

Aus dem Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg

Zur Ökologie des neu entstandenen Salzwasserbiotopes »Kronenloch« im Speicherkoog Dithmarschen

Von Hendrik Brunckhorst und Ulrich Claussen*

Inhalt

1. Einleitung
2. Das Untersuchungsgebiet
3. Methode
4. Ergebnisse
 - 4.1 Abiotische Faktoren
 - 4.1.1 Hydrochemie
 - 4.1.2 Sedimentbeschaffenheit
 - 4.2 Plankton
 - 4.2.1 Zooplankton
 - 4.2.2 Phytoplankton
 - 4.3 Benthos
 - 4.3.1 Makrofauna
 - 4.3.2 Meiofauna
 - 4.3.3 Biomasse
 - 4.3.4 Benthische Algen und der Gehalt an chloroplastischen Pigmenten im Sediment
5. Diskussion
 - 5.1 Hydrochemie
 - 5.2 Die räumliche und zeitliche Verteilung des Zooplanktons
 - 5.3 Phytoplankton
 - 5.4 Die Besiedlung des »Kronenloches« durch benthische Tiere
 - 5.5 Konstruktion eines Nahrungsnetzes
 - 5.6 Vergleich mit ähnlichen Gebieten
 - 5.6.1 Durch Eindeichungen entstandene Brackgewässer
 - 5.6.2 Strandseen
 - 5.6.3 Vergleich mit Wattflächen der Meldorfer Bucht
 - 5.7 Ausblick
6. Zusammenfassung, Summary
7. Literatur

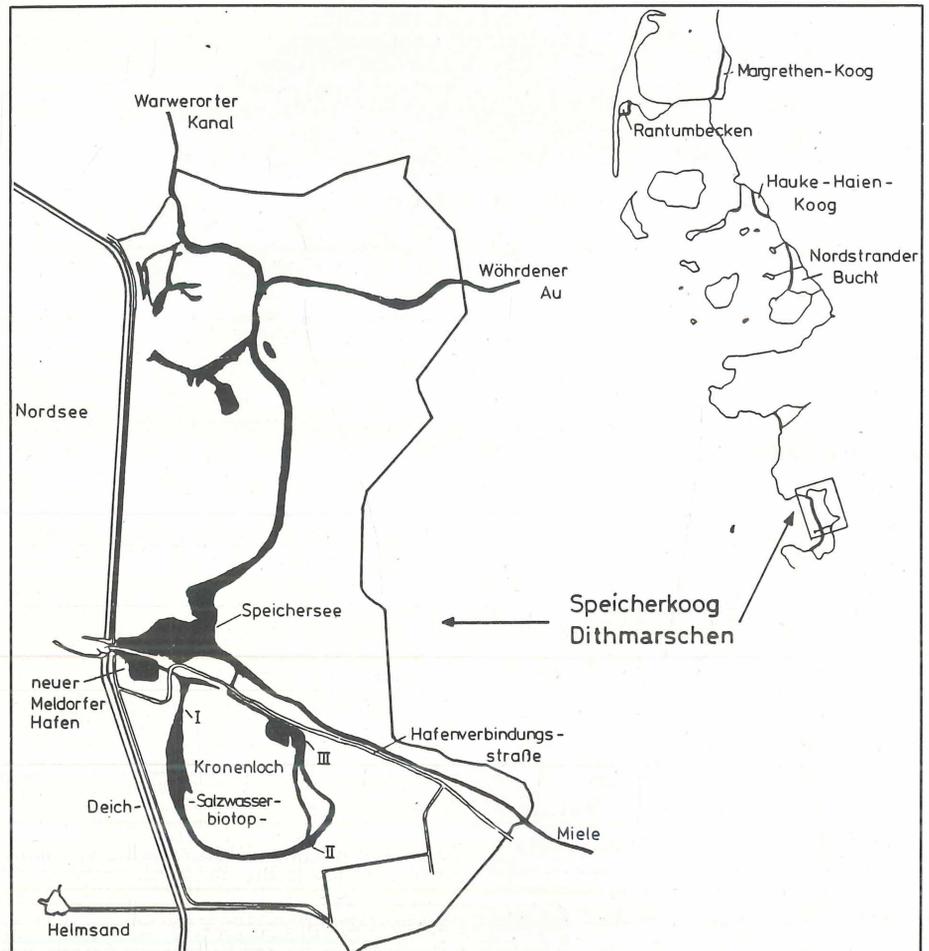


Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet »Kronenloch« im Speicherkoog Dithmarschen. Schwarz: Wasserfläche im Jahr 1984
I, II, III: Lage der Probestationen

Fig. 1: The investigation area »Kronenloch« in the »Speicherkoog Dithmarschen«. Black: Surface of water in 1984
I, II, III: Location of the investigated stations

1. Einleitung

In den letzten Jahren und Jahrzehnten ist das Ökosystem des Wattenmeeres durch den Menschen in vielfältiger Weise verändert und geschädigt worden. Als die folgenschwersten Eingriffe werden die großflächigen Eindeichungen küstennaher Wattgebiete angesehen. Um einen gewissen Ersatz für die dabei verlorengangenen Wattflächen zu schaffen, wurden und werden in Schleswig-Holstein und Dänemark in Teilen neu entstandener Köge »Salzwasserbiotop« eingerichtet (»Kronenloch« im Speicherkoog Dithmarschen ab Herbst 1985; Speicherbecken in der Nordstrander Bucht etwa ab

1987; Rantumbecken auf Sylt seit 1982; Salzwassersee im dänischen Margrethe-Koog seit 1984; Abb. 1). Diese Gebiete haben einen mehr oder weniger regelmäßigen Zufluß von Nordseewasser und sollen dem vor der Eindeichung vorhandenen Lebensraum möglichst weitgehend entsprechen.

Das im Speicherkoog Dithmarschen gelegene »Kronenloch« ist das erste Gebiet dieser Art, für das geplant ist, ganzjährig Nordseewasser rhythmisch zu- und abfließen zu lassen, so daß regelmäßige, wenn auch gedämpfte Tidebewegungen entstehen. Untersuchungen im »Kronenloch« können einerseits Auskunft über den ökologischen Wert solcher Ausgleichsmaßnahmen geben, andererseits

aber auch dazu dienen, die gewonnenen Erfahrungen bei weiteren Maßnahmen dieser Art zu verwerten.

Ziel unserer Untersuchungen war es, den Bestand der am Gewässergrund lebenden (benthischen) sowie der im freien Wasser schwebenden (planktischen) Tiere zu erfassen sowie die hydrochemische Situation des Gewässers zu beschreiben, bevor der reguläre Tidebetrieb aufgenommen und die ökologischen Verhältnisse durch den ständigen Zustrom von Nordseewasser verändert werden.

Herrn Dr. Hj. THIEL danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskriptes; Herrn Dr. O. PFANNKUCHE für die englische Übersetzung der Zusammenfassung.

* Zusammenfassung zweier Diplomarbeiten aus dem Fachbereich Biologie der Universität Hamburg. Herrn Dr. G. Vauk zum 60. Geburtstag am 5. 10. 1985 gewidmet. Über das Benthos im »Kronenloch« wurde von einem von uns (H.B.) während des Osterkolloquiums 1985 »75 Jahre Vogelwarte Helgoland« vorgetragen.

2. Das Untersuchungsgebiet

Der Speicherkoog Dithmarschen (7 km westlich von Meldorf an der Westküste Schleswig-Holsteins; Abb. 1) entstand durch die in den Jahren 1969–1978 in zwei Bauabschnitten durchgeführte Vordeichung der Meldorfer Bucht. Mit 48 qkm Gesamtfläche ist es das bisher größte an der deutschen Küste eingedeichte Kooggebiet. In den Nordteil des Speicherkooges münden zwei kleine Flüsse und ein Entwässerungskanal in einen Speichersee, der die Vorflut durch ein Siel in die Nordsee entwässert. Im Herbst 1983 wurde der Südteil des Speicherbeckens Nord durch den Bau der Hafenverbindungsstraße vom Speichersee abgetrennt und in diesem Gebiet auf einer Fläche von 530 ha (inkl. Landfläche) der Salzwasserbiotop »Kronenloch« angelegt.

Dieser Salzwasserbiotop stellt eine 7,5 km lange Rinne mit sehr flachen Böschungen dar, die eine maximale Tiefe von 2 m erreichen wird. Durch diese Rinne wird eine Insel umschlossen, die bei Hochwasser (70 cm über NN) eine Fläche von etwa 170 ha besitzt. Die Tidebewegungen werden später über bewegliche Tore gesteuert werden, die sich in den Wehren am Salzwassereinflaß aus dem neuen Meldorfer Hafen und am Auslaß zum Speichersee befinden. Die Wasseroberfläche wird, je nach Tidephase, zwischen 126 ha und 215 ha betragen, der Tidenhub 20 cm. Im Untersuchungs-jahr 1984 hatte sie allerdings nur eine Ausdehnung von etwa 60 ha bei einer maximalen Tiefe von 1,2 m.

In den Jahren 1978–1983 hatte das »Kronenloch« überwiegend Süßwassercharakter, 1984 war es mit Salzgehalten zwischen 5 und 22‰ ein mesohalines Brackgewässer. Dies ist nicht durch den Einstau von Meerwasser zu erklären, sondern durch den Einfluß von Nordseewasser, das unter dem Deich in das Gebiet gedrückt wurde.

