg Fett (µg/kg=Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
Deltamethrin (52918-63-5)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Demeton-S- methyl	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Dichlorvos (62-73-7)	(Dankwardt, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Dicofol (115-32-2)	(Greim, 1998)	PSM - insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Dieldrin (60-57-1)	(Greim, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Dimethoat (66-51-5)	(Dankwardt, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Endosulfan (115-29-7)	(Greim, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Esfenvalerat (66230-04-4)	(Dankwardt, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Ethylparathion (56-38-2)	(Toppari et al., 2000)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Fenvalerat (51630-58-1)	(Dankwardt, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Fenothrin	(Dankwardt, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Fenprothrin (39515-41-8)	(Pluta, 1995)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Heptachlor (76-44-8)	(Greim, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Heptachlor- Epoxide (9048-63-9)	(Pluta, 1995)	PSM - insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
β-Hexachlor- cyclohexan (HCH) (319-85-7)	(Greim, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden			Endometrium 0,8 µg/kg Bauchfett 94,7 µg/kg bzw. 123,2 mg/kg Fett (µg/kg=Feuchtgewichte)	(Schäfer et al., 1997)
γ-Hexachlor- cyclohexan (Lindan) (58-89-9)	(Hansen, 1997)	PSM - insektizid	Boden, Wasser, Sedimente		<1 µg/kg TS Boden				
lambda- Cyhalothrin (68085-85-8)	(Pluta, 1995)	PSM - insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Malathion (125-75-5)	(Toppari et al., 1995)	PSM - insektizid	Boden, Wasser, Sedimente						
Methomyl (16752-77-5)	(Pluta, 1995)	PSM - insektizide	Boden, wasser, Sedimente						
Methoxychlor (72-43-5)	(Greim, 1998)	PSM - insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 1

Substanzen (CAS-Nr.)	Literatur- quelle	Anwendungs- bereich	Umwelt- medium	Konzentrationen im Umweltmedium			Ökoakkumulation		
				Wasser	Boden Bbg.	Pflanze	Tier	Mensch	Daten- quelle
Mirex (2385-85-5)	(Greim, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Oxamyl (23135-22-0)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Oxychloridan (12789-03-6)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Parathion (56-38-2)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Parathion- methyl (298-00-0)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Permethrin (52645-53-1)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Phosmet (732-11-6)	(Greim, 1998)	PSM - Insektizide							
Pyrethrine (121-29-9)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Silafluofen (Pluta, 1995)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Tau-Fluvalinat (69409-94-5)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Tefluthrin (79538-32-2)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Toxaphen (8001-35-2)	(Greim, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Trans-Nona- chlor (39765-80-5)	(Pluta, 1995)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
Trichlorfon (52-68-6)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Insektizide	Boden, Wasser, Sedimente						
<b>Nematizide</b>									
Aldicarb (116-06-3)	(Pluta, 1995)	PSM - Nematozide	Boden, Wasser, Sedimente						
Dibromchlor- propan (DBCP) (96-12-8)	(Pluta, 1995)	PSM - Nematozide							
Methylbromid (7483-9)	(Dankwardt, 1998)	PSM - Nematozide	Boden, Wasser, Sedimente						

Substanzen, die gemäß UBA-Texte 65/99 (Bruhn et al., 1999) als nicht endokrin wirksame eingestuft wurden!



## Anhang

Tabelle 2: Umweltdaten endokrin wirksamer Substanzen und deren Bedeutung für das Land Brandenburg

