

Anpassung an interstitielle Bedingungen: Ein Faktor in der Evolution Höherer Taxa der Crustacea?*

Von Wolfram Noodt

Beschleunigte Evolution, zumindest intensive Speziation, ist an die Erschließung neuer Lebensstätten gebunden: Bei der adaptiven Einstellung auf neue Bedingungen – in morphologischer, physiologischer, ethologischer Hinsicht – wird es sich letztlich stets um die Entwicklung neuer Lebensformtypen (REMANE 1952, KOEPCKE 1973) in neuen ökologischen Nischen handeln müssen. Auf diesem Wege ist es in der Evolution Schritt für Schritt zu einem Mehr an Mannigfaltigkeit gekommen. Dieses Prinzip umfaßt sicher auch die Entstehung zahlreicher höherer Taxa, womit über die in diesem Bereich einer sogen. Makroevolution (REMANE 1956a, 1957) vielleicht wirksamen besonderen genetischen, evtl. orthogenetischen oder anderen Evolutionsmechanismen nichts ausgesagt ist und auch die Entstehung neuer Konstruktionstypen und Baupläne nicht ursächlich begründet sein soll.

Die moderne Evolutionsforschung und Ökologie haben zahlreiche Beispiele für die Bedeutung ökologischer Prinzipien für das Verständnis des Evolutionsgeschehens erbracht. Eines der berühmtesten ist der Fall des Mesopsammals. Hier wurde erst in unserem Jahrhundert und voraussichtlich letztmalig in der Biosphäre unserer Erde eine komplette Lebensgemeinschaft neu entdeckt, die das wassergefüllte Interstitial genügend grober Sedimente (Sand, Schotter) besiedelt (REMANE 1952, DELAMARE-DEBOUTTEVILLE 1960 u. a.).

Dieses eigenartige Milieu ist uralte: Seit der Zeit, da Wassererosion auf der Erde wirksam ist, wird es ohne nennenswerte Änderung seines abiotischen – und teilweise auch des biotischen – Faktorengefüges bestanden haben. Daraus folgt, daß seine tierische Besiedlung sich über die Erdzeitalter hin in Form des sukzessiven Erscheinens immer neuer Immigranten vollzogen haben muß. Damit hat sich die absolute Konkurrenz in der Zönose sukzessiv gesteigert.

Die Existenzalter der verschiedenen Taxa in diesem Milieu und dessen prägende Wirkung auf deren Evolution werden also sehr unterschiedlich sein! Fossilfunde liegen leider nicht vor, sind nach den Umständen auch kaum zu erwarten.

Es verwundert nicht, daß im Katalog mesopsammaler Organismen wohl kein Stamm und nur wenige Klassen und Ordnungen aquatischer Wirbelloser nicht vertreten

* Herrn Prof. Dr. A. REMANE in Verehrung und Dankbarkeit zu seinem 75. Geburtstag gewidmet!

sind (SWEDMARK 1964). Ihnen allen ist es auf sehr verschiedene Weise gelungen, den obligatorischen Ansprüchen dieses Milieus Rechnung zu tragen. Solche Voraussetzungen sind z. B.

- geringe Körpergröße, insbesondere geringer Körperquerschnitt
- hinreichende „wurmartige“ Flexibilität längerer Körper
- biologische Adaptationen, insbesondere hinsichtlich Ernährung, Orientierung, Lokomotion, Vermehrung und Ontogenese.

Es liegt auf der Hand, daß die verschiedenen Gruppen der Wirbellosen in bezug auf diese Ansprüche a priori in sehr unterschiedlicher Weise prädisponiert bzw. präadaptiert gewesen sind. Dies mag sich z. T. noch heute in der Rolle, die sie innerhalb des Mesopsammons spielen, auswirken in dem Sinne, daß Gruppen, die nach Größe und Ernährungsweise ohnehin primär den Dimensionen des Mikro- und Meiobenthos zuzurechnen sind, hier bevorzugt waren und sind (z. B. viele Protozoa, Turbellaria, Nematoda, Gastrotricha usw.). In solchen Gruppen ist es daher oft schwer zu entscheiden, welche der heutigen Lebensformen als substratspezifisch gelten können und welche nicht.

