



Biota-Monitoring in niedersächsischen Gewässern - Untersuchung von Fischen auf Pflanzenschutzmittel



Niedersachsen



Oberirdische Gewässer Band 30

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim, 2009

Biota-Monitoring in niedersächsischen Gewässern - Untersuchung von Fischen auf Pflanzenschutzmittel



Niedersachsen

Herausgeber:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Verfasser:
Dr. Dieter Steffen
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
- Betriebsstelle Hannover-Hildesheim -
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim
E-Mail: dieter.steffen@nlwkn-hi.niedersachsen.de

Hans Wunsch
GALAB Laboratories
Max-Planck-Str. 1
21502 Geesthacht

Michael Kämmereit
Lutz Meyer
Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz
und Lebensmittelsicherheit (LAVES)
Dez. Binnenfischerei – Fischereikundlicher Dienst
Am Waterlooplatz 11
30169 Hannover

Titelbild: D. Steffen

1. Auflage 2009: 200 Exemplare
Schutzgebühr: 5,00 €

Bezug:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Göttinger Chaussee 76
30453 Hannover
www.nlwkn.de

Verzeichnis der bisher in dieser Reihe publizierten Berichte siehe Seite 21

Inhalt

1	Veranlassung	5
2	Allgemeines	6
3	Monitoringkonzept	7
3.1	Probenahme	8
3.2	Analytik	8
4	Ergebnisse und Bewertung	19
5	Zusammenfassung	20
6	Literaturverzeichnis	20

1 Veranlassung

Die Untersuchung von Fischen (sog. Biota) ist zu einem etablierten Instrument der Gewässerüberwachung geworden, weil sich selbst geringste im Gewässer vorhandene Schadstoffe in ihnen anreichern können. Durch die Analyse von Fischen sind somit detaillierte Aussagen über die Belastung eines Gewässers mit Schadstoffen möglich. Von daher stellen Fische, auch aufgrund ihrer integrierenden Funktion und als Endglied der Nahrungskette innerhalb des aquatischen Systems, einen wichtigen Bioindikator dar. Vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) werden deshalb bereits seit Jahren, in Kooperation mit dem Institut GALAB Laboratories und dem Dezernat Binnenfischerei des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES), gezielt Untersuchungen von Fischen auf Schadstoffe durchgeführt (z.B. NLWKN 2005, NLWKN 2006, VOM WASSER 2007). Biota-Untersuchungen sind mittlerweile auch zu einem festen Bestandteil innerhalb der EG-Wasserrahmen geworden. So wird in der Richtlinie 2008/105/EG definitiv auf Biota-Untersuchungen verwiesen.

Im Rahmen der Gewässerüberwachung besteht ein großes Interesse darin, Schadstoffe zu erfassen, die für ein Gewässer relevant sind. Hierbei bieten sich aus den geschilderten Gründen Biota-Untersuchungen an, da durch sie auch die Bioverfügbarkeit von Schadstoffen mit einbezogen wird.

Im Jahr 2008 wurde deshalb von der Betriebstelle Hannover-Hildesheim des NLWKN in Zusammenarbeit mit den o.a. Partnern, GALAB Laboratories und LAVES, ein Biota-Monitoring durchgeführt, welches – gekoppelt mit Untersuchungen zur EG-Wasserrahmenrichtlinie – einen Parameterumfang von über 600 Stoffen (Pflanzenschutzmitteln) umfasst. Ermöglicht wurde die analytische Erfassung dieses außerordentlich umfangreichen Untersuchungsspektrums durch die vom Institut GALAB Laboratories entwickelte Multimethode „Pestizide 500Plus®“.

Das Monitoringkonzept sowie die angewandte Methodik und die Untersuchungsergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

2 Allgemeines

Die sich im Gewässer abspielenden Vorgänge sind außerordentlich komplex und werden im Folgenden, unter Verwendung des Berichts der Wassergütestelle Elbe „Schadstoffe in Elbefischen 1994/95“ (ARGE-ELBE 1994/95) sowie der Publikationen von HOFER und LACKNER (1995) und STEFFEN (2002), dargestellt.

Die unter dem Begriff der Bioakkumulation zusammengefassten Aufnahmeprozesse von Schadstoffen in Organismen lassen sich in Biokonzentration und Biomagnifikation unterteilen. Die Biokonzentration beschreibt die direkte Anreicherung einer Substanz aus dem umgebenden Medium, bei Fischen z. B. über die Haut oder die Kiemen. Unter Biomagnifikation versteht man dagegen die Aufnahme einer Substanz über die Nahrung, ein Prozess, der insbesondere bei der Betrachtung von Nahrungsketten von Bedeutung ist. Bei Fischen findet die Aufnahme von Schadstoffen im Wesentlichen über die Kiemen und die Nahrung statt. Die Kiemen stellen ein Austauschorgan dar, das aufgrund seiner Struktur eine starke Oberflächenvergrößerung aufweist. Die Schadstoffaufnahme über die Kiemen wird durch ihre große Oberfläche, durch die Ventilationsfrequenz von Fischen und die dünne Barriere zwischen Umgebungswasser und Blut erleichtert. Hinzu kommt ein ständig auftretender Wassereinstrom, der aufgrund des im Blut von Süßwasserfischen herrschenden höheren osmotischen Druckes auftritt.

Die Aufnahme von Schadstoffen über die Kiemen in das Blut kann durch eine passive Diffusion erfolgen. Passive Diffusionsprozesse verlaufen mit einem Konzentrationsgefälle, wobei niedermolekulare Substanzen schneller als hochmolekulare diffundieren. Bei Diffusionsprozessen wird zwischen transzellulärer, durch die Zellen, und parazellulärer, über den Interzellularraum, erfolgreicher Diffusion unterschieden. Beide Diffusionsvorgänge erfordern keine Energie und können auch in umgekehrter Richtung erfolgen. Aufgenommene Schadstoffe können somit, bedingt durch den herrschenden Konzentrationsgradienten, auch durch einen passiven Transport vom Blut in das Umgebungswasser abgegeben werden.

Ein weiterer Transportvorgang ist die erleichterte Diffusion. Zellmembranen weisen zahlreiche Ionenkanäle auf, durch die der Transport von (positiv oder negativ geladenen) Ionen erleichtert bzw. beschleunigt wird. Die Diffusion erfolgt dabei schneller als es sich mit dem Konzentrationsgradienten allein erklären ließe. Die erleichterte Diffusion führt zur Einstellung derselben Gleichgewichte wie bei der Diffusion, nur wird hier der Gleichgewichtszustand schneller erreicht.

Außer über einen passiven Transport können Schadstoffe auch über spezielle Transportproteine, sogenannte Carrier, die in den Zellmembranen lokalisiert sind, aktiv transportiert werden. Der aktive Transport ist energieaufwendig und erfolgt entgegen eines Konzentrationsgefälles in nur eine Richtung.

Die für die Kiemen beschriebenen Transportprozesse gelten ebenfalls für eine Aufnahme von Schadstoffen über den Verdauungstrakt. Die dominierende Aufnahme findet dabei im Darm statt, der durch die Bildung von Zotten und Mikrovilli eine stark vergrößerte Oberfläche aufweist.

Hydrophile (wasserlösliche) Substanzen gelangen zum Teil über Carrierproteine in die Zelle. So kann beispielsweise Cadmium als freies Ion von den Calcium-Carriern transportiert werden, da sich die Radien (Größe) der beiden Ionen ähneln. Viele andere Metallionen gelangen über Ionenkanäle in die Zelle, wobei die meisten von ihnen als freies Metallion in den Organismus gelangen. Zwar gelangen Schwermetalle in der Regel als gelöstes Kation in die Umwelt, im Wasser können sie aber relativ schnell zu Poly-Ionen reagieren, mit anderen im Wasser gelösten Substanzen eine komplexe Verbindung eingehen und an Feststoffpartikeln akkumulieren. Dadurch können sie dann u. U. nicht mehr direkt bioverfügbar sein.

Lipophile (fettlösliche) Substanzen, zu denen eine Vielzahl organischer Verbindungen zählen, werden von Fischen besonders leicht aufgenommen, da sie direkt die lipophilen Zellmembranen passieren können. Dabei gilt in etwa die Faustformel: Je lipophiler der Schadstoff, desto leichter kann er durch Membranen diffundieren. Viele der lipophilen Schadstoffe werden vornehmlich direkt aus dem Wasser über die Kiemen aufgenommen.

Die über die Kiemen oder den Verdauungstrakt aufgenommenen Schadstoffe werden im Fisch mit dem Blutkreislauf verteilt. Dabei werden beispielsweise einige Metalle an spezielle Transportproteine gebunden, Methylquecksilber bindet sich spezifisch an das Hämoglobin und wird so mit den Erythrozyten im Blut transportiert. Lipophile Substanzen werden zumeist mit Albumin (Eiweiß) im Körper des Fisches verteilt. Da die meisten Schadstoffe im Organismus nach der Aufnahme an Proteine gebunden werden, bleibt das Konzentrationsgefälle zwischen Wasser und Blut aufrechterhalten, was eine gleich bleibende Aufnahmerate von Schadstoffen zur Folge haben kann.