3. Methode

Zwischen März und Oktober 1984 erfolgten Probenahmen in etwa 14-tägigen Abständen an jeweils drei Stationen (I–III) in der Umlaufrinne (Abb. 1).

Dabei wurden einige physikalisch-chemische Gewässeruntersuchungen, wie Messungen von Wassertemperatur, Salzgehalt, pH-Wert und aktuellem Sauerstoffgehalt, direkt im Gewässer durchgeführt. Die Gehalte an Ortho- und Gesamtphosphat, Ammonium-, Nitrit- und Nitrat sowie der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB) wurden nach Methoden bestimmt, die bei CLAUSSEN (1985) beschrieben sind. Die Messungen abiotischer Faktoren im Sediment wie Korngröße, Wassergehalt und Gehalt an organischer Substanz, Redox- und pH-Verhältnisse erfolgten nach den bei BUCHANAN u. KAIN (1971), DYBERN et al. (1976) sowie HULINGS u. GRAY (1971) angegebenen Methoden (s. a. BRUNCKHORST 1985).

Die Entnahme des Zooplanktons erfolgte mit Hilfe einer Pumpe. Das Probenwasser wurde über 0,055-mm-Gaze filtriert. Auf diese Weise wurden an jeder Probestelle zwei Parallelproben gewonnen und mit Formol fixiert. Zur Aufarbeitung wurden die Proben unterteilt und Arten sowie Stadien des Crustaceenplanktons – soweit möglich – unterschieden und gezählt. Bei den Rotatorien wurde nur die Gesamtindividuenzahl ermittelt.

Phytoplanktonproben wurden durch Entnahme von oberflächennahem Wasser gewonnen und mit Lugolscher Lösung fixiert. Die Auswertung der Proben erfolgte mit dem umgekehrten Mikroskop nach UTERMÖHL (1958). Gezählt und bestimmt wurden nur die häufigeren Arten, die zusammen mehr als 90% der Zellzahlen ausmachten.

Die benthische Makrofauna wurde mit einem Stechrohr von 9 cm Innendurchmesser gesammelt und vor Ort durch ein Sieb mit 0,5 mm Maschenweite gesiebt. An jedem Probenort wurden 3–5 Parallelproben gezogen. Die gesammelten Tiere wurden fixiert oder, zur Absicherung der Artdiagnose von Chironomidenlarven, in Aquarien gehalten, aus denen später die geschlüpften Imagines abgesammelt wurden.

Meiofaunaproben wurden mit Miniaturstechrohren (\varnothing 2,07 cm) an fünf Probetagen gezogen. Der Sedimentkern wurde in sechs Horizonte unterteilt (0–0,5; 0,5–1; 1–2; 2–3; 3–4; 4–5 cm). Aus den fixierten Proben wurden die Tiere durch zweimalige Extraktion mit »Ludox AM« (NICHOLS 1979; durch 0,042 mm gesiebt) isoliert und unter dem Stereomikroskop ausgezählt.

Um eine Abschätzung der Gesamtbiomasse vornehmen zu können, wurden die Individualgewichte der in dieser Hinsicht dominanten Tiergruppen (Oligochaeten und Chironomidenlarven) als aschefreies Trockengewicht (AFTG; DYBERN et al. 1976) bestimmt. Bei den anderen Arten wurde auf Literaturangaben (DU MONT et al. 1975, FAUBEL 1982, WIDBOM 1984) zurückgegriffen.

Gemeinsam mit der Meiofauna wurden auch die Massenarten benthischer Algen quantifiziert. Zusätzlich dienten Parallelproben zur fluorometrischen Bestimmung des Chlorophyll a- und Phaeopigmentgehaltes im Sediment (HOLM-HANSEN et al. 1976). Dabei wurde zwischen den obersten drei Zentimetern des Sedimentes unterschieden.

4. Ergebnisse

4.1 Abiotische Faktoren

4.1.1 Hydrochemie

An den Probestellen zeigten sich deutliche Unterschiede bezüglich des Salzgehaltes. Probestelle I (deichnah) wies stets die höchsten Werte auf. Mit zunehmender Entfernung vom Deich nahm der Salzgehalt ab, d. h. an Probestelle III wurden immer die geringsten Salzgehalte

gemessen. Die Salzgehalte schwankten 1984 zwischen 5 und 22‰.

Die im Untersuchungszeitraum gemessenen pH-Werte lagen zwischen pH 8,1 und 10,2.

Sowohl bei den Tages- als auch bei den Jahresgängen des Sauerstoffgehaltes bzw. der Sauerstoffsättigung traten erwartungsgemäß erhebliche Schwankungen auf (1–250% Sauerstoffsättigung). Insgesamt betrachtet waren die Sauerstoffverhältnisse im »Kronenloch« 1984 gut. Übersättigungen traten häufiger auf als Sauerstoffdefizite.

Die in den BSB-Versuchen ermittelte Sauerstoffzehrung war an allen untersuchten Probestellen oft so groß, daß schon nach 1–2 Tagen der Sauerstoff aufgezehrt war.

An allen drei Probestellen wurden sehr hohe Phosphatgehalte gemessen (0,25–3,0 mg/l). Im Sommer lagen die Phosphatwerte höher als im Frühjahr und Herbst.

Die einzelnen Komponenten des anorganischen Stickstoffes lagen 1984 im »Kronenloch« in relativ niedrigen Konzentrationen vor (NH_4 : 55–1240 ng/l, NO_2 : 1–28 ng/l, NO_3 : 1–81 ng/l). Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff zeigten deutliche Jahresgänge. Im Laufe der sich aufbauenden Phyto- und anschließenden Zooplanktonblüten im Frühjahr nahmen die Stickstoffnährstoffe ab, während es nach Zusammenbruch der Massenentwicklungen im Sommer zu Konzentrationserhöhungen dieser drei Parameter im Gewässer kam.

4.1.2 Sedimentbeschaffenheit

Der Medianwert der Korngrößen lag im Bereich von 0,050 bis 0,092 mm. Damit können die Sedimente als sandiger Schlicksand bzw. als Schlick klassifiziert werden (FIGGE et al. 1980). Auch der Wassergehalt (20% bzw. 50–77%) sowie der Gehalt an organischer Substanz (1–2% bzw. 5–11%) entsprechen diesen Kategorien.

Die Färbung des Sedimentes war an allen Probestellen gleichartig. Meist wurden nur 1–2 mm, maximal aber 5 mm Ausdehnung für die oberste, hellbraune Schicht registriert. In der Sedimentoberfläche (5 mm Tiefe) gemessene Redoxpotentiale lagen nur ausnahmsweise im positiven Bereich, meist sogar niedriger als –100 mV. Diese Beobachtungen zeigten, daß unterhalb von etwa 2 mm Tiefe kein molekularer Sauerstoff mehr vorhanden war. An der Sedimentoberfläche wurden pH-Werte zwischen 8,0 und 9,1 gemessen.

4.2 Plankton

4.2.1 Zooplankton

Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen des Freiwassers wurde auf die Veränderungen der Abundanzen sowie die räumliche Verteilung des Crustaceenplanktons im Jahresverlauf gelegt. Allgemein läßt sich feststellen, daß im Plankton nur wenige Arten gefunden wurden

(Tab.1), diese aber oft in sehr hohen Abundanzen.

Abbildung 2 läßt erkennen, daß adulte *Eurytemora velox* an allen drei Probestellen auftraten. Maximale Abundanzen (125000 Ind./cbm) fanden sich im Frühjahr, vor allem an Probestelle I. Die Entwicklungen der *Eurytemora*-Bestände verliefen an den Stationen nicht parallel.

Copepodite bzw. Adulte von *Acartia tonsa* traten an allen Probestellen erst ab August auf. Es wurden maximal 65000 Copepodite/cbm und 45000 adulte Ind./cbm festgestellt (Abb.3).

Cyclops furcifer war nur an der Probestelle mit dem geringsten Salzgehalt (III) im Frühjahr und Herbst häufig (max. 7000 Ind./cbm) zu finden.

Daphnia (Ctenodaphnia) magna war die einzige Cladocere, die im »Kronenloch« gefunden wurde. Sie vermag Salzgehalt bis zu 7‰ zu tolerieren und war dementsprechend an den Probestellen I und II nur in geringer Zahl zu finden, während sie an Probestelle III von April bis Juni in größeren Individuendichten (max. 160000/cbm) auftrat.

Zwischen den Stationen wurde ein varianzanalytischer Vergleich über den gesamten Untersuchungszeitraum für die dominierenden Arten *Eurytemora velox* und *Acartia tonsa* durchgeführt. Die Zwei-Weg-Anova mit Replikationen (SOKAL u. ROHLF 1973) ergab für diese beiden Taxa hochsignifikante Unterschiede ($p < 0,01$) zwischen den Stationen. Die Unterschiede in der Individuenverteilung waren zwischen den Stationen wechselnd, so daß keine Station durchgehend die höchsten oder niedrigsten Individuendichten aufwies.

Die Artenzahl der Rotatorien war mit insgesamt etwa 10 Arten gering, es wurden aber hohe Individuendichten (max. 22 Mio./cbm) erreicht. An den verschiedenen Stationen waren deutliche Veränderungen im Laufe des Jahres festzustellen.

Tab. 1: Verzeichnis der im »Kronenloch« 1984 gefundenen planktischen Crustaceen.

Tab. 1: List of planktonic crustaceans sampled in the »Kronenloch« in 1984.

