

GESCHMACKSKNOSPEN VON FISCHEN - EIN MONITORINGSYSTEM FÜR GEWÄSSERBELASTUNGEN

Beate Adam, Ulrich Schwevers und Arthur Holl

ABSTRACT

Histological investigations of taste organs of loaches (*Noemacheilus barbatulus*) taken from creeks with different grade of pollution, demonstrate variable degrees of damages to taste bud structures. The scale of complex tissue and cell alterations (including sensory cells) depends on the level and effective duration of certain kind of water pollutants. Relying on the appearance of distinct taste bud damages due to sublethal pollution grades and qualities, the gustatory organs of fishes are supposed to be well suited as monitoring system for toxic substances in their environments.

keywords: *loach (Noemacheilus barbatulus), sublethal water pollution, distinct taste bud damages, monitoring system*

EINLEITUNG

Fische sind in besonderem Maße auf eine chemosensorische Überprüfung ihrer Umwelt angewiesen. Dementsprechend ist der Geschmackssinn der Fische hoch entwickelt. Bei einer Reihe von Arten sind Geschmacksknospen nicht nur auf den Maulbereich und die Lippen beschränkt, sondern vielmehr über die gesamte Körperoberfläche verteilt, beispielsweise bei Welsen auch auf den Tuben der vordere Nasenöffnungen (ADAM 1988). Einige Arten verfügen daneben über fadenartige Fortsätze im Rostralbereich, sog. Barteln, die eine besonders hohe Dichte an Geschmacksknospen aufweisen. Mit Hilfe dieser hochempfindlichen gustatorischen Sinnesorgane sind Fische in der Lage, Nahrung im Substrat zu finden, sich zu orientieren, oder gar chemische Veränderungen ihres Lebensraumes wahrzunehmen und diesen auszuweichen (BARDACH et al. 1967; BROWN et al. 1982). Die Funktionsfähigkeit der Chemorezeptoren setzt voraus, daß die perzipierenden Strukturen in unmittelbarem Kontakt mit dem umgebenden Medium stehen, wodurch sie zwangsläufig dem direkten Einfluß im Gewässer vorhandener Schadstoffe ausgesetzt sind.

In Laborversuchen wurden Schädigungen von Fischen durch verschiedenste Chemikalien dokumentiert (SUTTERLIN 1974; BROWN et al. 1982). Histopathologische Auswirkungen subletaler Konzentrationen von Tensiden und Schwermetallen auf die Geschmacksknospen wurden von BARDACH et al. (1965), HAIDER (1975), SCHWEVERS (1984) und HOLL (1987) nachgewiesen. Dabei konnten graduelle Degenerationen des Geschmacksknospenaufbaues festgestellt werden. Aus dem Freiland sind derartige Schäden bislang nicht bekannt.

1988 wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung an äußerlich gesund erscheinenden Schmerlen (*Noemacheilus barbatulus*) (Abb. 1) aus der Wetter gravierende histopathologische Schäden an den Geschmacksknospen diagnostiziert. Diese einheimische, bodenlebende Kleinfischart lebt noch in kritisch belasteten Gewässerabschnitten (GAUMERT 1984; SCHWEVERS 1986; BRUNKEN 1989) und bildet dort sogar reproduktive Populationen (SCHWEVERS und ADAM 1989). Aufgrund ihrer Anpassungsfähigkeit an Gewässererschmutzungen und ihrer Häufigkeit in heimischen Fließgewässern kann die Schmerle als universeller Indikatororganismus für die Auswirkungen subletaler Schadstofffrachten auf die Fischfauna eingesetzt werden.



Abb. 1: Schmerle, *Noemacheilus barbatulus*

ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Anhand histopathologischer Veränderungen der Geschmacksorgane von Schmerlen werden die Auswirkungen der subletal wirkenden Gewässerbelastungen dargestellt und in Abhängigkeit von der Belastungsmenge und Einleitungsart qualitativ eingeschätzt. Im Gegensatz zu herkömmlichen chemisch-physikalischen Messmethoden zur Wasseranalyse, die auf letal kritische Belastungsverhältnisse für Organismen ausgerichtet sind und "nur" Kontrollen über pauschale Überlebensfähigkeit, bzw. massive irreversible Schädigungen erlauben, können chronische, schadstoffinduzierte Primär- und schleichende Langzeitdefekte dokumentiert werden. Auch bietet dieses Indikatorsystem eine Möglichkeit, das hauptsächlich organische Belastungen erfassende Saprobien-system zu ergänzen, da hierbei besonders akkumulative Effekte industrieller und kommunaler Abwasser erfaßt werden.