Dieses Problem besteht für die Crustacea, die im Mesopsammal stets sehr hervortreten, nicht in diesem Maße. Ausgehend von der Annahme, daß die Stammform der Crustacea Körpergrößen im Zentimeterbereich hatte, haben sämtliche Kleinformen (Meiobenthos) als sekundär verkleinert zu gelten. Hier soll ein kurzer Überblick über die in diesem Kontext besonders relevanten Gruppen gegeben werden, ohne jedoch Vollständigkeit anzustreben.

Mystacocarida

Obwohl Fossilfunde fehlen, besteht der Eindruck einer vermutlich sehr alten, extrem substratspezifischen, d. h. stenotop milieugebundenen Entwicklungslinie, die artenarm, aber weit verbreitet in marinen Ufersanden fast aller Kontinente überdauert hat. Sie kann als Reliktgruppe im Mesopsammal gelten.

Ostracoda

Obwohl uralte Charaktergruppe des Meiobenthos, ist sie doch mit nur erstaunlich geringen Vorposten im Mesopsammon vertreten (*Polycope* usw.). Die morphologische Adaptation erfolgte im wesentlichen durch Verkleinerung des Körpers unter Beibehaltung der Proportionen.

Copepoda

Die vermutete cyclopoidiforme millimetergroße bodenlebende Urform hat zwar eine Fülle von Lebensformen des Meiobenthos (und Meioplanktons) hervorgebracht (NOODT 1971), die jedoch längst nicht alle a priori auch zum Leben im Interstitial befähigt sind. Diese Anpassung haben jedoch zahlreiche Linien insbesondere der Harpacticoidea konvergent erreicht mit folgenden morphologischen Merkmalen:

- wurmförmige Streckung des Körpers
 - Reduktion der Größe
 - immer weitergehende Reduktion und Spezialisierung der Extremitäten
- } meist beide gemeinsam oder sukzessiv

Insbesondere hier wirken neotene Prinzipien, die in der Evolution der Copepoda ohnehin von großer Bedeutung waren (M. ŠERBAN 1960).

Solche Anpassungen an das Mesopsammal, so sehr viele Arten sie betreffen, erreichen dennoch im allgemeinen nur Gattungsniveau. Rein interstitielle Familien sind bereits sehr selten, und höhere Taxa können gar nicht in Anspruch genommen werden. Beispiele für mutmaßlich primär interstitielle Familien (vgl. jedoch BECKER 1973!): *Cylindropsyllidae*, vorwiegend marin; von ihnen abzuleiten *Parastenocarididae*, weltweit im Limnopsammon (und sekundär in Phytohelmen); *Chappuisiidae*, endemisch im Limnopsammon Europas.

Isopoda

Interstitielle Isopoda sind konvergent aus verschiedenen Verwandtschaftsgruppen entstanden. Ihr natürliches System ist noch weithin unklar. Ähnlich wie bei den Copepoda gibt es eine große Zahl rein interstitieller Gattungen, jedoch kaum Familien oder Ordnungen. Dies ist um so bemerkenswerter, als einige der betr. Taxa als mutmaßlich mesozoischer oder älterer Entstehung gelten können (SCHRAM 1970). In der Regel dürften durch primär schlanken Körperbau prädestinierte Formen am Anfang der interstitiellen Adaptation der verschiedenen Entwicklungslinien gestanden haben. Beispiele für höhere, rein interstitielle Taxa: Microcerberidae mit der weit verbreiteten Gattung *Microcerberus* (marin und limnisch), Microparasellidae mit zahlreichen Gattungen, deren Taxonomie jedoch umstritten ist.

Amphipoda

Sie sind im Interstitial weit verbreitet und bleiben hinter der Mannigfaltigkeit interstitieller Isopoda kaum zurück. Wichtig ist für unseren Zusammenhang die Existenz der rein interstitiellen Unterordnung Ingolfiellidea, die mit derzeit 14 Arten aus 1 (3?) Gattung von der Tiefsee bis ins Hochgebirge verbreitet ist. Hier handelt es sich um ein typisches Beispiel einer Emigration aus dem Meer in das Süßwasser, die sich vielleicht an mehreren kontinentalen Küsten unabhängig vollzogen hat. Diese Gruppe mag tertiärer oder mesozoischer Entstehung sein.

