

**DIE WIRKUNG OBERFLÄCHENAKTIVER SUBSTANZEN AUF DIE
HAUT VON NEUNAUGENLARVEN
(LAMPETRA FLUVIATILIS ET PLANERI L.)
EINE LICHT- UND ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE
UNTERSUCHUNG ¹⁾**

**The effect of surface active agents on the skin of larval lampreys
(*Lampetra fluviatilis et planeri* L.)
A light- and electronmicroscopical investigation**

von

Anton BREITFUSS und Hans ADAM ²⁾

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Salzburg
(Vorstand: Prof. Dr. Hans Adam)

Wir danken für die Durchsicht des Manuskripts Herrn Mag. Dr. Alois Lametschwandner und für die Ausarbeitung der Fotos Herrn Gerhard Sulzer.

Summary

The effect of the anionic TEXAPON L 100, the nonionic LUTENSOL AO 10 and the cationic CTAB in sublethal concentrations was tested light and electron microscopical on the epidermis of larval lampreys. All three agents caused a disturbance of the surface mucous cells, but each on an other way (increased production of mucous, disturbance of the tubuli). An intensified appearance of granular cells was found when using these three agents. The increase points to their possible function as "nachschiebungen"

Zusammenfassung

Die Wirkung des anionaktiven TEXAPON L 100, des nichtionaktiven LUTENSOL AO 10 und des kationaktiven CTAB in sublethalen Konzentrationen wurde an der Epidermis von Neunaugenlarven licht- und elektronenmikroskopisch untersucht. Alle drei Wirkstoffe

-
- 1) Diese Arbeit wurde durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt.
 - 2) Anschrift der Verfasser: Zoologisches Institut der Universität Salzburg, Akademiestraße 26, 5020 Salzburg

erzielten eine, im einzelnen jedoch unterschiedliche, Störung der Oberflächenschleimzellen (vermehrte Schleimproduktion, Entleerung und Zerstörung des Tubulisaumes). Ein verstärktes Auftreten von Granulazellen war bei allen drei Wirkstoffen vorhanden. Diese Vermehrung gibt einen Hinweis auf eine mögliche Erklärung ihrer Funktion als "Nachschubzellen"

Einleitung

Durch den zunehmenden Anteil waschaktiver Substanzen, auch Tenside oder Detergenzien genannt, an der Verschmutzung unserer Gewässer, stellte sich die Frage nach einer Schädigung auf aquatische Organismen.

In den letzten Jahren sind zahlreiche Arbeiten über die Schädlichkeit verschiedener Waschmittel, Waschrohstoffe und oberflächenaktiver Substanzen durchgeführt worden. Die meisten dieser Arbeiten beschäftigen sich mit der unmittelbaren Toxizität der Substanzen; nur ein geringer Teil davon bezieht sich auf die Schädigung verschiedener Organe der Organismen. So wurde schon sehr früh eine Beschädigung des respiratorischen Epithels bei Fischen beobachtet, die parallel mit einer Schädigung der Epidermis einhergeht.

Die Untersuchungen betrafen vor allem Süßwasserfische wie Forellen, Karpfen, Elritzen, Guppies, Hechte, Goldorfen, Goldkarauschen, Plötzen und Stichlinge (MANN u. SCHMID, 1961; MANN, 1962; SCHMID u. MANN, 1962; HIRSCH, 1963; BORSTLAP, 1964; SWISHER et al., 1964; THATCHER, 1966; THATCHER u. SANTNER, 1967; LANG, 1967; FISCHER u. GLOXHUBER, 1968; MARCHETTI, 1968), aber auch niedere aquatische Lebewesen (MANN, 1955; JONES, 1964; PRAT u. GIRAUD, 1964; MARCHETTI, 1965; SWEDMARK, 1968; ARTHUR, 1970; KNAUF, 1973).

Wesentlich geringer ist die Anzahl der Arbeiten über marine Organismen (EISLER, 1965; SWEDMARK et al., 1971).

SCHMID und MANN (1962) stellten fest, daß die Wirkung anionaktiver Tenside auf Fische durch die Schädigung des respiratorischen Epithels der Kiemen gekennzeichnet ist. Diese Schädigung wird von BOCK (1964, 1966) hauptsächlich auf die Erniedrigung der Grenzflächenspannung des Wassers zurückgeführt, vor allem dann, wenn Werte von 50 dyn/cm^2 und darunter erreicht werden. Dabei ist es von geringer Bedeutung, ob der Wirkstoff ionogen oder nichtionogen ist, was von REIFF (1975) bestätigt wurde.