Der Ansatz des hier entwickelten Indikatorsystems kann in besonderem Maße geeignet sein, als "Frühwarnsystem" zur Erkennung von Schadstoffeinträgen in Fließgewässer Verwendung zu finden.

UNTERSUCHUNGSGEBIET

Um die 1988 an Schmerlen aus der Wetter erhaltenen Voruntersuchungsbefunde zu stützen, wurden 1989 erneut Tiere der Wetter entnommen. Desweiteren wurden Vergleichsgewässer ausgewählt, deren Wasserqualität bekannt (HMUR 1986; STEUL und WENSKE 1989, eigene Untersuchungen) und deren Schadstoffeinleitungen abschätzbar sind. Der Auswahl gingen Recherchen bei Kommunen, Behörden und freien Instituten voraus.

Folgende Gewässer wurden bearbeitet (s. Abb. 2):

Wetter (industrielles und kommunales Abwasser, Klärwasser)

- | | |
|---|-------------------|
| a) bei Niederbessingen | Güteklasse II-III |
| b) Auslauf der Kläranlage Oberbessingen | Güteklasse III |

Horloff (Kontrollgewässer)
 oberhalb Gonterskirchen
 Einartsbach (kommunales Abwasser)
 a) 1 km unterhalb Einartshausen
 b) 3 km unterhalb Einartshausen

Güteklasse I-II

Güteklasse III-IV

Güteklasse II-III

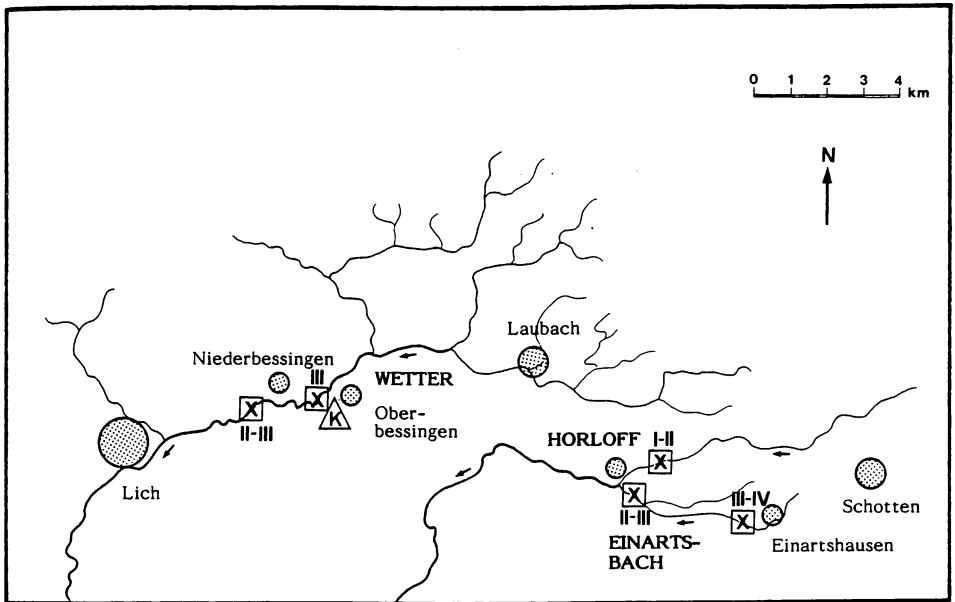


Abb. 2: Lage der Probestellen und Darstellung der Gewässergüte

METHODEN

Für diese Untersuchungen wurden an den ausgewiesenen Probestellen im Oktober 1988, Februar und Juni 1989 jeweils drei adulte Schmerlen mittels Elektro-Befischung gefangen, unverzüglich mit einer 0.15 %igen MS 222-Lösung (3-Aminobenzoesäure-Ethylester) getötet und die Barteln für die histologische Bearbeitung präpariert.

Die Fixierung erfolgte in Bouin'schem Gemisch (ROMEIS 1968). Nach Dehydration wurden die Barteln in Histoplast eingebettet und Mikrotom-Serienschnitte von 5 mm Dicke angefertigt. Mit einer SA-Trichrom-Färbung (Säurealizarin-Anilinblau-Orange G) wurde das Schnittmaterial angefärbt.