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
<b>Phthalate</b>								
Benzyl-Butylphthalat (BBP)	(TDI) 0,1 mg/kg KG		(Böhme, 1998)	100 mg/kg KG (Ratten)	(Böhme, 1998)	Veränderung der Reproduktionsorgane, Gewebeeränderungen	X	
Dicyclohexylphthalat (DCHP)								
Diethylhexylphthalat (DEHP)	(ADI) 0,025 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)			Veränderung der Reproduktionsorgane	X	
Diethylphthalat (DEP)								
Di-n-butylphthalat (DBP)	(TDI) 0,05 mg/kg KG		(Böhme, 1998)	66 mg/kg KG (Ratten)	(Böhme, 1998)	Veränderung der Reproduktionsorgane, Gewebeeränderungen	X	
Di-n-hexylphthalat (DHP)								
Di-n-pentylphthalat (DPP)								
Dipropylphthalat (DprP)								
<b>andere Umweltchemikalien</b>								
Alkylphenol-ethoxylate								
Alkylphenol-carboxylate								
Benzophenon								
Benz(a)anthracen							X	
Benz(a)pyren				100 mg/kg KG (Ratten)	(Gülden et al., 1997)		X 3	-215 µg/kg TS
Bis-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)								
Bis(hydroxyphenyl)methan								
Bisphenol A	(TDI) 0,05 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)	5m g/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)	Veränderung der Reproduktionsorgane	X	
Bisphenol A-dimethacrylat								
Bisphenol F						Veränderung der Reproduktionsorgane	X	
Butylbenzol								
t-Butylhydroxyanisol (BHA)	0,05 mg/kg KG (TDI)		(Böhme, 1998)			Inaktivierung von Östradiol/ Östron		
Cholesterin								
3,4-Dichloranilin (DCA)				200 µg/ Tag	(Allner, 1995)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
2,2'-Dihydroxybiphenyl				80 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
4,4'-Dihydroxybiphenyl				160 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
3,9-Dihydroxybenz(a)-antracen								
Diphenylethan				0,004-2000 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
Diphenylether								
Diphenylethylen				0,02-200 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
Diphenylhexa methylcyclotetra-siloxan				0,1 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
Diphenylpropan				0,06-20 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)		X	
Heptylphenol		< 2-4 mg/kg (Ratten+ Mäuse)	(Fent, 1995)	20-130 mg/kg KG	(Gülden et al., 1997)	Vitelogenin-Synthese	X	
Hexylphenol		< 2-4 mg/kg (Ratten+ Mäuse)	(Fent, 1995)	20-130 mg/kg KG	(Gülden et al., 1997)	Vitelogenin-Synthese		
Hydroxyacetophenon								
Hydroxybenzoesäure								
Methylcholanthren								
Naphthol								
Nitrotoluol								
4-Nonylphenol		< 2-4 mg/kg (Ratten+ Mäuse)	(Fent, 1995)	20-130 mg/kg KG	(Gülden et al., 1997)	Vitelogenin-Synthese	X	
Nonylphenoldiethoxylat		< 2-4 mg/kg (Ratten+ Mäuse)	(Fent, 1995)	20-130 mg/kg KG	(Gülden et al., 1997)	Vitelogenin-Synthese		
Nonylphenolmonoethoxylat		< 2-4 mg/kg (Ratten+ Mäuse)	(Fent, 1995)	20-130 mg/kg KG	(Gülden et al., 1997)	Vitelogenin-Synthese		
Nonylphenoxyacetat								
Oktachlorstyrol								
4-Oktylphenol		< 2-4 mg/kg (Ratten+ Mäuse)	(Fent, 1995)	20-130 mg/kg KG	(Gülden et al., 1997)	Vitelogenin-Synthese	X	
Pentylphenol		< 2-4 mg/kg (Ratten+ Mäuse)	(Fent, 1995)	20-130 mg/kg KG	(Gülden et al., 1997)	Vitelogenin-Synthese	X	
Phenolrot								

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Phenylhydroxyphenylmethane				1-4 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
Phenylsiloxane				0,1-10 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
Polyethoxysorbitanmonooleat (Tween 80)								
Styrol						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Triphenylmethan				4-5000 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
Triphenylethylen								
<b>Metalle/Metallverbindungen</b>								
Blei - Pb						Veränderung der Reproduktionsorgane	X	
Cadmium - Cd						Veränderung der Reproduktionsorgane	X	
Methylquecksilber								
Quecksilber - Hg						Veränderung der Reproduktionsorgane	X	
Tributylzinn (TBT)	(ADI) 0-0,0005 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)	0,1 ng/l	(Kussatz, 1999)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit (bei Schnecken imposex)		
Tributylzinnoxid (TBTO)	0,00025 mg/kg KG/Tag (TDI)		(Appel et al., 2000)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
<b>Organohalogen-Verbindungen</b>								
Chlorierte Terphenyle - Aroclor 5442				20 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
Polychlorierte Triphenyle								
PBB						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
PCB	0,4 µg/kg KG (ADI)		(Harbauer, 1991)	25-150 mg/kg KG (Ratten)	(Gülden et al., 1997)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; kanzerogene Wirkung	X	
Pentachlorphenol (PCP)						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit	X	
polychlorierte Hydroxybiphenyle						Veränderung der Reproduktionsorgane		
polychlorierte Dibenzodioxine (PCDDs)	1-4 pg/kg KG (TDI)		(Schenk et al., 1999)			kanzerogene Wirkung		
polychlorierte Dibenzofurane (PCDFs)	1-4 pg/kg KG (TDI)		(Schenk et al., 1999)			kanzerogene Wirkung		
Tetrachlordibenzodioxine (TCDDs)	1-4 pg/kg KG (TDI)		(Schenk et al., 1999)	0,001-0,082 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)	kanzerogene Wirkung		