Etwas abweichend davon machen FISCHER und GLOXHUBER (1968) für die Wirkung nichtionogener Tenside nicht nur die Erniedrigung der Grenzflächenspannung verantwortlich, sondern auch noch andere, an Lokalanästhesie erinnernde Mechanismen. Über Untersuchungen mit kationaktiven Tensiden ist nur wenig Literatur vorhanden (MANN, 1957; MARCHETTI, 1965; KNAUF, 1973), was auf eine geringe wasserwirtschaftliche Bedeutung dieser Wirkstoffe zurückzuführen ist.

Es zeichnete sich im Schädigungsgrad bzw. im Verhältnis der zur Schädigung führenden, notwendigen Konzentrationen eine Beziehung zwischen dem respiratorischen Epithel der Kiemen und der Epidermis ab. Im Allgemeinen ließ sich erkennen, daß bei Fischen mit einem höheren Anteil der Epidermis an der Respiration wesentlich schneller und bei niedrigeren Konzentrationen eine Schädigung der Tenside auf die Epidermis eintritt.

Aus diesem Grund und wegen der Zelltypen, die die Epidermis der Neunaugen aufbauen, wurde eine Untersuchung über die Auswirkung dreier verschiedener Tenside, des anion-

aktiven TEXAPON L 100, des nichtionogenen LUTENSOL AO 10 und des kationaktiven CTAB angestellt.

Material und Methoden

Zur Untersuchung gelangten 62 Larven von Bach- und Flußneunaugen, *Lampetra planeri* (L.) und *Lampetra fluviatilis* (L.). Die Tiere stammen zum einen Teil aus den Bächen der Oststeiermark und zum anderen aus dem Oberlauf der Mur in der Gegend von Murau (Steiermark).

Die Versuche wurden hauptsächlich in runden Glasgefäßen mit einem Fassungsvermögen von 5 l durchgeführt. Die Tiere wurden nach ADAM, SCHIRMER und WALVIG (1962) mit PHENOXETOL betäubt.

Die durchschnittliche Länge der Tiere betrug 13 bis 15 cm. Für lichthistologische Schnitte (7 µm) wurden Hautstücke in Bouin und Neutralformol fixiert, in Isopropylalkohol entwässert und über Methylbenzonat, Benzol und Benzol-Paraplast in Paraplast eingebettet.

Geschnitten wurde mit einem Minot-Serienschnittmikrotom (REICHERT, Wien).

Gefärbt wurde mit Azan nach HEIDENHAIN (ADAM und CZIHAK, 1964).

Für Ultra- und Semidünnschnitte wurden kleine Hautstücke in 4 %igem cacodylatgepuffertem Glutaraldehyd (pH 7,3) 2 Stunden fixiert, über Nacht mit Na-Cacodylatpuffer ausgewaschen und anschließend in 1 %igem cacodylatgepuffertem OsO₄ 90 Minuten nachfixiert und in Puffer gewaschen. Nach der Entwässerung über Äthanol und Propylenoxyd wurde in Epon 812 eingebettet.

Geschnitten wurde mit einem Ultramikrotom OmU 3 (REICHERT, Wien). Semidünnschnitte wurden mit Azur II und mit Toluidinblau gefärbt; die Ultradünnschnitte wurden mit Uranylazetat und Bleizitrat kontrastiert.

Die elektronenmikroskopischen Präparate wurden mit einem Philips EM 300 Elektronenmikroskop fotografiert.

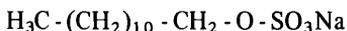
Für die Versuche wurden folgende oberflächenaktive Substanzen ausgewählt:

TEXAPON L 100, anionaktiv, Firma HENKEL

LUTENSOL AO 10, nichtionogen, Firma BASF

CTAB, kationaktiv, Firma MERCK

TEXAPON ist ein anionaktives Tensid aus der Gruppe der Natriumlaurylsulfate (Fettalkoholsulfate) mit einer Kettenlänge von 12 C-Atomen.



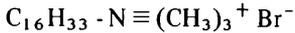
Es findet vor allem Verwendung für Fein- und Spezialwaschmittel.

LUTENSOL ist ein Äthoxilierungsprodukt gesättigter synthetischer Alkohole mit einer Kettenlänge von 13 bis 15 C-Atomen. Das AO 10 bedeutet Äthoxilierungsgrad 10, was gleichzusetzen ist mit einem Anteil von 10 Mol Äthylenoxid.



