

## Freilebende Nematoden als Nahrung der Sandgarnele *Crangon crangon*

Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung der Meiofauna  
als Nahrung für das marine Makrobenthos

SEBASTIAN A. GERLACH und MARION SCHRAGE

Institut für Meeresforschung in Bremerhaven

Eingegangen am 31. Januar 1969

### *Free-Living Nematodes as Food of the Sand Shrimp, Crangon crangon*

#### *Experiments on the Role of Meiofauna as Food of the Marine Makrobenthos*

**Summary.** Under laboratory conditions, *Crangon crangon* of different size classes survived periods of up to 210 days if fed exclusively with free-living nematodes. Experiments were performed with the saprobic nematode species *Panagrellus redivivus* which is of similar size (0.0003—0.0015 mg dry weight) as marine free-living species and which is in the same way accepted as food by the shrimps. The shrimps are able to catch nematodes out of a sandy substratum at a rate of 5 nematodes/min, but they do so for only about 30 minutes, stopping after ingesting approximately 0.2 mg dry weight of nematodes. Thus the food intake is much less than with macrofauna prey, e.g. with the polychaete *Lanice* of which a shrimp may ingest 1.5 mg at one sitting. 20 mm long specimens of *Crangon* feeding on nematodes had a maximum food intake of 1.5 mg dry weight per day only which explains why growth was insignificant (1 mm in 25—74 days) or non-existent.

Shrimps left without food died within 27—47 days. Even if these animals, especially the larger ones, could not prosper on an exclusive diet of nematodes, in the absence of better food natural meiofauna populations may prevent *Crangon crangon* from starving to death.

**Zusammenfassung.** Sandgarnelen (*Crangon crangon*) verschiedener Größenklassen konnten unter Laboratoriumsbedingungen mit freilebenden Nematoden als einzige Nahrung bis zu 210 Tagen am Leben erhalten werden. Für diese Experimente wurde der saprobe Nematode *Panagrellus redivivus* benutzt, der etwa gleichgroß ist wie marine freilebende Nematoden (0,0003—0,0015 mg Trockengewicht), und der ebensogern wie diese von den Garnelen als Nahrung angenommen wird. Die Garnelen können bis zu 5 Nematoden pro Minute aus dem Lückensystem des Sandes herausfangen, doch halten sie dieses Tempo nur etwa  $\frac{1}{2}$  Std durch und legen nach der Erbeutung von etwa 300 Nematoden (0,2 mg Trockengewicht) eine Freßpause ein. Deshalb wird sehr viel weniger Nahrung aufgenommen als bei der Erbeutung von Makrofauna-Vertretern, denn ein 1,5 mg schweres Stück des Polychaeten *Lanice* füllt den Magen. Die größte Nahrungsaufnahme bei Nematodenernährung war bei 20 mm langen *Crangon* nur 1,5 mg am Tag. Hierdurch wird verständlich, daß bei den Experimenten nur ein sehr geringer Zuwachs beobachtet wurde (1 mm in 25—74 Tagen) oder ein Wachstumsstillstand eintrat.

Ohne Nahrung sterben *Crangon* unter den Versuchsbedingungen in 27—47 Tagen ab. Auch wenn es sicher ist, daß insbesondere größere Garnelen nicht gut mit einer

ausschließlichen Nematoden-Ernährung gedeihen können, so ist doch nicht von der Hand zu weisen, daß Meiofauna-Populationen in Ermangelung besserer Nahrungsquellen *Crangon* auch in freier Natur vor dem Verhungern bewahren können.

Sandgarnelen ernähren sich in erster Linie von Polychaeten (*Nereis*, *Nephtys*) und Crustaceen (*Corophium*, Mysidaceen). Das haben die Untersuchungen von HAVINGA (1930), PLAGMANN (1939) und LLOYD u. YONGE (1947) an *Crangon crangon*, von ALLEN (1960) an *Crangon allmani* und von PRICE (1962) an *Crangon septemspinosa* ergeben. In geringerer Menge fanden sich jedoch bei Mageninhaltsuntersuchungen auch Muscheljungbrut und Hydrobien, und PLAGMANN konnte nachweisen, daß zumindest in bestimmten Biotopen, vor allem nahe der Watten, auch Vertreter der Meiofauna eine Rolle spielen: Harpacticiden, Ostracoden und Nematoden. Einzelne Nematoden wurden in den Mägen von Garnelen aller Größenklassen (11—75 mm) gefunden, in einer Garnele (12 mm Körperlänge) wurden über 10, in einer anderen (40 mm Körperlänge) 15 Exemplare von Nematoden im Magen gefunden.