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Tetrachlor-dibenzofurane (TCDFs)	1-4 pg/kg KG (TDI)		(Schenk et al., 1999)	0,08 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)	kanzerogene Wirkung		
<b>Arzneimittel</b>								
Amino-glutethimid							X	ca. 0,30
Boldenon(undec-10-enoat)								
Chlormadinon-acetat								
Delmadinon-acetat								
Diethylstilboestrol (DES)				0,083 µg/kg KG 0,002 mg/kg KG	(Degen et al., 1999)	Vaginalkrebs; Entwicklungsstörungen der männlichen Geschlechtsorgane		
17α-Ethinylestradiol				10-50 µg/Tag	(Degen et al., 1999)	tumorigene Wirkung	X	ca. 1,60
				1 ng/l (Regenbogenforelle)	(Fent, 1995)	Vitellogenin-Synthese; tumorigene Wirkung		
Flutamid							X	ca. 3,60
Fosfestrol							X	ca. 0,10
Hexestrol								
Hydroxyprogesteron-caproat							X	ca. 1,00
Indol-3-Carbinol								
Levonorgestrel							1	< 50,00
Letrozol							X	ca. 0,007
Lynestrenol								
Megestrol							X	ca. 0,50
Megestrol-acetat								
Medroxyprogesteron							X	ca. 4,00
Medroxyprogesteron-acetat								
Mestranol							X	< 1,00
Metandienon								
Methandriol								
Methyltestosteron				3 ng/Tag	(Pluta, 1995)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Nandrolon-decanoat								
Nandrolondo-decanoat								
Norethisteron							1	< 50,00
Norethisteron-acetat							X <sup>1</sup>	< 50,00
Norgestrel								
17α-Östradiol							X	
17β-Östradiol				0,0005 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)	tumorigene Wirkung	X	
Östriol							X	
Östradiol-acetat								

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Östradiolbenzoat				250 µg/kg KG u. Tag	(Toppari et al., 1995)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane		
Östradiolvalerat						tumorigene Wirkung	X	ca. 0,01
Östron				1,2 µg/kg KG	(Degen et al., 1999)			
Progesteron								
Proligesteron								
β-Sitosterol						follikuläre Hyperplasie, Tumorbildung	X	ca. 0,40
Spirolacton							X	ca. 2,42
Tamoxifen							X	ca. 0,70
Testosteron							X	ca. 0,02
Testosteron(3-phenylpropanoat)								
Testosteron(4-methylpropanoat)								
Testosterondecanoat								
Testosteronenantat								
Testosteronpropionat								
<b>Phytoöstrogene/ Mykotoxine</b>								
Apigenin								
Biochanin A				18 mg/kg KG	(Degen et al., 1999)			
Butin								
Campesterol								
Citral								
Coumestrol				240 µg/kg KG	(Degen et al., 1999)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
4-Methoxycoumestrol						follikuläre Hyperplasie, Tumorbildung		
Daidzein				45 mg/ Tag	(Degen, 1995)	Veränderung des Zyklusses bei Frauen		
Enterodiol						follikuläre Hyperplasie, Tumorbildung		
Enterolacton						follikuläre Hyperplasie, Tumorbildung		
Equol								
Ergosterin								
Formononetin				32 mg/kg KG	(Degen et al., 1999)	follikuläre Hyperplasie, Tumorbildung		
Genistein				8 mg/kg KG	(Degen et al., 1999)	follikuläre Hyperplasie, Tumorbildung		
Glycitin						follikuläre Hyperplasie, Tumorbildung		
Indol-[3,2-b]-carbazol								
Kaempferol								
Laktone								
Luteolin								
Matairesinol						follikuläre Hyperplasie, Tumorbildung		