LUTENSOL AO 10 findet Verwendung in Waschmitteln und in technischen Reinigern für Industrie und Gewerbe (techn. Merkblatt, BASF).

CTAB (Cetyltrimethylammoniumbromid) ist ein Ammoniumsalz mit langkettigem CH-Rest.



Diese Gruppe findet vor allem in Haarschampoos und Desinfektionsmitteln Verwendung.

Um ein vorzeitiges Ableben der Tiere infolge von Kiemenschäden zu vermeiden, wurden in Vorversuchen sublethale Konzentrationen ermittelt, bei denen sich nach längerer Versuchsdauer (eine Woche) eine beginnende Schädigung der Epidermis abzeichnete.

Die ermittelten Konzentrationen waren für TEXAPON 0,5 und 1,0 ppm; für LUTENSOL 1,0 und 2,0 ppm und für CTAB 0,25 und 0,5 ppm.

Die Versuchstiere befanden sich eine Woche in der Lösung mit der entsprechenden Wirkstoffkonzentration und anschließend zwei Wochen in reinem Leitungswasser.

Ergebnisse

Nach einer Versuchsdauer von drei Wochen zeigt sich im lichtmikroskopischen Erscheinungsbild der Epidermis (Abb. 1) bei einer Konzentration von 0,5 ppm TEXAPON keine wesentliche Veränderung (Abb. 2). Lediglich eine etwas höhere Zahl an Granulazellen ist zu beobachten. Im Gegensatz dazu zeigt die Epidermis eines Tieres aus den Vorversuchen nach einer Einwirkung von 5 ppm TEXAPON über 10 Stunden, daß die oberste Schleimzellschicht (Becherzellen) stark angegriffen wird, sich auflöst und teilweise von den mittleren Schichten ablöst (Abb. 3). Dieses Tier hat als einziges die verhältnismäßig hohe Konzentration an Wirkstoff über diesen Zeitraum überlebt, sodaß eine postmortale Veränderung ausgeschlossen werden kann.

Im elektronenmikroskopischen Bild ist aber auch bei der niedrigen Konzentration von 0,5 ppm TEXAPON bereits eine deutliche Schädigung zu beobachten (Abb. 4). Die apikalen Tubuli der Becherzellen sind leer und eingefallen, die desmosomalen Verbindungen zwischen den Zellen schwach und die Zellmembranen teilweise in Auflösung (Abb. 4). Dies wird in der Gegenüberstellung mit dem Bild einer Zelle aus der Kontrollserie deutlich. Hier sind die Tubuli mit Schleimvesikel gefüllt und die Zellmembranen und -verbindungen kräftig ausgebildet (Abb. 5).

Bei Konzentrationen von 1 ppm und 2 ppm LUTENSOL zeigt sich eine starke Vermehrung der Granulazellen (Abb. 6), bei 2 ppm tritt zusätzlich eine verstärkte Reizung der Becherzellschicht auf (Abb. 7). Elektronenmikroskopisch erweckt die Becherzelle bei 2 ppm den Eindruck einer besonders starken Schädigung. Der Tubulisaum verschwindet nahezu vollständig. Im supranuklearen Bereich befinden sich starke Ansammlungen elektronendichten Materials (Abb. 8). Auch die normalerweise im apikalen Bereich der Zelle häufig anzutreffenden Zellorganellen, wie granuläres Endoplasmatisches Retikulum, Golgi-Apparat und Mitochondrium, scheinen in der geschädigten Becherzelle nahezu vollkommen verdrängt zu sein (Abb. 8). Im Gegensatz dazu sind in den Becherzellen der normalen, unbehandelten Epidermis nur geringfügige Einlagerungen und ein gut ausgebildeter Tubulisaum zu beobachten (Abb. 9).

Bei der Konzentration von 0,25 ppm CTAB zeigt sich im wesentlichen eine ähnliche Schädigung der Epidermis wie bei TEXAPON, mit einer teilweisen Entleerung der Tubuli und einem verstärkten Auftreten von Granulazellen. Erst bei 0,5 ppm zeigt sich eine besondere Veränderung. Diese äußert sich bereits im lichtmikroskopischen Bild in Form

einer sehr starken Reizung der oberen Schleimzellschicht (Abb. 10). Das elektronenmikroskopische Bild dieses Stadiums veranschaulicht deutlich, daß hier die Schleimproduktion nicht nur in den Becherzellen, sondern teilweise auch bis zu den mittelepidermalen Schleimzellen äußerst stark angeregt worden ist (Abb. 11). Die mittelepidermale Schleimzelle der Epidermis von Kontrolltieren zeigt nur wenige schleimartige Vesikel, auch "Prämucigenvesikel" genannt, und ein gut ausgebildetes granuläres Endoplasmatisches Retikulum (Abb. 12).

