

## Toxikologische Untersuchung an Wasserorganismen

Dr. Edmund Weber

Die Bedeutung, welche die Organismen in den Gewässern haben, ist außerordentlich groß. Abgesehen vom wirtschaftlichen Faktor, den die Fische darstellen, kommt ihnen eine wichtige Rolle als *Indikatoren* für Giftstoffe und Verunreinigung des Wassers zu. Außerdem sind ja alle tierischen und pflanzlichen Lebewesen die Träger der *natürlichen Selbstreinigungskraft* der Gewässer, worin ihre besondere Bedeutung liegt.

Bei toxikologischen Untersuchungen steht das Experiment im Vordergrund. Es werden in erster Linie Versuche durchgeführt, um festzustellen, welche Konzentrationen von verschiedenen Wasserorganismen ertragen werden. Es handelt sich dabei um Versuche mit reinen Substanzen, welche im Wasser von verschiedener Zusammensetzung gelöst werden. Im allgemeinen sind dabei folgende Ergebnisse interessant:

1. Manifestationszeit bei den verschiedenen Verdünnungen;
2. Schädlichkeitsgrenze;
3. Tödlichkeitsgrenze;
4. Vergiftungserscheinungen;
5. Welche der häufigeren Wasserorganismen sind besonders empfindlich, bzw. resistent gegen die im Versuch verwendete Substanz.

Außer diesen Fragen kommen natürlich auch noch andere, speziellere in Betracht, wie z. B. der Einfluß der Temperatur auf die Giftigkeit usw.

Eine andere Richtung nehmen die *Abwassertestversuche* ein. Dabei geht es in erster Linie um die Frage der Giftigkeit eines bestimmten Abwassers und die Versuche sind auf die Praxis eingestellt. Abwässer mit hohem Schwebstoffgehalt müssen auch filtriert verwendet werden, um eine eventuelle Schädigung der Versuchsfische durch mechanische Einwirkung festzustellen. Extreme pH-Werte werden neutralisiert, um auch die Giftwirkung eventuell gelöster Substanzen festzustellen.

Bei allen diesen Versuchen ist es von außerordentlicher Wichtigkeit, welche *Versuchsbedingungen* gegeben werden. Die *Temperatur* muß bei allen Versuchen einer Reihe *gleich* sein. Außerdem soll sie möglichst *konstant* bleiben und größere Schwankungen sollen vermieden werden. Am einfachsten erreicht man eine konstante Temperatur, indem man in jedes Versuchsglas einen elektrischen Heizstab gibt. Alle diese Heizstäbe

werden über ein Relais durch ein Kontaktthermometer gesteuert. Bei dieser Versuchsanordnung betragen die Temperaturschwankungen 0,1 bis maximal 0,5<sup>0</sup> C. Es versteht sich von selbst, daß gleiche Gläser, gleiche Mengen an Versuchsflüssigkeit, gleiche Heizer etc., verwendet werden. Diese Methode hat nur den Nachteil, daß die gewählte Temperatur mindestens die Höhe der Raumtemperatur haben muß, da ein Abkühlen nicht möglich ist.

Eine andere Methode der Konstanthaltung der Temperatur ist das Hineinstellen der Versuchsbecken in ein Wasserbad, in welchem diese Becken durch Wasser mit der entsprechenden Temperatur — welche durch Heizer oder Kühlaggregat erreicht wird — umspült sind. Ebenfalls durch ein Wasserbad wird die Temperatur konstant gehalten bei der Versuchsanlage mit Fließgerinne, wie sie an der ETH Zürich von Dr. W u h r m a n n und Dr. W o k e r gebaut wurde. Das zufließende Versuchsmedium wird mittels einer Rohrschlange durch einen Behälter mit temperaturkonstantem Wasser geleitet, welches durch ein Rührwerk in Bewegung gehalten wird und so einen raschen Temperaturexaustausch von temperiertem Wasser und Rohrschlange gewährleistet.

Bei Versuchstieren, welche gegen *höhere Temperaturen* empfindlich sind, wie beispielsweise Forellen oder Gammarus, dürfen im Versuch *keine zu hohen, ihrem natürlichen Milieu* nicht entsprechenden Temperaturen verwendet werden. Man kann in solchen Fällen auch Ausfälle im Kontrollversuch beobachten. Es ist sehr schwer, Zahlen über maximale Temperaturen für die Gattungen der Versuchstiere anzugeben, doch kann allgemein gesagt werden, daß die Temperaturen nicht höher sein sollen als jene, die in ihren natürlichen Wohngewässern herrschen.