Alle übrigen interstitiellen Amphipodengruppen (Fam. Gammaridae) haben nur den Rang von Gattungen, vielleicht Unterfamilien, so die Gruppen um *Bogidiella*, *Hadzia*, *Niphargus* s. l., *Crangonyx* usw. (Stöck 1973). Ihr Adaptationsgrad an das Interstitial bleibt hinter dem der Ingolfiellidea stets deutlich zurück, und die Beziehungen zu oberirdisch „freilebenden“ Verwandten sind häufig noch deutlich (*Niphargus* – *Eriopisa* usw.). Die Einwanderung solcher Formen in das Interstitial hat sich wohl in den meisten Fällen erst im Tertiär vollzogen.

Thermosbaenacea

Hier handelt es sich um eine charakteristische, rein subterran lebende und sicher alte (mesozoisch?), isolierte kleine Gruppe („Pancarida“). Ob die (ca. 7) Arten alle im eigentlichen Sinne interstitiell sind, bedarf näherer Untersuchung. Vermutlich haben sie ihren Weg in das kontinentale Grundwasser über die groben Lückensysteme in Geröll, Schutt und Felspalten genommen, wo die meisten Arten noch heute zu finden sind. Im Psammon wurden sie dagegen selten angetroffen. *Monodella* ist jedoch in bezug auf ihren Längen-Breiten-Index bereits deutlich stärker Interstitial-adaptiert als *Thermosbaena*.

Syncarida (Anaspidacea, Stygocaridacea, Bathynellacea)

Gerade Arten dieser Gruppe sind als „Lebende Fossilien“ berühmt geworden. Heute gelten die Anaspidacea als Relikte, die zum Teil noch im alten oberirdischen Milieu leben, während Stygocaridacea und Bathynellacea uralte (palaeozoische?) subterran-interstitielle und dabei stenolimnische Gruppen sind. Durch den Fund von Anaspidacea, die entweder im Boden (z. B. in Röhren von Großkrebse) oder z. T. wohl echt interstitiell (*Psammaspides* Schminke 1973a) leben, sind biologische Verbindungsglieder zwischen den oberirdischen Primitivformen und den extrem interstitiellen Gruppen bekannt geworden. Sie verringern übrigens auch den morphologischen Abstand zwischen Anaspidacea und Stygocaridacea.

Die nahezu weltweite Verbreitung der Bathynellacea deutet auf ein hohes Existenzalter im Interstitium (NOODT 1964, 1968, SCHMINKE 1972, 1973), während die als biologische Parallele (analoge Spezialisierung!) aufgefaßten Stygocaridacea wegen der Trennung der Kontinente ihr Areal nurmehr auf Australasien (incl. Neuseeland) und Patagonien (früher vermutlich auch Antarctica) haben ausweiten können. Anaspidacea sind heute auf das geographische Refugium des südlichen Australasiens (excl. Neuseeland) beschränkt (SCHMINKE 1972), nachdem sie im Palaeozoikum offenbar weltweit und reich im Meere und früh auch bereits im

Stüßwasser vertreten gewesen sind (NOODT 1964). An Stygocaridacea dürften voraussichtlich 10–20 Arten aus wenigen Gattungen existieren, während die Bathynellacea mit 2 Familien artenreich entwickelt sind (SCHMINKE 1973). Sie zeigen besonders schöne Beispiele für „Morphologische Reihen“ im Sinne zunehmender Adaptation an das Milieu: Aus großen, plesiomorphen Formen entstehen „orthogenetisch“ immer schlankere, kleinere Formen mit vielen Apomorphien. Die Anpassung an das Interstitial vollzieht sich hier offensichtlich nach den gleichen Prinzipien wie bei den Copepoda (s. o.).

Schlußfolgerungen

Das wassergefüllte Interstitium im Sediment (Mesopsamml) stellt in vieler Hinsicht ein singuläres und dabei uraltes Milieu für eine Fauna dar:

1. Wichtige abiotische Merkmale:

- Enges Interstitium in Abhängigkeit von der Korngröße der Sedimente; begrenztes Porenvolumen mit meist stark verlangsamtem Wasserwechsel und Gefahr von O_2 -Zehrung;
- ausgeglichener Gang der Temperatur im Jahresverlauf;
- völlige Dunkelheit;
- mutmaßlich wechselnder Chemismus auf kurze Distanz in Abhängigkeit von der Qualität des Sedimentes und der Hydrographie der Oberflächenwässer;
- langfristige Konstanz der Bedingungen über Erdzeitalter hin.

