

Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem

Heft 105

November 1961



**Studien über Nebenwirkungen
von Pflanzenschutzmitteln auf Fische
und Fischnährtiere**

Von

Dr. Karl Bauer

Landwirtschaftliche Hochschule Hohenheim
Institut für Pflanzenschutz
Leiter: Prof. Dr. B. Rademacher

Berlin 1961

*Herausgegeben von der
Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*

Kommissionverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
Berlin SW 61, Lindenstraße 44—47 (Westberlin)

Inhalt

	Seite
I. Beurteilung des Giftigkeitsgrades	5
II. Wirkung giftigkeitsbeeinflussender Faktoren	
1. Fischarten	6
2. Alter (Größe) der Tiere	7
3. Wassertemperatur	8
4. Sauerstoffgehalt des Wassers	9
5. Mineralgehalt des Wassers	9
III. Untersuchungsergebnisse über die toxische Wirkung von Pflanzenschutzmitteln	
1. Fungizide	10
2. Insektizide und Akarizide	
a) Winterspritzmittel	11
b) Chlorierte Kohlenwasserstoffe	
DDT	12
HCH, Lindan	18
Aldrin	22
Chlordan	24
Dieldrin	25
Endrin	27
Heptachlor	28
Isodrin	29
Methoxychlor	29
Thiodan	30
Toxaphen	31
Weitere chlorierte Kohlenwasserstoffe (DDD (TDE), DFDT, DBrDT, DJDT, DPT, Stroban, Perthane; Akarizide: Tedion, Ovotran, Kelthane)	33
c) Organische Phosphorverbindungen	
Parathion	34
Chlorthion	36
Diazinon	37
Malathion	38
Dipterex	39
Systox	40
Metasystox	41
Weitere organische Phosphorverbindungen (TEPP, Para-oxon, EPN, OMPA, Phosphamidon, Gusathion)	42

	Seite
d) Insektizide aus pflanzlichen Rohstoffen	
Nikotin	42
Pyrethrum	43
Derris (Rotenon)	45
3. Herbizide	
Chlorate	46
TCA	47
CMU	47
Simazin	48
Dalapon	48
DNOC	48
2,4-D	49
2,4,5-T	50
MCPA	51
CIPC und andere Carbamate	51
Kombinierte Mittel	52
Mittel zur Bekämpfung von Algen und anderen Wasserpflanzen (Arsentrioxyd, Natriumarsenit, Kupfersulfat, Natriumfluoracetat, Phygon)	52
IV. Auswertung der Untersuchungsergebnisse	53
V. Fischverluste als Folge von Pflanzenschutzmaßnahmen	54
VI. Zusammenfassung	55
VII. Literatur	56

Studien über Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Fische und Fischnährtiere*)

Um Unterlagen für die Vermeidung unerwünschter schädigender Nebenwirkungen auf Fische und Fischnährtiere bei Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in unmittelbarer Nähe von Gewässern zu schaffen und um Lücken in Forschung und praktischer Erfahrung zu erkennen, werden in vorliegender Arbeit vor allem die in den letzten 20 Jahren auf diesem Gebiet gewonnenen Erkenntnisse zusammengefaßt.

I. Beurteilung des Giftigkeitsgrades

Zur Feststellung der Toxizität von Pflanzenschutzmitteln werden mit den Versuchstieren meistens sog. Lebensdauerversuche durchgeführt, wobei zur Beurteilung der Schädlichkeit dieser Stoffe nur äußerlich sichtbare Erscheinungen (Unruhe, Gleichgewichtsstörungen, Bewegungslosigkeit, bei Fischen auch Seitenlage und Atemstillstand) dienen. Die Beurteilung des Giftigkeitsgrades der Handelspräparate oder reinen Wirkstoffe erfolgt unter zum Teil recht verschiedenen Begriffen:

Am häufigsten wird der Begriff der LD 50 (= Letale Dosis, bei der 50 % der Versuchstiere sterben) angewandt. Eigentlich versteht man unter diesem in der pharmakologischen Praxis üblichen Begriff eine einmalige genau bestimmte Wirkstoffmenge, die den Versuchstieren (Ratten, Mäusen, Kaninchen, Katzen) per os oder intravenös zugeführt wird. Da aber bei Versuchen mit Fischen und Fischnährtieren in verschiedenen konzentrierten Lösungen die durch Kiemen und Körperoberfläche aufgenommenen Giftmengen unbekannt sind, führten LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) den Begriff der LC 50 ein, den sie definieren als „diejenige Giftkonzentration, bei welcher innerhalb einer bestimmten Zeit und gleichbleibenden Versuchsbedingungen 50 % der Versuchstiere sterben“.

Gleichbedeutend mit der LC 50 ist der von vielen ausländischen Forschern angewandte Begriff der TL m (median tolerance limit), der als diejenige Giftkonzentration definiert wird, bei welcher 50 % der Versuchstiere eine bestimmte Zeitspanne überleben. Unter den öfters angewandten Begriffen ist auch die Grenzkonzentration oder die Grenzschwelle (threshold limit, threshold point, threshold concentration) zu nennen, d. h. jene Konzentration, bei deren Überschreitung eine Schädigung des Fischbestandes eintritt.

Als Schädlichkeitsgrenze wird nach STEINMANN (1928) diejenige Konzentration eines Giftstoffes bezeichnet, die während einer Stunde „ohne ersichtlichen Nachteil“ ertragen wird. BANDT (1957 a, 1959) bezeichnet bei seinen Untersuchungen als Schwellenwert der Giftwirkung die „niedrigste Konzentration bei der im Aquarierversuch innerhalb einer Beobachtungszeit von 3—4 Tagen noch eine wesentliche Beeinflussung (zumeist Seitenlage) eintritt und auf Grund vieler Bestätigungen in der Praxis mit fischereilichen Schädigungen (Abwanderung, Fischsterben) zu rechnen ist“.

SKRAMLIK (1948/49) ermittelte bei seinen Untersuchungen zunächst diejenige Konzentration der Giftlösung, „in der die Tiere innerhalb 10 Minuten eine schwere Vergiftung erfahren, von der sie sich aber wieder erholen“, sodann diejenige Konzentration, „bei der die Tiere so schwer vergiftet werden, daß sie trotz bester Haltung im Anschluß an den

*) Die Arbeit wurde mit Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten durchgeführt, dem hiermit verbindlichst gedankt sei. Sie steht im Einklang mit den Bemühungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft um Klarstellung der Toxizität der Pflanzenschutzmittel.

Eingriff zugrunde gehen“. Den Mittelwert aus beiden Konzentrationen bezeichnet er als Vergiftungsgrenze.

MAETZEL (1955) wandte bei seinen Versuchen die von DENZER (1952), BLAESING (1953) und HALSBAND (1953) entwickelten Methoden an, wobei zur Beurteilung der Schädlichkeit eines Giftstoffes nicht nur äußerlich sichtbare Erscheinungen dienen, sondern die Beurteilungsmerkmale sich vor allem auf Grund von Messungen des Sauerstoffverbrauchs und der Atemfrequenz als Ausdruck des Gasstoffwechsels ergeben. Als Erträglichkeitsgrenze bezeichnet MAETZEL diejenige Konzentration, „in der der Sauerstoffverbrauch und die Atemfrequenz des Fisches gerade noch ein über mehrere Stunden gleichbleibendes Niveau erreicht, unabhängig davon, zu welchem Zeitpunkt das geschieht, und ob es unter oder über der Norm liegt, wobei auch das äußere Vergiftungsbild keine sichtbaren Schädigungen zeigen darf“.

Nach DENZER (1959) reichen zur Feststellung einer sog. Behinderungs- oder Störungsschwelle äußerlich sichtbare Merkmale nicht mehr aus, sondern die Aufmerksamkeit muß sich bei der Beurteilung der Toxizität von Stoffen für Fische und Fischnährtiere auf genauere Beobachtung der physiologischen Vorgänge richten. Die Störungsschwelle ist nach DENZER dann erreicht, wenn „die Konzentration eines Giftes so groß ist, daß die Regulationsmechanismen des Fisches die vollständige Kompensation des Schadens nicht mehr bewältigen können, so daß durch längere Einwirkung dieser Konzentration oder durch deren Erhöhung der Organismus geschädigt wird und dadurch zugrunde geht“. Mit der Störungsschwelle betritt das Versuchstier die sog. Phase der unvollständigen Kompensation, die von der letzten Phase, der sog. kritischen Phase, durch die Kritische Schwelle getrennt wird, von der ab die Atmung unweigerlich zum Erliegen kommt.

II. Wirkung giftigkeitsbeeinflussender Faktoren

I. Fischarten

Die toxische Wirkung chemischer Substanzen auf Fische und Fischnährtiere ist sehr verschieden. Fischarten mit geringem Stoffwechselumsatz (z. B. Karpfen) sind im allgemeinen gegen Giftstoffe widerstandsfähiger als Arten mit hohem Stoffwechselumsatz (z. B. Forellen). Nach BANDT (1941), der auf Grund vieler Untersuchungen und Erfahrungen eine Einstufung von Nutzfischarten nach ihrer Empfindlichkeit gegenüber chemischen Einflüssen vornahm, sind Bach- und Regenbogenforellen hochempfindlich, Karpfen, Schleien und Karauschen dagegen weniger empfindliche Arten. Hechte und Plötzen werden von BANDT als empfindliche, Barsche und Kaulbarsche als sehr empfindliche Fische bezeichnet. Nach SCHEURING u. HAUG (1933) sind Zander und Bartgrundeln gegen Natriumchlorat empfindlicher als selbst Forellen.

NIETZKE (1950) untersuchte die Wirkung von Multexol (Lindan) auf verschiedene Arten von Zierfischen. Während Drachenflosser durch 10 mg/l nach einer Einwirkungszeit von 4 Stunden getötet wurden, starben Schwarzbandsalmmler erst nach 22 Stunden und rote Platys nach 47 Stunden. Bei der Prüfung eines Dinitro-o-kresol-Präparates durch TRUELLE (1957) wirkte 1 mg/l auf Barsche (16,3 g) in 4 Stunden tödlich, Karpfen (14,3 g) dagegen wurden innerhalb von 10 Tagen nicht sichtbar geschädigt. WEBBE (1957) untersuchte in Fischteichen (Wassertiefe 60 cm) die Empfindlichkeit von Setzlingen dreier *Tilapia*-Arten gegen Dieldrin. Bei einer Aufwandmenge von 5,65 kg/ha Dieldrin-Granulat (2 %ig) waren nach 3 Wochen 30 % von *Tilapia macrochir* BOULANGER und 20 % von *Tilapia melanopleura* DUMERIE eingegangen; *Tilapia pangani* LOWE jedoch blieb unbeeinflusst. Bei einer Aufwandmenge von 11,3 kg/ha betrug die

Mortalitätsquote nach 3 Wochen bei *T. macrochir* 60 %, bei *T. melanopleura* 50 % und bei *T. pangani* 10 %. Nach KUBOTA, HAYAMA u. KURIYAMA (1957) sind Schlammpeitzger (*Misgurnus anguillicaudatus* CANTOR) gegen DDT, Folidol und andere Insektizide weniger empfindlich als Karpfen und Regenbogenforellen.

HARCH (1957) untersuchte die Widerstandsfähigkeit von Fischen gleicher Größe (5 cm) gegenüber DDT bei einer Wassertemperatur von 18–22° C. Bei 0,16 ppm*) starben unter den Lachsen (*Salmo salar*) die ersten Versuchstiere nach 7 Stunden, unter den Regenbogenforellen (*Salmo gairdnerii*) nach 13 Stunden und unter den Bachsaiblingen (*Salvelinus fontinalis*) nach 18 Stunden. HENDERSON u. PICKERING (1957) stellten fest, daß bei annähernd gleicher Größe (5 cm) und gleichem Gewicht (1,5 g) Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*) gegen TEPP empfindlicher sind als Cypriniden (*Pimephales promelas*); allerdings beträgt der Empfindlichkeitsunterschied nur 0,2–0,9 ppm. Der annähernd gleiche Empfindlichkeitsunterschied beider Arten besteht nach SURBER (1948) gegen DDT und Toxaphen und nach TARZWELL u. HENDERSON (1956) gegenüber Dieldrin. Regenbogenforellen (*Salmo gairdnerii*) sind nach SURBER (1948) gegen Toxaphen und Lindan weniger widerstandsfähig als Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*), gegen DDT dagegen scheinen beide Arten annähernd gleich empfindlich zu sein. Auch gegen Parathion sind nach LINDUSKA u. SURBER (1948) *Salmo gairdnerii* und *Lepomis macrochirus* annähernd gleich widerstandsfähig (Empfindlichkeitsunterschied 0,3 ppm). Ein außerordentlich großer Empfindlichkeitsunterschied scheint dagegen zwischen Königslachs-Setzlingen (*Oncorhynchus tshawytscha*) und Cypriniden-Setzlingen (*Pimephales promelas*) gegenüber Malathion zu bestehen, da PARKHURST u. JOHNSON (1955) die TL m in 96 Stunden für *Oncorhynchus* mit 0,12 ppm und HENDERSON u. PICKERING (1957) für *Pimephales* mit 12,54 ppm angeben. Wesentlich größere Empfindlichkeitsunterschiede als zwischen den einzelnen Fischarten bestehen zwischen den verschiedenen Arten von Fischnährtieren. Während Schlammröhrenwürmer (*Tubifex*) und besonders Hüpferlinge (*Cyclops*) im allgemeinen sehr widerstandsfähig sind, sind Wasserflöhe (*Daphnia*), Flohkrebse (*Gammarus*) und Insektenlarven sehr empfindlich (SCHNEIDER 1953, LÜDEMANN u. NEUMANN 1960 b).

2. Alter (Größe) der Tiere

Der Toxizitätsgrad chemischer Stoffe für Fische und Fischnährtiere wird neben der Artzugehörigkeit vor allem vom Alter (Größe) der Tiere bestimmt. Kleine Fische (Jungtiere) sind Giften gegenüber im allgemeinen weniger widerstandsfähig als größere (ältere) Fische der gleichen Art (HOFFMANN u. SURBER 1945, 1949 a, STOCK 1950, MAYHEW 1955, FUKANO u. HOOPER 1958). KUBOTA, HAYAMA u. KURIYAMA (1957) untersuchten die Wirkung von DDT, Folidol und anderer Insektizide auf Schlammpeitzger (*Misgurnus anguillicaudatus* CANTOR) verschiedener Größe. Die größeren Fische (10–13 cm) starben in den Versuchslösungen bis zu 20 Stunden später als die kleineren Formen (6–9 cm). Bei Teichversuchen konnten FUKANO u. HOOPER (1958) feststellen, daß Toxaphen in Emulsionsaufbereitung bei 0,005 ppm auf Fische (*Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*) von weniger als 6,5 cm Länge in 2 Tagen tödlich wirkte, während größere Formen selbst nach 7 Tagen nicht sichtbar geschädigt waren.

*) Die Konzentrationsangabe der Wirkstoffe im Wasser erfolgt in ppm (1 ppm = 1 Millionstel Teil oder 0,0001 %); bei Handelspräparaten, deren Wirkstoffanteil meistens unbekannt ist, erfolgt die Konzentrationsangabe in mg/l (= mg Präparat pro l Wasser).

GAGNON (1958) untersuchte die Wirkung von DDT-Emulsion auf Lachse verschiedenen Alters. Während die zweijährigen Versuchstiere durch 0,32 ppm bei 10,5–16,5° C in 60 Stunden nicht geschädigt wurden, wurden die Jungtiere (3 Monate alt) zu 100 % und die einjährigen Fische zu 50 % abgetötet. Ganz besonders widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse scheinen jedoch Fischeier und jüngste Larvenstadien zu sein, denn IYATOMI und Mitarbeiter (1958) untersuchten die Wirkung von Endrin auf Schlangenkopffische (*Channa argus*) bei 20° C und ermittelten als LD 50 in 24 Stunden für befruchtete Eier 100 ppm, für 2 Tage alte Larven 13,5 ppm, für 4 Tage alte Larven 5,6 ppm und für 6 Tage alte Larven 0,012 ppm.

3. Wassertemperatur

Der Giftigkeitsgrad von Pflanzenschutzmitteln für Fische und Fischnährtiere wird nicht nur durch deren Eigenschaften (Art, Alter bzw. Größe) bestimmt, sondern er ist in hohem Maße auch von der chemisch-physikalischen Beschaffenheit des Wassers abhängig. Untersuchungen ergaben, daß durch Erhöhung der Wassertemperatur die Giftwirkung gesteigert, d. h. der Vergiftungsablauf beschleunigt wird (EVERHART u. HASSLER 1945, STOCK 1950, MANN 1958 a). Nach SMITH (1939) wurden einjährige Bachsaiblinge in Rotenon-Lösungen von 0,1 ppm bei 20° C nach 27 Minuten, bei 5° C dagegen erst nach 150 Minuten abgetötet. DANEEL (1933 a) berichtet, daß bei Stichlingen (*Gasterosteus pungitius* L.; 2,5–2,7 g) in Rotenon-Lösungen von 10 ppm Atemstillstand bei 20° C nach durchschnittlich 11 Minuten, bei 14° C dagegen erst nach 22 Minuten eintrat. In Lösungen von 0,1 ppm setzte die Atmung bei 20° C nach 25½ Minuten aus, bei 14° C dagegen erst nach durchschnittlich 48 Minuten. IYATOMI und Mitarbeiter (1958) geben für Endrin-Emulsion als LD 50 für Karpfen (*Cyprinus carpio*; 5–7 cm) in 48 Stunden 0,14 ppm bei 7–8° C und 0,005 ppm bei 27–28° C an.

DAVIDOW u. SCHWARTZMAN (1955) berichten, daß bei Goldfischen die Vergiftungssymptome (Zuckungen und Krämpfe) in Endrin-Lösungen von 0,1 ppm bei 28° C nach 16 Minuten, bei 21° C dagegen erst nach 40 Minuten auftraten. Auch ADLUNG (1957 b) untersuchte den Einfluß der Temperatur auf den Vergiftungsablauf bei Goldfischen (*Carassius carassius* f. a. *aurata*; 4 cm) und zwar in Thiodan-Lösungen von 0,1 ppm. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in Tab. 1 dargestellt:

Tabelle 1
Einfluß der Temperatur auf den Vergiftungsablauf bei Goldfischen in
Thiodan-Lösungen von 0,1 ppm

Temperatur in °C	Lähmung nach Stunden	Tod nach
4	50	6–10 Tagen
11	34	40 Stunden
15	30	35 „
19	9	15 „
24	7	12 „
28	3½	10 „

4. Sauerstoffgehalt des Wassers

Neben der Temperatur wird die Giftwirkung chemischer Stoffe durch den Sauerstoffgehalt des Wassers beeinflusst. Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes, also Sauerstoffmangel, hervorgerufen durch Temperaturerhöhung oder andere sauerstoffzehrende Prozesse wie Schlamm- oder Pflanzenbildung, hat oft eine Steigerung der Giftwirkung chemischer Präparate zur Folge (TARZWELL 1950, DENZER 1952, WUHRMANN u. WOKER 1953, HATCH 1957, WEISS u. BOTTS 1957). Vergiftungsversuche in Aquarien mit Wasser von nur 30–40 % Sauerstoffsättigung und in solchen von 80–90 % Sauerstoffsättigung zeigten, „daß die Manifestationszeit, d. h. die Zeitspanne von dem Beginn des Versuchs bis zur ersten Reaktion der Fische, in den sauerstoffarmen Aquarien stets um ein Viertel bis ein Drittel gegenüber den Fischen mit normalem Sauerstoffgehalt verkürzt war“ (MANN 1958 a).

5. Mineralgehalt des Wassers

Als weiterer Faktor, der die Giftwirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Fische und Fischnährtiere beeinflussen kann, ist der Mineralgehalt des Wassers zu nennen. Nach MANN (1958 a) nimmt die toxische Wirkung vieler Giftstoffe mit steigendem Kalkgehalt des Wassers ab. Einige der Ergebnisse seiner bei 18° C mit Guppies (*Lebistes reticulatus*) durchgeführten Untersuchungen sind in Tab. 2 wiedergegeben:

Tabelle 2
Reaktionen von Guppies in Wasser mit unterschiedlichem Kalkgehalt

Lösung	Reaktion der Fische	Kalkgehalt in deutschen Härtegraden mehr als					
		1,6°	2,8°	5,6°	7,6°	12,8°	40°
Forst-Viton Emulsion (HCH) 0,01 ccm/l	Taumelnde Bewegung	12	15	18	23	35	66
		Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
Thiodan 0,01 ccm/l	Rückenlage	4	20	30	30	35	60
		Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.

Dieldrin dagegen ist nach Untersuchungen von TARZWELL u. HENDERSON (1956) in hartem Wasser (pH 8,2; Alkalität 360 ppm; Härte 400 ppm) etwas toxischer als in weichem Wasser (pH 7,4; Alkalität 18 ppm; Härte 20 ppm); als TL m für Cypriniden (*Pimephales promelas*; 6 cm) wurden in weichem Wasser in 24 Stunden 0,050 ppm, in 48 Stunden 0,039 ppm und in 96 Stunden 0,036 ppm ermittelt; die entsprechenden Werte in hartem Wasser sind 0,034 ppm, 0,026 ppm und 0,023 ppm. Auch Toxaphen ist nach HOOPER u. GRZENDA (1955) für Fische (*Pimephales promelas*) in hartem Wasser toxischer als in weichem Wasser. Nach Untersuchungen von HENDERSON u. PICKERING (1957) sind Dipterex und TEPP in hartem Wasser (pH 8,2; Alkalität 360 ppm; Härte 400 ppm) toxischer, Parathion, Systox, OMPA und EPN dagegen weniger toxisch als in weichem Wasser (pH 7,4; Alkalität 18 ppm; Härte 20 ppm). Der größte Toxizitätsunterschied infolge verschiedener Wasserhärte wurde bei Dipterex festgestellt: Bei einer Versuchsdauer von 96 Stunden wurden als TL m für Cypriniden (*Pimephales promelas*) 51 ppm in hartem Wasser und 180 ppm in weichem Wasser ermittelt.

Bei Chlorthion und Malathion dagegen konnte bei verschiedener Wasserhärte kein Toxizitätsunterschied festgestellt werden.

Bemerkt sei an dieser Stelle, daß hartes Wasser (Alkalität 212 ppm) nach Untersuchungen von HOOPER u. GRZENDA (1955) schneller entgiftet wird als weiches Wasser (Alkalität 6 ppm). Weitere, die Entgiftung beschleunigende Faktoren sind vor allem hohe Temperatur, Wasserbewegung, hoher Sauerstoffgehalt und Licht.

III. Untersuchungsergebnisse über die toxische Wirkung von Pflanzenschutzmitteln

In den folgenden Ausführungen werden, nach Mittelgruppen geordnet, die Untersuchungsergebnisse über die toxische Wirkung der verschiedenen Pflanzenschutzmittel aufgeführt:

I. Fungizide

SPEYER (1948) untersuchte die Wirkung verschiedener Fungizide auf Seeforellen (3,5 cm) bei 10–12° C. Lösungen von 2 mg/l Kupfersulfat (ohne Kalkzusatz) führten innerhalb von 20 Stunden zum Tode aller Fische. 100 mg/l eines Kupferoxychlorid-Präparates wirkten nach spätestens 20 Stunden tödlich. Bei 10 mg/l zeigten die Fische innerhalb von 10 Tagen deutliche Vergiftungssymptome, aber nur eines der 10 eingesetzten Versuchstiere wurde getötet. Nach FISHER (1957) zeigten sich unter den Fischnährtieren Hüpferlinge (*Cyclops*) am widerstandsfähigsten gegen Kupfersulfat, während sich Daphnien, gefolgt von Chironomiden, am empfindlichsten erwiesen. Nach TRUELLE (1957) wurden Karpfen (17–18 g) durch Kupricol (mit einem Anteil von etwa 30 % $3 \text{ CuO} \cdot \text{CuCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$) in einer Menge von 5 mg/l in 10 Tagen nicht sichtbar geschädigt. Durch 50 mg/l wurden die Fische nach spätestens 7 Tagen und durch 100 mg/l nach 2–4 Tagen abgetötet.

Das kupferfreie Präparat Spritz-Fundal (Schering) wirkte auf Seeforellen nach SPEYER (1948) in einer Konzentration von 1 mg/l in 20 Stunden tödlich. Durch 100 mg/l Pomarsol (Bayer) wurden die Fische nach knapp 5 Stunden, durch 10 mg/l nach 18 Stunden und durch 1 mg/l nach etwa 40 Stunden getötet. 10 mg/l Fuclasin (Schering) töteten die Versuchsfische in 20 Stunden und 1000 mg/l in 5 Stunden.

Nach DOUDOROFF u. KATZ (1953) ist Quecksilberchlorid für Fische hochgiftig. Regenbogenforellen wurden durch 10 ppm innerhalb von 10 Minuten getötet. Junge Aale vertrugen als höchste Konzentration nur 0,027 ppm. Für Stichlinge wird die letale Grenzkonzentration mit 0,008 ppm angegeben.

ALABASTER (1960) gibt für PMA als TL m für Regenbogenforellen (*Salmo gairdnerii*; 3–12 Monate alt) bei 18° C in 24 Stunden 0,005 ppm und in 48 Stunden 0,004 ppm an. CLEMENS u. SNEED (1958) untersuchten die Wirkung von PMA auf verschiedene Entwicklungsstadien von *Ictalurus punctatus*. Als TL m in 24 Stunden ermittelten sie für Dottersackbrut etwa 5 ppm, für eine Woche alte Brut 2,18 ppm und für zwei Monate alte Brut 3,75 ppm.

Als Erkrankungssymptome konnte SPEYER (1948) bei Vergiftung durch Kupfersulfat große Unruhe, Ausspucken des Atemwassers, schnickende Bewegungen, Atembeschwerden und bei Vergiftung durch Kupferoxychlorid eine starke Dunkelfärbung der Fische beobachten.

2. Insektizide und Akarizide

a) Winterspritzmittel

Nach HOLZINGER (1927) wirkt Phenol in einer Konzentration von 5 mg/l auf Hechte noch tödlich, während Karpfen und Weißfische sich als weniger phenolempfindlich erwiesen. SPEYER (1927) konnte bei der Prüfung verschiedener Obstbaumkarbolineen auf ihre Fischtoxizität, unter Berücksichtigung ihres Phenolgehaltes, die Angaben von HOLZINGER (1927) bestätigen. Allerdings handelte es sich um heute nicht mehr im Handel befindliche Präparate wie Arbolineum (Webel), Florium (Nördlinger) und Pomona (Schacht). Auch eine Mitteilung von VAN POETEREN (1933) bestätigt die hohe Giftigkeit von Obstbaumkarbolineen für Fische. Bei der Prüfung des Schweröl-Präparates Dendrin (Avenarius) durch SPEYER (1934) zeigte sich, daß eine Konzentration von 10 mg/l auf Stichlinge, Elritzen, Goldtorfen und Karauschen innerhalb von 24 Stunden unbedingt tödlich wirkt. Aale, Schlammbeißer und Zwergwelse zeigten sich weniger empfindlich; für sie waren erst 30 mg/l tödlich. Bei 3 mg/l zeigten die Versuchstiere nur leichtes Unbehagen; bei 1 mg/l konnte keine deutliche Reaktion beobachtet werden.

Da sich die Zusammensetzung der Obstbaumkarbolineen im Laufe der Jahre durch weitgehende Entfernung des Phenolanteils und durch Erhöhung des Anteils an Anthrazenölen änderte, untersuchte SPEYER (1948) wiederum die Wirkung von Teeröl-Präparaten auf Fische (Seeforellen; 3,5 cm), und zwar bei einer Wassertemperatur von 10–12° C. „Emulgierbares“ Obstbaumkarbolineum aus Schweröl, das nach SPEYER weitgehend dem alten Begriff „Obstbaumkarbolineum“ entspricht, tötete bei 10 mg/l die Fische in 3½ Stunden und bei 1 mg/l nach spätestens 3 Tagen; bei 0,1 mg/l zeigten die Versuchstiere nur eine vorübergehende, kaum merkbare Erregung. „Emulgiertes“ Obstbaumkarbolineum (also ein neueres Präparat) erwies sich dagegen als weniger toxisch. Während bei 10 mg/l die Fische nach 1–2 Tagen starben, erkrankten sie bei 1 mg/l nur leicht und vorübergehend. Nach Untersuchungen von TRUELLE (1957) wirkt Emuldrin, ein emulgiertes Obstbaumkarbolineum, auf Karpfen (15–19 g) in einer Konzentration von 100 mg/l nach 150 Minuten und bei 25 mg/l nach 18 Stunden tödlich. Durch 5 mg/l wurden die Fische dagegen innerhalb von 10 Tagen nicht sichtbar geschädigt.

Weit weniger gefährlich als Teeröl-Präparate sind nach SPEYER (1948) Mineralöl-Präparate, da sie „nicht eigentlich als Gift, sondern durch Umhüllung und Verstopfung der Kiemen erstickend“ zu wirken scheinen. Durch 1000 mg/l eines nicht näher bezeichneten emulgierbaren Mineralöl-Präparates wurden Seeforellen (3,5 cm) bei 10–12° C innerhalb von 8 Stunden abgetötet. Bei 100 mg/l ließ die Wirkung bereits sehr stark nach; die Tiere starben nach 3–6 Tagen. Konzentrationen von 10 mg/l übten keinerlei Wirkung mehr aus.

SPEYER (1939) untersuchte die Wirkung verschiedener Gelspritzmittel (Dinitrokresol-Präparate) auf trüchtige Weibchen von Stichlingen. Durch 3 mg/l wurden in 3 Stunden alle Versuchstiere abgetötet. Bei 1 mg/l waren nach 15 Stunden von 10 Versuchstieren noch 3 am Leben; 0,5 mg/l überlebten 6 von 10 eingesetzten Fischen. BANDT (1941) gibt für das Dinitro-o-kresol-Präparat Detal als tödliche Konzentration für Karpfen und Schleien 15 mg/l an. Nach BANDT (1943) wirken bereits 5 mg/l des Spritzmittels Hercynia-Gelb (Borchers) auf Forellen und Karpfen tödlich, was 1,25 mg/l des in ihm enthaltenen giftigen

Natriumsalzes des Dinitro-o-kresol entspricht. NOLTE (1940) konnte an Karpfen eines durch eine Bestäubung (86 kg/ha) mitbetroffenen 1 m tiefen Waldsees keine Schädigung feststellen. Dagegen führte nach STEINFATT u. WELLENSTEIN (1942) die Anwendung von 117 kg/ha K III in kleinen Karpfenteichen des Forstreviers Schleiz zur völligen Vernichtung der Fische. Aufwandmengen von 50 kg/ha Lipan und Effusan jedoch verursachten in den großen Masurischen Seen keinen wesentlichen Schaden. Nach GÄBLER (1947) entstand bei einer Nonnenbekämpfung in Thüringen ein größerer Verlust an Jungfischen durch Anwendung von 120 kg/ha Effusan.

Nach BANDT (1944) wurde bei Bestäubung von Waldungen mit Effusan gegen Nonnenfraß vom Flugzeug aus in einer Reihe von Fischteichen der gesamte Besatz an Forellen-Setzlingen, ein- und zweisömmerigen Forellen, einigen Schleien und Karpfen vernichtet. Nach BOGENRIEDER (1950/51) bewirkten 100 mg/l Gelspritzmittel bei Karpfen und Schleien nach spätestens 90 Minuten völlige Bewegungslosigkeit. Für Elritzen ist Dinitro-o-kresol nach LECLERC u. DEVLAMINCK (1951) in Konzentrationen über 1,5 ppm bei einer Versuchsdauer von 6 Stunden toxisch. Nach TRUELLE (1957) wurden Karpfen (14–18 g) durch 5 mg/l eines Dinitro-o-kresol-Präparates nach spätestens 5 Stunden getötet, während sie durch 1 mg/l innerhalb von 10 Tagen nicht sichtbar geschädigt wurden.

ADLUNG (1958 b) untersuchte die Wirkung von Dinitrocarbazol-Staub (10 %ig), der sehr schwer wasserlöslich ist, auf Elritzen (*Phoxinus laevis*; 4–5 cm) bei 16–17° C. Bei einer Wirkstoffkonzentration von 7,14 ppm wurden die Fische in 5–6 Stunden und bei einer solchen von 3,57 ppm in 7–8 Stunden getötet. Bei 1,78 ppm waren die Versuchstiere nach 12 Stunden schwer geschädigt und starben nach spätestens 20 Stunden. GRINDLEY (1946) untersuchte die Wirkung von Dinitrophenol auf Regenbogenforellen und ermittelte als Grenzkonzentration etwa 30 ppm.