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Naringenin								
Panoferyl								
Phloretin								
Quercetin								
Resveratrol								
Secoisolaricirininol								
$\beta$ -Sitosterol								
Sitosteron								
Stigmasterin								
Tetrahydrocannabinol								
Toxaphen								
alpha- und beta-Zeranol								
Zeranolon								
<b>Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel</b>								
Akarizide								
Abamectin								
Amitraz				50 mg/kg/Tag KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit und Lebensfähigkeit der Nachkommen	X	9
Fungizide								
Benomyl	(ADI) 0-0,2 mg/kg KG		(Toppari et al., 1995)	25 - 800 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Verringerung des Hodengewichtes	X	552
Bitertanol				30 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Gewichtsabnahme der Nachkommen	X	62
Cyproconazol				100 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Totgeburten	X	1.792
DDC (Dimethyldithiocarbamat)						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Epiconazol						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Erhöhung der Androgenkonzentration		
Ethylenharnstoff (ETU)						Beeinflussung der Schilddrüsenhormonsynthese		
Fenarimol				15 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	32
Fentinacetat								
Hexachlorbenzol (HCB)	(ADI) 0-0,0006 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)					
Ketoconazol						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Kupferoxychlorid						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	6.950

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Kupfersulfat						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane		
Mancozeb	(ADI) 0-0,05 mg/kg KG		(Toppari et al., 1995)	30 ppm (Mäuse)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	42.524
Maneb	(ADI) 0-0,05 mg/kg KG		(Toppari et al., 1995)	20-200 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung Schilddrüse	X	9.995
Metam-Na				25-100 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Metiram-Komplex	(ADI) 0-0,03 mg/kg KG		(Toppari et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit	X	2.391
Phenylphenol								
Procymidon				700 ppm (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Testosteron-Anstieg	X	2
Propiconazol						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Hemmung der Steroidhormon-Biosynthese	X	6.892
Tebuconazol						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Missbildungen (Fledermäuse)	X	21.062
Thiram				5 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	359
Triadimefon				30 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; toxisch		
Triadimenol							X	1.078
Triforin				25 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit	X	828
Vinclozolin	0,01 mg/kg KG/Tag (ADI)	15 mg/kg KG/Tag (ADI)	(Niemann, 1998)	25-50 mg/kg KG/Tag (ADI)	(Niemann, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane (Feminisierung)	X	1.048
Zineb				70-500 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane		
Ziram						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Herbizide								
Amitrol	(ADI) 0-0,0005 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)	60 ppm/Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Vergrößerung der Schilddrüse	X	211
Alachlor						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Atrazin				75 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Scheinschwangerschaft		

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Bromoxynil						Veränderung der Reproduktionsorgane; Schädigung der Nachkommen (Ratten)	X	9.073
Carbendazim	(ADI) 0-0,1 mg/kg KG		(Toppari et al., 1995)	50 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Verminderung Spermienzahl und -qualität	X	5.654
Cyanazin						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane		
2,4-D (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure)	(ADI) 0-0,03 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)	1500 ppm (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; entwicklungstoxische Eigenschaften	X	4.891
Diuron				200 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane; Krebsvorkommen	X	623
Fluazifop-P				12,5 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	3.066
Glufosinat				10 µg/mL (Mäuse)	(Dankwardt, 1998)	Embryolethalität	X	1.560
Glyphosat						Verminderung Spermienzahl und -qualität	X	113.531
loxynil							X	11.363
Linuron				200 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane; Krebsvorkommen		
Metribuzin				15 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	4.001
Nitrofen						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Paraquat						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit (Schädigung Spermaproduktion)	X	41
Phosphamidon						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	
Quizalofop-ethyl				10 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	915
Simazin				1,41 mg/kg KG Tag (Schafe)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	3
2,4,5-T	(ADI) 0-0,03 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Triazin						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		



# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Trifluralin				20 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	8.002
Insektizide								
Acrinathrin								
Aldrin								
Baygon (Propoxur)							X	31
Bendiocarb								
beta-Cyfluthrin						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit	X	138
Bifenthrin								
Bioallethrin								
Camphechlor								
Carbaryl	(ADI) 0,01 mg/kg KG		(Toppari et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Carbofuran				0,2 - 0,4 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit	X	17
Chinalphos								
Chlordan	(ADI) 0-0,0005 mg/kg KG		(Toppari et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Chlordecon				10 mg/kg LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)			
Chlorfenvinphos						Vitellogeninsynthese		
Chlorpyriphos						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit (Schädigung Spermaproduktion)		
cis-Nonachlor								
Cyfluthrin								
alpha-Cypermethrin						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit	X	792
Cypermethrin				0,4 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Effekte auf Immunsystem	X	366
DDD	(ADI) 0,02 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)					
DDE	(ADI) 0,02 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)					
2,4-DDT	(ADI) 0,02 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)	1-25 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)	Veränderung der Reproduktionsorgane, geringe Geburtenrate (Alligatoren)		
4,4-DDT	(ADI) 0,02 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)	80 mg/kg KG LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)	Veränderung der Reproduktionsorgane, geringe Geburtenrate (Alligatoren)		
Deltamethrin				4-32 µg/L (Karpfen)	(Dankwardt, 1998)	Veränderung der Beweglichkeit	X	789
Demeton-S-methyl				5 mg/kg KG Tag (Säugetiere)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Verringerung Fruchtbarkeit		
Dichlorvos							X	51
Dicofol	(ADI) 0,002 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Dieldrin	(ADI) 0,0001 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Dimethoat				12 mg/kg KG Tag (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Verringerung Fruchtbarkeit	X	7.650
Endosulfan						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Esfenvalerat				0,06 µg/L (Fische)	(Dankwardt, 1998)	Wachstumsstörungen	X	11
Ethylparathion								
Fenvalerat						Hemmung der Schilddrüsenfunktion (Mäuse)	X	29
Fenothrin						Feminisierung		
Fenprothrin						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Heptachlor	(ADI) 0-0,0001 mg/kg KG		(Toppari et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Heptachlor-Epoxide						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
β-Hexachlor-cyclohexan (HCH)	(ADI) 0,008 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)	0,0058 mg/kg (Hühner)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane; Abnahme Spermienkonzentration		
γ-Hexachlor-cyclohexan (Lindan)	(ADI) 0,001 mg/kg KG u. Tag		(Baudisch et al., 2000)			Veränderung der Reproduktionsorgane		
lambda-Cyhalothrin						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit	X	207
Malathion	(ADI) 0,02 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)					
Methomyl	(ADI) 0,03 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Methoxychlor	(ADI) 0,01 mg/kg KG u. Tag		(Toppari et al., 1995)	20-80 mg/kg LOEL-Wert (Ratten)	(Gülden et al., 1997)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Mirex						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Oxamyl								
Oxychloridan						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Parathion				4 mg/kg KG (Ratten)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	609
Parathion-methyl				100 µg/kg KG Tag (Vogel)	(Dankwardt, 1998)	Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	85
Permethrin						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane	X	9
Phosmet								
Pyrethrine								

# Anhang

Fortsetzung Tabelle 2

Substanzen	Empfohlener Grenzwert			Endokrine Wirkdosen		Endokrine Wirkung	Bbg. Relevanz	Umsatz 1998 [kg/a]
	Mensch	Tier	Datenquelle	Wert	Datenquelle			
Silafluofen								
Tau-Fluvalinat						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit	X	327
Teflithrin								
Toxaphen						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Trans-Nonachlor						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Trichlorfon						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Nematizide								
Aldicarb	(ADI) 0,003 mg/kg KG		(Toppani et al., 1995)			Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Dibromchlorpropan (DBCP)						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit		
Methylbromid						Wirkung auf Reproduktionsfähigkeit; Veränderung der Reproduktionsorgane		

X<sup>1</sup> = Gesamtmenge an **Levonorgestrel, Norethisteron und Norethisteronacetat** in Brandenburg zusammen < 50 kg/a.

Substanzen, die gemäß UBA-Texte 65/99 (Bruhn et al., 1999) als nicht endokrin wirksame Substanzen eingestuft wurden!