Art

Copepoda

Calanoida

Eurytemora velox (LILLJEBORG, 1853)

Eurytemora affinis (POPPE, 1880)

Acartia tonsa DANA, 1849

Cyclopoida

Cyclops furcifer (CLAUS, 1857)

Diacyclops bicuspidatus (CLAUS, 1857)

Juvenile indet.

Cladocera

Daphnia (Ctenodaphnia) magna STRAUS, 1820)

1 = eiertragende ♀ ♀

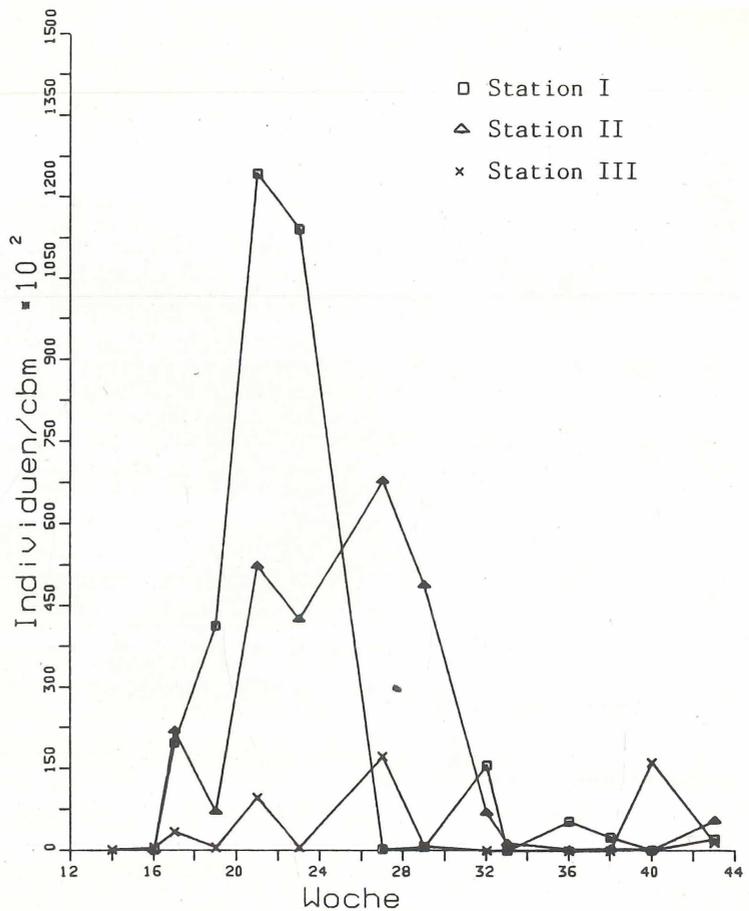


Abb. 2: Jahreszeitliche Änderungen der Abundanzen adulter *Eurytemora velox* an den drei Probestationen.

Fig. 2: Seasonal fluctuation of abundance of adult *Eurytemora velox* at three stations.

len. Massenentwicklungen fanden sich im Frühjahr und Sommer, während die Individuenzahlen im Herbst stark zurückgingen.

4.2.2 Phytoplankton

Die Auswertung von Phytoplanktonproben erfolgte exemplarisch für eine Probestelle (III), um das Nahrungsangebot für herbivore Zooplankter abschätzen zu können. Im »Kronenloch« setzte sich das Phytoplankton fast ausschließlich aus limnischen Arten, hauptsächlich aus Flagellaten, zusammen. Kleine Formen, wie Pico- (< 0,002 mm) und Nanoplankton (0,002–0,02 mm) überwogen.

An Probestelle III fanden im Untersuchungszeitraum drei Algenblüten statt. Im Verlaufe der Frühjahrsmassenentwicklung wurde mit 1,8 Mrd. Algenzellen/l die größte Algendichte im Jahr 1984 festgestellt. Anfang Juli und im August wurden zwei weitere Phytoplanktonmaxima registriert, die aber unter den Frühjahrswerten blieben.

4.3 Benthos

4.3.1 Makrofauna

Die benthische Makrofauna bestand 1984 fast ausschließlich aus Chironomidenlarven. Auf einige Einzelfunde anderer Dipterenlarven soll nicht weiter eingegangen werden. Abbildung 4 zeigt die Besiedlungsdichte aller Chironomidenlarven an den drei Probestellen.

Die dominierende Art war mit durchschnittlich 77,4% *Chironomus salinarius* KIEFFER. *Chironomus halophilus* KIEFFER hatte einen Anteil von 21,0%. (Die Art diagnose erfolgte nach morphologischen Merkmalen von Larven und Imagines). Die sehr viel kleineren Larven der *Orthocladiinae* hatten demgegenüber nur ei-

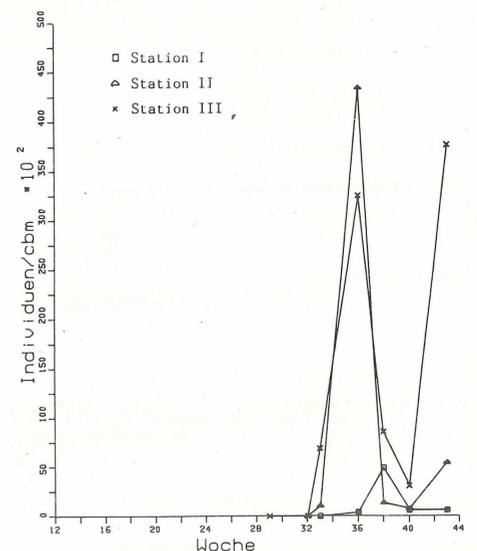


Abb. 3: Jahreszeitliche Änderungen der Abundanzen adulter *Acartia tonsa* an den drei Probestationen.

Fig. 3: Seasonal fluctuation of abundance of adult *Acartia tonsa* at three stations.

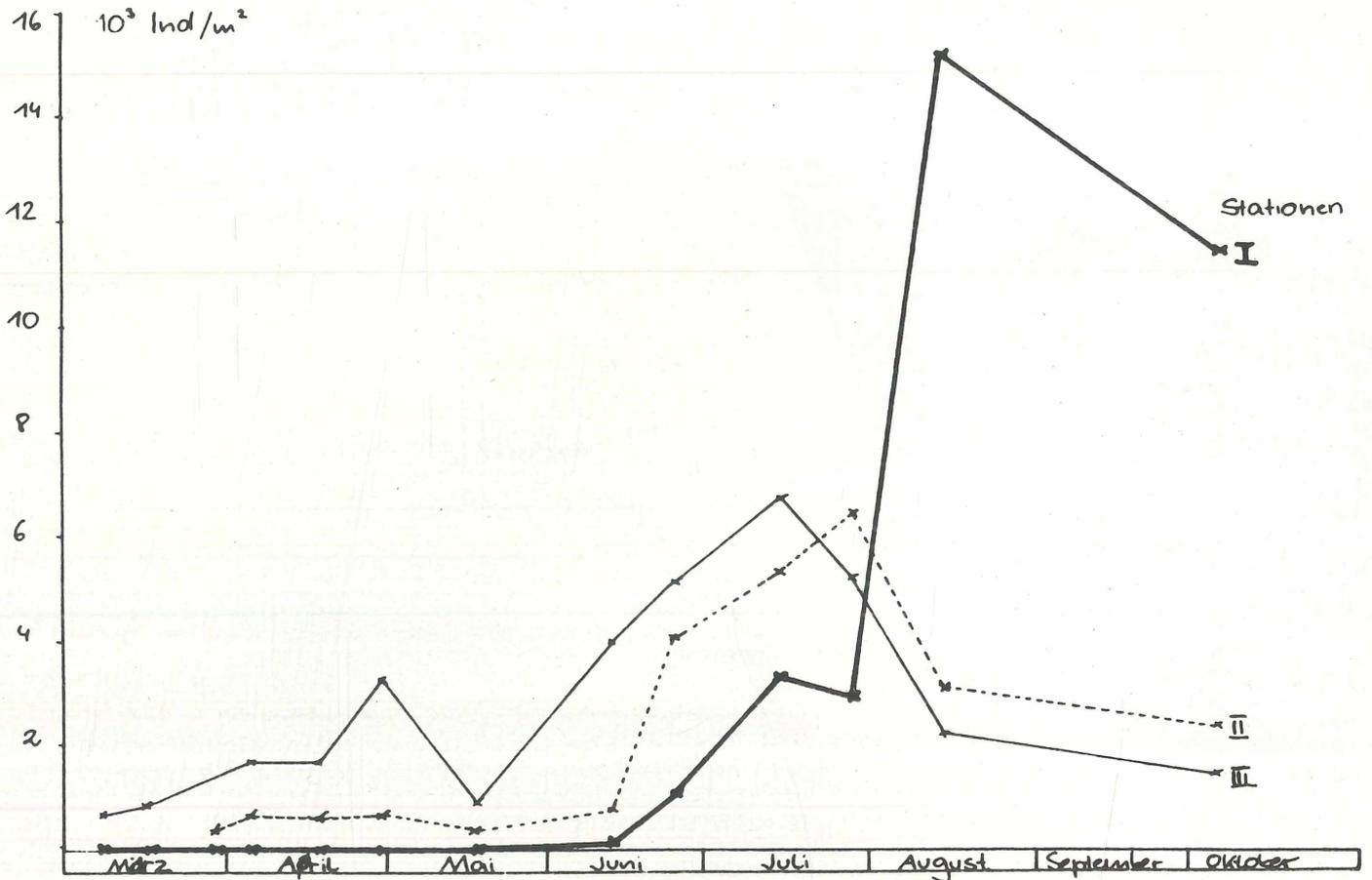


Abb. 4: Häufigkeit der Chironomidenlarven.