Nach PRZYGDODA (1958) sind für Fische „sowohl die Arsen- wie auch die Gelspritzmittel im allgemeinen nicht übermäßig gefährlich. Verschiedene Fischarten (unter anderem auch der Goldfisch) überstanden 2- und sogar 6-ppm-Arsen-Konzentrationen. Bei 10 ppm ging nur $\frac{1}{10}$ der Versuchstiere ein. Die Regenbogenforelle starb nach 36 Stunden bei 20 ppm. Wurde sie einer Konzentration von 200 ppm Dinitrophenol ausgesetzt, verendete sie nach 22 Minuten. Der Schwellenwert scheint bei 30 ppm zu liegen“.

Bei Vergiftung durch Obstbaumkarbolinolen wurden bei Fischen Ausspucken des Atemwassers, Rückwärtsschwimmen und Gleichgewichtsstörungen (SPEYER 1934) sowie Erstickungserscheinungen (HAVELKA u. EFFENBERGER 1957) beobachtet. Bei Vergiftung durch Dinitro-o-kresol werden als Vergiftungssymptome Unruhe und Krämpfe (BOGENRIEDER 1950/51, LECLERC u. DEVLAMINCK 1951), durch Dinitrocarbazol Taumeln, Seitenlage, Abspreizen der Kiemendeckel und Flossenspreizen (ADLUNG 1958 b) genannt.

b) Chlorierte Kohlenwasserstoffe

DDT (Dichlordiphenyl-trichloräthan)

Untersuchungen über die toxische Wirkung von DDT auf Fische und Fischnährtiere wurden durchgeführt von KNOWLES u. FISK (1945), ANDERSON (1945), DEONIER und Mitarbeiter (1945 a, b), EVERHART u. HASSLER (1945), HOFFMANN

u. SURBER (1945, 1949 a, b), STAGE (1946), STORER (1946), SURBER u. FRIDDLE (1946), GIL u. ESCUDERO (1945/46), BISHOPP (1946 a, b, 1949, 1950), COUCH (1946), HESS u. KEENER (1947), GINSBURG (1947 a), COTTAM (1947), BISHOP (1947), ANONYM (1947), TILLER u. CORY (1947), NELSON u. SURBER (1947), HOFFMANN u. MERKEL (1948), LINDUSKA (1948, 1949, 1952), ANONYM (1948/49 b), ANDREWS u. SIMMONS (1948), LANGFORD (1949 a, b), SAVAGE (1949), SPEIRS (1949), SURBER u. HOFFMANN (1949), MATHIS u. QUARTERMAN (1949), ADAMS und Mitarbeiter (1949), ARNASON und Mitarbeiter (1949), GJULLIN und Mitarbeiter (1949), GOODRUM und Mitarbeiter (1949), HERALD (1949), LINDQUIST u. ROTH (1950), MATHIS und Mitarbeiter (1950), ROARK (1950, 1951), SUMERFORD (1950), KING (1951), SHEPARD (1951), SRINGER u. WEBSTER (1951 a, b, c), WEBSTER (1951), BISHOPP u. HORSFALL (1952), DARSIE (1952), BYRD u. MOSS (1952), MCKEE (1952), HOFFMANN u. DROOZ (1953), HURLEY (1956) und FILTEAU (1959)*).

GINSBURG (1945) untersuchte die Wirkung verschiedener DDT-Aufbereitungen auf 6 Monate alte Goldfische (*Carassius auratus*; 1,5 g). Kolloidales DDT in alkoholischer Lösung wirkte in einer Konzentration von 2 ppm innerhalb von 24 Stunden, in Konzentrationen zwischen 1 ppm und 0,2 ppm innerhalb von 48 Stunden zu 100 % tödlich. Während 0,1 ppm in 6 Tagen 40 % der Versuchstiere töteten, erwiesen sich 0,05 ppm als wirkungslos. Bei Verwendung von DDT-Staub starben bei 1 ppm in 3 Tagen 17 % und in 6 Tagen 33 % der Versuchsfische. DDT-Ölemulsion wirkte in einer Konzentration von 0,9 ppm in 3 Tagen zu 40 % und in 6 Tagen zu 60 % tödlich. Nach PIELOU (1946) wurden, durch in Paraffin gelöstes DDT, Jungfische von *Tilapia kafuensis* (2,5 cm) durch 0,056 ppm zu 100 % und durch 0,028 ppm zu 80 % innerhalb von 24 Stunden abgetötet. Auch bei 0,014 ppm starben nach 4–5 Tagen alle Versuchstiere; erst 0,007 ppm ließen keine toxische Wirkung mehr erkennen. Bei Teichversuchen wurden die Fische bis zu 0,03 ppm nicht wesentlich gefährdet, doch schon 0,04 ppm wirkten innerhalb von 4 Tagen zu 70 % tödlich. ODUM u. SUMERFORD (1946) untersuchten die Wirkung von DDT in Aceton-Lösung. Bei einer Versuchsdauer von 3 Tagen wurden Goldfische durch Konzentrationen unter 0,025 ppm und Koboldkärpflinge (*Gambusia affinis*) durch Konzentrationen unter 0,005 ppm nicht getötet. Sie ermittelten als tödliche Konzentrationen für Goldfische 0,1 ppm, für Koboldkärpflinge 0,01 ppm, für Culex-Larven (*Culex apicalis*) 0,001 ppm und für Culex-Puppen 0,025 ppm. Nach LACKEY u. STEINLE (1945) wurden bei einem Teichversuch durch 1 ppm alle Versuchsfische (*Gambusia*) in 2 Tagen abgetötet. RICHARDS u. CUTCOMP (1946) berichten, daß DDT in einer Konzentration von 0,01 ppm auf Daphnien in 2–7 Tagen tödlich wirkte, während Konzentrationen bis zu 0,1 ppm auf Cyclopiden kaum eine Wirkung hatten.

BANDT (1946 a) untersuchte bei 10–12° C die Wirkung von Gesarolpulver auf Barsche und Plötzen und stellte fest, daß die schädigende Wirkung erst bei 140 mg/l (= 7 ppm) begann. Nach EIDE, DEONIER u. BURRELL (1945) wirken DDT-Suspensionen in Konzentrationen von mehr als 0,2 ppm in 24 Stunden auf Goldfische größtenteils tödlich. SURBER (1946) berichtet, daß in Heizöl gelöstes DDT bei einer Aufwandmenge von 2,24 kg/ha auf viele Fischarten (*Leucosomis corporalis*, *Notropis cornutus*, *Lepomis macrochirus*) tödlich wirkte. Nach

*) Die hier und die bei der Besprechung verschiedener anderer Wirkstoffe (HCH, Aldrin, Chlordan, Dieldrin, Toxaphen, Parathion, 2,4-D) vorab zitierten Arbeiten waren dem Verfasser leider nicht zugänglich.

COTTAM u. HIGGINS (1946 a, b) wirkt DDT-Ölemulsion auf Warmwasserfische schon bei einer Aufwandmenge von 0,56 kg/ha tödlich. Nach COPE, GJULLIN u. STORM (1947) führte bei Regenbogenforellen nach 15 Minuten in Xylol gelöstes DDT bei 8 ppm, in Heizöl gelöstes DDT bei etwas über 10 ppm und in Aceton gelöstes DDT bei 35 ppm zu Gleichgewichtsstörungen. Nach SURBER (1948) wirkte in Heizöl gelöstes DDT in einer Konzentration von 0,14 ppm auf Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*) tödlich. DDT-Spritzpulver dagegen hatte bei gleicher Konzentration keine tödlichen Folgen. Forellenbarsche (*Micropterus salmoides*) und Cypriniden (*Notemigonus crysoleucas*) dagegen vertrugen 0,18 ppm DDT in Heizöl-Lösung.

HOFFMANN u. LENDLE (1948) lösten DDT in heißem, reinem Äthylalkohol unter Zusatz von Adhägön als Emulgator. Kaulquappen wurden durch 1 ppm und kleine Weißfische durch 10 ppm nach spätestens 24 Stunden getötet. Nach ALMEIDA (1947/48) tötete DDT-Emulsion in einer Konzentration von 1 ppm bei 23° bis 26° C *Phalloptychus caudimaculatus* (eine südamerikanische Kärpflingsart) zu 80 % in knapp 7 Stunden. Bei einer Wirkstoffkonzentration von 0,02 ppm betrug die Sterblichkeit nach 24 Stunden 0 %, nach 48 Stunden 20 %, nach 75 Stunden 40 %, nach 92 Stunden 60 %, nach 120 Stunden 80 % und nach 141 Stunden 100 %. Auf Jungfische wirkten 0,02 ppm schon nach 24 Stunden zu 80 % und nach 48 Stunden zu 100 % tödlich. SPEYER (1948) untersuchte bei 10° bis 12° C die Wirkung von Spritz-Gesarol auf Seeforellen (3,5 cm). Bei 1000 mg/l (= 50 ppm) starb der erste Fisch nach 20 Stunden, die übrigen im Verlauf eines weiteren Tages. Bei 100 mg/l (= 5 ppm) starb das erste Versuchstier wiederum nach 20 Stunden; am folgenden Tag starben weitere 4 Fische und am dritten Tag die restlichen 4 Tiere. Bei 10 mg/l Spritz-Gesarol (= 0,5 ppm) erkrankte innerhalb von 3 Tagen keines der Versuchstiere. Nach GÖRZ (1948) traten bei 10 mg/l Spritz-Gesarol an Weißfischen (*Abramis lucidus*) nach 48 Stunden schwerwiegende Schädigungen auf und nach 96 Stunden waren die Tiere tot. Erst bei 5 mg/l (= 0,25 ppm) zeigten die Fische innerhalb von 5 Tagen keine Erkrankungssymptome mehr.

TARZWELL (1947, 1948) untersuchte die Wirkung von DDT auf Fischnährtiere und stellte dabei fest, daß in Heizöl gelöstes DDT selbst in einer Aufwandmenge von 0,028 kg/ha auf Dytisciden, Gyriden, Hydrophiliden und Corixiden noch tödlich wirkt. WASHBURN (1947) untersuchte die Wirkung verschiedener Geigy-Präparate auf Bachsaiblinge (*Salvelinus f. fontinalis* MITCHILL; 6–12 cm) bei 16–18° C (pH 7,8–8,2). Am giftigsten erwiesen sich Produkte auf Petroleum-Basis: Bei einer Versuchsdauer von 96 Stunden werden bei Verwendung von Gesarol SH 20 (20 %ig) als Erträglichkeitsgrenze 0,1 ppm, bei Gesarol SHN 20 (20 %ig) und bei Neocid Larvacide (35 %ig) je 0,2 ppm genannt. Bei Gesapon 18 (5 %ig), einem Produkt auf Pflanzenöl-Basis, werden 0,6 ppm und bei Verwendung des Spritzpulvers Neocid Barn Spray (40 %ig) 10 ppm als Erträglichkeitsgrenze angegeben.

HOESTLAND (1951) prüfte DDT in alkoholischer Lösung bei 15° C. Bei mehrtägiger Versuchsdauer stellte er fest, daß für Plötzen (*Gardonus rutilus*; 1–2 Jahre alt) die tödliche Wirkung ab 0,2 ppm und für Rotfedern (*Scardinius erythrophthalmus*; 1–2 Jahre alt) ab 1 ppm begann. SCHWARZ (1949) und LENKE (1950), die die Wirkung von in heißem Alkohol gelöstem DDT (unter Zusatz von Adhägön als Emulgator) auf das Zentralnervensystem von Fischen und

Amphibien untersuchten, geben als tödliche Konzentration für Karauschen (*Carassius vulgaris*), Bitterlinge (*Rhodeus amarus*), Moderlieschen (*Leucaspis delineatus*) und Gründlinge (*Gobio fluviatilis*) etwa 1 ppm an. TRAVIS (1949) berichtet, daß Regenbogenforellen im Freiland bei Verwendung von DDT in Aceton-Lösung durch Konzentrationen bis zu 30 ppm nicht geschädigt wurden; bei Verwendung einer DDT-Emulsion traten dagegen bei 5 ppm Vergiftungssymptome auf.

ROEGNER-AUST (1949 a, b, 1950) untersuchte die Wirkung von Gesarol auf Karpfen (*Cyprinus carpio*), Schleien (*Tinca vulgaris*), Regenbogenforellen (*Trutta iridea*), Barsche (*Perca fluviatilis*), Lauben (*Alburnus lucidus*) und Bartgrundeln (*Cobitis barbatula*) bei einer Versuchsdauer bis zu 14 Tagen und einer Wassertemperatur von 11,5–12° C (pH 6,8–7). Stäube-Gesarol (Spieß) führte in einer Menge von 19 mg/l (= 0,95 ppm) zum Tode aller Versuchstiere. Bei 10 mg/l (= 0,5 ppm) starben noch 70,5 %/o, bei 5 mg/l (= 0,25 ppm) 35,2 %/o, bei 2,5 mg/l (= 0,125 ppm) 20 %/o und bei 1 mg/l (= 0,05 ppm) 18 %/o der Versuchsfische. Spritz-Gesarol (Spieß) erwies sich bei gleichem Wirkstoffgehalt wie Stäube-Gesarol als sehr viel giftiger; 2,5 mg/l führten zu einem 100 %/oigen und vor allem auch zu einem schnelleren Absterben der Fische, als dies bei Stäube-Gesarol der Fall war. Bei 1,25 mg/l (= 0,062 ppm) starben 50 %/o und bei 1 mg/l noch 25 %/o der Versuchstiere. Auf Wasserflöhe und Muschelkrebse wirkte Stäube-Gesarol in einer Konzentration von 10 mg/l innerhalb weniger Tage tödlich. Versuche in Aquarien mit durchfließendem Wasser zeigten, daß 25 mg/l Stäube-Gesarol (= 1,25 ppm) in fließendem Wasser für Fische (Schleien, Barsche, Karpfen) keine Gefahr mehr bedeuten, während diese Konzentration in stehendem Wasser noch unbedingt tödlich wirkte. Versuche über die Dauer der toxischen Wirksamkeit des Gesarols im Wasser zeigten, daß nach fast 9 Wochen noch nicht das geringste Nachlassen der Giftwirkung festzustellen war, „denn die jetzt eingesetzten Fische starben in der gleichen Weise, wie auch die früher eingesetzten, ja sogar innerhalb derselben Spanne Zeit“.

LAWRENCE (1950) gibt für 50 %/oiges Spritzpulver als tödliche Konzentration für Sonnenbarsch-Setzlinge (*Lepomis macrochirus*) bei Aquarierversuchen 0,15 ppm und für Forellenbarsch-Setzlinge (*Micropterus salmoides*) 0,05 ppm an. Bei Teichversuchen dagegen wurden ältere Tiere beider Arten durch 1 ppm noch nicht abgetötet. DDT-Emulsion wirkte schon in einer Konzentration von 0,01 ppm auf die Setzlinge beider Arten tödlich. Bei einer Versuchsdauer von 48 Stunden wurden Goldfische durch DDT-Emulsion bei 0,1 ppm und durch DDT-Spritzpulver bei 2 ppm abgetötet. WIRR (1949) gibt bei einer Versuchsdauer von 48 Stunden für Forellenbrut die „eben erkennbare Wirkung“ mit 0,0001 ppm und die „eben tödliche Wirkung“ mit 0,01 ppm an. TARZWELL (1950) berichtet, daß DDT in Heizöl bei Mückenbekämpfungsmaßnahmen in einer Menge von 0,028 kg/ha auf Koboldkärpflinge (*Gambusia affinis*), Zwergwelse (*Ameiurus nebulosus marmoratus*) und zahlreiche andere Fischarten nicht schädigend wirkte. Nach SCHÄPERCLAUS (1950) waren Bitterlinge in DDT-Suspensionen von 1 ppm (15–20° C) nach 2 Tagen schwer geschädigt und nach weiteren 6 Tagen tot; durch 0,1 ppm wurden die Fische in 8 Tagen nicht beeinträchtigt. MÜLLER (1953) prüfte ein DDT-Fliegenspritzmittel auf seine Giftigkeit für Aquariumfische. Als tödliche Dosis für Goldfische (5–7 cm) ermittelte er eine Wirkstoffkonzentration von 0,5 ppm.

MAYHEW (1955) untersuchte die toxische Wirkung verschiedener DDT-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo gairdnerii* RICHARDSON; 5–6 cm, 1–2 g). Die Ergebnisse seiner Versuche sind in Tab. 3 zusammengestellt:

Tabelle 3
Wirkung verschiedener DDT-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge

Konz. in ppm	Emulsion				Spritzpulver				Staub			
	Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)			
	4	12	16	24	4	12	16	24	4	12	16	24
1,0	0	70	100	—	0	0	40	90	0	20	70	100
0,5	0	40	90	100	0	0	0	20	0	0	0	50
0,25	0	0	10	90	0	0	0	0	0	0	0	40
0,1	0	0	0	40	—	—	—	—	0	0	0	0
0,05	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—

Nach DAVIDOW u. SABATINO (1954) führte DDT in Aceton-Lösung in einer Konzentration von 0,4 ppm bei Goldfischen nach 35–60 Minuten zu Krämpfen und zum Verlust des Gleichgewichts; 0,04 ppm blieben ohne Wirkung. YOSHIHARA u. FUJOKA (1957) geben bei 9–10° C in 12 Stunden die LD 50 für Karpfen (*Cyprinus carpio* L.; 4,5–6 g) mit 12,02 ppm an. Nach KUBOTA, HAYAMA u. KURIYAMA (1957) beträgt bei einer Versuchsdauer von 45 Stunden die tödliche Konzentration für Schlammpeitzger (*Misgurnus anguillicaudatus* CANTOR; 7–13 cm) bei 10–14° C Wassertemperatur 25–29 ppm. HAYNES und Mitarbeiter (1958) untersuchten die Wirkung von DDT in Äthanol-Lösung auf Goldfische (*Carassius auratus* L.; 6–7,5 cm) bei 20–25° C. In 48 Stunden betrug die Sterblichkeit bei 0,5 ppm 100 %, bei 0,25 ppm 90 %, bei 0,125 ppm 40 % und bei 0,063 ppm 35 %.

ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957; ADLUNG 1957 c) prüften DDT in Form eines 25 %igen Emulsionskonzentrates bei 20–22° C. Bei 0,1 ppm traten bei den Versuchstieren (*Lebistes reticulatus*) schwere Schädigungen auf und nach 24 Stunden Dauerkontakt waren alle Fische tot. GAGNON (1958) gibt auf Grund von Teichversuchen bei Verwendung von DDT-Emulsion die LD 50 für Lachsbrut (*Salmo salar* L.; 4,2 cm) bei 9,5–20° C mit 0,072 ppm in 10 Tagen an. Bei Anwendung von DDT in acetoniger Lösung wurden nach ALDERDICE u. WORTHINGTON (1959) bei einer Konzentration von 0,08 ppm und einer Wassertemperatur von 10° C annähernd 30 Stunden benötigt, um unter den Versuchsfischen (*Oncorhynchus kisutch*; 8,8 cm, 8,2 g) eine 50 %ige Sterblichkeit zu erzielen. Durch 0,02 ppm wurden die Fische bei mehrwöchiger Versuchsdauer nicht geschädigt. KEENLEYSIDE (1959) gibt bei 8–18° C die TL m für junge Salme in 24 Stunden mit 0,049 ppm und in 48 Stunden mit 0,047 ppm an.

WUHRMANN u. WOKER (1959) testeten DDT-Spritzmittel bei folgenden Versuchsbedingungen: Wassertemperatur 15° C; pH 7,5–7,7; Sauerstoffgehalt 9,4 mg O/l (100 % Sättigung); Karb.-Härte 16–17 µH°. Bei 0,001 ppm war an Elritzen (*Phoxinus laevis* L.) nach 24 Stunden keine Wirkung zu erkennen. Bei 0,005 ppm zeigte sich „Teilwirkung“ und bei 0,01 ppm wurden alle Versuchstiere abgetötet. Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) beträgt die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 0,057 ppm. Während Kon-

zentrationen unter 0,05 ppm keine deutliche Wirkung hatten und Konzentrationen von 0,05–0,1 ppm nur einen Teil der Versuchsfische töteten, wirkten Konzentrationen über 0,1 ppm auf alle Fische stets tödlich. BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für DDT in alkoholischer Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,015 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamtalkalität 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wirkten 0,1 ppm in 24 Stunden auf Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) nur zum Teil, auf Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GÉRAVIS) dagegen stets tödlich; an Hüpferlingen (*Cyclops strenuus* FISCHER) konnte nach 24 Stunden und an Schlammröhrenwürmern (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) selbst nach 96 Stunden keine Schädigung festgestellt werden (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Bei gleichen Versuchsbedingungen geben LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) als tödliche Konzentration in 24 Stunden für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) 0,2 ppm und für Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 0,05 ppm an.

COTTAM u. HIGGINS (1946 a, b) untersuchten in Teichversuchen die toxische Wirkung verschiedener DDT-Aufbereitungen auf Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*; 9 cm) und Forellenbarsche (*Micropterus salmoides*; 12,5 cm); die Aufwandmenge betrug jeweils 1,12 kg/ha. Nach einer Versuchsdauer von 7 Tagen wurde nach Ablassen der Teiche festgestellt, daß durch Anwendung von DDT-Suspension nur wenige, durch Anwendung von DDT-Emulsion dagegen alle Versuchsfische umgekommen waren. Weniger gefährlich sind nach EIDE, DEONIER u. BURRELL (1945) staubförmige Mittel. Sie stellten in Laboratoriumsversuchen fest, daß DDT als 5 %iger Staub in einer Menge von 5,6 kg/ha auf Goldfische ohne Wirkung blieb.

Daß durch DDT in Ölaufbereitung bei Aufwandmengen von mehr als 0,224 kg/ha große Schäden an Fischen und Fischnährtieren entstehen können, falls Gewässer nicht ausgespart werden, geht aus vielen Berichten hervor: COTTAM u. HIGGINS (1946 a, b), LINDUSKA u. SURBER (1948), TARZWELL (1948, 1950), KERSWILL u. ELSON (1955), KERSWILL (1955/56, 1957), IDE (1956), BURDEN (1956), DEWITT (1958), CROUTER u. VERNON (1959) und WEBB (1959).

Anderen Berichten zufolge darf bei Mückenbekämpfungsmaßnahmen eine Aufwandmenge von 0,112 kg/ha DDT (in Öllösung) nicht überschritten werden, wenn Verluste an Fischen und Fischnährtieren vermieden werden sollen (ANONYM 1956, MILLS 1952, HOFFMANN u. LINDUSKA 1949, FERGUSON und Mitarbeiter 1947, 1949).

Während nach COTTAM u. HIGGINS (1946 a, b) und GINSBURG (1947 b) bei Fischen nach mehrtägiger Fütterung mit DDT-vergifteten Insekten keine Erkrankungssymptome auftraten, konnte SCHÄPERCLAUS (1949, 1950) bei Fischen nach Verfütterung DDT-vergifteter Daphnien Vergiftungssymptome beobachten. Auch HOFFMANN u. LINDUSKA (1949) erzielten bei Verfütterung DDT-vergifteter Insekten an Süßwasserfische recht unterschiedliche Ergebnisse. So wurden einige Fische getötet, nachdem sie verhältnismäßig wenige Insekten verzehrt hatten, und andere wiederum verschlangen diese ohne jede Wirkung. Im allgemeinen wurden Fische durch mit DDT-Öllösung behandelte Insekten rascher getötet, als wenn sie mit Insekten gefüttert wurden, die mit DDT-Suspension behandelt worden waren. ELLIS und Mitarbeiter (1944) verarbeiteten in Olivenöl gelöstes

DDT zu Futterkügelchen und verfütterten diese an 6–10 g schwere Goldfische. Während die tödliche Dosis für Ratten 150 mg/kg, für Katzen 200–300 mg/kg und für Kaninchen 300 mg/kg betrug, wirkten auf Goldfische bereits 63 mg/kg (= mg Wirkstoff pro kg Körpergewicht) tödlich.

Nach ROEGNER-AUST (1950) und LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) führt Umsetzen stark geschädigter, DDT-vergifteter Fische in Frischwasser zu keiner dauerhaften Wiedererholung.

GÖTZ (1948), HOFFMANN u. LENDLE (1948), SCHWARZ (1949) und LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) nennen als Erkrankungssymptome DDT-vergifteter Fische Unruhe, Springen und Gleichgewichtsstörungen. „Mit zunehmender Vergiftung treten diese Gleichgewichtsstörungen immer deutlicher hervor und führen allmählich zum Eintritt einer dauernden Seitenlage des Fisches, aus der er sich zwar hin und wieder, zumal auf Anstoß, aufzurichten vermag, um dann in heftigen Schwimmstößen durch das Becken oder Aquarium zu schnellen, bis ihm aber dieses schließlich auch nicht mehr gelingt. Hinzu kommt, besonders bei den etwas größeren Fischen, z. B. Karpfen, die im zweiten Jahre stehen, daß sich der ganze Körper derartig seitlich abbiegt, daß Kopf- und Schwanzteil schlaff herunterhängen; die Muskulatur des Körpers verfällt demnach einer immer weiter um sich greifenden Lähmung, so daß sie nicht mehr imstande ist, den Körper in seiner normalen gestreckten Lage zu erhalten, geschweige denn, ihn überhaupt noch aufzurichten. In diesem Zustande kann der Fisch, und zwar ganz **unabhängig von der Giftkonzentration**, noch sehr lange herumschwimmen oder auch ohne jede Fortbewegung im Wasser — meist am Grunde des Aquariums — liegen, wobei konvulsivische Zuckungen der Flossen oder auch heftige Augenbewegungen, wie sie besonders bei Schleien zu beobachten waren, oftmals die einzigen äußeren Anzeichen noch vorhandenen Lebens sind“ (ROEGNER-AUST 1950).

HCH (Hexachlorcyclohexan), Lindan (γ -Isomere von HCH)

Über die Wirkung von HCH auf Fische und Fischnährtiere wurden Untersuchungen durchgeführt von SLADE (1945), COPE, GJULLIN u. STORM (1947), GINSBURG (1947 a), SURBER (1948, 1951), ANONYM (1948/49 b), COTTAM (1947, 1954), GIL u. ESCUDERO (1945/46), GJULLIN und Mitarbeiter (1949), BISHOPP (1950), SIMMONS (1950), ROARK (1950, 1951), BROWN (1951), LINHART (1951), AMMANN (1951), WASSERBURGER (1952), SCHULZE und Mitarbeiter (1952), SURBER u. BARTSCH (1952), BYRD u. MOSS (1952) und McKEE (1952).

Nach LINDUSKA u. SURBER (1948) ist HCH (mit einem Anteil von 12 % Gamma-Isomere) für Fische weniger toxisch als DDT. In Teichversuchen wurden Goldfische, Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*) und Cypriniden (*Pimephales promelas*) durch in Heizöl gelöstes HCH bei einer Aufwandmenge von 1,12 kg/ha nicht getötet. In Aquarienversuchen wirkte in Aceton gelöstes reines Gamma-HCH in einer Konzentration von 0,05 ppm auf Regenbogenforellen tödlich; Beta-HCH und Delta-HCH blieben bei dieser Konzentration unwirksam. Bei 0,5 ppm blieb Beta-HCH wiederum wirkungslos, Delta-HCH führte vorübergehend zu Lähmungserscheinungen.

WASICKY, UNTI u. SCHIAYI (1948/49) stellten sowohl in Laboratoriumsversuchen (Wassertemperatur 14–18° C; pH 7) als auch bei Freilanduntersuchungen fest, daß Alpha-, Beta- und Delta-HCH in alkoholischer Lösung zur Bekämpfung von Mückenlarven (*Culex fatigans*, *Culex* sp., *Psorophora* sp., *Micro-*

Culex sp.) ungeeignet sind. Als sehr wirksam dagegen erwies sich reines Gamma-HCH und im Gegensatz zu DDT als viel weniger toxisch für Fische und deren Nährtiere. Während 0,1 ppm auf Mückenlarven innerhalb weniger Stunden tödlich wirkte und auch 0,01 ppm noch seine larvizide Wirksamkeit zeigte, wurden Fische (*Poecilia* sp., *Rivulus santensis*) bei 0,1 ppm innerhalb von 4 Wochen nicht geschädigt; bei 2 ppm starben sie jedoch nach 17 Stunden. Auf *Gammarus* sp. wirkte 0,1 ppm nach 50 Stunden tödlich. *Cyclops* sp. wurde durch 0,1 ppm in 10 Tagen nicht geschädigt; 1 ppm wirkte dagegen in 3 Stunden tödlich. Nach CAMARGO FONSECA (1948/49) beträgt bei Verwendung von reinem Gamma-HCH in alkoholischer Lösung die LD 50 für *Lebistes reticulatus* bei 15° C in einer Stunde etwa 12 ppm. Bei gleicher Konzentration, aber 30° C Wassertemperatur, starben alle Versuchstiere bereits nach 10 Minuten. Während nach TRAVIS (1949) HCH für Regenbogenforellen schädlicher als DDT ist, wirkte nach MATHIS u. QUARTERMAN (1949) technisches HCH (mit einem Anteil von 25 % Gamma-Isomere) als Emulsion selbst bei einer Aufwandmenge von 4,48 kg/ha auf Fische nur zum Teil tödlich. Nach MATHIS u. QUARTERMAN (1953) wurden Fische bei Mückenbekämpfungsmaßnahmen innerhalb von 3 Jahren trotz 15maliger Behandlung der Teiche mit je 1,12 kg/ha HCH (mit einem Anteil von 12 % Gamma-Isomere) in Öllösung nicht beeinträchtigt.

BANDT (1949) untersuchte die Wirkung von Nexit (5 %ig; Anteil der Gamma-Isomere etwa 0,5 %) auf Karpfen (8–10 cm) bei einer Wassertemperatur von 15–18° C (pH 7,5). In einer Aufschlammung von 150 mg/l konnten schon nach 3 Stunden „krampfartige Schwimmstöße in Seitenlage“ beobachtet werden; aber die Versuchstiere starben erst nach fast 3 Tagen. Bei 100 mg/l traten innerhalb von 3 Tagen die gleichen Vergiftungssymptome auf, doch nach Umsetzen in frisches Wasser erholten sich die Fische wieder. Bei einer Versuchsdauer von 24 Stunden wirkten 25 mg/l auf Flohkrebse (*Gammarus*) größtenteils tödlich; 10 mg/l blieben wirkungslos. Auf Wasserasseln (*Asellus*) wirkten 5 mg/l tödlich und auch Köcherfliegenlarven (*Trichoptera*) wurden durch diese Konzentration noch stark beeinflusst. Schleischncken (*Bythinia*) blieben bei 25 mg/l und Schlammegel (*Herpobdella*) bei 100 mg/l ziemlich unbeeinflusst.

ROEGNER-AUST (1949 b) untersuchte die Wirkung von Nexit (Boehringer) auf ein- und zweisömmerige Fische (Karpfen, Schleien, Forellen) bei 11,5–12° C. Aufschlammungen von 25 mg/l hatten bei mehrtägiger Versuchsdauer keine tödlichen Folgen. Aufschlammungen von 50 mg/l erbrachten 20 %, 100 mg/l 45,4 % und 200 mg/l 76,9 % an toten Fischen. In Aquarien mit Bodenbelag aus Kies und Lehm wirkten 200 mg/l zu 57,1 % und 100 mg/l zu 16,6 % tödlich. Nexen (Boehringer) führte schon in einer Konzentration von 10 mg/l nach wenigen Stunden zu schweren Schädigungen und zum Tode aller Versuchsfische. Bei 5 mg/l betrug die Sterblichkeit 30 %; 2,5 mg/l wirkten nicht mehr tödlich. In Aquarien mit Bodenbelag aus Kies und Lehm war die Giftwirkung wie bei Nexit ebenfalls erheblich gemindert.

LAWRENCE (1950) gibt für Gamma-HCH als tödliche Konzentration für Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*; 5–10 cm) 0,1–0,2 ppm an. Goldfische dagegen wurden durch 0,2 ppm nicht getötet. HOESTLAND (1951) prüfte technisches HCH (mit einem Anteil von 10–11 % Gamma-Isomere) in Form einer alkoholischen Lösung bei 15° C Wassertemperatur. Bei mehrtägiger Versuchsdauer wirkten 2 ppm auf 1–2 Jahre alte Plötzen (*Gardonus rutilus*) und Rotfedern

(*Scardinius erythrophthalmus*) zu 100 % tödlich. MÜLLER (1953) untersuchte ein HCH-Fliegenspritzmittel (0,1 %ige Emulsion mit 23 % Gamma-Isomere) auf seine Toxizität für Aquarienfische. Als tödliche Dosis für Goldfische (5–7 cm) ermittelte er eine Wirkstoffkonzentration von 0,2 ppm. Nach DAVIDOW u. SABATINO (1954) führte in Aceton gelöstes Lindan in einer Konzentration von 0,2 ppm bei Goldfischen nach spätestens 30 Minuten zu Krämpfen und zum Verlust des Gleichgewichts; 0,04 ppm blieben ohne Wirkung. Nach Versuchen von VOITTLÄNDER (1955) wirkte 1 mg/l Hortex-flüssig auf einjährige Schleien nach einem Tag und auf einjährige Karpfen nach 4 Tagen tödlich.