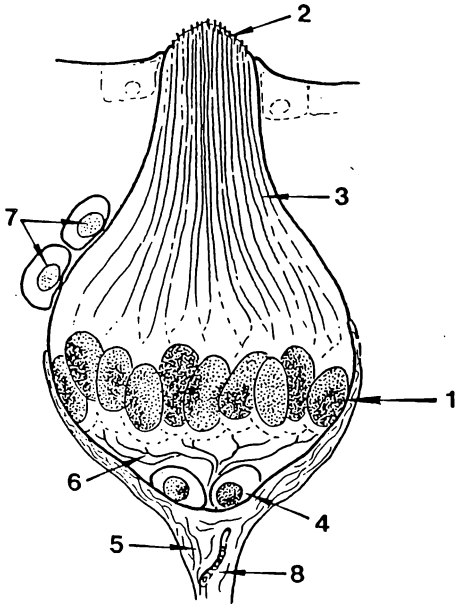
BAU UND HISTOLOGIE INTAKTER GESCHMACKSKNOPSEN

Die Geschmacksknospen aller Knochenfische zeigen einen generell einheitlichen Aufbau (Abb. 3). Auf einer Coriumpapille, die sich aus dem zentralen Bindegewebe der Bartel in das äußere Epithel erhebt, findet sich eine knospenförmige Ansammlung langgestreckter Zellen.

In einer Geschmacksknospe lassen sich bei den Schmerlen lichtmikroskopisch folgende Zelltypen unterscheiden:

Das Innere der Geschmacksknospe wird von den Geschmacksrezeptoren ausgefüllt, die mit je einem langen, dendritischen Fortsatz bis an die Epitheloberfläche ziehen und einen Mikrovilli-Saum, bzw. Sinnesstiftchen tragen. Insgesamt erheben sich die Dendriten über die Barteloberfläche und bilden so einen apikalen Sinneshügel. Die Kerne der Sinneszellen einer

Geschmacksknospe sind in dem sog. Kernband in einer Ebene angeordnet. Jede Rezeptorzelle wird an ihrer Basis von unmyelinisierten Fasern, die einen Plexus bilden, innerviert. Diese Nervenfasern treten durch die Coriumpapille in das zentrale Bindegewebe der Bartel ein. Inmitten des Nervenplexus liegen die Basalzellen. An der Peripherie der Geschmacksknospe, also am Übergang zum Epithel liegen die perigemmalen Zellen, aus denen durch Teilung und Differenzierung die gustatorischen Rezeptoren hervorgehen.



SCHEMATISCHER AUFBAU

EINER GESCHMACKSKNOSPE

- 1 Geschmacksrezeptoren
- 2 Sinnesstiftchen
- 3 apikale Ausläufer der Rezeptoren
- 4 Basalzellen
- 5 Coriumpapille
- 6 basaler Nervenplexus
- 7 Perigemmale Zellen
- 8 Kapillare

Abb. 3: Schematischer Aufbau einer Geschmacksknospe

HISTOLOGISCHE BEFUNDE

Horloff

Der Aufbau der Geschmacksknospen aller untersuchter Tiere aus der Horloff (Abb. 4) läßt histologisch keinerlei strukturelle Veränderungen gegenüber ungeschädigten Geschmacksknospen (s. Abb. 3) erkennen. Im basalen Abschnitt der Knospe liegen die Kerne der Sinneszellen in eine Ebene angeordnet. Von diesem geschlossenen Kernband ziehen die langgestreckten Fortsätze der Rezeptorzellen gebündelt, in gestrecktem Verlauf an die unbeschädigte Epitheloberfläche, über die sie sich mit einem "Sinneshügel" erheben. Am Apex des Hügelns finden sich die Sinnesstiftchen der Rezeptorzellen. Der Gesamtaufbau der Geschmacksknospen ist kompakt und ohne interzelluläre Zwischenräume.