Eine Anreicherung von Schadstoffen im Fisch findet besonders in stoffwechselaktiven Geweben, wie Leber und Niere, statt. Dabei reichern sich lipophile Schadstoffe gleichmäßig in den Körperlipiden des gesamten Organismus an, sie verteilen sich in Geweben entsprechend des Gewebefettgehaltes.

Neben einer Speicherung von Schadstoffen kann auch eine Biotransformation erfolgen. Organische Substanzen können im Entgiftungsstoffwechsel, der vor allem in der Leber stattfindet, in hydrophilere und damit polarere Verbindungen transformiert werden. Hierdurch werden die Stoffe wasserlöslicher und können somit mit dem Harn über Galle bzw. Niere, zu einem geringen Teil auch über die Kiemen und Schleimproduktion ausgeschieden werden. Eine ganze Reihe von organischen Kontaminanten werden allerdings kaum oder nur sehr langsam metabolisiert, was zu einer hohen Anreicherung von Schadstoffen in Fischen führen kann.

Neben der Bioverfügbarkeit des Stoffes und der Lebensweise der Organismen hängt die Anreicherungsrate auch von seinem Metabolisierungs- und Ausscheidungsvermögen ab. Das Metabolisierungsverhalten beeinflusst wiederum das Eintreten bzw. das Ausmaß toxischer Wirkungen auf den Organismus. Die aktuelle Belastung des Organismus resultiert aus

den gegenläufigen Prozessen der Akkumulation und Metabolisierung/Exkretion, wobei die Akkumulation meistens proportional zur Stoffkonzentration in der Umwelt ist. Metabolisierungs- und Eliminationsraten steigen meist mit der Belastung des Organismus an, weil dieser zur Aufrechterhaltung der Stoffwechselhomöostase Entgiftungsmechanismen aktiviert.

Übersteigt die Aufnahme eines toxisch wirkenden Stoffes die Kapazität eines Organismus zur Detoxifikation, können akut toxische Konzentrationen erreicht werden, die zum Zusammenbruch der Fähigkeit zur Regulierung des Stoffwechsels und zur Detoxifikation und schließlich zum Tod des Organismus führen (FRAUNHOFER 1999).

3 Monitoringkonzept

Im Rahmen der EG-WRRL werden seit einigen Jahren systematisch Biota-Untersuchungen in der Ems bei Herbrum (oberhalb Tidewehr), Weser bei Drakenburg (Nienburg) und der Aller bei Verden durchgeführt (siehe Abb. 1). Die Probenahmen der vorliegenden

Untersuchungen wurden im September 2008 durchgeführt, wobei bei allen drei genannten Messstellen Aale entnommen wurden, und zudem jeweils eine Weißfischart, in Herbrum Rotaugen, und in Drakenburg und Verden jeweils Döbel.



Abb. 1: Übersichtskarte der Biota-Untersuchungsmessstellen Ems/Herbrum, Weser/Drakenburg und Aller/Verden

3.1 Probenahme

Die Fische wurden vom Schiff aus mittels Elektrofischerei gefangen (Abb. 2) und zunächst in einer Wanne zwischengehältet. Nach Beendigung der Probenahme erfolgte eine Selektion nach Fischart und Länge. Die für die Untersuchung bestimmten jeweils 10 Individuen je Fischart wurden getötet, die übrigen wieder in das Gewässer zurückgesetzt. Noch an Ort und Stelle erfolgte, nachdem jeweils die Länge und das Gewicht der für die Untersuchung vorgesehenen Fische bestimmt wurden, die Sezierung der Fische.

Jedem Fisch wurde die Leber und ein Stück der Muskulatur (Filet, ohne Haut) entnommen und getrennt in blindwertfreie 50 ml Sarstedtröhrchen abgefüllt.

Für die vorliegenden, umfangreichen Untersuchungen waren die Lebermengen allerdings zu gering, so dass lediglich die Muskulaturen (Mischproben) untersucht werden konnten. Die Proben wurden anschließend tiefgekühlt, unter Beibehaltung der Kühlkette zum Labor nach Geesthacht transportiert und dort analysiert.



Abb. 2: Elektrofischerei in der Aller bei Verden

3.2 Analytik

Die Detektion der Biota-Proben erfolgte durch das Institut GALAB Laboratories mittels LC-MS/MS bzw. GC-MS/MS, die Extraktion nach der QuEChERS-Methode. Die jeweiligen Bestimmungsgrenzen, die zwischen 5 µg/kg und 100 µg/kg variieren und auf das Frischgewicht bezogen sind (FG), wurden in Anlehnung an die EU-Verordnung 396/2005 festgelegt.

In Tab. 1 sind die untersuchten Stoffe aufgeführt, zudem enthält sie die jeweiligen Bestimmungsgrenzen, den jeweiligen Wirkstoff und die dazugehörigen CAS-Nummern.

Tab. 1: Liste der untersuchten Stoffe (in alphabetischer Reihenfolge), Bestimmungsgrenze (BG) in [$\mu\text{g/kg FG}$], Kennzeichnung mit * bedeutet errechnet (Summenparameter)

Stoffname	BG [$\mu\text{g/kg FG}$]	Wirkung als	CAS-Nummer
Abamectin (Summenparameter)*	10	Akarizid, Insektizid	71751-41-2
Acephat	10	Insektizid	30560-19-1
Acetamiprid	5	Insektizid	135410-20-7
Acetochlor	10	Herbizid	34256-82-1
Acibenzolar-s-Methyl	20	Fungizid	135158-54-2
Acionifen	20	Herbizid	74070-46-5
Acrinathrin	10	Akarizid, Insektizid	101007-06-1
Alachlor	10	Herbizid	15972-60-8
Aldicarb	5	Akarizid, Insektizid, Nematizid	116-06-3
Aldicarb (Summenparameter)*	5	Akarizid, Insektizid, Nematizid	116-06-3
Aldicarb-sulfoxid	10	Abbauprodukt	1646-87-3
Aldoxycarb	5	Abbauprodukt	1646-88-4
Aldrin	10	Insektizid	309-00-2
Allethrin	10	Insektizid	584-79-2
Ametryn	5	Herbizid	834-12-8
Amidithion	20	Insektizid	919-76-6
Amidosulfuron	10	Herbizid	120923-37-7
Aminocarb	5	Insektizid	2032-59-9
Amitraz	5	Akarizid, Insektizid	33089-61-1
Amitraz (Summenparameter)*	5	Akarizid, Insektizid	
Ancymidol	50	Wachstumsregulator	12771-68-5
Anilazin	5	Fungizid	101-05-3
Anthrachinon	20	Abwehrmittel	84-65-1
Atrazin	5	Herbizid	1912-24-9
Atrazin (Summenparameter)*	5	Herbizid	
Atrazin, Desethyl-	5	Abbauprodukt	6190-65-4
Avermectin B1a	10	Akarizid, Insektizid	65195-55-3
Avermectin B1b	10	Akarizid, Insektizid	65195-56-4
Azaconazol	10	Fungizid, Insektizid	60207-31-0
Azadirachtin	10	Insektizid	11141-17-6
Azamethiphos	10	Insektizid	35575-96-3
Azinphos-Ethyl	20	Akarizid, Insektizid	2642-71-9
Azinphos-Methyl	5	Akarizid, Insektizid	86-50-0
Aziprotryn	10	Herbizid	4658-28-0
Azoxystrobin	10	Fungizid	131860-33-8
Barban	30	Herbizid	101-27-9
Benalaxyl	10	Fungizid	71626-11-4
Bendiocarb	5	Insektizid	22781-23-3
Benfluralin	10	Herbizid	1861-40-1
Benfuracarb	20	Insektizid	82560-54-1
Benodanil	50	Fungizid	15310-01-7
Benomyl	20	Fungizid	17804-35-2
Bensulfuron-Methyl	20	Herbizid	83055-99-6
Bentazon	20	Herbizid	25057-89-0
Benthiavalicarb-Isopropyl	20	Fungizid	177406-68-7
Benzoylprop-Ethyl	5	Herbizid	22212-55-1
Bifenazat	10	Akarizid	149877-41-8
Bifenox	10	Herbizid	42576-02-3
Bifenthrin	10	Akarizid, Insektizid	82657-04-3
Binapacryl	50	Akarizid, Fungizid	485-31-4
Biphenyl	10	Fungizid, Mikrobiozid	92-52-4
Bitertanol	10	Fungizid	55179-31-2
Boscalid	20	Fungizid	188425-85-6
Bromacil	5	Herbizid	314-40-9
Bromfenvinphos	30	Insektizid	33399-00-7
Bromocyclen	10	Akarizid, Insektizid	1715-40-8
Bromophos-Ethyl	10	Insektizid	4824-78-6
Bromophos-Methyl	10	Insektizid	2104-96-3
Bromoxynil	20	Herbizid	1689-84-5
Brompropylat	10	Akarizid, Insektizid	18181-80-1
Bromuconazol	20	Fungizid	116255-48-2
Bupirimat	20	Fungizid	41483-43-6
Buprofezin	10	Akarizid, Insektizid	69327-76-0
Butachlor	10	Herbizid	23184-66-9
Butafenacil	20	Herbizid	134605-64-4