SCHNEIDER (1953) untersuchte die Wirkung verschiedener HCH-Präparate auf Fischnährtiere bei 16–17° C. Gamma-Nexit (Cela) wirkte in einer Konzentration von 50 mg/l auf Hüpferlinge (*Cyclops strenuus*) in 4 Tagen zu 100 % und auf Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex*) in 7 Tagen zu 80–90 % tödlich; 24 Stunden Dauerkontakt konnten letztere dagegen ohne Schädigung ertragen. Auf Wasserflöhe (*Daphnia magna*) wirkten in 48 Stunden bereits 10 mg/l zu 100 % tödlich. Bei einer Versuchsdauer von 10 Tagen blieben bei 5 mg/l Hüpferlinge und Wasserflöhe ungeschädigt, Stechmückenlarven (*Culex pipiens*) dagegen wurden durch 5 mg/l in 3 Tagen zu 100 % abgetötet. Mit den gegen Kontaktinsektizide sehr empfindlichen Eintagsfliegenlarven (*Ecdyonurus venosus*), Uferfliegenlarven (*Perla cephalotes*), Köcherfliegenlarven (*Trichoptera*) und den etwas weniger empfindlichen Flohkrebse (*Gammarus pulex*) wurden sog. Frischwasserversuche durchgeführt, d. h., da sich diese Tiere in sehr schnell fließendem Wasser aufhalten und daher bei Pflanzenschutzmaßnahmen wohl kaum einer lang anhaltenden Gifteinwirkung ausgesetzt sein dürften, wurden sie nur für wenige Minuten in die Giftlösung gebracht und anschließend in frisches Wasser umgesetzt, wo sie mehrere Tage lang beobachtet wurden. Bei 2 Minuten Dauerkontakt blieben in Konzentrationen von 50 mg/l Ufer- und Köcherfliegenlarven unbeeinflusst, Eintagsfliegenlarven dagegen starben innerhalb von 60 Stunden zu 100 %. Flohkrebse blieben bei gleicher Konzentration und 5 Minuten Dauerkontakt ungeschädigt. Nexen (Cela) wirkte in einer Konzentration von 10 mg/l auf Schlammröhrenwürmer in 4 Tagen zwar schädigend, doch nach Umsetzen in frisches Wasser konnten sich die Tiere innerhalb einer Woche restlos erholen. Durch 5 mg/l wurden Wasserflöhe in 2 Tagen und Hüpferlinge in 4 Tagen abgetötet. Durch 0,5 mg/l wurden Wasserflöhe und Hüpferlinge innerhalb von 10 Tagen nicht geschädigt, Stechmückenlarven dagegen wurden in 3 Tagen zu 100 % getötet. Bei sog. Frischwasserversuchen wirkten 5 mg/l (bei 2 Minuten Dauerkontakt) auf Eintagsfliegenlarven zu 20 % tödlich, während Ufer- und Köcherfliegenlarven ungeschädigt blieben und auch an Flohkrebse nach 5 Minuten Dauerkontakt keine Schädigung festgestellt werden konnte. Hortex-Staub (Merck) wirkte in einer Konzentration von 25 mg/l auf Stechmückenlarven innerhalb von 20 Minuten zu 30 % tödlich, während Hüpferlinge in 4 Tagen und Wasserflöhe in 10 Tagen nicht beeinträchtigt wurden. Bei sog. Frischwasserversuchen starben bei 5 mg/l (nach 15 Minuten Dauerkontakt) innerhalb von 3 Tagen von den Eintagsfliegenlarven 24 %, von den Köcherfliegenlarven 40 % und von den Uferfliegenlarven 75 %; Flohkrebse wurden bei 5 mg/l (bei allerdings nur 5 Minuten Dauerkontakt) nicht geschädigt. Hortex flüssig (Merck) wirkte in einer Konzentration von 10 mg/l auf Hüpferlinge in 10 Tagen zu 5 % und auf Wasserflöhe in 3 Tagen zu 100 % tödlich; durch 1 mg/l wurden Wasserflöhe in 10 Tagen nicht beeinträchtigt. Stechmückenlarven wurden durch 0,5 mg/l in

5 Tagen zu 90 % und *Chironomus*-Larven durch 0,1 mg/l in 2 Tagen zu 38 % abgetötet. Während 5 mg/l auf Wasserflöhe innerhalb von 5 Tagen unbedingt tödlich wirkten, wurden Schlammröhrenwürmer nicht geschädigt. Bei sog. Frischwasserversuchen wirkten 10 mg/l (bei 15 Minuten Dauerkontakt) auf Flohkrebse, Eintags-, Ufer- und Köcherfliegenlarven zu 100 % tödlich; erst 1 mg/l hatte keine schädigende Wirkung mehr. Nach BERVOETS (1952) liegt die Schädlichkeitsgrenze für die meisten Planktontiere bei 30 mg/l γ -Isomere.

YOSHIMURA u. FUJIOKA (1957) geben für HCH bei 9–10° C als LD 50 für Karpfen (*Cyprinus carpio*; 4,5–6 g) in 12 Stunden 5,821 ppm an. Nach KUBOTA, HAYAMA u. KURIYAMA (1957) beträgt bei einer Versuchsdauer von 45 Stunden die tödliche Konzentration für Schlammpeitzger (*Misgurnus anguillicaudatus*; 7–13 cm) bei 10–13° C Wassertemperatur 10–15 ppm. WEBBE (1957) konnte bei Verwendung von HCH-Pulver (mit einem Anteil von 3 % Gamma-Isomere) trotz einer Aufwandmenge von 11,2 kg/ha nach 3 Wochen an Tilapia-Setzlingen (*T. pangani* LOWE, *T. melanopleura* DUMERIE, *T. macrochir* BOULANGER), die in Fischteichen von 60 cm Wassertiefe gehalten wurden, keinerlei Schädigung feststellen.

ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) untersuchten die Wirkung einer 20 %igen Lindan-Emulsion auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) bei 20–22° C Wassertemperatur. Bei 10 ppm starben alle Versuchstiere innerhalb von 80 Minuten, bei 1 ppm trat der Tod nach 6–10 Stunden ein und bei 0,1 ppm nach spätestens 5 Tagen. Erst 0,05 ppm wirkten nicht mehr tödlich. Delta-HCH wirkte in einer Konzentration von 2 ppm auf Jungfische innerhalb weniger Stunden, auf alte Fische nach spätestens 2 Tagen tödlich. Während 1 ppm auf ältere Tiere nicht tödlich wirkte, starben Jungfische nach 5 Tagen; Konzentrationen von 0,75–0,5 ppm wurden auch von letzteren ohne Schädigung ertragen. Alpha-HCH wirkte nach ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN (1957) in einer Konzentration von 5 ppm auf alle Jungfische innerhalb von 24 Stunden tödlich; die älteren Tiere fielen in einen komatösen Zustand und starben nach 36–48 Stunden. Bei 1 ppm wurde keines der Versuchstiere beeinträchtigt.

MANN (1958 a, b) untersuchte die Fischgiftigkeit von Maikäferbekämpfungsmitteln bei 16–20° C (Wasserhärte 10,1° D. H.). Während Forst-Viton-Emulsion (Merck) in einer Konzentration von 1 mg/l von Weißfischen gerade noch vertragen wurde, ertrugen Schlammröhrenwürmer und Wasserflöhe 5 mg/l. Forst-Viton-Staub (Merck) wurde in einer Menge von 5 mg/l sowohl von Schlammröhrenwürmern als auch von Weißfischen noch ertragen. WUHRMANN u. WOKER (1959) testeten Lindan-Spritzmittel bei folgenden Versuchsbedingungen: Wassertemperatur 15° C; pH 7,5–7,7; Sauerstoffgehalt 9,4 mg O₂/l (100 % Sättigung); Karb.-Härte 16–17 μ H°. Bei 0,01 ppm konnten sie an Elritzen (*Phoxinus laevis* L.) nach 24 Stunden keine Wirkung erkennen. Bei 0,05 ppm zeigte sich „Teilwirkung“ und bei 0,1 ppm wurden in 24 Stunden alle Versuchstiere getötet. LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) geben für Lindan als LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 0,28 ppm an. Höhere Konzentrationen als 0,4 ppm wirkten auf alle Fische tödlich. Bei 0,2 ppm starb etwa ein Drittel der Versuchstiere und bei 0,1 ppm war keine schädigende Wirkung mehr festzustellen. BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für Lindan-Wirkstoff in alkoholischer Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,72 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamthärte 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wirkte Lindan in

einer Konzentration von 0,1 ppm in 24 Stunden auf Wasserflöhe (*Daphnia magna*), Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) nur teilweise, auf Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GÉRAVAIS) dagegen stets tödlich. Hüpferrlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) und Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) wurden durch 0,1 ppm nicht geschädigt (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Bei gleichen Versuchsbedingungen geben LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) als tödliche Konzentration in 24 Stunden für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) 0,3 ppm und für Hechtsömmerringe (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 0,2 ppm an.

Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) führte Umsetzen bereits vergifteter Fische in frisches Wasser niemals zu einer dauernden Wiedererholung.

Den Vergiftungsablauf bei durch Lindan vergifteten Guppies (*Lebistes reticulatus*) schildern ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) wie folgt: „Zunächst beginnen die Fische unruhig zu werden und nervös hin- und herzu schwimmen, sie schnellen sich aus dem Wasser. Bei Männchen und dunkel pigmentierten Weibchen (sog. englischen Guppies) tritt bald eine extreme Dunkelverfärbung der Zeichnungselemente des Prachtkleides auf. Diese verblaßt erst nach dem Tode. Zusammen mit der bei den vergifteten Tieren sehr starken Flossenspreizung ergibt sich so ein Bild eines Männchens in Hochbalz. Kiemen- und Flossenbewegungen nehmen stark zu, die Futteraufnahme ist schlecht oder wird ganz eingestellt. Bei leichten Vergiftungen wird dieses Stadium meist nicht überschritten und die Tiere erholen sich langsam wieder. Schwere Vergiftungen, die nach unseren Beobachtungen irreversibel sind, werden durch starke Erregungszustände eingeleitet. Die Fische stehen mit stark schlagenden und gespreizten Flossen im Wasser und schießen dann ungerichtet, oft in Schraubelinien, im Becken herum; dann setzen Krämpfe ein. Die Tiere biegen sich manchmal halbkreisförmig zusammen, und zwar vertikal wie auch horizontal, die Bewegungen werden unkoordiniert, die Lage im Wasser ist abnorm. Auf dieses Exzitationsstadium folgen komatöse Zustände, in denen sich die Fische nur noch auf Anstoß bewegen, bis schließlich unmerklich der Tod eintritt. Männchen und Jungfische sind im allgemeinen empfindlicher als Weibchen. Trächtige Weibchen werfen ihre Jungen oft als Frühgeburten. Eigenartig ist eine Beobachtung, bei der ein in 0,1 ppm bereits schwer geschädigtes Weibchen 5 Stunden nach Versuchsbeginn 26 lebende ausgetragene Junge warf, von denen sich 21 in der Folge im behandelten Wasser normal entwickelten. — Scheinbar wiedererholte Fische gehen meist nach kürzerer oder längerer Zeit doch noch unter unspezifischen Krankheitssymptomen ein. Sie fressen schlecht, magern stark ab und klemmen die Flossen. Bei der Sektion solcher oft noch nach mehreren Monaten gestorbenen Fische ist regelmäßig eine degenerativ vergrößerte und bereits bei ganz frisch toten Fischen zerfallende Leber festzustellen“.

Aldrin (Hexachlorhexahydro- [bis-(endo-exo)-methylen]-naphthalin)

Untersuchungen über die Wirkung von Aldrin wurden angestellt von SURBER (1951), WARRICK (1951), YOUNG u. NICHOLSON (1951), SURBER u. BARTSCH (1952) und HESTER u. HOOPER (1954).

STOCK (1950) untersuchte die Wirkung von Aldrin auf 27 g schwere Bachforellen (*Salmo trutta fario* L.). Bei einer Versuchsdauer von 24 Stunden er-

mittelte er als LD 50 0,033 ppm. Bei 0,025 ppm starben innerhalb von 48 Stunden zwar nur 33 %, aber die übrigen Fische waren ebenfalls geschädigt und starben nach 3–4 Wochen. Nach DOUDOROFF, KATZ u. TARZWELL (1953) beträgt bei einer Versuchsdauer von 10 Tagen und 20° C die TL m für Goldfische (2,7 g) annähernd 0,02 ppm. Konzentrationen von 0,032 ppm wirkten zu 80 % und solche von 0,01 ppm zu 10 % tödlich. Bei gleichen Versuchsbedingungen beträgt die TL m für junge Cypriniden (*Pimephales promelas*; 0,4 g) 0,018 ppm. Nach DAVIDOW u. SABATINO (1954) führen 2 ppm bei Goldfischen nach 120–160 Minuten zu Krämpfen und zum Verlust des Gleichgewichts. Bei 1,2 ppm zeigten die Versuchstiere keine Erkrankungssymptome.

MAYHEW (1955) untersuchte die toxische Wirkung verschiedener Aldrin-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo gairdnerii* RICHARDSON; 5–6 cm, 1–2 g). Die Ergebnisse seiner Versuche sind in Tab. 4 zusammengestellt:

Tabelle 4

Wirkung verschiedener Aldrin-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge

Konz. in ppm	Emulsion				Spritzpulver				Staub			
	Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)			
	4	12	16	24	4	12	16	24	4	12	16	24
1,0	80	100	—	—	40	100	—	—	60	100	—	—
0,5	30	100	—	—	0	100	—	—	40	100	—	—
0,25	10	100	—	—	0	40	100	—	20	100	—	—
0,1	0	90	100	—	0	0	20	70	0	70	100	—
0,05	0	80	90	100	0	0	0	60	0	20	90	100

BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für Aldrin in alkoholischer Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,27 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamtalkalität 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wurden Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) und Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) durch Aldrin in einer Konzentration von 0,1 ppm in 24 Stunden nicht geschädigt. Wasserflöhe (*Daphnia magna*), Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GERVAIS), Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) wurden dagegen teilweise getötet (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Bei gleichen Versuchsbedingungen ermittelten LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) als tödliche Konzentration für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) und Hechtsömerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) in 24 Stunden 0,2 ppm. YOSHIMURA u. FUJIOKA (1957) geben bei einer Versuchsdauer von 12 Stunden und einer Wassertemperatur von 9–10° C die LD 50 für Karpfen (*Cyprinus carpio* L.; 4,5–6 g) mit 6,31 ppm an.

Auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) wirkten bei einer Wassertemperatur von 20–22° C Konzentrationen von 1 ppm nach 24 Stunden und solche von 0,1–0,05 ppm nach etwa 48 Stunden tödlich. Die Vergiftungssymptome, die sowohl in den hohen als auch in den niedrigen Konzentrationen bereits nach 3 Stunden auftraten, sollen denen von Lindan gleichen (ADLUNG u. MÜLLER-

BASTGEN 1957, ADLUNG 1957 c). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) beträgt die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 0,165 ppm. Während bei 0,1 ppm die Fische nicht geschädigt wurden, wirkten 0,25 ppm auf alle Versuchstiere innerhalb von 24–48 Stunden tödlich. Die Erholungsfähigkeit geschädigter Fische in reinem Wasser war gering. Als Vergiftungssymptome wurden Unruhe, Springen, Gleichgewichtsstörungen und schließlich Seitenlage beobachtet.

Chlordan (Octachlorendo-methylentetrahydroinden) und andere chlorierte Indene

Untersuchungen über die Wirkung von Chlordan wurden durchgeführt von COPE, GJULLIN u. STORM (1947), COTTAM (1948), ANDREWS u. SIMMONS (1948), COPE (1949), BENETT (1949), GJULLIN und Mitarbeiter (1949), MORGAN (1949), BISHOPP (1950), ROARK (1950, 1951), SURBER (1948, 1951), MERTIN (1951), BROWN (1951) und MCKEE (1952).

Nach GINSBURG (1947 a) wurden Goldfische in 4 Tagen durch 0,125 ppm zu 100 % und durch 0,05 ppm zu 50 % abgetötet. Nach WASICKY u. UNIT (1948/49) wirkte Chlordan in Emulsionsaufbereitung auf *Phalloptychus caudimaculatus* (eine südamerikanische Kärpflingsart) in 24 Stunden bei 1 ppm zu 100 %, bei 0,2 ppm zu 95 % und bei 0,1 ppm zu 40 % tödlich. Culicoidenlarven (*Culex fatigans*) wurden in 24 Stunden durch 0,1 ppm zu 100 %, durch 0,05 ppm zu ebenfalls annähernd 100 % und durch 0,02 ppm zu 60 % abgetötet. Nach DAVIDOW u. SABATINO (1954) führten 1,2 ppm bei Goldfischen zu keiner Schädigung. Konzentrationen von 2 ppm führten nach 30–60 Minuten zu Krämpfen und Gleichgewichtsverlust.

Während in Aquarienversuchen Forellenbarsche (*Micropterus salmoides* LACÉPÈDE) und Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus* RAFINESQUE) eine Konzentration von 0,1 ppm und Goldfische eine solche von 0,2 ppm überlebten, starben Forellenbarsche bei 0,2 ppm in 30 Stunden und Sonnenbarsche in 87 Stunden. Junge Bachforellen (*Salmo trutta fario* L.; 27 g) wurden durch 0,25 ppm innerhalb von 24 Stunden zu 80 % getötet (Stock 1950). In Teichversuchen wurden nach LAWRENCE (1950) durch 0,2 ppm Forellenbarsche ebenfalls getötet, Sonnenbarsche und Goldfische dagegen wurden bei dieser Konzentration nicht beeinträchtigt.

Durch eine Aufwandmenge von 1,12 kg/ha wurden in Teichversuchen nach SURBER (1948) Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus* RAFINESQUE) zu 87 % abgetötet. Cyprinidensetzlinge (*Pimephales promelas*) dagegen wurden nach HANSON (1950, 1952) bei gleicher Aufwandmenge nicht geschädigt. LINDUSKA u. SURBER (1948) berichten, daß in Teichversuchen 0,28 kg/ha für Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*) und andere Fischarten unschädlich waren; bei 0,56 kg/ha Aufwandmenge wurden Sonnenbarsche zum Teil getötet. Nach TARZWELL (1950) dagegen erwies sich Chlordan in Teichversuchen erst bei einer Aufwandmenge von 0,056 kg/ha als unschädlich für Fische. Nach Untersuchungen von MORETTI (1948) und TRAVIS (1949) ist Chlordan für Fische (Regenbogenforellen, Lachse, Goldfische) giftiger als DDT.

MAYHEW (1955) untersuchte die toxische Wirkung verschiedener Chlordan-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo gairdnerii* RICHARDSON; 4–5 cm, 1–1,5 g). Die Ergebnisse seiner Versuche sind in Tab. 5 zusammengestellt:

Tabelle 5

Wirkung verschiedener Chlordan-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge

Konz. in ppm	Emulsion				Spritzpulver				Staub			
	Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)			
	4	12	16	24	4	12	16	24	4	12	16	24
1,0	0	100	—	—	0	30	90	100	0	20	90	100
0,5	0	20	70	100	0	0	50	90	0	0	40	100
0,25	0	0	20	60	0	0	0	30	0	0	20	60
0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für Hostatox (Hoechst) in alkoholischer Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,17 mg/l an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamthärte 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) erwies sich Chlordan in einer Konzentration von 0,1 ppm in 24 Stunden für Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER), Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Hüpferrlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) als unschädlich (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG); Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GERVAIS), Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) wurden durch 0,1 ppm dagegen zum Teil getötet. Bei gleichen Versuchsbedingungen wirkten nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 c) 0,02 ppm auf Chironomidenlarven unbedingt letal. Als tödliche Konzentration in 24 Stunden ermittelten LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) 1,0 ppm und für Hechtsömerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 0,05 ppm. Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) beträgt die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 1,16 ppm. Während Konzentrationen bis zu 0,3 ppm unwirksam waren, wirkten 1,8 ppm auf alle Versuchsfische tödlich. Als Vergiftungssymptome wurden die gleichen wie bei DDT und Toxaphen beobachtet.

In dankenswerter Weise hat Herr Dr. NÜMANN (Institut für Seenforschung und Seenbewirtschaftung, Langenargen am Bodensee) noch unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse von Herrn Dr. WACHEK über die toxische Wirkung von Hostatox auf Regenbogenforellen mitgeteilt, wonach in Aquarienversuchen als letale Grenzkonzentration in 168 Stunden 0,01 mg/l ermittelt wurden.

Dieldrin (Hexachlorepoxyoctahydro- [bis-(endo-exo)-methylen]-naphthalin)

Berichte über die Wirkung von Dieldrin wurden veröffentlicht von SURBER (1951), SURBER u. BARTSCH (1952), COTTAM (1954) und RUDD u. GENELLY (1956).

GINSBURG (1949) gibt die LD 50 für Goldfische mit etwa 0,25 ppm an. Nach STOCK (1950) beträgt die LD 50 in 24 Stunden für Forellen (*Salmo trutta* L.) etwa 0,016 ppm. STEVENSON (1952) ermittelte als LD 50 für *Carassius auratus* L. und *Micropterus* sp. etwa 0,006 ppm, für *Notemigonus crysoleucas* MITCHELL etwa 0,04 ppm und für *Lepomis macrochirus* RAFINESQUE 0,01 ppm.

WASICKY u. UNTI (1953) untersuchten die Wirkung von in Aceton gelöstem Dieldrin bei 22–24° C Wassertemperatur. Bei 1 ppm starben Guppies (*Lebistes*

reticulatus) nach spätestens 3 Stunden, *Phalloptychus caudimaculatus* (eine süd-amerikanische Kärpflingsart) bereits innerhalb von 50 Minuten. Bei 0,2 bzw. 0,1 ppm wurden die Versuchstiere innerhalb von 30 Stunden nicht geschädigt. Auf *Culex*-Larven (*Culex quinquefasciatus*) wirkten 0,0025 ppm innerhalb von 60 Stunden noch tödlich. Nach DAVIDOW u. SABATINO (1954) führten 0,2 ppm bei einigen, 0,4 ppm dagegen bei allen Versuchstieren (Goldfische) nach 30–140 Minuten zu Krämpfen und zum Verlust des Gleichgewichts; bei 0,04 ppm wurden die Versuchsfische nicht geschädigt. TARZWELL u. HENDERSON (1956) geben bei einer Versuchsdauer von 96 Stunden und 22° C für Cypriniden (*Pimephales promelas*) und Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*, *Lepomis cyanellus*) die TL m je nach Fischart und Dieldrin-Aufbereitung mit Werten von 0,0056 bis 0,042 ppm an.

MAYHEW (1955) untersuchte die toxische Wirkung verschiedener Dieldrin-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo gairdnerii* RICHARDSON; 4–5 cm, 1–2 g). Die Ergebnisse seiner Versuche sind in Tab. 6 zusammengestellt:

Tabelle 6

Wirkung verschiedener Dieldrin-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge

Konz. in ppm	Emulsion				Spritzpulver				Staub			
	Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)			
	4	12	16	24	4	12	16	24	4	12	16	24
1,0	100	—	—	—	100	—	—	—	100	—	—	—
0,5	100	—	—	—	40	100	—	—	60	100	—	—
0,25	100	—	—	—	0	100	—	—	10	100	—	—
0,1	90	100	—	—	0	0	40	80	0	90	100	—
0,05	40	100	—	—	0	0	30	100	0	20	80	100

HOGAN (1950) berichtet, daß nach Anwendung von 1,12 kg/ha Dieldrin in den Reisgebieten Kaliforniens das die Felder verlassende Wasser noch nach 20 Tagen für Fische toxisch war. Nach SROUD (1958) wurde bei gleicher Aufwandmenge in den Sumpfbereichen Floridas der gesamte Fischbestand vernichtet.

WEBBE (1957) untersuchte die Giftwirkung von 2 %igem Dieldrin-Granulat auf Setzlinge dreier *Tilapia*-Arten (*T. macrochir* BOULANGER, *T. melanopleura* DUMERIE, *T. pangani* LOWE) in Fischteichen von 60 cm Wassertiefe; 2,24 kg/ha erwiesen sich dabei trotz fünfmaliger Anwendung innerhalb von 5 Wochen als nicht toxisch. YOSHIHARA u. FUJIOKA (1957) geben bei 9–10° C die LD 50 für Karpfen (*Cyprinus carpio* L.; 4,5–6 g) in 12 Stunden mit 9,247 ppm an. Nach ADLUNG (1957 a, d, 1958 a) waren junge Goldfische (*Carassius carassius* f. a. *aurata*; 2,5–3 cm) bei 20–22° C und einer Wirkstoffkonzentration von 1 ppm nach 30 Minuten schwer geschädigt und starben nach etwa 20 Stunden. Bei 3 ppm gingen die Fische bereits nach 4–5 Stunden ein. Bei 0,2 ppm starben die Fische nach durchschnittlich 12 Stunden. Vergleichsweise angesetzte Guppies (*Lebistes reticulatus*) wurden im Gegensatz zu früheren Untersuchungen (ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH 1957, ADLUNG 1957 c) in gleichem Maße geschädigt. Als tödliche Konzentration für Culicidenlarven gibt ADLUNG (1958 a) bei mehrtägiger Einwirkungszeit 0,1 ppm an.

BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für in Alkohol gelöstes Dieldrin als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,23 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamthärte 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wirkten Konzentrationen von 0,1 ppm in 24 Stunden auf Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) stets tödlich, während Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER), Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) und Wasserflöhe (*Daphnia magna*) nicht beeinträchtigt wurden. Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GERVAIS) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) wurden geschädigt und zum Teil getötet. Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 c) übten bei gleichen Versuchsbedingungen Konzentrationen von unterhalb 0,1 ppm auf Chironomidenlarven keine deutliche Giftwirkung aus (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Auf Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) wirkten dagegen 0,04 und auf Hechtsömmlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 0,05 ppm in 24 Stunden tödlich (LÜDEMANN u. NEUMANN 1961).

Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) beträgt die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 0,067 ppm. Während bei 0,02 ppm die Fische nicht geschädigt wurden, wirkten 0,1 ppm auf alle Versuchstiere innerhalb von 20–44 Stunden tödlich. ADLUNG (1957 a) schildert den Vergiftungsablauf bei Goldfischen wie folgt: „Die Fische rasen wild durch den Behälter, führen völlig unkoordinierte und enthemmte Bewegungen aus, die langsam wieder nachlassen bis der Fisch in einem komatösen Zustand auf dem Rücken oder der Seite liegend verharret, wonach der Tod fast unmerklich eintritt.“

Endrin (Hexachlorepoxyoctahydro- [bis-(endo-endo)-methylen]-naphthalin)

STEVENSON (1952) gibt als LD 50 für Cypriniden (*Notemigonus crysoleucas* MITCHILL) 0,0015 ppm an. Für Goldfische (*Carassius auratus* L.), Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus* RAFINESQUE) und Forellenbarsche (*Micropterus salmoides* LACÉPÈDE) ermittelte er 0,0003 ppm. YOSHIHARA u. FUJIOKA (1957) geben die LD 50 für Karpfen (*Cyprinus carpio* L.; 4,5–6 g) bei 9,2° C in 12 Stunden mit 0,0537 ppm an. IYATOMI und Mitarbeiter (1958) ermittelten bei 27–28° C als LD 50 für Goldfische (*Carassius auratus*; 4–5 cm) 0,002 ppm und für Wasserflöhe (*Moina macrocopa*) 0,056 ppm bei 20° C. Besonders unempfindlich gegen Endrin sind nach FUJIYA (1955) Fischeier und Fischlarven. IYATOMI und Mitarbeiter (1958) geben bei 20° C in 24 Stunden die LD 50 für Jungkarpfen (5–7 cm) mit etwa 0,01 ppm, für 6 Tage alte Larven mit 0,046 ppm, für 4 Tage alte Larven mit 4,2 ppm, für 2 Tage alte Larven mit 10,7 ppm und für befruchtete Eier mit 19,9 ppm an.

Nach Untersuchungen von MANN (1959) wird Endrin von Weißfischen in einer Konzentration von 0,01 ppm und von Forellen in einer Konzentration von 0,005 ppm bei einer Einwirkungszeit von 3–5 Tagen „gerade noch vertragen“. Auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) wirkten bei 20–22° C Konzentrationen von nur 0,001 ppm nach 5 Stunden schädigend und nach 24 Stunden tödlich. Bei 0,003 ppm traten die ersten Schädigungen bereits nach 3 Stunden auf, aber die Fische gingen ebenfalls erst nach 24 Stunden ein. Durch Erhöhung der Konzentrationen auf 0,005 und 0,01 ppm konnte die Wirkung nicht gesteigert werden (ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN 1957, ADLUNG 1957 c). BRINGMANN u.

KÜHN (1960) geben für Endrin in alkoholischer Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,039 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamthärte 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wurden Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER), Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) durch 0,1 ppm in 24 Stunden nur zum Teil, Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GERVAIS) und Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) dagegen stets abgetötet. Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) waren selbst nach 96 Stunden nicht geschädigt (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Auf Chironomidenlarven wirkten 0,1 ppm bei gleichen Versuchsbedingungen stets tödlich (LÜDEMANN u. NEUMANN 1960 c). Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) wurden durch 0,008 und Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) durch 0,001 ppm in 24 Stunden abgetötet (LÜDEMANN u. NEUMANN 1961).

Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) beträgt die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 0,00402 ppm. Während bei 0,0028 ppm keine Schädigung der Versuchstiere festgestellt werden konnte, wirkten 0,0045 ppm innerhalb von 24–48 Stunden auf alle Fische tödlich. Umsetzen vergifteter Fische in reines Wasser führte nie zu einer Erholung. Als Vergiftungssymptome wurden von ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN (1957) Enthemmung, Rasen, unkoordinierte Bewegungen, Gleichgewichtsverlust, Starre und schließlich unmerklicher Eintritt des Todes beobachtet.

Heptachlor

(Heptachlorendo-methylentetrahydroinden)

Nach Untersuchungen von DAVIDOW u. SABATINO (1954) führte Heptachlor in einer Konzentration von 0,8 ppm bei Goldfischen nach 35–160 Minuten zu Krämpfen und zum Verlust des Gleichgewichts; 0,2 ppm dagegen waren wirkungslos. Nach MAYHEW (1955) wirkt Heptachlor-Emulsion auf Regenbogenforellen (*Salmo gairdnerii* RICHARDSON; 1–2 g) bei einer Wirkstoffkonzentration von 0,25 ppm in 12 Stunden zu 100 %, bei 0,1 ppm in 24 Stunden zu 80 % und bei 0,05 ppm noch zu 10 % tödlich. Heptachlor-Spritzpulver blieb bei einer Wirkstoffkonzentration von 1 ppm innerhalb von 24 Stunden unwirksam.

BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für techn. Heptachlor in alkoholischer Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,2 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamthärte 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) erwies sich Heptachlor in einer Konzentration von 0,1 ppm für Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) und Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) in 24 Stunden als unschädlich (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Wasserflöhe (*Daphnia magna*), Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GERVAIS) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) wurden durch 0,1 ppm nur zum Teil, Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) dagegen stets abgetötet. Chironomidenlarven wurden bei gleichen Versuchsbedingungen erst durch Konzentrationen von 0,25 ppm an getötet (LÜDEMANN u. NEUMANN 1960 c). Für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) geben LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) als tödliche Konzentration in 24 Stunden 0,6 und für Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 0,4 ppm an.

Nach ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957, ADLUNG 1957 c) wurden bei Verwendung eines 25 %igen Emulsionsöles Guppies (*Lebistes reticulatus*) bei 20–22° C durch 0,5 ppm schwer geschädigt und starben innerhalb von 24 Stunden. LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) geben als LC 50 für ein-sömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 0,38 ppm an. Als besonders auffällige Erkrankungssymptome bei Heptachlor-Vergiftung nennen ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) Dunkelfärbung und ein weites Abspreizen der Brustflossen nach vorne.

Isodrin (1, 2, 3, 4, 10, 10-Hexachlor-1, 4, 4a, 5, 8, 8a-hexahydro-1, 4, 5, 8-endo-endo-dimethylnaphthalin)

STEVENSON (1952) ermittelte als LD 50 für Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus* RAFINESQUE) und Forellenbarsche (*Micropterus salmoides* LACÉPÈDE) 0,0025 ppm, für Cypriniden (*Notemigonus crysoleucas* MITCHILL) 0,006 ppm und für Goldfische (*Carassius auratus* L.) 0,0015 ppm. Nach DAVIDOW u. SCHWARTZMAN (1955) wurden Goldfische in Lösungen von 0,04 ppm nicht geschädigt. Bei 0,1 ppm traten dagegen nach 66 Minuten und bei 0,8 ppm nach 30 Minuten Zuckungen und Krämpfe auf. Auch ADLUNG (1957 a, d) untersuchte bei 20–22° C die Wirkung von Isodrin auf Goldfische (*Carassius carassius* f. a. *aurata*; 2,5–3 cm). Bei einer Wirkstoffkonzentration von 0,2 ppm traten erste Vergiftungserscheinungen nach 2 Stunden auf; nach etwa 16 Stunden waren die Fische starr und der Tod trat nach 20–30 Stunden ein. Konzentrationen von 0,05 ppm führten bereits in 8 Stunden zur völligen Lähmung und nach 12 Stunden zum Tod der Versuchstiere. Die höhere Konzentration führte also später zum Tod der Versuchstiere als die niedrigere! Nach ADLUNG (1957 a) könnte dies dadurch erklärt werden, „daß die höheren Konzentrationen eine raschere Herabsetzung des Stoffwechsels und des Blutkreislaufes der Versuchstiere bewirken (rasches Eintreten des Koma-Zustandes!), wodurch die Durchdringung des Gesamtorganismus mit dem Gift verlangsamt wird. Bei den niederen Konzentrationen gelangt dabei eine größere Giftmenge über die Kiemen in den Kreislauf und ruft den rascheren Tod hervor. Bei den höheren Konzentrationen leben die Fische oft noch tagelang starr mit unbeweglichen Kiemendeckeln im Wasser liegend. Das Gift muß in erster Linie über die Haut in den Organismus eindringen, was natürlich langsamer vonstatten geht als über die große Kiemenoberfläche“.