2. Wichtige biotische Bedingungen:

- Mutmaßlich stark herabgesetzter Evolutionsdruck durch geringe Konkurrenz bei nur langsamem Wechsel der biozönotischen Situation (konservatives Refugialmilieu mit relativer Artenarmut);
- geringe Besiedlungsdichte bei häufig geringem Nahrungsangebot;
- die Zahl der möglichen ökologischen Nischen ist wegen der strukturellen Homogenität des Substrates sicherlich nicht groß;
- besondere Chancen zur Evolution lokaler/regionaler Besonderheiten durch inselhafte/fleckenhafte Verteilung besiedlungsfähiger Substrate, insbesondere im Limnopsammon (vgl. jedoch TILZER 1973);
- über enorme Zeiträume hin muß nahezu Konstanz derjenigen Voraussetzungen und Faktoren bestanden haben, unter denen allein eine Immigration in dieses Milieu möglich war (vgl. auch 3).

3. Voraussetzungen für eine Besiedlung:

Das interstitielle Milieu Psamml existiert, solange Wassererosion auf der Erde wirksam ist. Es war und ist besiedelbar für alle Organismen, die ihm physiologisch-biologisch, insbesondere aber in ihrer Körpergröße und ihrem Körperquerschnitt entsprechen. So wird es a priori prädisponierte Gruppen gegeben haben neben solchen, die erst die notwendige morphologische Adaptation (Verkleinerung, Längsstreckung) erwerben mußten. Schon von daher, insbesondere aber wegen der Entstehung der betreffenden Taxa erst nach und nach im Laufe der Phylogenese muß es sukzessiv zu einer Anreicherung der Psammonbiozönose gekommen sein: Dies im Sinne einer sukzessiven Zunahme an Mannigfaltigkeit und an Konkurrenz.

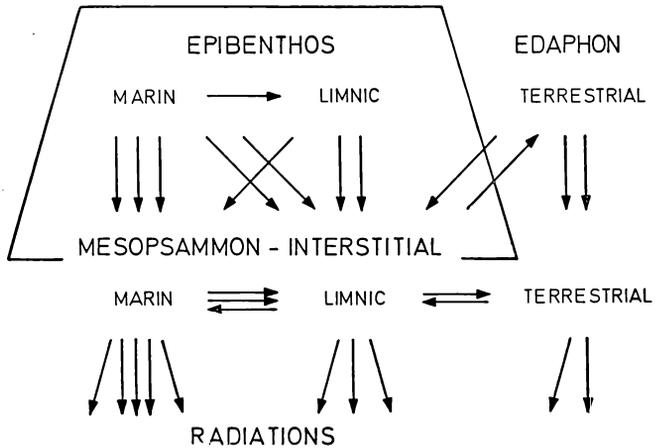
4. Gang (Richtung) der Besiedlung:

Meist werden Tierformen des Epibenthos am Anfang gestanden haben. Sie drangen direkt oder über die Stufe des Endobenthos (Endopsammon, Endopelos) in das Mesopsammon ein. Das Limnopsammon wurde zum geringen Teil von epibenthischer Limno-

fauna besiedelt. Häufiger ist der Weg über die Stationen marines Mesopsammal-Sandstrand-limnisches Mesopsammal verlaufen, wie zahlreiche Autoren dargelegt haben. In manchen Fällen mögen auch Geröll- und Schotterstrände sowie strandnahe Höhlen-gewässer und Felsspalten die Etappen gewesen sein, so insbesondere bei relativ gro-ßen Formen (z. B. *Thermosbaenacea*, manche Amphipoda: Mesopsephal HUSMANN 1967, 1970, 1971, vgl. auch RIEDL & OZRETIC 1969!).