Fig. 4: Abundance of chironomid larvae.

nen Anteil von 1,6% an der benthischen Makrofauna.

Artdiagnose erfolgte nach morphologischen Merkmalen von Larven und Imagines). Die sehr viel kleineren Larven der *Orthocladinae* hatten demgegenüber nur einen Anteil von 1,6% an der benthischen Makrofauna.

Die Mehrzahl der Tiere lebte in den obersten 2 cm des Sedimentes. Nur sehr vereinzelt wurden Chironomidenlarven in größerer Tiefe angetroffen.

4.3.2 Meiofauna

Aus den Meiofaunaprobe wurden Nematoden, Harpacticiden sowie die am Gewässergrund gefundenen, aber eigentlich planktisch lebenden Rotatorien jeweils als Sammelgruppe ausgezählt, während bei den anderen Tiergruppen quantitative Angaben auf Artenniveau erfolgen konnten.

Die zahlenmäßig bedeutendsten Tiergruppen waren an allen Probestellen Nematoden und Harpacticiden, auf die ein Anteil von zusammen über 80% entfiel. Sehr hohe Abundanzen wurden zeitweise auch für den solitären Hydroidpolypen *Protohydra leuckarti* GREEF (max. ca. 700 Ind./10 qcm), den Turbellar *Microstomum spec.* (380 Ind./10 qcm), das benthische Rädertier *Lindia tecusa* HARRING u. MYERS (1750 Ind./10 qcm) und die Oligochaeten *Paranais litoralis* MÜLLER (225 Ind./10 qcm), *Nais elinguis* MÜLLER (85 Ind./10 qcm) und *Amphichaeta sannio*

KALLSTENIUS (150 Ind./10 qcm) festgestellt. Abbildung 5 gibt eine Übersicht der hinsichtlich Abundanz und Biomasse dominanten Artengruppen an den drei Probestellen.

Die Vertikalverteilung der Meiofauna zeigte eine sehr ausgeprägte Konzentration auf die oberste Sedimentschicht. Mindestens 97% aller Individuen wurden im 0–2-cm-Horizont registriert. Fast immer wurde die Mehrzahl der Tiere sogar in den obersten 5 mm des Gewässerbodens angetroffen: *Paranais litoralis* (35% der Individuen), Nematoden (55%), *Nais elinguis* (58%), *Proxenetes bilioi* (DEN HARTOG) (Turbellar; 74%). Bei *Protohydra leuckarti*, *Amphichaeta sannio* sowie bei den übrigen Turbellarien, Rotatorien und Harpacticiden lag dieser Anteil über 80%.

4.3.3 Biomasse

Die Gesamtbioasse zeigte an keiner Station deutliche Schwankungen im Sommerhalbjahr, lediglich die Aprilwerte waren gegenüber den anderen Monaten erniedrigt (Tab. 2). Deshalb kön-

nen die Biomassenmittelwerte als Angaben angesehen werden, die für den Sommer 1984 repräsentativ sind.

Welche Arten den größten Anteil an der Gesamtbioasse hatten, zeigt Abbildung 5. *Chironomuslarven* – die viel kleineren und nur selten gefundenen Larven der *Orthocladinae* waren für die Gesamtbioasse ohne Bedeutung – und die beiden größeren Oligochaeten *Paranais litoralis* und *Nais elinguis* bestimmten das Bild. Auf die Makrofauna entfielen 12% der Gesamtbioasse aller benthischen Tiere an Station I, 43% an Station II und 40% an Station III.

4.3.4 Benthische Algen und der Gehalt chloroplastischer Pigmente im Sediment

Die häufigen benthischen Algen, Diatomeen und Cyanophyceen sowie die Gehalte an Chlorophyll a und Phaeopigmenten (Abbauprodukte des Chlorophylls) im Sediment wurden untersucht, um das Nahrungsangebot für benthische Tiere abschätzen zu können.

Tab. 2: Biomasse des Zoobenthos (g AFTG/qm).

Tab. 2: Biomass of the zoobenthos (g AFDW/sqm).

Station	April	Mai	Juni	Juli	August	Mittelwert
I	0,8	7,5	8,8	5,8	3,1	5,2 ± 2,9
II	2,5	4,4	3,6	6,2	5,8	4,5 ± 1,4
III	3,5	8,6	5,3	7,3	7,4	6,3 ± 1,8

Die Vertikalverteilung der benthischen Algen entsprach dem Verteilungsmuster der Meiofauna. Über 50% aller Algen lebten in den obersten 5 mm des Sedimentes, während unterhalb von 2 cm Tiefe nur noch die Kieselalge *Surirella striatula* TURPIN gefunden wurde.

In ähnlicher Weise nahmen auch die Chlorophyll a- und Phaeopigmentgehalte im Sediment ab. Allerdings wurden dabei auch in 3 cm Tiefe noch chloroplastische Pigmente, insbesondere Phaeopigmente, registriert.

Den Chlorophyll a- und Phaeopigmentgehalt im obersten Zentimeter der drei Probestationen zeigt Tabelle 3. Eine zeitliche Übereinstimmung zwischen dem Pigmentgehalt des Sedimentes und der Massenentwicklung benthischer Algen war an keiner der Probestationen zu erkennen.

5. Diskussion

5.1 Hydrochemie

Das »Kronenloch« war 1984 ein sehr flaches Gewässer mit mesohalinem Charakter. Der Salzgehalt nahm mit zunehmender Entfernung vom Deich entsprechend dem schwächer werdenden Einfluß des durch den Deich drückenden Nordseewassers ab und schwankte im Jahresverlauf erheblich.

Die ermittelten pH-Werte mit Maxima um pH 10 lassen starke Eutrophie und bedeutende Planktonentwicklungen vermuten. Die insgesamt positive Sauerstoffbilanz läßt jedoch erkennen, daß die Gefahr eines totalen Sauerstoffschwundes nicht gegeben war. Der biochemische Sauerstoffbedarf war vor allem in der wärmeren Jahreszeit sehr hoch und läßt auf oxidativ verlaufende Abbauprozesse durch Mikroorganismen von beträchtlichem Ausmaß schließen.

Die im »Kronenloch« gemessenen Phosphatgehalte sind extrem hoch. Dies ist einerseits auf eine vom Amt für Land- und Wasserwirtschaft in Heide angeordnete Phosphatdüngung der direkt angrenzenden extensiv genutzten Schafweiden zurückzuführen, die dort eine Förderung des Pflanzenwachses bewirken sollte. Andererseits ist eine Phosphatmobilisierung aus dem Sediment wahrscheinlich. Diese Erscheinung stellte KELDERMAN (1980) im 1971 von der Nordsee abgedeichten Grevelinger See (108 qkm; im Rheindelta gelegen) fest. Zwischen Mai und August wurden dort täglich etwa 12,5 mg P/qm freigesetzt. Während der übrigen Monate wurden dagegen etwa 5,5 mg P/qm am Tag im Sediment gebun-

Tab. 3: Chlorophyll a- und Phaeopigmentgehalte im Sedimenthorizont 0–1 cm an 4 Probetagen (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Tab. 3: Chlorophyll a- and phaeopigment-contents in the sediment layer 0–1 cm at four sampling dates (Mean values and standard deviation)

Station	I	II	III
Chlorophyll a (mg/m ²)	149 ± 127	471 ± 116	178 ± 29
Phaeopigment (mg/m ²)	133 ± 116	300 ± 72	96 ± 8

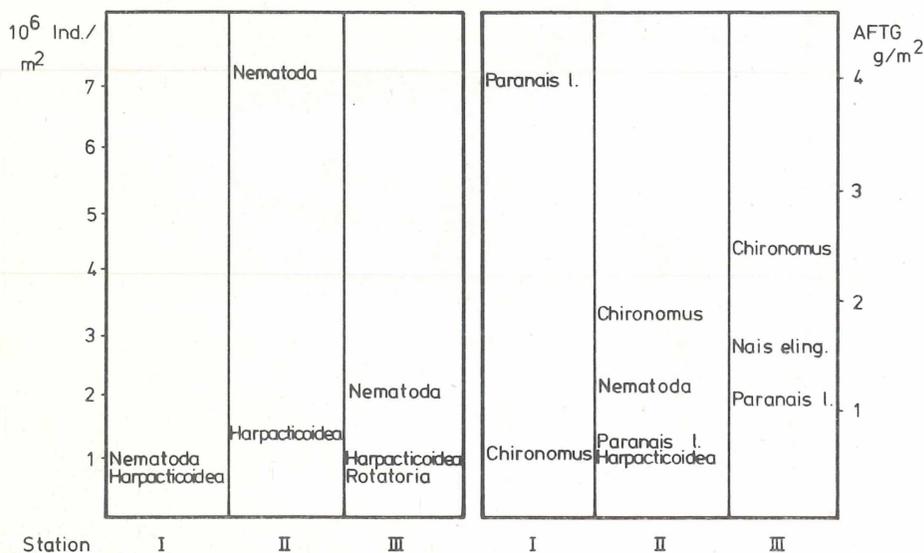


Abb. 5: Abundanz (links) und Biomasse (rechts) dominanter Taxa (> 10%) nach den Mittelwerten von 5 Probetagen.