Methoxychlor

(1, 1, 1-Trichlor-2, 2-bis(p-methoxyphenyl)-äthan)

Nach Untersuchungen von GINSBURG (1947 c) beträgt die LD 60 für Goldfische 0,063 ppm; durch 0,25 ppm wurden 100 % und durch 0,125 ppm 90 % der Versuchsfische getötet. LAWRENCE (1950) gibt für große Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*) und Forellenbarsche (*Micropterus salmoides*) als tödliche Methoxychlor-Konzentration 0,2 ppm an. Nach DAVIDOW u. SABATINO (1954) führten 0,4 ppm bei Goldfischen innerhalb von 5–70 Minuten zu Krämpfen und zum Verlust des Gleichgewichts; bei 0,2 ppm dagegen traten keine Schädigungen auf.

MAYHEW (1955) untersuchte die Wirkung verschiedener Methoxychlor-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo gairdnerii* RICHARDSON; 5 bis 5,5 cm, 1–2 g). Die Ergebnisse seiner Versuche sind in Tab. 7 zusammengestellt:

Tabelle 7

Wirkung verschiedener Methoxychlor-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge

Konz. in ppm	Emulsion				Spritzpulver			
	Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)			
	4	12	16	24	4	12	16	24
1,0	50	100	—	—	20	100	—	—
0,5	20	100	—	—	0	90	100	—
0,25	0	100	—	—	0	20	70	100
0,1	0	100	—	—	0	0	20	70
0,05	0	40	80	100	0	0	0	10

Nach ADLUNG (1957 a, d) führte Methoxychlor-Emulsion bei 20–22° C in einer Konzentration von 6 ppm nach 4–5 Stunden, bei 3 ppm nach 12 Stunden und bei 1 ppm nach 14 Stunden zum Tode aller Versuchstiere (*Lebistes reticulatus*, *Carassius carassius* f. a. *aurata*). Auch 0,2 ppm führten noch innerhalb von 12 Stunden zu schweren Schädigungen und nach mehreren Tagen zum Tode der Fische.

Thiodan

(Hexachlorbicyclohepten-bis-oxy-methylensulfit)

ADLUNG (1957 b, d) untersuchte die Wirkung von Thiodan auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) und junge Goldfische (*Carassius carassius* f. a. *aurata*) bei 19° C. Bei einer Wirkstoffkonzentration von 1 ppm waren die Tiere nach 2 Stunden gelähmt und nach 4–6 Stunden tot. Bei 0,1 ppm starben die Versuchstiere nach 15 Stunden und bei 0,01 ppm nach 20 Stunden Dauerkontakt. Bei 0,005 ppm waren die Fische nach 15 Stunden zwar deutlich geschädigt und einige kleinere Guppies starben auch innerhalb von 70 Stunden, die Mehrzahl der eingesetzten Guppies jedoch und alle Goldfische konnten sich innerhalb einer Nachbeobachtungszeit von 14 Tagen wieder erholen.

MANN (1958 a, b) prüfte die Maikäferbekämpfungsmittel Thiodan emulgierbar (Hoechst) und Thiodan Staub (Hoechst) in entchlortem Leitungswasser (D. H. 10,1°) bei 16–20° C auf ihre Fischtoxizität. Während Thiodan emulgierbar (20 %ig) von Weißfischen in einer Konzentration von 0,001 ccm/l (= 0,2 ppm), von Wasserflöhen in einer Konzentration von 0,005 ccm/l (= 1 ppm) und von Schlammröhrenwürmern in einer solchen von 0,01 ccm/l (= 2 ppm) noch vertragen wurde, wirkte Thiodan Staub (2,5 %ig) in Mengen von 1 mg/l (= 0,025 ppm) auf Fische und Fischnährtiere tödlich. Empfindliche Fische, wie Barsche oder Kaulbarsche, reagierten schon auf Mengen von 0,5 mg/l (= 0,0125 ppm).

WACHEK (1958) ermittelte in Aquarienversuchen für Thiodan-Staub (2,5 %ig) als Grenzkonzentration für einsömmerige Regenbogenforellen bei 18° C Wassertemperatur 0,05 mg/l (= 0,00125 ppm). Die Grenzkonzentration für Thiodan-Spritzpulver (17,5 %ig) beträgt 0,01 mg/l (= 0,00175 ppm). Bei Beckenversuchen im Freien, wobei der Beckengrund mit Steinen und Wassermoos ausgelegt war und das Wasser mit Hilfe von Schrauben in Bewegung versetzt wurde, betrug bei einer Wassertemperatur zwischen 0 und 7,4° C die Grenzkonzentration

für Regenbogenforellen 0,2 mg/l Thiodan-Staub (= 0,005 ppm) bzw. 0,03 mg/l Thiodan-Spritzpulver (= 0,00526 ppm).

BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für in Alkohol gelöstes Thiodan als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,22 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamthärte 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wurden Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GÉRAVIS) und Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) in 24 Stunden durch 0,1 ppm stets getötet (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) wurden durch 0,1 ppm nur zum Teil getötet; Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) und Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) blieben unbeeinträchtigt. Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 c) wurden Chironomidenlarven bei gleichen Versuchsbedingungen durch 0,01 ppm nicht merklich geschädigt, dagegen wurden sie von 0,14 ppm an stets innerhalb der Versuchszeit abgetötet. Für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) ermittelten LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) als tödliche Konzentration in 24 Stunden 0,01 und für Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 0,005 ppm.

Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) beträgt die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 0,011 ppm. In Konzentrationen bis zu 0,004 ppm wurden die Versuchstiere nicht geschädigt. Konzentrationen von 0,1 ppm wirkten innerhalb von 16–22 Stunden stets tödlich. Nach WACHEK (1958) und LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) können sich geschädigte Fische nach Umsetzen in frisches Wasser nicht wieder erholen. Die Vergiftungssymptome bei Thiodan-Vergiftung ähneln denen, die bei Vergiftung durch die anderen chlorierten Kohlenwasserstoffe beobachtet wurden (ADLUNG 1957 b). „Auf rasendes, vibrierendes Schwimmen folgt kurzzeitige Erschöpfung, wobei die Fische in Seitenlage auf den Boden sinken.“

Toxaphen (Chloriertes Camphen)

Untersuchungen über die Wirkung von Toxaphen wurden durchgeführt von GINSBURG (1947 a), ANDREWS u. SIMMONS (1948), ANONYM (1948/49 a, b), GJULLIN und Mitarbeiter (1949), BISHOPP (1949, 1950), ROARK (1950, 1951), YOUNG u. NICHOLSON (1951), WARRICK (1951), SURBER (1951), KING (1951), BROWN (1951), BISHOPP u. HORSFALL (1952), BYRD u. MOSS (1952), SURBER u. BARTSCH (1952), MCKEE (1952) und COTTAM (1954).

SURBER (1948) gibt bei Verwendung einer 12 %igen Toxaphen-Lösung in naphthenischen Lösungsmitteln und Heizöl die tödliche Konzentration für Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*) und Cypriniden (*Notemigonus crysoleucas auratus*) mit 0,02 ppm und für Forellenbarsche (*Micropterus salmoides*) mit 0,04 ppm an. Toxaphen-Staub wirkt nach MORETTI (1948) in einer Konzentration von 0,2 ppm auf Fische in kurzer Zeit tödlich. Nachdem in Wyoming ein Gebiet von 162 km² zum Teil mehrfach mit 5,65 kg/ha Toxaphen behandelt worden war, wurden Verluste unter Catostomiden und Ictaluriden festgestellt (Post 1949, 1951 a, b).

Nach LAWRENCE (1950) wurden Sonnenbarsch- und Forellenbarsch-Setzlinge durch Toxaphen-Staub (20 %ig) bei einer Wirkstoffkonzentration von 0,05 ppm in 36 Stunden getötet; Goldfische wurden durch 0,05 ppm erst nach 136 Stunden abgetötet. Bei Teichversuchen dagegen wurden die eben genannten Versuchs-

tiere durch 0,05 ppm in 5 Wochen nicht getötet; erst bei 0,2 ppm starben alle Fische innerhalb von 45 Stunden.

LINDUSKA u. STURBER (1948) ermittelten in Teichversuchen als tödliche Konzentration für junge Regenbogenforellen 0,005 ppm; für Sonnenbarsche geben sie als Schwellenwert 0,01 ppm an. Bei einer Aufwandmenge von 0,14 kg/ha Toxaphen, was in den Versuchsteichen eine Konzentration von 0,02 ppm ergab, wurden mit Ausnahme der Goldfische alle Versuchstiere getötet. Nach TARZWELL (1950) wirken selbst geringere Konzentrationen als 0,037 ppm auf die meisten Fischarten noch tödlich. Nach DOUDOROFF, KATZ u. TARZWELL (1953) beträgt die TL m für Goldfische (2,7 g) bei 20° C in 10 Tagen 0,005 ppm. Nach DAVIDOW u. SABATINO (1954) führten 0,4 ppm bei Goldfischen nach 70–120 Minuten zu Krämpfen und zum Verlust des Gleichgewichts; bei 0,2 ppm traten dagegen keine sichtbaren Schädigungen auf. Nach DOUDOROFF, KATZ u. TARZWELL (1953) überlebten Goldfische bei einer Versuchsdauer von 10 Tagen eine Wirkstoffkonzentration von 0,0032 ppm; bei 0,0056 ppm dagegen wurden sie zu etwa 75 % und bei 0,01 ppm zu 100 % getötet. Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) wurden nach HEMPHILL (1954) durch 0,1 ppm nach spätestens 3 Tagen abgetötet. HESTER u. HOOPER (1954) stellten fest, daß Toxaphen für Fische 120 mal giftiger ist als eine Mischung aus DDT und HCH.

FUKANO u. HOOPER (1958) berichten, daß bei Teichversuchen Sonnenbarsche mit einer Länge von weniger als 6 cm durch 0,005 ppm getötet wurden, während größere Exemplare nicht beeinträchtigt wurden. Nach Untersuchungen von ADLUNG (1957 a, d) bei 20–22° C waren die Versuchsfische (*Lebistes reticulatus*, *Carassius carassius* f. a. *aurata*) bei 0,1 ppm und bei 0,05 ppm nach 4 Stunden enthemmt, nach 8 Stunden starr und nach 20 Stunden tot. Bei 0,01 ppm starben die Tiere ebenfalls nach 20 Stunden. Bei 0,005 ppm waren die Fische nach 12 Stunden schwer geschädigt, und nach weiteren 18 Stunden trat der Tod ein. Nach TARZWELL (1958) und HOFFMANN (1959) beträgt die LD 50 für *Pimephales promelas* RAF. in 96 Stunden 0,0051 ppm. GRUBER (1959) gibt für *Tilapia melanopleura* A. DUM. als LD 50 0,05 ppm an.

MAYHEW (1955) untersuchte die toxische Wirkung verschiedener Toxaphen-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo gairdnerii* RICHARDSON; 4,5–5,5 cm, 1–2 g). Die Ergebnisse seiner Versuche sind in Tab. 8 zusammengestellt:

Tabelle 8
Wirkung verschiedener Toxaphen-Aufbereitungen auf Regenbogenforellen-Setzlinge

Konz. in ppm	Emulsion				Spritzpulver			
	Mortalität in % (Stunden)				Mortalität in % (Stunden)			
	4	12	16	24	4	12	16	24
1,0	100	—	—	—	80	100	—	—
0,5	40	100	—	—	50	100	—	—
0,25	10	100	—	—	0	100	—	—
0,1	0	100	—	—	0	70	100	—
0,05	0	40	100	—	0	30	100	—

In Teichversuchen wirkte Toxaphen-Emulsion nach CUSHING u. OLIVE (1956) bei 5–6° C in einer Konzentration von 0,1 ppm auf Chironomidenlarven innerhalb weniger Tage zu 100 % tödlich. Nach COPE (1948) sind Trichopterenlarven gegen Toxaphen unempfindlicher als Forellen und Lachse. BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für in Alkohol gelösten reinen Toxaphen-Wirkstoff als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,155 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamthärte 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wurden Wasserflöhe (*Daphnia magna*), Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) durch 0,1 ppm in 24 Stunden zum Teil geschädigt und getötet. Während Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GERRAIS) durch 0,1 ppm stets abgetötet wurden, konnte an Hüpferlingen (*Cyclops strenuus* FISCHER) nach 24 Stunden und an Schlammröhrenwürmern (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) selbst nach 96 Stunden keine Schadwirkung festgestellt werden (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Bei gleichen Versuchsbedingungen ermittelten LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB. 12,8 cm) als tödliche Konzentration einer Toxaphen-Emulsion in 24 Stunden 0,2 und für Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 0,1 mg/l.

BANDT (1957 b) prüfte das Toxaphen-Präparat „Melipax 10 %ig“ (Fahlberg-List) auf seine Fischgiftigkeit. Bei 1,25 mg/l Melipax-Pulver (= 0,125 ppm) „starben die als Versuchsfische benutzten Regenbogenforellen und Schleie gerade noch“. Nach MANN (1959) treten bei einer Wirkstoffkonzentration von 0,05 ppm bei Karauschen „schon nach 5 Stunden deutliche Schädigungen auf, die nach 20 Stunden zum Tode führen“. Nach seinen Untersuchungen liegt die toxische Konzentration je nach Fischart zwischen 0,005 und 0,05 ppm.

WUHRMANN u. WOKER (1959) testeten Toxaphen-Spritzmittel unter folgenden Versuchsbedingungen: Wassertemperatur 15° C; pH 7,5–7,7; Sauerstoffgehalt 9,4 mg O₂/l (100 % Sättigung); Karb.-Härte 16–17 µ H^o. Bei 0,005 ppm war an Elritzen (*Phoxinus laevis* L.) nach 24 Stunden keine Wirkung zu erkennen. Bei 0,01 ppm zeigte sich nur „Teilwirkung“, bei 0,05 ppm jedoch wurden alle Versuchstiere abgetötet.

LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) untersuchten die Wirkung einer Toxaphen-Emulsion auf einsömmerige Karpfen bei 17–19° C. Als LC 50 in 48 Stunden ermittelten sie 0,056 mg/l (= etwa 0,025 ppm). Bei 0,01 mg/l wurden die Fische nicht merklich geschädigt. Bei 0,1 mg/l dagegen wurden alle Versuchstiere innerhalb von 24 Stunden getötet. Die Erholungsfähigkeit geschädigter Tiere in reinem Wasser war gering. Die Vergiftungssymptome gleichen nach ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN (1957) denen bei Vergiftung durch Endrin.

Weitere chlorierte Kohlenwasserstoffe

DDD oder TDE (Dichlordiphenyl-dichloräthan, Tetrachlordiphenyl-äthan) ist nach TARZWELL (1950) und LINDQUIST u. ROTH (1950) für Fische weniger schädlich als DDT und eignet sich besonders zur Bekämpfung von Büschelmückenlarven. GINSBURG (1947 a, b) gibt für Goldfische die LD 50 mit 1 ppm und die LD 100 mit 2 ppm an. Nach COTTAM (1948) ist DDD bis zu 0,2 ppm wohl kaum fischgefährdend. Nach TARZWELL (1950) wurden Fische durch Stäubemittel in einer Aufwandmenge von 0,112 kg/ha DDD nur unbedeutend geschädigt; Sprühmittel jedoch führten bei gleicher Aufwandmenge zur Vernichtung des gesamten Fischbestandes.

Auch D F D T (Difluordiphenyl-trichloräthan) ist nach Untersuchungen von ODUM u. SUMERFORD (1946) für Fische weniger toxisch als DDT. Koboldkärpflinge (*Gambusia*) wurden durch 0,2 ppm und Goldfische erst durch 1 ppm in 3 Tagen zu 100 % abgetötet. Die tödliche Konzentration für *Culex*-Larven (*Culex apicalis*) betrug 0,0025 ppm.

D Br D T (Dibromdiphenyl-trichloräthan) führte dagegen nach ODUM u. SUMERFORD (1946) bereits bei 0,07 ppm und D J D T (Dijoddiphenyl-trichloräthan) bei 0,2 ppm in 3 Tagen zu 100 %igem Absterben der Versuchstiere (Goldfische).

Als weniger fischtöxisch erwies sich nach ODUM u. SUMERFORD (1946) D P T (1-Trichlor-2,2-bis[phenyl]-äthan), das auf Goldfische und Koboldkärpflinge in einer Konzentration von 4 bzw. 1 ppm innerhalb von 3 Tagen nicht tödlich wirkte.

Stroban, ein Gemisch chlorierter Terpene, wirkte dagegen schon in einer Konzentration von 0,04 ppm auf Goldfische nach 1½ Stunden stark schädigend (DAVIDOW u. SCHWARTZMAN 1955).

Perthane (1,1-Dichlor-2,2-bis[paraäthylphenyl]-äthan) in Emulsionsaufbereitung wirkte in einer Konzentration von 0,1 ppm (20–22° C) auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) innerhalb von 5 Tagen zum größten Teil tödlich. Auch bei 0,05 ppm starben noch einige der Versuchstiere, andere jedoch zeigten selbst nach 8 Tagen Einwirkungszeit keinerlei Erkrankungssymptome (ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN 1957).

ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN (1957) prüften die Wirkung verschiedener Akarizide auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) bei einer Wassertemperatur von 20–22° C:

Tedion (Tetrachlordiphenylsulfon) in acetonger Lösung schädigte bei 1 ppm innerhalb von 5 Stunden Jungfische zwar schwer, doch nach 6 Tagen erholten sie sich langsam wieder. O v o t r a n (p-Chlorphenyl-p-chlorbenzolsulfonat in acetonger Lösung) wirkte bei 1 ppm auf Jungfische nur leicht schädigend, bei 5 ppm jedoch wurden sie innerhalb von 30 Minuten abgetötet. K e l t h a n e (Dichlordiphenyl-trichloräthanol) in Emulsionsform schädigte bei 0,5 ppm nicht nur Jungfische sondern auch die ausgewachsenen Tiere nach 30 Minuten schwer und wirkte innerhalb von 48 Stunden auf alle Versuchsfische tödlich.

c) Organische Phosphorverbindungen

Parathion (Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat)

Untersuchungen über die toxische Wirkung von Parathion auf Fische und Fischnährtiere wurden durchgeführt von COTTAM (1948), SURBER (1948, 1951), TRAVIS (1949), SURBER u. BARTSCH (1952) und SPRINGER u. HAUGEN (1953).

LINDUSKA u. SURBER (1948) geben für Parathion den Schwellenwert für Sonnenbarsche mit 0,2 ppm an. GINSBURG (1949) gibt für Goldfische die LD 50 mit 1,5 ppm und die LD 100 mit 2 ppm an. ROEGNER-AUST (1949 b) untersuchte die Wirkung von E 605 forte in 10–14 Tagen auf verschiedene Fischarten bei 11,5–12° C. 25 mg/l wirkten zu 100 %, 10 mg/l zu 87,5 %, 5 mg/l zu 62,5 % und 1 mg/l zu 4,5 % tödlich. In Aquarien mit Bodenbelag (Kies und Lehm) dagegen wirkten 5 mg/l auf die Versuchsfische nicht tödlich. Daphnien waren in Lösungen von 1 mg/l nach 4½ Stunden schwer geschädigt und starben zum

größten Teil innerhalb von 24 Stunden. Nach Aquarierversuchen von SCHILLER (1953) mit einsömmerigen Karpfen beginnt bei mehrtägiger Versuchsdauer die toxische Wirkung von E 605 forte bei 0,1–0,5 mg/l und die von E 605 Staub bei etwas weniger als 400 mg/l (Wassertemperatur 12–18° C; pH 6,8–7).

Nach SCHNEIDER (1953) wirkt E 605 Staub (Bayer) mit einem Wirkstoffanteil von 2 % in einer Konzentration von 75 mg/l auf Stechmückenlarven (*Culex pipiens*) in 24 Stunden zu 46 % und auf Wasserflöhe (*Daphnia magna*) in 48 Stunden zu 100 % tödlich. Während Hüpferlinge (*Cyclops strenuus*) durch 75 mg/l in 6 Tagen nicht geschädigt wurden, wurden Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex*) zu 100 % abgetötet. Auf Daphnien wirkten 0,75 mg/l in 4 Tagen zu 80 % und 0,01 mg/l zu 46 % tödlich. Zuckmückenlarven (*Chironomus thummi*) starben bei 0,1 mg/l innerhalb von 8 Tagen zu 38 %; durch 0,05 mg/l wurden sie nicht beeinträchtigt. E 605 Folidol (Bayer) wirkte auf Culex-Larven in einer Konzentration von 0,25 mg/l in 2 Tagen zu 30 % tödlich, und Daphnien wurden durch 0,5 mg/l in 4 Tagen zu 100 % abgetötet. Während Chironomus-Larven durch 0,01 mg/l in 2 Tagen zu 56 % getötet wurden, erlitten Schlammröhrenwürmer durch 7,5 mg/l und Hüpferlinge durch 5 mg/l in 6 Tagen keinerlei Schädigungen. Flohkrebse (*Gammarus pulex*), Eintags-, Ufer- und Köcherfliegenlarven wurden durch 5 mg/l in 60 Minuten nicht beeinträchtigt. E 605 forte (Bayer) mit einem Wirkstoffgehalt von 50 % wirkte in einer Konzentration von 0,005 mg/l auf Culex-Larven in 6 Tagen zu 100 % und auf Chironomus-Larven in 5 Tagen zu 42 % tödlich; erst durch 0,001 mg/l wurden letztere nicht mehr beeinträchtigt. Daphnien wurden durch 0,005 mg/l in 3 Tagen zu 100 % abgetötet. Während Schlammröhrenwürmer durch 5 mg/l in 6 Tagen nicht geschädigt wurden, wurden Hüpferlinge innerhalb von 36 Stunden getötet; erst durch 0,5 mg/l wurden letztere nicht mehr beeinträchtigt.

KUBOTA, HAYAMA u. KURIYAMA (1957) geben für Folidol als tödliche Konzentration für Schlammpeitzger (*Misgurnus anguillicaudatus* CANTOR; 7–13 cm) bei 4–8° C in 45 Stunden 13–15 ppm an. HENDERSON u. PICKERING (1957) untersuchten die Wirkung von Parathion (99 %ig) in acetoniiger Lösung bei 25° C. Sie ermittelten für Cypriniden (*Pimephales promelas*; 1–1,5 g) sowohl in weichem als auch in hartem Wasser als TL m in 48 Stunden 1,6 ppm. Für Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*; 1,5 g) wurden in hartem Wasser (pH 8,2; Alkalinität 360 ppm; Härte 400 ppm) 1,5 ppm und in weichem Wasser (pH 7,4; Alkalinität 18 ppm; Härte 20 ppm) 0,71 ppm ermittelt.

ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) prüften Parathion in Form eines 20 %igen Emulsionsöles bei 20–22° C. Bei einer Wirkstoffkonzentration von 1 ppm waren nach 24 Stunden alle Versuchstiere (*Lebistes reticulatus*) tot. Bei 0,5 ppm zeigten sich zwar kurz nach Versuchsbeginn Vergiftungssymptome, aber der Tod trat erst nach mehreren Tagen ein (ADLUNG 1957 c). DENZER (1959) gibt für E 605 forte (Bayer) als Störungsschwelle für Regenbogenforellen (*Trutta iridea*) bei 18° C Wassertemperatur 20 mg/l an. Für Fischnährtiere ermittelte er als Kritische Schwellen folgende Werte: 20 mg/l für *Brachionus angularis*, 25 mg/l für *Planaria gonocephala* und *Stentor polymorphus*, 30 mg/l für *Colpidium colpoda* und 100 mg/l für *Epeorus assimilis*.

BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für in Alkohol gelöstes Parathion als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,0018 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamtalkalität 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) erwies sich Parathion in einer Konzentra-

tion von 0,1 ppm für Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) und Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) in 24 Stunden als unschädlich (Wassertemperatur 18–21°C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) wurden durch 0,1 ppm nur zum Teil, Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GERVAIS) dagegen stets abgetötet. Bei gleichen Versuchsbedingungen geben LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) und Hechtsömmerringe (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) als tödliche Konzentration in 24 Stunden 3,0 ppm an.

WUHRMANN u. WOKER (1959) testeten Parathion-Spritzmittel bei folgenden Versuchsbedingungen: Wassertemperatur 15°C; pH 7,5–7,7; Sauerstoffgehalt 9,4 mg O₂/l (100 % Sättigung); Karb.-Härte 16–17 µ H^o. Bei 0,1 ppm konnten sie an Elritzen (*Phoxinus laevis* L.) in 24 Stunden keine Wirkung erkennen. Während sich bei 0,5 ppm nur „Teilwirkung“ zeigte, wirkten 5 ppm auf alle Fische tödlich. LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a), die Parathion als reinen Wirkstoff bei 17–19°C prüften, geben für einsömmerige Karpfen als LC 50 in 48 Stunden 3,53 ppm an. Konzentrationen bis zu 1 ppm waren unschädlich. Bei 2 ppm traten zwar Erkrankungssymptome auf, doch konnten sich die Fische innerhalb der Versuchsdauer wieder erholen. Nach ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) und LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) erholen sich selbst schwer geschädigte Fische nach Umsetzen in reines Wasser innerhalb weniger Stunden.

Vergiftungsbild und Vergiftungsablauf bei Parathion-Vergiftung werden von ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) wie folgt beschrieben: „Die Tiere werden enthemmt und schwimmen unter heftigen, zitternden Bewegungen. Der caudale Rumpfabschnitt mit der Schwanzflosse schlägt dabei fast rechtwinklig aus. Die Brustflossen schlagen schnell, vibrierend, fast wie Insektenflügel. Die Kiemendeckel sind weit abgespreizt. Speziell für Parathionvergiftungen typisch sind die sehr heftigen Atembewegungen. Eine extreme Dunkelfärbung vor allem der männlichen Zeichnungselemente ist auch bei Phosphorsäureestervergiftungen zu beobachten. Nur leicht geschädigte Fische stehen meist ruhig oder schaukelnd im Wasser und zeigen besonders bei Reizung ein deutlich schnelles Schlagen der Brustflossen. Bei vorgeschrittener Vergiftung werden die Bewegungen unkoordiniert, die Fische überschlagen sich nach vorne oder der Seite, bleiben schwankend auf dem Rücken liegen. Auch bei Phosphorsäureestervergiftungen folgt auf die Erregungsphase ein coma-ähnlicher Zustand, aus dem heraus der Tod oder aber eine allmähliche Erholung erfolgt. Setzt man wiedererholte Fische in reines Wasser um, so tritt hier häufig eine schwere Schockwirkung mit extremen Erregungszuständen auf, die nicht selten zum Tode führt. Gelegentlich konnten wir bei wiedererholten Fischen nach Phosphorsäurevergiftungen viel später degenerative Veränderungen an den Augen feststellen, die schließlich zur völligen Erblindung führten. Die Fruchtbarkeit solcher Rekonvaleszenten ist sehr stark herabgesetzt“.

Chlorthion (Chlornitrophenyl-dimethylthiophosphat)

ADLUNG (1957 a, d, 1958 a) untersuchte bei 20–22°C die Wirkung von Chlorthion auf junge Goldfische (*Carassius carassius* f. a. *aurata*) und Guppies (*Lebistes reticulatus*). Bei 10 ppm waren alle Versuchstiere nach 2 Stunden und

bei 5 ppm nach 18 Stunden tot. Bei 1 ppm starben innerhalb einer achttägigen Beobachtungszeit nur die jungen Guppies; die ausgewachsenen Guppies dagegen und gleichgroße Goldfische wurden nur leicht geschädigt und erholten sich wieder. Die jungen Guppies trugen übrigens auch noch bei 0,2 ppm innerhalb von 2 Stunden schwere Schäden davon, die nach einigen Tagen zum Tode führten. HENDERSON u. PICKERING (1957) prüften technisches Chlorthion in acetonger Lösung bei 25° C Wassertemperatur. Als TL m in 96 Stunden ermittelten sie für Cypriniden (*Pimephales promelas*; 1–1,5 g) sowohl in weichem Wasser (pH 7,4; Alkalität 18 ppm; Härte 20 ppm), als auch in hartem Wasser (pH 8,2; Alkalität 360 ppm; Härte 400 ppm) 3,2 ppm.

ADLUNG (1958 a) gibt als tödliche Konzentration für Culicidenlarven bei mehrtägiger Einwirkungszeit 0,01 ppm an. BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für in Alkohol gelöstes Chlorthion als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,0042 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamtalkalität 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) erwies sich Chlorthion in einer Konzentration von 0,1 ppm für Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.), Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) und Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) in 24 Stunden als unschädlich. Wasserflöhe (*Daphnia magna*), Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GÉRAVIS) und Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) wurden dagegen durch 0,1 ppm stets abgetötet (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Bei gleichen Versuchsbedingungen wurden Chironomidenlarven nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 c) in 24 Stunden zu 50 % getötet. Als tödliche Konzentration in 24 Stunden ermittelten LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) 0,5 ppm und für Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 0,4 ppm.

Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) beträgt die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 4,14 ppm. Bei 2 ppm war keine Schädigung festzustellen. Höhere Konzentrationen als 4,4 ppm wirkten auf alle Fische innerhalb von 12–24 Stunden tödlich. Schwer geschädigte Fische konnten sich nach Umsetzen in frisches Wasser dauerhaft erholen.

Die Vergiftungssymptome bei Chlorthion-Vergiftung werden von ADLUNG (1957 a) wie folgt beschrieben: „Die Vergiftung durch Chlorthion äußert sich in einem deutlichen Verblässen der Fischfärbung, die Tiere sind sehr ruhig und führen bei Reizung rasende, vibrierende, kaulquappenähnliche Schwimmbewegungen durch. Der Rumpf verkrümmt sich caudal nach oben oder seitlich im rechten Winkel, wie bereits für Parathion beschrieben wurde (ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH 1957). Mit fortschreitender Vergiftung verschwindet dieses Merkmal, die Tiere liegen gelähmt im Wasser, wie wir es auch bei den Kohlenwasserstoff-Vergiftungen feststellen. In diesem Stadium sind die Fische auch dunkler gefärbt als während der ersten Stunden der Vergiftung“.

Diazinon (Diäthyl-isopropylmethylpyrimidylthiophosphat)

ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957, ADLUNG 1957 c) untersuchten die toxische Wirkung eines 20 %igen Emulsionsöles auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) bei 20–22° C. Bei einer Wirkstoffkonzentration von 4 ppm waren die Fische nach einer Stunde schwer geschädigt und starben innerhalb von 24–48 Stunden. 2 ppm wirkten innerhalb von 24–30 Stunden schädigend und

innerhalb von 2–4 Tagen tödlich. Jungfische erwiesen sich gegen Diazinon im Gegensatz zu Malathion als sehr empfindlich. DENZER (1959) gibt für das Präparat Exodin (Schering) die Störungsschwelle für Regenbogenforellen (*Trutta irideus*) bei 18° C mit 1 mg/l an. Für Fischnährtiere ermittelte er als Störungsschwellen folgende Werte: 0,1 mg/l für *Epeorus assimilis*, 1 mg/l für *Planaria gonocephala*, 2 mg/l für *Colpidium colpoda* und 1,5 mg/l für *Brachionus angularis* und *Stentor polymorphus*.

BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für in Alkohol gelösten Diazinon-Wirkstoff als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,0025 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamtalkalität 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wirkte Diazinon in einer Konzentration von 0,1 ppm auf Wasserflöhe (*Daphnia magna*), Flohkrebse (*Ceriodaphnia dubia*) und Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) in 24 Stunden stets tödlich. Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.), Hüpfertlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) und Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) wurden dagegen durch 0,1 ppm nicht beeinträchtigt (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Bei gleichen Versuchsbedingungen wirkten auf Chironomidenlarven Konzentrationen von mehr als 0,16 ppm unbedingt letal (LÜDEMANN u. NEUMANN 1960 c). Für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) geben LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) als tödliche Konzentration in 24 Stunden 0,5 ppm und für Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 2,0 ppm an.

Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) beträgt die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden 5,2 ppm. Konzentrationen bis zu 5 ppm waren unschädlich. Höhere Konzentrationen als 6 ppm wirkten auf alle Versuchstiere stets tödlich. Die Erholungsfähigkeit schwer geschädigter Fische in frischem Wasser war sehr gering. Als Vergiftungssymptome wurden Unruhe, Lähmungserscheinungen, Taumeln und schließlich Seitenlage beobachtet (DENZER 1959, LÜDEMANN u. NEUMANN 1960 a).

In dankenswerter Weise hat Herr Dr. NÜMANN (Institut für Seenforschung und Seenbewirtschaftung, Langenargen am Bodensee) noch unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse von Herrn Dr. WACHEK über die toxische Wirkung von Basudin auf Regenbogenforellen mitgeteilt, wonach in Aquarienversuchen als letale Grenzkonzentration in 168 Stunden 10 mg/l ermittelt wurden.

Malathion (Dimethyldicarbäthoxyäthylthiophosphat)

Malathion ist nach PARKURST u. JOHNSON (1955) in einer Konzentration von 0,1 ppm für Königslachs-Setzlinge toxisch; erst bei 0,032 ppm wurde innerhalb von 6 Tagen keines dieser Versuchstiere getötet. HENDERSON u. PICKERING (1957) untersuchten die Wirkung von Malathion-Emulsion auf Cypriniden (*Pimephales promelas*; 1–1,5 g) bei 25° C. Bei einer Versuchsdauer von 96 Stunden ermittelten sie als TL m sowohl in weichem Wasser (pH 7,4; Alkalität 18 ppm; Härte 20 ppm), als auch in hartem Wasser (pH 8,2; Alkalität 360 ppm; Härte 400 ppm) 12,5 ppm. Nach WOOD (1953) und APPLGATE, HOWELL, HALL u. SMITH (1957) wirken 5 ppm auf Regenbogenforellen-Setzlinge und Sonnenbarsch-Setzlinge innerhalb von 8 Stunden tödlich. ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957, ADLUNG 1957 c) untersuchten die Giftwirkung von Malathion-Emulsion (50 %ig) auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) bei 20–22° C. Durch 2 ppm wurden inner-

halb von 24 Stunden alle Versuchstiere getötet; bei 0,5 ppm dagegen wurden die Fische nicht mehr beeinträchtigt. Nach HAYES (1955) wirkten 3 ppm auf Karpfen zu 60 % tödlich. Nach KEENLEYSIDE (1958) beträgt die TL m für junge Salme bei 13° C in 48 Stunden 0,033 ppm. Während durch 0,021 ppm noch 20 % der Versuchstiere getötet wurden, traten bei 0,0155 ppm innerhalb von 48 Stunden keine Verluste mehr auf. Eine Flugzeug-Aktion mit Aufwandmengen von 0,22 bis 0,84 kg/ha gegen die Mittelmeerfruchtfliege (*Ceratitis capitata*) führte nach COPE u. SPRINGER (1958) zu einem ausgedehnten Fischsterben, wobei besonders die Arten *Cyprinodon variegatus*, *Fundulus confluentus*, *Gambusia holbrooki* und *Mollienesia latipinna* betroffen waren. Nach DARSIE u. CORRIDEN (1959) ist bei Anwendung von 0,56 kg/ha unbedingt mit größeren Fischverlusten zu rechnen.

BRINGMANN u. KÜHN (1960) geben für Malathion-Wirkstoff in alkoholischer Lösung die LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden mit 0,003 ppm an (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamtsäure 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wirkten 0,1 ppm in 24 Stunden auf Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GÉRAVIS) immer tödlich. Während Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) und Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.) durch 0,1 ppm geschädigt und zum Teil getötet wurden, blieben Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) und Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) unbeeinträchtigt (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Bei gleichen Versuchsbedingungen ermittelten LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) als tödliche Konzentration einer Malathion-Emulsion in 24 Stunden 0,1 mg/l und für Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 1,0 mg/l.

LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) untersuchten die Wirkung eines Malathion-Spritzmittels (Merck) auf einsömmerige Karpfen bei 17–19° C. Als LC 50 in 48 Stunden wurden 29,4 mg/l ermittelt. Bis zu 12 mg/l war dieses Präparat kaum schädlich, dagegen wirkten Konzentrationen über 32 mg/l auf alle Versuchstiere stets tödlich. Nach ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) gleichen die Erkrankungssymptome bei Malathion-Vergiftung fast völlig denen, die sie bei Parathion beobachten konnten.

Dipterex (Trichloroxyäthyl-phosphonsäure-dimethylester)

ADLUNG (1957 a, d) untersuchte die Wirkung von Dipterex in acetonger Lösung auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) und Goldfische (*Carassius carassius* f. a. *aurata*) bei 20–22° C. Wirkstoffkonzentrationen von weniger als 20 ppm wirkten nicht tödlich. Bei 1 ppm konnte nur eine leichte Steigerung der Reizbarkeit und Bewegungsaktivität festgestellt werden. Bei 5 ppm und bei 20 ppm wurden dagegen deutliche Erregungserscheinungen beobachtet: „Die Fische schwammen bei Reizung unter ruckartigen Bewegungen und mit großer Heftigkeit. Im Verlauf eines weiteren Tages konnte langsame Erholung festgestellt werden“. Bei 50 ppm trat innerhalb von 2 Stunden eine starke Dunkelfärbung der Versuchstiere auf, sie schwammen „unter zitternden, kaulquappenähnlichen Bewegungen, im fortgeschrittenen Vergiftungsstadium erst bei Reizung durch heftige Berührung. Der Kopf wird hierbei steil nach unten auf den Behälterboden zu gerichtet. Nach einigen Sekunden dieses Erregungsstadiums erstarren die Fische plötzlich und sinken mit gespreizten Flossen und Kiemendeckeln auf der Seite liegend zu

Boden. Dort nehmen sie allmählich wieder normale Schwimmlage ein, um bei der nächsten Reizung die gleichen Bewegungen vorzunehmen. Das plötzliche Erstarren nach den heftigen Schwimmbewegungen kann nach den bisherigen Beobachtungen als charakteristisch für Dipterexvergiftungen gelten“. Während bei 50 ppm die Versuchstiere nach 30–60 Stunden starben, wirkten 100 ppm innerhalb von 10–30 Stunden tödlich.

BRINGMANN u. KÜHN (1960) ermittelten für Dipterex-Wirkstoff in acetoniger Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,0004 ppm (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamtkalkalität 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach Untersuchungen von LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) wirkte 0,1 ppm in 24 Stunden auf Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GÉRAVIS) nur zum Teil, auf Wasserflöhe (*Daphnia magna*) dagegen stets tödlich (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.), Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.), Hüpferrlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) und Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) wurden durch 0,1 ppm nicht beeinträchtigt. Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 c) wirkten auf Chironomidenlarven bei gleichen Versuchsbedingungen Konzentrationen von 0,04 ppm an tödlich.

HENDERSON u. PICKERING (1957) untersuchten die Wirkung von Dipterex auf Cypriniden (*Pimephales promelas*; 1–1,5 g) bei 25° C. In 48 Stunden ermittelten sie als TL m in weichem Wasser (pH 7,4; Alkalität 18 ppm; Härte 20 ppm) 1000 ppm und in hartem Wasser (pH 8,2; Alkalität 360 ppm; Härte 400 ppm) 180 ppm. Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) wurden einsömmerige Karpfen bei 17–19° C durch 50 ppm in 48 Stunden nur leicht geschädigt und konnten sich nach Umsetzen in frisches Wasser wieder erholen. Bei 100 ppm wurden nur einige, bei 200 ppm alle Versuchstiere abgetötet. Auf Regenbogenforellensetzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) und Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) wirkten dagegen schon Konzentrationen von 1 ppm bei 18–21° C nach 24 Stunden tödlich (LÜDEMANN u. NEUMANN 1961).

Systox (Diäthyl-äthylmercapto-äthylthiophosphat)

HENDERSON u. PICKERING (1957) untersuchten die Wirkung von Systox-Emulsion auf Cypriniden (*Pimephales promelas*; 1–1,5 g) bei 25° C. Bei einer Versuchsdauer von 48 Stunden betrug die TL m in weichem Wasser (pH 7,4; Alkalität 18 ppm; Härte 20 ppm) etwa 3,8 ppm und in hartem Wasser (pH 8,2; Alkalität 360 ppm; Härte 400 ppm) ungefähr 4,2 ppm. ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957, ADLUNG 1957 c) prüften Systox in Form eines 20 %igen Emulsionsöles bei 20–22° C. Während bei 0,5 ppm die älteren Fische (*Lebistes reticulatus*) nach 8–12 Tagen starben, wurden die Jungfische schon innerhalb von 90 Minuten getötet.

BRINGMANN u. KÜHN (1960) ermittelten für Systox in alkoholischer Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,02 ppm (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamtkalkalität 2,6 ml n/10 HCl je 100 ml; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) erwies sich Systox in einer Konzentration von 0,1 ppm für Büschelmückenlarven (*Corethra plumicornis* F.), Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.), Hüpferrlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER) und Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER) in 24 Stunden als unschädlich. Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GÉRAVIS) wurden durch 0,1 ppm nur zum Teil, Wasserflöhe (*Daphnia magna*) dagegen stets abgetötet

(Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Chironomidenlarven wurden durch 1 ppm zu 80 % getötet (LÜDEMANN u. NEUMANN 1960 c).

LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) geben die LC 50 für einsömmerige Karpfen bei 17–19° C in 48 Stunden mit 15,2 ppm an. Konzentrationen bis 5 ppm waren wirkungslos. Erst Konzentrationen über 20 ppm wirkten auf alle Versuchsfische innerhalb von 2 Tagen tödlich. Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) und Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) wurden dagegen nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) bei 18–21° C durch 4 ppm nach 24 Stunden getötet.

Während sich nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) erkrankte Fische (Karpfen) in reinem Wasser rasch erholten, konnten ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) eine Wiedererholung der Versuchstiere (Guppies), wie sie es bei Parathion- und Malathion-Vergiftung beobachten konnten, nicht feststellen. Die Vergiftungssymptome sollen denen bei Parathion-Vergiftung gleichen.

Metasystox (Dimethyl-äthylmercaptosäthylthiophosphat)

ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957, ADLUNG 1957 c) untersuchten die Wirkung von Metasystox in Form eines 20 %igen Emulsionsöles bei 20–22° C. Bei einer Wirkstoffkonzentration von 5 ppm waren die Versuchstiere (*Lebistes reticulatus*) nach 24–30 Stunden schwer geschädigt und die meisten Fische starben innerhalb von 8–12 Tagen. DENZER (1959) gibt für Metasystox (Bayer) als Störungsschwelle für Regenbogenforellen (*Trutta iridea*) bei 18° C 60 mg/l an. Als Störungsschwellen für Fischnährtiere ermittelte er folgende Werte: 10 mg/l für *Epeorus assimilis*, 60 mg/l für *Brachionus angularis* und *Stentor polymorphus*, 80 mg/l für *Planaria gonocephala* und *Colpidium colpoda*.

BRINGMANN u. KÜHN (1960) ermittelten für Metasystox in alkoholischer Lösung als LD 50 für *Daphnia magna* in 48 Stunden 0,44 ppm (Wassertemperatur 16–17° C; pH 7,5; Gesamthärte 12° d. H. G.). Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 b) ist Metasystox in einer Konzentration von 0,1 ppm für Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex* O. F. MÜLLER), Hüpferlinge (*Cyclops strenuus* FISCHER), Büschelmückenlarven (*Cerethra plumicornis* F.) und Wasserasseln (*Asellus aquaticus* L.) in 24 Stunden unschädlich. Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Flohkrebse (*Carinogammarus roeselii* GÉRAVIS) dagegen wurden durch 0,1 ppm zum Teil geschädigt und getötet (Wassertemperatur 18–21° C; pH 7,2–7,8; Härte 13 DG). Bei gleichen Versuchsbedingungen konnte an Chironomidenlarven erst bei 1 ppm eine deutliche Schadwirkung festgestellt werden (LÜDEMANN u. NEUMANN 1960 c). Für Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo irideus* W. GIBB.; 12,8 cm) geben LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) als tödliche Konzentration in 24 Stunden 7,5 ppm und für Hechtsömmerlinge (*Esox lucius* L.; 10,1 cm) 4,0 ppm an.

Nach LÜDEMANN u. NEUMANN (1960 a) wurden einsömmerige Karpfen bei 17 bis 19° C durch 100 ppm in 48 Stunden nur vorübergehend geschädigt. Die letale Konzentration dürfte bei 250 ppm liegen. Erkrankte Tiere konnten sich nach Umsetzen in frisches Wasser innerhalb weniger Stunden erholen. Die Vergiftungssymptome sind nach ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) die gleichen wie bei den anderen Esterpräparaten, lediglich das vibrierende Brustflossenschlagen sei besonders stark ausgeprägt.

Weitere organische Phosphorverbindungen

Über die toxische Wirkung von TEPP (Tetraäthyl-pyrophosphat) auf Fische liegen Berichte von BROWN (1951) und von SPRINGER u. HAUGEN (1953) vor. Nach LINDUSKA u. SURBER (1948) ist TEPP für Fische etwa gleich toxisch wie DDT. HENDERSON u. PICKERING (1957) untersuchten die Wirkung von technischem TEPP (40 % TEPP, 60 % andere P-Verbindungen) auf Cypriniden (*Pimephales promelas*; 1–1,5 g) bei 25° C. Bei einer Versuchsdauer von 48 Stunden ermittelten sie in weichem Wasser (pH 7,4; Alkalität 18 ppm; Härte 20 ppm) als TL m 1,7 mg/l und in hartem Wasser (pH 8,2; Alkalität 360 ppm; Härte 400 ppm) 1 mg/l. Für Sonnenbarsche (*Lepomis macrochirus*; 1,5 g) beträgt die TL m in weichem Wasser 0,84 mg/l und in hartem Wasser 0,79 mg/l.

Für Para-oxon (Diäthyl-p-nitrophenylphosphat) in acetoniger Lösung geben HENDERSON u. PICKERING (1957) als TL m in 48 Stunden für *Pimephales promelas* 0,37 ppm in weichem Wasser und 0,28 ppm in hartem Wasser an. Für ein 25 %iges EPN-Spritzpulver (o-Äthyl-p-nitrophenyl-benzothiophosphonat) wurden als TL m in weichem Wasser 1,5 mg/l und in hartem Wasser 1,05 mg/l ermittelt. Als sehr viel weniger toxisch erwies sich OMPA (70 % Octamethyltetraamidopyrophosphat, 20 % andere P-Verbindungen): TL m in weichem Wasser 1600 mg/l und in hartem Wasser über 1800 mg/l.

WUHRMANN u. WOKER (1959) testeten Phosphamidon (2-Chlor-2-diäthylcarbamoyl-1-methylvinyl-dimethylphosphat) unter folgenden Versuchsbedingungen: Wassertemperatur 15° C; Sauerstoffgehalt 9,4 mg O/l (100 % Sättigung); pH 7,5–7,7; Karb.-Härte 16–17 μH° . Bei 100 ppm konnten sie an Elritzen (*Phoxinus laevis* L.) in 24 Stunden keine Wirkung erkennen. Bei 500 ppm zeigte sich „Teilwirkung“ und bei 1000 ppm wurden alle Versuchstiere abgetötet.

In dankenswerter Weise hat Herr Dr. NÜMANN (Institut für Seenforschung und Seenbewirtschaftung, Langenargen am Bodensee) noch unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse von Herrn Dr. WACHEK über die toxische Wirkung von Gushathion auf Regenbogenforellen mitgeteilt, wonach in Aquarierversuchen als letale Grenzkonzentration in 168 Stunden 0,05 ppm ermittelt wurden.

d) Insektizide aus pflanzlichen Rohstoffen

Nikotin

Nikotin ist nach BINET u. ZAMFIR (1931) in einer Konzentration von 3 ppm für Fische sehr giftig. MACHT u. CRAIG (1931/32) stellten fest, daß bei gleicher Konzentration das reine Alkaloid Fische (*Carassius auratus*, *Gambusia*) wesentlich schneller tötet als Nikotinsalze (Nikotinsulfat). GERSDORFF (1933) berichtet, daß Goldfische (4 cm) in Nikotin-Lösungen von 27° C bei 20 ppm nach durchschnittlich 20 Minuten und bei 10 ppm nach 83 Minuten eingingen; 7 ppm dagegen überlebten bei einer Einwirkungszeit von 52 Stunden 45 % der Versuchsfische. RICHARDSON u. SHEPARD (1930) und ELLISOR u. RICHARDSON (1938) konnten bei ihren Versuchen eine Abhängigkeit der Nikotinwirkung vom pH-Wert der Lösung feststellen. Goldfische gingen in einer 0,002 m-Nikotinlösung bei pH 2,6 nach durchschnittlich 20 Minuten zugrunde, bei pH 8,7 dagegen starben sie bereits nach 70–147 Sekunden.

Erwähnt seien vor allem auch die Untersuchungen von SCHUSTER-WOLDAN (1938 a, b, c, 1940) über die Wirkung des Nikotins auf Guppies (*Lebistes reticulatus*). Lösungen von 10 ppm wirkten rasch tödlich, in Konzentrationen von 1 ppm und weniger wurden die Fische bei mehrtägiger Versuchsdauer dagegen nicht geschädigt. GAUSE u. SMARAGDOVA (1938) untersuchten die Wirkung beider Stereoisomere des Nikotins auf Fische (*Lebistes reticulatus*, *Leuciscus idus* var. *orfus*). Bei letztgenannter Art wurde bei Verwendung von l-Nikotin eine 0,0022 %ige, bei Verwendung von d-Nikotin dagegen eine 0,0064 %ige Lösung benötigt, um tödliche Wirkung zu erzielen. SPEYER (1948) untersuchte die Wirkung zweier Spritzmittel (L und V) mit gleichem Nikotingehalt (30 %) auf Seeforellen (3,5 cm) bei 10–12° C. Bei 1000 mg/l waren nach 15 Minuten alle Tiere tot, bei 100 mg/l nach spätestens 30 Minuten. Während in der L-Brühe bei 10 mg/l die Tiere noch schwer erkrankten und am zweiten Tage 8 von 10 Versuchstieren eingingen, erkrankten in der V-Brühe die Fische nur leicht und vorübergehend. In Konzentrationen von 1 mg/l waren beide Mittel völlig wirkungslos. WIRT (1949) gibt für Forellenbrut bei einer Versuchsdauer von 48 Stunden die „eben erkennbare Wirkung“ mit 0,0001 ppm und die „eben tödliche Wirkung“ mit 1 ppm an.

SKRAMLIK (1948/49) verwandte bei seinen Versuchen reinstes Nikotin Merck, bestehend aus gleichen Anteilen der beiden Stereoisomeren des Nikotins. Eine Gruppierung seiner Versuchstiere nach der Empfindlichkeit ergibt folgende Reihenfolge: Fische, Krebse, Süßwasserwürmer, Meereswürmer, Manteltiere, Kaulquappen, Hohltiere, Insektenlarven. Während Fische in einer 0,00002 m-Nikotinlösung (pH 7,8) nach 10 Minuten schwerstens geschädigt wurden, waren Insektenlarven (*Stratiomys chamaeleon*, *Libellula depressa* L.) in einer 0,62 m-Nikotinlösung (pH 7,3) nach 30 Minuten noch nicht geschädigt. Als Vergiftungsgrenze für verschiedene Fischarten hat SKRAMLIK die in Tab. 9 zusammengestellten Werte ermittelt:

Tabelle 9
Vergiftungsgrenze des Nikotins bei verschiedenen Fischarten

Fischart	Vergiftungsgrenze	
	m - Nikotinlösung (18 °C; pH 7,8)	(= Verdünnungs- grad)
<i>Lepadogaster rafinesqui</i> Costa (6,5 cm)	0,000 24	1: 26 100
<i>Cristiceps argentatus</i> Risso (6,5 — 7 cm)	0,000 12	1: 52 200
<i>Sargus vulgaris</i> Geoff. (1,5 cm)	0,000 06	1: 104 400
<i>Gobius minutus</i> L. (1 — 3,5 cm)	0,000 02	1: 313 200

Bei Vergiftung von Fischen durch Nikotin wurden Taumelbewegungen, Gleichgewichtsstörungen und schließlich Gleichgewichtsverlust beobachtet (SPEYER 1948).

Pyrethrum

Nach Untersuchungen von CHEVALIER (1930) wirkte Pyrethrum in einer Konzentration von 0,33 ppm auf Fische in 3–4 Stunden tödlich; bei 10–20 ppm wurden sie schon nach 15–20 Minuten abgetötet. KEMPER (1933 a, b) verwandte

bei seinen Untersuchungen das Dalmatinische Pyrethrumpulver „Pereat“ (Riedelde Haën) mit einem Gehalt von 0,8 % der wirksamen wasserlöslichen Pyrethrine. Aufschwemmungen von 10 mg/l wirkten auf erwachsene Steinbeißer (*Cobitis fossilis*) nach spätestens 21 Stunden und auf Karauschen (*Carassius vulgaris*; 10–12 g) nach spätestens 38 Stunden tödlich; bei 5 mg/l traten nach wenigen Stunden Krämpfe auf, doch nach etwa 20 Stunden zeigten alle Versuchstiere wieder normales Verhalten. Auch bei Aalen (*Anguilla vulgaris*; 300–500 g) und Stichlingen (*Gasterosteus aculeatus*) traten bei 5 mg/l nur vorübergehend Krämpfe auf; bei 10 mg/l starb ein Teil der Tiere nach 9–25 Stunden, höhere Konzentrationen jedoch wirkten auf alle Tiere unbedingt tödlich. Schleien (*Tinca vulgaris*) wurden durch 5 mg/l nur vorübergehend geschädigt; bei 10 mg/l starb nur ein Teil der Tiere nach 10–24 Stunden und bei 20 mg/l wurden alle Fische nach spätestens 18 Stunden abgetötet. Elritzen (*Phoxinus laevis*; 10–12 cm) zeigten bei 5 mg/l ein völlig normales Verhalten, bei 10 mg/l starben sie nach 17 Stunden und bei 20 mg/l nach spätestens 9 Stunden. Guppies (*Lebistes guppy*) wurden bei 10 mg/l nicht beeinträchtigt, bei 15 mg/l traten vorübergehend Gleichgewichtsstörungen und Krämpfe auf, bei 20 mg/l starben alle Fische nach 31–45 Stunden. Bei Zwergwelsen (*Ameiurus nebulosus*; 2–4 g) und Bitterlingen (*Rhodeus amarus*; 4–5 g) traten in Aufschwemmungen von 20 mg/l zum Teil Lähmungserscheinungen auf, nach 2–4 Tagen war ihr Verhalten aber wieder völlig normal; höhere Konzentrationen wirkten auf beide Arten unbedingt tödlich. Plötzen (*Leuciscus rutilus*; 200 g) wurden bei 10 mg/l nicht geschädigt, bei höheren Konzentrationen traten aber die üblichen Vergiftungserscheinungen auf, aber erst 50 mg/l wirkten tödlich. Hundsfische (*Umbra krameri*; 3–4 g) zeigten bei 20 mg/l ein völlig normales Verhalten; erst in Aufschwemmungen von 60 mg/l starben sie nach 24–27 Stunden. Am unempfindlichsten gegen Pyrethrum erwiesen sich Karpfen (10 cm). Bei 300 mg/l traten vorübergehend Gleichgewichtsstörungen und Lähmungen auf. Bei 400 mg/l starben sie nach 18 Stunden.

Nach Untersuchungen von BANDT (1933) beginnt die Giftwirkung von Pyrethrum für Karpfen schon bei 2 mg/l; 10 mg/l wirken tödlich. Nach GAUDIN (1935) starben Teleostier (*Callionymus lyra*, *Cottus bubalis*, *Labrus bergilta*) und Selachier (*Raja punctata*, *Raja clavata*) in einer Pyrethrin-Emulsion von 1 : 5 000 000 nach spätestens 2 Stunden. HOESTLAND (1951) untersuchte die Wirkung von Pyrethrumextrakten (Pyrethrinen) auf 1–2 Jahre alte Rotfedern (*Scardinius erythrophthalmus*) bei 15° C. Während bei mehrtägiger Versuchsdauer in Wirkstoffkonzentrationen von 0,2 ppm nur ein Teil der Versuchstiere starb, wirkte 1 ppm zu 100 % tödlich.

Nach BANDT (1939) beginnt die Giftwirkung der pyrethrumhaltigen Bestäubungsmittel „Dusturan“ und „Hestha“ für Karpfen und Schleien bei 15 bzw. 20 mg/l. Nach SPEYER (1948) wirkten 1000 mg/l eines Pyrethrumspritzmittels (Pyrethringehalt 0,9 %) auf Seeforellen (3,5 cm) in einer knappen Stunde tödlich. 100 mg/l des Spritzmittels töteten die Fische nach spätestens 21 Stunden. Bei 1 mg/l konnte an den Versuchstieren nach 2 Tagen außer einer auffallenden Dunkelfärbung keine ernstere Schädigung festgestellt werden. ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH (1957) untersuchten die Wirkung von Pyrethrum in Form eines 5 %igen Emulsionsöles bei 20–22° C. Bei einer Wirkstoffkonzentration von 1 ppm starben innerhalb von 90 Minuten alle Versuchstiere (*Lebistes reticulatus*). Auch bei 0,025 ppm wurden die Fische noch schwer ge-

schädigt und starben nach spätestens 45 Stunden; erst bei 0,01 ppm wurden die Fische nicht mehr beeinträchtigt.

KRÜGER (1931) gibt für Mückenlarven (*Corethra plumicornis*) als Grenzkonzentration, bei welcher mit Sicherheit bereits nach wenigen Minuten Krämpfe einsetzen, 1 mg/l Pyrethrum an, was einer Wirkstoffkonzentration von höchstens 0,005 ppm entspricht. Nach BUCHMANN (1932) töten 2,5 mg/l Chironomidenlarven nach spätestens 30 Stunden. Nach KEMPER (1933 a, b) führten 1 mg/l Pyrethrum-pulver (Pyrethringehalt 0,8 %) bei Flohkrebse (*Gammarus pulex*) innerhalb von 20–48 Stunden zum Tode; 2 mg/l wirkten nach spätestens 2 Stunden tödlich. Wasserflöhe (*Daphnia pulex* und andere Arten) starben bei 5 mg/l nach 20 bis 48 Stunden. Die mit Sicherheit zum Tode führende Dosis wird für Fliegenlarven (Ephemeriden, Culiciden, Trichopteren) mit 1 mg/l, für Cyclopiden mit 150 mg/l und für Schlammröhrenwürmer mit 100–200 mg/l angegeben. Für Paramaecien, Colpidien und Vorticelliden waren selbst Mengen von 1000–2000 mg/l unschädlich.

Bei Vergiftung durch Pyrethrum wurden als Erkrankungssymptome bei Fischen Unruhe, Taumelbewegungen, Gleichgewichtsstörungen, Krämpfe und Lähmungserscheinungen beobachtet (KEMPER 1933 a, b, BANDT 1933, ADLUNG, BODENSTEIN, MÜLLER-BASTGEN u. KAUTH 1957).

Derris (Rotenon)

Nach DANEEL (1933 a, b) beginnt die Giftwirkung des Rotenons für Stichlinge (*Gasterosteus pungitius* L.; 0,5–0,7 g) bei einer Wassertemperatur von 20° C bereits bei 0,01 ppm. Bei 0,1 ppm starben die Fische schon nach 23 Minuten und bei 1 ppm nach 12½ Minuten. 10 ppm verursachten bei Stichlingen bereits nach 10 Minuten Bewegungslosigkeit, bei Karauschen (*Carassius vulgaris* NILSS.; 1,2–1,7 g) dagegen erst nach 1½–2½ Stunden und bei Mückenlarven im allgemeinen erst nach 7 Stunden. *Aeschna*- und *Corethra*-Larven wurden durch 10 ppm in 24 Stunden nicht beeinträchtigt. Auch für Goldfische (1,6–2,4 g) beginnt nach Untersuchungen von GERSDORFF (1930, 1931) bei 27° C die Giftwirkung des Rotenons wenig oberhalb 0,01 ppm. Bei 0,1 ppm starben die Fische nach durchschnittlich 95 Minuten, bei 1 ppm schon nach 49 Minuten. Nach GERSDORFF u. SMITH (1940) wurden Goldfische durch 0,02 ppm in 8 Stunden noch zu 18 % abgetötet. Guppies (*Lebistes reticulatus*; 2 cm) wurden nach PAGAN (1948) durch 0,05 ppm in 6 Stunden zu etwa 45 %, durch 0,04 ppm zu etwa 30 % und durch 0,03 ppm zu etwa 15 % abgetötet.

Nach Untersuchungen von SCHEURING u. HEUSCHMANN (1935), LEONARD (1938), SCHAUT (1939) und STEINMANN (1940) wirken Rotenonkonzentrationen von 0,01–0,05 ppm in 24 Stunden auf die meisten Fischarten tödlich. Nach SMITH (1939) wurden einjährige Bachsaiblinge durch 0,2 mg/l Derrispulver (= 0,01 ppm) bei 20° C in durchschnittlich 65 Minuten getötet. Diese hohe Giftigkeit rotenonhaltiger Präparate für Fische wird auch durch Freiland-Untersuchungen von GREENBANK (1940), PRICE u. CALSETTA (1957) und MINCKLEY (1957) bestätigt. SPEYER (1948) prüfte ein Derris-Spritzmittel mit einem Wirkstoffgehalt von 1 % Rotenon und 5 % Derrisgesamtextrakt bei 10–12° C. Seeforellen (3,5 cm) wurden durch 1000 mg/l in 45 Minuten und durch 10 mg/l in 2½ Stunden getötet. Bei 0,1 mg/l waren nach 4 Tagen von 10 eingesetzten Tieren nur noch 2 Schwerkranke am Leben. MOORMAN u. RUHR (1951) geben als tödliche Dosis für

Zwergwelse (*Ameiurus melas*) 0,5 ppm und für Sonnenbarsche (*Lepomis humilis*, *Lepomis cyanellus*) 0,25 ppm an. Während auf Sonnenbarsche 0,1 ppm zum Teil noch tödlich wirkte, wurden Zwergwelse bei dieser Konzentration nicht mehr geschädigt.

Nach ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN (1957, ADLUNG 1957 c) wirken Rotenonkonzentrationen von 0,5 ppm bei 20–22°C auf junge Guppies (*Lebistes reticulatus*) in 30 Minuten und auf ältere Tiere in 3 Stunden tödlich. Bei 0,05 ppm starben bei einer Versuchsdauer von 16 Stunden nur die Jungfische. YOSHIHARA u. FUJIOKA (1957) geben für Rotenon als LD 50 für Karpfen (*Cyprinus carpio* L.; 4,5–6 g) bei 9–10°C in 12 Stunden 0,3396 ppm an. Weitere Untersuchungen über die toxische Wirkung von Rotenon wurden durchgeführt von SIEGLER u. PILLSBURY (1946), PRÉVOST, LANOUEITE u. GRENIER (1948) und SURBER u. BARTSCH (1952). Über die Verwendung von Derris (Rotenon) zur Beseitigung unerwünschter Fischpopulationen berichten BARROWS (1939), HAMILTON (1941), BONHAM (1946), KRUMHOLZ (1948), SOLMAN (1950), WEIER u. STARR (1950), CLOTHIER u. BOUSSU (1954) und BURDICK, DEAN u. HARRIS (1955).

Nach HOOPER (1948) und SMITH (1939, 1940, 1950) sind Rotenonkonzentrationen von 0,025 ppm für die meisten wirbellosen Wassertiere nicht toxisch. Flohkrebse, Uferfliegen-, Köcherfliegen- und Libellenlarven wurden nach LEONARD (1938) selbst durch 1000 mg/l Derrispulver, was einer Rotenonkonzentration von 50 ppm entspricht, innerhalb von 4 Tagen nicht geschädigt. Auf Chironomidenlarven wirken nach BUCHMANN (1932) und FELTON (1940) Konzentrationen von mehr als 5 mg/l Derrispulver innerhalb von 24 Stunden tödlich. Nach BROWN u. BALL (1942) werden Chironomidenlarven bereits durch 2 mg/l und nach CUSHING u. OLIVE (1957) durch 1 mg/l Derrispulver zum größten Teil abgetötet.

Als Erkrankungssymptome bei Vergiftung von Fischen durch Rotenon wurden Schüttel- und Taumelbewegungen, Lähmungserscheinungen und vor allem Atemschwerden beobachtet (DANEEL 1933 a, b, SCHEURING u. HAUSCHMANN 1935, SPEYER 1948, ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN 1957).

