

## PHYSIOLOGISCHE ANPASSUNGEN AN SALZSTANDORTE BEI LAND- UND WASSERTIEREN DES BINNENLANDES.

H. NEMENZ

### *Abstract*

Haline inland biotops show much greater instability in nearly all factors compared with marine or brackish habitats. Physiological adaptation is vital, as an impermeable membrane can only reduce osmotic stress. Exchange of water and ions takes place either in form of diffusion or as active transport. While diffusion is dependent on a positive gradient, active transport is mostly restricted to certain cells or epithelia and works against the concentration gradient. The concentration of the medium determines the size of active epithelia. Ionic composition of the medium is the second important factor in addition to concentration. All biological functions are influenced by this two dominants. Landarthropodes are seemingly less influenced by salt in the environment, complicated behavior helps to avoid salt or the animals accept the haline biotopes for other, secondary reasons. Further investigations are necessary.

Auf Grund ihrer unterschiedlichen Entstehungsursachen sind die Salzstandorte des Binnenlandes in Entstehung und Chemismus sehr verschieden. Klimatische und physiographische Unterschiede verstärken diese Differenzen bis zu einem Maße, wo es schwer wird, Gemeinsames zu abstrahieren. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, zeichnen sich die binnenländischen Salzstandorte gegenüber dem Meer dadurch aus, daß sie wesentlich inkonstanter bezüglich Temperatur, Konzentration und chemischer Zusammensetzung sind. Ihre Salinität kann von echtem Süßwasser bis zu hyperhalinen, sogar konzentrierten, Lösungen schwanken. Sie sind chemisch untereinander, vom Meer und vom Süßwasser mehr oder weniger stark verschieden.

Da die überwiegende Mehrzahl dieser Gewässer eine relativ große Oberfläche bei geringer Tiefe aufweist, treten im Jahresablauf starke Schwankungen auf. Seichte Gewässer heizen sich während des Sommers stark auf, infolge der Verdunstung, die oft mit einem Niederschlagsminimum gekoppelt ist, kommt es zu starken Temperatur- und Konzentrationszunahmen, die so weit gehen können, daß sogar Verschiebungen des Ionengleichgewichtes auftreten (NEMENZ, 1970, 1971). Gleichzeitig sinkt das Sauerstoff-Angebot.

Die Schwankungen, denen Organismen in Binnenlandsalzwässern ausgesetzt sind, sind viel größer als etwa im Brackwasser. Echte Brackwässer sind weder hyperhalin, noch trocknen sie völlig aus, auch die Schwankungen in der Salzzusammensetzung sind stets geringer. Bewohner der binnenländischen Salzwässer sind also gezwungen gegenüber mehreren Faktoren sehr euryök zu sein.

An den Wasserbewohnern lassen sich dementsprechend Anpassungsmechanismen morphologischer und physiologischer Art feststellen. Eines der wichtigsten morphologischen Merkmale ist eine möglichst impermeable Außenmembran oder die Ausbildung einer Cuticula. Der Impermeabilität sind aber Grenzen gesetzt, da jeder Organismus mit seiner Umwelt in Energie- und Stoffaustausch steht.

Die wichtigsten Anpassungsmechanismen müssen daher notwendigerweise physiologischer Art sein. Da in den Salzwässern die Ionen nie in der für den Organismus geeigneten Konzentration und Zusammensetzung vorliegen, überwiegen Mechanismen der Wasser- und Ionenregulation. In hyperhalinen Gewässern sind die Organismen stets der Gefahr der „Austrocknung“ ausgesetzt, da die Innenkonzentration geringer ist als die Außenkonzentration. Die Membran muß also einerseits den Austritt von Wasser, andererseits den Eintritt von Ionen verhindern. Praktisch alle biologischen Membranen gestatten eine, wenn auch geringe, Diffusion sowohl von Wasser als auch von Ionen. Die Diffusionsgeschwindigkeit ist von den Eigenschaften der Membran ebenso abhängig wie von der diffundierenden Substanz, besonders der Molekülgröße und der Ladung der Teilchen. Die Ionen sind nun je nach ihrer Ladung in unterschiedlichem Maße hydratisiert, d.h. auf Grund der Dipol-Eigenschaften des Wassermoleküls lagern sich, abhängig vom Ionenradius und der Ladung des Ions, Wassermoleküle an, die den effektiven Ionenradius vergrößern. Kationen sind meist stärker hydratisiert als Anionen. Bei der Diffusion nehmen die Ionen ihren Wassermantel mit, da dieser verhältnismäßig fest haftet. Die Diffusionsgeschwindigkeit durch eine Membran ist aber auch für verschiedene An- und Kationen unterschiedlich. Andererseits zeigen verschiedene Membranen große Unterschiede in ihrer Permeabilität, die von SCHOFFENIELS (1961) als Folge zellulärer Differentiation im Zuge der Phylogenie gedeutet werden.

