

Sonderabdruck

aus dem

Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen

24. Jahrgang, Nr. 5

(Ausgegeben am 15. Oktober 1975)

**Zur osmoregulatorischen Anpassung von Wasserinsekten
im Neusiedlersee-Gebiet**

Von **Wilfried Wichard***)

1. Einleitung

Im Neusiedlersee-Gebiet liegen östlich vom See im „Seewinkel“ zahlreiche Lacken, die sich durch geringe Tiefen und hohe Salinität auszeichnen. Die geringe Wassertiefe führt in den Sommermonaten zu regelmäßigen Austrocknungen und beeinflusst damit die Gewässer-Biozönose. Die Salinität der Gewässer begünstigt darüberhinaus steno- und euryhaline Formen, die beispielsweise für Käfer und Wanzen von Machura (1935) aufgezeigt wurden. Schließlich wirkt die Periodik der Gewässer auf die Salinität, indem sie mit dem jeweiligen Wasserstand der Lacken kurzfristige und jahresperiodische Schwankungen in der Salzkonzentration induziert.

Mit dieser allgemeinen Kennzeichnung der Salzlacken rückt ein ökophysiologischer Aspekt in den Vordergrund biozönotischer Untersuchungen. Die Wasserinsekten sind den starken Schwankungen im Elektrolytgehalt ausgesetzt, der bezogen auf die hohe Ionenkonzentration in der Hämolymphe dennoch überwiegend hypoosmotisch ist. Die osmoregulatorische Anpassung der Insekten erfolgt daher im allgemeinen als hyperosmotische Regulation. In der Hämolymphe tritt bei dieser Regulation ein Ionenverlust ein, der durch die Absorption von Ionen aus dem wäßrigen Milieu wieder ausgeglichen wird. Als Orte der notwendigen Salzaufnahme kommen neben der oralen Aufnahme bei den Wasserinsekten die Chloridzellen, die Chloridepithelien und die Analpapillen in Frage.

Diese ionenabsorbierenden Zellen und Epithelien weisen bei unterschiedlicher Salinität morphologische Veränderungen auf, die im Einklang mit der Osmoregulation stehen. Im Neusiedlersee-Gebiet haben wir zum Studium dieser osmoregulatorischen Anpassung die Larven

*) Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Biologischen Station Neusiedlersee in Illmitz.

von *Cloeon dipterum* L. (Ephemeroptera, Baetidae), *Limnephilus stigma* Curt. (Trichoptera, Limnephilidae) und *Chaoborus obscuripes* (v. d. Wulp) (Diptera, Chaoboridae) aus einer Salzlacke und einer Kiesgrube miteinander verglichen, um prinzipielle morphologische Unterschiede in den Analpapillen, Chloridepithelien und Chloridzellen aufzuzeigen, die sich auf dem Integument der Insekten befinden (Abb. 1).