Immer wieder wird auch berichtet, daß „Detritus“ sich wenigstens zeitweise in ziemlicher Menge im Garnelenmagen findet, wobei es gewöhnlich schwer zu erkennen ist, zu welchem Teil es sich um aufgenommene Schlick- und Detritismengen aus dem Biotop handelt, zu welchem Anteil der „Detritus“ im Garnelenmagen selbst durch die mechanische Zerkleinerung aufgenommener Beuteobjekte entstanden ist. Es ist darum nicht zu entscheiden, ob Vertreter der Meiofauna zusammen mit Schlick in den Magen aufgenommen, oder ob sie gezielt als Beute gefangen werden. In diesem Zusammenhang ist die Beobachtung von MEIXNER (1968) interessant, wonach sich *Crangon crangon* im Labor gut mit Nauplien von *Artemia salina* füttern läßt, die einzeln erbeutet werden. Angeregt durch diese Experimente sind wir der Frage nachgegangen, ob auch noch kleinere Beuteobjekte, nämlich freilebende Nematoden, als Futter für *Crangon* in Betracht kommen. Wir möchten zur Klärung der Frage beitragen, in welchem Umfang Vertreter der Meiofauna eine Rolle bei der Ernährung wirtschaftlich nutzbarer Bodentiere spielen.

### Methoden

Sandgarnelen von 14—60 mm Länge wurden am 12. 10. 67, am 1. 2. und am 10. 4. 68 in der Außenweser (westlich Eversand) gedredgt und am 11. 9. 68 im flachen Wasser des Suezprieis mit dem Schiebehamen erbeutet. Die Tiere wurden in einem Kellerraum (Temperaturschwankungen 5—25°C, natürlicher Lichtwechsel) in halbgefüllten Kunststoff-Aquarien (2 Liter Fassungsvermögen) einzeln ohne Bodenmaterial gehältert. Verwendet wurde Nordseewasser, welches auf 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> verdünnt und etwa monatlich gewechselt wurde, wenn sich Trübungen zeigten. Fütterungsversuche wurden teils unter den genannten Bedingungen, teils auf der

Fensterbank eines Laborraumes in 100 ml fassenden Glasgefäßen durchgeführt. Die Längenmessung der Garnelen erfolgte wie bei MEIXNER (1968) von der Spitze der Scaphoceriten bis Ende des zusammengelegten Schwanzfächers.

Zur Fütterung wurden teilweise freilebende marine Nematoden verwendet, welche durch vorsichtiges Waschen verschiedener Sedimentproben aus der Helgoländer Bucht gewonnen wurden. Da sich auf diesem Wege jedoch nur mühsam genügende Futtermengen regelmäßig gewinnen lassen, und da es z.Z. uns noch nicht möglich ist, freilebende marine Nematoden in diesen Mengen im Labor zu züchten, wurde *Panagrellus redivivus* (L.)<sup>1</sup> als Ersatz gewählt. Dieser saprobische Nematode wird in Aquariengeschäften als „Mikro“ gehandelt und läßt sich leicht mit der Flora von Mikroorganismen füttern, welche sich auf eingeweichten Haferflocken einstellt. Dank der osmoregulatorischen Fähigkeit von *Panagrellus redivivus* (s. MYERS, 1967) gelingt die Zucht auch auf Haferflocken, die in Seewasser (ca. 30‰ Salzgehalt) eingeweicht wurden, und die Würmer ertragen auch außerhalb der Futterkultur den Aufenthalt in reinem Seewasser mehrere Wochen lang. Sie eignen sich damit gut als Futter für Meerestiere.

*Panagrellus redivivus* ist mit 1–2 mm Körperlänge so groß wie die Mehrzahl der freilebenden marinen Formen (Tab. 1). Die Würmer bewegen sich in gleicher Weise schlängelnd wie marine Vertreter, und sie werden nach unseren Beobachtungen genauso gern von *Crangon* gefressen.

Tabelle 1. Größen- und Gewichtsverhältnisse der verfütterten Exemplare von *Panagrellus redivivus*. Das Feuchtgewicht wurde jeweils für die mittlere Größe mit der Formel von ANDRASSY (1956) berechnet, das Trockengewicht mit 27% vom Feuchtgewicht

	n	Körperlänge (mm)	Körperbreite (mm)	Feucht- gewicht (mg)	Trocken- gewicht (mg)
Reife Weibchen	100	1,78 (1,22—2,18)	0,070 (0,066—0,088)	0,00549	0,00148
Männchen	38	1,44 (1,12—1,73)	0,037 (0,035—0,044)	0,00135	0,00036
Große und mittlere Jungtiere	35	1,22 (0,69—1,58)	0,037 (0,035—0,044)	0,00105	0,00028
Kleine Jungtiere	8	0,39 (0,28—0,42)	0,019 (0,014—0,021)	0,00009	0,00002

Für die Fütterung wurde jeweils eine Anzahl der sich an der Wand des Zuchtgefäßes sammelnden und dort emporkriechenden *Panagrellus* mit einem Stück Filtrierpapier abgestreift und im Seewasser einer Kristallisierschale gewaschen. Das Wasser wurde dekantiert und durch sauberes Seewasser ersetzt. Mit einer Pipette wurde dann eine „Portion“ der Nematoden aufgesaugt und in das Versuchsbecken überführt. Eine geringe Menge des Zuchtmediums (Bruchstücke von Haferflocken, Bakterien, Hefen) wird dabei mitgeschleppt, dürfte jedoch keine nennenswerte Rolle spielen, da das Wasser in den Versuchsbecken über 3–4 Wochen trübungsfrei blieb. Kleine Garnelen erhielten fünfmal wöchentlich eine, größere Tiere bis zu 4 „Portionen“. Die Zahl der „Portionen“ war so bemessen, daß vielfach

1. Syn. *Anguillula silusiae* De Man.

noch am folgenden Tag einzelne Nematoden sich lebend im Versuchsbecken befanden, so daß die Garnelen etwa so viel Nematoden fressen konnten, wie sie mochten. Gelegentlich waren noch viele ungefressene Nematoden übrig, in der Regel vor Häutungen, dann wurde nicht erneut gefüttert.

