

آلودگی آبها به آفت کشها خطری است برای موجودهای زنده

نگارش : پروفسور شوربل (۱)

خلاصه

برای مبارزه با آفات مرتباً مقدار زیادی از سموم شیمیائی مورد استفاده قرار میگیرند. مصرف این سموم محیط زندگی را آلوده کرده و خطر مهمی برای بشر بوجود میآورد. این سموم بصورت مستقیم و یا غیر مستقیم داخل آبها میشوند، مثلاً برای مبارزه با غلظهای هرز، علف کشها مستقیماً بآب داده میشوند و یا بطور غیرمستقیم سموم مصرف شده بوسیله باران شسته شده و داخل آبها میشوند. میزان یا حد تحمل غلظت سموم در آبها به بیوتست‌هایی مربوط میشود که از طریق آزمایش‌هایی ارزش LD50 آنها برای اورگانیزم‌های مختلفی که در آب زندگی میکنند مشخص میشود. باید توجه داشت که این آزمایشها چیزی را در مورد سموم خیلی خطرناک و تقریباً کشنده که مرتباً در اورگانیزم‌ها جمع میشوند نشان نمیدهد. جلبک‌ها و باکتریها میتوانند سموم را با غلظت حتی بیشتر از ۶۰۰۰ مرتبه از آب، در خودشان چه بصورت جذب در سلولهای زنده و چه بصورت ذخیره روی دیواره خارجی سلول جمع کرده و به جانوران دیگری که از آنها تغذیه میکنند منتقل نمایند. بی‌مهرگان مصرف کننده مقدار زیادی از سموم را مستقیماً از آب و از راه جلد در بدن خود جذب میکنند مثل لارو یک روزه‌ها (*Ephemerae*) و یا از طریق

(۱) - استاد لیمنولوژی در دانشگاه فرایبورگ آلمان غربی.

DIE KONTAMINATION DER GEWÄSSER MIT PESTIZIDEN: EINE GEFAHR FÜR DEN MENSCHEN

von: Prof. Dr. Jürgen SCHWOERBEL

Limnologisches Institut der Universität Freiburg/Br.

1. Einleitung: Verbrauch an Pestiziden

In immer steigendem Maße werden zur Bekämpfung von Schädlingen im Pflanzen-, Tier- und Menschenschutz chemische Stoffe, Pestizide, eingesetzt und als Insektizide, Akarizide, Rodentizide, Herbizide, Fungizide etc. gegen spezifische Gruppen von Schadorganismen verwendet. Die Monokulturen in der Land- und Forstwirtschaft und der Schutz des Menschen vor Parasiten zwingt uns dazu. Diese Pestizide wirken in unterschiedlicher Weise auf Schädlinge: als Kontaktgifte, Ätz-, Fraß- oder Atemgifte oder sie greifen in den Hormonhaushalt der Insekten ein und stören ihren Entwicklungsablauf.

Der chemischen Bekämpfung von tierischen Schädlingen stehen biologische Methoden gegenüber: Ausbringen von Räubern und Parasiten sowie von insektenpathogenen Krankheitserregern wie Virose- und thuriengiensis-Bazillen; Sterilisation durch chemische Stoffe und durch Bestrahlung bzw. experimentelles Hervorrufen von lethalen Chromosomenaberrationen. Im integrierten Pflanzenschutz werden alle diese Methoden gemeinsam eingesetzt.

Trotz dieser Möglichkeiten zur biologischen Bekämpfung werden überall in steigendem Maße Chemikalien zur direkten und sofortigen Schädlingsbekämpfung eingesetzt und immer neue Verbindungen entwickelt. Die Zahl der auf dem Weltmarkt zugelassenen und im Gebrauch befindlichen Pflanzenschutzmittel betrug

1932	109
1942	500
1952	900
1966	1200
1971	1500

(HANF 1966, 1972). Für die Bundesrepublik Deutschland liegen folgende Angaben vor (HANF 1972):

Jahr	Fungizide	Insektizide	Herbizide	Gesamt
1942	4	14	6	24
1949	6	19	8	33

1955	13	33	13	59
1961	21	47	22	90
1969	33	48	54	135

Die Weltproduktion an Pestiziden beträgt jährlich 1,2 Millionen Tonnen (KLAUSEWITZ, SCHÄFER und TOBIAS 1971). Diese Jahresproduktion, darunter jährlich 100 000 Tonnen DDT, wird auch "verbraucht", d.h. gelangt jährlich in die Ökosphäre: in die Luft, den Boden und das Wasser sowie in die Organismen. Damit aber werden die Pestizide zu einer akuten Gefahr und Bedrohung für den Menschen, dessen Lebensbedingungen sie eigentlich verbessern sollten.

2. Pestizide im Gewässer

In hohem Maße gelangen Pestizide auch in die Gewässer, und zwar durch folgende Vorgänge:

- 1) Direkte Anwendung im Gewässer: Herbizide, Algizide, Piscizide, Larvizide und Molluscizide
 - 2) Durch Niederschlag von luftversprühten Pestiziden, besonders Insektiziden
 - 3) Durch Abspülen der Pestizide von landwirtschaftlichen Flächen mit dem Regenwasser
 - 4) Direkt aus der Atmosphäre mit dem Regenwasser
- Maßnahmen gegen die Kontamination der Gewässer mit Pestiziden lassen sich nur in beschränktem Maße durchführen; so sollte eine Pestizidbehandlung landwirtschaftlich genutzter Seeuferflächen ganz unterbleiben; das Versprühen oder Verstäuben von Pestiziden vom Flugzeug aus ist weitgehend einzuschränken; in Neu Seeland ist der Einsatz von Flugzeugen aus ganz verboten (THOMPSON 1973).