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Butocarboxim	5	Insektizid	34681-10-2
Butocarboxim (Summenparameter)*	5	Insektizid	
Butocarboxim-sulfoxid	5	Insektizid	34681-24-8
Butoxycarboxim	5	Akarizid, Insektizid	34681-23-7
Butralin	30	Herbizid	33629-47-9
Cadusafos	5	Insektizid, Nematizid	95465-99-9
Camphechlor	100	Insektizid	8001-35-2
Captafol	20	Fungizid	2425-06-1
Captan	100	Fungizid	133-06-2
Carbaryl	5	Insektizid, Nematizid, Wachstumsregulator	63-25-2
Carbendazim	5	Fungizid	10605-21-7
Carbendazim (Summenparameter)*	5	Fungizid	
Carbofuran	5	Akarizid, Insektizid, Nematizid	1563-66-2
Carbofuran (Summenparameter)*	5	Akarizid, Insektizid, Nematizid	
Carbofuran, 3-hydroxy	20	Abbauprodukt	16655-82-6
Carbophenothion	20	Insektizid	786-19-6
Carbophenothion-Methyl	30	Insektizid	953-17-3
Carbosulfan	20	Insektizid, Nematizid	55285-14-8
Carboxin	20	Fungizid	5234-68-4
Carfentrazon-Ethyl	50	Herbizid	128639-02-1
Chinomethionat	20	Insektizid, Fungizid	2439-01-2
3-Chloranilin	10	Abbauprodukt	108-42-9
Chlorbensid	10	Insektizid	103-17-3
Chlorbenzilat	10	Insektizid	510-15-6
Chlorbromuron	50	Herbizid	13360-45-7
Chlorbufam	50	Herbizid	1967-16-4
Chlordan (cis-/trans-)	10	Insektizid	57-74-9
Chlordan, cis-	10	Insektizid	5103-71-9
Chlordan, trans-	10	Insektizid	5103-74-2
Chlordecon	10	Insektizid	143-50-0
Chlorfenapyr	20	Akarizid, Insektizid	122453-73-0
Chlorfenprop-Methyl	10	Herbizid	14437-17-3
Chlorfenson	10	Wachstumsregulator	80-33-1
Chlorfenvinphos	10	Akarizid, Insektizid	470-90-6
Chlorfluazuron	50	Insektizid	71422-67-8
Chlorflurenol	30	Herbizid, Wachstumsregulator	2464-37-1
Chloridazon	5	Herbizid	1698-60-8
Chlormephos	10	Insektizid	24934-91-6
Chloroneb	10	Fungizid	2675-77-6
Chloroxuron	5	Herbizid	1982-47-4
Chlorpropham (Summenparameter)*	10	Herbizid, Wachstumsregulator	
Chlorpropham	10	Herbizid, Wachstumsregulator	101-21-3
Chlorpropylat	10	Insektizid	5836-10-2
Chlorpyrifos	10	Insektizid, Nematizid	2921-88-2
Chlorpyrifos-Methyl	10	Insektizid	5598-13-0
Chlorsulfuron	20	Herbizid	64902-72-3
Chlorthal-Dimethyl	10	Herbizid	1861-32-1
Chlorthalonil	10	Fungizid	1897-45-6
Chlorthiamid	10	Herbizid	1918-13-4
Chlorthion	10	Insektizid	500-28-7
Chlorthiophos	10	Insektizid	60238-56-4
Chlortoluron	5	Herbizid	15545-48-9
Chlozolinat	50	Fungizid	84332-86-5
Cinerin	100	Insektizid	25402-06-6 / 121-20-0
Cinidon-Ethyl	30	Herbizid	142891-20-1
Cinosulfuron	20	Herbizid	94593-91-6
Clethodim	5	Herbizid	99129-21-2
Climbazol	20	Antischuppenmittel	38083-17-9
Clodinafop-Propargyl	50	Herbizid, Wachstumsregulator	105512-06-9
Clofentezin	5	Akarizid, Insektizid	74115-24-5
Clomazon	5	Herbizid	81777-89-1
Clopyralid	20	Herbizid	1702-17-6
Cloquintocet-mexyl	20	Herbizid	99607-70-2
Clothianidin	20	Insektizid	210880-92-5
Coumaphos	10	Insektizid	56-72-4
4-CPA	20	Wachstumsregulator	122-88-3
Crimidin	20	Rodentizid	535-89-7
Crotoxyphos	30	Insektizid	7700-17-6

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Crufomat	30	Insektizid	299-86-5
Cyanazin	5	Herbizid	21725-46-2
Cyanofenphos	10	Insektizid	13067-93-1
Cyanophos	10	Insektizid	2636-26-2
Cyazofamid	10	Fungizid	120116-88-3
Cycloat	20	Herbizid	1134-23-2
Cycloxydim	5	Herbizid	101205-02-1
Cyfluthrin	20	Insektizid	68359-37-5
Cyhalofop-butyl	30	Herbizid	122008-85-9
Cyhalothrin	10	Insektizid	68085-85-8
Cyhalothrin, lambda-	10	Insektizid	91465-08-6
Cymoxanil	5	Fungizid	57966-95-7
Cypermethrin (Summenparameter)*	50	Insektizid	
Cypermethrin	50	Insektizid	52315-07-8
Cypermethrin, alpha-	50	Insektizid	67375-30-8
Cyphenothrin	100	Insektizid	39515-40-7
Cyproconazol	20	Fungizid	94361-06-5
Cyprodinil	10	Fungizid	121552-61-2
Cyprofuram	30	Fungizid	69581-33-5
Cyromazin	10	Insektizid	66215-27-8
2,4-D	10	Herbizid, Wachstumsregulator	94-75-7
Daminozid	10	Wachstumsregulator	1596-84-5
Dazomet	50	Fungizid, Herbizid, Insektizid, Nematizid	533-74-4
2,4-DB	10	Herbizid	94-82-6
DDD, o,p'-	10	Insektizid	53-19-0
DDD, p,p'-	10	Insektizid	72-54-8
DDE, o,p'-	10	Insektizid	3424-82-6
DDE, p,p'-	10	Insektizid	72-55-9
DDT (Summenparameter)*	10	Insektizid	
DDT, o,p'-	10	Insektizid	789-02-6
DDT, p,p'-	10	Insektizid	50-29-3
DEF	50	Entlaubungsmittel, Wachstumsregulator	78-48-8
Deltamethrin	50	Insektizid	52918-63-5
Demeton	30	Insektizid, Nematizid	8065-48-3
Demeton-S-Methyl	5	Akarizid, Insektizid	919-86-8
Demeton-S-Methylsulfon	5	Insektizid	17040-19-6
Demeton-S-sulfon	20	Insektizid	
Demeton-S-sulfoxid	5	Insektizid	
Desethyl-Simazin	10	Abbauprodukt	1007-28-9
Desmedipham	5	Herbizid	13684-56-5
Desmetryn	20	Herbizid	1014-69-3
Diafenthuron	10	Akarizid, Insektizid	80060-09-9
Dialifos	10	Insektizid	10311-84-9
Diallat	10	Herbizid	2303-16-4
Diazinon	10	Akarizid, Insektizid	333-41-5
Dicamba	20	Herbizid	1918-00-9
Dichlobenil	20	Herbizid	1194-65-6
Dichlofenthion	10	Insektizid, Nematizid	97-17-6
3,4-Dichloranilin (Summenparameter)*	5	Herbizid	95-76-1
Dichlofluanid	20	Fungizid	1085-98-9
Dichlon	50	Algizid, Fungizid	117-80-6
Dichlorvos	10	Insektizid	62-73-7
Diclobutrazol	10	Fungizid	75736-33-3
Diclofop-Methyl	10	Herbizid	51338-27-3
Dicloran	20	Fungizid	99-30-9
Dicofol	20	Akarizid, Insektizid	115-32-2
Dicrotophos	10	Akarizid, Insektizid	141-66-2
Dieldrin	10	Insektizid	60-57-1
Dieldrin (Summenparameter)*	10	Insektizid	
Diethofencarb	5	Fungizid	87130-20-9
Difenoconazol	10	Fungizid	119446-68-3
Difenoconazol	10	Herbizid	14214-32-5
Diflubenzuron	5	Insektizid	35367-38-5
Diflufenican	30	Herbizid	83164-33-4
2,3-dihydro-3,3-dimethyl-2-oxo-benzofuran-5-yl-methansulfonat	30	Abbauprodukt	26244-33-7
Dimefox	30	Insektizid	115-26-4
Dimefuron	10	Herbizid	34205-21-5