Auf eine *Durchlüftung* kann bei Fischen und Organismen aus sauerstoffreichen Gewässern kaum verzichtet werden. Besonders bei den Abwassertestversuchen muß unbedingt eine Durchlüftung durchgeführt werden, da in den Abwässern meist sauerstoffzehrende Substanzen vorhanden sind und die Versuchstiere bald an Sauerstoffmangel zugrunde gingen. Bei stark flüchtigen Substanzen muß dann allerdings das Versuchsmedium täglich öfter gewechselt oder die Versuchsdauer auf wenige Stunden gekürzt werden.

Da Giftwirkungen oft erst nach Einwirkung von einigen Tagen auftreten, soll die *Versuchsdauer* möglichst 7 Tage betragen. Je größer die im Versuch stehende Zahl der Organismen ist, um so eher werden individuelle Unterschiede in der Empfindlichkeit ausgeglichen. Zum Beispiel ist die *Mindestanzahl* pro Versuch 5 Fische oder 10 Insektenlarven. Die Versuchsbecken dürfen aber nicht zu dicht mit Tieren besetzt sein. Nach den in der h. Bundesanstalt durchgeführten Versuchen können auf 1 l

Versuchsmedium 5 Ellritzen oder 5 Gammarus oder 10 Insektenlarven verwendet werden. Für 5 Forellen (bis 10 cm) sind mindestens 2 l Wasser erforderlich, welches jedoch alle 48 Stunden durch ein frisches gleicher Zusammensetzung zu ersetzen ist, da am 3. Tag oft Schädigungen durch die von den Fischen abgegebenen Stoffwechselprodukte zu beobachten sind und so das Versuchsergebnis beeinflussen.

Gefüttert soll während der Versuchsdauer nicht werden. Da der Versuch durch die Nahrung und Nahrungsreste in verschiedenen Richtungen beeinflußt werden kann, ist es am besten, diesen Faktor gänzlich auszuschalten. Wie in der Bundesanstalt durchgeführte Hungerresistenzversuche ergaben, war innerhalb von 14 Tagen bei keiner der im Versuch stehenden Tierarten eine Schädigung zu beobachten. Bei Ellritzen z. B. traten die ersten Mangelerscheinungen erst nach 5—6 Wochen andauernden Hungers ein.

Eine weitere Forderung bei der Durchführung von toxikologischen Versuchen ist die, daß jedes Versuchstier nur *einmal* zum Versuch verwendet wird. Es entstehen sonst leicht bei mehrmaliger Verwendung Unregelmäßigkeiten, welche bedingt sind einerseits durch bereits stattgefundene, aber nicht manifestierte Schädigungen, andererseits bei wenigen überlebenden Tieren, daß gerade diese eine nicht dem Durchschnitt entsprechende Giftresistenz zeigen.

Daß die Tiere einige Zeit vor Versuchsbeginn an die Temperatur, welche im Versuch herrscht, gewöhnt werden müssen, versteht sich von selbst.

Um *Abwasserwellen in Flüssen* zu erfassen, werden von der Bundesanstalt Versuche an Ort und Stelle durchgeführt. Zu diesem Zweck wird ein Holztrog, welcher an der strömungzugekehrten und -abgekehrten Seite durch ein Gitter abgeschlossen ist, in das Gewässer eingehängt und mit Fischen besetzt. Eine an der Oberseite befindliche Glasscheibe ermöglicht eine dauernde Beobachtung der Versuchsfische. Solche Tröge können an verschiedenen Stellen eingehängt werden, so daß eine Giftwelle bis zu ihrem Abklingen verfolgt werden kann. Ähnlich sind auch die Fischversuche, die von der Emschergenossenschaft (Hüls) durchgeführt werden und der Kontrolle der Abwässer dienen. Es wird ein Teil der Abwässer — eventuell mit Frischwasserzusatz — ständig durch Aquarien geleitet, die mit Fischen besetzt sind.