Diskussion

Aus den Ergebnissen geht hervor, daß die Epidermis der Neunaugenlarven bereits gegen geringe Konzentrationen von Tensiden empfindlich ist und auf eine ganz bestimmte Art und Weise reagiert.

Besonders deutlich sind die Unterschiede der Einwirkung der einzelnen oberflächenaktiven Substanzen im Bereich der Becherzellen, der obersten Schleimzellschicht. Das anionaktive TEXAPON verursacht hier eine deutliche Entleerung und Auflösung des Tubulisaumes. Eine vergleichbare Konzentration des nichtionogenen LUTENSOL bringt zwar ebenfalls eine Entleerung des Tubulisaumes, die Zerstörung des Saumes ist aber mit einer starken Einlagerung elektronendichten Materials im Zellapex verbunden. Im Gegensatz dazu verursacht das kationaktive CTAB nur eine besonders starke Schleimproduktion in den oberen Schleimzellschichten.

Allen Konzentrationen der verwendeten Tenside gemeinsam ist nur ein verstärktes Auftreten von Granulazellen. Besonders deutlich ist dies beim nichtionogenen LUTENSOL. Im Bereich der Becherzellen sind die Veränderungen unterschiedlich, sodaß wir geneigt sind, nicht nur, wie die meisten Autoren, zwischen Reaktionen auf ionogene oder nichtionogene Tenside zu unterscheiden, sondern im gleichen Maße zwischen anionaktiven und kationaktiven.

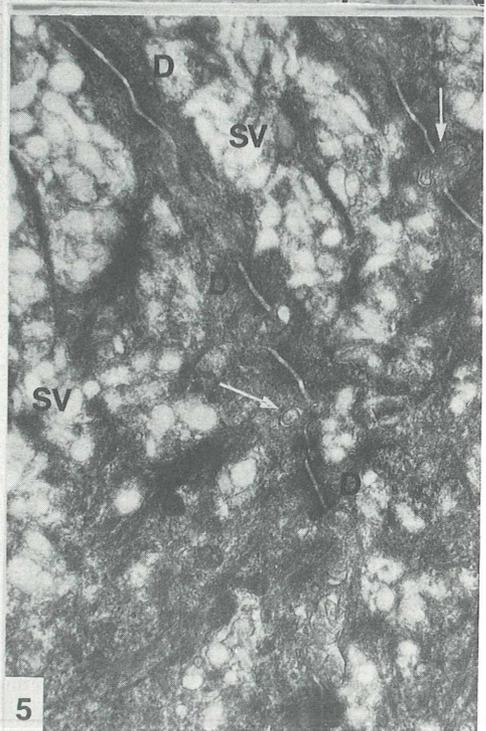
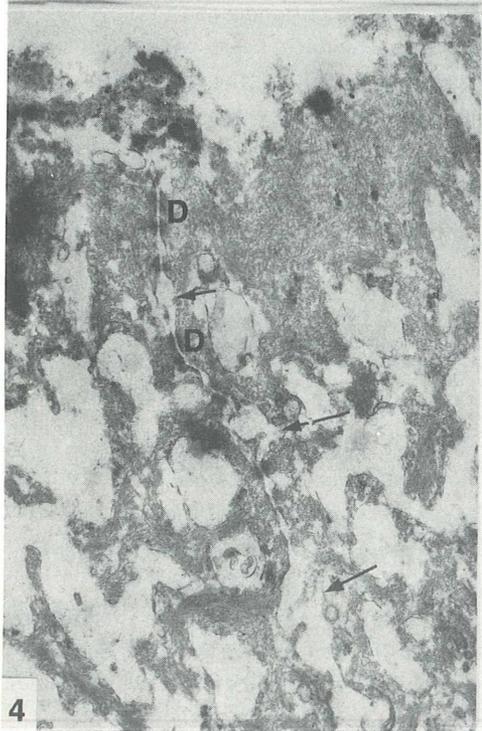
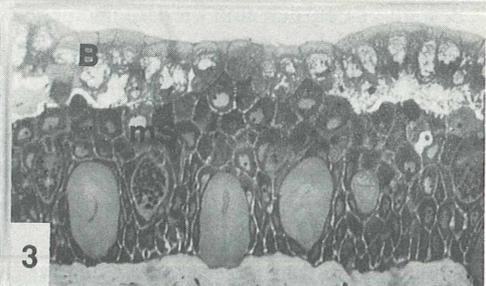
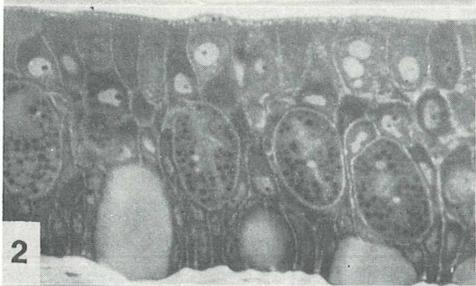
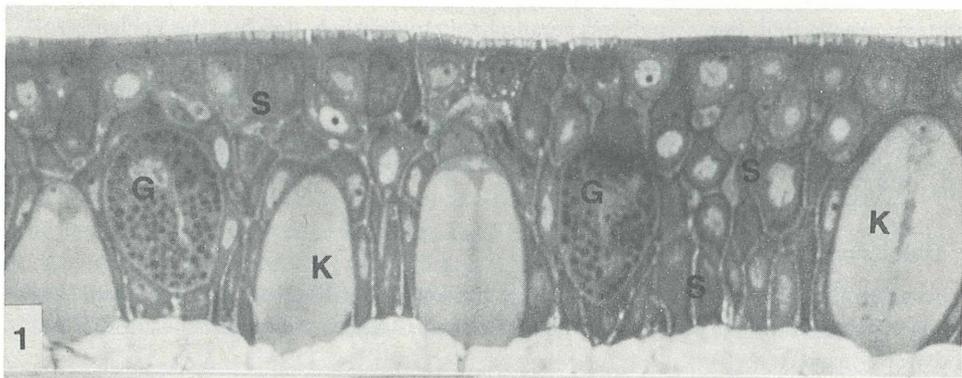
Bereits SCHMID und MANN (1962) geben einen Hinweis auf eine mögliche Erklärung dieser Ergebnisse. Die meisten späteren Autoren stimmen darin überein. Die Verringerung der Grenzflächenspannung in kolloidalen Systemen durch synthetische Netzmittel ergibt einen physikalischen Effekt, der für die Schädigung verantwortlich gemacht wird. Da nun aber auch bei gleicher bzw. ähnlicher Grenzflächenspannungserniedrigung durch die einzelnen Wirkstoffe verschiedene Ergebnisse in der Schädigung der Epidermis erreicht werden, müssen hier auch noch andere Faktoren eine Rolle spielen. Es scheint wahrscheinlich, daß hier auch der unterschiedliche Chemismus der Tenside zum Tragen kommt.