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Dimethachlor	10	Herbizid	50563-36-5
Dimethenamid	10	Herbizid	87674-68-8
Dimethipin	50	Entlaubungsmittel, Wachstumsregulator	55290-64-7
Dimethoat	5	Akarizid, Insektizid	60-51-5
Dimethoat (Summenparameter)*	5	Akarizid, Insektizid	
Dimethomorph	5	Fungizid	110488-70-5
Dimethylphenyl-N-methylformidin, N-2,4-	20	Abbauprodukt	33089-74-6
Dimethylaminosulfotoluidid	10	Abbauprodukt	66840-71-9
Dimetilan	20	Insektizid	644-64-4
Dimoxystrobin	10	Fungizid	149961-52-4
Diniconazol	5	Fungizid	83657-24-3
Dinitramin	30	Herbizid	29091-05-2
Dinobuton	10	Insektizid, Fungizid	973-21-7
Dinocap	100	Akarizid, Fungizid	39300-45-3
Dinoseb	30	Entlaubungsmittel, Herbizid	88-85-7
Dinotefuran	20	Insektizid	165252-70-0
Dioxacarb	10	Insektizid	6988-21-2
Dioxathion	50	Insektizid	78-34-2
Diphenamid	20	Herbizid	957-51-7
Diphenylamin	10	Fungizid, Insektizid, Wachstumsregulator	122-39-4
Dipropetryn	10	Herbizid	4147-51-7
Disulfoton	5	Akarizid, Insektizid, Nematizid	298-04-4
Disulfoton (Summenparameter)*	5	Akarizid, Insektizid, Nematizid	
Disulfoton-Sulfon	5	Insektizid	2497-06-5
Disulfoton-Sulfoxid	5	Abbauprodukt	2497-07-6
Ditalimfos	10	Fungizid	5131-24-8
Dithianon	10	Fungizid	3347-22-6
Diuron	5	Herbizid	330-54-1
2,4-D-Methylester	50	Herbizid	1928-38-7
DNOC	50	Insektizid, Herbizid	534-52-1
Dodin	10	Fungizid, Mikrobiozid	2439-10-3
2,4-DP	10	Herbizid	120-36-5
Edifenphos	10	Insektizid, Fungizid	17109-49-8
Eamectin (Summenparameter)*	10	Insektizid	
Endosulfan (Summenparameter)*	10	Akarizid, Insektizid	115-29-7
Endosulfan, alpha-	10	Akarizid, Insektizid	959-98-8
Endosulfan, beta-	10	Akarizid, Insektizid	33213-65-9
Endosulfansulfat	10	Abbauprodukt	1031-07-8
Endrin	10	Insektizid	72-20-8
Endrinketon	20	Abbauprodukt	53494-70-5
EPN	10	Akarizid, Insektizid	2104-64-5
Epoxiconazol	10	Fungizid	106325-08-0
EPTC	50	Herbizid	759-94-4
Esfenvalerat	20	Insektizid	66230-04-4
Etaconazol	10	Fungizid	60207-93-4
Ethiofencarb	5	Insektizid	29973-13-5
Ethiofencarb (Summenparameter)*	20	Insektizid	
Ethiofencarb-sulfon	5	Abbauprodukt	53380-23-7
Ethiofencarb-sulfoxid	20	Abbauprodukt	53380-22-6
Ethion	20	Akarizid, Insektizid	563-12-2
Ethirimol	5	Fungizid	23947-60-6
Ethofumesat	20	Herbizid	26225-79-6
Ethofumesat (Summenparameter)*	20	Herbizid	
Ethoprophos	10	Insektizid, Nematizid	13194-48-4
Ethoxyquin	5	Fungizid	91-53-2
Etofenprox	10	Insektizid	80844-07-1
Etoxadol	10	Akarizid	153233-91-1
Etridiazol	10	Fungizid	2593-15-9
Etrimfos	10	Akarizid, Insektizid	38260-54-7
Famoxadon	5	Fungizid	131807-57-3
Famphur	30	Insektizid	52-85-7
Fenamidon	10	Fungizid	161326-34-7
Fenamiphos	20	Nematizid	22224-92-6
Fenamiphos (Summenparameter)*	20	Nematizid	
Fenamiphos-sulfon	20	Abbauprodukt	31972-44-8
Fenamiphos-sulfoxid	20	Abbauprodukt	31972-43-7
Fenarimol	20	Fungizid	60168-88-9
Fenazaquin	5	Akarizid	120928-09-8

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Fenbuconazol	5	Fungizid	114369-43-6
Fenchlorazol-Ethyl	10	Herbizidschuttmittel	103112-35-2
Fenchlorphos	10	Insektizid	299-84-3
Fenchlorphos (Summenparameter)*	10	Insektizid	
Fenchlorphos-oxon	5	Insektizid	3983-45-7
Fenfluthrin	5	Insektizid	75867-00-4
Fenhexamid	5	Fungizid	126833-17-8
Fenitrothion	10	Insektizid	122-14-5
Fenobucarb	20	Insektizid	3766-81-2
Fenothiocarb	50	Akarizid	62850-32-2
Fenoxaprop-Ethyl	50	Herbizid	66441-23-4
Fenoxycarb	5	Insektizid	72490-01-8
Fenpiclonil	30	Fungizid	74738-17-3
Fenpropathrin	20	Akarizid, Insektizid	64257-84-7
Fenpropidin	10	Fungizid	67306-00-7
Fenpropimorph	20	Fungizid	67564-91-4
Fenpyroximat	5	Akarizid	134098-61-6
Fenson	10	Akarizid	80-38-6
Fensulfothion	10	Insektizid, Nematizid	115-90-2
Fensulfothion (Summenparameter)*	10	Insektizid, Nematizid	
Fensulfothion-sulfon	20	Insektizid, Nematizid	14255-72-2
Fenthion	5	Insektizid	55-38-9
Fenthion (Summenparameter)*	5	Insektizid	
Fenthion-Oxon	10	Abbauprodukt	6552-12-1
Fenthion-Oxonsulfon	10	Abbauprodukt	14086-35-2
Fenthion-Oxonsulfoxid	50	Abbauprodukt	6552-13-2
Fenthion-sulfon	50	Abbauprodukt	3761-42-0
Fenthion-sulfoxid	50	Abbauprodukt	3761-41-9
Fentin	30	Algizid, Fungizid, Molluskizid	668-34-8
Fenuron	20	Herbizid	101-42-8
Fenvalerat	20	Insektizid	51630-58-1
Fipronil	10	Akarizid, Insektizid	120068-37-3
Fipronil (Summenparameter)*	10	Akarizid, Insektizid	
Fipronil-desulfinyl	10	Akarizid, Insektizid	205650-65-3
Fipronil-sulfon	10	Akarizid, Insektizid	120068-36-2
Flamprop-M-Isopropyl	30	Herbizid	63782-90-1
Flamprop-M-Methyl	30	Herbizid	63729-98-6
Flazasulfuron	30	Herbizid	104040-78-0
Flonicamid	20	Insektizid	158062-67-0
Florasulam	30	Herbizid	145701-23-1
Fluazifop	5	Herbizid	69335-91-7
Fluazifop (Summenparameter)*	5	Herbizid	
Fluazifop-Butyl	5	Herbizid	69806-50-4
Fluazinam	10	Fungizid	79622-59-6
Fluazuron	20	Akarizid	86811-58-7
Flubendiamid	10	Insektizid	272451-65-7
Flubenzimin	30	Akarizid, Wachstumsregulator	37893-02-0
Fluchloralin	10	Herbizid	33245-39-5
Flucythrinat	50	Insektizid	70124-77-5
Fludioxonil	10	Fungizid	131341-86-1
Flufenacet	5	Herbizid	142459-58-3
Flufenoxuron	5	Akarizid, Insektizid	101463-69-8
Flumetralin	10	Wachstumsregulator	62924-70-3
Flumioxazin	20	Herbizid	103361-09-7
Fluometuron	50	Herbizid	2164-17-2
Fluopicolid	10	Fungizid	239110-15-7
Fluorodifen	10	Herbizid	15457-05-3
Fluotrimazol	10	Fungizid	31251-03-3
Fluquinconazol	5	Fungizid	136426-54-5
Flurochloridon	5	Herbizid	61213-25-0
Fluroxypyr-1-methylheptylester	5	Abbauprodukt	81406-37-3
Flurprimidol	50	Wachstumsregulator	56425-91-3
Flusilazol	10	Fungizid	85509-19-9
Fluthiacet-Methyl	20	Herbizid	117337-19-6
Flutolanil	10	Fungizid	66332-96-5
Flutriafol	20	Fungizid	76674-21-0
Fluvalinat	20	Akarizid, Insektizid	69409-94-5
Folpet	50	Fungizid	133-07-3