Wir bemühten uns, die „Portionen“ jeweils so gleichmäßig wie möglich zu entnehmen, jedoch sind bei der gewählten Methode Unterschiede zwischen den einzelnen „Portionen“ unvermeidlich.

Die Gewichtsbestimmungen der Nematoden-„Portionen“ wurden nach drei verschiedenen Methoden vorgenommen:

a) 5 „Portionen“ in Leitungswasser gewaschener Nematoden wurden in einer Kristallisierschale bekannten Gewichts bei 105°C 20 Std lang getrocknet und mit der Schale gewogen.

b) Eine Portion Nematoden wurde auf einem Membranfilter bekannten Gewichts filtriert, bei 105°C 20 Std lang getrocknet und mit dem Filter gewogen.

c) Eine Portion Nematoden wurde wie b) auf einem Membranfilter filtriert. Dann wurden die Tiere schnell mit einer Nadel vom Filter entfernt, auf ein mikroskopisches Deckglas bekannten Gewichts überführt und zusammen mit dem Deckglas gewogen. Dieser Arbeitsgang war innerhalb von 3 min beendet, so daß die weitere Austrocknung der Nematoden wohl als gering anzusehen ist. Anschließend wurde das Präparat bei 105°C 20 Std lang getrocknet und zur Bestimmung des Trockengewichts erneut gewogen.

Aus diesen Messungen ergibt sich, daß eine „Portion“ durchschnittlich aus 1186 reifen Nematodenweibchen (880—1580,  $n=10$ ), 600 Männchen (300—820), 648 großen und mittleren Jungtieren (320—1340) und 600 kleinen Jungtieren besteht, mit einem Feuchtgewicht von 6,3 (Wägung) bzw. 8,1 mg (Berechnung) und einem Trockengewicht von 1,4 bzw. 2,2 mg.

Der mit 27% errechnete Wert für die Trockenmasse in Prozent des Feuchtgewichtes liegt höher als die von MYERS (1967) mitgeteilten Werte (14—20%) von Tieren, die an 0,1—0,3 molare Lösungen von NaCl angepaßt waren. Hierfür könnte von Bedeutung sein, daß unsere Kulturen bei ca. 30‰ Salzgehalt in einer Lösung gehalten wurden, welche hinsichtlich der osmotischen Wirkung etwa einer 0,5 molaren Lösung entspricht. Höhere Konzentrationen bewirken nach MYERS eine Abnahme des Wassergehaltes. Es ist aber auch möglich, daß lediglich die verschiedenen Methoden der Gewichtsbestimmung unterschiedliche Werte für das Feuchtgewicht ergaben. Da diese Frage für unsere Fragestellung bedeutungslos ist, wurde sie nicht weiter verfolgt.

### Ergebnisse

In Tab. 2—4 sind die Versuche mit Nematodennahrung, mit anderen Nahrungsstoffen und ohne Nahrung dargestellt. Ohne Nahrung gehen 13—41 mm lange *Crangon* nach etwa 1 Monat (27—47 Tage) unter den gewählten Kulturbedingungen zugrunde. Mit einer Ernährung, die ausschließlich aus *Panagrellus* bestand, wurden mehrfach Zeiten von über 100 Tagen, ja sogar von 154, 179 und 210 Tagen erreicht. Damit ist bewiesen, daß Beutetiere von der Größe freilebender mariner Nematoden ausreichen, um wenigstens den Minimalbedarf von *Crangon* zu decken, und zwar nicht nur von kleinen Exemplaren, sondern auch von solchen, die 40—50 mm lang sind.

In Tab. 2 sind sämtliche angesetzten Versuche mit Nematodenfütterung eingetragen. Verschiedentlich wurde beobachtet, daß Tiere aus

Tabelle 2. *Hälterungsexperimente mit Crangon crangon bei Fütterung mit Nematoden (Panagrellus redivivus)*  
 Datum = Fangtag; K = Kellerraum; F = Fensterbank im Labor; 2 Liter = Kunststoffaquarium; 100 ml = Glasgefäß.