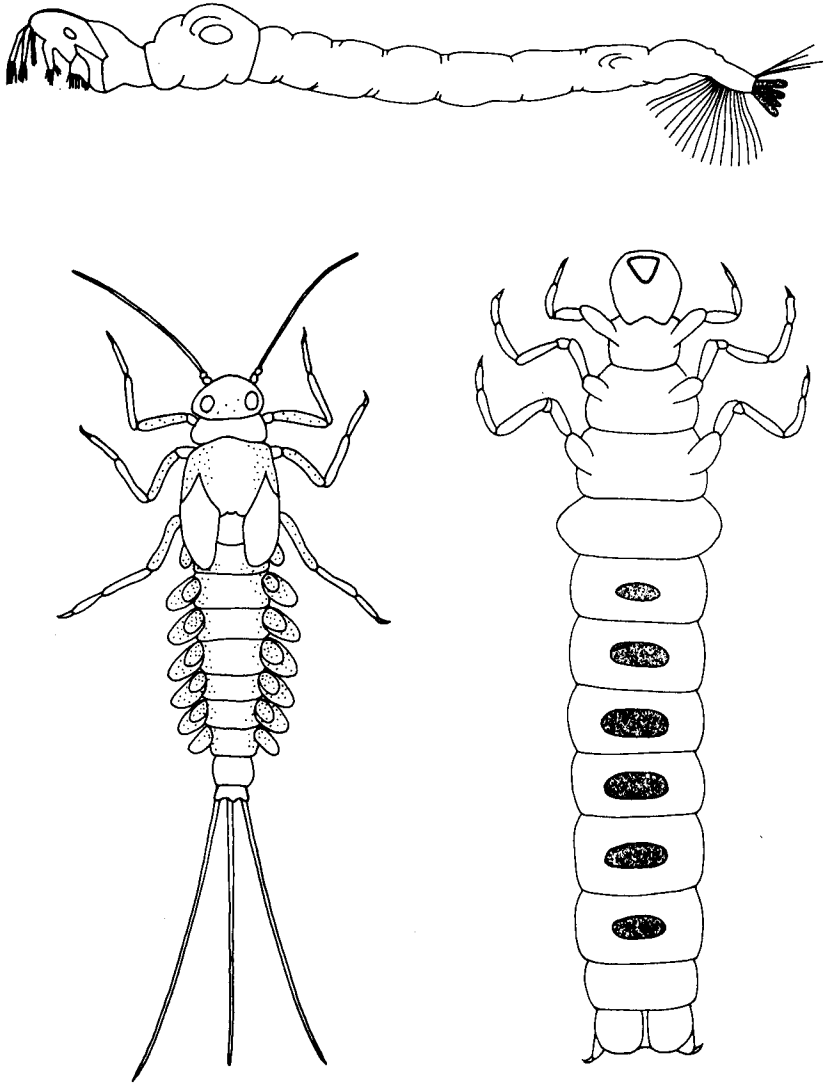


Abb. 1: Schematische Darstellung von Chloridzellen auf der Körperoberfläche einer Eintagsfliegenlarve (unten links), von Chloridepithelien auf dem Abdomen einer Köcherfliegenlarve (unten rechts) und von Analpapillen bei einer Dipterenlarve (oben).

2. Material und Methode

Im Frühjahr 1974 wurde die „Lange Lacke“ (nach L ö f f l e r , 1959 mit 39a bezeichnet), die nördlich des Albersees liegt, und andererseits eine Kiesgrube an der Landstraße zwischen Illmitz und Podersdorf untersucht. Potentiometrisch wurde die Leitfähigkeit und titrimetrisch der Chloridgehalt der Gewässer gemessen. Im übrigen wird auf die limnochemischen Untersuchungen von L ö f f l e r (1959) verwiesen. Die Salzlacke und die Kiesgrube zeichnen sich beide durch eine relativ reiche Vegetation aus und erfüllen damit die biotischen Voraussetzungen vieler aquatischer Insekten.

In den Gewässern wurden jeweils 20 Larven der Eintagsfliege *Cloeon dipterum* (Körperlänge ca. 6 mm), der Köcherfliege *Limnephilus stigma* im 5. Larvenstadium und der Mücke *Chaoborus obscuripes* im 4. Larvenstadium aufgesammelt. Die *Chaoborus*-Larven wurden in 70 % Alkohol konserviert und anschließend für die Mikroskopie präpariert, um die Länge ihrer Analpapillen zu messen. Die Larven von *Cloeon* und *Limnephilus* wurden nach dem Aufsammeln 10 Min. mit 0,1 N AgNO₃ in 1 N HNO₃ gebadet und dann in 70 % Alkohol konserviert. Die Behandlung mit Silbernitrat in HNO₃ führt am Ort der Chloridakkumulation, die typisch für Chloridzellen und Chlorid-epithelien ist, zur Fällung von Silberchlorid. Nach anschließender Reduktion des Silbers werden die Zellen und Epithelien als dunkelbraune Punkte und Flächen lichtmikroskopisch gut sichtbar. Mit dieser einfachen histochemischen Methode wird es möglich, die Chloridzellen auf den Tracheenkiemen der Eintagsfliege auszuzählen. Dazu wurden die Tracheenkiemen des 4. Abdominalsegmentes von jeweils 20 Larven aus der Salzlacke und der Kiesgrube mit statistischen Methoden verglichen. Bei der Köcherfliege wurden die Flächen der Chlorid-epithelien unter einem Stereo-Mikroskop, verbunden mit einem Zeichentubus, herausgezeichnet und planimetrisch ermittelt. Auch hierbei wurden jeweils 20 Larven von beiden Gewässern ausgewertet.

Ebenso wurde mit jeweils 20 Larven von *Limnephilus stigma* verfahren, die während ihrer larvalen Entwicklung bis zum 5. Larvenstadium vergleichsweise unter den experimentellen Bedingungen in nahezu salzfreiem Wasser (Ionenaustauscherwasser, das täglich erneuert wurde) und andererseits bei 250 mosm Seesalz gehalten wurden.