## **Schriftenreihe „Studien und Tagungsberichte“ (ISSN 0949-0838)**

- Band 1 **Geotechnik im Deponiebau**  
Ausgewählte Beiträge aus den Geotechnischen Seminaren des Landesumweltamtes Brandenburg 1992/94 (1994)
- Band 2 **Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg**  
Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg – dezentrale Lösungen – Tagungsbericht über das Abwassersymposium am 21.10.1992 (1993)
- Band 3 **Das Trockenjahr 1992 im Land Brandenburg**  
Eine Modellbetrachtung aus wasserwirtschaftlicher Sicht – Studie (1994)
- Band 4 **Abfallwirtschaft und Bergbau**  
Beiträge der Fachtagung „Abfallwirtschaft/Kreislaufwirtschaft – Herausforderung für die Region Cottbus und die Braunkohlenindustrie“ am 05./06.04.1995 (1995)
- Band 5 **Luftqualität 1975 bis 1990**  
Ein Rückblick für das Gebiet des heutigen Landes Brandenburg – Studie (1995)
- Band 6 **Wasserbeschaffenheit in Tagebaurestseen**  
Bergbaubedingte Wasserbeschaffenheit in Tagebaurestseen – Analyse, Bewertung und Prognose – Untersuchungen im Lausitzer Braunkohlenrevier – Studie (1995)
- Band 7 **Rüstungsaltpasten**  
Beiträge des Fachseminars „Rüstungsaltpasten“ am 22.06.1995 in Potsdam (1995)
- Band 8 **Die Havel**  
Naturwissenschaftliche Grundlagen und ausgewählte Untersuchungsergebnisse – Studie (1995)
- Band 9 **Rieselfelder Brandenburg-Berlin (1995)**  
– Fachtagung „Rieselfelder Brandenburg-Berlin“ im Februar 1995  
– Bericht des Wissenschaftlich-technischen Beirates Rieselfelder (WTB) von 12/1995
- Band 10 **Ausweisung von Gewässerrandstreifen**  
Studie zur Erarbeitung von Grundlagen für die Ausweisung von Gewässerrandstreifen – Studie (1996)
- Band 11 **Brandenburger Ökologietage I: Natur- und Ressourcenschutz durch nachhaltige Landnutzung: Fachtagung des Landesumweltamtes am 06.11.1996 – Tagungsbericht (1996)**
- Band 12 **Radioaktive Altlasten auf WGT-Flächen**  
Erfassung und Sanierung radioaktiver Belastungen auf ehemaligen WGT-Liegenschaften im Land Brandenburg – Studie (1996)
- Band 13/14 **Rieselfelder südlich Berlins**  
Altlast, Grundwasser, Oberflächengewässer/Gemeinsamer Abschlußbericht 1996
- Band 15 **Die sensiblen Fließgewässer und das Fließgewässerschutzsystem im Land Brandenburg – Studie (1998)**
- Band 16 **Das Sommerhochwasser an der Oder 1997 – Fachbeiträge anlässlich der Brandenburger Ökologietage II – Studie (1998)**
- Band 17 **Naturschutz in der Bergbaufolgelandschaft – Leitbildentwicklung – Studie (1998)**
- Band 18 **Landschaftsökologische Untersuchungen an einem wiedervernässten Niedermoor in der Nuthe-Nieplitz-Niederung – Studie (1998)**
- Band 19 **Umweltradioaktivität – Bericht 1998 für das Land Brandenburg (1999)**
- Band 20/21 **Untersuchungen der Oder zur Belastung der Schwebstoff- bzw. Sedimentphase und angrenzender Bereiche – Forschungsbericht 1998 (Anlagenband gesondert) 1999**
- Band 22 **Schadstoffbelastung von Böden im Nationalpark „Unteres Odertal“ vor und nach dem Oderhochwasser 1997 – Studie 1999**
- Band 23 **Geogen bedingte Grundbelastung der Fließgewässer Spree und Schwarze Elster und ihrer Einzugsgebiete – Studie 1999**
- Band 24 **Brandenburgisches Symposium zur bodenschutzbezogenen Forschung – Tagungsbericht vom 22. Juni 2000 (2000)**
- Band 25 **Humanarzneimittel in der Umwelt – Erhebung von Humanarzneimittelmengen im Land Brandenburg 1999 (Studie 2000)**
- Band 26 **Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt – Literaturstudie zur Bedeutung dieser Stoffe im Land Brandenburg (Studie 2000)**
- Band 27 **Flächendeckende Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg Studie (2001)**

Herausgeber: Landesumweltamt Brandenburg (LUA), Berliner Str. 21-25, 14467 Potsdam

Tel.: 0331/23 23 259

Fax: 0331/29 21 08

e-mail: infoline@lua.brandenburg.de