Ver- suchs- protokoll Nr.	Versuchs- bedingungen	Vorbehandlung (Tage)		Lebenstage bei Fütterung nur mit Nematoden	Körperlänge (mm) bei		Zu- wachs (mm)	1 mm Zuwachs in ? Tagen	Zahl der Häu- tungen in Tagen	Abstand zwischen den Häutungen in Tagen
		ohne Nah- rung	Lanice- Fütte- rung		Ver- suchs- beginn	Ver- suchs- ende				
3	12. 10. 67	12	0	38	22	23	1	38	2	12
4	K, 2 Liter, ohne Sand	12	0	65	22	22	0		2	26
22		13	15	48 <sup>a</sup>	32	32	0		2	36
21		13	15	36	35	35	0		1	
22 <sup>a</sup>		13	71	49 <sup>a</sup>	39	41	2	24	2	49
22 <sup>b</sup>		13	147	25	40	40	0		0	
20		13	15	113	43	48	5	22	1	
21 <sup>a</sup>		13	71	148	46	48	2	74	4	36, 52, 46
19		13	15	96	47	49	2	48	2	48
18		13	14	76	58	61	3	25	1	
42	1. 2. 68	0	53	53	37	37	0		2	38
40	K, 2 Liter,	0	53	95 <sup>b</sup>	38	39	1	95	4	27, 30, 32
43	ohne Sand	0	53	95 <sup>b</sup>	47	48	1	95	4	7, 76, 12
41		0	53	95 <sup>b</sup>	49	52	3	32	3	19, 47
50	10. 4. 68	5	0	73 <sup>b</sup>	33	35	2	36	2	22
53	K, 2 Liter,	5	0	51	34	34	0		1	
52	ohne Sand	5	0	65	34	35	1	65	2	31
54		5	0	73 <sup>b</sup>	35	34	-1		2	62
51		5	0	73 <sup>b</sup>	35	35			2	

1	12. 10. 67	5	0	179	21	25	4	45	6	17, 25, 43, 34, 20
2	K, 100 ml,	5	0	65	21	21	0		3	17, 18
2a	ohne Sand	13	57	88	30	30	0		3	34, 47
8	12. 10. 67	13	15	154	19	25	6	25	4	42, 35, 30
9	K, 100 ml,	13	15	210	21	26	5	42	4	22, 29, 81
10	mit 10 mm Sand	13	15	39	22					
5	12. 10. 67	6	0	93 <sup>c</sup>	16	17	1	93	9	8, 18, 10, 10, 10, 10, 11, 11
6	F, 100 ml,	6	0	93 <sup>c</sup>	19	21	2	46	5	9, 12, 14, 16
7	ohne Sand	11	0	86 <sup>c</sup>	23	26	3	29	5	10, 23, 15, 19
12	12. 10. 67	13	14	8 <sup>a</sup>	22					
11	F, 100 ml,	13	6	134	23	26	3	45	5	29, 14, 48, 15
12a	mit 10 mm Sand	13	34	70	30	31	1	70	4	14, 25, 27

<sup>a</sup> Tier bei der Häutung gestorben.

<sup>b</sup> Tier lebte bei Versuchsabbruch noch.

<sup>c</sup> Tier gestorben nach Ausfall der Belüftung und starken Temperaturschwankungen.

<sup>d</sup> Tier aus dem Versuchsbecken gesprungen.

dem Versuchsbecken gesprungen waren, oder daß sie während der Häutung starben, was nicht unbedingt mit der Art der Ernährung, sondern auch mit den sonstigen Kulturbedingungen zusammenhängen kann. Dadurch sind die Zeiten des Überlebens z. T. kurz.

Der Abstand zwischen zwei Häutungen wird in den Tabellen mit sehr unterschiedlichen Zeiten angegeben. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sicher nicht alle Häutungen erfaßt wurden, da vielfach die Exuvie gefressen wurde und dann kein Indiz für eine Häutung zurückblieb.

Der Längenzuwachs der Versuchstiere während der Versuchsperiode ist durchweg gering; einmal (Versuch Nr. 54) wurde eine geringfügige Reduktion der Länge nach 73 Tagen beobachtet, mehrfach ein Wachstumsstillstand über 50—80 Tage hinweg, und der maximale Zuwachs beträgt 1 mm in 22—25 Tagen. Diese Wachstumsraten sind sehr viel geringer als die, welche MEIXNER (1968) für solche *Crangon* zwischen 20 und 40 mm Körperlänge angibt, die mit *Artemia* gefüttert wurden (1 mm in 2 Tagen). Es wird deutlich, daß *Crangon* unter den gewählten Versuchsbedingungen keineswegs optimale Verhältnisse hatte, und es muß leider weitgehend offen bleiben, zu welchem Teil die Qualität der Nahrung, zu welchem Teil die übrigen Hälterungsbedingungen ein optimales Wachstum verhinderten. Immerhin ist bemerkenswert, daß auch Kontrollversuche, bei denen mit *Artemia*-Nauplien oder mit Stücken von *Lanice* gefüttert wurde, nur wenig bessere Ergebnisse zeigen (Tab. 3). Zwar wurden hier bei einigen Tieren Wachstumsraten von 1 mm in 7, 9, 12 und 13 Tagen beobachtet, aber auch hier waren Tiere mit sehr viel langsamerem Zuwachs dabei.

