

## Zur Wirkung einiger Detergentien auf Süßwasserorganismen

I. Madai und H. An der Lan

Detergentien, im allgemeinen Sprachgebrauch auch einfach als Waschmittel bezeichnet, sind synthetische oberflächenaktive Stoffe, die in der Industrie und im Haushalt weitgehende Anwendung finden und mit städtischen und industriellen Abwässern in stehende und fließende Gewässer gelangen. Da manche von diesen Verbindungen nur schwer abzubauen sind oder keinem Abbau unterliegen, bleiben sie in Gewässern längere Zeit erhalten, können in das Grundwasser gelangen und kommen auf verschiedenen Wegen auch in das Trinkwasser, da sie durch die im Gebrauch stehenden Filteranlagen hindurchgehen.

Die biologische Wirkung der Detergentien ist nur ungenügend bekannt. Es ist aber von größter Wichtigkeit, diese zu kennen, um nicht mehr gutzumachende Spätschäden in der belebten Welt zu vermeiden. Ihre biologische Wirkung ist teilweise mit einer physikalischen verknüpft: Es handelt sich, wie gesagt, um oberflächenaktive Verbindungen, d. h. sie haben die Eigenschaft, zwischen eine organische oder anorganische Oberfläche und der darauf haftenden (natürlichen oder unnatürlichen) Schmutzschichte, Schichte von Fetten oder fettähnlichen Substanzen einzudringen, wodurch diese Schichten losgelöst werden. Für organische Oberflächen bedeutet dies, daß manche Epithelien ihrer Schutzschicht beraubt werden. Daraus folgt, daß zarte Epithelien zugrunde gehen können und dadurch der Weg für das Eindringen anderer Stoffe bzw. Keime offen steht.

Zahlreich ist die Literatur, die sich mit der Auswirkung dieser Verbindungen auf Bakterien und Algen beschäftigt, Organismen, die als Stoffproduzenten im Boden und im freien Wasser eine wichtige Rolle spielen, aber ebenso bei der Abwasserreinigung hervorragend beteiligt sind. Im einzelnen sei hier auf diese Literatur nicht eingegangen, doch erscheint mir eine Arbeit erwähnenswert (N e r m u t , 1964), weil in ihr auf die zerstörende Wirkung einiger Detergentien auf Zellmembranen bei pflanzlichen Mikroorganismen besonders eingegangen wird und eine ähnliche Wirkung bei manchen tierischen Organismen ebenfalls zu erwarten ist.

Für unsere Überlegungen ist aber jene Literatur wichtig, die sich mit der Auswirkung dieser Verbindungen auf Süßwassertiere befaßt. *Mann* (1955) weist nach, daß Leonil AR-flüssig, Hostapon T, Hostapal CV und Leonil RW in Konzentrationen von 10 mg/l auf Fischnährtiere tödlich wirken. Dasselbe gilt für die meisten im Haushalt verwendeten Wasch- und Reinigungsmittel, die oberhalb der eben genannten Konzentration ebenfalls auf Fischnährtiere tödlich wirken.

Soweit Literatur vorhanden ist, die Auswirkungen auf Fische selbst behandelt, geht aus dieser folgendes hervor: Alkylsulfat und Alkylarylsulfonat sollten in einer Konzentration von 10 mg/l nach 2 bis 4 Tagen auf Goldfische tödlich wirken (*Sierp u. Thiele*, 1954). Es wird die Vermutung ausgesprochen, daß der Tod durch Schädigung der Kiemenschleimhäute eintritt. Daß eine Kiemenschädigung wirklich eintritt, zeigen die Untersuchungen von *Schmid und Mann* (1961, 1962). Die genannten Autoren arbeiteten mit dem anionischen Mittel Dodecylbenzolsulfonat und konnten nachweisen, daß diese Verbindung zu einer irreversiblen Schädigung der Forellenkien führt. Eine merkbare Schädigung beginnt schon bei Konzentrationen von 3 bis 5 mg/l und führt bei Werten von 20 mg/l innerhalb von 20 Minuten zum Tod der Tiere, hervorgerufen durch Zerstörung des Kiemenepithels. Außerdem ist aber daran zu denken, daß noch andere über die Kiemen laufende physiologische Prozesse durch Detergentien unterbunden werden können.

Hostapon und Hostapal führten in einer Konzentration von 25 mg/l bei Schleien, Karpfen, Barschen und Kaulbarschen zum Tod der Tiere (*Mann*, 1955). Einzelne hochwirksame Verbindungen führen schon in Mengen von 3 bis 5 mg/l zum Absterben der Fische. Wichtig ist, daß Kombinationen von Stoffen häufig toxischer wirken als die Einzelverbindungen (*Bandt*, 1947).

Weiter geht aus der einschlägigen Literatur hervor, daß auch die Fischnährtiere unter diesen Stoffen leiden können (*Mann*, 1962) und außerdem ein sehr ungünstiger Einfluß auf die Fischentwicklung eintreten kann, durch ungünstige Beeinflussung der Befruchtung und Eientwicklung (*Mann und Schmid*, 1961).

Da diese Stoffe in den Abwässern heute schon Werte erreichen, die den im Wasser lebenden tierischen Organismen schädlich werden können und in der Zukunft mit einem Ansteigen dieser Mittel zu rechnen ist, so kommt derartigen Untersuchungen besondere Bedeutung zu. So ist z. B. die biologische Auswirkung der sogenannten „harten“ und

„weichen“ Detergentien noch völlig unklar. In diesem Zusammenhang sind die Ergebnisse der Untersuchungen von Lüdemann und Kayser (1963) besonders erwähnenswert, da sie zeigen, daß einzelne Verbindungen schon in recht geringen Konzentrationen in der Lage sind, auf Fische tödlich zu wirken.