Der Stoffaustausch bei Wasserbewohnern ist aber nur zum kleinen Teil ein Diffusionsvorgang. Die wichtigsten Ionen, wie  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , werden unter Energieverbrauch durch aktive Transportvorgänge gegen ein Konzentrationsgefälle bewegt, sei es, um aus hyperhalinen Lösungen in den Körper eindiffundiertes Material zu entfernen oder sei es, um Ionen, die in zu geringer Konzentration vorliegen, im Körper anzureichern. Am bekanntesten ist die Na-K-Pumpe, doch sind „Pumpvorgänge“ auch für andere Kationen sowie Anionen bekannt geworden. In vielen Fällen ist ein Pumpvorgang in einer Richtung mit einem gegenläufigen Pumpvorgang für ein anderes Ion gekoppelt.

Der Transport von Wasser ist stets mit einem Transport von Ionen gekoppelt. Dabei wird durch eine Ionenpumpe ein Konzentrationsgradient hergestellt, dem die Wassermoleküle folgen (DIAMOND, 1971; HOCHACHKA & SOMERO, 1973). Das Ausmaß der Wasserbewegung ist von der Permeabilität der betreffenden Membran für Wasser abhängig. Energie wird für den Wassertransport an sich nicht verbraucht, da es sich um einen reinen Diffusionsvorgang handelt, wie er auch im Modell dargestellt werden kann (CURRAN & MACINTOSH, 1962). Sehr interessant, bisher aber noch nicht geklärt, sind Wassertransportmechanismen, die eine Wasseraufnahme aus konzentrierten Lösungen gestatten, wie sie z.B. bei *Artemia salina* oder *Ephydra cinerea* aus dem Great Salt Lake vorkommen müssen.

Die aktiven Transportmechanismen sind in den meisten Fällen an bestimmte Zellen der Körperoberfläche, besonders des respiratorischen Epithels gebunden („Chloridzellen“ z.B. bei Fischen oder Insekten), ihre Wirkung wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. Sie müssen z.B. die richtigen Ionenaffinitäten für das zu transportierende und das auszutauschende Ion aufweisen. Zur Aufrechterhaltung des ionalen und osmotischen Gleichgewichtes muß aber die Ionenpumpe modifizierbar sein und zwar in Abhängigkeit von der Salinität und ionalen Zusammensetzung des Außenmediums.

Bewohner binnenländischer Salzstandorte lassen auf Grund der Verschiedenheit

der Biotope starke Unterschiede oder eine große Plastizität der Regulationsmechanismen erwarten. So findet man z.B., daß die Größe der Analschläuche von *Chironomiden*larven (STRENZKE & NEUMANN, 1960) oder von Chlorid-Epithelien bei *Limnephilus*-Larven (WICHARD, 1975) mit der Konzentration des Wohngewässers variiert.