Die Wirksamkeit der Gifte hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Einer der wichtigsten wurde bereits genannt: die *Temperatur*. Ganz allgemein kann gesagt werden: je höher die Temperatur, um so rascher treten die Vergiftungserscheinungen auf. Ferner ist oft von ausschlaggebender Bedeutung der *pH-Wert* und die *Härte*. Aber nicht nur vom

chemischen, bzw. physikalischen Zustand des Wassers, in welchem die Giftstoffe gelöst sind, hängt die toxische Wirkung ab, sondern auch von den Versuchstieren selbst. Eine große Rolle spielt dabei das *Alter*, der physiologische Zustand der Versuchstiere (z. B. ob in der Laichzeit oder nicht), die *Konstitution*, *Gesundheits- und Ernährungszustand* usw. Bei manchen toxischen Stoffen kann eine Gewöhnung auftreten, so daß Versuchstiere, die aus einem Gewässer stammen, welches dauernd in geringen Mengen gewisse Stoffe führt, gegen diese eine größere Resistenz zeigen als Organismen aus einem reinen Gewässer.

Eines der wichtigsten und stärksten Fischgifte ist das *Cyan*, welches schon bei Konzentrationen von 0,05 mg/l<sup>24</sup> auf Fische tödlich wirken kann. Nach Versuchen von *Wuhrmann* und *Woker*<sup>26</sup> nimmt die Giftwirkung bei höheren pH-Werten etwas ab. Auch Fische, welche schon starke Vergiftungserscheinungen zeigen, erholen sich im reinen Wasser wieder relativ rasch. Als typische *Vergiftungssymptome* für Forellen sind folgende zu nennen: Rasches Schwimmen an der Oberfläche, während der Kopf teilweise aus dem Wasser ragt; Springen über die Wasseroberfläche; steifer Körper und zeitweises Aussetzen der Atmung, wobei die Fische in Rückenlage am Grund liegen. Je weiter die Vergiftung fortgeschritten ist, um so mehr überwiegt — zeitlich gesehen — der steife Körperzustand und die spontanen Schwimmbewegungen werden immer seltener, bis schließlich alle Lebenserscheinungen aufhören und der Tod eintritt. So außerordentlich empfindlich Fische gegen Cyan sind, so resistant sind Krebse und Insektenlarven. Nach Versuchen der Bundesanstalt werden sowohl von *Gammarus*, als auch Ephemeridenlarven (*Heptagenia*) Konzentrationen von 1 mg/l KCN ohne sichtbare Schädigung ertragen. Ist das Cyan komplexgebunden, so ist es nur sehr gering giftig, doch ist zu beachten, daß bei Vorhandensein von Sauerstoff und Sonnenlicht die Cyankomplexe mehr oder weniger zerfallen und das hochgiftige freie Cyan entsteht<sup>6</sup>.

Ein anderes Gift, das sich leider ziemlich häufig in unseren Gewässern findet und oft Fischsterben in größerem Ausmaß hervorruft, ist das Phenol. Die Schädlichkeitsgrenzen, welche in verschiedenen Arbeiten angegeben werden, unterliegen mehr oder weniger starken Schwankungen. Dies findet seine Erklärung darin, daß einerseits mit verschiedenen Phenolen gearbeitet wurde (nach *Beer*<sup>4</sup> sind die mehrwertigen Phenole besonders giftig), andererseits die Versuchsbedingungen (vor allem die Versuchszeit, da die Schädigung oft nach Tagen eintritt) verschieden waren. Nach *Wuhrmann* und *Woker*<sup>25</sup> werden Ellritzen durch 11,3 mg/l Karbol nicht geschädigt, während nach den Versuchen der Bundesanstalt die Schädlichkeitsgrenze zwischen 8 und 10 mg/l liegt. Die Schädlichkeits-