Da aus der bisher vorliegenden Literatur zu ersehen ist, daß die Auswirkungen von Detergentien auf die Süßwassertierwelt nur ungenügend bekannt sind, so stellten wir am Zoologischen Institut der Universität Innsbruck Versuche an, um in dieser Hinsicht Anhaltspunkte zu erhalten.

Als Versuchstiere verwendeten wir Vertreter folgender Tiergruppen:

1. Tricladida, und zwar die Arten: *Crenobia alpina* (Dana) und *Dugesia gonocephala* (Dugés).
2. Oligochaeta: *Tubifex*-Arten.
3. Crustacea: *Daphnia pulex* (De Geer), Ostracoden und *Gammarus pulex* (De Geer).
4. Diptera: *Culex rustuans*, Larven.
5. Mollusca: *Ancylus fluviatilis* O. F. M.
6. Pisces: *Lebistes reticulatus* Peters (Guppy).

Mit Ausnahme der Guppies, Daphnien und Ostracoden wurden die einzelnen Versuchstiere zu je fünf Exemplaren in Petrischalen gehalten, und zwar in mehreren Versuchsreihen, ebenso die Kontrolltiere. Die Wassertemperatur lag bei allen Versuchen im Bereich von 12 bis 16 Grad. Alle drei Tage wurde das Wasser gewechselt. Eine Fütterung während der Versuche erfolgte nicht. Die anderen Tiere wurden in kleinen Aquarien (1 Liter Inhalt) gehalten, ebenfalls bei den genannten Temperaturen, nur bei Guppies betrug die Temperatur + 20 Grad. Wenn sich bei einer bestimmten Konzentration nach 30 Tagen keine Wirkung zeigte, wurde der Versuch abgebrochen.

Als Detergentien standen uns zur Verfügung:

1. Natriumlaurylsulfat (anionisch)
2. Cetylpyridiumchlorid (kationisch)
3. Lissapol NXA (nicht ionisch)
4. Lissapol N (nicht ionisch)
5. Hostapal (nicht ionisch)

Die Wirkungen der einzelnen Detergentien im Laborversuch:

**Natriumlaurylsulfat** Dieses anionische Detergens zeigt gegenüber den Trikladen *Crenobia alpina* und *Dugesia gonocephala* eine rasche Giftwirkung erst bei Konzentrationen über 10 ppm. Als erstes Anzeichen der Reizwirkung ist eine starke Schleimabsonderung sofort erkennbar, verbunden mit einer Kontraktion des ganzen Körpers. In sehr vielen Fällen wird der Pharynx ausgestoßen, eine Erscheinung, die auch bei anderen chemischen Verbindungen häufig zu beobachten ist (Aspöck, 1962, Anderson, 1962). In dem Konzentrationsbereich von 10 ppm verenden alle Tiere in einem Zeitraum von 5 bis 7 Stunden. Unter diesem Wert nimmt die Lebensdauer der Tiere rasch zu, denn bei einer Konzentration von 4 ppm gehen die ersten Tiere nach 5 Tagen, die letzten nach rund 20 Tagen zugrunde. Bei den niedrigen Werten kommt es zunächst zu einer Bewegungsunruhe des Tieres, und anschließend erfolgt die Schleimabsonderung, verbunden mit einer starken „Blähung“ des Körpers. Das Verenden der Tiere wird eingeleitet durch gewebliche Auflösungserscheinungen, die bei Konzentrationen über 10 ppm stets am Vorderende beginnen, bei niedrigeren Konzentrationen am Vorderende, aber auch am Hinterende. Diese Auflösungserscheinungen können sich bei niedrigen Konzentrationen (1 ppm) über mehrere Tage (5 bis 6) hinziehen. Die ermittelte Grenzkonzentration liegt bei diesen Tieren bei 0,5 ppm. Es muß noch hinzugefügt werden, daß *alpina* im allgemeinen etwas empfindlicher ist als *gonocephala*.

Auf Tubificiden wirkt diese Verbindung in einer Konzentration von 10 ppm anscheinend nicht, da alle Tiere nach 30 Tagen noch am Leben sind. Höhere Konzentrationen wurden nicht genommen, da im Freiland mit so hohen Konzentrationen kaum zu rechnen ist.

Bei *Daphnia pulex* (in diesem Fall wurden stets 20 Exemplare gehalten) zeigt sich, daß eine Menge von 10 ppm sich so auswirkt, daß einzelne Tiere nach 3 bis 4 Tagen eingehen, die übrigen aber erst nach 10 Tagen. Bei 2 ppm sterben einige Exemplare nach 5 bis 6 Tagen, der Rest erst nach drei Wochen. Eine unschädliche Grenzkonzentration liegt zwischen 1 und 2 ppm.

Ostracoden (20 Tiere) verhalten sich sehr ähnlich wie Daphnien. Eingehende Tiere werfen die Schalen ab. Die für diese Tiere unschädliche Grenzkonzentration liegt innerhalb 2 und 5 ppm.

*Culex-restuans*-Larven und -Puppen zeigen keine Beeinflussung durch dieses Detergens, zumindest nicht in einer Höhe von 10 ppm.