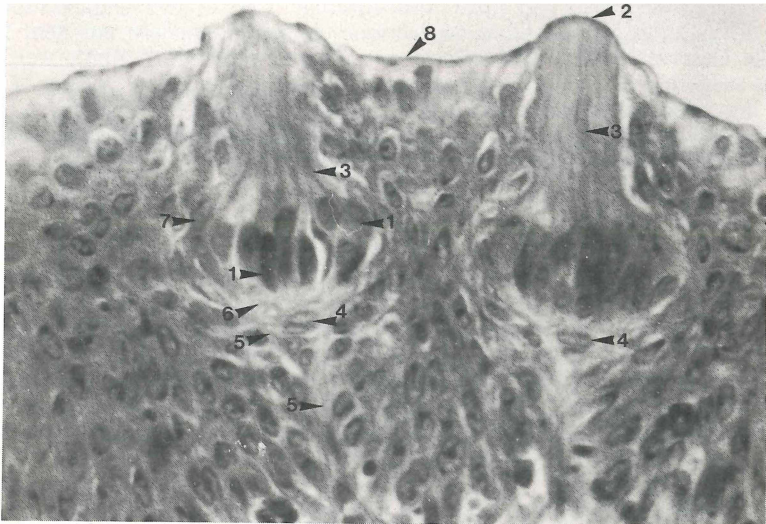


Abb. 4: Geschmacksknospen - Horloff (Vergr. 800 x)/ 1 Kernband der Geschmacksrezeptoren; 2 apikaler Hügel mit Sinnesstiftchen; 3 Fortsätze der Rezeptoren; 4 Basalzelle; 5 Coriumpapille; 6 Nervenplexus; 7 Perigemmale Zellen; 8 Epitheloberfläche

Wetter a) (Probestelle bei Niederbessingen)

Schon auf den ersten Blick weisen die Geschmacksknospen der Tiere aus der Wetter gravierende pathologische Schädigungen auf (Abb. 5). Die Gesamtgestalt der Geschmacksknospe ist abgerundet und blasig aufgetrieben. Augenfällig sind die tiefen, lakunenartigen Einbuchtungen der Geschmacksknospen an der Epitheloberfläche. Im Bereich der Sinnesstiftchen erscheinen

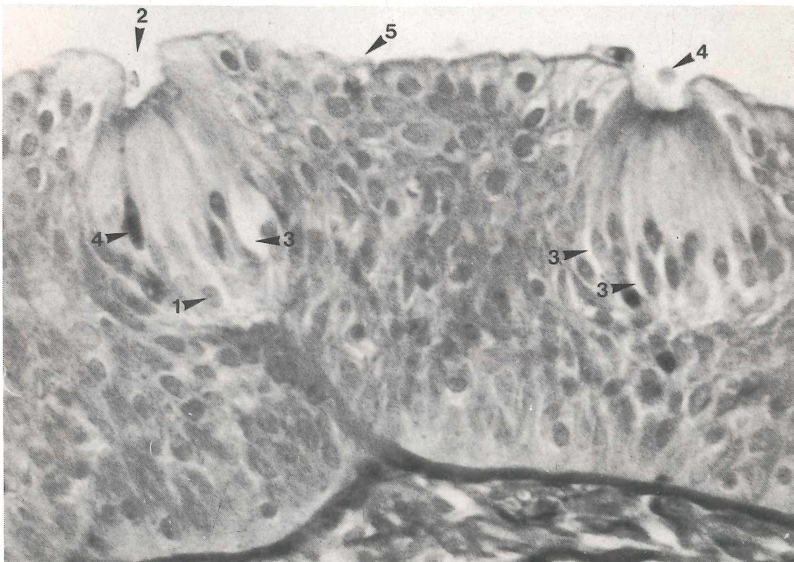


Abb. 5: Geschmacksknospen - Wetter a) (Vergr. 800 x)/ 1 diffuses Kernband; 2 Lakunenbildung; 3 interzelluläre Zwischenräume; 4 auswandernde pyknotische Kerne; 5 angegriffene Epitheloberfläche

die Feinstrukturen verwischt und nicht identifizierbar. Die strenge Organisation des Kernbandes ist diffus aufgelöst. Einzelne degenerierte Zellkerne wandern aus dem Kernband in Richtung der Geschmacksknospenoberfläche aus. Diese pyknotischen Kerne werden aus dem Zellverband ausgestoßen. Der Zellverband in der Knospe erscheint aufgelockert. Zwischen den Perikaryen der Sinneszellen haben sich kryptenartige interzelluläre Aufweitungen gebildet. Die Oberfläche des Bartelepitheles bildet kein kompaktes Abschlußgewebe mehr, sondern weist eine Vielzahl von Schädigungen an der Außenmembran auf.

Wetter b) (Probestelle Kläranlage Oberbessingen)

Auch hier lassen sich an den Geschmacksknospen die schon für die vorangegangene Probestelle beschriebenen, typischen pathologischen Veränderungen erkennen (Abb. 6); jedoch treten die Schäden bei allen untersuchten Tieren graduell verstärkt auf. Die Kernbänder sind völlig aufgelöst, die Anzahl pyknotischer Kerne ist deutlich erhöht. Die Schädigung der Geschmacksknospe zieht sich hier sogar bis in den basalen Bereich des Nervenplexus hinab. Weiterhin finden sich im Bartelepithel Coriumpapillen, aus denen die gesamten Geschmacksknospen herausgelöst sind (Abb. 7). Massive Schädigungen der Epitheloberfläche sind deutlich erkennbar.