grenze für Forellen beträgt nach eigenen Versuchen 4 mg/l, für Karpfen (Czensny<sup>7</sup>), Hechte (Holzinger<sup>12</sup>, und Barsche (Härdtl<sup>11</sup>) bei 5 mg/l. Die toxische Grenze für Gammarus liegt bei 6 mg/l. Leclerc<sup>15</sup> hat gefunden, daß, je härter das Wasser ist, um so größere Mengen Phenol von den Versuchstieren ertragen werden. Die Fischerei wird jedoch durch weit niedrigere Konzentrationen beeinflusst, da ein Phenolgehalt von 0,1 bis 0,02 mg/l Phenol einen üblen Geschmack des Fischfleisches verursacht. Die Symptome bei Phenolvergiftungen sind sehr charakteristisch und bestehen aus: starker Erregung, krampfhafter Atmung, Speibewegungen, im fortgeschrittenen Stadium Rückenlage, krampfartigen Zuckungen des Körpers, Rollen mit den Augen. Ebenso wie bei Cyan ist die Vergiftung bis knapp vor den eintretenden Tod reversibel, d. h. die Fische erholen sich im Frischwasser wieder.

Verschiedene Metalle, welche von einer Anzahl Betriebe in Form von im Abwasser gelösten Salzen den Gewässern zugeführt werden, rufen wegen ihrer Giftigkeit oft Gewässerschäden hervor. In erster Linie ist das Kupfer zu nennen, welches besonders im weichen Wasser außerordentlich toxisch wirkt und bereits in einer Konzentration von 0,01 mg/l<sup>13</sup> auf Fische giftig wirken kann, ebenso auf Daphnien und Tubifex<sup>17</sup>. Auch Algen<sup>5</sup> sind sehr empfindlich gegen dieses Metall und werden durch 0,1 mg/l Kupfersulfat abgetötet. Erstaunlich resistent sind Schnecken (Limnaea), welche erst durch 50 mg/l abgetötet werden. Ebenso toxisch wie Kupfer wirken Quecksilber und Blei, die sich jedoch kaum in Abwässern finden. Das Zink ist im weichen Wasser stark toxisch und tötet in einer Konzentration von 0,13 mg/l Regenbogenforellen innerhalb von 24 Stunden. Forellenbrütlinge können schon durch 0,01 mg/l (nach Affleck<sup>1</sup>) getötet werden. Die Tödlichkeitsgrenze von Nickel für Fische liegt bei ca. 1 mg/l Ni<sup>14</sup>, der gleiche Wert gilt für Eisen, doch können in sehr hartem Wasser Konzentrationen von einigen hundert mg/l ertragen werden<sup>9</sup>. Interessant ist nun die Tatsache, daß verschiedene Metalle, welche jedoch jedes in einer Konzentration gelöst sind, die unter der Schädlichkeitsgrenze liegt, zusammen doch eine starke toxische Wirkung ausüben. Dabei kann nicht nur eine normale Addition eintreten, wie beispielsweise bei gleichzeitigem Vorhandensein von Nickel und Kobalt oder Cadmium und Zink, sondern es tritt eine vielfache Verstärkung auf bei Zink + Kupfer, Cadmium + Kupfer oder Nickel + Zink (Bandt<sup>3</sup>).

Vielfach werden von Textilfabriken mit den Abwässern Farbstoffe eingebracht und die Gewässer stark gefärbt. Versuche mit einer größeren Anzahl der gebräuchlichsten modernen Farbstoffe — diese Versuche wurden in der Bundesanstalt durchgeführt — haben jedoch gezeigt, daß diese Farbstoffe weniger giftig auf Wasserorganismen wirken als oft

angenommen wird. Bei Konzentrationen von 500 mg/l — einem Gehalt, der das Wasser außerordentlich stark, manchmal fast undurchsichtig färbt — konnten noch keine Schädigungen an Fischen festgestellt werden. Daß allerdings durch die starke Färbung die Fische vergrämt werden und abwandern, wodurch die Fischerei beeinträchtigt wird, ist eine Erfahrungstatsache und soll nur nebenbei erwähnt werden.

Sehr gefährlich für die Wasserorganismen werden die Ableitungen von Abwässern mit fäulnisfähigen, sauerstoffzehrenden *organischen Substanzen*, welche besonders bei höherer Wassertemperatur in den Sommermonaten derart niedere Sauerstoffwerte im Wasser bewirken, daß es zu einem größeren Fischsterben kommen kann; dabei werden zuerst diejenigen Tiere davor betroffen, welche an den Sauerstoffgehalt des Wassers die höchsten Ansprüche stellen, wie Forellen, Ephemeridenlarven, Gammarus etc. In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß auch eine starke Sauerstoffübersättigung giftig auf die Fische wirkt und die sogenannte „Gasblasenkrankheit“ hervorruft, an der besonders jüngere Fische<sup>18</sup> rasch zugrunde gehen. Solche krasse Sauerstoffübersättigungen kommen in natürlichen Gewässern im allgemeinen nicht vor, sondern treten hin und wieder bei Fischtransporten auf, bei welchen die Transportgefäße mit reinem Sauerstoff durchlüftet werden.