*Ancylus fluviatilis* verhält sich sehr unterschiedlich, was aller Wahrscheinlichkeit nach auf die gelegentlich starke Parasitierung durch *Aeolosoma* zurückzuführen sein dürfte. Die befallenen *Ancylus*-Exemplare sind viel weniger widerstandsfähig, so daß sich in einer Konzentration von 10 ppm große individuelle Schwankungen einstellen. Die Grenzkonzentration, unter der keine Tiere mehr eingehen, liegt bei 5 ppm. Verglichen mit anderen Organismen stellt dies einen hohen Wert dar.

Die meisten Fischarten erweisen sich chemischen Verbindungen gegenüber als sehr empfindlich. Auch *Lebistes reticulatus* wird durch Natriumlaurylsulfat stark beeinflusst, da sich durch die Versuche zeigen ließ, daß die Grenzkonzentration sehr niedrig liegt, nämlich zwischen 0,5 und 1 ppm. Bei 1 ppm verenden alle Versuchstiere nach 20 bis 30 Tagen. Ein Gehalt von 10 ppm wirkt rasch: nach 15 bis 18 Stunden sind alle Tiere tot. Bei niedrigen Konzentrationen zeigen die Tiere nach wenigen Stunden schon ein unkoordiniertes Verhalten, auch liegen sie häufig mit der Bauchseite nach oben im Wasser und gehen in dieser Stellung ein. Bemerkenswert ist, daß bei einer Konzentration von 2 ppm alle Tiere nach rund 20 Tagen zugrunde gehen, aber sie sich vollständig erholen, wenn man sie nach 10 Tagen in reines Wasser überträgt.

### Cetylpyridiumchlorid

Eine kationische Verbindung, die sich den meisten von uns untersuchten Tieren gegenüber als hoch toxisch erwiesen hat.

Die beiden Trikladenarten *Crenobia alpina* und *Dugesia gonoccephala* sind diesem Stoff gegenüber hochempfindlich. Schon bei der geringen Konzentration von 2 ppm gehen alle Tiere innerhalb 6 Stunden zugrunde, wobei eine starke Schleimabsonderung auftritt und anschließend gewebliche Auflösungserscheinungen einsetzen, am Vorderende beginnend. Bei höheren Werten, um 10 ppm, dauern die Auflösungsprozesse ein bis maximal zwei Stunden. Aber auch die sehr niedrige Konzentration von nur 1 ppm führt bei beiden Arten nach rund 30 Stunden zum Tod der Tiere, wobei der Vorgang der geweblichen Auflösung ca. fünf Stunden in Anspruch nimmt. Trotz der niedrigen Konzentration macht sich eine solche schon in den ersten Stunden am Gehaben der Tiere deutlich bemerkbar. Es zeigt sich nämlich sehr bald, daß die Würmer zu koordinierten Bewegungen nicht mehr fähig sind, anschlie-

Bend Lähmungserscheinungen auftreten und die Tiere dann mehr oder weniger kontrahiert auf der Rückenseite liegen bleiben.

*Alpina* ist etwas empfindlicher als *gonocephala*, denn bei der erstgenannten Art liegt der Grenzwert zwischen 0,1 und 0,25 ppm, bei der zweiten Art zwischen 0,25 und 0,5 ppm. Auch hinsichtlich der geweblichen Auflösungserscheinungen ist zwischen *alpina* und *gonocephala* ein Unterschied, derart, daß bei *alpina* die histolytischen Erscheinungen nicht nur vom Vorderende ausgehen, sondern auch vom Hinterende, und zwar gleichzeitig. Daß gerade Vorder- und Hinterende besonders empfindlich reagieren, dürfte sicherlich damit zusammenhängen, daß diese Partien mit wesentlich weniger Rhabditenbildungszellen versehen sind als der übrige Körper, somit der Schutz des Rhabditenschleimes an diesen Stellen weniger wirksam ist.

Tubificiden erweisen sich ebenfalls als außerordentlich empfindlich gegenüber Cetylpyridiumchlorid. Bei Werten von 5 bis 10 ppm erfolgt sofort eine heftige Reizwirkung, die sich in schlagenden Körperbewegungen manifestiert. Nach ca. einer Stunde treten allgemeine Lähmungserscheinungen auf, die auch das Zirkulationssystem erfassen. In diesem tritt in den mittleren Partien eine Blutstauung auf, vor allem deutlich im Rückengefäß, so daß das Vorder- und Hinterende hell erscheinen. Unter 5 ppm ist das starke Ausschlagen des Körpers nicht mehr bemerkbar, wohl aber zeigt sich die Blutstauung in den mittleren Körperabschnitten. Bei 2 ppm leben die Tiere durchschnittlich 15 Stunden, bei 1 ppm bis 45 Stunden. Ein deutlich erkennbarer Schwellenwert ist erst bei den sehr niedrigen Werten zwischen 0,5 und 0,35 ppm gegeben. Bei 0,5 ppm sterben die Versuchstiere nach fünf Tagen ab, hingegen leben über 80 Prozent noch nach einem Monat bei einem Wert von 0,25 ppm.