Abb. 6: Geschmacksknospe - Wetter b) (Vergr. 800 x)/ 1 aufgelöstes Kernband; 2 zerstörte Geschmacksknospenoberfläche; 3 interzelluläre Zwischenräume; 4 auswandernde pyknotische Kerne; 5 stark geschädigtes Bartelepithel; 6 Nervenplexus

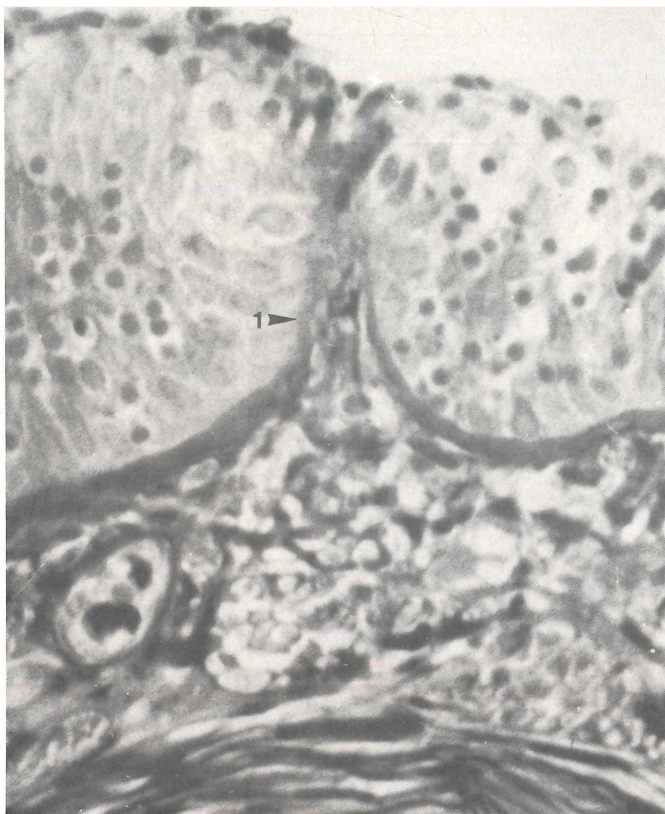


Abb. 7: Geschmacksknospe - Wetter b) (Vergr. 800 x)/ Aus dem Bartepithel herausgelöste Geschmacksknospe/1 Coriumpapille

Einartsbach a) (Probestelle unterhalb Einartshausen)

Das Kernband weist hier (Abb. 8), wie schon bei Geschmacksknospen von Schmerlen aus der Wetter, diffuse Auflösungserscheinungen auf, d.h. die Lage der Kerne ist abnorm, zwischen den Sinneszellen haben sich Krypten gebildet. Auswandernde Kerne sind ebenfalls zu beobachten. Der Sinneshügel der Geschmacksknospe ist kollabiert und leicht eingebuchtet. Die Fortsätze der Rezeptoren ziehen nicht mehr in geradem Verlauf in die Sinneshügel hinein, sondern winden sich leicht, so daß kein parallel angeordneter Verband mehr besteht. Die Oberfläche des Epitheles weist leichte Schäden auf.

Einartsbach b) (3 km unterhalb Einarthausen)

Der Grad der Schädigungen ist an dieser Probestelle deutlich geringer (Abb. 9). So erscheint der Situs der Geschmacksknospe annähernd normal. Das Kernband ist nurmehr schwach diffus und die Zahl der auswandernden Kerne ist deutlich reduziert. Der Zellverband ist geschlossen und auch die Sinneszellfortsätze sowie der apikale Sinneshügel zeigen keine pathologischen Veränderungen. Lediglich an der Epitheloberfläche finden sich Schäden.