Während die Abhängigkeit solcher Mechanismen von der Konzentration des Milieus relativ leicht nachweisbar ist, ist es schwieriger, eine Abhängigkeit vom Chemismus des Gewässers nachzuweisen. So beobachtet man einerseits eine deutliche Reduktion der Artenzahl mit zunehmender Konzentration. Die ist umso leichter verständlich, als es sich bei den Bewohnern der binnenländischen Salzwässer fast ausnahmslos um Arten handelt, deren nächst verwandte Formen Süßwasserbewohner sind. Nun haben Süßwasserbewohner gegenüber marinen Organismen prinzipiell eine wesentlich höhere Potenz zur Osmoregulation. Ist eine solche Fähigkeit aber einmal entwickelt, so scheint es phylogenetisch kein großes Problem zu sein, die Pumprichtung umzukehren, so daß Süßwasserbewohner leichter zu Bewohnern von Salzwasser werden können, als Meeresbewohner. So haben es von marinen Tieren einzig die Brachyuren geschafft, aus dem Meer direkt in hyperhaline Lebensräume vorzustoßen. Sie sind allerdings als Küstenbewohner, die auch freiwillig aus dem Meer in den terrestrischen Bereich vorstoßen, gewissen Streß-Situationen osmotischer und thermischer Art angepaßt.

Andererseits gibt es Gewässer, deren Konzentration durchaus in Bereichen liegt, die eine artenreiche Besiedlung erwarten ließe, die aber trotzdem nur eine relativ arme Fauna aufweisen (z.B. der Wan-See). Eine Erklärung dafür ist wohl nur im Chemismus dieser Gewässer zu suchen. Das klassische Beispiel für zwei, wenn auch extreme Gewässer, die sich chemisch unterscheiden, stellen wohl das Tote Meer und der Great Salt Lake dar. Das Tote Meer, dessen Konzentration der des Great Salt Lake gleich oder sogar etwas geringer ist, enthält keine Höheren Lebewesen, während im Great Salt Lake immerhin der Anostrake *Artemia salina*, die Larve der Diptere *Ephydra cinerea* sowie etliche Algenarten leben. Nun besitzt das Tote Meer eine relativ hohe Brom-Konzentration (1,79%, SCHROETTER, 1924) die dem Great Salt Lake fehlt. Wahrscheinlich ist dieses Ion limitierend für die Besiedlung. Die Einteilung der athalassohalinen Gewässer nach den Anionen in Natron-, Sulfat- oder Chloridgewässer zeigt ebenfalls, welche Bedeutung der Ionenzusammensetzung zukommt, da diese Gewässertypen sich durch verschiedene Faunen auszeichnen.

Sucht man hier nach der physiologischen Ursache, so fällt auf, daß die ökologischen Befunde und die vermuteten physiologischen Hintergründe nicht zusammenfallen. Physiologische Untersuchungen haben ergeben, daß die Permeabilität der Membran und der aktiven Regulationsmechanismen stark von den Kationenverhältnissen des Milieus abhängig sind, aber von Anionen kaum beeinflußt werden. Besonders zweiwertige Kationen scheinen einen deutlichen Einfluß auf die Osmoregulationsfähigkeit der Organismen zu haben (Literatur bei NEMENZ, 1970; SCHOFFENIELS & BACQ, 1963). Dabei genügt es nicht, daß ein bestimmtes Kation (z.B.  $\text{Ca}^{++}$ ) in genügender Menge vorliegt, entscheidend ist das Ionenverhältnis. Das Optimum scheint für jede Art etwas anders zu liegen (NEMENZ, 1970), bisher ließen sich noch kaum allgemeingültige Werte für Angehörige verschiedener Tiergruppen ableiten (Crustazeen, Insekten, Hydrachnellen, Rotatorien, Nematoden, Mollusken) (KÖFLER, 1975; NEMENZ, 1969, 1970, 1972; NEUMANN, 1961; PORA, 1958, 1959, 1962, 1969, 1973; RUTTNER-KOLISKO, 1970;

SCHIEMER, 1965). Zum Teil ist das sicher darauf zurückzuführen, daß die Untersuchungen von verschiedenen Ausgangspunkten und nach verschiedenen Methoden durchgeführt wurden, doch läßt sich schon jetzt kaum daran zweifeln, daß die Ionenkombination neben der Grenzkonzentration von entscheidender Bedeutung ist. Diese Verschiedenheit der optimalen Ionengleichgewichte charakterisiert die Bewohner der Binnensalzgewässer als sekundäre Einwanderer.