3. Toxizität und Akkumulation von Pestiziden bei Wasserorganismen

Die Schadstoffe im Gewässer können auf die Organismen entweder unmittelbar toxisch wirken oder sie werden toleriert. Diese Toleranz führt meist zu einer gefährlichen Anreicherung der Schadstoffe. Beides: Toxizität und Anreicherung sind von der Konzentration der Schadstoffe im Gewässer abhängig.

3.1 Toxizität

Zur Prüfung eines Pestizids gehören unter anderem auch Toxizitätstests, bei denen die Giftigkeit eines Mittels auf Nicht-Schadorganismen geprüft und die tolerierbaren Grenzkonzentrationen im Gewässer festgelegt werden. Dies gilt besonders für Wasserorganismen, bei denen gewöhnlich die LD50 (lethal dosis 50%) bzw. die IC50 (immobilization dosis 50%) bestimmt wird. Das ist die Schadstoffkonzentration, bei der 50% der Versuchstiere nach einer bestimmten Zeit getötet bzw. immobilisiert sind. Dabei ist zu beachten, daß die im Ge-

wässer herrschenden Umweltbedingungen die Giftigkeit beeinflussen können. So wirken Schadstoffe auf Fische bei schlechter Sauerstoffversorgung viel toxischer als bei optimaler Sauerstoffversorgung, d.h. die LD50 ist u.a. vom Sauerstoffangebot abhängig. Bei Ostrakoden verringern sehr tiefe und sehr hohe Temperaturen (5°C bzw. 37°C) die LD50, d.h. unter diesen Umständen ist die gleiche Konzentration giftiger als bei normalen Temperaturen (AL-DABAGH KHUDAIRI and RUBER 1974). Die Toxizitätstests werden jedoch meist unter standardisierten Bedingungen ausgeführt und sind nicht auf Gewässer mit ihren jahreszeitlich stark wechselnden Lebensbedingungen übertragbar. Die ermittelten Grenzkonzentrationen sind oft "erfreulich" hoch und geben zu Sorglosigkeit und Optimismus Anlaß, weil sie in natürlichen Gewässern nicht erreicht werden. So hat POTT (1974) kürzlich bei dem Herbizid Atrazin eine IC50 (48h) für *Daphnia pulex* von 10,4mg/l festgestellt, ein Wert, der im Gewässer in der Tat wohl kaum auftritt. Ähnlich liegen die Verhältnisse für zahlreiche andere Schadstoffe.

3.2 Akkumulation von Pestiziden in Organismen

Besondere Bedeutung kommt der Anreicherung sublethaler Konzentrationen von Pestiziden in Wasserorganismen zu. In den letzten Jahren sind, seit WURSTER (1968), mehrere Untersuchungen darüber durchgeführt worden. Die Situation ist heute so akut, daß die Deutsche Forschungsgemeinschaft ein umfangreiches Forschungsprogramm über die Anreicherung von Schadstoffen in aquatischen Nahrungsketten angeregt hat und finanziert.

Grundsätzlich kann die Aufnahme und Anreicherung von Pestiziden in Wasserorganismen auf zwei ganz verschiedenen Wegen erfolgen, die allerdings wohl immer gleichzeitig bei einem Organismus ablaufen und experimentell schwierig zu trennen sind: (Abb. 1).

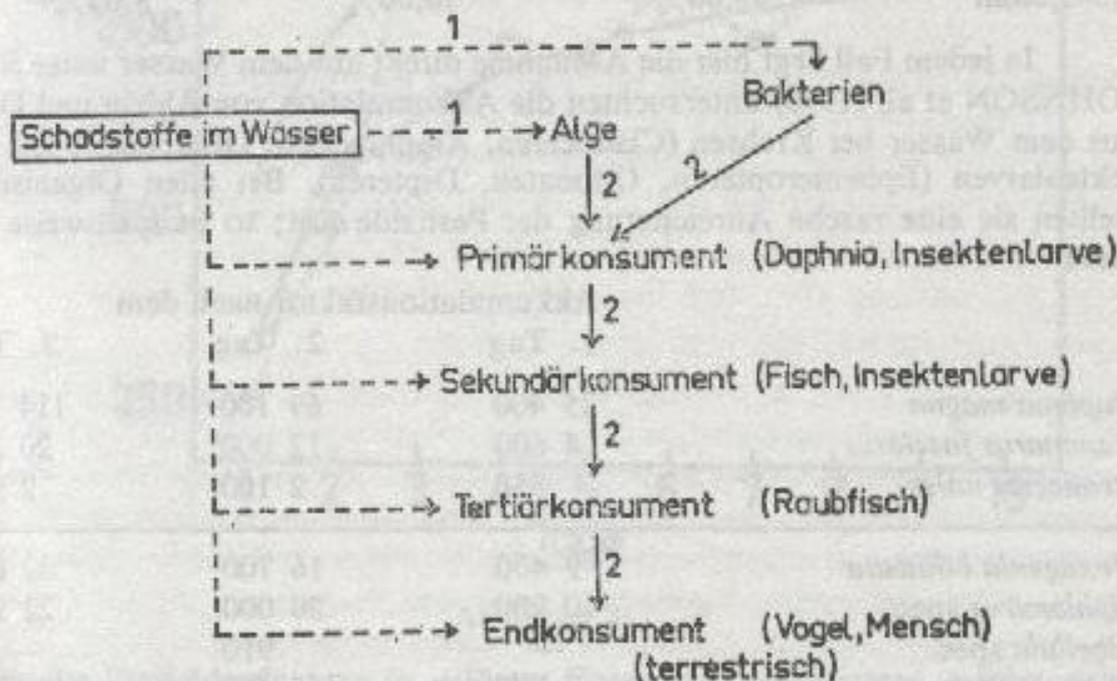


Abbildung 1:

1. Aufnahme direkt aus dem Wasser
2. Aufnahme mit der Nahrung

Im Gewässer laufen unter natürlichen Bedingungen beide Anreicherungswege gleichzeitig ab: Algen und Bakterien nehmen die Pestizide nur direkt, in gelöster Form, aus dem Wasser auf; tierische Konsumenten nehmen sie über beide genannten Wege auf.