*Crangon* ist nicht nur imstande, Nematoden vom Boden der Aquarien zu erbeuten, die Tiere können die Nematoden auch geschickt aus dem Lückensystem des Sandes herausfangen. Dabei werden die sehr schlanken 3. Pereiopoden nach vorn gestreckt und dringen tastend in die obersten Sandschichten ein. Die Dactyli befinden sich dann unter den Scheren der 1. Pereiopoden. Wenn ein Nematode lokalisiert wird, stoßen die 1. Pereiopoden blitzartig nach unten und fassen die Beute mit den Scheren, um sie dann an die Mundgliedmaßen abzugeben. Beim Fang der Nematoden entwickelt *Crangon* offenbar größere Geschicklichkeit als beim Erbeuten freischwimmender *Artemia*-Nauplien. Nach MEIXNER (1968) bereitet es *Crangon* Schwierigkeiten, die Nauplien mit den Scheren zu ergreifen, obwohl *Artemia*-Nauplien mit 0,003 mg Trockengewicht beträchtlich größere Objekte als Nematoden sind.

Bei der Jagd nach Nematoden im Sandlückensystem ist *Crangon* recht wirkungsvoll, wie folgende Beobachtungen zeigen:

a) Ein 19 mm langer *Crangon* wurde nach 3 Hungertagen am 1. 10. 68 in eine 60 ml Abdampfschale gebracht, wo sich in der 2—3 mm hohen Bodenbedeckung (Sand) 220 freilebende marine Nematoden befanden.

Tabelle 3. Hälterungsexperimente mit *Crangon crangon* bei Fütterung mit Stücken des Polychaeten *Lanice conchilega* bzw. mit Naupliien von *Artemia salina*. Alle Tiere wurden in einem Kellerraum in 2 Liter Kunststoff-Aquarien ohne Bodenmaterial gehalten

Ver- suchs- proto- koll Nr.	Fangtag	Vorbehandlung (Tage)		Lebens- tage Versuch	Körperlänge (mm) bei		Zu- wachs (mm)	1 mm Zuwachs in ? Tagen	Zahl der Häu- tungen	Abstand zwischen den Häutungen in Tagen
		ohne Nah- rung	<i>Lanice</i> - Fütte- rung		Ver- suchs- beginn	Ver- suchs- ende				
<i>A. Gefüttert mit Artemia-Naupliien</i>										
28	12. 10. 67	13	55	193 <sup>b</sup>	27	36	9	21	6	29, 33, 34, 19, 51
29		13	55	69	35	35	0		1	
30		13	55	44	38	40	2	22	1	
31		13	55	75	45	47	2	38	1	
55	10. 4. 68	5	0	59	32	35	3	20	1	
56		5	0	72 <sup>b</sup>	32	38	6	12	3	18, 37
57		5	0	72 <sup>b</sup>	35	43	8	9	4	18, 21, 18
58		5	0	51 <sup>d</sup>	35	39	4	13	2	18
<i>B. Gefüttert mit Lanice-Stücken</i>										
23	12. 10. 67	13	21	202 <sup>d</sup>	25	34	9	22	5	43, 73, 28, 43
24		13	21	128	27	45	18	7	5	25, 32, 25, 27
26		13	21	202 <sup>d</sup>	40	50	10	20	6	31, 41, 39, 30, 28
25		13	21	240 <sup>b</sup>	47	51	4	60	7	36, 42, 43, 33, 36, 27
27		13	21	99	60	63	2	50	2	70
48	1. 2. 68	0	48	98 <sup>b</sup>	43	49	6	16	4	33, 22, 21
46		0	48	98 <sup>b</sup>	47	49	2	49	3	42, 25
45		0	48	98 <sup>b</sup>	51	57	6	16	4	38, 32, 26
47		0	48	98 <sup>b</sup>	54	58	4	24	4	19, 31, 35

Tabelle 4. *Hälterungsexperimente mit Crangon crangon ohne Fütterung. Alle Tiere wurden in einem Kellerraum in 2 Liter Kunststoff-Aquarien ohne Bodenmaterial gehalten*

Ver- suchs- proto- koll Nr.	Fangtag	Vorbehandlung (Tage)		Lebens- tage im Versuch	Körper- länge (mm)	Zahl der Häu- tungen
		ohne Nah- rung	<i>Lanice</i> - Fütte- rung			
15	12. 10. 67	13	20	27	26	0
14		13	20	27	27	0
13		13	20	34	29	0
16		13	31	32	30	0
61	11. 9. 68	0	22	27	13	0
65		0	22	38	17	0
62		0	22	35	23	0
67		0	22	25	25	0
66		0	22	47	26	0
63		0	22	45	26	1
64		0	22	32	28	1
68		0	22	36	41	1

Nach 4 min begann das Tier zu fressen und fing dann innerhalb von 10 min (wie durch Beobachtung mit dem Binokular festgestellt wurde) 72 Nematoden, innerhalb der nächsten 5 min weitere 22 Nematoden, in den nächsten 15 min dann nur noch 24 Nematoden. Das langsamere Tempo der Nahrungsaufnahme war dabei offenbar nicht durch eine geringere Aktivität des Tieres bedingt, sondern dadurch, daß die Konzentration der Beutetiere schließlich merklich verringert war.