Auch gegenüber *Daphnia pulex* erweist sich Cetylpyridiumchlorid als stark toxisch, doch ergibt sich interessanterweise kein Unterschied im Vergiftungsverlauf innerhalb der Konzentrationswerte von 10 ppm abwärts bis zu 1 ppm. Alle Tiere verenden innerhalb 10 Stunden und zeigen starke Quellungserscheinungen, verbunden mit Auflösungsprozessen der Weichteile, wobei die beiden Schalenhälften weit auseinander klaffen. Erst unter 1 ppm hören nach 24 Stunden die Lebensfunktionen auf, und gewebliche Auflösungen beginnen erst nach 3 bis 4 Tagen. Anscheinend unterliegen im Brutraum liegende Embryonen überhaupt keinen Veränderungen. Auch hier liegt die Grenzkonzentration außerordentlich niedrig, nämlich zwischen 0,1 und 0,25 ppm.

Ostracoden zeigen keine so hohe Empfindlichkeit gegenüber dieser Verbindung, auch treten deutliche individuelle Unterschiede auf. Es ist nicht klar, worauf diese Unterschiede zurückzuführen sind. Innerhalb der Spanne von 10 ppm bis herunter zu 1 ppm sind nach 24 Stunden noch alle Tiere am Leben. Bei 10 ppm gehen die Tiere nach 4 Tagen ein, in einer 2-ppm-Konzentration ist ein Teil der Tiere nach 6 Tagen verendet, die übrigen nach 10 bis 11 Tagen. Bei allen eingegangenen Tieren stehen die beiden Schalenhälften weit offen. Der kritische Punkt für diese Tiere liegt bei 1 ppm. Dieser Grenzwert ist niedrig, es dauert aber im Vergleich zu anderen Tieren verhältnismäßig lang, bis diese Kleinkrebse eingehen.

Hochempfindlich hingegen ist wieder *Gammarus pulex*. Selbst so niedere Werte wie 5 und 2 ppm sind noch hochtoxisch, denn bei dem zuerst genannten Wert gehen alle Versuchstiere nach 8 Stunden ein, bei dem zweiten Wert nach 24 Stunden. Vom ersten Augenblick an zeigt sich bei den Tieren starke Unruhe. Auch krampfartige Zustände im Verdauungstrakt scheinen gegeben zu sein, da der Darminhalt rasch entleert wird. Auch bei 1 ppm ist die Wirkung immer noch ausgeprägt, da nach 12 Stunden keine Ortsveränderung mehr vorgenommen wird, wohl aber die Extremitäten sich noch bewegen. Nach längstens 30 Stunden sind alle Tiere eingegangen. Die Grenzkonzentration liegt für *Gammarus pulex* zwischen 0,25 und 0,5 ppm, ebenfalls ein sehr niedriger Wert.

Auch bei *Ancylus fluviatilis* zeigt sich in dem sehr niedrigen Grenzwert, der zwischen 0,1 und 0,25 ppm liegt, wie toxisch dieser Stoff ist. 10,5 und 2 ppm zeigen im Vergiftungsverlauf und Verhalten dieser Tiere keine sehr wesentlichen Unterschiede. In jedem Fall lassen die Tiere sofort eine deutliche Unruhe erkennen und ziehen sich möglichst in das Schaleninnere zurück, wobei, wohl als Schutzmaßnahme, sehr viel Schleim abgesondert wird. Auch die Schale wird angegriffen, da die Ränder abbröckeln. Nach einiger Zeit erfolgt eine Quellung des Weichkörpers, und anschließend setzen überall Gewebeauflösungen ein. Sogar bei 2 ppm gehen die Tiere innerhalb von 48 Stunden ein.

Larven und Puppen von *Culex restuans* sind diesem Detergens gegenüber etwas widerstandsfähiger als die anderen Organismen, da eine Weiterentwicklung nur durch die höheren Werte von 5 und 10 ppm gestört bzw. verhindert wird. Larven können sich noch in Puppen verwandeln, doch gehen diese dann bald zugrunde. Wahrscheinlich gelangt

das Detergens über die Mundöffnung in das Körperinnere. Werte von 2 ppm und darunter stören den Entwicklungsengang nicht mehr.

*Lebistes reticulatus* (Guppy) ist in hohem Maße empfindlich gegenüber Cetylpyridiumchlorid. Bei 10 und 5 ppm gehen alle Tiere innerhalb einer Stunde ein. In den ersten 10 bis 15 Minuten schwimmen die Tiere mit geöffnetem Maul in der Nähe der Oberfläche, sinken dann zu Boden und verenden. Bei 1 ppm bleiben die Erscheinungen dieselben, erstrecken sich jedoch über einen Zeitraum von 12 Stunden. Sogar die sehr geringe Dosis von 0,25 ppm ist noch in der Lage (hier machen sich individuelle Unterschiede bemerkbar), nach 5 bis 7 Tagen die Tiere abzutöten. Die Toxizitätsschwelle ist außerordentlich niedrig und liegt zwischen 0,01 und 0,1 ppm.