Fig. 5: Abundance (left) and biomass (right) of dominant taxa (> 10%), mean values of 5 monthly samples.

den. Diese Ergebnisse bieten eine Erklärungsmöglichkeit für den Jahresgang der Phosphatgehalte im »Kronenloch«.

Aufgrund der Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen muß das »Kronenloch« im Jahr 1984 als stark eutrophes und sehr produktives Gewässer eingestuft werden.

5.2 Die räumliche und zeitliche Verteilung des Zooplanktons

Das Zooplankton des »Kronenloches« setzte sich 1984 aus wenigen Arten zusammen. Da seit der Abdeichung im Jahr 1978 keine direkte Verbindung zum Meer besteht, fehlten marine Arten fast völlig. Aber auch die euryhaline Fauna von Süß- und Brackwasserseen besiedelte das Gebiet 1984 nur mit wenigen Arten, weil die Brackwassersituation erst nach der Abtrennung des »Kronenloches« vom Süßwasser führenden Speichersee – im Herbst 1983 – entstanden war und sich noch keine typische Fauna ausbreiten konnte.

Dieses Phänomen der geringen Artendiversität bei hoher Individuenzahl ist allgemein typisch für Extrembiotopie und wurde bereits von THIENEMANN (1918) als eines der »ökologischen Grundgesetze« beschrieben. Für das »Kronenloch« gilt zusätzlich, daß es als stark eutrophes Brackgewässer zum Zeitpunkt der Untersuchung erst wenige Monate bestand.

Im folgenden wird das Vorkommen der häufigsten Zooplankter kurz diskutiert.

Eurytemora velox, ein euryhaliner und eurytoper Brackwassercopepode, ist in Küstengewässern der Nord- und Ostsee weit verbreitet und eine charakteristische Art der Strandseen und Haffe. Die Entwicklungen der *Eurytemora*-Bestände an den Probestationen verliefen nicht parallel, weil die dort zu unterschiedlichen Zeiten verlaufenen Algenblüten das Auftreten dieser herbivoren Art beeinflussen.

Acartia tonsa ist ebenfalls eine typische Brackwasserart; warmstenotherm, omnivor und extrem euryhalin. Ihr Vorkommen im norddeutschen Küstengebiet ist auf die Monate Juni bis September beschränkt. Aufgrund des kühlen Sommers 1984 wurden die für das Auftreten von *Acartia tonsa* erforderlichen Gewässertemperaturen im »Kronenloch« erst ab Mitte Juli erreicht. Zu diesem Zeitpunkt waren ausreichende Nahrungsgrundlagen gegeben, so daß bis zum Abschluß der Untersuchungen Abundanzen erreicht werden konnten, wie sie auch aus anderen Gebieten bekannt sind (Veerse Meer: BAKKER et al. 1977; Schlei: CHRISTIANSEN, pers. Mitt.).

Cyclops furcifer, ein herbivorer Süßwasserbewohner, kann niedrige Salzgehalte zumindest tolerieren. In größeren Individuendichten trat *Cyclops furcifer* nur an Station III auf. Im Sommer wurde er aber auch dort nur in geringen Abundanzen gefunden. Dafür sind zwei Erklärungen denkbar. Einerseits zeigt *Cyclops furcifer* das Phänomen der Diapause (KIEFER 1978). Die Tiere, meist sind es Copepodite, liegen während des Sommers am Gewässerboden oder sind auch in das Sediment eingegraben, so daß sie dann nicht oder nur vereinzelt in Planktonproben auftreten. Andererseits war der Salzgehalt in den Sommermonaten Juni bis August eventuell zu hoch (< 10‰), um von dem cyclopoiden Ruderfußkrebs noch toleriert werden zu können.

Daphnia magna war an den Probestellen I und II in geringer Individuendichte zu finden, nur an Probestelle III war sie von April bis Juni in größeren Mengen vorhanden. Sie ernährt sich von Algen und Detritus. Die unterschiedliche räumliche Verteilung ist auf den Salzgehalt zurückzuführen, da im Frühjahr 1984 nur an Probestelle III relativ geringe Salzgehalte vorlagen. Zudem war an dieser Probestelle im Vergleich zu den anderen die Nahrungskonkurrenz durch *Eurytemora velox* und *Cyclops furcifer* geringer, da diese Arten vermutlich nur in geringen Mengen vorkamen. Nach Zusammenbruch und Wegfraß der Phytoplanktonblüte des Frühjahres traten an Probestelle III Männchen und Ephippien tragende Weibchen von *Daphnia magna* gemeinsam auf, nach HUTCHINSON (1967) eine Reaktion auf die rapide Reduktion des Nahrungsangebotes für die Weibchen.

Die Varianzanalyse für *Eurytemora velox* und *Acartia tonsa* zeigte hinsichtlich der Individuendichte hochsignifikante Unterschiede zwischen den Stationen. Diese Unterschiede traten aber nicht einheitlich während des gesamten Untersuchungszeitraumes auf, sondern wechselten zwischen den Stationen. An den Probestellen bestanden aufgrund der unterschiedlichen Salzgehalte verschiedene ökologische Bedingungen. Die getesteten Arten *Eurytemora velox* und *Acartia tonsa* sind aber euryhalin und deshalb durch diesen Faktor in ihrer Verteilung im »Kronenloch« nicht auf verschiedene Weise beeinflusst. Der Grund für den uneinheitlichen Verlauf der Unterschiede hinsichtlich der Individuendichte an den Probestellen scheint eher im von Station zu Station zu verschiedenen Zeiten auftretenden optimalen Nahrungsbedingungen zu liegen, welches sich auf die fast ausschließlich herbivoren Copepoden entsprechend auswirkte.

Rotatorien sind nach BUCHHOLZ (1952) die wichtigste Komponente des Zooplanktons im Brackwasser. Auch im »Kronenloch« war das Rotatorienplankton von großer zahlenmäßiger Bedeutung. Zumindest im Frühjahr 1984, zu Zeiten der Rotatorienblüte, liefen die Jahrgangskurven des Chlorophyllgehaltes im Wasser und der Abundanz der Rotatorien weitgehend parallel. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Rotatorien, die überwiegend Algen und Detritus filtrieren, ihre maximalen Individuendichten aufgrund der guten Nahrungsversorgung aufbauen konnten. Mit zunehmender Aufzehrung des Phytoplankton-Bestandes brachen die Rotatorienblüten zusammen.

5.3 Das Phytoplankton

Die Auswertung von Proben der Station III ergab, daß sich das Phytoplankton ausschließlich aus limnischen Arten zusammensetzte. Weiterhin ist auffällig, daß kleine Formen überwogen. Dies scheint typisch für Brackgewässer zu sein, wie Arbeiten von OVERBECK (1962) und BAKKER (1964) zeigten. Letzterer beschreibt, daß im Veerse Meer, einem nie-

derländischen Brackgewässer, das durch Abdeichungen im Rheindelta 1961 entstanden war, entscheidende Veränderungen in der Zusammensetzung des Phytoplanktons stattfanden. Nach der Abdeichung wurden dort mehrere charakteristische Arten für brackiges und eutrophes Wasser festgestellt. Neben der drastischen Verringerung der Anzahl von Diatomeenarten fiel ferner der große Anteil von Flagellaten im Nanoplankton (*Rhodomonas*, *Chlamydomonas*) auf. Dinoflagellaten wie *Gymnodinium spp.* kamen neu hinzu. Diese Erscheinungen wurden 1984 auch im »Kronenloch« beobachtet.

Die teilweise in hohen Abundanzen auftretenden Phytoplankter sind für die Produktion sehr wichtig, da über die basalen Glieder der Nahrungsketten (Bakterien,

Phytoflagellaten, farblose Flagellaten und Kieselalgen) die Massentwicklungen der nachfolgenden Konsumenten, wie Copepoden, Decapoden und Fische ausgelöst werden können (BAKKER 1964). Im »Kronenloch« stellte das reichlich vorhandene Phytoplankton ebenfalls eine wichtige Nahrungsgrundlage dar.

5.4 Die Besiedlung des »Kronenloches« durch benthische Tiere

Ebenso wie es bereits für das Zooplankton beschrieben wurde, war auch die Zahl der benthischen Tierarten weitaus geringer, als es für ein mesohalines Gewässer dieser Region zu erwarten gewesen wäre. Auch das Vorkommen dieser bodenlebenden Tiere erklärt sich aus der

Tab. 4: Salinitätstoleranzspektren und Vermehrungspotentiale der im »Kronenloch« gefundenen benthischen Fauna (nach verschiedenen Autoren). Unter dem Doppelstrich einige nicht vorgeführte Tiergruppen.

- + : vorhanden
- (+): wahrscheinlich vorhanden
- : nicht vorhanden
- ? : unbekannt

Tab. 4: Salinity tolerance ranges and potential reproduction rates of the zoobenthos in the »Kronenloch« (after various authors). Below the double-line taxa not found in the area.