Im Abwasser von Gaswerken oder Gasgeneratoren finden sich außer Cyaniden und Phenolen größere Mengen *Ammoniak*. Es wirkt jedoch nur das freie Ammoniak in geringer Konzentration giftig. Wieviel von dem im Wasser vorhandenen Ammoniak frei wird und somit in hochgiftiger Form vorliegt, hängt vom pH-Wert ab. Bei einem pH-Wert von 7 ist kaum ein freies Ammoniak vorhanden, bei pH 8,5 liegen 20 Prozent des Ammoniaks in freier Form vor, bei pH 9 sogar 42 Prozent. Man sieht daraus, daß bei gleichbleibendem Ammoniumgehalt bei Steigerung des pH-Wertes die Giftigkeit des Wassers zunimmt<sup>24</sup>. Die Schädlichkeitsgrenze für freies Ammoniak beträgt für Ellritzen 0,8 bis 1 mg/l, Aiteln und Schleien sind etwas resistenter. Besonders empfindlich gegen freies Ammoniak sind Forellenbrütlinge, welche schon bei einem Gehalt von 0,4 mg/l schwer geschädigt werden. Die Vergiftungserscheinungen sind nicht sehr typisch: Anfangs Unruhe und Springen über die Oberfläche, später Gleichgewichtsstörungen und schließlich Rückenlage bis zum eintretenden Tod.

Durch die immer stärker zunehmende Verwendung von *synthetischen Waschmitteln* in Haushalten und Betrieben ist für die Fische eine neue Gefahr aufgetreten: die Netzmittel. Die Wasserorganismen sind gegen diese Netzmittel sehr empfindlich. In der Bundesanstalt wurden Versuche durchgeführt mit Nekanil, einem synthetischen Waschmittel, welches häufig in Textilbetrieben Verwendung findet. Dabei ergab sich für Ellritzen eine

Schädlichkeitsgrenze von 4 mg/l, für Forellen 3 mg/l. Besonders empfindlich erwies sich Gerris, der bekannte an der Wasseroberfläche springende Wasserläufer. Bei einem Gehalt von 2 mg/l konnten sich diese Tiere nicht mehr an der Wasseroberfläche halten, tauchten unter und gingen zugrunde. Sehr resistent erwiesen sich Tubifex (Bachröhrenwurm) und Assellus (Wasserassel), welche Konzentrationen von 20 mg/l ohne Schaden ertragen. Die toxische Wirkung der verschiedenen Netzmittel ist nicht gleich stark. Versuche von Leclerc<sup>16</sup> mit Ellritzen ergaben, daß besonders toxisch Polyglykoläther (Schädlichkeitsgrenze 2 mg/l) wirkt, weniger dagegen Natriumlaurylsulfat (Schädlichkeitsgrenze 6—7 mg/l). Wasserpflanzen<sup>8</sup> wurden durch 40 mg/l nicht, Bakterien hingegen (besonders nitrifizierende Bakterien) schon durch wenige mg/l geschädigt.