Eine Anreicherung muß nicht immer als Absorption, also als direkte Aufnahme in den Organismus vorliegen, sie kann auch eine Adsorption, eine Anlagerung des Pestizids an die äußere Körperwand des Organismus sein. Entscheidend ist, daß auch die beispielsweise von Algen und Bakterien angelagerten Schadstoffe von den Konsumenten aufgenommen werden und in die Nahrungsketten eingehen.

Ich möchte nun die beiden Anreicherungswege nacheinander besprechen.

3.2.1 Anreicherung von Pestiziden durch direkte Aufnahme aus dem Wasser bei Konsumenten

POTT (1974) hat die Anreicherung des Herbizids Atrazin bei *Daphnia pulex* untersucht und gefunden, daß nur ein geringer Anteil des aufgenommenen Schadstoffes aus dem Wasser direkt akkumuliert wird; dieser Anteil hängt von der Schadstoffkonzentration und der Größe der Tiere ab, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

Größe der Tiere	Konzentration von Atrazin im Wasser		
	0,1 mg/l	0,01 mg/l	0,001 mg/l
2,0-2,5mm	23,85%	16,09%	8,31%
2,5-3,0mm	43,80%	20,06%	8,04%

In jedem Fall liegt hier die Aufnahme direkt aus dem Wasser unter 50%. JOHNSON et al. (1970) untersuchten die Akkumulation von Aldrin und DDT aus dem Wasser bei Krebsen (Cladoceren, Amphipoden, Decapoden) und Insektenlarven (Ephemeropteren, Odonaten, Dipteren). Bei allen Organismen stellten sie eine rasche Anreicherung der Pestizide fest; so beispielsweise für DDT:

	Akkumulationsfaktor nach dem		
	1. Tag	2. Tag	3. Tag
<i>Daphnia magna</i>	25 400	69 100	114 100
<i>Gammarus fasciatus</i>	4 600	12 000	20 100
<i>Oreonectes nals</i>	880	2 100	2 900
<i>Hexagenita bilineata</i>	9 400	16 700	32 600
<i>Siphonurus spec.</i>	10 200	20 000	22 900
<i>Libellula spec.</i>	—	910	—
<i>Chironomus spec.</i>	7 800	24 500	47 800
<i>Culex pipiens</i>	—	133 600	—

und für Aldrin:

<i>Daphnia magna</i>	58 000	100 000	141 000
<i>Hexagenia bilineata</i>	13 800	20 900	21 400
<i>Chironomus spec.</i>	12 300	16 600	22 800

Die höchsten Akkumulationsfaktoren wurden demnach bei den Larven von *Culex pipiens* sowie bei *Daphnia magna* mit Werten über 100 000 nach 3 Tagen festgestellt.

Auch HAMELINK et al. (1971) konnten die Aufnahme von DDT aus dem Wasser bei wirbellosen Tieren und auch bei Fischen nachweisen. Gleiches fanden SÖDERGREN and SVENSSON (1973) bei Ephemeropterenlarven aus Fließgewässern. Die Larven von *Ephemera danica* nehmen Aldrin und DDT sehr rasch bis zu einem Gleichgewicht von Aufnahme zu Abgabe bzw. Degradation auf (Abb.2), wobei am 5. Tag ein Anreicherungsfaktor von 3 060 für DDT und 2 440 für Aldrin erreicht wird. Da die Tiere nicht gefüttert wurden,