Im konkurrenzarmen Milieu des Mesopsammal ist es dann zu Radiationen gekom-men, die allerdings sowohl im Meere als auch im Süßwasser in der Mehrzahl der Grup-pen auf Speziation (α -Evolution MAYR 1963) beschränkt blieben (Fig. 1).

Fig. 1: Schema der Her-kunft und Ausstrahlung der Interstitial-Fauna (Er-läuterung im Text).



5. Ergebnisse dieser Evolution:

Heute existiert im Mesopsammal eine reiche und eigenartige Zönose, die insbeson-dere im Meere zahlreiche Tiergruppen umfaßt (SWEDMARK 1964). Viele Taxa sind weit verbreitet, nicht selten kosmopolitisch, so z. B. im eulitoralen Sandstrand des Meeres (AX 1968, REMANE 1952, 1956, 1964, DELAMARE-DEBOUTTEVILLE 1960), doch scheint die Zahl kosmopolitischer Arten längst nicht so groß, wie aus ersten Eindrücken geschlos-sen worden war. Gattungen und Familien sind dagegen oft weit verbreitet.

Im Limnopsammal herrscht größere Artenarmut, doch gibt es auch hier weit ver-breitete Elemente (*Parastenocaris-Bathynella*-Zönose, HUSMANN 1971, JAKOBI 1969). Dazu treten regionale Besonderheiten, wie überhaupt das Limnopsammal stark von verbreitungsgeschichtlichen „Zufällen“ geprägt ist, die seine zoogeographische Relevanz ausmachen (NOODT 1968, SCHMINKE 1973). Hier bestehen besonders gute Chancen für allopatrische Speziationsprozesse.

Sowohl im Meere wie im Süßwasser haben viele Linien im Mesopsammal starke Radiationen erlebt. Der erreichte Speziationsgrad ist in vielen Gruppen enorm. Dies hat zur Bildung zahlreicher substratstenöker Gattungen geführt. Stenöke Familien sind in den meisten Gruppen bereits selten, höhere Taxa bemerkenswerte Ausnahmen.

Es besteht der Eindruck, daß das Entstehen höherer Taxa hier deutlich eine Funktion der verfügbaren Zeit ist: Stenöke Familien oder gar Ordnungen deuten auf sehr hohe

Existenzalter im Interstitial! Dies gilt sicherlich auch für die mesopsammalen Vertreter nachweislich sehr alter Tierstämme, z. B. der meisten niederen Protostomia.

Unter den insbesondere in vergangenen Erdzeitaltern konkurrenzärmeren Bedingungen dieses dadurch konservativen Refugialmilieus ist die Evolution offenbar oft stark verlangsamt verlaufen und hat kaum noch entscheidend Neues hervorzubringen vermocht. Denn die entscheidenden Charakteristika, die viele interstitielle Lebensformtypen kennzeichnen, waren meist bereits obligatorische (morphologische, physiologische, ethologische) Voraussetzung für den „Eintritt“ in diese Biozönose. Sie müssen also bereits am Beginn der Evolution in diesem Substrat vorhanden gewesen sein. Danach ist es dann in der Regel nur noch zu vergleichsweise geringfügigen Vervollkommnungen gekommen, oft z. B. als Anpassung an immer geringere Korngrößen bei Arten des mittleren und feinen Sandes zu beobachten.

Die lange konstant anhaltende Selektionswirkung des Milieus hat „orthogenetische“ Evolutionen provoziert, die sich häufig als progressive Reduktionsreihen darstellen: Sie sind vorwiegend als immer perfektere Anpassungen an die mechanischen Bedingungen des Milieus erkennbar. Auf diese Weise entstanden jene überraschenden Konvergenzen der „typischen mesopsammalen Lebensformen“ (REMANE 1952).

Auch in den Gruppen, die substratspezifische Familien oder Ordnungen haben, zeichnen sich deren spezifische Merkmale nur allzu oft als Resultat „degenerativer“, d. h. reduzierender Evolution aus, in deren Verlauf nur noch selten neue Konstruktionen wie Synorganisationen usw. auftreten. Häufig scheinen in solchen Reduktionsreihen neotenische Prozesse involviert zu sein (z. B. bei Crustacea).