Ein anderes, ab und zu in unseren Gewässern vorgefundenes Gift ist der Schwefelwasserstoff, welcher einerseits durch die Einleitung von Abwässern, welche Sulfide enthalten, in die Gewässer gelangt, andererseits bei starker organischer Belastung infolge von Fäulnisprozessen entsteht. Die toxische Wirkung auf die einzelnen Organismen ist sehr unterschiedlich. Dies versteht sich aus dem Umstand, daß Organismen, welche in stärker verschmutzten Gewässern leben, naturgemäß eine gewisse Resistenz gegen diese in ihrem Lebensraum leicht auftretende toxische Substanz haben müssen. Die Forellen, welche als natürlichen Aufenthaltsraum schnellfließende, reine Gewässer haben — wo praktisch eine Anreicherung des Schwefelwasserstoffes durch die Zersetzung von größeren Mengen an organischen Substanzen nicht vorkommt —, sind außerordentlich empfindlich und werden schon bei 1 mg/l  $H_2S$  getötet. Schleien hingegen, Bewohner von schlammigen Tümpeln oder Buchten, ertragen bis 10 mg/l (nach Weigelt<sup>22</sup>). Stammer, ein Münchner Biologe, hat mit verschiedenen Wasserorganismen Versuche durchgeführt<sup>21</sup>, wobei er mit einer Konzentration von 10 mg/l Schwefelwasserstoff gearbeitet hat. Er kam zu dem Ergebnis, daß bei diesem  $H_2S$ -Gehalt Reinwasserorganismen innerhalb von 1,5—6 Stunden getötet werden, die der  $\beta$ -mesosaprobe Zone nach 3—72 Stunden und die der stark verunreinigten Zone ( $\alpha$ -Mesosaprobier und Polysaprobier) erst nach 14—134 Stunden. Auch die Pflanzen werden durch Schwefelwasserstoff geschädigt. Nach Weigelt<sup>23</sup> wird das Chlorophyll, der grüne Farbstoff, welcher für die Assimilation von solcher Wichtigkeit ist, in das bräunliche Phaeophytin verwandelt, wodurch es nicht mehr seine Funktion erfüllen kann.

Große Schäden werden in den Gewässern angerichtet durch das Chlor. Es ist in großer Menge in Abwässern von Bleichereien enthalten, z. B. bei Zellulosefabriken, Textilfabriken etc., aber auch in Abwässern von Krankenhäusern und Siedlungen, welche zur Desinfektion mit einer zu

großen Chlormenge versetzt wurden. Aber auch chemische Betriebe können einen hohen Chlorgehalt im Abwasser aufweisen, so daß Gewässer unterhalb solcher Betriebe oft kilometerlang biologisch verödet sind. Der Chlorgehalt der Wiener Wasserleitung bewirkt, daß die meisten Fischarten, wenn sie in diesem Wasser gehalten werden, nach Tagen eingehen. Die Schädlichkeitsgrenze für Fische<sup>10</sup> liegt bei 0,1–0,2 mg/l. 1 mg/l Chlor wirkt auf fast alle Wasserorganismen<sup>20</sup> tödlich. Bei niederen Konzentrationen bestehen die Vergiftungserscheinungen aus Abmagern, Ausfransen der Flossen, Schaukelbewegungen beim Schwimmen und plötzlicher Tod. Bei akuten Vergiftungen treten starke Gleichgewichtsstörungen, Atemnot und Rückenlage auf. Wenn die ersten Anzeichen der Vergiftung aufgetreten sind, erholen sich die Fische — in reines Wasser zurückversetzt — nicht mehr.

Daß ein zu niederer wie ein zu hoher *pH-Wert* auf Wasserorganismen giftig wirkt, ist eine allgemein bekannte Tatsache. Für alle Fische zuträglich ist ein Wert von 6,5 bis 8,5. Nach Bandt<sup>2</sup> sollen Karpfen, Schleien und Krebse einen pH-Wert von über 10 zumindest vorübergehend aushalten. Die Vergiftungserscheinungen im sauren Bereich bestehen aus milchiger Trübung, bisweilen Rötung der Haut, Braunwerden der Kiemenränder (Schäperclaus<sup>18</sup> bezeichnet es als Koagulationsnekrose), Epithelwucherungen, langsam eintretender Tod unter Lähmungserscheinungen. Im alkalischen Bereich beginnen die Fische außerordentlich stark zu schleimen, zeigen heftige Atembewegungen und gehen nach Gleichgewichtsstörungen ein.

#### Literaturhinweis

<sup>1</sup> Affleck, Zinc Poisoning in a Trout Hatchery. Australian Journ. Marine and Freshwater Research, 3, 1952.

<sup>2</sup> Bandt, H.-J., Der für Fische tödliche pH-Wert im alkalischen Bereich. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Bd. 34, S. 359–361, 1936.

<sup>3</sup> Über verstärkte Schadwirkung auf Fische, insbesondere über erhöhte Giftwirkung durch Kombination von Abwassergiften. Beiträge zur Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie aus dem Flußwasseruntersuchungsamt Magdeburg, Bd. 1, 1946.