Weitere Faktoren sind die Fähigkeit von Netzmitteln, Lipoproteine zu spalten, die eine wichtige Rolle im Aufbau der Zellwand spielen. Außerdem regen sie die Bildung von Netzmittel-Eiweißkomplexen an.

Anhand der Schädigungen kann ein theoretischer Reaktionsablauf erstellt werden.

Als erstes kommen die oberflächenaktiven Substanzen mit der Epidermisoberfläche in Kontakt. Die Becherzellen reagieren darauf mit vermehrter Schleimabsonderung.

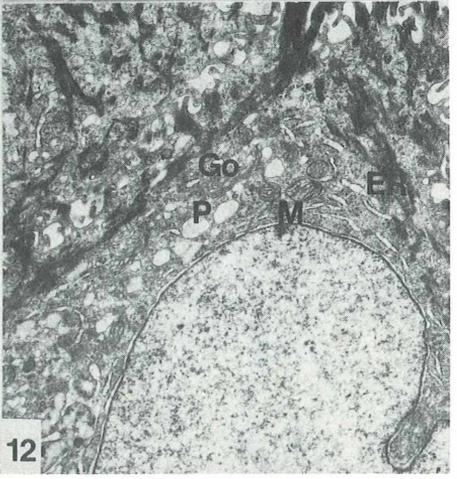
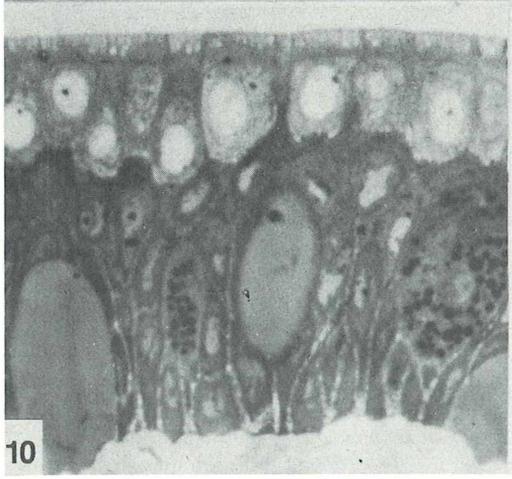
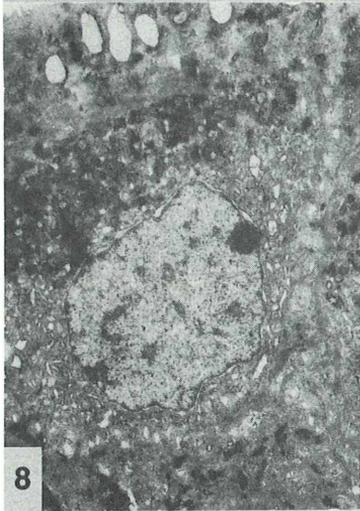
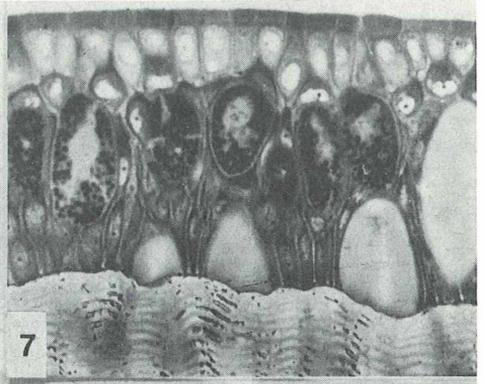
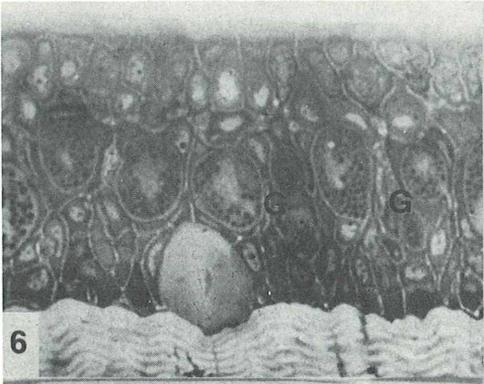
Ist nun die Konzentration der Tenside entsprechend hoch oder wirken sie entsprechend lange ein, so reicht diese Schutzmaßnahme nicht aus. Die Tenside zerstören die Schleimschicht, dringen in die nun leeren Oberflächenschleimzellen ein und greifen die Zellwände an. Dem begegnet eine vermehrte Schleimproduktion, die für gereizte Zellen typisch ist.



Das starke Auftreten von lipoproteinhaltigen Granulazellen in der geschädigten Epidermis läßt eine Deutung ihrer bisher nicht hinreichend geklärten Funktion als die eines "Baustofflieferanten" für die oberen Regionen plausibel erscheinen. Unterstützt wird diese Annahme durch die Tatsache, daß Granulazellen in Neunaugenlarven nie die Hautoberfläche erreichen und somit die Lipoproteingranula keinesfalls direkt an die Epidermisoberfläche abgeben können.

Eine weitere Bekräftigung dieser Auffassung müßte eine Untersuchung über die Regeneration der durch Tenseinfluß entstandenen Schäden erbringen.

-
- Abb. 1: Hauptzelltypen der Epidermis der Neunaugenlarve (Kontrolltier). Schleimzellen (S), Granulazellen (G), Kolbenzellen (K). Semidünnschnitt, 1 μm (quer), Epon 812, Azur II. 640 1
- Abb. 2: Epidermis, mit 0,5 ppm TEXAPON behandelt. Semidünnschnitt, 1 μm (quer), Epon 812, Azur II. 416 1
- Abb. 3: Epidermis, mit 5 ppm TEXAPON behandelt. Die Reihe der Becherzellen (B) löst sich teilweise von den mittelepidermalen Schleimzellen (mS). Semidünnschnitt, 1 μm (quer), Epon 812, Azur II. 320 : 1
- Abb. 4: Geschädigte Epidermis (0,5 ppm TEXAPON). Tubulisaum der Becherzellen in Auflösung. Die Zellwände sind stark beschädigt (Pfeile) und die desmosomalen Verbindungen (D) zwischen den Zellen nur noch schwach. Epon 812, Uranylazetat und Bleizitrat. 46 200 1
- Abb. 5: Tubulisaum der unbehandelten Epidermis. Gut ausgebildete desmosomale Verbindungen (D) und deutlich sichtbare mäandrierende Zellwände (Pfeile) sind zu beobachten. Die Tubuli sind mit Schleimvesikel gefüllt (SV). Epon 812, Uranylazetat und Bleizitrat. 40 656 1