#### Lissapol N X A :

In seiner Wirkung unterscheidet sich diese nichtionische Verbindung gegenüber den beiden Trikladen *Crenobia alpina* und *Dugesia gonocephala* deutlich von den beiden vorangegangenen. So tritt, was wunderbarlich ist, keine Schleimabsonderung auf, auch Quellungserscheinungen am Körper unterbleiben. Die toxische Wirkung ist etwas geringer. Bei hohen Konzentrationen von 25 bis 50 ppm zeigen die Tiere sogleich schlagende Bewegungen des Körpers, der sich anschließend spiralig einrollt und nach ca. 1 bis 2 Stunden in Starre verfällt. Bei 25 ppm nach 1 bis 2 Stunden, bei 50 ppm innerhalb einer Stunde. Der Pharynx wird gelegentlich ausgestülpt und abgestoßen. Eigenartig ist, daß die geweblichen Auflösungserscheinungen an der Bauchseite beginnen. Bei 10-ppm-Werten ist der Vergiftungsverlauf etwas anders. Es zeigen sich zunächst nur langsamere Bewegungen, es tritt kein Starrezustand ein, wohl aber eine am Vorderende und Hinterende einsetzende Gewebeauflösung, die am dritten und vierten Tag beginnt und innerhalb dieser Zeit auch zum Tod der Tiere führt. Anscheinend wirkt dieser Stoff stark histolytisch, denn auch bei niederen Werten erfolgt stets eine gewebliche Auflösung, nur nach einem entsprechend längeren Zeitraum. Bei 5 ppm z. B. beginnen diese Erscheinungen nach 7 Tagen und dauern 2 Tage an. Bei 2 ppm erfolgt derselbe Prozeß erst nach 2 Wochen und dauert 3 Tage. Aus den Versuchen ergab sich eine deutlich erkennbare Grenzwelle zwischen 1 und 2 ppm. *Dugesia gonocephala* ist, wie schon erwähnt, etwas weniger empfindlich als *alpina*. Auch sind größere individuelle Unterschiede feststellbar. Der Vergiftungsverlauf ist der-

selbe, nur liegt der Grenzwert für diese Tiere etwas höher, nämlich zwischen 2 und 3 ppm.

Tubificiden werden durch dieses Lissapol, zumindest bei einer Konzentration von 10 ppm, nicht beeinflusst.

Hingegen ist *Gammarus pulex* diesem Wirkstoff gegenüber sehr empfindlich, wie sich aus der Feststellung der Grenzkonzentration ergibt, die zwischen 1 und 2 ppm gelegen ist. Bei höheren Werten sind starke individuelle Unterschiede gegeben, da sich das Verenden der Tiere über mehrere Tage hinzieht. Bei 2 und 5 ppm in einem Zeitraum von 5 bis 15 Tagen.

Sehr bemerkenswert ist die Wirkung von Lissapol NXA gegenüber den Larven von *Culex restuans*. Eine Erklärung dafür kann zur Zeit nicht gegeben werden. Es zeigt sich folgendes: Bei dem verhältnismäßig hohen Wert von 10 ppm schreiten die Larven zur Verpuppung, gehen dann aber nach durchschnittlich 4 Tagen ein. Die Kontrolltiere verpuppen sich innerhalb derselben Zeit und schlüpfen nach ca. 5 Tagen. Anders verläuft die Metamorphose bei Werten von 5 und 2 ppm, und zwar ist besonders bemerkenswert, daß das Larvenstadium gegenüber den Kontrolltieren verlängert wird. Bei 5 ppm erreichen sie, eingerechnet das Puppenstadium, eine Lebensdauer von etwa 15 Tagen. Innerhalb dieses Zeitraumes schreitet die Hälfte der Tiere zur Verpuppung und stirbt in diesem Stadium ab, während die übrigen im Larvenstadium zugrunde gehen. In der Konzentrationsstufe von 2 ppm wird die Möglichkeit der Verpuppung so gut wie völlig unterdrückt. Die Tiere leben als Larven im Durchschnitt noch länger, ca. 20 Tage. Bei unseren Versuchen schritt nur eine einzige Larve zur Verpuppung und ging dann ein, während alle anderen Exemplare als Larven abstarben. Lediglich ein einziges Tier blieb über einen Monat im Larvenstadium am Leben.

Erst bei dem sehr niedrigen Wert von 1 ppm verpuppen sich (mit einer einzigen Ausnahme) alle Larven und gelangen zum Schlüpfakt, doch ist im Durchschnitt die Zeitspanne des larvalen Lebens gegenüber den Kontrolltieren immer noch um 4 Tage erhöht. In der Stufe von 0,5 ppm ist gegenüber den Kontrolltieren kein Unterschied mehr.

Aus diesen Versuchen ergibt sich die interessante Feststellung, daß Lissapol NXA in einer noch nicht näher bekannten Weise in den hormonell gesteuerten Larvalzyklus störend eingreift. Diese Störung hat zur Folge, daß der larvale Zustand einerseits verlängert wird und die

Larven ohne sich zu verpuppen eingehen, andererseits die Verpuppung verzögert eintritt und die Tiere nach Erreichen dieses Stadiums zugrunde gehen. Dies gilt für die Konzentrationswerte von 2 bis 5 ppm. Daß bei der höheren Konzentration von 10 ppm die Larven sich innerhalb derselben Zeit verpuppen wie die Kontrolltiere und dann absterben, erscheint besonders bemerkenswert.

Gegenüber dem Vertreter der Weichtiere, *Ancylus fluviatilis*, erweist sich dieses Mittel bei einem Gehalt von 10 ppm als stark toxisch. Die Tiere verkrampfen sich, und anschließend erscheinen Quellungsvorgänge am Weichkörper. Die zarten Schalenränder bröckeln ab. Bei 5 ppm und darunter ist das Verhalten der Tiere uneinheitlich, was wahrscheinlich wieder auf die teilweise starke Parasitierung zurückzuführen ist. Aus diesen Gründen war es nicht möglich, eine klare Grenzwelle festzulegen. Sie dürfte aber in der Nähe von 5 ppm liegen. Weiter wurde beobachtet, daß der Wert von 5 ppm genügt, um Eigelege dieser Tiere nicht zur Entwicklung schreiten zu lassen.