Als hinsichtlich der relativen Konstanz der wesentlichen biotischen Bedingungen über lange Zeiträume ähnliche Zönose hat das Edaphon, die Lebewelt im Boden, zu gelten. Auch das (marine) Plankton weist gewisse biologische Parallelen auf.

Zusammenfassung

Das Mesopsammal ist zu kennzeichnen als der eigenartige Sonderfall eines uralten, stets im wesentlichen Faktorengefüge konstant gebliebenen Milieus, indem trotzdem bis heute eine vergleichsweise arme, da notwendigerweise hochspezialisierte Tierwelt existiert.

Deren Mannigfaltigkeit hat im Laufe der Phylogenese langsam zugenommen. Bis heute bestehen Kennzeichen eines konkurrenzarmen Milieus, in dem Evolution nur verlangsamt abläuft. Dazu mag auch die begrenzte Möglichkeit der Bildung wirklich neuer ökologischer Nischen beitragen.

Über enorme Zeiträume hin muß Selektion in immer gleicher Richtung wirksam gewesen sein und hat dadurch „Orthogenesen“ gleichsam erzwungen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um progressive Reduktionsreihen.

In vielen Gruppen ist eine reiche Speziation zu verzeichnen. Stenöke höhere Taxa sind dagegen gar nicht zahlreich und dabei arm an spezifischen morphologischen Konstruktionen.

Evolution erscheint hier oft als Kette von Reduktionsprozessen, in denen häufig wohl neotenische Mechanismen wirksam sind.

Die Grenze Mikro – Makroevolution ist hier verwischt: Höhere Taxa entstehen deutlich als Resultat vieler kleiner Evolutionsschritte in Funktion der verfügbaren Zeit.

Allem vordergründigen Anschein zum Trotz ist das Milieu Mesopsammal daher für die gesamte Phylogenese kein entscheidend wichtiger Lebensraum geworden. Adaptation an interstitielle Bedingungen bedeutete offenbar oft das Einbiegen in Einbahnstraßen, die zwar nicht in absolute Sackgassen führen müssen, die die Chancen weiterer Evolution jedoch immer mehr beschränken.

Summary

Adaptation to Interstitial Conditions: A Factor in Evolution of Higher Taxa in Crustacea?

The Mesopsammal is to be marked as a strange special case of a very old milieu, which always has been stable in the structure of important factors, in which nevertheless until now a comparable poor, though necessary high specialized fauna exists.

Its diversity was slowly increased during phylogenetical processes. Up to now characteristics of a milieu poor in competition exist, in which evolution is going on slower. To that the limited possibility of the formation of absolutely new ecological niches may contribute.

During enormous spaces of time selection must have been working in always the same direction and has by this enforced likely „Orthogenesis“ (evolutionary trends). Mainly they are to be regarded as successions of progressive reductions.

In many groups a rich speciation is to be recorded.

Higher stenoeious taxa on the other hand are not at all numerous and furthermore poor of specific morphological constructions.

Evolution here often appears as a chain of processes of reduction, in which very likely often neotenic mechanisms are working.

Here the border between Micro- and Macroevolution is uncertain: Higher taxa clearly develop as a result of many little steps of evolution in function of the available time.

The milieu Mesopsammal therefore has not become a decisively important place for Phylogenesis, although it looks like on the first glance. Adaptation to interstitial conditions obviously often ment to turn into an one-way-street, which must not lead to a dead-end, but which limits the chances of further evolution more and more.

Literatur

- AX, P. (1968): Populationsdynamik, Lebenszyklen und Fortpflanzungsbiologie der Mikrofauna des Meeressandes. Verhdl. D. Zool. Ges. Innsbruck; 66–113.
- BECKER, K. H. (1973): Eidonomie und Taxonomie abyssaler Harpacticoidea (Crustacea, Copepoda). Diss. Univ. Kiel. 162 S.
- DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, Cl. (1960): Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. Vie et Milieu, suppl. 9. Hermann, Paris 1960. 740 S.
- HUSMANN, S. (1967): Die ökologische Stellung der Höhlen- u. Spaltengewässer innerhalb der subterranaquatischen Lebensbereiche. Int. Journ. Speleol. 2, 411–436.
- (1970): Weitere Vorschläge für eine Klassifizierung subterraneaner Biotope und Biocoenosen der Süßwasserfauna. Int. Revue ges. Hydrobiol. 55, 115–129.
- (1971): Ecological studies on freshwater meiobenthos in layers of sand and gravel. In: Proc. I. Intern. Conference on Meiofauna. Smithson. Contr. Zool. 76, 161–169.