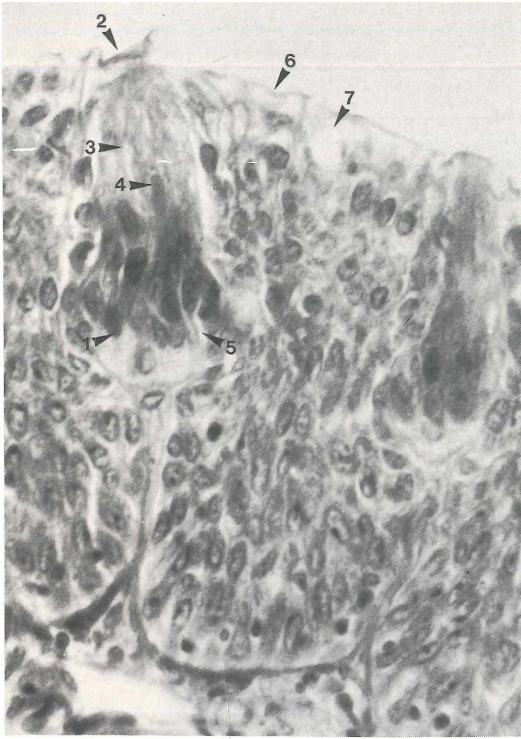


Abb. 8: Geschmacksknospe - Einartsbach a) (Vergr. 800 x)/ 1 diffuses Kernband; 2 apikale Buchtenbildung; 3 gestörte Anordnung der Rezeptorfortsätze; 4 auswandernder pyknotischer Kern; 5 interzelluläre Lakune; 6 leicht geschädigte Epitheloberfläche; 7 Schleimbecherzelle

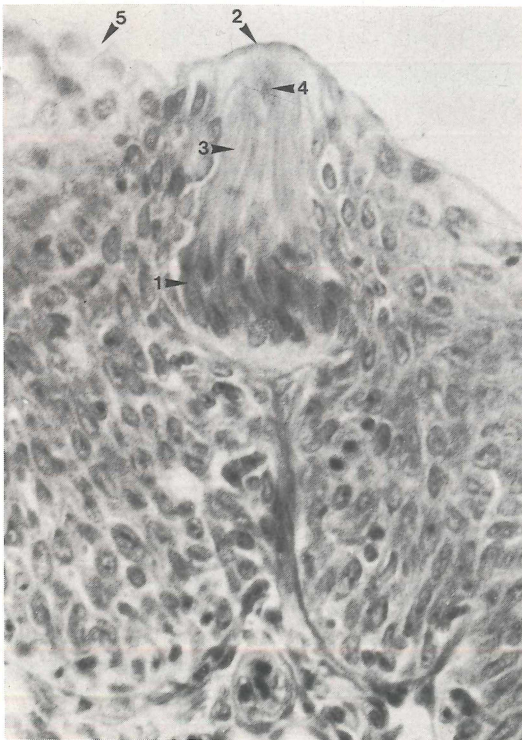


Abb. 9: Geschmacksknospe - Einartsbach b) (Vergr. 800 x)/ 1 leicht diffuses Kernband, 2 apikaler Sinnes Hügel mit Sinnesstiftchen; 3 Fortsätze der Rezeptoren; 4 auswandernder Kern; 5 beschädigte Epitheloberfläche

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die Untersuchung der Geschmacksknospen von Schmerlen aus unterschiedlichen hessischen Fließgewässern zeigt, daß sich die bislang lediglich in Laborversuchen induzierten pathologischen Veränderungen der Strukturen dieser Sinnesorgane auch im Freiland nachweisen lassen. Die diagnostizierten Schäden treten in verschieden starker Ausprägung ausschließlich an abwasserbelasteten Probestellen auf. So liegt es nahe, einen Zusammenhang zwischen der Qualität und der Quantität der Belastung einerseits sowie dem Grad der histopathologischen Veränderungen andererseits herzustellen. Ein besonderes Problem bei der differenzierten Interpretation dieser ersten Ergebnisse ergibt sich allerdings durch die schwankende Zusammensetzung und Konzentration der Abwasserfrachten in den Vorflutern, so daß hier erst nach Abschluß derzeit laufender Meßreihen (speziell zu Schwermetallen und CKW) konkrete Angaben möglich sind.

Die nachgewiesenen Schädigungen lassen sich anhand ihrer unterschiedlichen Ausprägung in Schadensklassen von 1 bis 4 einteilen (ungeschädigt bis völlig zerstört bzw. fehlend). Ein Vergleich dieser Schadensbewertung mit den an den entsprechenden Probestellen auftretenden Wassergüten (s. Tab. 1) zeigt, daß diese beiden Bewertungen nicht miteinander übereinstimmen.