- + : present
- (+): presumably present
- : not present
- ? : unknown

Taxon	Dauerhaftes Vorkommen bei 0-18‰	Kurze Generationszeit (Tage) u. schnelle Vermehrung; (P) parthenogenetisch (V) vegetativ
Protohydra leuckarti	-	+ (V)
Turbellaria		
Microstomum spec.	?	+ (V)
Promesostoma marmor.	? (+)	-
Proxenetes bilioi	?	-
Nematoda		
Daptonema setosus	+	-
andere	?	unterschiedlich
Oligochaeta		
Paranais litoralis	+	+ (V)
Nais elinguis	+	+ (V)
Amphichaeta sannio	+	+ (V)
Rotatoria		
Colurella adriatica	+	+ (P)
Lindia tecusa	-	+ (P)
Paradicranophorus hud.	-	+ (P)
Harpacticoida		
Tachidius discipes	-	+
andere	?	?
Chironomidae		
Chironomus salinarius	o. Bedeutung	+
Chironomus halophilus	o. Bedeutung	+
Ostracoda	sehr wenige, z. B. Cyprideis torrosa (Jones, 1850)	-
Polychaeta	-	-
Mollusca	-	-

Entstehungsgeschichte des »Kronenloches«. Es handelte sich dabei einerseits um diejenigen euryhalinen Arten, die auch in den vorausgegangenen Jahren schon im »Kronenloch« lebten, oder andererseits um Brackwasserarten mit sehr hohen Vermehrungsraten. Ihr erstes Auftreten im »Kronenloch« ist nicht sicher bekannt, denn sie können schon kurz nach

einer Neubesiedlung große Populationen aufbauen. Tabelle 4 zeigt, daß wohl alle im »Kronenloch« gefundenen benthischen Tierarten der einen oder anderen dieser beiden Gruppen zugerechnet werden können.

Im Gegensatz dazu gibt es unter den im Mesohalinikum lebenden Arten der Mollusken, Polychaeten und Ostracoden

wohl keine, die derart breite Salinitätsspektren oder so kurze Generationszeiten und hohe Vermehrungspotentiale haben wie die vorgefundenen Arten. Dadurch wird das Fehlen dieser Gruppen erklärt.

Bei verschiedenen Tiergruppen werden in der Literatur für andere Brackgewässer Mitteleuropas deutlich niedrigere Populationsdichten angegeben, als wir sie im »Kronenloch« festgestellt haben (MUUS 1967, THANE-FENCHEL 1968, PLATT u. WARWICK 1980). Die Abundanzen der naididen Oligochaeten *Paranais littoralis* und *Nais elinguis* lagen sogar weit über den höchsten Literaturwerten (GIERE u. PFANNKUCHE 1982).

Das Vorkommen benthischer Tiere im Sediment ist an das Vorhandensein von Sauerstoff gebunden (z.B. REISE u. AX 1979). Da die Diffusion und der Wasseraustausch in vergleichbaren Sedimenten ab 10 mm Tiefe für den Sauerstoffeintrag ohne Bedeutung sind (REVSBECH et al. 1980), ist das gelegentliche Eindringen von Sauerstoff in tiefere Bereiche vor allem durch die Wühltätigkeit (Bioturbation) der Makrofauna zu erklären. Diese bestand im »Kronenloch« im wesentlichen aus Chironomidenlarven, die aufgrund ihrer Lebensweise in flach U-förmigen Röhren kaum in der Lage sind, Sauerstoff in das Sediment einzubringen. Damit wird verständlich, daß nach den Ergebnissen der Redoxmessungen bereits in etwa 5 mm Tiefe kein gelöster Sauerstoff mehr vorhanden war. Dementsprechend wurde auch die Mehrzahl der Meiofaunaorganismen in den obersten 5 mm des Sedimentes angetroffen.

An der Gesamtbioasse hatte die Meiofauna an den Stationen I, II und III Anteile von 88%, 59% und 61%. Normalerweise erreicht diese Größenklasse im marinen und brackigen Milieu eine Biomasse von 1–4% der Makrofauna (GERLACH 1971). Mit 2–4 g AFTG/qm hatte die Meiofauna im »Kronenloch« eine deutlich höhere Biomasse als im Watt, die BEUKEMA (1981) mit etwa 1 g/qm angibt.

5.5 Konstruktion eines Nahrungsnetzes

Wegen der extremen Artenarmut des Gebietes können wir davon ausgehen, daß wir alle ökologisch wichtigen Arten erfaßt haben. Es bot sich deshalb die Gelegenheit einer weitgehend naturgerechten Konstruktion eines Nahrungsnetzes (Abb. 6). Während die wesentlichen Strukturelemente der Biozönose in diesem Schema vollständig wiedergegeben sind, konnten die funktionellen Beziehungen nur zum Teil dargestellt werden, da nicht alle Nahrungsbeziehungen bekannt sind. Dem Schema liegen Literaturangaben (z.B. HEIP u. SMOL 1976, MUUS 1967, RUYTER VAN STEVENINCK 1978, THANE-FENCHEL 1968) und eigene Beobachtungen zugrunde.

Das Nahrungsnetz im »Kronenloch« ist nicht nur durch die geringe Artenzahl gekennzeichnet, sondern im Zusammenhang damit auch durch die relativ kurzen

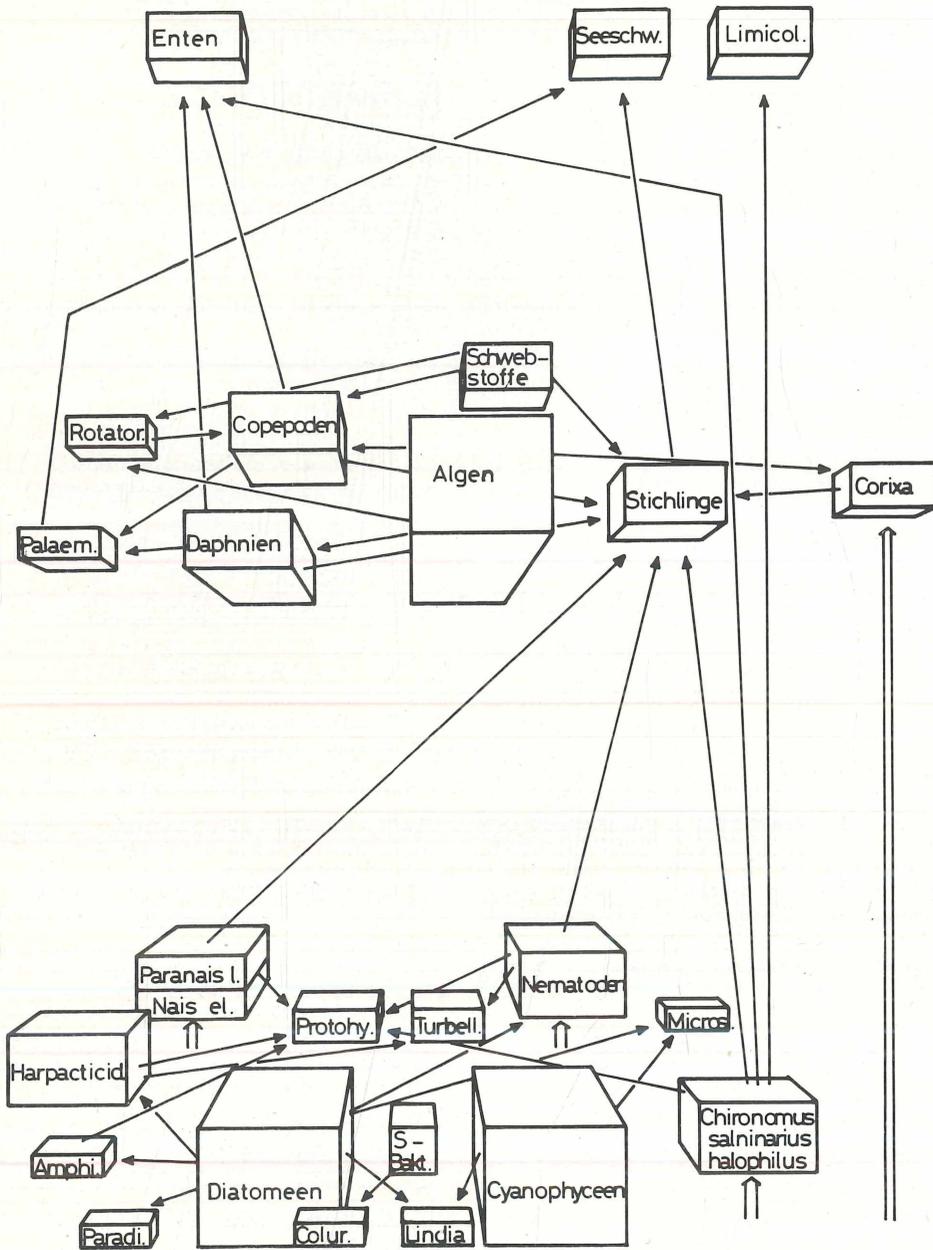


Abb. 6: Hauptnahrungsbeziehungen im »Kronenloch« 1984. Der Nahrungsfluß erfolgt in Pfeilrichtung. Doppelpfeile symbolisieren die Nahrungsaufnahme von Detritus am Gewässergrund. Oberste Ebene: Wasseroberfläche
Mittlere Ebene: Freiwasserzone
Untere Ebene: Gewässergrund
Seeschw.: Seeschwämme; Limicol.: Limikolen; Rotator.: Rotatorien; Palaem.: Palaemonetes varians (Decapode); Paranais l.: *Paranais littoralis*, Nais el.: *Nais elinguis*, Amphi.: *Amphichaeta sannio* (Oligochaeten); Protohy.: *Protohydra leuckarti*; Turbell.: Turbellarien; Micros.: *Microstomum spec* (Turbellari); S-Bakt.: Schwefelbakterien; Paradi.: *Paradicranophorus hudsoni*, Colur.: *Colurella adriatica*, Lindia: *Lindia tecusa* (Rotatorien).