Bei Guppies zeigt Lissapol NXA unter 5 ppm innerhalb 30 Tagen keine sichtbare Wirkung. Wohl gehen aber die Tiere bei 10 ppm in 4 bis 6 Tagen ein, je nach dem Alter etwas früher oder später.

### Lissapol N

Diese ebenfalls nichtionische Verbindung erweist sich bei den von uns untersuchten Tieren als wenig toxisch. Bei Werten von 1 bis 5 ppm zeigt es gegenüber Trikladen keine Wirkung, und auch bei 10 ppm tritt bei diesen Tieren eine gewebliche Auflösung erst nach ungefähr 20 bis 30 Tagen ein.

Auch bei *Tubifex* lassen sich bis zu einer Höhe von 10 ppm nach einer Versuchszeit von 30 Tagen keine Wirkungen erkennen.

Die Daphnien werden erst bei Konzentrationen über 5 ppm merklich beeinflusst. Sie gehen nach ungefähr einer Woche ein, wenn der Gehalt dieser Verbindung auf 10 ppm ansteigt.

Uneinheitlich ist die Wirkung gegenüber *Ancylus fluviatilis*. Werte von 5 ppm aufwärts machen sich innerhalb von 30 Tagen bemerkbar, und zwar so, daß bei 10 ppm z. B., aber zeitlich individuell sehr unterschiedlich, die Versuchstiere bewegungslos an der Unterlage festgepreßt bleiben und dann zwischen 20 und 30 Tagen eingehen, ohne daß irgendwelche Besonderheiten zu erkennen wären.

*Lebistes reticulatus* gegenüber verhält sich dieser Wirkstoff ähnlich

wie Lissapol NXA. Unter 5 ppm zeigt sich keine Wirkung. Bei 10 ppm reagieren Jungtiere nach 6 Tagen und liegen mit der Bauchseite nach oben an der Wasseroberfläche. Auf Berührungszreiz hin bewegen sie sich unkoordiniert spiralig auf und ab und verharren schließlich wieder an der Wasseroberfläche. Nach 8 Tagen gehen die Tiere ein. Erwachsene Tiere zeigen die gleichen Erscheinungen, aber um 1 bis 2 Tage später.

#### Hostapal:

Eine nichtionische Verbindung, die sich physiologisch gegenüber Trikladen eigenartig verhält, je nachdem man sie konzentriert oder verdünnt anwendet. Bei Konzentrationen von 1 und 2 ppm zeigen sich innerhalb 30 Tagen keine Veränderungen an den Tieren, auch nicht in ihrem Verhalten. Bei 5 ppm aber tritt innerhalb 18 bis 21 Tagen eine gewebliche Auflösung ein, die bei 10 ppm wesentlich rascher erfolgt, nämlich in 6 bis 8 Tagen. Individuelle Unterschiede sind deutlich, so daß sich ein ungefährender Grenzwert zwischen 2 und 5 ppm ergibt. Verwendet man hingegen reines Hostapal, ohne es zu verdünnen, so zeigt sich bei Trikladen, daß die Tiere sofort verenden, etwas schrumpfen, aber in ihrer Gestalt erhalten bleiben. Auch irgendwelche Gewebeschäden sind nicht zu erkennen. Die Tiere werden für durchfallendes Licht sehr durchscheinend, so daß Hostapal, zumindest für diese Organismen, ein brauchbares Aufhellungsmittel zu sein scheint.

Gegenüber Tubificiden zeigt sich in Konzentrationen von 1 bis 10 ppm keine Wirkung, was in gleicher Weise auch für *Daphnia pulex* gilt. Auch bei *Ancylus fluviatilis* zeigen sich bei diesen Werten innerhalb von 30 Tagen keine Besonderheiten, lediglich in ihren Bewegungen sind die Tiere etwas langsamer.

Bei Guppies ergeben sich bei 1 ppm nach 30 Tagen keine Störungen sichtbarer Art, doch gehen alle Tiere bei einem Gehalt von 10 ppm in 6 bis 8 Tagen ein. Jungtiere früher als erwachsene.

Abschließend seien der besseren Übersichtlichkeit wegen die Versuchsergebnisse in drei Tabellen zusammengefaßt. Tabelle 1 zeigt das Verhalten der Tiere bei einem Wirkstoffgehalt von 1 ppm, Tabelle 2 dasselbe bei 10 ppm, und Tabelle 3 gibt die Grenzwerte für die einzelnen Wirkstoffe an, über welchen mit einer Schädigung der Tiere zu rechnen ist. In dieser Tabelle sind nur jene Organismen angeführt, für die ein klarer Grenzwert ermittelt werden konnte und unter 10 ppm liegt.

Tab. 1. Verhalten der Versuchstiere bei einem Wirkstoffgehalt von 1 ppm (Durchschnittswerte)