3. Herbizide

Chlorate (Natrium- oder Kaliumchlorat)

SCHEURING u. HAUG (1933) untersuchten die toxische Wirkung von Natriumchlorat auf Fische und Fischnährtiere bei einer Wassertemperatur von 11–15°C. In 0,5 ‰igen Lösungen (pH 7,78) wurden Bach- und Regenbogenforellen in 10 Stunden, die übrigen Fischarten (Karpfen, Bartgrundeln, Zander, Schleien, Elritzen, Rotfedern) in 24 Stunden nicht geschädigt. Auch in 2 ‰igen Lösungen (pH 7,99) wiesen Forellen, Karpfen, Elritzen, Schleien und Rotfedern nach 6–10 Stunden keinerlei Schädigungen auf. Zander und Bartgrundeln dagegen ertrugen diese hohe Konzentration nicht; sie waren nach 6 Stunden krank und nach weiteren 2 Stunden tot. Unter den Fischnährtieren zeigten sich Köcherfliegenlarven (*Anabolia*, *Halesus*, *Phryganea*) am widerstandsfähigsten; sie wurden in 2 ‰igen Lösungen innerhalb von 10 Stunden nicht geschädigt. Zuckmückenlarven (*Simulium*) und Eintagsfliegenlarven (*Baëtis*) wurden in 1 ‰igen Lösungen (pH 7,88) in 10 Stunden nicht geschädigt, in 2 ‰igen Lösungen starben sie jedoch nach spätestens 5 bzw. 8 Stunden. Hüpfertlinge (*Cyclops strenuus*) wurden

durch 2 ‰ige Lösungen innerhalb einer Stunde getötet, in 1 ‰igen wurden sie innerhalb von 24 Stunden nicht geschädigt. Auf Wasserflöhe (*Daphnia magna*) wirkten 2 ‰ige Lösungen innerhalb einer Stunde, 1 ‰ige nach 5–6 Stunden tödlich. Flohkrebse (*Gammarus pulex*) starben in 2 ‰igen Lösungen nach 3 bis 6 Stunden, in 1 ‰igen nach 8 Stunden. In 0,5 ‰igen Lösungen wiesen sowohl Flohkrebse als auch Wasserflöhe nach 10 bzw. 24 Stunden keinerlei Schädigungen auf. Nach ANDERSON (1946) liegt die LD 50 für Wasserflöhe (*Daphnia magna*) in 48 Stunden bei 4240 ppm.

BANDT (1957 a) gibt für das Präparat Agrosan (Bitterfeld) den Schwellenwert der Giftwirkung für Barsche mit etwa 11 000 mg/l und den für Plötzen mit etwa 13 000 mg/l an. DENZER (1959) untersuchte die Wirkung von Hedit (Hoechst) bei 18° C und ermittelte als Störungswelle für Regenbogenforellen (*Trutta iridea*) eine Konzentration von 4 000 mg/l. Die für Fischnährtiere ermittelten Werte liegen mit Ausnahme von *Epeorus assimilis* (3000 mg/l) noch höher, nämlich für *Planaria gonocephala* bei 7000 mg/l, für *Brachionus angularis* und *Stentor polymorphus* bei 8000 mg/l und für *Colpidium colpoda* bei 10 000 mg/l. Als Vergiftungssymptome wurden bei *Trutta* starke Erregung, Taumeln und schließlich Seitenlage festgestellt. Bei *Colpidium* und *Stentor* wurden als Erkrankungssymptome Einstellung der Flimmertätigkeit, bei *Epeorus*, *Brachionus* und *Planaria* unkoordinierte Bewegungen mit anschließender Lähmung beobachtet.

TCA (Trichloracetat)

NIETZKE (1954) untersuchte die toxische Wirkung von NaTA-Lösungen auf Jungkarpfen (3–4 cm). Während bei 1000 mg/l keine Schädigung festzustellen war, wurden bei 100 000 mg/l alle Versuchsfische innerhalb von 13 Minuten getötet. Bei 10 000 mg/l waren nach 16 Stunden zwar 3 Karpfen tot, aber die übrigen 7 Versuchstiere wurden überhaupt nicht geschädigt. MANN (1955) und WELTE (1956) geben für NaTA-Lösungen als Schädlichkeitsgrenze für Fische 10 000 mg/l an. Auf Fischnährtiere (Tubificiden, Gammariden, Ephemeriden, Daphnien) sollen erst Konzentrationen von 10 000–15 000 mg/l tödlich wirken. BANDT (1957 a) gibt den Schwellenwert der Giftwirkung für NaTA (Hoechst) mit etwa 10 000 mg/l für Barsche und mit etwa 11 000 mg/l für Plötzen an. Als Schwellenwert für das Versuchspräparat W 6528 (Wolfen) ermittelte BANDT (1959) 10 500 mg/l für Barsche und 12 000 mg/l für Plötzen. Als Vergiftungssymptome bei durch TCA geschädigten Fischen konnte NIETZKE (1954) insbesondere Atembeschwerden infolge Verätzung von Kiemen und Körperschleimhaut beobachten.

Nach NIETZKE (1954), MANN (1955), DORFNER (1957) und WUNDER (1956, 1957) hat sich NaTA bei der Bekämpfung unerwünschter Teichpflanzen (*Carex*, *Phragmites*) besonders auf vorübergehend trocken gelegten Teichböden bestens bewährt; unerwünschte Nebenwirkungen auf Fische oder Fischnährtiere konnten nicht beobachtet werden.

CMU (3-(4-Chlorphenyl)-1,1-dimethyl-harnstoff)

BANDT (1959) gibt für das Präparat Cela-W (Cela) den Schwellenwert der Giftwirkung für Barsche mit 30 mg/l und für Plötzen mit 80 mg/l an. Nach EDSON (1958) beträgt der Sicherheitsgrenzwert von CMU für Fische 20 ppm. Diesem Wert entsprechen auch die von RUDD u. GENELLY (1956) aufgeführten

Untersuchungsergebnisse. Auch BODENSTEIN u. MÜLLER-BASTGEN (1960) konnten an Guppies (*Lebistes reticulatus*) bei Wirkstoffkonzentrationen bis zu 20 ppm keine Schädigung feststellen. Bei 30 ppm gingen die Jungfische ein, die Alttiere dagegen waren nach 7 Tagen Dauerkontakt nicht geschädigt. Die LD 50 liegt zwischen 30 und 40 ppm. Bei einer Versuchsdauer von 20 Tagen wirkten 50 ppm auf alle Fische tödlich. Bei niedrigen Konzentrationen starben sie ohne besondere Vergiftungssymptome zu entwickeln. Bei höheren Konzentrationen wurde zunächst abwechselnd ruhiges „dösendes“ Dastehen mit stoßweisem Vorwärtsschwimmen beobachtet. Nach völligem Verlust des Gleichgewichts standen die Fische „oft senkrecht mit dem Kopf nach oben oder unten im Wasser“. Auffallend war, daß sich vor allem die Männchen fast schwarz verfärbten.

Simazin (2-Chlor-4,6-bis-äthyl-amino-s-triazin)

BANDT (1959) gibt für das Präparat Geigy A306 (Geigy) den Schwellenwert der Giftwirkung mit 2000 mg/l für Plötzen und mit 3000 mg/l für Barsche an. Untersuchungen mit dem Präparat Unkrautvertilger Geigy (Geigy) ergaben sowohl für Barsche als auch für Plötzen einen Schwellenwert von 90 mg/l. ALABASTER (1960) untersuchte die Wirkung eines 50 %igen Simazin-Präparates auf Regenbogenforellen (*Salmo gairdnerii*; 3–12 Monate alt) bei 18° C Wassertemperatur. Als TL m ermittelte er 95 mg/l in 24 Stunden und 85 mg/l in 48 Stunden. Nach NEURURER u. SLANINA (1960) wurden Elritzen (*Phoxinus laevis*; 5 cm) und Flohkrebse (*Gammarus pulex*) bei 18° C durch 1000 mg/l Simazin 50 (Geigy) in 7 Tagen nicht beeinträchtigt; 2500 mg/l schädigten sowohl *Phoxinus* als auch *Gammarus*.

Dalapon (2,2-Dichlorpropionsäure)

EDSON (1958) gibt den Sicherheitsgrenzwert von Dalapon für Fische mit 1000 ppm an. Nach anderen Angaben wurden Fische (Lake Emerald Shiner) selbst bei 3000 ppm innerhalb von 3 Tagen nicht geschädigt; 5000 ppm jedoch wirkten zu 100 % tödlich (ANONYM 1953). Nach BANDT (1959) liegt der Schwellenwert der Giftwirkung des Präparates Dalapon (Leuna), welches jetzt Omnidel-Spezial genannt wird, sowohl für Barsche als auch für Plötzen bei über 10 000 mg/l. ALABASTER (1960) untersuchte die Wirkung eines 85 %igen Dalapon-Präparates auf Bachforellen (*Salmo trutta*; 3–12 Monate alt) bei 18° C und ermittelte als TL m 340 mg/l in 24 Stunden und 210 mg/l in 48 Stunden. BODENSTEIN u. MÜLLER-BASTGEN (1960) konnten bei Wirkstoffkonzentrationen bis zu 500 ppm keinerlei Beeinträchtigung der Versuchstiere (*Lebistes reticulatus*) feststellen. Erst bei 1000 ppm zeigten sich deutliche Vergiftungssymptome mit einer Todesrate von etwa 50 %. Als Erkrankungssymptome wurden bei niedrigen Konzentrationen sehr ruhiges, gehemmtes Verhalten, bei höheren Konzentrationen ein „Wechsel von Excitationszuständen mit unkoordinierten Bewegungen mit Koma-ähnlichem ruhigem Liegen“ und bei Männchen eine starke Dunkelfärbung aller mit Eumelaninen pigmentierten Körperstellen beobachtet.

DNOC (Dinitro-o-kresol), S. II schon unter „Gelbspritzmittel“ behandelt

DENZER (1959) untersuchte die toxische Wirkung von Raphatox (Schering) bei 18° C und ermittelte für Regenbogenforellen und einige Fischnährtiere folgende Störungsschwellen: 3 mg/l für *Trutta iridea*, 0,1 mg/l für *Epeorus assimilis*,

1 mg/l für *Brachionus angularis*, 3 mg/l für *Stentor polymorphus*, 4 mg/l für *Planaria gonocephala* und 5 mg/l für *Colpidium colpoda*. Als Vergiftungssymptome wurden bei Regenbogenforellen Erstickungserscheinungen, Schnappatmung und schließlich Rückenlage beobachtet.

2,4-D (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure)

Untersuchungen über die toxische Wirkung von 2,4-D auf Fische und Fischnährtiere wurden durchgeführt von KING u. PENFOUND (1946 a), SURBER, MINARIK u. ENNIS (1947), BAUMANN (1947), SURBER (1947, 1949, 1950), GERKING (1948), ANONYM (1950), HANSON (1952), MCKEE (1952) und COTTAM (1954). HARRISON u. REES (1946) untersuchten die Wirkung von 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure auf Sonnenbarsche (*Eupomotis gibbosus*; 5 g), Zwergwelse (*Ameiurus nebulosus*; 85 g) und kleine Cypriniden (*Pimephales promelas*; 1,5 g) bei einer Versuchsdauer von 7 Tagen und bei einer Wassertemperatur von 20–25° C. Als LD 50 wurden für Zwergwelse 2000 ppm, für Sonnenbarsche 1000 ppm und für die Cypriniden annähernd 2000 ppm ermittelt. Die Sicherheitsgrenze unterhalb derer keine Vergiftungsgefahr mehr bestehen soll, wird für die Cypriniden mit 1500 ppm, für die Sonnenbarsche und Zwergwelse mit 500 ppm angegeben. Nach MARINI (1952) liegt für Karpfen (8–10 cm) die Grenze der tödlichen Dosis bei 130 ppm. Nach NIETZKE (1952/53) ist bei Verwendung von 2,4-D-Präparaten an Teichrändern für einsömmerige und ältere Fische (Karpfen, Hechte, Schleien) kein Schaden zu befürchten. Auch nach MARTIN (1953) und TIMMERMANS (1955) sind 2,4-D-Mittel in vorgeschriebener Aufwandmenge für Fische ungefährlich. HALSBAND, E. u. I. (1954 a, b) geben für Dikofag-Streukonzentrat (Anorgana) mit 20 % 2,4-D-Natrium die Erträglichkeitsgrenze für Regenbogenforellen (*Trutta iridea*) mit 40 mg/l an, was einer Wirkstoffkonzentration von 8 ppm entspricht. Für die Fischnährtiere *Tubifex tubifex* wurden als Erträglichkeitsgrenze 1250 mg/l (= 250 ppm) und für Sialis-Larven (*Sialis fluviaterra*) 600 mg/l (= 120 ppm) ermittelt. MAETZEL (1955) gibt für Dikofag-Na (Anorgana) mit einem Wirkstoffanteil von 99–100 % die Erträglichkeitsgrenze für einsömmerige Regenbogenforellen mit 5 mg/l und für Tubificiden mit 80 mg/l an; bei 10 mg/l starben die Forellen innerhalb von 8–10 Stunden. Für das Präparat Dikofag-flüssig (Anorgana), das als Wirkstoff die 2,4-D-Säure zu 60 % in Form eines Esters enthält, werden als Erträglichkeitsgrenze für Regenbogenforellen 4 mg/l (= 2,4 ppm) und für Tubificiden 20 mg/l (= 12 ppm) angegeben; in Konzentrationen von 8 mg/l (= 4,8 ppm) starben die Forellen nach 2 Tagen, in solchen von 12 mg/l (= 7,2 ppm) verloren sie bereits nach wenigen Minuten das Gleichgewicht und gingen kurze Zeit später ein.

BANDT (1957 a) ermittelte für Spritz-Hormit (Bitterfeld) den Schwellenwert der Giftwirkung für Barsche und Plötzen mit 75 mg/l. DENZER (1959) gibt für Hedonal-flüssig (Bayer) bei 18° C als Störungsschwelle für Regenbogenforellen 300 mg/l an. Für Fischnährtiere ermittelte er folgende Werte: 200 mg/l für *Epeorus assimilis*, 300 mg/l für *Brachionus angularis*, 400 mg/l für *Colpidium colpoda*, 350 mg/l für *Planaria gonocephala* und *Stentor polymorphus*. Für U 46 Fluid (BASF) mit einem Wirkstoffanteil von etwa 55 % 2,4-D-Dimethylaminsalz gibt er als Störungsschwelle folgende Konzentrationen an: 80 mg/l für *Trutta iridea*, 50 mg/l für *Epeorus assimilis*, 60 mg/l für *Stentor polymorphus*, 80 mg/l für *Planaria gonocephala*, 100 mg/l für *Colpidium colpoda* und *Brachionus angularis*. Für U 46 Pulver (BASF) mit einem Wirkstoffanteil von etwa 96 bis

98 % 2,4-D-Natriumsalz ermittelte er als Störungsschwelle für Regenbogenforellen 10 mg/l und für Fischnährtiere die folgenden Werte: 1 mg/l für *Epeorus assimilis*, 10 mg/l für *Stentor polymorphus*, 15 mg/l für *Planaria gonocephala*, 20 mg/l für *Brachionus angularis* und 30 mg/l für *Colpidium colpoda*. ALABASTER (1960) untersuchte die Wirkung eines 50 %igen 2,4-D-Präparates auf Regenbogenforellen (*Salmo gairdnerii*; 3–12 Monate alt) bei 18° C und ermittelte als TL m in 24 Stunden 125 ppm und in 48 Stunden 105 ppm.

Als Erkrankungssymptome wurden bei Fischen bei Vergiftung durch 2,4-D Unruhe, Taumeln, Gleichgewichtsstörungen und Lähmungserscheinungen beobachtet (HALSBAND, E. u. I. 1954 a und b, DENZER 1959). MAETZEL (1955) beschreibt den Vergiftungsablauf an Regenbogenforellen bei Vergiftung durch Dikofag-Na wie folgt: „Die erste Einwirkung des Giftes zeigte sich in einem Zittern, das über den ganzen Körper verlief und bald von unregelmäßigen Zuckungen übertönt wurde. Die Schwimmbewegungen waren vorerst noch normal, die Atmung nach Frequenz und Volumen gleichmäßig und regelmäßig. Die Fische reagierten auf Berührungen und Erschütterungen normal. Mit Fortdauer der Versuche machten sich Gleichgewichtsstörungen bemerkbar, die bald zur Seitenlage führten. Die Zuckungen dauerten an, die Schwimmbewegungen wurden zunehmend ruhiger und schwächer, während die Atmung normal weiter verlief. Mit Aufhören der Schwimmbewegungen trat eine Lähmung der hinteren Flossen ein. Das Zittern dauerte in gleicher Heftigkeit wie anfangs an. Die Atemfrequenz wurde unregelmäßig und das Atemvolumen geringer. Die Atembewegungen im ganzen wurden ‚eckig‘. Das Tier reagierte auf Berührungen nicht mehr, während es auf Erschütterungen noch sehr empfindlich war. Gegenüber Lichtreizen wurde keine Reaktion mehr festgestellt. Dieser letzte Zustand hielt meistens längere Zeit an und wurde durch den Tod beendet, ohne daß neue Merkmale hinzukamen.“

2, 4, 5 - T (2, 4, 5 - Trichlorphenoxyessigsäure)

BANDT (1959) gibt für das Präparat TD 13 (Bitterfeld) als Schwellenwert der Giftwirkung für Barsehe 55 mg/l und für Plötzen 60 mg/l an. ALABASTER (1960) untersuchte die Wirkung einer 50 %igen 2,4,5-T-Emulsion auf Regenbogenforellen (*Salmo gairdnerii*; 3–12 Monate alt) bei 18° C und ermittelte als TL m in 24 Stunden 12 mg/l und in 48 Stunden 9,5 mg/l. NEURURER u. SLANINA (1960) geben für Tormona 80 bei 18° C in 7 Tagen als verträgliche Konzentration für Elritzen (*Phoxinus laevis*; 5 cm) 1 mg/l, für Wasserflöhe (*Daphnia pulex*) 2 mg/l und für Flohkrebse (*Gammarus pulex*) 4 mg/l an. BODENSTEIN u. MÜLLER-BASTGEN (1960) prüften 2,4,5-T-Ester in Form eines 80 %igen Emulsionskonzentrates. Wirkstoffkonzentrationen von 1,6 und 2,4 ppm ertrugen die Versuchstiere (*Lebistes reticulatus*) 14 Tage lang ohne Beeinträchtigung. Die LD 50 lag bei 8 ppm. Bei 15 ppm gingen alle Versuchstiere nach spätestens 24 Stunden ein. Bei niedrigen Konzentrationen zeigten die Fische ein sehr ruhiges, gehemmttes Verhalten, bei höheren leiden die Tiere „offensichtlich unter schwerer Atemnot und stehen ‚luftschnappend‘ senkrecht mit über der Wasseroberfläche ragendem Kopf im Becken“. Besonders auffallend war die starke Dunkelfärbung aller mit Eumelaninen pigmentierten Körperstellen der Männchen.

MCPA (2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure)

SURBER (1948) gibt als Sicherheitsgrenze für Fische eine Konzentration von 10 ppm an. In MCPA-Lösungen von 65 ppm waren Karpfen (8–10 cm) nach 4 Stunden stark geschädigt und starben nach spätestens 6 Stunden (MARINI 1952). MAETZEL (1955) gibt für das Präparat Dikofag-M (Anorgana), das als Wirkstoff das Aminsalt der 2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure zu 80 % enthält, die Erträglichkeitsgrenze für einsömmerige Regenbogenforellen (*Trutta iridea*) mit 40 mg/l (= 32 ppm) an; diese Konzentration konnte von den Fischen länger als 48 Stunden ohne sichtbare Schädigungserscheinungen ertragen werden. In Lösungen von 110 mg/l (= 88 ppm) starben die Versuchsfische schon kurz nach dem Einsetzen, in solchen von 70 mg/l (= 56 ppm) lebten sie länger als 24 Stunden. Für Tubificiden und *Sialis*-Larven (*Sialis fluvilatera*) wird die Erträglichkeitsgrenze mit 330 mg/l (= 290 ppm), für Chironomidenlarven (*Chironomus plumosus*) mit 100 mg/l (= 80 ppm) angegeben. DENZER (1959) ermittelte für Hedonal-M-Pulver (Bayer) als Störungsschwellen für Fische und Fischnährtiere bei 18° C folgende Werte: 30 mg/l für *Trutta iridea*, 5 mg/l für *Epeorus assimilis*, 10 mg/l für *Brachionus angularis*, 80 mg/l für *Stentor polymorphus*, 100 mg/l für *Colpidium colpoda* und 150 mg/l für *Planaria gonocephala*. Für M-52-Pulver (Schering) gibt er als Störungsschwellen folgende Konzentrationen an: 200 mg/l für *Trutta iridea*, 50 mg/l für *Epeorus assimilis*, 150 mg/l für *Brachionus angularis*, 200 mg/l für *Stentor polymorphus* und 250 mg/l für *Colpidium colpoda* und *Planaria gonocephala*. BANDT (1959) ermittelte für das Präparat UT 10 (Leuna) als Schwellenwert der Giftwirkung 200 mg/l für Barsche und 215 mg/l für Plötzen. NEURURER u. SLANINA (1960) nennen für Hedonal M als verträgliche Konzentration bei 18° C in 7 Tagen 0,5 mg/l für Elritzen (*Phoxinus laevis*; 5 cm), 1 mg/l für Flohkrebse (*Gammarus pulex*) und 2 mg/l für Wasserflöhe (*Daphnia pulex*). BODENSTEIN u. MÜLLER-BASTGEN (1960) untersuchten die Wirkung des reinen Wirkstoffes auf Guppies (*Lebistes reticulatus*). Bei 30 ppm wurden die ersten Schäden beobachtet; die LD 50 wird zwischen 30 und 40 ppm erreicht. Während bei niedrigen Konzentrationen die Fische ohne Anzeichen der Vergiftung eingingen, konnten bei höheren Konzentrationen Gleichgewichtsstörungen beobachtet werden. Nach MAETZEL (1955) sind an Regenbogenforellen bei Vergiftung durch Dikofag-M die gleichen Erkrankungs-symptome wie bei Vergiftung durch Dikofag-Na festzustellen.

CIPC (Isopropyl-N-(3-chlorphenyl)-carbamate) und andere Carbamate

BANDT (1959) ermittelte für Nexoval (Cela) als Schwellenwert der Giftwirkung für Barsche 8 mg/l und für Plötzen 12 mg/l. Für Prevenol 56 (Schering) wurden 15 mg/l für Barsche und 20 mg/l für Plötzen ermittelt. Nach Untersuchungen von BODENSTEIN u. MÜLLER-BASTGEN (1960) wirkte CIPC in einer Konzentration von 2 ppm zwar nur auf einige ihrer Versuchstiere (*Lebistes reticulatus*) nach einer Einwirkungszeit von 3 Wochen tödlich; 5 ppm jedoch überlebten nur einzelne Fische und diese blieben nach Umsetzen in reines Wasser in ihrem Verhalten gestört. Als Vergiftungssymptome wurden starke Kiemenbewegungen, Schnappen und eine stark verminderte Reaktionsfähigkeit beobachtet. Die Männchen zeigten eine starke leuchtende Verfärbung der pigmentierten Zeichnungselemente.

Carbyne (4-Chlor-2-butinyl-N-(3-chlorphenyl)-carbamat) soll, wie in Laboratoriumsversuchen festgestellt wurde, im Vergleich zu anderen Herbiziden eine hohe Fischtoxizität besitzen (ANONYM 1960).

ADLUNG u. MÜLLER-BASTGEN (1957) untersuchten die Wirkung von **Vapam** (Natrium-N-methylthiocarbamat) auf Guppies (*Lebistes reticulatus*) bei 20 bis 22° C. Während durch 0,1 ppm die Versuchstiere kaum beeinträchtigt wurden, starben bei einer Wirkstoffkonzentration von 1 ppm die Jungfische nach 20 und die ausgewachsenen Tiere nach 30 Stunden.

Kombinierte Mittel

2,4-D + 2,4,5-T: **DENZER** (1959) ermittelte für Tributon (Bayer) als Störungsschwellen für Fische und Fischnährtiere bei 18° C folgende Konzentrationen: 1 mg/l für *Trutta iridea*, 0,6 mg/l für *Epeorus assimilis*, 1 mg/l für *Planaria gonocephala*, 1,5 mg/l für *Brachionus angularis*, 2 mg/l für *Colpidium colpoda* und 5 mg/l für *Stentor polymorphus*. **BANDT** (1959) gibt für Tributon (Bayer) den Schwellenwert der Giftwirkung für Barsche und Plötzen mit 5 mg/l an. Für Tributon-D (Bayer) nennt er als Schwellenwert für Plötzen 7–8 mg/l und für Selest (Bitterfeld) 12 mg/l. Nach **NEURURER u. SLANINA** (1960) wurden Elritzen (*Phoxinus laevis*; 5 cm) bei einer Wassertemperatur von 18° C in 7 Tagen durch 2,5 mg/l Lignopur F geschädigt, während Flohkrebse (*Gammarus* sp.) durch 100 mg/l nicht beeinträchtigt wurden. Als verträgliche Konzentration für Elritzen ermittelten sie 1 mg/l. **ALABASTER** (1960) untersuchte die Wirkung eines zu 50 % aus 2,4-D, zu 25 % aus 2,4,5-T und 25 % aus Emulsionsöl zusammengesetzten Präparates auf Regenbogenforellen (*Salmo gairdnerii*; 3 bis 12 Monate alt) bei 18° C und ermittelte als TL m in 24 Stunden 47 mg/l und in 48 Stunden 27 mg/l.

Aminotriazol + TCA + 2,4-D: **BANDT** (1959) nennt für Elmasil (Bayer) als Schwellenwert der Giftwirkung für Barsche und Plötzen 100 mg/l. Nach **NEURURER u. SLANINA** (1960) wurden Elritzen (*Phoxinus laevis*; 5 cm) durch Cutralin in einer Menge von 4000 mg/l bei 18° C in 7 Tagen nicht geschädigt. Durch Teichversuche wurde bestätigt, daß submerser Pflanzenbestand (vor allem *Myriophyllum*) in nicht ablaßbaren stehenden Gewässern durch 18 mg Cutralin je l Wasser wirksam bekämpft werden kann, ohne daß Fische oder Fischnährtiere beeinträchtigt werden.

CIPC + CMU: **BANDT** (1959) ermittelte für Prevenol-Spezial (Schering) als Schwellenwert der Giftwirkung 12 mg/l für Barsche und 18 mg/l für Plötzen.

TCA + 2,4-D + 2,4,5-T: Für Ugex (Hoechst) gibt **BANDT** (1959) als Schwellenwert der Giftwirkung 105 mg/l für Barsche und 275 mg/l für Plötzen an.

Mittel zur Bekämpfung von Algen und anderen Wasserpflanzen

Zur Bekämpfung von Algen und anderen Wasserpflanzen kommen neben einigen bereits erwähnten Herbiziden auch Arsentrioxyd, Natriumarsenit, Kupfersulfat, Natriumfluoracetat und Phygon zur Anwendung.

Arsentrioxyd ist nach **WIEBE** (1930) in der üblichen Aufwandmenge für Fischsetzlinge nicht gefährlich. Goldfische, Forellen- und Sonnenbarsche wurden bis zu 2 ppm nicht im geringsten beeinträchtigt.

Natriumarsenit ist nach SURBER u. MEEHEAN (1931) in Konzentrationen bis zu 2 ppm für Fischnährtiere unschädlich. Regenbogenforellen starben bei 20 ppm nach 36 Stunden (GRINDLEY 1946).

Kupfersulfat (s. auch S. 10) soll nach SURBER (1949) in hartem Wasser bis zu 1 ppm Fische und wichtige Fischnährtiere nicht schädigen. ELLIS (1937) gibt für verschiedene Fischarten als maximale Erträglichkeitsgrenze folgende Werte an: 0,143 ppm für Bachforellen, 0,33 ppm für Karpfen, 0,4 ppm für Zwergwelse, 0,5 ppm für Goldfische, 1,33 ppm für Sonnenbarsche und 2 ppm für Forellenbarsche.

Natriumfluoracetat ist nach KING u. PENFOUND (1946 b) in der zur Bekämpfung von Wasserunkräutern nötigen Aufwandmenge für Fische ungefährlich; Forellenbarsch- und Brassen-Setzlinge wurden selbst durch 370 ppm nicht geschädigt.

Phygon, mit einem Wirkstoffanteil von 50 % 2,3-Dichlor-1,4-naphthochinon, vernichtet Algen in einer Konzentration von 0,3–0,6 mg/l. Nach FITZGERALD, GERLOFF u. SKOOG (1952) wurden Fische durch Konzentrationen bis zu 0,6 mg/l nicht geschädigt; Daphnien wurden bis zu 100 mg/l nicht beeinträchtigt.

IV. Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Wie die Ergebnisse der Untersuchungen über die toxische Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Fische und Fischnährtiere zeigen, ist der Toxizitätsgrad eines Mittels in erster Linie von der Aufbereitungsform des Wirkstoffes abhängig. Emulsionen sind stets toxischer als Spritzpulver und Stäubemittel. Neben der Aufbereitungsform wird der Giftigkeitsgrad sowohl von der Art und dem Alter (Größe) der Tiere bestimmt, als auch von der physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Wassers (Temperatur, Sauerstoff- und Mineralgehalt) beeinflusst. Über die Abhängigkeit der Toxizität vom Sauerstoff- und Mineralgehalt des Wassers bedarf es jedoch noch weiterer gründlicher Untersuchungen.

Die von den einzelnen Forschern über den gleichen Wirkstoff gefundenen Werte weichen infolge der unterschiedlichen Versuchsmethoden oft ganz erheblich voneinander ab. Auch ist in vielen Fällen ein Vergleich solcher verschiedenen Werte infolge mangelhafter Angaben über die Versuchsbedingungen gar nicht möglich.

Während über die Wirkung von Insektiziden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt wurden, liegen über die Wirkung von Fungiziden, trotz der zahlreichen Präparate dieser Gruppe, nur wenige Angaben vor. Die Frage, ob bei Anwendung von Fungiziden in unmittelbarer Nähe von Gewässern Schäden an Fischen oder Fischnährtieren entstehen können, bleibt daher unbeantwortet. Nach RUDD u. GENELLY (1956) sind Schädigungen von Fischen durch Anwendung von Fungiziden in Gewässernähe nicht bekannt geworden.

Die Ergebnisse der Versuche mit Winterspritzmitteln zeigen, daß Gelbspritzmittel und Obstbaumkarbolineen in unmittelbarer Nähe von Gewässern nur mit größter Vorsicht angewandt werden sollten. Nach einer Mitteilung des Pflanzenschutzamtes Hamburg vom 19. Nov. 1959 sind in vielen Gräben und Bracks des Alten Landes die Fische (Stichlinge, Weißfische, Karpfen) als Folge der seit Jahren regelmäßig durchgeführten Spritzungen mit Obstbaumkarbolineen und Gelbspritzmitteln ausgestorben.

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen sind unter den Insektiziden die Mehrzahl der chlorierten Kohlenwasserstoffe sowohl für Fische als auch für Fischnährtiere hochgiftig. Die organischen Phosphorverbindungen sind dagegen für Fische zwar wesentlich weniger toxisch, doch Fischnährtiere können durch sie bei vorgeschriebener Aufwandmenge noch erheblich in Mitleidenschaft gezogen werden. Endrin, Thiodan, Toxaphen, Dieldrin, Aldrin, Isodrin, Methoxychlor, Guthathion und DDT-Emulsion sollten in der Nähe von Gewässern nicht verwendet werden. Lindan, Chlordan, Heptachlor, Derris, Pyrethrum, Nikotin, Parathion, Chlorthion, Diazinon und Malathion sollten in unmittelbarer Nähe von Fischgewässern nur mit größter Vorsicht angewandt werden. Auch Systox, Metasystox und Dipterex können nicht als für Fische ungefährliche Mittel bezeichnet werden, denn LÜDEMANN u. NEUMANN (1961) geben für Systox und Metasystox als niedrigste Konzentration, die in 24 Stunden auf Hechtsömerlinge noch eine schädigende Wirkung ausübte, 0,1 ppm an; auch Dipterex wirkte in einer Konzentration von 0,8 ppm auf Regenbogenforellensetzlinge noch schädigend.

Unter den Herbiziden dagegen können Chlorate, TCA, Dalapon, Simazin, 2,4-D, 2,4,5-T, MCPA und Aminotriazol + TCA + 2,4-D bei vorgeschriebener Aufwandmenge als für Fische praktisch ungefährliche Mittel bezeichnet werden. CMU und TCA + 2,4-D + 2,4,5-T (z. B. UgeX) können für Fische in ganz flachen Gewässern noch gefährlich werden. 2,4-D + 2,4,5-T (z. B. Tributon), CIPC + CMU und die zur Unkrautbekämpfung verwendeten Carbamate sollten dort, wo Fische beeinträchtigt werden können, nicht angewendet werden.