- JAKOBI, H. (1969): O significado ecológico da associação Bathynellacea – *Parastenocaris* (Crustacea). Bol. Univ. Fed. Paraná. Zoologia, **3**, 167–191.
- KOEPCKE, H. W. (1973): Die Lebensformen I. – Krefeld, 789 pp.
- MAYR, E. (1963): Animal species and evolution. Cambridge (Mass.) 797 pp.
- NOODT, W. (1964): Natürliches System und Biogeographie der Syncarida (Crustacea Malacostraca). Gewäss. Abwässer **37/38**, 77–186.
- (1968): Deuten die Verbreitungsbilder relikitärer Grundwassercrustaceen alte Kontinent-zusammenhänge an? Naturw. Rundschau, **21**, 470–476.
- (1971): Ecology of the Copepoda. In: Proc. I. Intern. Conference on Meiofauna. Smithsonian. Contr. Zool. **76**, 97–102.
- REMANE, A. (1952): Die Besiedlung des Sandbodens im Meere und die Bedeutung der Lebensformtypen für die Ökologie. – Verhdl. D. Zool. Ges. Wilhelmshaven **1951**, 327–359.
- (1956): Die Verbreitung der subterranean Meeresfauna. – Proc. XIV. Int. Congr. Zool. Copenhagen **1953**, 429–432.
- (1956a): Die Grundlagen des Natürlichen Systems, der Vergleichenden Anatomie und der Phylogenetik. Leipzig, 2. Aufl. 400 pp.
- (1957): Fortschritte und heutige Probleme der Stammesgeschichte. Makro- und Mikro-Evolution. – Naturw. Rundschau, **10**, 163–169.
- (1964): Die Bedeutung der Struktur für die Besiedlung von Meeresbiotopen. – Helgol. Wiss. Meeresunters. **10**, 343–358.
- RIEDL, R. und OZRETIĆ, B. (1969): Hydrobiology of marginal caves. Part I. General problems and introduction. – Int. Revue ges. Hydrobiol. **54**, 661–683.
- SCHMINKE, H. K. (1972): Evolution, Natürliches System und Verbreitungsgeschichte der Bathynellacea (Crustacea, Malacostraca). Diss. Univ. Kiel, 340 pp.
- (1973): Beiträge zur Evolution, zum System und zur Verbreitungsgeschichte der Parabathynellidae (Bathynellacea, Malacostraca). – Akad. Wiss. Lit. Mainz, Mikrofauna des Meeresbodens **24**, 1–192.
- (1973a): Persönliche Mitteilung über *Psammaspides*.
- SCHRAM, F. (1970): Isopod from the Pennsylvanian of Illinois. – Science **169**, 854–855.
- SERBAN, M. (1960): La Néotenie et le problème de la taille chez les Copepodes. – Crustaceana **1**, 77–83.
- STOCK, J. H. (1973): The existence of interstitial members of the *Gammarus*-group (Amphipoda). – Crustaceana **24**, 339–341.
- SWEDMARK, B. (1964): The interstitial fauna of marine sand. – Biol. Rev. **39**, 1–42.
- TILZER, M. (1973): Zum Problem der Ausbreitungsfähigkeit von limnisch-interstitiellen Grundwassertieren, am Beispiel von *Troglochaetus beranecki*. – Arch. Hydrobiol. **72**, 263 bis 269.

Hinweis: Dieser Aufsatz ist die wenig veränderte deutsche Fassung eines Vortrages vor dem XVII. Internationalen Kongreß für Zoologie im September 1972 in Monte Carlo.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Wolfram Noodt
Zoologisches Institut der Universität, 23 Kiel, Hegewischstraße 3

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Faunistisch-Ökologische Mitteilungen](#)

Jahr/Year: 1971-1973

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Noodt Wolfram

Artikel/Article: [Anpassung an interstitielle Bedingungen: Ein Faktor in der Evolution Höherer Taxa der Crustacea? 445-452](#)