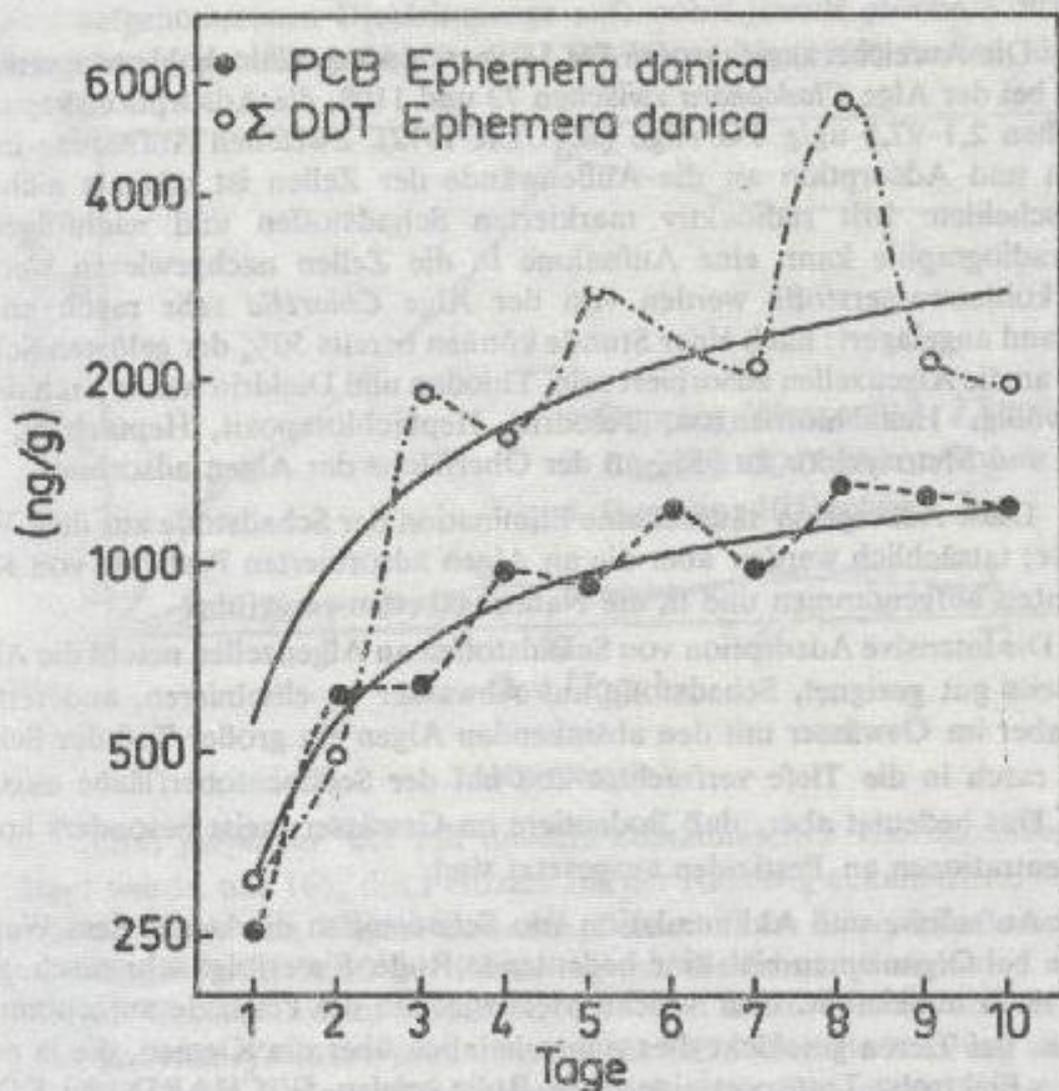


Abbildung 2:

mußte die Pestizidaufnahme in gelöster Form aus dem Wasser erfolgt sein.

Für Dieldrin, das Epoxid des Aldrins, fand REINERT (1972) folgende Anreicherungsfaktoren für die Aufnahme direkt aus dem Wasser:

<i>Scenedesmus</i> (Alge)	1 282 (1)
<i>Daphnia magna</i>	13 954 (10,9)
<i>Poecilia reticulata</i> (Fisch)	40 307 (31,4)

Diese Zahlen sind deshalb besonders interessant, weil sie zeigen, daß auch Fische außerordentlich hohe Dosen von Schadstoffen direkt aus dem Wasser aufnehmen können. Weiterhin täuschen die Zahlen eine Anreicherung innerhalb einer Nahrungskette vor, die hier keinesfalls gegeben ist. Über die Wirkung von Insektiziden auf Algen liegen eine Reihe von Untersuchungen vor. Von Algen angereicherte Insektizide hemmen die Photosynthese (WURSTER 1968); sie verzögern das Wachstum oder hemmen die Atmung (CHLONOKY & PFANNKUCHE 1969, CHRISTIE 1969), wenn sie in die Algenzellen aufgenommen werden.

Die Anreicherungsfaktoren für 14 verschiedene Chlorkohlenwasserstoffe lagen bei der Alge *Cladophora* zwischen 72 und 1108, die Adsorptionskapazität zwischen 2,1-97,5 µg/g TG Alge (BAUER 1972). Zwischen Aufnahme in die Zellen und Adsorption an die Außenwände der Zellen ist oftmals nicht zu unterscheiden. Mit radioaktiv markierten Schadstoffen und nachfolgender Autoradiographie kann eine Aufnahme in die Zellen nachgewiesen werden. Chlorkohlenwasserstoffe werden von der Alge *Chlorella* sehr rasch an die Zellwand angelagert: nach einer Stunde können bereits 50% der gelösten Schadstoffe an die Algenzellen adsorbiert sein. Thiodan und Dieldrin waren nach dieser Zeit völlig, Hexachlorbenzol, Telodrin, Heptachlorepoxit, Heptachlor, p-p DDT und Metoxychlor zu 95% an der Oberfläche der Algen adsorbiert.

Diese Adsorption täuscht eine Elimination der Schadstoffe aus dem Wasser vor; tatsächlich werden aber die an Algen adsorbierten Pestizide von Konsumenten aufgenommen und in die Nahrungsketten eingeführt.

Die intensive Adsorption von Schadstoffen an Algenzellen macht die Algen einerseits gut geeignet, Schadstoffe aus Abwasser zu eliminieren, andererseits wird aber im Gewässer mit den absinkenden Algen ein großer Teil der Schadstoffe rasch in die Tiefe verfrachtet und auf der Sedimentoberfläche angereichert. Das bedeutet aber, daß Bodentiere im Gewässer meist besonders hohen Konzentrationen an Pestiziden ausgesetzt sind.