3. Ergebnisse

Die Salzlacke nördlich des Albersees ist in der Salinität von der Kiesgrube an der Landstraße zwischen Illmitz und Podersdorf deutlich unterschieden (Salzlacke: 1100 mg/l Cl, 6150 $\mu\text{S cm}^{-1}$ Leitfähigkeit; Kiesgrube: 64 mg/l Cl, 680 $\mu\text{S cm}^{-1}$ Leitfähigkeit). Während Salzlacken zu den periodischen Gewässern mit entsprechend starken Konzentrationsschwankungen gehören, ist die Kiesgrube ein permanentes Gewässer mit der ausgeglichenen Ionenkonzentration eines Süßwassers.

Die aquatischen Insekten sind den Bedingungen der beiden Gewässer osmoregulatorisch angepaßt. Die hyperosmotische Regulation ist gekoppelt mit der Ionenabsorption durch Chloridzellen, Chlorid-epithelien und Analpapillen (Abb. 1). Die resorptive Oberfläche dieser Strukturen korreliert mit der Salinität der Gewässer. Die höhere Salinität der Salzlacke induziert eine kleine resorptive Oberfläche; umgekehrt induziert die geringe Salinität der Kiesgrube eine größere

resorptive Oberfläche (Tabelle 1). Die Eintagsfliegenlarven von *Cloeon dipterum* aus der Kiesgrube und der Salzlacke sind in der Chloridzellenzahl, die Köcherfliegenlarven von *Limnephilus stigma* in der Fläche der abdominalen Chloridepithelien und die Mückenlarven von *Chaoborus obscuripes* sind in der Länge der Analpapillen signifikant (t-Test, $P < 0,05$) unterschieden. Während die Länge der Analpapillen und die Chloridzellenzahl auf ausgewählten Tracheenkiemen repräsentative Indizien für die Größe der resorptiven Oberfläche sind, kann bei der Köcherfliegenlarve *Limnephilus stigma* die resorptive Oberfläche aus den insgesamt sechs abdominalen Chloridepithelien direkt errechnet werden. Dabei stellt sich heraus, daß sich die Larven aus den beiden Gewässern bereits in jeder der sechs Chloridepithelien, die ventral vom 2. bis 7. Abdominalsegment angelegt sind, voneinander unterscheiden (Abb. 2).

In gezielten Adaptationsversuchen mit Trichopteren, bei denen die Larven von *Limnephilus stigma* vom 1. bis zum 5. Larvenstadium bei unterschiedlicher Salinität gehalten wurden, liegen der Tendenz nach vergleichbare Daten vor (Abb. 3). Die resorptive Oberfläche aller sechs Chloridepithelien beträgt bei 250 mosm Seesalz-adaptierten Larven $2,0 \pm 0,5 \text{ mm}^2$ und bei den Larven aus dem nahezu salzfreien Wasser $4,6 \pm 0,6 \text{ mm}^2$. Diese experimentellen Befunde bestätigen das Anpassungsvermögen der Larven im Neusiedlersee-Gebiet.

Tabelle 1: Morphologische Anpassung von Chloridzellen, Chloridepithelien und Analpapillen bei unterschiedlicher Salinität im Neusiedlersee-Gebiet.

	Kiesgrube (680 μScm^{-1})	Salzlacke (6150 $\mu\text{S cm}^{-1}$)
	$\bar{x} \pm s / N = 20$	
Chloridzellen (Anzahl)	672 \pm 73	594 \pm 68
Chloridepithelien (Fläche in mm^2)	3,7 \pm 0,7	1,9 \pm 0,2
Analpapillen (Länge in mm)	0,41 \pm 0,02	0,32 \pm 0,01

4. Diskussion

Die osmoregulatorische Anpassung in der Größe der resorptiven Oberfläche ionenabsorbierender Epithelien wurde bereits von Wigglesworth (1938) und später auf cytologischer Ebene von Sohal und Copeland (1966) für die Analpapillen von Culicidenlarven beschrieben. Bei den Analpapillen von Chironomidenlarven wurde diese Anpassung bei veränderter Salinität ebenfalls nachgewiesen (Haas und Strenzke 1957, Strenzke und Neumann 1960). Für Chloridepithelien, die bei den Köcherfliegenlarven — im Gegensatz zu früheren Interpretationen — nach cytologischen und physiologischen Befunden einwandfrei als ionenabsorbierende Transportepithelien angesehen werden (Wichard und Komnick 1973; Schmitz und Wichard 1975), wurde die morphologische Anpassung bisher noch nicht dargestellt. Für die