b) Ein 28 mm langer *Crangon* wurde am 26. 9. 68 nach 6 Hungertagen in ein Glasgefäß von 8 × 6 × 3 cm Größe (Färbeküvette) gesetzt, in dem auf dem Glasboden 300 marine Nematoden lagen. Nach 4 min begann das Tier zu fressen und hatte nach weiteren 30 min etwa die Hälfte der Nematoden gefressen. Der Magen war dann etwa  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  gefüllt und größere Freßpausen wurden eingelegt. Am nächsten Tag waren lediglich noch 5 Nematoden übrig.

c) Am 20. 9. 68 wurden 3 derartige Färbeküvetten mit jeweils 2 g Sand beschickt, so daß die Sandschicht den Boden ca. 2 mm hoch bedeckte. Dann wurde ein Becken mit einem 23 mm langen *Crangon* und 150 freilebenden marinen Nematoden besetzt: am 23. 9. (nach 3 Tagen) war kein Nematode mehr im Sand zu finden. Im zweiten Becken, in das ein 27 mm langer *Crangon* und 150 Exemplare von *Panagrellus* gesetzt wurden, enthielt nach 3 Tagen noch 2 Nematoden, und im dritten, in welchem ein 24 mm langer *Crangon* zusammen mit etwa 1000 *Panagrellus*

Tabelle 5. Versuche über die Geschwindigkeit der Nahrungsverarbeitung im Magen von *Crangon crangon*. Am 12. 10. 67 gefangene Tiere wurden am 19. 10., 23. 10. und 1. 11. 67 mit je etwa 500 Nematoden (*Panagrellus redivivus*) gefüttert; nach 30 min (d-g) bzw. nach 15 min (h-m) wurden weitere etwa 100 Nematoden verfüttert. Nach 60 bzw. 30 min Fütterungszeit wurden die Tiere im Becken ohne Nahrung umgesetzt und nach verschiedenen Zeiten zur Untersuchung des Mageninhaltes abgetötet

Ver- suchs- tier	Körper- länge (mm)	Hunger- tage vor dem Versuch	Fütte- rungs- zeit in Minuten	Verdau- ungszeit in Min	Beim Abtöten erbrochener Mageninhalt	Mageninhalt
d	17	7	60	30	nichts	300—400 Nematoden, teils noch lebend, 30% ± zerrieben
e	16	7	60	60	?	nichts
f	16	7	60	120	?	viele hundert Nematoden, nur wenige zerrieben
g	19	7	60	180	?	nur wenige Nematoden, einige Spicula
h	27	11	60	30	?	3 kleine unbeschädigte Nematoden, viele zerriebene Reste, einige Spicula (Tier fraß sehr langsam)
i	25	11	60	60	2 Knäuel von angedauten Nematoden und Spicula	30—40 unbeschädigte, ebensoviel beschädigte Nematoden, viele zerriebene Reste
k	25	11	60	90	1 Knäuel von beschädigten Nematoden und Spicula	12 unbeschädigte, viele beschädigte Nematoden, viele zerriebene Reste
l	23	11	60	120	nichts	3 unbeschädigte Nematoden, viele zerriebene Reste
m	24	11	60	150	nichts	1 Nematode und zerriebene Reste
n	21	0	30	30	1 Knäuel von beschädigten Nematoden und Spicula	12 unbeschädigte, 40 beschädigte Nematoden, viele zerriebene Reste
o	22	0	30	60	einige Spicula	25 unbeschädigte, 100—150 beschädigte Nematoden
p	22	0	30	90	30 unbeschädigte Nematoden und Spicula	3 unbeschädigte, viele beschädigte Nematoden
q	23	0	30	120	nichts	nur beschädigte Nematoden

Tabelle 6. Versuche über die größte einmalige Nahrungsaufnahme von *Crangon crangon* bei Fütterung mit Stücken des Polychaeten *Lanice conchilega*. *Crangon* wurde durch Schütteln in einem Netz vom Wasser befreit, in eine austarierte Kristallisierschale mit Seewasser gebracht und gewogen. Kleine Stücke von zuvor auf Filtrierpapier abgetrockneten *Lanice* wurden dann solange bei gleichzeitiger Gewichtskontrolle verfüttert, bis das Tier gesättigt war. Solche Stücke von *Lanice* haben nach freundlicher Information von Herrn H. GOERKE einen Trockengewichts-Anteil von ca. 25%. Bei den Versuchen wurde darauf geachtet, daß die gebotene Nahrung vollständig von den Krebsen aufgenommen wurde

Ver- such	<i>Crangon</i>		Maximale Nahrungsaufnahme					
	Länge (mm)	Gewicht (mg)	mg Feuchtgewicht			mg Trockengewicht		
			23. 9.	25. 9.	27. 9.	23. 9.	25. 9.	27. 9.
r	14	30	—	2	2	—	0,5	0,5
s	19	67	4	5	5	1,0	1,3	1,3
t	21	78	7	7	7	1,8	1,8	1,8
u	22	102	11	5	6	2,8	1,3	1,5
v	23	108	7	7	9	1,8	1,8	2,3
w	28	110	12	— <sup>a</sup>	7	3,0	— <sup>a</sup>	1,8
x	32	240	— <sup>a</sup>	8	10	— <sup>a</sup>	2,0	2,5
y	40	538	47	34	—	11,8	8,5	—

<sup>a</sup> Tier häutete sich.

war, konnten nach 3 Tagen nur noch einige wenige Nematoden beobachtet werden.