Aufnahme und Akkumulation von Schadstoffen direkt aus dem Wasser spielen bei Organismen also eine bedeutende Rolle. Sie erfolgt sehr rasch, aber es ist noch unbekannt, über welche Mechanismen die Pestizide aufgenommen werden. Bei Tieren geschieht dies wahrscheinlich über die Kiemen, die ja auch für den Elektrolyt-Transport eine große Rolle spielen. WICHARD und KOMNICK (1971) und weitere fanden bei Larven von Plekopteren, Ephemeropteren und Trichopteren spezifische Zellen im Kiemenepithel, die Ionen aktiv aus dem Wasser aufnehmen. Möglicherweise sind sie auch Ort der Schadstoffauf-

nahme aus dem Wasser, doch liegen darüber noch keine experimentellen Untersuchungen vor.

3.2.2. Aufnahme und Akkumulation von Pestiziden über die Nahrungskette

Die Akkumulation von Pestiziden, aber auch Schwermetallen, in Nahrungsketten ist viel diskutiert, bisher aber nur in wenigen Einzelfällen und einzelnen Gliedern der Nahrungsketten untersucht worden. Allerdings sind die Nahrungsbeziehungen in Gewässern auch äußerst vielfältig.

Die tierischen Konsumenten nehmen die in und an Algen und Bakterien gespeicherten oder angelagerten Pestizide mit der Nahrung auf. Nach den Untersuchungen von REINERT (1972) wird von *Daphnia magna* über die Nahrung jedoch weniger Dieldrin aufgenommen als direkt aus dem Wasser. Auch der Fisch *Poecilia reticulata* nahm aus der Nahrung nur 10% der direkt aus dem Wasser aufgenommenen Dieldrinmenge auf, wobei jeweils gleiche Konzentrationen geboten wurden (Abb. 3). CHADWIG et al. (1969) fanden, daß der

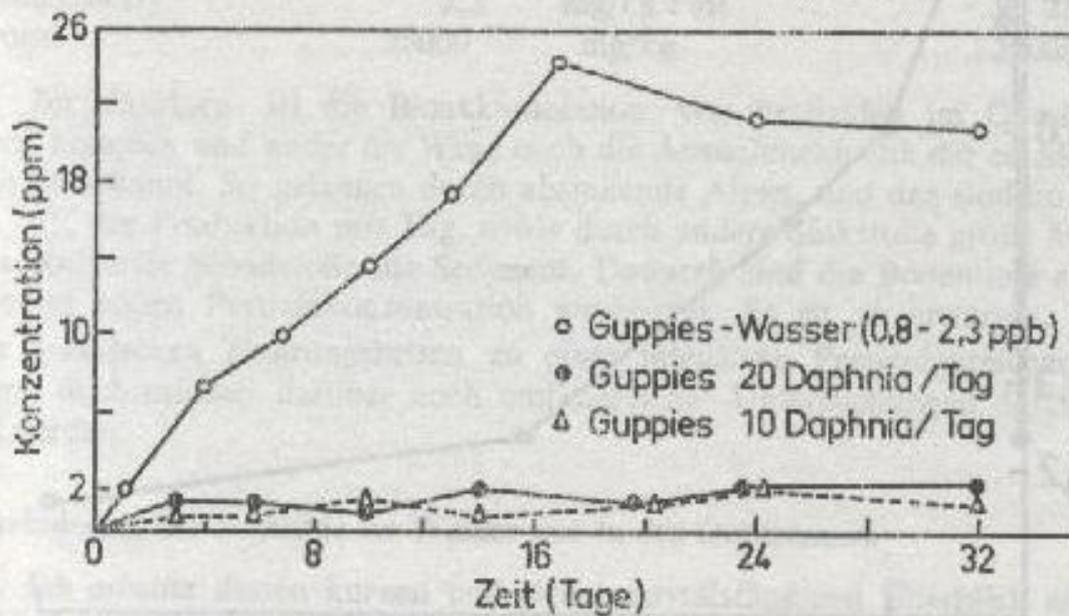


Abbildung 3:

Fisch *Cottus perplexus*, der mit dieldrin-kontaminierten Chironomidenlarven gefüttert wurde, nur 16% des Pestizids aus der Nahrung akkumulierte und mindestens 84% aus dem Wasser aufnahm. Beim Fisch *Pimephalus notatus* war das Verhältnis etwa 50:50 bei Fütterung mit dieldrin-angereicherten *Daphnia magna*. Im Gegensatz dazu fanden MACEK and KORN (1970), daß der Bachsaibling *Salvelinus fontinalis* etwa 10mal mehr DDT über die Nahrung aufnimmt als direkt aus dem Wasser; allerdings war die Schadstoffkonzentration bei diesen Experimenten im Futter (Pellets) 10^6 mal höher als im Wasser. Außerdem muß natürlich angenommen werden, daß die einzelnen Schadstoffe sich unterschiedlich verhalten.

Die Anteile der Pestizidanreicherung aus dem Wasser und aus der Nahrung sind bei den einzelnen Organismen sicher verschieden; offenbar wird bei den meisten aber eine größere Menge direkt aus dem Wasser aufgenommen. Diese Aufnahme aus dem Wasser erfolgt sehr rasch über die Körperoberfläche bzw. die Kiemen; die Aufnahme aus der Nahrung geht viel langsamer über den Darm (EBERHARD et al. 1970 für DDT). Die Aufnahmekinetik der beiden Akkumulationswege ist demnach sehr unterschiedlich.