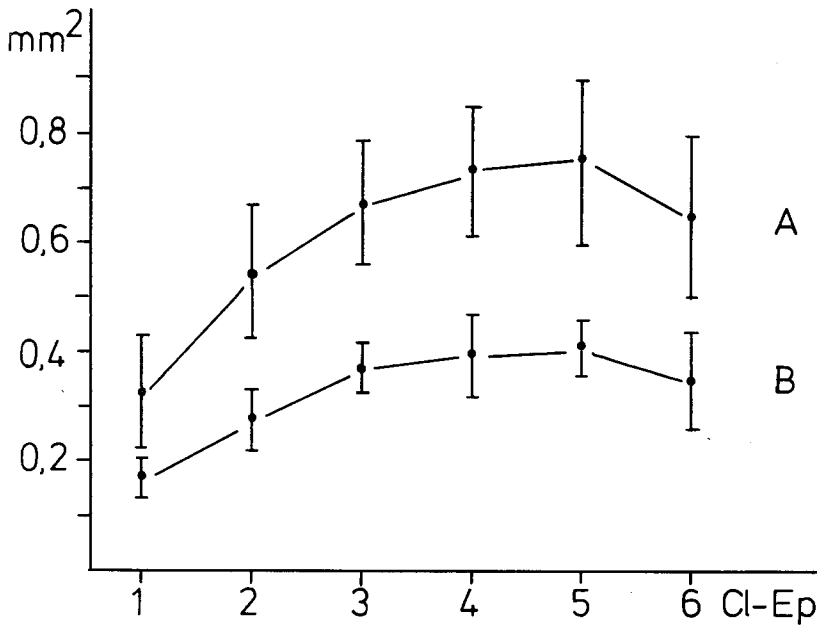


Abb. 2: Die adaptive Größe der resorptiven Oberfläche der sechs Chlorid-epithelien (Cl-Ep) des 2. bis 7. Abdominalsegments von *Limnephilus stigma* Curt. aus der Kiesgrube (A) und der Salzlacke (B). ($\bar{x} \pm s / N = 20$).

adaptive Anzahl von Chloridzellen bei Eintagsfliegenlarven liegen hingegen adäquate Ergebnisse nach Adaptationsversuchen und Freilanduntersuchungen vor (Wichard, Tsui und Komnick 1973; Wichard, Tsui und Maehler- v. Dewall 1975; Wichard und Heuss 1975). Alle diese Daten zeigen morphologische Komponenten bei der Osmoregulation auf und unterstreichen den ökophysiologischen Aspekt, der bei der Besiedlung von Wasserinsekten im Neusiedlersee-Gebiet nicht ohne Bedeutung ist.

5. Summary

Osmoregulatory adaptations of aquatic insects in the lake district „Neusiedlersee“.

Aquatic insect larvae mostly possess anal papillae, chloride epithelia or chloride cells, which are involved in osmoregulation by the absorption of salt from the surrounding water. The number of chloride cells in *Cloeon dipterum* L. (Ephemeroptera, Baetidae) and the size of the resorptive surface of chloride epithelia in *Limnephilus stigma* Curt. (Trichoptera, Limnephilidae) or anal papillae in *Chaoborus obscuripes* (v. d. Wulp) (Diptera, Chaoboridae) vary according to the water salinity conditions in the lake district „Neusiedlersee“.