Tab. 1: Vergleich zwischen Schadensklassen- und Wassergüteklassenbewertung an den Probestellen

Probestelle	Schadensklasse	Wassergütekategorie	Abwassertyp	Differenz
Horloff	1	I-II	keine Einleitung	positiv
Einartsbach b)	1-2	II-III	kommunal/Selbstreinigung	positiv
Einartsbach a)	2	III-IV	kommunal	positiv
Wetter a)	3-4	II-III	kommunal/industriell	negativ
Wetter b)	4	III	kommunal/industriell/ Klärwasser	negativ

Die auftretenden Differenzen zwischen der Schadens- und Wassergütebewertung sind in ihrer Richtung eindeutig vom jeweiligen Abwassertyp abhängig. Lediglich an der Horloff bei einer Wassergütekategorie von I-II (gering belastet) lassen sich keinerlei histologische Veränderungen der Geschmacksknospen nachweisen. Demgegenüber zeigt ein Vergleich, daß die Schadensbilder der Geschmacksknospen von Tieren aus kommunal belasteten Gewässern in Relation zur Gewässergüte weitaus schwächer ausgeprägt sind, während die Schädigungen der Schmerlen, die aus zusätzlich industriell belasteten Fließgewässerabschnitten stammen, deutlich stärker sind. Zudem ist am Einartsbach zu erkennen, daß mit einer Abnahme der organischen Belastung des Fließgewässers durch Selbstreinigung auch der Grad der histopathologischen Schäden abnimmt.

Wie die Befunde aus der industriell belasteten Wetter erkennen lassen, gibt eine Einstufung der Wasserqualität allein anhand des biologischen Saprobien-systemes die real für die Fischfauna existierenden Belastungsfaktoren nur höchst unvollständig wieder.

Zusammenfassend können folgende Aussagen getroffen werden:

- Histopathologische Untersuchungen an Geschmacksknospen von Fischen aus belasteten Fließgewässern geben Aufschluß über chronische, subletale Belastungen unserer Bäche und Flüsse.
- Es ist zu vermuten, daß der Grad der Schädigungen der Geschmacksknospen von Schmerlen ein Maß für die Summe der Belastungen in einem Fließgewässer ist und so auch akkumulative Effekte verschiedener Wasserinhaltsstoffe widerspiegelt.

- Entsprechend den Ergebnissen enthalten Abwässer aus kommunalen Einleitungen (siehe Einartsbach) offensichtlich weniger fischtoxische Giftstoffe, als geklärte Abwässer aus Kläranlagen (siehe Probestelle Wetter b), am Auslauf der Kläranlage Oberbessingen), die neben häuslichen Abwässern auch industrielle Abwasserfrachten aufnehmen.
- Eine Untersuchung des Schädigungsgrades stellt damit eine sinnvolle Ergänzung des Saprobien-systemes zur Bewertung der biologischen Gewässergüte dar.

Zur differenzierten Bewertung werden z.Z. chemisch-physikalische Untersuchungen von Wasser-, und Sedimentproben vorgenommen, die weitergehende Aussagen über die Empfindlichkeit dieses Monitoringsystemes ermöglichen können. Schon die bisherigen Befunde sind jedoch ein Beleg für die ökologischen Auswirkungen der Giftstoffeinleitungen in unsere Fließgewässer. Der verstärkte Ausbau von Kläranlagen verhindert also nicht zwangsläufig den chronischen Eintrag fischtoxischer Stoffe.

Es ist davon auszugehen, daß diese Umweltgifte nicht nur die Fische, sondern die gesamte aquatische Flora und Fauna nachhaltig beeinträchtigen. Die Folgen der Schädigungen chemischer Sinnesorgane für Schmerlen-Populationen und Ichthyozönosen sind bislang schwer abzuschätzen.

In jedem Falle aber bildet das vorgestellte Monitoringsystem eine notwendige Ergänzung herkömmlicher Methoden der Gewässergüteuntersuchung, zumal die diagnostischen Möglichkeiten dadurch wesentlich erweitert werden. Jüngste rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen (ADAM 1990; ADAM et al. 1990) dokumentieren eindrucksvoll die entsprechenden Schädigungen auch der Barteloberfläche von Schmerlen aus den vorgestellten hessischen Fließgewässern und bestätigen die hier dargestellten histologischen Befunde. Selbst eine Einstufung in "rasterelektronenmikroskopische"-Schadensklassen ergibt eine übereinstimmende Beurteilung.

Auch in fischereibiologischer Hinsicht sind diese Befunde von besonderem Interesse kann doch anhand der nachweisbaren Schädigungen belegt werden, daß objektive, quantifizierbare Beeinträchtigungen des aquatischen Lebensraumes vorliegen, gerade wenn die Fischfauna noch nicht völlig verdrängt ist und sich einzelne, besonders schadstoffresistente Arten wie die Schmerle noch fortpflanzen können. So ergibt sich eine wesentliche Verbreiterung der Argumentationsbasis für eine weitergehende Reduzierung speziell industrieller Schadstoffeinträge in unsere Gewässer und für einen intensiveren Schutz der gefährdeten einheimischen Fischbiozönosen.