Es ist bei Binnen-Salzgewässern kaum möglich die Salinität allein oder gemeinsam mit einem einzelnen Ion für die ökologische Charakterisierung heranzuziehen. Diese Erkenntnisse haben durchaus einen praktischen Wert, da mit zunehmendem Salzgehalt in Abwässern deren Abbau in biologischen Kläranlagen und weiterhin in Bächen und Flüssen durch die ionale Zusammensetzung der verunreinigenden Salze beeinflußt wird (ZIEMANN, 1970, 1973). Da es dabei auch zu Akkumulationen von sehr verdünnt vorliegenden Ionen kommen kann, und daß dabei die gleichen Zellen, die für den aktiven Transport von  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$  verantwortlich sind, beteiligt sind, konnten WICHARD & SCHMITZ (1974) nachweisen.

Auch bei gleichen osmotisch wirksamen Konzentrationen werden durch die Ionenzusammensetzung des Milieus viele verschiedene Lebensäußerungen nachhaltig beeinflußt. Bei *Planorbis corneus* z.B., wird nicht nur die Innenkonzentration im Gefolge der Außenkonzentration verändert und die Lebensdauer verkürzt (NEMENZ, 1972), sondern auch die Gelegegröße, die Anzahl der Gelege und das Größenwachstum (Abb. 1). Während die Tiere in Leitungswasser eine Zunahme des Gehäusedurchmessers um etwa 25% in vier Monaten aufweisen (IMHOF, 1973), ist sie in 40 mosmolarer bzw. 80 mosmolarer Lösung von  $\text{CaCl}_2$  bzw. in gleichmolaren

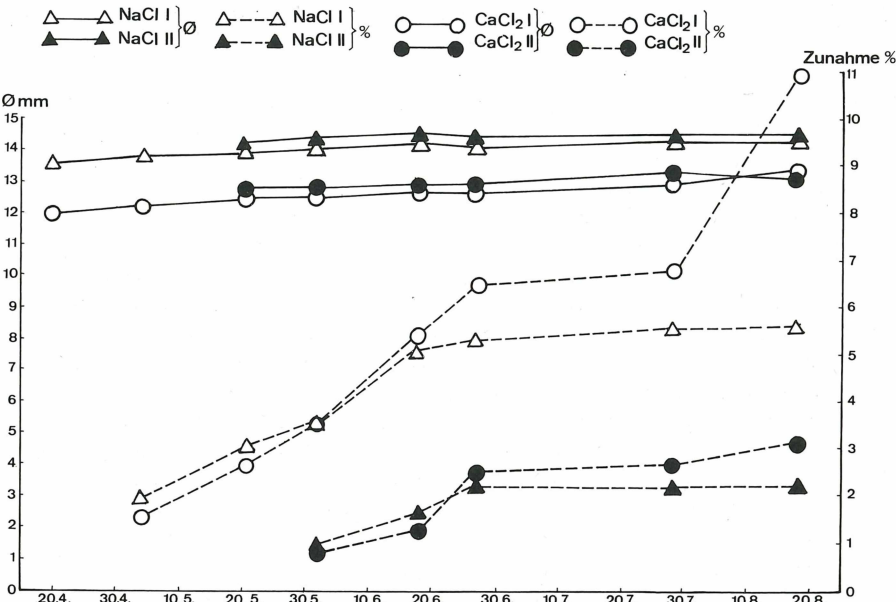


Abb. 1. Wachstum von *Planorbis planorbis* in NaCl ( $\Delta$ ) und  $\text{CaCl}_2$  ( $\circ$ )-Lösungen von 40 mosmol (leere Symbole) und 80 mosmol (volle Symbole). Mittelwerte (ausgezogen) und prozentuelle Zunahme vom Anfangswert (strichliert).  $T = 18^\circ - 24^\circ \text{C}$ ,  $n = 20$ .

NaCl-Lösungen viel geringer. In  $\text{NaHCO}_3$ -Lösungen wachsen die Tiere gar nicht. Ähnliches läßt sich für die Gelege sagen (Abb. 2), wobei in den  $\text{NaHCO}_3$ -Lösungen gar keine Eier abgelegt werden.