Wirkstoff	Versuchstier	Auswirkung
Cetylpyridiumchlorid	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	tot nach 30—36 Stunden
	Tubifex	tot nach 40—48 Stunden
	Daphnia pulex	tot nach 40—48 Stunden
	Gammarus pulex	tot nach 27—30 Stunden
	Ostracoden	tot nach 10—12 Tagen
	Culex restuans (Larve)	tot nach 10—12 Tagen
	Ancylus fluviatilis	tot nach 23—24 Stunden
Lebistes reticulatus	tot nach 10—12 Stunden	
Natriumlaurylsulfat	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	tot nach 5—7 Tagen, aber starke individuelle Unterschiede
	Tubifex	keine Wirkung
	Ostracoden	keine Wirkung
	Daphnia pulex	keine Wirkung
	Ancylus fluviatilis	keine Wirkung
Lebistes reticulatus	tot nach 20—30 Tagen	
Lissapol NXA	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	keine Wirkung
	Tubifex	keine Wirkung
	Gammarus pulex	keine Wirkung
	Ancylus fluviatilis	keine Wirkung
	Lebistes reticulatus	keine Wirkung
Lissapol N	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	keine Wirkung
	Tubifex	keine Wirkung
	Daphnia pulex	keine Wirkung
	Ancylus fluviatilis	keine Wirkung
	Lebistes reticulatus	keine Wirkung
Hostapal	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	keine Wirkung
	Tubifex	keine Wirkung
	Ancylus fluviatilis	keine Wirkung
	Lebistes reticulatus	keine Wirkung

Tab. 2. Verhalten der Versuchstiere bei einem Wirkstoffgehalt von 10 ppm (Durchschnittswerte)

Wirkstoff	Versuchstier	Auswirkung
Cetylpyridiumchlorid	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	tot nach 1— 2 Stunden
	Tubifex	tot nach 2 Stunden
	Ostracoden	tot nach 3— 4 Tagen
	Daphnia pulex	tot nach 2 Tagen
	Gammarus pulex	tot nach 3— 5 Stunden
	Culex restuans (Larve)	tot nach 2 Tagen
	Ancylus fluviatilis	tot nach 3 Stunden
	Lebistes reticulatus	tot nach 1 Stunde
Natriumlaurylsulfat	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	tot nach 5— 7 Stunden
	Tubifex	keine Wirkung
	Ostracoden	tot nach 7—10 Tagen
	Daphnia pulex	tot nach 7—10 Tagen
	Ancylus fluviatilis	tot nach 15—20 Tagen
	Lebistes reticulatus	tot nach 15—18 Stunden
Lissapol NXA	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	tot nach 3— 4 Tagen
	Tubifex	keine Wirkung
	Gammarus pulex	tot nach 4— 5 Tagen
	Ancylus fluviatilis	tot nach 1 Tag
	Lebistes reticulatus	tot nach 4— 6 Tagen
Lissapol N	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	tot nach 20—30 Tagen
	Tubifex	keine Wirkung
	Daphnia pulex	tot nach 10—14 Tagen
	Ancylus fluviatilis	tot nach 20—30 Tagen
	Lebistes reticulatus	tot nach 7—10 Tagen
Hostapal	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	tot nach 6— 8 Tagen
	Tubifex	keine Wirkung
	Daphnia pulex	keine Wirkung
	Ancylus fluviatilis	keine Wirkung
	Lebistes reticulatus	tot nach 6— 8 Tagen

Tab. 3. Grenzkonzentrationen für einzelne Versuchstiere  
(über dem angegebenen Wert ist mit Schäden zu rechnen)

Wirkstoff	Versuchstier	Grenzwert in ppm
Cetylpyridium- chlorid	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	zwischen 0,1 und 0,25 zwischen 0,25 und 0,5
	Tubifex	zwischen 0,25 und 0,5
	Daphnia pulex	zwischen 0,1 und 0,25
	Ostracoden	1
	Gammarus pulex	zwischen 0,25 und 0,5
	Ancylus fluviatilis	zwischen 0,1 und 0,25
	Lebistes reticulatus	zwischen 0,01 und 0,1
Natriumlauryl- sulfat	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	0,5
	Daphnia pulex	zwischen 1 und 2
	Ostracoden	zwischen 2 und 5
	Ancylus fluviatilis	5
	Lebistes reticulatus	zwischen 0,5 und 1
Lissapol NXA	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala	zwischen 1 und 2 zwischen 2 und 3
	Gammarus pulex	zwischen 1 und 2
	Ancylus fluviatilis	etwa 5
	Lebistes reticulatus	etwa 7
	Lissapol N	Crenobia alpina und Dugesia gonocephala
Lebistes reticulatus		zwischen 6 und 10
Hostapal		Crenobia alpina und Dugesia gonocephala
	Lebistes reticulatus	zwischen 4 und 6

Wenn in Tab. 3 Grenzwerte angeführt sind und es dabei heißt, daß über den angegebenen Werten mit Schäden zu rechnen ist, so sagt dies nicht, daß nicht auch unter diesen Werten Schädigungen verschiedenster Art auftreten können. Sie sind nur als solche nicht gleich erkennbar. Derartige Schädigungen können an den unterschiedlichsten Organen der einzelnen Organismen auftreten und sich erst spät bemerkbar

machen, oder sich auf die Nachkommenschaft auswirken. Es stellt sich somit die Frage nach der Auswirkung subletaler Mengen von Detergentien. Daß mit Schäden unterhalb der Grenzwerte zu rechnen ist, haben die Untersuchungen von Mann und Schmid (1965) erkennen lassen, die mit subletalen Dosen von Tetrapropylenbenzolsulfonat (TPS) bei *Lebistes reticulatus* arbeiteten, wobei Wachstumsstörungen und Schäden an der Leber auftraten.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Die hier gebrachten Versuchsergebnisse sind ein kleiner Beitrag zur Frage der Auswirkung von Detergentien auf die Süßwassertierwelt. Es ist wichtig festzuhalten, daß es sich um Laborversuche handelt. Die gewonnenen und in Tabellen zusammengestellten Werte, vor allem die Grenzwertkonzentrationen, geben dem Hydrobiologen und dem Fischereibiologen eine Arbeitsunterlage, jedoch dürfen diese Werte nicht einfach auf Freilandgewässer, gleichgültig ob stehende oder fließende, übertragen werden. Im Freiland können sich andere Verhältnisse einstellen, je nachdem, wie weit ein in Frage kommendes Gewässer durch andere Stoffe schon belastet ist. Die an sich geringe Giftigkeit eines Detergens kann in Gegenwart anderer Detergentien oder anderer chemischer Verbindungen wesentlich gesteigert sein. Auf diese Tatsache verweist Bandt (1947), und wir sind über derartige Zusammenhänge noch so gut wie völlig im unklaren. Ein Analogon zur Frage der Auswirkung verschiedener Pflanzenschutzmittel in Gewässern, wo wir vor dem gleichen Problem stehen.