Genauere Angaben über mögliche schädigende Nebenwirkungen auf Fische und Fischnährtiere durch Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in unmittelbarer Nähe von Gewässern lassen sich nur dann machen, wenn die Handelspräparate selbst, und nicht nur deren Wirkstoffe (meistens in Emulsionsaufbereitung), auf ihre Toxizität geprüft werden. Besonders bei den zahlreichen Mischpräparaten, die heute angewandt werden, läßt sich deren Toxizität auf Grund der Ergebnisse aus Wirkstoffuntersuchungen der einzelnen Komponenten nicht errechnen. BANDT (1946 b) konnte feststellen, daß eine Kombination von Giftstoffen anstatt der erwarteten normalen Addition der Einzelwirkungen eine Vervielfachung der Gesamtwirkung und zwar bis zum fünffachen Wert zur Folge haben kann (s. 2,4-D und 2,4,5-T einzeln für sich sowie in Kombination auf S. 56). Ein Zusammenwirken von Stoffen kann also auch dann leicht zu Fischverlusten führen, wenn jeder Stoff für sich im Wirkungsgrad noch unterhalb der Schädlichkeitsgrenze liegt.

V. Fischverluste als Folge von Pflanzenschutzmaßnahmen

Leider läßt sich experimentell nicht ermitteln, welche Schäden durch Einschwemmung von Pflanzenschutzmitteln in Fischgewässern entstehen können. Im Januar 1956 wurde in stark abschüssigem Gelände des Staatsforstes Seelzerthurm (Forstamt Dassel) bei gefrorenem Boden Largan (Endrin) gegen Waldmäuse gespritzt; kurz darauf einsetzender Regen führte sowohl im Riepenbach als auch in der Ilme zu einem Forellensterben (Mittteilung des Niedersächsischen Fischereiamtes für die Binnengewässer, Hannover, vom 27. Okt. 1959). Auch YOUNG u.

NICHOLSON (1951), HOFFMANN u. DROOZ (1953) und TARZWELL u. HENDERSON (1956) berichten über größere Fischverluste, die im Anschluß an Pflanzenschutzmaßnahmen durch starke Regenfälle verursacht wurden.

Untersuchungen von BANDT (1946 c, 1947), von AMMON u. ROEGNER-AUST (1952, 1953 a, b) und WAGNER (1950 a, b) zeigen, daß Fischsterben im Bundesgebiet und in Mitteldeutschland zu etwa 60–70 % durch Sauerstoffmangel und zu etwa 20–30 % durch Abwassergifte (und zwar vor allem durch industrielle Abwässer) hervorgerufen wurden. Eigene Untersuchungen ergaben, daß die im Bundesgebiet seit 1950 durch Pflanzenschutzmittel verursachten Fischsterben zu 90 % auf grobe Fahrlässigkeit bei der Entnahme von Wasser zum Ansetzen von Spritzbrühen, durch Wegschütten von Spritzbrühresten und auf die Reinigung von Pflanzenschutzgeräten an Gewässern zurückzuführen sind.

Größere Verluste an Fischen (Hechte, Zander, Stichlinge, Karpfen, Barsche, Weißfische) entstanden 1957 im Alten Land als Folge von Wühlmausbekämpfungskaktionen mit Endrin (2 l/ha) als Flächenbegiftungsmittel. In den letzten Jahren jedoch sollen die Fischverluste durch vorsichtigere Durchführung der Spritzungen an den Grabenrändern abgenommen haben (Mitteilung des Pflanzenschutzamtes Hamburg vom 19. Nov. 1959). Bei einer Maikäferbekämpfung mit Hubschrauber wurden 1956 durch DDT-Lindan-Emulsion (6 %ig bei 20 l/ha) in einem ehemaligen Panzergraben (Wassertiefe 2–3 m) bei Herxheim/Landau infolge Nichtaussparens des Gewässers zahlreiche Schleie und Karpfen getötet (Mitteilung des Pflanzenschutzamtes Mainz vom 28. Okt. 1959). Beim Spritzen von Eichenstämmen mit Gesarol entstanden 1955 und 1956 Verluste in einer Forellenzuchtanstalt bei Gengenbach; die Stämme waren jedoch in unmittelbarer Nähe eines Baches gelagert, der die Forellenzuchtanstalt mit Wasser speist (Mitteilung des Pflanzenschutzamtes Freiburg/Breisgau vom 23. Dez. 1959). In Ratjendorf bei Schönberg (Schleswig-Holstein) entstand 1960 bei der Bekämpfung des Kohlschotenrüsslers und der Kohlschotenmücke mit dem Thiodan-Präparat Borschers Kaltnebellösung M 300 (5 l/ha) vom Feldrand aus in einem am Rapsfeld in Nebelrichtung gelegenen Fischteich ein größerer Schaden an Karpfen, Schleien, Karauschen und Aalen (Mitteilung des Pflanzenschutzamtes Kiel vom 19. Aug. 1960).

Nach eigenen Ermittlungen sind die im Bundesgebiet seit 1950 als unmittelbare Folge von Pflanzenschutzmaßnahmen verursachten Fischsterben wesentlich geringer als allgemein angenommen und behauptet wird.

VI. Zusammenfassung

Die in Forschung und Praxis gewonnenen Erkenntnisse über die toxische Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Fische und Fischnährtiere wurden, nach Wirkstoffgruppen geordnet, zusammengefaßt. Auf die Bedeutung der Abhängigkeit der Giftwirkung von verschiedenen Faktoren (Aufbereitungsform des Wirkstoffes; Art und Alter [Größe] der Versuchstiere; Temperatur, Sauerstoff- und Mineralgehalt des Wassers) und auf die verschiedene Beurteilung des Giftigkeitsgrades bei Toxizitätsuntersuchungen wurde hingewiesen.

Den aufgeführten Untersuchungsergebnissen zufolge können die Pflanzenschutzmittel im Hinblick auf ihre Fischgiftigkeit in vier unterschiedlich zu bewertenden Gruppen untergebracht werden:

<p>Gruppe A Mittel, die in Gewässernähe nicht angewandt werden sollten</p>	<p>Endrin, Thiodan, Toxaphen, Dieldrin, Aldrin, Isodrin, Methoxychlor, DDT-Emulsion, Guthion, 2,4-D+2,4,5-T (z. B. Tributon), CIPC + CMU und die zur Unkrautbekämpfung verwendeten Carbamate</p>
<p>Gruppe B Mittel, deren Verwendung in unmittelbarer Nähe von Fischgewässern große Sorgfalt erfordert</p>	<p>HCH (Lindan), Chlordan, Heptachlor, Parathion, Chlorthion, Diazinon, Malathion, Nikotin, Derris (Rotenon), Pyrethrum, Winterspritzmittel (Obstbaumkarbolinene und Gelbspritzmittel), DDT-Spritzmittel und DDT-Stäubemittel</p>
<p>Gruppe C Mittel, die für Fische in flachen Gewässern noch gefährlich werden können</p>	<p>Dipterex, Systox, Metasystox, CMU und TCA + 2,4-D + 2,4,5-T (z. B. Ugex)</p>
<p>Gruppe D Mittel, die bei normaler Aufwandmenge im allgemeinen eine Fischgefährdung ausschließen dürften</p>	<p>Chlorate, TCA, Dalapon, Simazin, 2,4-D, 2,4,5-T, MCPA und Aminotriazol + TCA + 2,4-D (z. B. Elmasil)</p>

VII. Literatur

- ADAMS, L., HANAVAN, M. C., HOSLEY, N. W., and JOHNSTON, O.: The effects on fish, birds and mammals of DDT used in the control of forest insects in Idaho and Wyoming. — *J. Wildlife Managem.* **13**, 245—254, 1949.
- ADLUNG, K. G.: Zur Fischtoxizität einiger insektizider Wirkstoffe. — *Aquaristik* **3**, H. 10, 1957 a.
- : Zur Temperaturabhängigkeit der Fisch-Toxizität von Insektiziden mit besonderer Berücksichtigung von Thiodan. — *Aquaristik* **3**, H. 12, 1957 b.
- : Zur Toxizität insektizider und akarizider Wirkstoffe für Fische. — *Naturwissenschaften* **44**, 471—472, 1957 c.
- : Zur Kenntnis der Fisch-Toxizität von Insektiziden und ihrer Temperaturabhängigkeit. — *Naturwissenschaften* **44**, 622—623, 1957 d.
- : Fischgiftigkeit von Dieldrin und Chlorthion. — *Aquaristik* **4**, H. 2, 1958 a.
- : Fischgiftigkeit von Dinitrocarbazol. — *Naturwissenschaften* **45**, 631, 1958 b.
- , BODENSTEIN, G., MÜLLER-BASTGEN, G., und KAUTH, H.: Über die Toxizität einiger Pflanzenschutzmittel für Fische. — *Aquaristik* **3**, H. 4, 1957.
- , und MÜLLER-BASTGEN, G.: Weitere Ergebnisse über die Toxizität von Pflanzenschutzmitteln auf Fische. — *Aquaristik* **3**, H. 7, 1957.
- ALABASTER, J. S.: Toxicity of weedkillers, algicides and fungicides to trout. — *Proc. 4th brit. Weed Control Conf.*, 1960.
- ALDERDICE, D. F., and WORTHINGTON, M. E.: Toxicity of a DDT spray to young salmon. — *Canad. Fish Culturist* **24**, 41—48, 1959.

- ALMEIDA, P. R. DE: Ensaio de laboratório sobre a toxidez do „DDT“ aos peixes guarús (*Phallocerus caudimaculatus* HENSEL). — Arq. Inst. Biol., São Paulo, **18**, 31—37, 1947/48.
- AMMANN, E.: Die chemische Maikäferbekämpfung und ihre Gefahren für die Fischgewässer. — Schweiz. Fisch.-Ztg. **59**, 1951.
- AMMON, F. VON, und ROEGNER-AUST, S.: Fischereischädigungen in Bayern in den Jahren 1950 und 1951. 1. Bericht über die Schädigungen im Jahre 1950. — Allg. Fisch.-Ztg. **77**, 1952.
- , —: Fischereischädigungen in Bayern in den Jahren 1950 und 1951. 2. Bericht über die Schädigungen im Jahre 1951. — Allg. Fisch.-Ztg. **78**, 1953 a.
- , —: Fischereischädigungen in Bayern im Jahre 1952. — Allg. Fisch.-Ztg. **78**, 1953 b.
- ANDERSON, B. G.: The toxicity of DDT to *Daphnia*. — Science, Washington, **102**, 539, 1945.
- : The toxicity thresholds of various sodium salts determined by the use of *Daphnia magna*. — Sewage Works J. (Pennsylv.) **18**, 82, 1946.
- ANDREWS, J. M., and SIMMONS, S. W.: Developments in the use of the newer organic insecticides of public health importance. — Amer. J. public Health **38**, 613—631, 1948.
- ANONYM: Malaria control on impounded water. — US public Health Serv., Tennessee Valley Authority, 1—422, 1947.
- : Toxicity of insecticides to fish. Death caused by cotton dusting. — Rept. Fiscal Year 1948—49, Dept. Conserv., State Alabama, 35—36, 1948/49 a.
- : Experiments on toxicity of new insecticides to fish. — Rept. Fiscal Year 1948—49, Dept. Conserv., State Alabama, 36—37, 1948/49 b.
- : Control of water weeds. — US Dept. Agric. Plant Ind. Sect., Beltsville, Md., 1—3, 1950.
- : Dow Chemical Company, Dalapon Bull. nr. 2, 20 p., 1953. Zit. nach RUDD and GENELLY (1956).
- : Effects of DDT spraying on young salmon and their food. — Atlantic Salmon J. **4**, 33—34, 1956.
- : Carbyne. — Geigy Inform. Carb. 72 / HAE / eh, 29. 12. 1960.
- APPLEGATE, V. C., HOWELL, J. H., HALL, A. E., and SMITH, M. A.: Toxicity of 4346 chemicals to larval lampreys and fishes. — US Fish, Wildlife Serv. spec. Sci. Rept. **207**, 1957.
- ARNASON, A. P., BROWN, A. W. A., FREEDEN, F. J. H., HOPEWELL, W. W., and REMPEL, J. G.: Experiments in the control of *Simulium arcticum* MALLOCH by means of DDT in the Saskatchewan River. — Sci. Agric., Ottawa, **29**, 527—537, 1949.
- BANDT, H. J.: Leitungswasser vergiftet Fische (Schädigung durch Pyrethrum). — Mitt. Fisch.vereine-Ost **25**, 165—166, 1933.
- : Über die Giftwirkung der forstlichen Kontaktbestäubungsmittel auf Fische. — Fisch.-Ztg. **42**, Nr. 52, 1939.
- : Über die Giftwirkung von Dinitroorthokresol-Präparaten und von „Nemotan“ auf Fische. — Anz. Schädl.kunde **17**, 7—9, 1941.

- : Vorsicht mit Obstbaumspritzmitteln! (Fischsterben durch Dinitro-o-kresol). — *Fisch.-Ztg.* **46**, Nr. 10, 1943.
- : Fischsterben. — *Fisch.-Ztg.* **47**, Nr. 37/38, 1944.
- : Über die Giftwirkung des Forstschutzmittels „Gesarol“ auf Fische. — *Beitr. Wasser-, Abwasser-, Fisch.chem. Magdeburg* **1**, 1946 a.
- : Über verstärkte Schädwirkungen auf Fische, insbesondere über erhöhte Giftwirkungen durch Kombination von Abwassergiften. — *Beitr. Wasser-, Abwasser-, Fisch.chem. Magdeburg* **1**, 1946 b.
- : Fischsterben-Statistik 1935—1946. — *Beitr. Wasser-, Abwasser-, Fisch.chem. Magdeburg* **1**, 1946 c.
- : Fischsterben-Statistik 1927—1935. — *Beitr. Wasser-, Abwasser-, Fisch.chem. Magdeburg* **2**, 1947.
- : Fischereischäden durch Feldbestäubung und Fischvergiftungsversuche mit „Nexit“ („666“-Wirkstoff). — *Beitr. Wasser-, Abwasser-, Fisch.chem. Magdeburg* **4**, 1949.
- : Über die Giftwirkung von Herbiziden auf Fische. — *Ztschr. Fischerei* **6** N. F., 121—125, 1957 a.
- : Giftig oder ungiftig für Fische? — *Dtsch. Fisch.-Ztg.* **4**, 170—171, 1957 b.
- : Chemische Pflanzenbekämpfungsmittel (Herbizide) und Fische! — *Dtsch. Fisch.-Ztg.* **6**, 241—244, 1959.
- BARROWS, M. B.: Elimination of yellow perch from a lake by use of derris root. — *J. Wildlife Managem.* **3**, 131—133, 1939.
- BAUMANN, A. C.: 2,4-D and some emergent aquatics (Effects of butyl ester of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid on some emergent aquatic plants). — *Progr. Fish-Culturist* **9**, 71—77, 1947.
- BENETT, G.: Effects of insecticides on fish. — *Outline III. Custom Spray Operators School, Urbana, Ill.*, 1949.
- BERVOETS, W. P.: De l'effet de l'Hexachlorcyclohexane sur le plankton. — *Hydrobiologia, Den Haag*, **4**, 1952. *Zit. nach* LIEBMANN (1960).
- BINET, L., et ZAMFIR, C.: Recherches expérimentales sur l'intoxication par le tabac et par la nicotine. — *Bull. Soc. Med. Hop. Paris III* **47**, 1106, 1931.
- BISHOP, E. L.: Effects of DDT mosquito larviciding on wildlife. Part III. The effects on the plankton population of routine larviciding with DDT. — *Public Health Repts., Washington*, **62**, 1263—1268, 1947.
- BISHOPP, F. C.: Present position of DDT in the control of insects of medicinal importance. — *Amer. J. public Health* **36**, 593—606, 1946 a.
- : Use of DDT in the control of insect carriers of disease with special reference to water supplies and sewage. — *J. amer. Water Works Assoc., Baltimore*, **40**, 264, 1946 b.
- : Precautions in the use of insecticides for mosquito control. — *Mosquito News, New Brunswick*, **9**, 137—142, 1949.
- : An expert discusses toxicity of cotton insecticides. — *Agric. Chem., Baltimore*, May 1950.
- , and HORSFALL, J. L.: Warnings as to insecticides. — *US Dept. Agric. Yearb. Agric.* 1952. 271—275, 1952.

- BLAESING, I.: Experimentelle Untersuchungen über den Umfang der ökologischen und physiologischen Toleranz von *Planaria alpina* und *Planaria gonocephala*. — Zool. Jahrb., Abt. allg. Zool., Physiol. **64**, 113—152, 1953.
- BODENSTEIN, G.: Über die Giftigkeit moderner Schädlingsbekämpfungsmittel für Fische. — Aquaristik **1**, H. 9/10/11, 1955.
- , und MÜLLER-BASTGEN, G.: Untersuchungen über die Toxizität einiger Herbizide für Fische. — Ztschr. Pfl.krankh. **67**, 150—153, 1960.
- BOGENRIEDER, J.: Die postmortale intravasale Blutgerinnungszeit bei Fischen in ihrer Beziehung zur Todesursache und ihre Verwendbarkeit zur Aufklärung von Massensterben. — Vom Wasser **18**, 1950/51.
- BONHAM, K.: Management of a small fish pond in Texas. — J. Wildlife Managem. **10**, 1—4, 1946.
- BRINGMANN, G., und KÜHN, R.: Zum wasser-toxikologischen Nachweis von Insektiziden. — Gesundh.-Ing. **81**, 243—244, 1960.
- BROWN, A. W. A.: Insect control by chemicals. — 817 p., John Wiley & Sons, New York, 1951.
- BROWN, C. J. D., and BALL, R. C.: An experiment in the use of derris root (rotenone) on the fish and fish-food organisms of Third Sister Lake. — Trans. amer. Fish. Soc. **72**, 267—284, 1942.
- BUCHMANN, W.: Chironomidenschäden bei dem Belebt-Schlammverfahren und ihre Verhütung und Behebung mit chemischen Mitteln. — Ztschr. Gesundh.techn. **24**, 1932. Zit. nach LIEBMANN (1960).
- BURDEN, E. H. W. J.: A case of DDT poisoning in fish. — Nature, London, **178**, 546—547, 1956.
- BURDICK, G. E., DEAN, H. J., and HARRIS, E. J.: Toxicity of emulsifiable rotenone to various species of fish. — New York Fish, Game J. **2**, 36—67, 1955.
- BYRD, I. B., and MOSS, D. D.: Public lake and stream investigations in Alabama. — Rept. 1952, Dept. Conserv., State of Alabama, Div. Game, Fish, 14—15, 1952.
- CAMARGO FONSECA, E. DE: Avaliação biológica do gama-hexaclorociclohexano com *Lebistes reticulatus*. — An. Fac. Farm. Odont. Univ. São Paulo **7**, 403—409, 1948/49.
- CHEVALIER, J.: Le pyrethre (chrysanthème insecticide). Activité pharmacodynamique et thérapeutique. — Bull. Sci. pharmacol. **37**, 154—165, 1930. Zit. nach RUDD and GENELLY (1956).
- CLEMENS, H. P., and SNEED, K. E.: Effect of temperature and physiological condition on tolerance of channel catfish to pyridylmercuric acetate (PMA). — Progr. Fish-Culturist **20**, 147—150, 1958.
- CLOTHIER, W. D., and BOUSSU, M. F.: Pan fish have done it again! — South Dakota Outdoors **21**, 9—10, 1954.
- COPE, O. B.: Toxicities and tolerances of new insecticides in relation to wildlife and fish. — Calif. Mosquito Control Assoc., Proc. Pap. 1948, 26—29, 1948.
- : The effect of mosquito insecticides on wildlife. — Proc., Pap. 17th ann. Conf. Calif. Mosquito Control Assoc. 1949.
- , GJULLIN, C. M., and STORM, A.: Effects of some insecticides on trout and salmon in Alaska, with reference to blackfly control. — Trans. amer. Fish. Soc. **77**, 160—177, 1947.

- , and SPRINGER, P. F.: Mass control of insects: The effects on fish and wildlife. — Bull. ent. Soc. Amer. **4**, 52—56, 1958.
- COTTAM, C.: Effects of DDT and other new insecticides on wildlife. — Presented at meeting of American Association of Economic Entomologists, Chicago 1947 (Mimeogr. US Fish, Wildlife Serv., 1947).
- : The effects of new insecticides on fish and wildlife. — Presented at meeting of American Association of Economic Entomologists, New York 1948 (Mimeogr. US Fish, Wildlife Serv., 1948).
- : Chemical controls in relation to wildlife. — Presented before Pesticide Chem. School, Clemson agric. Coll., Clemson, S. C., 1954 (Mimeogr. US Fish, Wildlife Serv., 1954).
- , and HIGGINS, E.: DDT: Its effect on fish and wildlife. — US Fish, Wildlife Serv. Circ. **11**, 1—14, 1946 a.
- , —: DDT and its effect on fish and wildlife. — J. econ. Ent. **39**, 44—52, 1946 b.
- COUCH, L. K.: Effects of DDT on wildlife in a Mississippi River bottom woodland. — 11th north amer. Wildlife Conf., 1946.
- CROUTER, R. A., and VERNON, E. H.: Effects of black-headed budworm control on salmon and trout in British Columbia. — Canad. Fish Culturist **24**, 23—40, 1959.
- CUSHING, C. E., and OLIVE, J. R.: Effects of toxaphene and rotenone upon the macroscopic bottom fauna of two northern Colorado reservoirs. — Trans. amer. Fish. Soc. **86**, 294—301, 1956.
- DANEEL, R.: Die Giftwirkung des Rotenons und seiner Derivate auf Fische. I. Mitteilung. — Arch. exp. Path., Pharmakol., Leipzig, **170**, 59—71, 1933 a.
- : Die Giftwirkung des Rotenons und seiner Derivate auf Fische. II. Mitteilung. — Ztschr. vergl. Physiol. **18**, 524—535, 1933 b.
- DARSIE, R. F.: Effect of DDT and lindane sprays on goldfish. — Proc. New Jersey Mosq. Exterm. Assoc. **39**, 175—178, 1952.
- , and CORRIDEN, F. E.: The toxicity of malathion to killifish (*Cyprinodontidae*) in Delaware. — J. econ. Ent. **52**, 696—700, 1959.
- DAVIDOW, B., and SABATINO, F. J.: Biological screening test for chlorinated insecticides. — J. Assoc. off. agric. Chemists, Washington, **37**, 902—905, 1954.
- , and SCHWARTZMAN, G.: Response of goldfish to several chlorinated insecticides. — J. Assoc. off. agric. Chemists, Washington, **38**, 533—534, 1955.
- DENZER, H. W.: Akute Hypoxie und Atemfrequenz bei Regenbogenforellen-Setzlingen. — Fischwirt **2**, 241—244, 1952.
- : Merkblatt über die Schädigung der Fischerei durch Abwässer. I. Schwellenwerte für Fische und Fischnährtiere. — 77 S., Landesanst. Fischerei, Albaum/Sauerland, 1959.
- DEONIER, C. C., MAPLE, J. D., JONES, H. A. et al.: DDT as an anopheline larvicide — Laboratory tests. — J. econ. Ent. **38**, 241—243, 1945 a.
- , BURRELL, R. W., MAPLE, J. D., and COCHRAN, J. H.: DDT as an anopheline larvicide: Preliminary field studies. — J. econ. Ent. **38**, 244—249, 1945 b.
- DEWITT, J. B.: The function of the Fish and Wildlife Service in insect control programs. — J. econ. Ent. **51**, 740—741, 1959.

- DORFNER, K.: Bekämpfung von Wasserpflanzen mit „Nata“. — Allg. Fisch.-Ztg. **82**, 312—313, 1957.
- DOUDOROFF, P., and KATZ, M.: Critical review of literature on the toxicity of industrial wastes and their components to fish. II. The metals, as salts. — Sewage, ind. Wastes (Pennsylv.) **25**, 802—839, 1953. Zit. nach RUDD and GENELLY (1956).
- , KATZ, M., and TARZWELL, C. M.: Toxicity of some organic insecticides to fish. — Wastes Engin., Sewage, industrial **24**, 840—844, 1953.
- EDSON, E. F.: The risks of pesticides for fish. — World Crops **10**, 281—283, 1958.
- EIDE, P. M., DEONIER, C. C., and BURRELL, R. W.: The toxicity of DDT to certain forms of aquatic life. — J. econ. Ent. **38**, 492—493, 1945.
- ELLIS, M. M.: Detection and measurement of stream pollution. — US Bur. Fish. Bull. **22**, 365—437, 1937.
- , WESTFALL, B. A., and ELLIS, M. D.: Toxicity of dichloro-diphenyl-trichlorethane (DDT) to goldfish and frogs. — Science, Washington, **100**, 477, 1944.
- ELLISOR, L. O., and RICHARDSON, C. H.: Penetration of nicotine into the goldfish from solutions of various hydrogen ion concentrations. — J. cell., compar. Physiol., Philadelphia, **11**, 337, 1938.
- EVERHART, W. H., and HASSLER, W. W.: Aquarium studies on the toxicity of DDT to brown trout, *Salmo trutta*. — Trans. amer. Fish. Soc. **75**, 59—64, 1945.
- FELLTON, H. L.: Control of aquatic midges with notes on the biology of certain species. — J. econ. Ent. **33**, 252—264, 1940.
- FERGUSON, F. F., ARNOLD, E. H., and UPHOLT, W. M.: Control of anopheline mosquito larvae by use of DDT-oil mists. — Public Health Repts., Washington, **62**, 296—302, 1947.
- , UPHOLT, W. M., and SIMMONS, S. W.: A summary of the experimental use of DDT as a mosquito larvicide. — J. nat. Malaria Soc. (Florida, South Carolina) **8**, 32—49, 1949.
- FILTEAU, G.: Effets des vaporisations aériennes au DDT sur les insectes aquatiques. — Natural. Canad. **86**, 113—128, 1959.
- FISHER, A.: The effect of copper sulphate on some microorganisms in fish ponds. — Bamidgeh **8**, 39—43, 1956; Sport Fish. Abstr. **2**, nr. 1094, 1957.
- FITZGERALD, G. P., GERLOFF, G. E., and SKOOC, F.: Studies on chemicals with selective toxicity to blue-green algae. — Sewage, ind. Wastes (Pennsylv.) **24**, 888—889, 1952.
- FUJIYA, M.: Nogyo yo sattyu-zai no suisan seibutu ni oyobosu eikyo. — Bull. Naikai Reg. Fish. Res. Lab. **7**, 20—23, 1955.
- FUKANO, K. G., and HOOPER, F. F.: Toxaphene (chlorinated camphene) as a selective fish poison. — Progr. Fish-Culturist **20**, 189—190, 1958.
- GÄBLER, H.: Gefährdet eine Forstbestäubung die Fische? — Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Berlin, N. F. **1**, 143—144, 1947.
- GAGNON, A.: La toxicité du DDT pour le saumon de l'atlantique (*Salmo salar* LINNÉ) et les alevins de truite (*Salvelinus fontinalis* MITCHILL). — Canad. J. Zool. **36**, 479—487, 1958.
- GAUDIN, M. O.: Action toxique des pyrèthrones sur les animaux marins. — Compt. rend. Hebdomad. Seanc. Acad. Agric. France **21**, 277—281, 1935.

- GAUSE, G. F., und SMARAGDOVA, N. P.: Untersuchungen über die giftige Wirkung der Isomeren des Nikotins im Zusammenhang mit einigen Problemen der Evolution des Zentralnervensystems bei Tieren. — *Biol. J.* **7**, 412—428, 1938.
- GERKING, S. D.: Destruction of submerged aquatic plants by 2,4-D. — *J. Wildlife Managem.* **12**, 221—227, 1948.
- GERSDORFF, W. A.: The toxicity of rotenone, isorotenone and dihydrorotenone to goldfish. — *J. amer. chem. Soc. (Pennsylv.)* **52**, 5051—5056, 1930.
- : A study of the toxicity of tetricarol, deguelin and tephrosin using the goldfish as the test animal. — *J. amer. chem. Soc. (Pennsylv.)* **53**, 1897—1901, 1931.
- : A comparison of the toxicity of nicotine and anabasine. — *J. amer. chem. Soc. (Pennsylv.)* **55**, 2941, 1933.
- , and SMITH, L. E.: Effect of introduction of the halogens into the phenol molecule on toxicity to goldfish. — *Amer. J. Pharm.* **112**, 1940. Zit. nach LIEBMANN (1960).
- GIL, G. P., y ESCUDERO, A. R.: Técnica de valoración de los nuevos insecticidas en el laboratorio y en locales desinsectados. — *Trabajos Inst. nac. Cienc. Méd.* **7**, 57—80, 1945/46.
- GINSBURG, J. M.: Toxicity of DDT to fish. — *J. econ. Ent.* **38**, 274—275, 1945.
- : Tests with toxicants, in comparison with DDT, on mosquito larvae and fish. — *Proc. 34th ann. Meetg. New Jersey, Mosq. Exterm. Assoc.*, 132—135, 1947 a.
- : Results from feeding mosquito larvae, killed by DDT, to goldfish. — *J. econ. Ent.* **40**, 275—276, 1947 b.
- : Comparative toxicity of DDT isomers and related compounds to mosquito larvae and fish. — *Science, Washington*, **105**, 233—234, 1947 c.
- : Toxicological tests with two new insecticides on mosquitoes and fish. — *Proc. 36th ann. Meetg. New Jersey, Mosq. Exterm. Assoc.* **36**, 88—91, 1949.
- GJULIN, C. M., COPE, O. B., QUISENBERRY, B. F., and DuCHANOIS, F. R.: The effect of some insecticides on black fly larvae in Alaskan streams. — *J. econ. Ent.* **42**, 100—105, 1949.
- GOODRUM, P., BALDWIN, W. P., and ALDRICH, J. W.: Effect of DDT on animal life of Bull's Island, South Carolina. — *J. Wildlife Managem.* **13**, 1—10, 1949.
- GÖTZ, B.: Die Wirkung von Gesarol und anderen DDT-Präparaten auf Fische. — *Anz. Schädl.kunde* **21**, 39—40, 1948.
- GREENBANK, J.: Selective poisoning of fish. — *Trans. amer. Fish. Soc.* **70**, 1940. Zit. nach LIEBMANN (1960).
- GRINDLEY, J.: Toxicity to rainbow trout and minnows of some substances known to be present in waste water discharged to rivers. — *Ann. appl. Biol.* **33**, 103—112, 1946.
- GRUBER, R.: Die Giftwirkung der beiden Insektizide Endrin und Toxaphen auf *Tilapia melanopleura*. — *Bull. agric. Congo belge* **50**, 131—139, 1959; *Chem. Zentralbl.*, Berlin, **130**, 12 980, 1959. Zit. nach GRUCH und STEINER (1960).
- GRUCH, W., und STEINER, P.: Zur Toxikologie der Insektizide. — *Mitt. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem* **H. 102**, 1960.
- HALSBAND, E.: Untersuchungen über das Verhalten von Forelle und Döbel bei Einwirkung verschiedener Außenfaktoren. — *Ztschr. Fischerei* **2 N. F.**, 231—234, 1953.

- , und HALSBAND I.: Untersuchungen über die Störungsschwellen im Stoffwechsel der Fische und Fischnährtiere nach Einwirkung verschiedener Abwasser„gifte“. — Arch. Fisch.wiss. **5**, 119—132, 1954 a.
- , —: Versuchsprotokolle zur Arbeit „Untersuchungen über die Störungsschwellen im Stoffwechsel der Fische und Fischnährtiere nach Einwirkung verschiedener Abwassergifte“. — Veröff. Inst. Küsten-, Binnenfisch. (Bundesforsch.anst. Fisch. Hamburg) Nr. 6, 1954 b.
- HAMILTON, H. L.: The biological action of rotenone on fresh-water animals. — Proc. Iowa Acad. Sci. **48**, 467—479, 1941.
- HANSON, W. R.: Some experiments on the biotic effects of aerial spraying. — North Dakota Game, Fish Dept., P-R-Proj., 7-R, 1950. Zit. nach STEINER und GRUCH (1959).
- : Effects of some herbicides and insecticides on biota of North Dakota marshes. — J. Wildlife Managem. **16**, 299—308, 1952.
- HARRISON, J. W. E., and REES, E. W.: 2,4-D toxicity — toxicity towards certain species of fish. — Amer. J. Pharm. **118**, 422—425, 1946.
- HATCH, R. W.: Relative sensitivity of salmonids to DDT. — Progr. Fish-Culturist **19**, 89—91, 1957.
- HAVELKA, J., a EFFENBERGER, M.: Příznaky při otravě ryb fenoly. (Die Symptome bei der Vergiftung der Fische durch Phenole.) — Živočišná výroba Praha **30**, 421 bis 424, 1957.
- HAYES, M. L.: Evaluation of ryania and malathion as fish toxins. — Colorado Coop. Fish. Res. Unit. quart. Rept. **1**, 40—42, 1955.
- HAYNES, H. L., MOOREFIELD, H. H., BORASH, A. J., and KEAYS, J. W.: The toxicity of sevin to goldfish. — J. econ. Ent. **51**, 540, 1958.
- HEMPHILL, J. E.: Toxaphene as a fish toxin. — Progr. Fish-Culturist **16**, 41—42, 1954.
- HENDERSON, C., and PICKERING, Q. H.: The toxicity of organic phosphorus insecticides to fish. — Trans. amer. Fish. Soc. **87**, 39—51, 1957.
- HERALD, E. S.: Notes on the effect of aircraft-distributed DDT-oil spray upon certain Philippine fishes. — J. Wildlife Managem. **13**, 316—317, 1949.
- HESS, A. D., and KEENER, G. G.: Effects of airplane-distributed aerosols on fish and fish food organisms. — J. Wildlife Managem. **11**, 1—10, 1947.
- HESTER, J. M., and HOOPER, A. D.: Cotton insecticides — a threat to fish life! — Alabama Conserv., Montgomery, **26**, 6—7, 1954.
- HOESTLAND, H.: Toxicité comparée d' „Insecticides de contact“ sur un Crustacé d'eau douce (*Eriocheir sinensis*) et sur poissons (*Gardonus rutilus* et *Scardinius erythrophthalmus*). — Verh. int. Ver. Theor. angew. Limnol. **11**, 131—136, 1951.
- HOFFMANN, C. H.: Are the insecticides required for pest control hazardous to aquatic life? — Agric. Chem., Baltimore, **14**, 1959, nr. 7, p. 41—43, 89; nr. 8, p. 41—42, 99—100. Zit. nach GRUCH und STEINER (1960).
- , and DROOZ, A. T.: Effects of a C-47 airplane application of DDT on fish-food organisms in two Pennsylvania watersheds. — Amer. Midland Natur. **50**, 172 bis 188, 1953.
- , and LINDUSKA, J. P.: Some considerations of the biological effects of DDT. — Sci. mon. **69**, 104—114, 1949.