Auch aus Tab. 5 ergibt sich, daß *Crangon* zwischen 16 und 27 mm Körperlänge mindestens 5 Nematoden pro Minute fressen können. Allerdings wird der Magen nicht bis zur größtmöglichen Füllung mit Nematoden vollgestopft, der Jagdeifer erlahmt regelmäßig schon früher. Füttert man dagegen mit Stücken des Polychaeten *Lanice*, dann werden viel größere Nahrungsmengen aufgenommen (Tab. 6).

Der Magen von *Crangon crangon* ist kein Kaumagen mit chitinenen Kaustrukturen, wohl aber wird, wie PLAGMANN (1939) nachwies, die Nahrung im Magen durch aufgenommene Sandkörner zerrieben. Nematoden sind gegen diese Bearbeitung recht resistent, so daß nach Verdauungszeiten von  $\frac{1}{2}$  Std zahlreiche lebende, nach 1—2 Std immerhin noch unbeschädigte Nematoden im Magen vorhanden sein können. Diese Beobachtungen stimmen mit den Befunden an im Freiland gefangenen *Crangon* überein.

Wenn PLAGMANN (1939) aus dem Vorkommen lebender Nematoden im *Crangon*-Magen auf parasitische Nematoden schließt, dann ist dieser Schluß nicht zwingend. Es kann in diesem Zusammenhang auf BRÉGN-BALLE (1961) verwiesen werden, der feststellte, daß auch bei jungen Schollen (*Pleuronectes platessa*) die Verdauung von gefressenen Nematoden nur langsam vonstatten geht. Nach 2—3 Std allerdings sind die

Nematoden zum größten Teil zerrieben und lassen sich dann nicht mehr im Mageninhalt nachweisen, wenn man nicht bei sehr detaillierter mikroskopischer Analyse Teile des Spicularapparates identifizieren kann.

### Diskussion

Aus den geschilderten Experimenten kann lediglich der Schluß gezogen werden, daß *Crangon crangon* imstande ist, freilebende Nematoden aus dem Sediment herauszufangen, und daß die Tiere über längere Zeiträume sich ausschließlich mit dieser Nahrung am Leben erhalten können. Keine bündige Antwort kann dagegen auf die Frage gegeben werden, ob auch in der Natur Vertreter der Meiofauna eine wesentliche Rolle als Nahrung von *Crangon* spielen. Diese Frage kann darum lediglich spekulativ angeschnitten werden.

In den schlickreichen Regionen der Außenweser (Tonne K, Tonne Nordergründe, Tonne Westertill) leben 15—89 Nematoden pro Quadratzentimeter Sediment, ebensoviele in eulitoralischen Wattengebieten (nach Untersuchungen von K. STRIPP). Nematoden bilden dabei den überwiegenden Teil der Meiofauna. Am Gesamtgewicht lebender benthonischer tierischer Biomasse hat allerdings die Meiofauna mit 1—18 g/m<sup>2</sup> nur einen Anteil von 1—4%, höhere Werte werden nur in Watt-Gebieten erreicht.

Immerhin geht aus diesen Angaben hervor, daß im natürlichen Lebensraum von *Crangon crangon* in der Außenweser Nematoden (und andere Vertreter der Meiofauna) in hinreichender Menge vorkommen und als zusätzliche Nahrungsquelle für *Crangon* eine Rolle spielen können, oder auch vorübergehend die alleinige Nahrung bilden könnten, wenn Vertreter der Makrofauna knapp werden sollten.

In den Versuchen wuchsen *Crangon* bei reiner Nematoden-Nahrung nur langsam. Es wurde darauf hingewiesen, daß hierfür nicht unbedingt Mängel in der Ernährung, sondern auch allgemein Mängel der Hälterung verantwortlich sein können. Auch TIEWS (1954) mußte trotz täglicher Fütterung mit Miesmuschelfleisch feststellen, daß manche Tiere nicht wuchsen, z.T. über Perioden von 3—4 Häutungen. Trotzdem ist Nahrungsmangel zweifellos eine Ursache für geringes Wachstum. MEIXNER (1968) beobachtete bei ausreichender Ernährung (mit *Artemia*) von Häutung zu Häutung ein Längenwachstum von 1—2 mm, während bei Fütterung mit  $\frac{1}{3}$  Nahrungsmenge kein Wachstum erfolgte und z.T. sogar eine Längenreduktion von 0,5—1,5 mm beobachtet wurde.

In unseren Fütterungsversuchen bekam ein kleiner *Crangon* von ca. 20 mm Körperlänge (ca. 70 mg Naßgewicht) pro Woche 5 „Portionen“ Nematoden zu fressen, also etwa 10 mg Trockengewicht oder ca. 1,5 mg Trockengewicht pro Tag. Das ist beträchtlich weniger als in den Experi-

menten von MEIXNER (1968). Aus dessen Abb. 1 und Tabelle 18 kann man errechnen, daß mit *Artemia* gefütterte *Crangon* in ca. 45 Tagen von 20 auf 30 mm Länge heranwachsen und dabei 87 mg (♀) bzw. 110 mg (♂) Trockengewicht an Nahrung aufnehmen. Das sind 2—2,5 mg pro Tag, bei größeren Tieren (30—40 mm Körperlänge) 3 mg pro Tag.