LITERATUR

- ADAM B., 1988: Vergleichende Funktionsmorphologie und Histologie des Geruchsorgans elektrischer Fische mit ergänzenden Tests zur Bedeutung des Geruchssinnes. - Unveröff. Diplomarbeit, Gießen.
- ADAM B., SCHWEVERS U., BLÄHSER S., 1990: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen geschädigter Geschmacksknospen von Schmerlen (*Noemacheilus barbatulus*) aus belasteten hessischen Gewässern. - *Fischökologie* 2: 1.
- ADAM B., 1990: Schädigungen chemischer Sinnesorgane von Fischen aufgrund sublethaler Gewässerbelastungen. - *Tierärztliche Praxis* (in Druck).
- BARDACH J., FUJIYA M., HOLL A., 1965: Detergents: effects on the chemical senses of the fish *Ictalurus natalis* (Le Sueur). - *Science* 148: 1605-1607.
- BARDACH J., TODD J., CRICKMER R., 1967: Orientation by taste in fish of the genus *Ictalurus*. - *Science* 155: 1276-1278.
- BROWN S., EVANS R., THOMPSON B., HARA T., 1982: Chemoreception and aquatic pollutants. - In: HARA, T. (Hrsg.): *Developments in aquaculture and fisheries science*, Vol. 8: Chemoreception in fishes - Amsterdam: 363-393.
- BRUNKEN H., 1989: Lebensraumansprüche und Verbreitungsmuster der Bachschmerle *Noemacheilus barbatulus* (Linnaeus, 1758). - *Fischökologie* 1,1: 29-45.
- GAUMERT D., 1984: Vorkommen von Fischarten und Wasserqualität in Niedersachsen. - Arbeit. Deutsch. Fischereiverb. 40, Hildesheim.

- HAIDER G., 1975: Die Einwirkung subletaler Bleikonzentrationen auf die Chemorezeptoren zweier Süßwasserfischarten. - *Hydrobiologia* 47: 291-300.
- HMUR (HESSISCHER MINISTER FÜR UMWELT UND REAKTORSICHERHEIT, Hrsg.) 1986: Biologische Gewässerzustandskarte Hessen 1986.
- HOLL A., 1987: Selective fluorescent marking of fish taste buds damaged by detergents. - *Chemical Senses* 12: 206.
- ROMEIS B., 1968: *Mikroskopische Technik*. - 16. Auflage, München.
- SCHWEVERS U., 1984: Vergleichende histologische Untersuchungen an den Barteln einheimischer Süßwasserfische unter besonderer Berücksichtigung der Geschmacksknospen und deren Schädigung durch Waschmittel. - Diplomarbeit, Fachbereich Biologie.
- SCHWEVERS U., 1986: Die Fischfauna von Wißmarbach, Gleichbach, Fohnbach und Bieberbach. - Fischökologisches Gutachten im Auftrag der Unteren Naturschutzbehörde des Landkreises Gießen (unveröff. Manuskript): 120 S.
- SCHWEVERS U., ADAM B., 1989: Fließgewässer im Landkreis Gießen: Untersuchungen von Gewässerstruktur und Fischfauna. Teil I: Die Wetter. - Im Auftrag des Kreisausschusses des Landkreises Gießen (unveröff. Manuskript).
- STEUL H., WENSKE U., 1989: Gewässergütebericht 1989 der Fließgewässer 3. Ordnung des Landkreises Gießen. - Hrsg.: Kreis Ausschuß des Kreises Gießen.
- SUTTERLIN A., 1974: Pollutants and the chemical senses of aquatic animals. Perspective and review. - *Chem. Senses Flavor* 1: 167-178.

ADRESSE

Dipl. Biol. B. Adam,
 Dr. U. Schwevers
 Prof. Dr. A. Holl
 Institut für Allgemeine und Spezielle Zoologie
 der Justus-Liebig-Universität
 - Neues Tierhaus -
 Heinrich-Buff-Ring 29
 D-W-6300 Gießen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [19_2_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Adam Beate, Schwevers Ulrich, Holl Arthur

Artikel/Article: [Geschmacksknospen von Fischen - ein Monitoringsystem für Gewässerbelastungen 682-692](#)