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Folpet/ Captan	50	Fungizid	
Fonofos	10	Insektizid	944-22-9
Forchlorfenuron	20	Wachstumsregulator	68157-60-8
Formetanat	10	Akarizid, Insektizid	22259-30-9
Formothion	20	Akarizid, Insektizid	2540-82-1
Fosetyl-Aluminium	20	Fungizid	39148-24-8
Fosthiazat	20	Insektizid, Nematizid	98886-44-3
Fuberidazol	20	Fungizid	3878-19-1
Furalaxyl	10	Fungizid	57646-30-7
Furathiocarb	5	Insektizid	65907-30-4
Furmecyclox	10	Fungizid	60568-05-0
Genite	10	Akarizid	97-16-5
Guazatin	20	Fungizid	108173-90-6
Halfenprox	50	Akarizid	111872-58-3
Haloxypop	5	Herbizid	69806-34-4
Haloxypop (Summenparameter)*	5	Herbizid	
Haloxypop-ethoxyethylester	5	Herbizid	87237-48-7
Haloxypop-methylester	5	Herbizid	72619-32-0
HCH (Summenparameter)*	10	Insektizid	
HCH, alpha-	10	Insektizid	319-84-6
HCH, beta-	10	Insektizid	319-85-7
HCH, delta-	10	Insektizid	319-86-8
HCH, epsilon-	10	Insektizid	6108-10-7
HCH, gamma-	10	Insektizid	58-89-9
Heptachlor	10	Insektizid	76-44-8
Heptachlor (Summenparameter)*	10	Insektizid	
Heptachlorepoxyd, cis-	10	Abbauprodukt	1024-57-3
Heptachlorepoxyd, trans-	10	Abbauprodukt	28044-83-9
Heptenophos	10	Insektizid	23560-59-0
Hexachlorbenzol	10	Fungizid	118-74-1
Hexaconazol	20	Fungizid	79983-71-4
Hexaflumuron	20	Insektizid	86479-06-3
Hexazinon	50	Herbizid	51235-04-2
Hexythiazox	5	Akarizid	78587-05-0
Hydramethylnon	50	Insektizid	67485-29-4
Imazalil	5	Fungizid	35554-44-0
Imidacloprid	10	Insektizid	138261-41-3
Indoxacarb	10	Insektizid	144171-61-9
Iodofenphos	10	Akarizid, Insektizid	18181-70-9
Iodosulfuron-Methyl (Summenparameter)*	20	Herbizid	
Ioxynil (Summenparameter)*	20	Herbizid	
Ioxynil	20	Herbizid	1689-83-4
Ioxynil-Methyl	10	Abbauprodukt	3336-40-1
Ioxyniloctanoat	20	Herbizid	3861-47-0
Iprobenfos	10	Fungizid	26087-47-8
Iprodion	50	Fungizid	36734-19-7
Iprovalicarb	5	Fungizid	140923-17-7
Isazofos	20	Insektizid, Nematizid	42509-80-8
Isobenzan	10	Insektizid	297-78-9
Isocarbamid	10	Herbizid	30979-48-7
Isocarbophos	10	Akarizid, Insektizid	24353-61-7
Isodrin	10	Insektizid	465-73-6
Isofenphos	10	Insektizid	25311-71-1
Isofenphos (Summenparameter)*	10	Insektizid	
Isofenphos-Methyl	10	Insektizid	99675-03-3
Isofenphosoxon	10	Abbauprodukt	31120-85-1
Isomethiozin	10	Herbizid	57052-04-7
Isoprocab	10	Insektizid	2631-40-5
Isopropalin	10	Herbizid	33820-53-0
Isoproturon	50	Herbizid	34123-59-6
Isoxaben	50	Herbizid	82558-50-7
Isxadifen-Ethyl	30	Herbizid	163520-33-0
Isxaflutol	5	Herbizid	141112-29-0
Isoxathion	10	Insektizid	18854-01-8
Jasmolin I+II	100	Insektizid	4466-14-2+1172-63-0
Kresoxim-Methyl	10	Fungizid	143390-89-0
Lenacil	10	Herbizid	2164-08-1
Leptophos	10	Insektizid	21609-90-5

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Linuron	5	Herbizid	330-55-2
Lufenuron	5	Akarizid, Insektizid	103055-07-8
Malaoxon	10	Abbauprodukt	1634-78-2
Malathion	10	Akarizid, Insektizid	121-75-5
Malathion/ Malaoxon	10	Akarizid, Insektizid	121-75-5/1634-78-2
MCPA	20	Herbizid	94-74-6
MCPB	20	Herbizid	94-81-5
Mecarbam	20	Akarizid, Insektizid	2595-54-2
Mecoprop-P	20	Herbizid	16484-77-8
Mefenpyr-diethyl	20	Herbizid	135590-91-9
Mepanipyrim	10	Fungizid	110235-47-7
Mephosfolan	10	Akarizid, Insektizid	950-10-7
Mepronil	10	Fungizid	55814-41-0
Merphos	50	Wachstumsregulator	150-50-5
Metaflumizon	20	Insektizid	139968-49-3
Metalaxyl	10	Fungizid	57837-19-1
Metamitron	20	Herbizid	41394-05-2
Metazachlor	5	Herbizid	67129-08-2
Metconazol	10	Fungizid	125116-23-6
Methabenzthiazuron	10	Herbizid	18691-97-9
Methacrifos	10	Akarizid, Insektizid	30864-28-9
Methamidophos	5	Akarizid, Insektizid	10265-92-6
Methidathion	5	Akarizid, Insektizid	950-37-8
Methiocarb	5	Abwehrmittel, Insektizid, Molluskizid	2032-65-7
Methiocarb (Summenparameter)*	5	Abwehrmittel, Insektizid, Molluskizid	
Methiocarb-sulfon	5	Abbauprodukt	2179-25-1
Methiocarb-sulfoxid	5	Abbauprodukt	2635-10-1
Methomyl	10	Akarizid, Insektizid	16752-77-5
Methomyl (Summenparameter)*	10	Akarizid, Insektizid	
Methoprotryn	30	Herbizid	841-06-5
Methoxychlor	10	Insektizid	72-43-5
Methoxyfenozid	5	Insektizid	161050-58-4
Metobromuron	5	Herbizid	3060-89-7
Metolachlor	10	Herbizid	51218-45-2
Metolcarb	5	Insektizid	1129-41-5
Metoxuron	20	Herbizid	19937-59-8
Metrafenon	10	Fungizid	220899-03-6
Metribuzin	10	Herbizid	21087-64-9
Metsulfuron-Methyl	50	Herbizid	74223-64-6
Mevinphos	20	Akarizid, Insektizid	7786-34-7
Mirex	10	Insektizid	2385-85-5
Molinat	20	Herbizid	2212-67-1
Monocrotophos	5	Akarizid, Insektizid	6923-22-4
Monolinuron	5	Herbizid	1746-81-2
Monuron	20	Herbizid	150-68-5
Myclobutanil	10	Fungizid	88671-89-0
Naled	10	Akarizid, Insektizid	300-76-5
Naphthoxyessigsäure	10	Wachstumsregulator	120-23-0
Napropamid	10	Herbizid	15299-99-7
Neburon	20	Herbizid	555-37-3
Nicosulfuron	5	Herbizid	111991-09-4
Nitenpyram	20	Insektizid	150824-47-8
Nitralin	20	Herbizid	4726-14-1
Nitrapyrin	20	Bakterizid	1929-82-4
Nitrofen	10	Herbizid	1836-75-5
Nitrothal-Isopropyl	50	Fungizid	10552-74-6
Norflurazon	20	Herbizid	27314-13-2
Nuarimol	10	Fungizid	63284-71-9
Ofurac	10	Fungizid	58810-48-3
Omethoat	5	Akarizid, Insektizid	1113-02-6
Oxadiazon	10	Herbizid	19666-30-9
Oxadixyl	5	Fungizid	77732-09-3
Oxamyl	5	Akarizid, Insektizid, Nematizid	23135-22-0
Oxine-Cu	20	Fungizid, Mikrobiozid	10380-28-6
Oxychlordan	10	Abbauprodukt	26880-48-8
Oxydemeton-Methyl	10	Akarizid, Insektizid	301-12-2
Oxydemeton-Methyl (Summenparameter)*	10	Akarizid, Insektizid	
Oxyfluorfen	30	Herbizid	42874-03-3