<sup>4</sup> Beer, W., Über den Einfluß des Phenolgehaltes des Pleißewassers auf die Mikrobiobewelt. Wasserwirtschaft — Wassertechnik, Jg. 4, H. 4, S. 125–131, 1954.

Beger, H., Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie. Schriftenreihe des Vereines für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Nr. 5, 1950.

<sup>6</sup> Bodmer, Monatsbulletin des Schweizerischen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern, 25, 1945.



- <sup>7</sup> Czerny, R., Nachweis von Verunreinigungen der Fischgewässer durch teer- und phenolhaltige Abwässer. Vom Wasser, Bd. III, 1929.
- <sup>8</sup> Degens, Czee, Kammer, Kamphnis, Proceedings Institute of Sewage Purification, Tl. I, 1952.
- <sup>9</sup> Dyk, Die Widerstandsfähigkeit einiger Fische bei Wasserverunreinigung mit Ferrosulfat. Stromik Ceskoslov. Akad. Zemedelske 17, 1942.
- <sup>10</sup> Ebeling u. Schröder, Über freies aktives Chlor im Wasser und seine Wirkung auf Fische und andere Wasserorganismen. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Bd. 27, S. 417—455, 1929.
- <sup>11</sup> Härdtl, H., Über die Giftigkeit der wasserlöslichen Stoffe verschiedener Teerzeugnisse für Fische unter besonderer Berücksichtigung von Straßenteeren und Imprägnierstoffen. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Bd. 32, S. 459—531, 1954.
- <sup>12</sup> Holzinger, Phenolhaltige Abwässer der Kokereien als Fischgift. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Bd. 25, S. 155—159, 1927.
- <sup>13</sup> Jones, The Relative Toxicity of Salts of Lead Zinc and Copper to the Stickleback. Journal Exp. Biol., 15, 1938.
- <sup>14</sup> Journal Exp. Biol., 16, 1939.
- <sup>15</sup> Leclerc, E., Devlaminck, F., Recherches du C. B. D. E. sur la toxicologie des poissons. Bulletin du Centre Belge d'Etude et de Documentation des Eaux, No. 15, 1952/I.
- <sup>16</sup> Leclerc, E., Devlaminck, F., Les détergents naturels ou synthétiques et les poissons. Bulletin du Centre Belge d'Etude et de Documentation des Eaux, No. 17, S. 165—176, 1952/III.
- <sup>17</sup> Naumann, E., Über die Toxizität des Kupfersulfates für *Daphnia magna*. Kungl. Fisiografiska Sällskapet, Bd. 4, 1933.
- <sup>18</sup> Schäperclaus, W., Kiemendeckelaufwölbung bei zweisömmerigen Karpfen. Fischereizeitung, 20, 1926.
- <sup>19</sup> Fischkrankheiten, Berlin 1954.
- <sup>20</sup> Scheuring, L., Stetter, H., Versuche über die Wirkung von Chlor auf Fische und andere Wassertiere. Vom Wasser, Bd. XVIII, S. 101—140, 1950/51.
- <sup>21</sup> Stammer, H. A., Der Einfluß von Schwefelwasserstoff und Ammoniak auf tierische Leitformen des Saprobiensystems. Vom Wasser, Bd. XX, S. 34—71, 1953.
- <sup>22</sup> Weigelt, Archiv für Hygiene III, 1885.
- <sup>23</sup> Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern, 1900.
- <sup>24</sup> Wuhmann, K., Woker, H., Beiträge zur Toxikologie der Fische II. Experimentelle Untersuchungen über die Ammoniak- und Blausäurevergiftung. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, Vol. XI, Fasc. 1/2, S. 210—244, 1949.
- <sup>25</sup> Beiträge zur Toxikologie der Fische V. Die Giftigkeit von Phenol für verschiedene Fischarten. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, Vol. XII, Fasc. 2, S. 271—287, 1950.
- <sup>26</sup> Über die Empfindlichkeit verschiedener Fischarten gegenüber Ammoniak, Blausäure und Phenol. Revue Suisse de Zoologie, Bd. 57, Nr. 21, 1950.

# 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: 1957

Band/Volume: [1957](#)

Autor(en)/Author(s): Weber Edmund

Artikel/Article: [Toxikologische Untersuchung an Wasserorganismen 183-191](#)