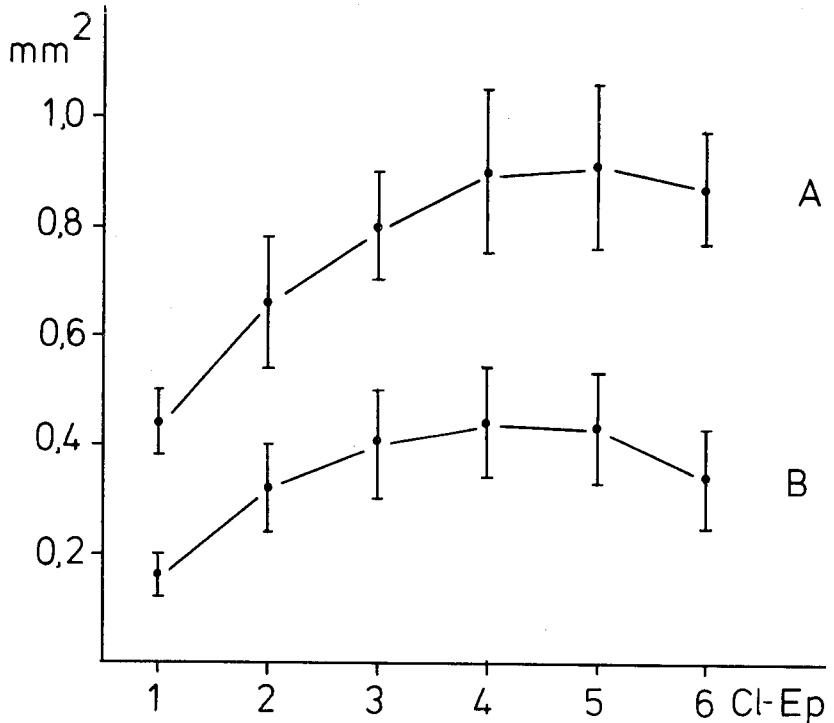


Abb. 3: Die adaptive Größe der resorptiven Oberfläche der sechs Chlorid-epithelien (Cl-Ep) des 2. bis 7. Abdominalsegments von *Limnephilus stigma* Curt. nach Adaption (A) in nahezu salzfreiem (Ionen-austauscher-)Wasser und (B) bei 250 mosm Meersalz. ($\bar{x} \pm s$ / N = 20).

Literatur

- H a a s, H. und K. S t r e n z k e (1957): Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der ionalen Zusammensetzung des Mediums auf die Entwicklung der Analpapillen von *Chironomus thummi*. — Biol. Zentralbl. 76: 513—528.
- L ö f f l e r, H. (1959): Zur Limnologie, Entomotraken- und Rotatorienfauna des Seewinkelgebietes (Burgenland, Österreich). Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss., math.naturw.Kl., Abt. I, 168: 315—362.
- M a c h u r a, L. (1935): Ökologische Studien im Salzlackengebiet des Neusiedler Sees, mit besonderer Berücksichtigung der halophilen Koleopteren- und Rhynchotenarten. Z. wiss. Zool. 146: 555—590.
- S c h m i t z, M. und W. W i c h a r d (1975): Ionenabsorption an Chloridepithelien von Köcherfliegenlarven. Ent. Germ. (im Druck).
- S o h a l, R. S. and E. C o p e l a n d (1966): Ultrastructural variations in the anal papillae of *Aedes aegypti* (L.) at different environmental salinities. J. Insect Physiol. 12: 429—439.
- S t r e n z k e, K. und D. N e u m a n n (1960): Die Variabilität der abdominalen Körperanhänge aquatischer Chironomidenlarven in Abhängigkeit von der Ionenzusammensetzung des Mediums. Biol. Zbl. 79: 199—225.
- W i c h a r d, W. und K. H e u s s (1975): Der Chloridzellenfehlbetrag als ökomorphologischer Zeigerwert für die Salinität von Binnengewässern. Acta Hydr. Biol. Chem. (im Druck).

- Wichard, W. und H. Komnick (1973): Fine structure and function of the abdominal chloride epithelia in caddisfly larvae. Z. Zellforsch. 136: 579—590.
- Wichard, W., Tsui, P. T. P. and H. Komnick (1973): Effect of different salinities on the coniform chloride cells of mayfly larvae. J. Insect. Physiol. 19: 1825—1835.
- Wichard, W., Tsui, P. T. P. and A. Maehler-v. Dewall (1975): Chloridzellen der Larven von *Caenis diminuta* Walker (Ephemeroptera, Caenidae) bei unterschiedlicher Salinität. Int. Revue ges. Hydrobiol. (im Druck).
- Wigglesworth, V.B. (1938): The regulation of osmotic pressure and chloride concentration in the haemolymph of mosquito larvae. J. Exp. Biol. 15: 235—247.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Wilfried Wichard
Institut für Cytologie und Mikromorphologie
der Universität Bonn
D - 53 Bonn 1
Ulrich-Haberland-Straße 61a