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Paclobutrazol	10	Wachstumsregulator	76738-62-0
Paraoxon	20	Insektizid	311-45-5
Paraoxon-Methyl	10	Abbauprodukt	950-35-6
Parathion	10	Akarizid, Insektizid	56-38-2
Parathion/ Paraoxon	10	Akarizid, Insektizid	56-38-2/ 311-45-5
Parathion-Methyl	10	Insektizid, Nematizid	298-00-0
Parathion-Methyl (Summenparameter)*	10	Insektizid, Nematizid	
PCB 101	10	Industriechemikalie	37680-73-2
PCB 118	10	Industriechemikalie	31508-00-6
PCB 138	10	Industriechemikalie	35065-28-2
PCB 153	10	Industriechemikalie	35065-27-1
PCB 180	10	Industriechemikalie	35065-29-3
PCB 28	10	Industriechemikalie	7012-37-5
PCB 52	10	Industriechemikalie	35693-99-3
Pebulat	50	Herbizid	1114-71-2
Penconazol	5	Fungizid	66246-88-6
Pencycuron	5	Fungizid	66063-05-6
Pendimethalin	10	Herbizid	40487-42-1
Pentachloranisol	10	Abbauprodukt (von Pentachlorphenol)	1825-21-4
Pentachlorbenzol	10	Industriechemikalie	608-93-5
Pentachlorphenol	10	Fungizid, Herbizid, Insektizid	87-86-5
Pentachlor	50	Herbizid	2307-68-8
Permethrin	20	Insektizid	52645-53-1
Perthan	10	Insektizid	72-56-0
Pethoxamid	30	Herbizid	106700-29-2
Phenkapton	10	Akarizid, Insektizid	2275-14-1
Phenmedipham	5	Herbizid	13684-63-4
Phenothrin	10	Insektizid	26002-80-2
Phenthoat	10	Akarizid, Insektizid	2597-03-7
Phenylphenol, ortho-	10	Mikrobiozid	90-43-7
Phorat	20	Akarizid, Insektizid, Nematizid	298-02-2
Phorat (Summenparameter)*	20	Akarizid, Insektizid, Nematizid	
Phosalon	20	Akarizid, Insektizid	2310-17-0
Phosfolan	10	Insektizid	947-02-4
Phosmet	10	Akarizid, Insektizid	732-11-6
Phosphamidon	20	Akarizid, Insektizid	13171-21-6
Phoxim	50	Insektizid	14816-18-3
Picolinafen	20	Herbizid	137641-05-5
Picoxystrobin	20	Fungizid	117428-22-5
Piperonylbutoxid	10	Synergist	51-03-6
Piperophos	20	Herbizid	24151-93-7
Pirimicarb	5	Insektizid	23103-98-2
Pirimicarb (Summenparameter)*	5	Insektizid	
Pirimicarb, Desmethyl-	5	Abbauprodukt	30614-22-3
Pirimicarb, Desmethylformamido-	5	Abbauprodukt	59333-83-4
Pirimiphos-Ethyl	10	Insektizid	23505-41-1
Pirimiphos-Methyl	10	Akarizid, Insektizid	29232-93-7
Primisulfuron-Methyl	20	Herbizid	86209-51-0
Prochloraz	10	Fungizid	67747-09-5
Procymidon	20	Fungizid	32809-16-8
Profenofos	20	Akarizid, Insektizid	41198-08-7
Profluralin	10	Herbizid	26399-36-0
Profoxydim	100	Herbizid	139001-49-3
Prohexadion	10	Wachstumsregulator	88805-35-0
Promecarb	5	Insektizid	2631-37-0
Prometon	10	Herbizid	1610-18-0
Prometryn	10	Herbizid	7287-19-6
Propachlor	10	Herbizid	1918-16-7
Propamocarb	5	Fungizid	24579-73-5
Propanil	10	Herbizid	709-98-8
Propaquizafop	20	Herbizid	111479-05-1
Propargit	5	Akarizid	2312-35-8
Propazin	10	Herbizid	139-40-2
Propetamphos	10	Akarizid, Insektizid	31218-83-4
Propham	20	Fungizid, Wachstumsregulator	122-42-9
Propiconazol	50	Fungizid	60207-90-1
Propoxur	5	Insektizid	114-26-1
Propoxycarbazon	20	Herbizid	145026-81-9

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Propyzamid	20	Herbizid	23950-58-5
Proquinazid	20	Fungizid	189278-12-4
Prosulfocarb	20	Herbizid	52888-80-9
Prosulfuron	20	Herbizid	94125-34-5
Prothiophos	10	Insektizid	34643-46-4
Prothoat	30	Insektizid	2275-18-5
Pymetrozin	10	Insektizid	123312-89-0
Pyraclostrobin	5	Fungizid	175013-18-0
Pyraflufen-Ethyl	10	Herbizid	129630-19-9
Pyrazophos	10	Fungizid	13457-18-6
Pyrethrin	100	Insektizid	-
Pyridaben	10	Akarizid, Insektizid	96489-71-3
Pyridalyl	20	Insektizid	179101-81-6
Pyridaphenthion	10	Akarizid, Insektizid	119-12-0
Pyridat	5	Herbizid	55512-33-9
Pyridat (Summenparameter)*	5	Herbizid	
Pyridat-Metabolit	5	Herbizid	40020-01-7
Pyrifenoxy	20	Fungizid	88283-41-4
Pyrimethanil	10	Fungizid	53112-28-0
Pyriproxyfen	10	Insektizid	95737-68-1
Quinalphos	20	Akarizid, Insektizid	13593-03-8
Quinclorac	20	Herbizid	84087-01-4
Quinmerac	20	Herbizid	90717-03-6
Quintozen (Summenparameter)*	20	Fungizid	
Quintozen	20	Fungizid	82-68-8
Quizalofop	10	Herbizid	76578-12-6
Quizalofop (Summenparameter)*	10	Herbizid	
Quizalofop-Ethyl	10	Herbizid	76578-14-8
Rabenzazol	10	Fungizid	40341-04-6
Rimsulfuron	10	Herbizid	122931-48-0
Rotenon	5	Akarizid, Insektizid	83-79-4
S421	5	Insektizid	127-90-2
Sebuthylazin	20	Herbizid	7286-69-3
Sethoxydim	5	Herbizid	74051-80-2
Sethoxydim (Summenparameter)*	5	Herbizid	
Silaneophan	30	Insektizid	105024-66-6
Silthiofam	10	Fungizid	175217-20-6
Simazin	5	Herbizid	122-34-9
Spinosad (Summenparameter) *	10	Insektizid	
Spinosyn A	5	Insektizid	131929-60-7
Spinosyn D	5	Insektizid	131929-63-0
Spirodiclofen	10	Akarizid	148477-71-8
Spiromesifen	10	Insektizid	283594-90-1
Spirotetramat	10	Insektizid	203313-25-1
Spirotetramat (Summenparameter) *	10	Insektizid	
Spirotetramat-enol	10	Insektizid	-
Spirotetramat-enol-Glc	10	Insektizid	-
Spirotetramat-ketohydroxy	10	Insektizid	-
Spirotetramat-mono-hydroxy	10	Insektizid	-
Spiroxamin	5	Fungizid	118134-30-8
Sulcotrion	20	Herbizid	99105-77-8
Sulfentazon	20	Herbizid	122836-35-5
Sulfotep	10	Akarizid, Insektizid	3689-24-5
Sulprofos	10	Insektizid	35400-43-2
Swep	10	Herbizid	1918-18-9
2,4,5-T	20	Herbizid	93-76-5
Tau-Fluvalinat	5	Insektizid	102851-06-9
Tebuconazol	10	Fungizid	107534-96-3
Tebufenozid	5	Insektizid	112410-23-8
Tebufenpyrad	10	Akarizid	119168-77-3
Tebupirimphos	10	Insektizid	96182-53-5
Tebutam	30	Herbizid	35256-85-0
Tecnazen	10	Fungizid, Wachstumsregulator	117-18-0
Teflubenzuron	20	Insektizid	83121-18-0
Tefluthrin	10	Insektizid	79538-32-2
Temephos	20	Insektizid	107-49-3
Tepraloxymid	5	Herbizid	149979-41-9
Terbacil	20	Herbizid	5902-51-2

Stoffname	BG [µg/kg FG]	Wirkung als	CAS-Nummer
Terbufos	10	Insektizid, Nematizid	13071-79-9
Terbumeton	10	Herbizid	33693-04-8
Terbutryn	10	Herbizid	886-50-0
1,2,3,4-Tetrachlorbenzol	10	Industriechemikalie	634-66-2
1,2,4,5-Tetrachlorbenzol	10	Industriechemikalie	95-94-3
Tetrachlorvinphos	10	Akarizid, Insektizid	961-11-5
Tetraconazol	10	Fungizid	112281-77-3
Tetradifon	20	Akarizid	116-29-0
Tetramethrin	10	Insektizid	7696-12-0
Tetrasul	10	Akarizid	2227-13-6
Thiabendazol	10	Fungizid	148-79-8
Thiabendazol, 5-Hydroxy-	20	Fungizid	948-71-0
Thiabendazol/Thiabendazol, 5-Hydroxy-	20	Fungizid	148-79-8/948-71-0
Thiacloprid	5	Insektizid	111988-49-9
Thiamethoxam	5	Insektizid	153719-23-4
Thiamethoxam/ Clothianidin	5	Insektizid	153719-23-4/210880-92-5
Thifensulfuron-Methyl	20	Herbizid	79277-27-3
Thiodicarb	20	Insektizid, Molluskizid	59669-26-0
Thiofanox	10	Akarizid, Insektizid	39196-18-4
Thiofanox (Summenparameter)*	10	Akarizid, Insektizid	
Thiofanox-sulfon	10	Abbauprodukt	39184-59-3
Thiofanox-sulfoxid	10	Abbauprodukt	39184-27-5
Thiometon	10	Akarizid, Insektizid	640-15-3
Thionazin	50	Nematizid	297-97-2
Thiophanat-Methyl	10	Fungizid	23564-05-8
Thiram	20	Fungizid	137-26-8
Tiocabazil	50	Herbizid	36756-79-3
2,4,5-T-Methylester	20	Herbizid	1928-37-6
Tolclofos-Methyl	10	Fungizid	57018-04-9
Tolylfluanid (Summenparameter)*	10	Fungizid	
Tolylfluanid	10	Fungizid	731-27-1
2,4,5-TP	20	Wachstumsregulator, Herbizid	93-72-1
Tralkoxydime	50	Herbizid	87820-88-0
Transfluthrin	20	Insektizid	118712-89-3
Triadimefon	10	Fungizid	43121-43-3
Triadimefon/ Triadimenol	10	Fungizid	43121-43-3/55219-65-3
Triadimenol	10	Fungizid	55219-65-3
Triallat	50	Herbizid	2303-17-5
Triamiphos	10	Akarizid, Fungizid, Insektizid	1031-47-6
Triasulfuron	20	Herbizid	82097-50-5
Triazamat	50	Insektizid	112143-82-5
Triazophos	10	Akarizid, Insektizid, Nematizid	24017-47-8
Tribenuron-Methyl	20	Herbizid	101200-48-0
Trichlorfon	20	Insektizid	52-68-6
Trichloronat	10	Insektizid	327-98-0
Tricyclazol	10	Fungizid	41814-78-2
Tridemorph	20	Fungizid	81412-43-3
Tridiphan	50	Herbizid	58138-08-2
Trietazin	50	Herbizid	1912-26-1
Trifloxystrobin	20	Fungizid	141517-21-7
Triflumizol	10	Fungizid	68694-11-1
Triflururon	10	Insektizid	64628-44-0
Trifluralin	10	Herbizid	1582-09-8
Triflusulfuron-Methyl	20	Herbizid	126535-15-7
Triforin	20	Fungizid	26644-46-2
2,3,5-Trimethacarb/ 3,4,5-Trimethacarb	20	Insektizid	2655-15-4/2686-99-9
Trinexapac	20	Wachstumsregulator	104273-73-6
Triticonazol	20	Fungizid	131983-72-7
Uniconazol	20	Wachstumsregulator	83657-22-1
Vamidothion	20	Akarizid, Insektizid	2275-23-2
Vinclozolin	10	Fungizid	50471-44-8
Zoxamid	10	Fungizid	156052-68-5