Die hier geschilderten Versuche zeigen, daß die Wirkung anionischer Mittel gegenüber Süßwassertieren geringer ist als die der kationischen, was mit den Feststellungen anderer Autoren übereinstimmt. Noch schwächer in ihrer Wirkung erweisen sich die hier verwendeten nicht-ionischen Mittel Lissapol NXA, Lissapol N und Hostapal, doch ist ihre physiologische Wirkung im einzelnen verschieden.

Die Versuche lassen erkennen, daß die hier verwendeten Detergentien sich schädlich auf die Süßwasserfauna auswirken. Es fragt sich in diesem Zusammenhang, wie hoch der Detergentiengehalt in stehenden und fließenden Gewässern gegenwärtig ist. Von stehenden Gewässern sind mir keine Angaben bekannt, von fließenden wissen wir aber, daß in manchen Gegenden Werte von 5 ppm und darüber erreicht werden können. Auch Lüdemann und Kayser (1963) weisen darauf hin, daß im Abwasser heute schon Werte erreicht werden, die für Süßwassertiere schädlich werden können.

Überblickt man die Tabelle 3, so sind einzelne der dort angeführten Organismen ohne weiteres als Testtiere verwendbar, in dem Sinn, daß ihr Verschwinden in einem Gewässer gewisse Rückschlüsse zuläßt auf die Höhe des Detergentiengehaltes. Allerdings muß in solchen Fällen darauf geachtet werden, welche Verunreinigung dafür verantwortlich ist, da auch andere Verbindungen zum Verschwinden der einen oder anderen Art führen können.

Daß aber in stehenden und fließenden Gewässern nur ein Detergens vorhanden ist, ist kaum anzunehmen. Es werden stets die verschiedensten Stoffe auftreten, wodurch die Ursache des Verschwindens einer Art äußerst komplex wird.

#### L i t e r a t u r

A n d e r L a n, H.: Histopathologische Auswirkungen von Insektiziden (DDT und Sevin) bei Wirbellosen und ihre cancerogene Beurteilung. Mikroskopie 17, 1962, 85—112.

A s p ö c k, H.: Biologische Eigenschaften des Sevin (1-Naphthyl-N-methylcarbamat). Dissertation, Universität Innsbruck, 1962.

B a n d t, H.: Erhöhte Giftwirkung auf Fische durch Kombination von Giften. Gesundheitsingenieur 68, 1947.

L ü d e m a n n, D. und K a y s e r, H.: Beiträge zur Toxizität von grenzflächenaktiven Substanzen (Detergentien) für Fische. Zeitschr. angew. Zool. Jahrg. 50, 1963, 229—328.

M a n n, H.: Die Einwirkung von grenzflächenaktiven Waschmitteln auf Fische und Fischnährtiere. Arch. f. Fischereiwiss. Jahrg. 6, H. 1/2, 1955.

M a n n, H. und S c h m i d, O.: Der Einfluß subletaler Mengen von Deter-Sperma, Befruchtung und Entwicklung bei der Forelle. Intern. Rev. ges. Hydrobiol. 46/3, 1961, 419—426.

M a n n, H.: Die Bedeutung der synthetischen Waschmittel (Detergentien) für die Fischerei. „Der Fischwirt“ Nr. 4, 1962, 97—101.

M a n n, H. und S c h m i d, O.: Der Einfluß subletaler Mengen von Detergentien (Tetrapropylenbezolsulfonat) auf das Wachstum von *Lebistes reticulatus*. Arch. Fischereiwiss. XVI, 1, 1965.

N e r m u t, M. V.: Effect of some detergent on the surface membrane of penicillin spheroplasts. Experientia (Basel) 20, 1964, 318—319.

S c h m i d, O. J. und M a n n, H.: Action of a Detergent (Dodecylbenzenesulphonate) on the Gills of the Trout. Nature, Vol. 129, No. 4803, 1961.

S c h m i d, O. J. und M a n n, H.: Die Einwirkung von Dodecylbenzolsulfonat auf die Kiemen von Forellen. Arch. f. Fischereiwiss. XIII, H. 1/2, 1962, 41—51.

S i e r p, F. und T h i e l e, H.: Der Einfluß von grenzflächenaktiven Substanzen auf die Abwasserreinigung und auf die Selbstreinigung der Flüsse. Vom Wasser 21, 1954.

Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Hannes A n d e r L a n, Dr. I. M a d a y, beide Zoologisches Institut der Universität Innsbruck, Universitätsstraße 4.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1964

Band/Volume: [1964](#)

Autor(en)/Author(s): Madai I., An der Lan Hannes

Artikel/Article: [Zur Wirkung einiger Detergentien auf Süßwasserorganismen 168-183](#)