In unseren Experimenten war die Tagesration von 1,5 mg Trockengewicht auf ca. 1700 Nematoden verteilt, wenn man ganz jung kleine Nematoden nicht mitrechnet. Ein hungriger *Crangon* kann zwar 150 Nematoden in 30 min aus dem Sediment herausfangen, aber der Jagdeifer läßt dann nach, und nach etwa 300 gefressenen Nematoden wird eine längere Freßpause eingelegt. 300 Nematoden entsprechen aber lediglich etwa 0,2 mg Trockengewicht. Es ist für *Crangon* viel rationeller, Makrofauna-Vertreter zu fressen; dann kann er sich auf einmal etwa ein *Lanice*-Stück mit 1,5 mg Trockengewicht einverleiben. Diese Beobachtungen decken sich mit denen von MEIXNER (1967), der bei 15 mm langen *Crangon* eine fünffach höhere Nahrungsaufnahme feststellte, wenn er statt mit *Artemia*-Nauplien (0,5 mm) mit 10 mm großen Artemien fütterte.

Kleine *Crangon* sind natürlich bei der Ernährung mit Nematoden im Vorteil. In unseren Versuchen lebten aber auch Garnelen von 43—49 mm Körperlänge länger als 100 Tage bei Nematoden-Nahrung und hatten 1—5 mm Längenzuwachs. Diesen Tieren wurden fünfmal wöchentlich 3—4 Portionen (= ca. 8500 Nematoden) oder ca. 5 mg Trockengewicht pro Tag geboten, was etwa 5 Nematoden pro Minute entspricht. Bei den hohen Futterkonzentrationen zu Beginn jeder Fütterung konnten die Tiere aber auch ganze Bündel von Nematoden fressen und brauchten nicht jeden Nematoden einzeln zu fangen. Sie hatten also bessere Voraussetzungen als im Freiland und brauchten nicht fortwährend mit der Maximalleistung von 5 Nematoden pro Minute zu arbeiten.

Für größere Exemplare von *Crangon* dürften darum selbst hohe Besiedelungsschichten von Nematoden im Freiland nicht für die Sättigung der Garnelen ausreichen, weil jeder Wurm einzeln erbeutet wird und nur etwa 5 Würmer pro Minute gefangen werden. In welchem Ausmaß Nematoden als Zusatznahrung eine Rolle spielen, bleibt offen. Für kleine Garnelen, insbesondere für ganz junge, eben zum Bodenleben übergegangene Stadien von 5—10 mm Länge, könnte dagegen die Meiofauna eine wichtige Rolle als Nahrung spielen.

### Literatur

- ALLEN, J. A.: On the biology of *Crangon allmani* KINAHAN in Northumberland waters. J. mar. biol. Ass. U. K. **39**, 481—508 (1960).  
 ANDRASSY, J.: Die Rauminhalts- und Gewichtsbestimmung der Fadenwürmer (Nematoden). Acta zool. (Budapest) **2**, 1—15 (1956).

- BREGNBALLE, F.: Plaice and flounder as consumers of the microscopic bottom fauna. Medd. Danm. Fisk. Havunders., N. S. **3**, 133—182 (1961).
- HAVINGA, B.: Der Granat (*C. vulgaris* Fabr.) in den holländischen Gewässern. J. Cons. int. Explor. Mer. **5**, 57—87 (1930).
- LLOYD, A. J., and C. M. YONGE: The biology of *Crangon vulgaris* L. in the Bristol Channel and Severn Estuary. J. mar. biol. Ass. U. K. **26**, 626—661 (1947).
- MEIXNER, R.: Experimentelle Untersuchungen zur Biologie der Nordseegarnele *Crangon crangon* (L.). Diss. Hamburg, 102 S. (1968).
- MYERS, R. F.: Osmoregulation in *Panagrellus redivivus* and *Aphelenchus avenae*. Nematologica **12**, 579—586 (1966).
- PLAGMANN, J.: Ernährungsbiologie der Garnele (*Crangon vulgaris* Fabr.). Helgoländer wiss. Meeresunters. **2**, 113—162 (1939).
- PRICE, K. S., JR.: Biology of the Sand Shrimp, *Crangon septemspinosa*, in the shore zone of the Delaware Bay region. Chesapeake Sc. **3**, 244—255 (1962).
- TIEWS, K.: Die biologischen Grundlagen der Büsumer Garnelenfischerei. Ber. dtsh. Wiss. Komm. Meeresforsch. **13**, 235—269 (1954).
- Synopsis of biological data on the common shrimp *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758). FAO World Scient. Conf. Biol. Culture Shrimps and Prawns. Mexico (1967).

Prof. Dr. S. A. GERLACH  
MARION SCHRAGE  
Institut für Meeresforschung  
284 Bremerhaven, Am Handelshafen 12