Die Salztoleranz eines Tieres ist dabei nicht nur von der Konzentration und Ionenzusammensetzung, sondern auch von anderen Faktoren abhängig, z.B. sinkt die Salzwassertoleranz von *Daphnia magna* bei Hunger (LAGERSPETZ, 1958). In vielen Binnenland-Salzwässern kommt noch ein weiterer Faktor zum Tragen. Diese Gewässer haben eine stark wechselnde Wasserführung, deren Bewohner müssen daher die dabei auftretenden Veränderungen, wie Konzentrationsveränderungen oder Austrocknen, überdauern können, sei es durch Auswanderung oder in Form von Dauerstadien oder Ruheperioden. Es darf daher auch der ganze Komplex des Wasserhaushaltes und vor allem die Austrocknungsresistenz mit in den Bereich der physiologischen Anpassungen gezählt werden, insbesondere als damit im Innenmilieu ähnliche Veränderungen bewirkt werden (z.B. Zunahme der Konzentration der Körperflüssigkeiten) wie bei einer Überführung in höher konzentrierte Lösungen (vgl. KLEKOWSKI, 1961a, 1961b, 1963; KÖFLER, 1975).

Einen völlig anderen Weg der Anpassung haben halophile Bakterien eingeschlagen, die als Osmokonformer imstande sind hohe und höchste Konzentrationen im Plasma zu ertragen. Sie benötigen sogar Konzentrationen in der Größenordnung von 3–5 Mol im Außenmilieu. Das ist darauf zurückzuführen, daß sie, im Gegensatz zu allen anderen Lebewesen, im Plasma, der Wand und den Ribosomen große Mengen

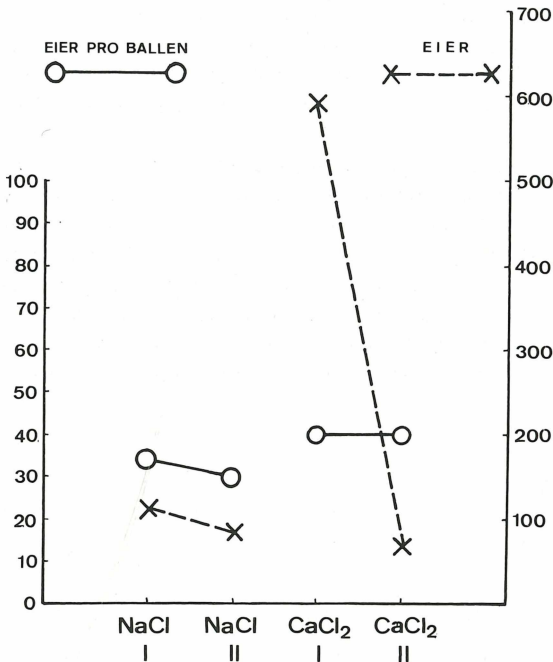


Abb. 2. Gelegegröße von *Planorbis planorbis*. Summe von je 10 Tieren, Mai-August 1975, in den gleichen Lösungen wie Abb. 1. I = 40 mosmol, II = 80 mosmol.

saurer Aminosäuren besitzen, die zu ihrer elektrischen Neutralisation entsprechende Mengen Ionen benötigen. Einzig bei *Artemia* wird vermutet, daß ein ähnlicher Mechanismus zur Salzausscheidung existiert.

Landarthropoden zeigen im allgemeinen nur geringe Adaptation an Salzstandorte. Für sie sind die Salzstandorte wohl in erster Linie durch den physiologischen Wassermangel ausgezeichnet. Gut flugfähige Insekten können leicht zu Wasser kommen, doch steht auch den anderen der Tau in meist ausreichendem Maße zur Verfügung. Für diese Tiere sind die Verhältnisse daher ähnlich den Verhältnissen in den Wüsten.