- , and MERKEL, E. P.: Fluctuations in insect populations associated with aerial applications of DDT to forests. — *J. econ. Ent.* **41**, 464—473, 1948.
- , and SURBER, E. W.: Effects of an aerial application of wettable DDT on fish and fish-food organisms in Back Creek, West Virginia. — *Trans. amer. Fish. Soc.* **75**, 48—58, 1945.
- , —: Effects of an aerial application of DDT on fish and fish-food organisms in two Pennsylvania watersheds. — *Progr. Fish-Culturist* **11**, 203—211, 1949 a.
- , —: Effects of feeding DDT-sprayed insects to freshwater fish. — *US Fish, Wildlife Serv. spec. Sci. Rept.* **3**, 1949 b.
- HOFFMANN, J., und LENDLE, L.: Zur Wirkungsweise neuer insektizider Stoffe. — *Arch. exp. Path., Pharmakol., Leipzig*, **205**, 223—242, 1948.
- HOGAN, J.: The toxicity of aldrin and dieldrin to goldfish, *Carassius auratus*, and bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*. — *Arkansas Fish, Game Comm.*, July 1950. *Zit. nach STEINER und GRUCH (1959)*.
- HOLZINGER, K.: Phenolhaltige Abwässer der Kokereien als Fischgift. — *Ztschr. Fisch.* **25**, 155—159, 1927.
- HOOPER, F. F.: The effect of derris root (rotenone) upon plankton and bottom fauna organisms of a small Minnesota lake. — *Proc. Minnesota Acad. Sci.* **16**, 29—32, 1948.
- HOOPER, F. F., and GRZENDA, A. R.: The use of toxaphene as a fish poison. — *Trans. amer. Fish. Soc.* **85**, 180—190, 1955.
- HURLEY, D. A.: Effects of DDT aerial spraying of the forest on the food of young salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick streams. — *Thesis, Graduate School, Univ. Toronto*, 77 p., 1956.
- IDE, F. P.: Effect of forest spraying with DDT on aquatic insects of salmon streams. — *Trans. amer. Fish. Soc.* **86**, 208—219, 1956.
- IYATOMI, K., TAMURA, T., ITAZAWA, Y., HANYU, I., and SUGIURA, S.: Toxicity of endrin to fish. — *Progr. Fish-Culturist* **20**, 155—162, 1958.
- KEENLEYSIDE, M. H. A.: Comparative effects of the insecticides DDT and malathion on young Atlantic salmon. — *Rept. Fish. Res. Board Canada* **69**, 3—6, 1958.
- : Effects of spruce budworm control on salmon and other fishes in New Brunswick. — *Canad. Fish Culturist* **24**, 17—22, 1959.
- KEMPER, H.: Versuche über die Wirkung von Pyrethrumblütenpulver auf Tiere verschiedener Klassen mit besonderer Berücksichtigung der wasserbewohnenden Arten. — *Ztschr. Gesundh.techn.* **25**, 149—164, 1933 a.
- : Zweiter Beitrag zur Frage der Anwendbarkeit des Pyrethrumblütenpulvers bei der Bekämpfung tierischer Schädlinge in Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungsanlagen. — *Ztschr. Gesundh.techn.* **25**, 681—690, 1933 b.
- KERSWILL, C. J.: Effect of DDT spraying on aquatic insects in the Miramichi River, N.B. — *Rept. Fish. Res. Board Canada* **68**, 181—185, 1955/56.
- : Investigation and management of Atlantic salmon in 1956. — *Trade News* **12**, 5—15, 1957.
- , and ELSON, P. F.: Preliminary observations on effects of 1954 DDT spraying on Miramichi salmon stocks. — *Rept. Fish. Res. Board Canada* **62**, 17—24, 1955.

- KING, J. E., and PENFOUND, W. I.: Effects of two formagenic herbicides on bream and largemouth bass. — *Ecology* **27**, 372—374, 1946 a.
- , —: Effects of new herbicides on fish. — *Science*, Washington, **103**, 487, 1946 b.
- KING, W. V.: Repellents and insecticides available for use against insects of medical importance. — *J. econ. Ent.* **44**, 338—343, 1951.
- KNOWLES, F. L., and FISK, F. W.: DDT water emulsion in rice fields as a method of controlling larvae of *Anopheles quadrimaculatus* and other mosquitoes. — *Public Health Repts.*, Washington, **60**, 1005—1009, 1945.
- KRÜGER, F.: Untersuchungen über die Giftwirkung von dalmatischem Insektenpulver auf die Larven von *Corethra plumicornis*. — *Ztschr. angew. Ent.* **18**, 344—353, 1931.
- KRUMHOLZ, L. A.: The use of rotenone in fisheries research. — *J. Wildlife Managem.* **12**, 305—317, 1948.
- KUBOTA, Z., HAYAMA, K., and KURIYAMA, Z.: Influence of pH and agricultural chemicals on the loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR). — *J. Shimonoseki Coll. Fish. Yoshimi (Japan)* **6**, 327—336, 1957.
- LACKEY, J. B., and STEINLE, M. L.: Effects of DDT upon some aquatic organisms other than insect larvae. — *Public Health Repts.*, Washington, Suppl. **186**, 3—12, 1945.
- LANGFORD, R. R.: The effect of DDT on the natural fauna of the forest exclusive of insect pests. — *Dept. Lands, Forests, Ontario, Div. Res. Bull.* **2**, 13—18, 1949 a.
- : The effect of DDT on freshwater fishes. — *Dept. Lands, Forests, Ontario, Div. Res. Bull.* **2**, 19—38, 1949 b.
- LAWRENCE, J. M.: Toxicity of some new insecticides to several species of pondfish. — *Progr. Fish-Culturist* **12**, 141—146, 1950.
- LECLERC, E., et DEVLAMINCK, F.: Toxicité des dérivés nitres composant les eaux résiduaires de poudreries. — *Bull. Centre Belge Eaux* **14**, 1951.
- LENKE, D.: Über die Wirkung insektizider Stoffe auf Molche und Fische. — *Arch. exp. Path., Pharmakol.*, Leipzig, **210**, 389—392, 1950.
- LEONARD, J. W.: Notes on the use of derris as a fish poison. — *Trans. amer. Fish. Soc.* **68**, 269—281, 1938.
- LIEBMANN, H.: *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie.* — Bd. II, 1149 S., R. Oldenbourg, München 1960.
- LINDQUIST, A. W. and ROTH, A. R.: Effect of dichlorodiphenyl dichloroethane on the Clear Lake gnat in California. — *J. econ. Ent.* **43**, 328—332, 1950.
- LINDUSKA, J. P.: Insecticides Vs. Wildlife. — 13th north amer. Wildlife Conf. 1948, 121—128, 1948.
- : DDT and the balance of nature. — *Int. Techn. Conf. Prot. Nature 1949*, US Fish, Wildlife Serv., 362—371, 1949.
- : Wildlife in a chemical world. — *Audubon Mag.* **54**, 144—149, 190, 1952.
- , and SURBER, E. W.: Effects of DDT and other insecticides on fish and wildlife. Summary of investigations during 1947. — *US Fish, Wildlife Serv. Circ.* **15**, 1—19, 1948.
- LINHART, H.: *Spektroskopische Blutuntersuchungen an Fischen nach Vergiftung mit Blut- und Abwassergiften.* — *Inaug. Diss. Tierärztl. Fak. Univ. München* 1951.

- LÜDEMANN, D., und NEUMANN, H.: Versuche über die akute toxische Wirkung neuzeitlicher Kontaktinsektizide auf einsömmerige Karpfen (*Cyprinus carpio* L.). — Ztschr. angew. Zool. **47**, 11—33, 1960 a.
- , —: Versuche über die akute toxische Wirkung neuzeitlicher Kontaktinsektizide auf Süßwassertiere. — Ztschr. angew. Zool. **47**, 303—321, 1960 b.
- , —: Versuche über die akute toxische Wirkung neuzeitlicher Kontaktinsektizide auf Süßwassertiere. 3. Beitrag: Chironomidenlarven. — Ztschr. angew. Zool. **47**, 493 bis 505, 1960 c.
- , —: Versuche über die akute toxische Wirkung neuzeitlicher Kontaktinsektizide auf Süßwassertiere. — Ztschr. angew. Zool. **48**, 87—96, 1961.
- MACHT, D. J., and CRAIG, L. C.: Comparative toxicity of nicotine alkaloid and nicotine salts. — Proc. Soc. exp. Biol., Med., New York, **29**, 1250, 1931/32.
- MAETZEL, H.: Die Wirkung von Wuchsstoff-Herbiziden auf Fische und Fischnährtiere. — Inaug. Diss. landw. Fak. Univ. Bonn 1955.
- MANN, H.: Gelegebekämpfung mit synthetischen Unkrautmitteln. — Fischwirt **5**, 101 bis 105, 1955.
- : Fischereischäden durch Maikäferbekämpfungsmittel. — Fischwirt **8**, 217—220, 1958 a.
- : Prüfung von Maikäferbekämpfungsmitteln auf ihre Fischereischädlichkeit. — Wiss. Inform. Fisch.praxis (Bundesforsch.anst. Fisch. Hamburg) **5**, 148—149, 1958 b.
- : Vorsicht mit Wühlmausbekämpfungsmitteln an Gewässern. — Inform. Fischwirtschaft (Bundesforsch.anst. Fisch. Hamburg) **6**, 100—102, 1959.
- MARINI, E.: Ricerche sulla mancata tossicità per la ittiofauna della risaia di prodotti diserbanti a base di 2,4-D e MCPA. — Not. Mal. Piante **19**, 17—18, 1952.
- MARTIN, A. C.: Improving duck marshes by weed control. — US Fish, Wildlife Serv. Circ. **19**, 1—49, 1953.
- MATHIS, W., FERGUSON, F. F., UPHOLT, W. W., and QUARTERMAN, K. D.: The relative effectiveness of DDT and DDD as anopheline mosquito larvicides under field conditions. — J. nat. Malaria Soc. (Florida, South Carolina) **9**, 95—98, 1950.
- , and QUARTERMAN, K. D.: Preliminary field studies on the use of heavy dosages of DDT and benzene hexachloride as residual mosquito larvicides. — J. nat. Malaria (Florida, South Carolina) Soc. **8**, 270—279, 1949.
- , —: Field investigations on the use of heavy dosages of several chlorinated hydrocarbons as mosquito larvicides. — Amer. J. trop. Med., Hyg. **2**, 318, 1953.
- MAYHEW, J.: Toxicity of seven different insecticides to rainbow trout *Salmo gairdnerii* (RICHARDSON). — Proc. Iowa Acad. Sci. **62**, 599—606, 1955.
- McKEE, J. E.: Water quality criteria. — Calif. State Water Poll. Control Board, 1—512, 1952.
- MERTIN, J. V.: Pesticides. A review of their uses, properties and hazards. — Dept. Health, Commonw. Austr. 1951.
- MILLS, H. R.: Death in the Florida marshes. — Audubon Mag. **54**, 285—290, 1952.
- MINCKLEY, W. L.: Effect of subsurface percolation on water treated with rotenone. — Progr. Fish-Culturist **19**, 141, 1957.
- MORETTI, G. P.: Insetticidi clorurati e loro tossicità per alcuni artropodi e vertebrati acquatici. — Atti Soc. ital. Sci. natur. **87**, 5—39, 1948. Zit. nach BODENSTEIN (1955).

- MORGAN, P. F.: Development in industrial waste treatment in Iowa. — Proc. 5th ind. Waste Conf. Purdue Univ., 1949.
- MOORMAN, R. B., and RUHR, C. E.: Suggestions for improving the collection of fish with rotenone. — Progr. Fish-Culturist **13**, 149—152, 1951.
- MÜLLER, F.: Fliegenspritzmittel und Aquarium-Fische. — Anz. Schädl.kunde **26**, 89—90, 1953.
- NELSON, A. L., and SURBER, E. W.: DDT investigations by the Fish and Wildlife Service in 1946. — US Dept. Int., spec. Sci. Rept. **41**, 1—8, 1947.
- NEURURER, H., und SLANINA, K.: Chemische Bekämpfung unerwünschter Teichpflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Fischtoxizität von Herbiziden. — Pflanzenschutzberichte, Wien, **24**, 139—162, 1960.
- NIETZKE, G.: Über die Giftwirkung der organisch-synthetischen Insektenbekämpfungsmittel auf Zierfische. — Wochenschr. Aquar., Terrarienk. **44**, 151—155, 1950.
- : Herbizide Hormon-Präparate und ihre Wirkung auf Fische. — Arch. Fisch.wiss. **4**, 36—39, 1952/53.
- : Seggenbekämpfung mit ätzenden Herbiziden an und in stehenden Gewässern. — Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, **6**, 23—26, 1954.
- NOLTE, H. W.: Über die Wirkung von Dinitro-o-Kresolen auf die Fische. — Anz. Schädl.kunde **16**, 19—20, 1940.
- ODUM, E. P., and SUMERFORD, W. T.: Comparative toxicity of DDT and four analogues to goldfish, *Gambusia* and *Culex* larvae. — Science, Washington, **104**, 480—482, 1946.
- PAGÁN, C.: The use of guppies in the toxicological assay of derris and *Lonchocarpus* roots. — J. econ. Ent. **41**, 942—945, 1948.
- PARKHURST, Z. E., and JOHNSON, H. E.: Toxicity of Malathion 500 to fall chinook salmon. — Progr. Fish-Culturist **17**, 112—116, 1955.
- PIELOU, D. P.: Lethal effects of DDT on young fish. — Nature, London, **158**, 378, 1946.
- POETEREN, N. VAN: Visschen en Carbolineum. — Tijdschr. Plantenziekten 1933 (Ref.: Ztschr. Pfl.kranh. **43**, 429, 1933).
- POST, G.: Two new insecticides: The present knowledge of the effect of toxaphene and chlordane in game birds in Wyoming. — Wyoming Wildlife Mag., May 1949, 1—7. Zit. nach GRUCH und STEINER (1960).
- : Effects of toxaphene and chlordane on certain game birds. — J. Wildlife Managem. **15**, 381—386, 1951 a. Zit. nach GRUCH und STEINER (1960).
- : A study of aldrin insecticide: Its effects on birds and other wildlife. — Wyoming Wildlife **15**, nr. 9, p. 4—9, 32—36, 1951 b. Zit. nach GRUCH und STEINER (1960).
- PRÉVOST, G., LANOUILLE, C., and GRENIER, F.: Effect of volume on the determination of DDT or rotenone toxicity of fish. — J. Wildlife Managem. **12**, 241—250, 1948.
- PRICE, R. W., and CALSETTA, D. R.: Pro-noxfish, a new synergised formulation for fish control. — Proc. ann. Conf., Southeastern Assoc. Game, Fish Comm. **10**, 68—69, 1957.
- PRZYGODDA, W.: Über die Einwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Wirbeltiere. — Schweiz. Naturschutz H. **1**, 1—10, 1958.
- RICHARDS, A. G., and CUTCOMP, L. K.: Correlation between the possession of a chitinous cuticle and sensitivity to DDT. — Biol. Bull. **90**, 1946. Zit. nach LIEBMANN (1960).

- RICHARDSON, C. H., and SHEPARD, H. H.: The effect of hydrogen-ion concentration on the toxicity of nicotine, pyridine and methylpyrrolidine to mosquito larvae. — *J. agric. Res.* **41**, 1930.
- ROARK, R. C.: A digest of information on toxaphene. — US Dept. Agric. Bur. Ent., Plant Quar., Publ. E-802, 1—85, 1950.
- : A digest of information on chlordane. — US Dept. Agric. Bur. Ent., Plant Quar., Publ. E-817, 1—132, 1951.
- ROEGNER-AUST, S.: Schädlingsbekämpfung und Fischerei. — *Vom Wasser* **17**, 22—37, 1949 a.
- : Über die Wirkung der neuen Kontaktinsektizide auf Fische. — *Verh. dtsh. Ges. angew. Ent.* 11. Mitgl.vers. 1949, 129—136, 1949 b.
- : Einige Beobachtungen über die Wirkung von DDT- und Hexapreparaten auf Fische. — *Ztschr. angew. Ent.* **31**, 208—227, 1950.
- RUDD, R. L., and GENELLY, R. E.: Pesticides, their use and toxicity in relation to wild-life. — Calif. Dept. Fish, Game, Game Bull. **7**, 1956.
- SAVAGE, J.: Aquatic insects: Mortality due to DDT and subsequent re-establishment. — *Rept. Lands, Forests, Ontario, Div. Res. Bull.* **2**, 39—47, 1949.
- SHEPARD, H. H.: The chemistry and action of insecticides. — 504 p., McGraw Hill Book Co., New York 1951.
- SIEGLER, H. R., and PILLSBURG, H. N.: Use of derris to reclaim ponds for game fish. — *J. Wildlife Managem.* **10**, 308—316, 1946.
- SIMMONS, S. W.: Some current developments in the use of economic poisons. — *Proc. ann. Meetg. south. Br. amer. public Health Assoc.*, 1950.
- SKRAMLIK, E. VON: Vergleichende Untersuchungen über die Giftigkeit des Nikotins. — *Ztschr. vergl. Physiol.* **31**, 149—226, 1948/49.
- SLADE, R. E.: The γ -isomer of hexachlorocyclohexane (gammexane). *Chem. and Ind.* nr. 40, 314—319, 1945.
- SMITH, M. W.: Copper sulfate and rotenone as fish poisons. — *Trans. amer. Fish. Soc.* **69**, 141—157, 1939.
- : Treatment of Potter's Lk., New Brunswick, with rotenone. — *Trans. amer. Fish. Soc.* **70**, 347—355, 1940.
- : The use of poisons to control undesirable fish in Canadian fresh waters. — *Canad. Fish Culturist* **8**, 17—29, 1950.
- SOLMAN, V. E. F.: History and use of fish poisons in the US. — *Canad. Fish Culturist* **8**, 3—16, 1950.
- SPEIRS, J. M.: The relation of DDT spraying to the vertebrata life of the forest. — *Rept. Lands, Forests, Ontario, Div. Res. Bull.* **2**, 39—47, 1949.
- SPEYER, W.: Das Absterben von Fischen und Regenwürmern infolge der Winterspritzung mit Obstbaumkarbolineum. — *Anz. Schädl.kunde* **3**, 76—77, 1927.
- : Obstbaumkarbolineum als Schädlingsbekämpfungsmittel. — *Ztschr. angew. Ent.* **20**, 565—589, 1934.
- : Die Wirkung von Dinitroorthokresolen auf Fische. — *Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd.* **19**, 43—44, 1939.
- : Über die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Fische. — *Ztschr. Pfl.krankh.* **55**, 144—154, 1948.

- SPRINGER, P. F., and HAUGEN, A. O.: Effect of insecticides on wildlife. — 3rd Army Ann. Insect, Rodent Control Train. Conf., Memphis/Tennessee, 1953 (Mimeogr. US Fish, Wildlife Serv., 1953).
- , and WEBSTER, J. R.: Biological effects of DDT applications on tidal salt marshes. — 16th north amer. Wildlife Conf. 1951, 383—397, 1951 a.
- , —: Biological effects of DDT application on tidal salt marshes. — Mosquito News **11**, 67—74, 1951 b.
- , —: Effects of DDT on saltmarsh wildlife: 1949. — Fish, Wildlife Serv., spec. Sci. Rept., Wildlife **10**, 1—24, 1951 c.
- SUMERFORD, W. T.: Chemistry and toxicity of some organfluorine insecticides. — Advances Chem. Ser. **1**, 160—174, 1950.
- SURBER, E. W.: Effects of DDT on fish. — J. Wildlife Managem. **10**, 183—191, 1946.
- : Aquatic plant control with 2,4-D. — US Fish, Wildlife Serv. Fish. Leafl. nr. 217, 1—5, 1947.
- : Chemical control agents and their affects on fish. — Progr. Fish-Culturist **10**, 125—131, 1948.
- : Control of aquatic plants in ponds and lakes. — US Fish, Wildlife Serv., Fish. Leafl. nr. 344, 1—20, 1949.
- : Control of aquatic growth in impounding reservoirs. — J. amer. Water Works Assoc. **42**, 735—740, 1950.
- : Toxicities of some chemical substances to fish. — 6th ann. Poll. Abat. Conf. 1951, Manufact. Chem. Assoc., 35—45, 1951.
- , and BARTSCH, A. F.: Are chemicals killing our fish and wildlife? — Outdoor America **17**, 4—11, 1952.
- , and FRIDDLE, D. D.: Relative toxicity of suspension and oil formulations of DDT to native fishes in Back Creek, West Virginia. — Trans. amer. Fish. Soc. **76**, 315—321, 1946.
- , and HOFFMANN, C. H.: Effects of various concentrations of DDT on several species of fish of different sizes. — US Fish, Wildlife Serv. spec. Sci. Rept., Fish. nr. 4, 1—19, 1949.
- , and MEEHEAN, O. L.: Lethal concentrations of arsenic for certain aquatic organisms. — Trans. amer. Fish. Soc. **61**, 225—239, 1931.
- , MINARIK, C. E., and ENNIS, W. B.: The control of aquatic plants with phenoxy-acetic compounds (Experimental work with certain plantgrowth regulators as herbicides). — Progr. Fish-Culturist **9**, 143—150, 1947.
- SCHÄPERCLAUS, W.: Fischvergiftungen durch DDT und Benzolhexachlorid. — Wochenschr. Aquar., Terrarienk. **43**, 322—325, 1949.
- : Auswirkungen der Insektenbekämpfung mit DDT und Benzolhexachlorid auf Fischgewässer. — Abh. Fisch. **3**, 637—645, 1950.
- SCHAUT, G. G.: Fish catastrophes during droughts. — J. amer. Water Work Assoc. **31**, 1939.
- SCHOURING, L., und HAUG, G.: Die Wirkung von Natriumchlorat auf Fische und andere Wassertiere. — Bad. Fisch.-Ztg. **10**, 17—21, 1933.
- , und HEUSCHMANN, O.: Über die Giftwirkung von Derris-Präparaten auf Fische. — Allg. Fisch.-Ztg. **60**, 370—378, 1935.

- SCHILLER, H.: Über ein biologisches Testverfahren zum Nachweis einer Schädigung bei Fischen durch E-Mittel. — Inaug. Diss. Tierärztl. Fak. Univ. München 1953.
- SCHNEIDER, W.: Die Wirkung der neuen Kontaktinsektizide auf Fischnährtiere. — Inaug. Diss. Tierärztl. Fak. Univ. München 1953.
- SCHULZE, F., SWEETMAN, H. L., and SPEAR, P. J.: Toxicity of lindane vapor to tropical fish. — J. econ. Ent. **45**, 1094—1097, 1952.
- SCHUSTER-WOLDAN, E.: Über Nikotinwirkungen auf *Lebistes reticulatus*. — Reichsgesundheitsbl. **62**, 686, 1938 a.
- : Das Verhalten des viviparen Zahnkarpfens *Lebistes reticulatus* gegenüber schwachen Nikotinslösungen. — Klin. Wochenschr. **17**, 1481, 1938 b.
- : Über Nikotinwirkungen auf *Lebistes reticulatus*. — Arch. Entwicklunsmech. **138**, 739, 1938 c.
- : Über die individuelle Empfindlichkeit von *Lebistes reticulatus* gegenüber Nikotinslösungen verschiedener Konzentration. — Naunyn-Schmiedebergs Arch. **194**, 156, 1940.
- SCHWARZ, F.: Über die Wirkung kontaktinsektizider Stoffe auf das Zentralnervensystem einiger Kaltblüter. — Arch. exp. Path., Pharmakol., Leipzig, **207**, 609—624, 1949.
- STAGE, H. H.: Facts and fallacies about DDT. — Mosquito News **6**, 1—6, 1946.
- STEINER, P., und GRUCH, W.: Zur Toxikologie der Insektizide. — Mitt. Biol. Bundesanst., Berlin-Dahlem, H. 95, 1959.
- STEINFATT, O., und WELLENSTEIN, G.: Folgeerscheinungen der Giftbestäubung auf die höheren Tiere und auf die Pflanzenwelt. — Monogr. angew. Ent., Berlin, **15**, 1942.
- STEINMANN, P.: Toxikologie der Fische. — Handb. Binnenfischerei; hrsg. von MAIER und DEMOLL; Schweizerbart, Stuttgart 1928.
- : Schwere Gefährdung der Forellenfischerei durch ein giftiges Spritzmittel gegen Pflanzenschädlinge. — Schweiz. Fisch.-Ztg. **57**, 1948.
- STEVENSON, J. H.: The toxicity of certain organic insecticides to four species of fish. — Arkansas Game, Fish. Comm. 1952. Zit. nach STEINER und GRUCH (1959).
- STOCK, M.: Toxicity of four insecticides on trout. — Agric. Bull. (Shell) ADB-219, 1950. Zit. nach STEINER und GRUCH (1959).
- STORER, T. I.: DDT and Wildlife. — J. Wildlife Managem. **10**, 181—183, 1946.
- STROUD, R. H.: Super insecticides — space-age pollutants. — Bull. Sport Fish. Inst. **74**, 1—2, 1958.
- TARZWELL, C. M.: Effects of DDT mosquito larviciding on wildlife. I. The effects on surface organisms of the routine hand application of DDT larvicides for mosquito control. — Public Health Repts., Washington, **62**, 525—554, 1947.
- : Effects of routine DDT mosquito larviciding on wildlife. — J. nat. Malaria Soc. (Florida, South Carolina) **7**, 199—206, 1948.
- : Effects of DDT mosquito larviciding on wildlife. V. Effects on fishes of the routine manual and airplane application of DDT and other mosquito larvicides. — Public Health Repts., Washington, **65**, 231—255, 1950.
- : The toxicity of some organic insecticides to fishes. — Southeast. Assoc. Game, Fish Comm., Columbia (South Carolina) 1958. Zit. nach GRUCH und STEINER (1960).
- , and HENDERSON, C.: Toxicity of dieldrin to fish. — Trans. amer. Fish. Soc. **86**, 245—257, 1956.

- TILLER, R. E., and CORY, E. N.: Effects of DDT on some tidewater aquatic animals. — J. econ. Ent. **40**, 431—433, 1947.
- TIMMERMANN, J. A.: Essais sur le controle de la végétation aquatique à l'aide d'herbicides. — Minist. Agric., Admin. Eaux, Forêts, Stat. Rech. Groenendaal, Trav. Sér. D nr. 17, 1955.
- TRAVIS, B. V.: Studies of mosquito and other biting-insect problems in Alaska. — J. econ. Ent. **42**, 451—457, 1949.
- TRUELLE, M. A.: Poškození ryb pesticidními přípravky (Beschädigung der Fische durch pestizide Präparate). — Živočišná výroba Praha **30**, 429—432, 1957.
- TÜRCKE, P.: Erfahrungen in der Bekämpfung der Hartflora auf Teichböden mit chlorathaltigen Mitteln. — Dtsch. Fisch.-Ztg. **4**, 51—58, 1957.
- VOITLÄNDER, U.: Über die Wirkung von Kontaktinsektiziden, insbesondere E 605 und Hexachlorocyclohexan, auf Fische und Frösche. — Inaug. Diss. Tierärztl. Fak. Univ. München 1955.
- WACHEK, F.: Vorläufige Mitteilung über die Wirkung von Thiodan auf Fische. — Pflanzenschutz, München, **10**, 68—69, 1958.
- WAGNER, H.: Fischsterben im Abflußjahr 1949. — Gesundh.-Ing. **71**, 1950 a.
- : Abwasserlastpläne als Hilfsmittel der wasserwirtschaftlichen Planung. — Wasserwirtschaft, Sdrh. 1950, 1950 b.
- WARRICK, L. F.: Blitz on insects creates water problems. — Proc. 6th ind. Wastes Conf., Purdue Univ. 1951, 415—463, 1951.
- WASHBURN, G. N.: The toxicity of DDT to the eastern brook trout, *Salvelinus f. fontinalis* (MITCHILL). — Pap. Michigan Acad. Sci., Arts, Lett. **33**, 181—192, 1947.
- WASICKY, R., y UNTL, O.: Ensaios de laboratório com o „Chlordan“ no combate aos Culicídeos. — An. Fac. Farm. Odont. Univ. São Paulo **7**, 323—330, 1948/49.
- , —: Estudos experimentais dos inseticidas dieldrina e aldrina. — An. Fac. Farm. Odont. Univ. São Paulo **11**, 169—196, 1953.
- , —, y SCHIAVI, A.: Ensaios com novos larvicidas. — An. Fac. Farm. Odont. Univ. São Paulo **7**, 307—321; 1948/49.
- WASSERBURGER, H. J.: *Daphnia magna* als Testtier zum Nachweis von kontaktinsektiziden Spuren. — Pharmazie **7**, 731—734, 1952.
- WEBB, F. E.: Aerial chemical control of forest insects with reference to the Canadian situation. — Canad. Fish Culturist **24**, 3—16, 1959.
- WEBBE, G.: The action on fish of several chlorinated hydrocarbons when used as larvicides. — Ann. trop. Med. Parasit. **51**, 264—270, 1957.
- WEBSTER, R. L.: New insecticides: Their use, limitations and hazard to human health. — Washington agric. Exp. Stat., Inst. agric. Sci., Stat. Circ. 1951.
- WEIER, J. L., and STARR, D. F.: The use of rotenone to remove rough fish for the purpose of improving migratory waterfowl refuge areas. — J. Wildlife Managem. **14**, 203—205, 1950.
- WEISS, C. M., and BOTTS, J. L.: Factors affecting the response of fish to toxic materials. — Sewage, ind. Wastes (Pennsylv.) **29**, 810—818, 1957.
- WELTE, E.: Einsatzmöglichkeiten von Natriumtrichloracetat zur Bekämpfung von Schilf und verschiedenen Sauergräsern. — Mitt. Biol. Bundesanst., Berlin-Dahlem, H. 85, 187—189, 1956.

- WIEBE, A. H.: Notes on the exposure of young fish to varying concentrations of arsenic. — Trans. amer. Fish. Soc. **60**, 270—278, 1930.
- WITT, P.: Insektizid-Untersuchungen als Beitrag zur vergleichenden Pharmakologie des Nervensystems. — Arch. exp. Path., Pharmakol., Leipzig, **208**, 185—186, 1949.
- WOOD, E. M.: The toxicity of 3400 chemicals to fish. — US Fish, Wildlife Serv. Br. Fish. Biol. unpubl. Rept., 1953.
- WUHRMANN, K., und WOKER, H.: Über die Giftwirkungen von Ammoniak und Zyanidlösungen mit verschiedener Sauerstoffspannung und Temperatur auf Fische. — Schweiz. Ztschr. Hydrol. **15**, 1953.
- , —: Giftigkeit von konfektionierten Spritzmitteln für Fische. — „Zur Maikäferbekämpfung mit Phosphamidon“, 32 S., Ciba AG Basel 1959.
- WUNDER, W.: Bekämpfung unerwünschter Teichpflanzen mit chemischen Mitteln. Seggenbekämpfung mit Nata. — Fischbauer **7**, 365, 1956.
- : Die Bekämpfung unerwünschter Teichpflanzen mit chemischen Mitteln. Versuche mit Nata und Ugex. — Allg. Fisch.-Ztg. **82**, 330—331 u. 348—350, 1957.
- YOSHIHARA, T., and FUJIOKA, J.: The toxicity of chemicals on fish. II. The estimation of the effectiveness of insecticides on the young carp, *Cyprinus carpio* LINNÉ. — Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Tokyo **22**, 641—644, 1957.
- YOUNG, L. A., and NICHOLSON, H. P.: Stream pollution resulting from the use of organic insecticides. — Progr. Fish-Culturist **13**, 193—198, 1951.