4 Ergebnisse und Bewertung

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tab. 2 aufgeführt, wobei aufgrund der umfangreichen Stoffliste

(siehe Tab. 1) die Ergebnisse zusammengefasst wurden.

Tab. 2: Ergebnisse der Untersuchungen entsprechend der in Tab. 1 aufgeführten Stoffe (BG = Bestimmungsgrenze)

Fanggebiet	Datum	Fischart	Gewebe	Befunde entsprechend Tab. 1
Herbrum/Ems	02.09.08	Aal	Muskulatur	Gehalte durchweg < BG
Herbrum/Ems	02.09.08	Rotaugen	Muskulatur	Gehalte durchweg < BG
Drakenburg/Weser	09.09.08	Aal	Muskulatur	Gehalte durchweg < BG
Drakenburg/Weser	09.09.08	Döbel	Muskulatur	Gehalte durchweg < BG
Verden/Aller	10.09.08	Aal	Muskulatur	Gehalte durchweg < BG
Verden/Aller	10.09.08	Döbel	Muskulatur	Gehalte durchweg < BG

Der Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass sämtliche im Rahmen dieser Untersuchungen ermittelten Befunde unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen. Dieses Ergebnis ist als überaus positiv anzusehen. Bemerkenswert ist zudem, dass das Fangen der Fische in der ersten Septemberhälfte 2008 stattfand. Also innerhalb eines Zeitraums, in dem durchaus noch bestimmte Pflanzenschutzmittel zur Anwendung kommen können.

Wie sind die durchweg unter den Bestimmungsgrenzen liegenden Biota-Gehalte zu erklären? Bei der Interpretation der Ergebnisse sind folgend aufgeführte Faktoren zu betrachten, die einen wesentlichen Einfluss haben können.

- die in der Wasserphase vorhandenen Stoffkonzentrationen sind relativ gering oder gleich Null.
- eine weiterer zu betrachtender Faktor ist die Persistenz der untersuchten Stoffe. Weisen sie eine geringe Persistenz auf, d. h. die Pflanzenschutzmittel werden in der wässrigen Phase relativ rasch abgebaut, so werden die für eine Bioakkumulation zur Verfügung stehenden Konzentration im Gewässer entsprechend dezimiert. Während beispielsweise Diuron in Wasser einen DT_{50} -Wert (biotischer und abiotischer Abbau) von etwa 90 Tagen aufweist, beträgt er bei Tributylzinns 20–35 Wochen (UBA 2007). Da bestimmte Abbauprodukte ebenfalls problematisch für ein Gewässer sein können, sind einige, bekannte in die vorliegenden Untersuchungen einbezogen worden (siehe Tab. 1).
- zudem gilt es zu betrachten, ob es sich bei den einzelnen Stoffen um hydrophile (wasserlösliche) Stoffe handelt, die ein relativ geringes Bioakkumulationsverhalten aufweisen, oder lipophile (fettlösliche) Stoffe, die ein vergleichsweise deutlich größeres Bioakkumulationspotenzial beinhalten. Ein Maß hierfür ist der Verteilungskoeffizient n-Octanol/Wasser ($\log K_{ow}$ -Wert). Während beispielsweise Diuron einen $\log K_{ow}$ -Wert von 2,78 aufweist, wird in der Literatur bei Hexachlorbenzol, einem typischen Vertreter der als lipophil eingestuften Stoffe, ein $\log K_{ow}$ -Wert von 5,31 angegeben (UBA 2007).

— eine weitere wichtige Kenngröße ist der Biokonzentrationsfaktor (BCF), der im deutlichen Zusammenhang mit den hydrophilen/lipophilen Eigenschaften eines Stoffes zu sehen ist. Während beispielsweise Diuron einen Biokonzentrationsfaktor (Fisch) von lediglich 2 aufweist, beträgt der BCF bei Hexachlorbenzol dagegen etwa 8.600 (LUBW). Somit wird Hexachlorbenzol um etwa 3 Zehnerpotenzen stärker als Diuron in Fischen angereichert.

— zudem ist zu berücksichtigen, auf welchem Weg die Stoffe in die Fische gelangen und dort im Organismus entweder akkumulieren, oder abgebaut bzw. wieder ausgeschieden werden (wie bereits unter Punkt 2 geschildert).

— und letztlich spielt selbstverständlich auch die analytisch angewandte Bestimmungsgrenze eine wesentliche Rolle.

Die geschilderten Sachverhalte zeigen deutlich, dass die sich innerhalb eines Gewässers abspielenden Wechselwirkungen äußerst komplex sind.

Zumindest im Falle der persistenten, sich in Organismen anreichernden Stoffen ist jedoch anhand der vorliegenden Ergebnisse davon auszugehen, dass an den beprobten Überblicksmessstellen aktuell keine signifikanten Belastungen vorliegen.

Die beobachtete positive Tendenz rückläufiger Gewässerbelastungen mit Pflanzenschutzmitteln bzw. einer reduzierten Anzahl der Positivbefunde in Wasserproben seit wenigen Jahren spiegelt sich anscheinend auch in diesen Biota-Ergebnissen wider.

Die Eignung von Biota-Untersuchungen zum Nachweis von Schadstoffen wurde in der Vergangenheit z.B. für Triphenylzinns, auch als Fentin bezeichnet (vgl. Tab. 1), belegt (STEFFEN et al. 2001):

Während in Wasser- und Sediment- bzw. Schwebstoffproben messtechnisch kaum zu erfassende Konzentrationen analysiert wurden, sind in Fischen, insbesondere Rotaugen, teilweise sehr hohe Triphenylzinnsgehalte (bis zu 557 $\mu\text{g/kg}$ FG Muskulatur) infolge ausgeprägter Bioakkumulation ermittelt worden. Aufgrund weiterer, flächendeckender Biota-Untersuchungen in Niedersachsen konnte nachgewiesen werden, dass die festgestellten erhöhten Belastungen auf

den Einsatz eines triphenylzinnhaltigen Pflanzenschutzmittels zurückzuführen waren, welches gegen Kartoffelfäule eingesetzt wurde. Im Jahr 2001 wurde die Zulassung des triphenylzinnhaltigen Pflanzenschutzmittels aufgrund der damaligen Untersuchungsergebnisse widerrufen (STEFFEN et al. 2003).

Anschließende Kontrolluntersuchungen in den darauffolgenden Jahren an besonders belasteten Messstellen ergaben eine deutliche auf das Anwendungsverbot zurückzuführende Abnahme der Gehalte in Fischen. Dieses Beispiel hat verdeutlicht, dass Biota-Untersuchungen infolge der Bioakkumulation die tatsächlichen Belastungssituationen von Gewässern aufgrund der integrierenden Funktion in Raum und Zeit besser abbilden können als Untersuchungen stichprobenartiger Wasserproben.

5 Zusammenfassung

Vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz sind im Jahr 2008 in Zusammenarbeit mit dem Institut GALAB Laboratories und der Abteilung Binnenfischerei des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) Biota-Untersuchungen durchgeführt wurden, bei denen erstmalig eine Stoffpalette von über 600 Stoffen (Pflanzenschutzmitteln) betrachtet wurde. Aus der Ems bei Herbrum, Weser/Drakenburg und Aller/Verden wurden verschiedene Fischarten gefangen, Aal, Rotaugen und Döbel und deren Muskulatur analysiert.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind als überaus positiv anzusehen: die jeweiligen Bestimmungsgrenze wurden bei sämtlichen über 600 Schadstoffen durchweg unterschritten, es konnten keine nennenswerten Bioakkumulationen in den untersuchten Muskulaturen festgestellt werden.