Fig. 6: Main foodrelations in the »Kronenloch« in 1984. Arrows indicate the flow of energy. Double-arrows indicate input of bottom deposited detritus.
Upper level: Water surface
Medium level: Pelagial
Lower level: Benthic

Nahrungsketten. Für die Lebensgemeinschaft des Gewässergrundes möchten wir dies kurz erläutern.

Fast alle benthischen Tiere sind Primärkonsumenten, die von Algen und Detritus leben. Die Rolle der Sekundärkonsumenten wird im Benthos nur durch räuberische Turbellarien und den Polypen *Prothyra leuckarti* (evtl. auch noch durch einige Nematoden) besetzt. Da diese – sich selbst ausgenommen – keine Feinde haben, endet die Nahrungskette bereits bei diesen kleinen Tieren. Werden die Primärkonsumenten wie Chironomidenlarven, Oligochaeten und Nematoden hingegen von Vögeln oder Fischen gefressen, so sind diese Sekundärkonsumenten oder, im Falle »Seeschwalbe frißt Stichling«, Tertiärkonsumenten.

Im Vergleich zum Wattenmeere ist die geringe Anzahl trophischer Stufen wohl hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß

- räuberische Polychaeten im »Kronenloch« fehlen (z. B. *Nereis*, *Nephtys*),
- die Bodenfauna sehr wahrscheinlich nur einem geringen Freßdruck durch Tiere aus der Freiwasserzone ausgesetzt ist (im Watt z. B. *Crangon*, *Carcinus*, Plattfische). Der Freßeffect durch die zahlreichen Stichlinge ist allerdings schwer abzuschätzen,
- filtrierende Muscheln und weidende Schnecken völlig fehlen. Damit fallen auch alle auf diese Primärkonsumenten aufbauenden Glieder der Nahrungsketten fort.

Sehr ähnliche Auswirkungen von Abdeichungsmaßnahmen auf das Nahrungsnetz eines Ökosystems beschrieb NIENHUIS (1978) vom Grevelinger See. Dort wurde nach der Umwandlung des Ästuars in ein stagnierendes Salzsee-Ökosystem eine Abnahme der Gesamtartenzahl beobachtet.

5.6 Vergleich mit ähnlichen Gebieten

Im nordwesteuropäischen Raum gibt es kein Gebiet, das eine gleichartige Entstehungsgeschichte wie das »Kronenloch«, also eine Entwicklung marin – limnisch – brackig aufweist, wobei während des erneuten Salzwassereinflusses keine offene Verbindung zum Meer bestand. Am ehesten zu vergleichen ist das »Kronenloch« mit Brackgewässern, die durch Eindeichungsmaßnahmen aus vormaligem Watt entstanden sind, sowie mit den Strandseen der Ostsee.

5.6.1 Durch Eindeichungen entstandene Brackgewässer

Diese Gewässer haben im allgemeinen keinen Austausch mit dem Wasser des Meeres. Durch den Abfluß von Wasser des Hinterlandes süßen sie innerhalb weniger Jahre aus, so daß marine Arten dort nicht leben können. Ein Beispiel sind die Speicherbecken des Hauke-Haien-Kooges (12 km SW Niebüll), die heute einen Salzgehalt von etwa 0,3–1,0‰ aufweisen. Die häufigsten Tiergruppen des Benthos entsprechen denen im »Kronen-

loch«, allerdings sind Chironomiden dort wesentlich häufiger, die anderen Gruppen wohl wesentlich seltener als im »Kronenloch« (SCHMIDT-MOSER, mdl. Mitt.).

In verschiedenen Fällen wurde für solche allmählich aussüßenden Gewässer aus Naturschutzgründen wieder die Möglichkeit des Wasseraustausches mit der Nordsee geschaffen. Das war 1982 der Fall im Rantumbecken auf Sylt sowie 1984 im dänischen Margrethen-Koog. Die benthischen Faunen dieser beiden Gewässer werden in ihrer Artenzusammensetzung heute eindeutig von marinen Elementen bestimmt. Die einzigen limnobionten Formen sind Chironomiden und naidide Oligochaeten (*Paranais littoralis* in beiden Gebieten, *Nais elinguis* nur im Margrethen-Koog; PETERSEN 1984; JENSEN, schriftl. Mitt.).

Nach Untersuchungen im Rantumbekken (REISE 1979, PAHNKE 1981, PETERSEN 1984), die noch vor dem Salzwasserbetrieb durchgeführt wurden, können wegen wechselnder Salzgehalte innerhalb eines Jahres bedeutende Veränderungen der Biozöosen auftreten. So waren 1978 bei einem Salzgehalt von ca. 5‰ Chironomiden und Oligochaeten die hinsichtlich Individuenzahl und Biomasse dominierenden Gruppen. Nach dem Einstau von Salzwasser hatten im Jahre 1979 die marinen Arten (vor allem *Mya arenaria* und *Nereis diversicolor*) den größten Anteil an der Biomasse. 1980 stellten dann wieder Chironomidenlarven die Hauptmasse des Makrobenthos. Je nach Probenort und Tag wurden im Rantumbekken in diesen Jahren Unterschiede in den Biomassen des Benthos zwischen 0,1 und 24,1 g AFTG/qm festgestellt (PETERSEN 1984).

Erste Untersuchungen im Salzwasserbiotop des Margrethen-Kooges ergaben im Sommer 1984 Biomassen von etwa 8 g AFTG/qm, woran *Nereis diversicolor* einen Anteil von über 50% hatte (JENSEN, schriftl. Mitt.).

In den Niederlanden wurden in den letzten Jahren im Rahmen eines großen Sturmflutschutzprojektes (Delta-Plan) zahlreiche Ästuare des Rhein-Maas-Schelde-Deltas durch Dämme von der Nordsee abgetrennt. Es entstanden brackige Binnengewässer, wie das bereits erwähnte Veerse Meer. Dort zeigten sich nach der Fertigstellung des Deiches Phänomene, wie sie auch im »Kronenloch« beobachtet werden konnten. Der Salzgehalt im Veerse Meer sank zunächst ab, und viele eu- bis polyhaline Arten, vor allem Diatomeen und Copepoden, verschwanden. Von den marinen Arten verblieb nur noch der Copepode *Acartia tonsa* als häufig auftretende Art. Nach der Ausschaltung mariner Arten wurden maximale Abundanzen der verbleibenden Arten beobachtet (BAKKER 1964). Dieser führte die große Planktondichte nicht nur auf die geringe Konkurrenz, sondern auch auf die zunehmende Eutrophierung zurück. Das Veerse Meer ist – genau wie das »Kronenloch« – stark eutrophiert, besonders hinsichtlich des

Phosphatgehaltes. Ebenso wie im Veerse Meer wird auch im »Kronenloch« das Phytoplankton im wesentlichen durch kleinere Arten, hauptsächlich Flagellaten, bestimmt.

5.6.2 Strandseen

Bei den Strandseen oder auch Meeresstrandtümpel genannten brackigen Kleingewässern der Ostsee besteht eine Verbindung zum Meer meist nur während gelegentlicher Hochwasserlagen, durch Spritzwasser und bei einigen auch durch salzige Sickerwässer. Neben der Artenzusammensetzung sind sie durch einige spezielle Biotope wie die Purpurbakterienregion und die *Enteromorpha* Algenwatten gekennzeichnet, die in so deutlicher Ausprägung nur in Meeresstrandtümpeln gefunden werden (SICK 1931; REMANE 1934, 1940). Diese Kleinbiotope wurden ebenso wie viele charakteristische Tierarten auch im »Kronenloch« angetroffen.

Die Besonderheiten der Strandseen liegen nach REMANE (1934) auch in der Mikrofauna, z. B. Rotatorien und Copepoden, die mit nur wenigen Arten, aber zum Teil in enormen Abundanzen auftreten.

Die Strandseen der Ostsee, die keine direkte Verbindung zum Meer besitzen, können als die Biotope angesehen werden, die hinsichtlich der tierischen Besiedlung die größte Ähnlichkeit mit dem Untersuchungsgebiet aufwiesen.

5.6.3 Vergleiche mit Wattflächen der Meldorfer Bucht

Schließlich soll auf die Unterschiede zwischen der Biozönose des »Kronenloches« und der vor der Eindeichung im Jahre 1978 an diesem Ort etablierten Lebensgemeinschaft eingegangen werden. Es ist selbstverständlich, daß die von der Vordeichung der Meldorfer Bucht betroffenen Wattflächen einen völligen Wandel ihrer Biozöosen erfuhren. Die Artenzahl nahm drastisch ab. Da die Artenspektren, die das »Kronenloch« vor und nach der Abdeichung aufwies, nicht vollständig bekannt sind, kann nur ein Vergleich auf einem hohen taxonomischen Niveau erfolgen. So gesehen spiegelt sich die Abnahme der Artenzahl in einem Rückgang der Zahl im »Kronenloch« angetroffener Tierstämme wider. Die seit der Vordeichung eingetretene ökologische Verarmung dieses Gebietes findet in der Abnahme von etwa 14 Tierstämmen, die im Wattenmeer angetroffen werden (BEUKEMA 1981), auf 7 Tierstämme, die 1984 im »Kronenloch« gefunden wurden, ihren Ausdruck.