Bei Invertebraten treten im Hinblick auf die Akkumulation von Pestiziden große Unterschiede auf, die mit ihrer Lebensweise und mit gewissen physiologischen Eigenschaften im Zusammenhang stehen. Nach Zugabe von DDT in einen Teich wurde die höchste DDT-Anreicherung in der Muschel *Sphaerium lacustre* (Abb. 4), die geringste bei der Wasserwanze *Notonecta*

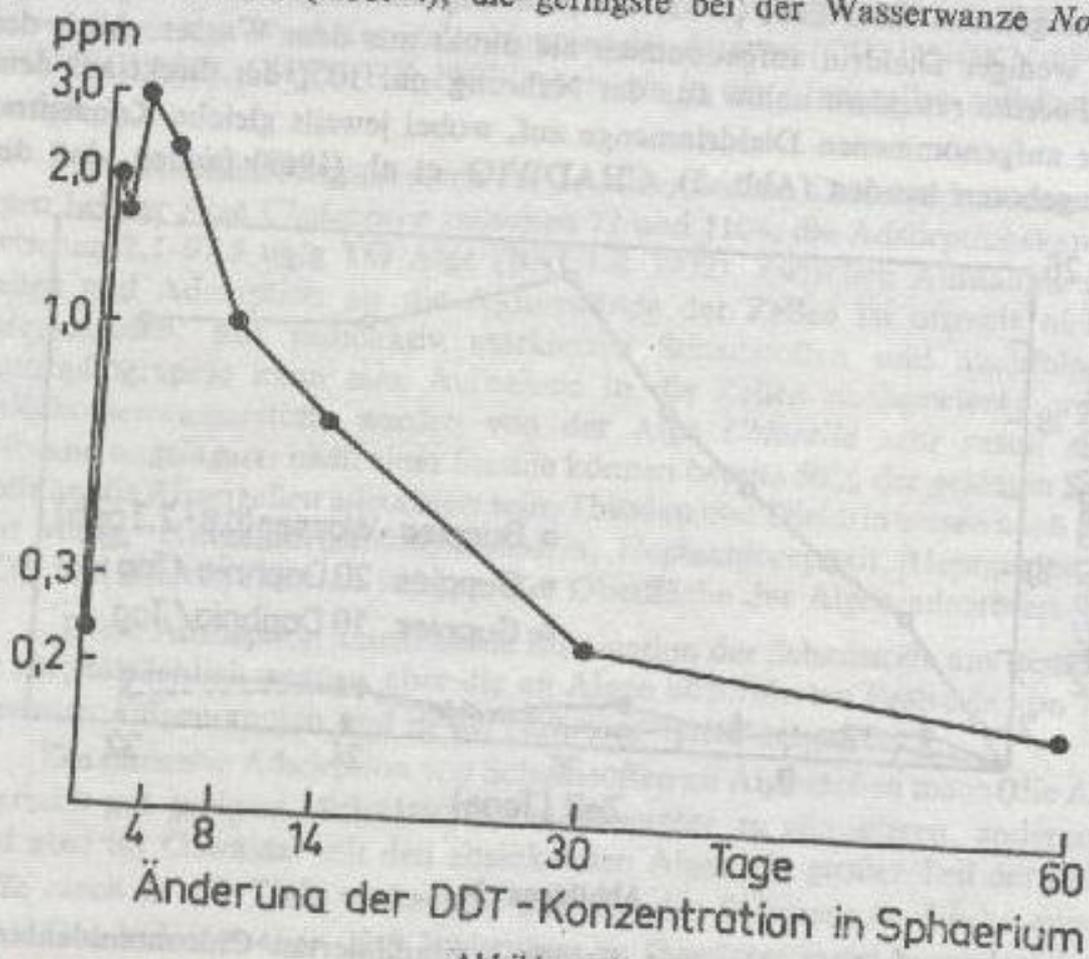


Abbildung 4:

festgestellt (HEIKKI et al. 1973). Die geringe Anreicherung bei *Notonecta* hat wahrscheinlich zwei Ursachen: (1) ist *Notonecta* ein Sekundärkonsument, der fast ausschließlich terrestrische Beutetiere auf der Wasseroberfläche frisst, also in diesem Fall mit DDT-kontaminierten Beutetieren nicht in Kontakt kommt; (2) ist *Notonecta*, wie alle Wasserwanzen, außerordentlich impermeabel für Wasser (STADDON 1963, 1966) und entsprechend ist auch die Stoffaufnahme über die Körperoberfläche aus dem Wasser gering. Beim Einsatz von Mollusciziden zur Bekämpfung von Schnecken als Zwischenwirten der *Schistosoma-*

Würmer fanden HARRISON and MASON (1967), daß gewöhnlich mit den Schnecken auch die Fische zugrunde gehen, die räuberischen Arthropoden, wie beispielsweise die Wasserwanzen, dagegen völlig unempfindlich sind; die Ursachen hierfür sind sicher die gleichen wie die für *Notonecta* angeführten.

Wie groß auch im einzelnen die Unterschiede in der Anreicherung von Pestiziden bei den verschiedenen Organismen sind, alle bisher durchgeführten Untersuchungen zeigen eine intensive Akkumulation von Pestiziden in lebenden Organismen und damit eine Kontaminierung von Nahrungsketten, die über Fische zum Menschen führen. Für DDT rechnet man mit folgenden Anreicherungs-faktoren:

	DDT-Gehalt	Anreicherungsfaktor
Wasser	0,0001 mg/l	1
Algen (Phytoplankton)	0,01 mg/kg	100
Daphnien	0,1 mg/kg	1000
Fische	1,0 mg/kg	10000
<hr/>		
Mensch (BRD)	2,3 mg/kg Fett	23000
Seevögel	25000 mg/kg	25000000

Im einzelnen ist die Bioakkumulation von Pestiziden im Gewässer äußerst komplex und weder die Wege noch die Ausnahmekinetik der einzelnen Stoffe ist bekannt. So gelangen durch absinkende Algen, und das sind im See etwa 20% der Produktion pro Tag, sowie durch andere Sinkstoffe große Mengen adsorbierter Schadstoffe ins Sediment. Dadurch sind die Bodentiere einer besonders hohen Pestizidkonzentration ausgesetzt. Es ist zu erwarten, daß es in benthischen Nahrungsketten zu einer intensiven Pestizidanreicherung kommt, doch müssen darüber noch umfangreiche Untersuchungen durchgeführt werden.