Untersuchungen über die speziellen Einflüsse der einzelnen Ionen fehlen. Es scheinen hier eher zwei andere Komponenten eine Rolle zu spielen; Einerseits zeigen die Tiere ein besonderes Verhalten, wie etwa *Bledius*-Arten, die bevorzugt dann fressen, wenn, z.B. nach Regen, die Nahrungsalgen einen besonders niederen Salzgehalt haben. NaCl wird von diesen Tieren zwar aufgenommen aber auch schnell wieder abgegeben, sodaß die Konzentration der Haemolymphe konstant bleibt. Die Tiere haben also eine effektive Osmoregulation (BRO LARSEN, 1952). Andere Landbewohner decken ihren Wasserbedarf aus der Nahrung, die keine hohe Salzkonzentration hat, seien es Pflanzen oder andere Tiere. Es handelt sich für diese Tiere also nicht um ein Problem der Anpassung an Salz, sondern um die Frage der geeigneten Nahrung bzw. des Wasserhaushaltes, insbesondere des Wassersparens. Hier bliebe zu untersuchen, ob diese Tiere nicht fälschlich als halobiont oder halophil bezeichnet werden. Es sind wohl eher haloindifferente Arten, denen die Salzstandorte andere Vorteile bieten, wie starke Einstrahlung und offenes Gelände (KNÜLLE, 1953), oder die aus Konkurrenzgründen in Salzstandorte abgedrängt wurden. Es konnte aber gezeigt werden, daß manche dieser Arten (*Bledius* spp., BRO LARSEN, 1952; *Cicindela* sp. NEMENZ, 1970) in Gradientenversuchen aktiv hohe Salzkonzentrationen des Bodens aufsuchen, sich also freiwillig für Salzstandorte entscheiden.

Es zeigt sich also, daß die Wasserbewohner über mehrere, oft sehr spezialisierte physiologische Anpassungsmechanismen an ihren Lebensraum verfügen, die nicht nur von den Erfordernissen des Tieres, sondern auch von den Gelegenheiten des Wohngewässers gesteuert werden. Nur wo diese beiden zusammentreffen, kann eine Art ein bestimmtes Gewässer besiedeln. Landbewohner dagegen zeigen kaum Anpassungen an den Salzgehalt oder die Ionenzusammensetzung, bei ihnen scheint der Aspekt des Wassersparens für die Besiedlung von Salzstandorten wichtiger zu sein. Eine Klärung ist nur von weiteren Untersuchungen zu erwarten.