- Abb. 6: Epidermis, mit 1 ppm LUTENSOL behandelt. Eine auffallende Vermehrung der Granulazellen (G) liegt vor. Semidünnschnitt, 1 μm (quer), Epon 812, Azur II. 512 1
- Abb. 7: Epidermis, mit 2 ppm LUTENSOL behandelt. Starke Vermehrung der Granulazellen, Veränderung der Becherzellen. Semidünnschnitt, 1 μm (quer), Epon 812, Azur II. 368 1
- Abb. 8: Wirkung von 2 ppm LUTENSOL auf die Becherzelle. Zahlreiche elektronendichte supranukleare Einlagerungen sind zu beobachten. Epon 812, Uranylazetat und Bleizitrat. 12 936 : 1
- Abb. 9: Becherzelle eines Kontrolltieres. Der Tubulisaum ist gut ausgebildet und mit Schleim gefüllt. Epon 812, Uranylazetat und Bleizitrat. 12 936 1
- Abb. 10: Reizung der Becherzellenschicht mit 0,5 ppm CTAB. Große Ansammlungen von Schleimvesikel sind vorhanden. Semidünnschnitt, 1 μm (quer), Epon 812, Azur II. 672 : 1
- Abb. 11: Schleimvesikelbildung im Bereich der mittelepidermalen Schleimzellenschicht (mS) bei 0,5 ppm CTAB. Epon 812, Uranylazetat und Bleizitrat. 5 390 1
- Abb. 12: Mittelepidermale Schleimzelle der Neunaugenhaut bei Kontrolltieren. Gut entwickelte granuläres Endoplasmatisches Retikulum (ER), Golgi-Apparat (Go), Mitochondrien (M) und Vorläufer der Schleimvesikel (Prämucigenvesikel, P). Epon 812, Uranylazetat und Bleizitrat. 16 632 : 1

Literatur

- ADAM, H. und G. CZIHAK: Arbeitsmethoden der makroskopischen und mikroskopischen Anatomie. G. Fischer, Stuttgart 1964, 583 S.
- ADAM, H., H. SCHIRNER und F. WALVIG: Versuche zur Narkose und Relaxation von *Myxine glutinosa* L. (Cyclostomata, Vertebrata). Zool. Anz. **168**, 216 - 228 (1962).
- ARTHUR, J.W.: Chronic effects of linear alkylate sulfonate detergent on *Gammarus pseudolimnäs*, *Campelema decisum* and *Physa integra*. Water Res. **4**, 251 - 257 (1970).
- BOCK, K.J.: Biologische Eigenschaften grenzflächenaktiver Stoffe. IV. Internationaler Kongreß für grenzflächenaktive Stoffe, Brüssel 1964.
- BOCK, K.J.: Über die Wirkung von Waschrohstoffen auf Fische. Arch. Fischereiwiss. **17**, 68 - 77 (1966).
- BORSTLAP, C.: Intermediate biodegradation products of anionic detergents, their toxicity and foaming properties. IVth International Congress on Surface Active Substances (Brussels 1964).
- BREITFUSS, A.: Die Epidermis von Neunaugenlarven (*Lampetra fluviatilis* L.) untersucht hinsichtlich ihrer Beeinflussbarkeit durch Tenside und die Regeneration der dadurch entstandenen Schäden. Philosophische Dissertation, Salzburg 1977.
- DOWNING, St.W. and R.R. NOVALES: The fine structure of lamprey epidermis. I. Introduction and mucous cells. J. Ultrastr. Res. **35**, 282 - 294 (1971).
- DOWNING, St.W. and R.R. NOVALES: The fine structure of lamprey epidermis. II. Club cells. J. Ultrastr. Res. **35**, 295 - 303 (1971).
- DOWNING, St.W. and R.R. NOVALES: The fine structure of lamprey epidermis. III. Granular cells. J. Ultrastr. Res. **35**, 304 - 313 (1971).
- EISLER, R.: Some effects of a synthetic detergent on estuarine fishes. Trans. Am. Fish. Soc. **94**, 26 - 31 (1965).
- FISCHER, W.K. und Ch. GLOXHUBER: Untersuchungen über die Wirkungsweise von Alkylpolyglykoläthern in hoher Konzentration auf Fische. Fd. Cosmet. Toxicol. **6**, 459 - 477 (1968).