4. Veränderung der Pestizide im Wasser und in den Organismen.

Ich möchte diesen kurzen und sicher unvollständigen Überblick nicht abschließen, ohne wenigstens in Stichworten auf die Veränderung der Pestizide im Wasser und in den Organismen hinzuweisen.

Die ins Gewässer gelangten Pestizide können im Wasser selbst einer chemischen oder photochemischen Veränderung unterliegen, meist einer Hydrolyse, deren Geschwindigkeit für das weitere Schicksal des Pestizids entscheidend ist (PARIS and LEWIS 1973). Parathion ist im Gewässer lange beständig und wird nach den Untersuchungen von QUENTIN erst nach 30 Tagen durch Hydrolyse und Oxidation zu 30% abgebaut (QUENTIN 1971). In dieser Zeit ist das Pestizid längst von Organismen aufgenommen bzw. in Fließgewässern weite Strecken transportiert worden.

Weiterhin können Mikroorganismen Pestizide im Wasser und im Boden umwandeln und abbauen (PARIS and LEWIS 1973) und schließlich können

tierische Organismen die aufgenommenen Pestizide durch biochemische Vorgänge "entgiften". So spielt die Epoxidation aufgenommener Insektizide, beispielsweise die Umwandlung von Aldrin in Dieldrin, eine große Rolle, doch gibt es darin bei den einzelnen Organismen bedeutende Unterschiede. So zeigten bei einer Untersuchung von KHAN et al. (1972) unter 12 wirbellosen Wassertieren die Larven von *Aedes aegypti* die höchste Epoxidationsrate von Aldrin, nämlich 42,35%; es folgten mit abnehmender Epoxidationsrate *Aeschna spec.*, *Anodonta*, *Lymnaea palustris*, *Cambarus*, *Gammarus*, *Daphnia pulex*, *Cyclops*, *Hydra littoralis*, *Asellus*, *Helobdella stagnalis* (Hirudinee) und *Dugesia* (*Turbellaria*). Die Epoxidation ist an die Oxidase-Aktivität gebunden und in den verschiedenen Organen der Tiere von unterschiedlicher Intensität. Besonders intensiv ist sie im Verdauungskanal und in der Leber sowie bei *Cambarus* in der Niere. DDT wurde am stärksten von der Larve der Ephemeroptere *Hexagenia bilineata* abgebaut; es folgten Odonatenlarven, *Palaemonetes kadikaensis*, *Daphnia magna*, *Gammarus fasciatus* und zuletzt *Chironomus spec.* Als Umwandlungsprodukte entstanden überwiegend DDE (JOHNSON et al. 1971).

5. Schlussbemerkung

Ich möchte schließen mit dem Hinweis, daß bei der Entwicklung und dem Einsatz neuer Pestizide in der Zukunft die Auswirkung und das Schicksal der Schadstoffe in der Umwelt, d.h. in der Luft, im Wasser und im Boden, viel stärker berücksichtigt werden muß. Im Vordergrund steht dabei die Möglichkeit der raschen Degradation der Pestizide durch chemische und biochemische Prozesse sowie der Anreicherung des Schadstoffes in Nahrungsketten. Das gilt gleichermaßen in allen terrestrischen und aquatischen Lebensräumen. Zur Kenntnis des Schicksals der Pestizide in der Umwelt ist ökologische Grundlagenforschung notwendig und ich glaube, daß auch der Limnologe hier die künftige Entwicklung mit beeinflussen kann und auch mit beeinflussen sollte.

Summary

The contamination of waters with pesticides: A danger for man

Increasing application of pesticides leads to a world-wide danger for the ecosphere. In aquatic habitats, pesticides are incorporated directly from the water by organisms, and from the food source by consumer species. In all cases this may lead to an accumulation of pesticides within the organisms up to a factor of 10⁶. By food chain mechanisms, pesticides may be transported further on and become a danger for man taking food from water. Future development of pesticides has to be taken into account possible accumulation within the organisms and their persistence within the aquatic ecosystems.