## LITERATUR

- BRO LARSEN, E. (1952): On subsocial beetles from the salt-marsh, their care of progeny and adaptation to salt and tide. *Trans. 9. Int. Congr. Ent.* 1: 502–506.
- CURRAN, P.F. & MACINTOSH, J.R. (1962): A model system for biological water transport. *Nature* 193: 347–348.
- DIAMOND, J.M. (1971): Water-solute coupling and ion selectivity in epithelia. *Phil. Trans. Roy. Soc. London B* 262: 141–151.
- HOCHACHKA, P.W. & SOMERO, G.N. (1973) Strategies of biochemical adaptation. W.B. Saunders Co., Philadelphia – London – Toronto, 358 S.
- IMHOF, G. (1973): Der Einfluß von Temperatur und Photoperiode auf den Lebenszyklus einiger Süßwasser-Pulmonaten. *Malacologia* 14: 393–395.
- KLEKOWSKI, R.Z. (1961a): Die Resistenz gegen Austrocknung bei einigen Wirbellosen aus astatischen Gewässern. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14: 1023–1028.
- KLEKOWSKI, R.Z. (1961b): Survival of *Planorbis planorbis* (L.) and other snails in diluted sea water and during the following desiccation. *Polsk. Arch. Hydrobiol.* 9(22): 383–406.
- KLEKOWSKI, R.Z. (1963): Water balance and osmoregulation in the snail *Coretus corneus* (L.) under conditions of desiccation and in diluted sea water. *Polsk. Arch. Hydrobiol.* 11(24): 219–240.
- KNÜLLE, W. (1953): Zur Ökologie der Spinnen an Ufern und Küsten. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 42: 117–158.
- KÖFLER, D. (1975): Zur Faunistik und Ökologie der Wassermilben des Neusiedlersee-Gebietes. Diss., Phil. Fak. Graz.
- LAGERSPETZ, K. (1958): The brackish-water tolerance of some freshwater crustaceans. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 13: 718–721.
- NEMENZ, H. (1969): Ökologische und physiologische Untersuchungen an einem Hydrophiliden hyperhaliner Gewässer, (*Berosus spinosus*). *Vie et Milieu* 20, Ser C: 171–230.
- NEMENZ, H. (1970): Ionenverhältnisse und die Besiedlung hyperhaliner Gewässer, besonders durch Insekten. Ein Beitrag zum Rapie-Problem. *Acta Biotheoretica* 19: 148–170.
- NEMENZ, H. (1971): Physiologische Probleme der Osmoregulation in Binnenlandsalzgewässern. (Abh. Natrongewässer-Symposium Tihany – Szeged – Szarvas, (29.9–4.10. 1969), *Sitzber. Öst. Akad. Wiss. Math. natw. Kl., Abt. I*, 179: 269–278.
- NEMENZ, H. (1972): Der Einfluß der Ionenmilieus auf das Überleben von *Planorbis planorbis* und *Planorbis corneus*. *Verh. D. Zool. Ges.* 65: 172–176.
- NEUMANN, D. (1961): Osmotische Resistenz und Osmoregulation aquatischer *Chironomiden*larven. *Biol. Zentralbl.* 80: 693–715.
- PORA, E.A. (1958): Considerations sur l'équilibre ionique chez les animaux. L'homéopathie. *J. Physiologie* 50: 462–464.
- PORA, E.A. (1959): Considerations sur la faculté qu'ont les animaux de maintenir dans leur organisme un rapport constant entre les ions à action antagoniste. Rapie et Homéopathie (rum., fr. Zusf.) Festschrift Tr. Savulescu Acad. Rep. Pop. Romine: 633–640.
- PORA, E.A. (1962): Considerations sur l'importance du facteur osmotique et du facteur rapie dans le développement de la vie dans la Mer Noire. *Acta Biotheoretica* 15: 161–174.
- PORA, A.E. (1969): L'importance du facteur rholique (équilibre ionique) pour la vie aquatique. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 17: 970–986.
- PORA, A.E. (1973): Le facteur rholique en biologie marine. *Archo. Oceanogr. Limnol.* 18: (1973): 63–93.
- RUTTNER-KOLISKO, A. (1971): Rotatorien als Indikatoren für den Chemismus von Binnenlandsalzgewässern. *Sitzber. Öst. Akad. Wiss. Math. natw. Kl., Abt. I*, 179: 283–298.
- SCHIEMER, E. (1965): Über einige Funde der Gattung *Monhystrella* (Nematoda, Monhysterinae) in binnenländischen athalassohalinen Salzgewässern. *Wiss. Arb. Burgenland* 34: 59–66.
- SCHOFFENIELS, E. (1961/62): Différentiation cellulaire et caractères de perméabilité. *Ann. Soc. R. Zool. Belg.* 92: 195–198.
- SCHOFFENIELS, E. & BACQ, Z.M. (1963): Les équilibres cationiques. *Handbuch experim. Pharmakologie, Erg. Werk XVIII/1*: 492–515.

- SCHROETER, H. (1924): Das Tote Meer. Wien-Leipzig, M. Perles, 74 S.
- STRENZKE, K. & NEUMANN, D. (1960): Die Variabilität der abdominalen Körperanhänge aquatischer Chironomidenlarven in Abhängigkeit von der Ionenzusammensetzung des Mediums. *Biol. Zentralbl.* 79: 199–225.
- WICHARD (1975): Zur osmoregulatorischen Anpassung von Wasserinsekten im Neusiedlersee Gebiet. *Nachr. Bl. Bayr. Ent.* (im Druck).
- WICHARD, W. & SCHMITZ, M. (1974): Der histochemische Nachweis von Schwermetallen in den Chloridzellen aquatischer Insekten als Indikator für die Gewässerbelastung. *Verh. Ges. Ökologie*, Erlangen: 155–159.
- ZIEMANN, H. (1970): Zur Gültigkeit des Saprobiensystems in versalzten Binnengewässern. *Limn.* 7: 279–293.
- ZIEMANN, H. (1973): Untersuchungen über den Einfluß verdünnter Kaliendlaugen auf den Abbau organischer Substanzen im Wasser. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 1: 257–265.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. H. NEMENZ, Inst. für Experimentelle Zoologie, Universität für Bodenkultur, A–1180 Wien, Gregor Mendel Str. 33.