- HIRSCH, E.: Zur Kenntnis des biologischen Verhaltens waschaktiver Substanzen II, Konstitution und Fischverhalten von Alkylbenzolsulfonaten. *Fette - Seifen - Anstrichm.* **65**, 814 - 818 (1963).
- JANICKE, W.: Schädwirkung von Tensiden unter wasserwirtschaftlichem Gesichtspunkt (Eine Übersicht). *Bundesgesundheitsbl.* **16**, 242 - 246, 258 - 263 (1973).
- JANICKE, W., G. BRINGMANN und R. KUHN: Wassertoxikologische Untersuchungen der Schädwirkung nichtionogener Tenside vom Typ der Polyglykol-Addukte. *Gesundheitsing.* **90**, 133 - 164 (1969).
- JONES, J.R.E.: *Fish and river pollution*. Butterworths, London 1964, 203 pp.
- KNAUF, W.: Zur Bestimmung der Toxizität von Tensiden bei Wasserorganismen. *Tenside-Detergents* **10**, 251 - 255 (1973).
- LANG, W.: Untersuchungen zur Wirkungsweise von anionischen grenzflächenaktiven Stoffen auf die histologische Beschaffenheit verschiedener Organe bei *Carassius auratus*. *Arch. Fischereiwiss.* **18**, 25 - 45 (1967).
- MANN, H.: Die Einwirkung von grenzflächenaktiven Waschmitteln auf Fische und Fischnährtiere. *Arch. Fischereiwiss.* **6**, 131 - 137 (1955).
- MANN, H.: Die Bedeutung der synthetischen Waschmittel (Detergentien) für die Fischerei. *Der Fischwirt* **12**, 97 - 101 (1962).
- MANN, H. and O.J. SCHMID: The influence of detergents upon sperm, fertilization and development in trout. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **46**, 419 - 429 (1961).
- MARCHETTI, R.: A critical review of the effects of synthetic detergents on aquatic life. *Stud. Rev. gen. Fish. Coun. Mediterr.* **26**, 1 - 32 (1965).
- MARCHETTI, R.: The toxicity of nonyl phenol ethoxylate to the developmental stages of the rainbow trout *Salmo gairdneri* Rich. *Ann. appl. Biol.* **55**, 425 - 430 (1968).
- PRAT, J. and A. GIRAUD: The pollution of water by detergents. O.E.C.D.-Bericht, Paris 1964, 86 S.
- REIFF, B.: Biodegradation and aquatic toxicity of surfactants. A laboratory monitoring method. In: *Sublethal effects of toxic chemical on aquatic animals*. Ed. by H.H. KOEMAN and J.J.T.W.A. STRIK. Elsevier, Amsterdam - Oxford - New York 1975.
- SCHMID, O.J. and H. MANN: Die Einwirkung von Dodecylbenzolsulfonat auf die Kiemen von Forellen. *Arch. Fischereiwiss.* **13**, 41 - 51 (1962).
- SWEDMARK, M.: Resistens hos fisk mot glykol, tensider och en vaulig tensidråvara. *Vatten* **5**, 430 - 443 (1968).
- SWEDMARK, M., B. BRAATEN, E. EMANUELSSON and Å. GRANMO: Biological effects of surface active agents on marine animals. *Marine Biol.* **9**, 183 - 201 (1971).
- SWISHER, R.D., J.T. O'ROURKE and H.D. TOMLINSEN: Fish bio-assays of linear alkylate sulfonates (LAS) and intermediate bio-degradation products. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **41**, 746 - 752 (1964).
- THATCHER, T.O.: The comparative lethal toxicity of a mixture of hard ABS detergent products to eleven species of fishes. *Int. J. Air Water Poll.* **10**, 585 - 590 (1966).
- THATCHER, T.O. and J.F. SANTNER: Acute toxicity of LAS to various fish species. *Proc. 21st Purdue Ind. Waste Conf. Purdue Univ. Engng. Ext. Part 2*, **50**, 996 - 1002 (1967). *Ext. Bull. Purdue Univ. (Engng.) Ser. No. 121* (1967).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg](#)

Jahr/Year: 1976

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Breiffuss Anton, Adam Hans

Artikel/Article: [DIE WIRKUNG OBERFLÄCHENAKTIVER SUBSTANZEN AUF DIE HAUT VON NEUNAUGENLARVEN \(LAMPETRA FLUVIATILIS ET PLANERI L.\) EINE LICHT- UND ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG. 53-62](#)