6 Literaturverzeichnis

- ARGE-ELBE (1994/95): Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe, Schadstoffe in Elbefischen – Belastung und Vermarktungsfähigkeit – von der Grenze bis zur See, Wassergütestelle Elbe.
- EU-Verordnung 396/2005: Verordnung Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermittelpflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des Rates.
- FRAUNHOFER (1999): Verfolgung von Umweltbelastungen durch Alkylphenole, Bisphenol A und organische Zinnverbindungen in repräsentativen Umweltproben.- Abschlußbericht Band I: Organische Zinnverbindungen, F&E-Vorhaben 297 63 155 des Fraunhofer Institutes im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- HOFER, R.; LACKNER, R. (1995): Fischtoxikologie – Theorie und Praxis.- Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart.
- NLWKN (2005): Zur Bioverfügbarkeit von Schwermetallen am Beispiel ausgesuchter Gewässer in Niedersachsen, 2005, NLWKN, 20 Seiten.
- NLWKN (2006): Organische Schadstoffe in Fischen als Endglied der aquatischen Nahrungskette. 2006, NLWKN, 32 Seiten.
- LUBW: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, <http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb/berichte/tba18-95/hcb0022.html>
- Richtlinie 2008/105/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik, L348/84.
- STEFFEN, D.; WUNSCH, H.; KÄMMEREIT, M.; KUBALLA, J. (2001): Zinnorganische Verbindungen im Bioindikator Fisch.- Hrsg. Nieders. Landesamt für Ökologie, Oberirdische Gewässer 14/2001, 19 Seiten.
- STEFFEN, D. (2002): Triphenylzinn in Gewässern Niedersachsens – Betrachtung der Kompartimente Wasser, Schwebstoff, Sediment und aquatische Organismen – sowie ein Vergleich zu Butylzinnverbindungen.- Hrsg. Nieders. Landesamt für Ökologie u. Universität Lüneburg, Oberirdische Gewässer 15/2002, 173 Seiten.
- STEFFEN, D. ; WUNSCH, H.; KÄMMEREIT, M.; KUBALLA, J. (2003): Flächendeckendes Biomonitoring zur Triphenylzinnproblematik.- Hrsg.: Nieders. Landesamt für Ökologie, Oberirdische Gewässer 20/2003, 17 Seiten.
- UBA (2007): Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie, Stoffdatenblätter.- Umweltbundesamt, UBA-Texte 29/07.
- VOM WASSER (2007): STEFFEN, D.; WUNSCH, H.; KÄMMEREIT, M.; Triphenylzinn-Biota-Monitoring in Gewässern Niedersachsens.- Vom Wasser 105 (2007) 1, Wiley-VCH Verlag GmbH Co. KGaA, Weinheim, 20-24.

Verzeichnis der bisher in dieser Reihe publizierten Berichte

- Nr. 1/1996: Pflanzenschutzmittel und Nitromoschusverbindungen in ausgewählten niedersächsischen Fließgewässern, 2. Auflage 1997, von D. Steffen, 13 S., 2,50 €.
- Nr. 2/1997: Schadstoffuntersuchungen im Seston von Weser und Aller – Probengewinnung mittels einer stationären Durchlaufzentrifuge, 1997, von D. Steffen, 78 S., 5,00 €.
- Nr. 3/1997: Orientierende Untersuchungen von Gewässersedimenten auf Nitro-/Polymoschusverbindungen und die Flammenschutzmittel TCEP und TCPP, 1997, von G. Lach und D. Steffen, 13 S., 2,50 €.
- Nr. 4/1997: Untersuchung der Wasserstands-Durchfluß-Beziehung, 1997, von D. Tegtbauer et al., 57 S., 5,00 €.
- Nr. 5/1998: Abflußmessungen im 19. Jahrhundert, 1998, von H. Berger, 28 S., 5,00 €.
- Nr. 6/1998: Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen, 1998, von M. Elsholz und H. Berger, 26 S., 5,00 €.
- Nr. 7/1998: Trendbetrachtung über die Belastung von Gewässersedimenten mit Schwermetallen im Zeitraum von 1986-1996, 1998, von D. Steffen und D. Rischbieter, 88 S., 5,00 €.
- Nr. 8/1999: Anwendungen der Wasserstands-Durchfluß-Beziehung, 1999, von M. Elsholz und H. Berger, 28 S., 2,50 €.
- Nr. 9/2000: Aktuelles von niedersächsischen Flachseen - Großes Meer / Hieve / Steinhuder Meer, 2000, von J. Poltz, 33 S., 2,50 €.
- Nr. 10/2000: Phthalate und Triclosan in Sedimenten und Schwebstoffen niedersächsischer Gewässer, 2000, von D. Steffen und G. Lach, 24 S., 2,50 €.
- Nr. 11/2000: Schwermetallfrachten der Aller und deren Auswirkung auf die Weser – Bilanzierung auf der Basis von Schwebstoffuntersuchungen des Jahres 1999, 2000, von D. Steffen, 22 S., 2,50 €.
- Nr. 12/2000: Pegel an kleineren Fließgewässern – Anforderungen aus hydraulischer und fließgewässerökologischer Sicht, 2000, von M. Elsholz und P. Sellheim, 18 S., 2,50 €.
- Nr. 13/2001: Gewässergütebericht 2000, 40 S. und diverse Karten, einschl. CD-ROM, 7,50 €.
- Nr. 14/2001: Zinnorganische Verbindungen im Bioindikator Fisch, 2001, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmerleit, J. Kuballa, 2001, 19 S., 7,50 €.
- Nr. 15/2002: Triphenylzinn in Gewässern Niedersachsens – Betrachtung der Kompartimente Wasser, Schwebstoff, Sediment und aquatische Organismen – sowie ein Vergleich zu Butylzinnverbindungen, 2002, Hrsg. NLO und Universität Lüneburg, von D. Steffen, 170 S., 10,00 €.
- Nr. 16/2002: Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen – GÜN – Pegelmessnetz, Messnetzkonzeption, Messstrategie, 2002, von M. Elsholz und H. Berger, 28 S., 5,00 €.
- Nr. 17/2003: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in Schwebstoffen und Sedimenten niedersächsischer Fließgewässer (1995 – 2000), 2003, von G. Pelzer, D. Steffen und G. Lach, 32 S., einschl. CD-ROM, 7,50 €.
- Nr. 18/2003: Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen, Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze, 2003, von M. Elsholz und H. Berger, 122 S., 60,00 €.
- Nr. 19/2003: Pestizide in niedersächsischen Fließgewässern – Auswertung von NLO-Daten der Jahre 1994 – 2001, 2003, Hrsg. NLO und Universität Lüneburg, von R. Schäfer, 48 S., 7,50 €.
- Nr. 20/2003: Flächendeckendes Biomonitoring zur Triphenylzinnproblematik, 2003, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmerleit und J. Kuballa, 17 S., 5,00 €.
- Nr. 21/2004: Synthetische Komplexbildner, 2004, von D. Steffen, 15 S., 5,00 €.
- Nr. 22/2004: Korngrößenabhängigkeit der Verteilung ausgesuchter schwerflüchtiger organischer Substanzen und Schlussfolgerungen für die Sedimentanalytik, 2004, Hrsg. NLO und Universität Lüneburg, von O. Opel, 60 S., 7,50 €.
- Band 23: Hochwasserschutz in Niedersachsen, 2005, NLWKN, von H.-J. Schultz-Wildelau u. H. Berger, 61 S., 5,00 €.
- Band 24: Zur Bioverfügbarkeit von Schwermetallen am Beispiel ausgesuchter Gewässer in Niedersachsen, 2005, NLWKN, 20 Seiten, 5,00 €.
- Band 25: Gewässergütebericht Aller / Quelle 2004, NLWKN, 165 Seiten, 20,00 €.
- Band 26: Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2006 in den Landkreisen Aurich, Leer, Wittmund und der Stadt Emden, NLWKN, 26 Seiten, 5,00 €.
- Band 27: Organische Schadstoffe in Fischen als Endglied der aquatischen Nahrungskette. 2006, NLWKN, 32 Seiten, 5,00 €.
- Band 28: Gütedaten ostfriesischer Oberflächengewässer Datenband 2007, NLWKN, 263 Seiten, 20,00 €, auch als CD-ROM erhältlich, 5,00 €.
- Band 29: Arzneimittel, spezielle Pflanzenschutzmittel und Industriechemikalien in niedersächsischen Gewässern, 2007, NLWKN, 44 Seiten, 5,00 €.
- Band 30: Biota-Monitoring in niedersächsischen Gewässern – Untersuchung von Fischen auf Pflanzenschutzmittel, 2009, NLWKN, 20 Seiten, 5,00 €.
- Bezugsadresse siehe Seite 2