LITERATUR

- AL-DABAGH KHUDAIRI, S.Y., and RUBER, E., 1974. Survival and reproduction of ostracods as affected by pesticides and temperature.- *J. econ. Entomol.* 67: 22-24.
- BAUER, U., 1972. Anreicherung von insectiziden Chlorkohlenwasserstoffen und PCE in Algen.- *Schriftenr. Wass.-Boden- Lufthyg. Berlin-Dahlem H.* 37: 211-219.
- CHADWICK, G.F. and BROCKSEN, R.W., 1969. Accumulation of dieldrin by fish and selected fish-food organisms. - *J. Wildlife Manage.* 33: 693-700.
- CHOLNOCHY-PFANNKUCHE, I., 1969. Untersuchungen über Toxizität I + II.- *Hydrobiologia* 33: 209-222 und 223-236.
- CHRISTIE, A.E., 1969. Effects of insecticides on algae.- *Water & Sewage Works* 116: 172.
- EBERHARDT, L.L., MEEKS, R.L., and PETRERLE, T.J., 1970. DDT in a freshwater macroinvertebrate simulation study.- *Atomic Energy Comm. Res. & Devel. Rep.*, March 1970, 63 pp.
- HAMELINK, J.L., WAYBRANDT, G. and BALL, R.C., 1971. A proposal: exchange equilibria control the degree chlorinated hydrocarbons are biologically magnified in lentic environments.- *Trans. Amer. Fish. Soc.* 100: 207-214.
- HANF, M., 1966. Entwicklung und Ausmaß der Pflanzenschutz mittelanwendung.- *Z. pfl. krankh. Pfl. schutz* 73: 522-536.
- HANF, M., 1972. Pflanzenschutzentwicklung in Deutschland 1946-1971.- *BASF-Mitt.f.d. Landbau u. Pflanzenschutz.*
- HARRISON, A.D. and MASON, M.H., 1967. The effects of the fauna of natural waters of surveillance treatment with bayluscide in Rhodesia.- *Hydrobiologia* 29: 149-155.
- HEIKKI, A. VAAJAKORP and SALONEN, L., 1973. Bioaccumulation and transfer of 14C-DDT in a small pond ecosystem.- *Ann. Zool. Fenn.* 10: 539-544.
- JOHNSON, B.T., SAUNDERS, C.R. and SANDERS, H.O., 1971. Biological magnification and degradation of DDT and Aldrin by freshwater invertebrates.- *J.Fish. Res. Bd. Canada* 28: 705-709.
- KHAN, M.A.Q., KAMAL, A., WOLIN, R.J. and RUNNELS, J., 1972. In vivo and in vitro epoxidation of aldrin by aquatic food chain organisms.- *Bull. environm. contam. toxicol.* 8: 219-228.
- KLAUSEWITZ, W., SCHÄFER, W. & TOBIAS, W., 1971. Umwelt 2000.- *Kl. Senckenb.-Reihe* 3.
- MACEK, K.J. and KORN, S., 1970. Significance of the food chain in DDT accumulation by fish. - *J. Fish. Res. Bd. Canada* 27: 1496-1498.
- PARIS, D.F. and LEWIS, D.L., 1973. Chemical and microbial degradation of ten selected pesticides in aquatic systems.- *Res. Rev.* 45: 95-124.
- POTT, E., 1974. Untersuchungen zur Eignung des Wirkstoffs Atrazin als Modellsubstanz für die experimentelle Analyse der Wirkung und Anreicherung von Herbiziden in aquatischen Nahrungsketten.- *Dipl. Arbeit Univ. Freiburg/Br.*: 1-68.
- QUENTIN, K.E., 1971. Beurteilung und Bedeutung von Rückstandswerten im Hinblick auf Gewässerbiozönose und Trinkwasserqualität.- *Schriftenr. Wasser.- Lufthygiene* 34: 19-28.
- REINERT, R.E., 1972. Accumulation of dieldrin in an alga (*Scenedesmus obliquus*), *Daphnia magna*, and the guppy (*Poecilia reticulata*).- *J. Fish. Res. Bd. Canada* 29: 1413-1418.

- SODERGREN, A. and SVENSSON, B.J., 1973. Uptake and accumulation of DDT and PCB by *Ephemera danica* (Ephemeroptera) in continuous flow systems.- *Bull. environm. contam. toxicol.* 9: 345-350.
- STADDON, B.W., 1963. Water balance in the aquatic bugs *Notonecta glauca* and *Notonecta marmorata* FABR.- *J. exp. Biol.* 40: 563-571.
- STADDON, B.W., 1966. The permeability to water of the cuticles of some adult water bugs.- *J. exp. Biol.* 44: 69-76.
- THOMPSON, F.B., 1973. Pesticide legislation in New Zealand.- *Res. Rev.* 49: 131-151.
- WICHARD, H. and KOMNICK, H., 1971. Electron microscopical and histochemical evidence of chlorid cells in tracheal gills of mayfly larvae.- *Cytobiologia* 3: 215-228.
- WURSTER, C.F., 1968. DDT reduces photosynthesis by marine phytoplankton.- *Science* 159: 1474-1475.

Legenden zu den Abbildungen

- Abbildung 1: Die beiden möglichen Wege der Aufnahme von Schadstoffen durch Organismen im Gewässer. 1= direkt aus dem Wasser; 2 ≠ Über die Nahrung und Transport in der Nahrungskette.
- Abbildung 2: Aufnahme von PCB und DDT aus dem Wasser durch die Larve von *Ephemera danica*. Nach SÖDERGREN and SVENSSON 1973, umgezeichnet
- Abbildung 3: Aufnahme von Dieldrin durch Guppies (*Poecilia reticulata*). ○—○ Aufnahme direkt aus dem Wasser bei Konzentrationen von 0,8 bis 2,3 ppb; ●—● Aufnahme aus der Nahrung bei Fütterung mit 20 kontaminierten Daphnien pro Tag; △—△ Dieldrin - Aufnahme bei Fütterung mit 10 kontaminierten Daphnien pro Tag. Nach REINERT 1972, umgezeichnet
- Abbildung 4: Aufnahme und Abbau von DDT bei der Muschel *Sphaerium lacustre* nach Zugabe von DDT in einen Teich. Anfangs intensive Akkumulation, vom 4. Tag ab Rückgang der Schadstoffkonzentration im Tier. Ordinate log-Darstellung. Nach HEIKKI et al. 1973, umgezeichnet