Mit dem Rückgang der Artenzahlen gingen auch die Biomassenwerte deutlich zurück. Die beste Vergleichsmöglichkeit gibt das nur wenige Kilometer vom Untersuchungsgebiet entfernte gelegene und in seiner Sedimentbeschaffenheit mit diesem übereinstimmende (GAST et al. 1984) »Testfeld im Büsumer Watt«, in welchem THIEL et al. (1984) im Sommer eine Biomasse des Zoobenthos von 47 g AFTG/qm feststellte. Die Biomasse im

»Kronenloch« betrug hingegen nur etwa 5 g AFTG/qm. Es muß also geschlossen werden, daß die Biomasse als Folge der Eindeichung um etwa 90% zurückgegangen ist.

Dies ist auf den ersten Blick erstaunlich, denn die Gehalte des Sedimentes an Chlorophyll und organischem Kohlenstoff liegen etwas über den Vergleichswerten des Wattes und lassen ein reiches Nahrungsangebot für benthische Tiere erwarten. Eine Erklärung ist vor allem darin zu sehen, daß Mollusken und Polychaeten im »Kronenloch« völlig fehlen, während ihr Anteil an der Biomasse im Watt etwa 60% bzw. 30% beträgt (BEUKEMA 1976).

5.7 Ausblick

Nach dem für den Herbst 1985 geplanten Einstau von Seewasser in das »Kronenloch« muß mit einer Umkomposition der Lebensgemeinschaft gerechnet werden. Marine Arten werden sich zunächst im Pelagial etablieren (neben Plankton z. B. Fische u. höhere Krebse). Da die Verbreitung der Wattbodenfauna vor allem über planktische Larven erfolgt, wird die Neubesiedlung des Gewässergrundes langsamer ablaufen. Für die Endofauna kommt erschwerend hinzu, daß große Flächen der litoralen Wasserwechselzone und auch des Sublitorals zur Zeit mit Weidegras und anderen Süßgräsern bestanden sind. Grabende und röhrenbauende Arten können in dicht durchwurzelten Bereichen aber vermutlich nicht, oder nur in geringer Zahl, siedeln. Ob limnobionte Formen wie Chironomidenlarven im »Kronenloch« leben können wird vom Salzgehalt abhängen und ist deshalb schwer abzuschätzen. Im Bereich der Wasserwechselzone wird sich vermutlich eine in der Artenzahl verarmte Wattbiozönose einstellen, weil nur ein Teil der Arten überlange Trockenzeiten überstehen kann (geplant ist ein Tide-rhythmus von etwa einem Tag auflaufendem und, direkt anschließend, drei Tagen ablaufendem Wasser).

Für die Vogelwelt wird die Attraktivität des »Kronenloches« gegenüber dem jetzigen Zustand wahrscheinlich steigen, da sich das Nahrungsangebot wohl erhöhen und wegen des großen Flachwasserbereiches auch gut zugänglich sein wird. Es kann angenommen werden, daß die Vögel wie im Rantumbecken (PETERSEN 1984) den größten Teil der benthischen Fauna konsumieren werden.

6. Zusammenfassung

Von März bis Oktober 1984 wurden Benthos und Plankton eines Brackgewässers (»Kronenloch«, ca. 60 ha) im Speicherkoog Dithmarschen (Meldorfer Bucht, Westküste Schleswig-Holsteins) an drei Probestationen (I–III) untersucht. Dieses Gebiet war 1978 eingedeicht worden und hatte bis 1983 überwiegend Süßwassercharakter. Durch den gesteuerten Zufluß von Nordseewasser soll ab Herbst 1985 eine gedämpfte Tide erzeugt werden und so ein »Salzwasserbiotop« entstehen.

Im Untersuchungszeitraum wies das »Kronenloch« stark schwankende Salzgehalte zwischen 5 und 22‰ auf. Die Sauerstoffverhältnisse waren günstig. Der biochemische Sauerstoffbedarf war meist so hoch, daß der Sauerstoff in den Versuchsflaschen nach 1–2 Tagen aufgezehrt war. Aufgrund hoher Nährstoffgehalte muß das »Kronenloch« als stark eutroph eingestuft werden. Auffallend war der sehr hohe Phosphatgehalt (0,25–3,0 mg/l).

Im Phytoplankton überwogen Flagellaten. Das Zooplankton wurde im wesentlichen durch die calanoiden Copepoden *Eurytemora velox* und im Sommer auch durch *Acartia tonsa* bestimmt. Wie eine Varianzanalyse für beide Arten zeigte, unterschied sich ihr Vorkommen zwischen den drei Probestationen nicht signifikant. An der Station mit den niedrigsten Salzgehalten traten zusätzlich zahlreiche *Cyclops furcifer* und *Daphnia magna* auf. Rotatorien waren an allen Stationen sehr häufig.

In den schlackigen Sedimenten war Sauerstoff nur bis in maximal 5 mm Tiefe vorhanden. In dieser Zone wurden etwa 80% der Meiofauna und 50% der benthischen Algen registriert.

Die Makrofauna bestand fast ausschließlich aus den Larven von *Chironomus salinarius* und *Chironomus halophilus*. Der Meiofauna gehörten folgende Taxa an: Hydrozoa, Turbellaria, Nematoda, Rotatoria, Oligochaeta und Harpacticoidea, wobei die Nematoda die dominierende Tiergruppe stellten. Abundanzen, die deutlich über den aus der Literatur bekannten Werten lagen, wurden für die Oligochaeten *Paranais litoralis* und *Nais elinguis* festgestellt. Die Verteilung der Tiere ergab keine Übereinstimmung mit der Zahl der Algenzellen oder dem Chlorophyllgehalt im Sediment.

Die Gesamtbiomasse des Benthos erreichte nur etwa 5 g AFTG/qm. *Chironomus*larven und *Paranais litoralis* waren dabei die dominierenden Arten. Die Meiofauna hatte an der Gesamtbiomasse einen Anteil von 60–90%.

Die geringe Artenzahl und das Artenspektrum lassen sich durch den Süßwassercharakter erklären, den das »Kronenloch« von 1978–1983 hatte: Die gefundenen Arten sind entweder extrem euryhalin, oder es sind Brackwasserarten mit hohen Vermehrungspotentialen.

Die Nahrungsbeziehungen der Biozönose wurden schematisch in einem Nahrungsnetz zusammengefaßt (Abb. 6). Dieses zeigt sehr kurze, meist 2- bis 3gliedrige Nahrungsketten.

Aus einem Vergleich mit dem Watt der Meldorfer Bucht kann geschlossen werden, daß die Biomasse des Benthos infolge der Eindeichung um 90% zurückgegangen ist. Im Vergleich mit ähnlichen Gebieten (Rantumbecken/Sylt, Margrethen-Koog in Dänemark sowie mit Strandseen der Ostsee) zeigt die Biozönose des »Kronenloches« die größte Übereinstimmung mit den Strandseen der Ostsee, die

keine direkte Verbindung zum Meer besitzen.

Nach dem Einstau von Nordseewasser in das »Kronenloch« (ab Herbst 1985) wird sich vermutlich eine in der Artenzahl verarmte Wattbiozönose etablieren.

Summary

The benthos and the plankton of a brackish-water lagoon (»Kronenloch«, covering an area of about 60 ha in 1984) was investigated at three sampling stations (I–III) from March to October 1984. The »Kronenloch« is a part of the »Speicherkoog Dithmarschen« of the »Meldorfer Bucht«, German Bight. The »Speicherkoog« was originally part of the »Meldorfer Bucht« but was cut off by a dike in 1978. Due to the discharge of three small rivers into the »Speicherkoog« salinity was extremely low (about 0–5‰) in the years 1978–1983. The lake system of the »Speicherkoog« was subdivided into three parts. One of these, the »Kronenloch«, was reconnected by a tube of 2.5 m diameter via the new »Meldorfer Hafen« with the »Meldorfer Bucht«. By this measure a so called »saltwaterbiotope« should be created. It is also planned for 1985 to generate a tidal movement within the »Kronenloch«, controlled by the gates of the »Meldorfer Hafen« and the level of the connecting tube. But unlike to the situation in the »Meldorfer Bucht« only a reduced tidal level (about 20 cm) and a tidal rhythm of at least one day for flooding and of three days for emptying the basin will be created.

During the time of investigation no water from the »Meldorfer Bucht« was discharged into the »Kronenloch«. Therefore salinity was relatively low, but varied considerably depending on the amount of precipitation and the distance to the dike, where North Sea-water penetrated through the sediment layers beneath the dike. Salinity in the basin ranged from 5–22‰. There was always an observed salinity-gradient between station I to III.

The oxygen content of the water was always sufficient. The biochemical oxygen demand exhibited also considerable values. In general all oxygen in the flasks was consumed within 1–2 days. Phosphate (PO₄) contents range from 0.5–3.0 mg/l, which underline the eutrophic character of the »Kronenloch«.

The phytoplankton-community was dominated by flagellates. Zooplankton was mainly formed by calanoid copepods, namely *Eurytemora velox* and additionally during summer by *Acartia tonsa*. An analysis of variance for the two species could not verify a significant difference of their abundance at the three investigated stations. At station III, characterized by the lowest salinity, *Cyclops furcifer* and *Daphnia magna* were abundant. Rotifers also constituted a major fraction of the zooplankton at all stations.

Sediments were characterized by oxygen depletion and H₂S-formation beneath an

oxydized layer of a maximum thickness of 5 mm. In this layer about 80% of the meiofauna and 50% of the microphytobenthos was registered. Meiofauna was clearly dominated by nematodes (44 to 79%). The other taxa found were Hydrozoa, Turbellaria, Rotatoria, Oligochaeta and Harpacticoidea. The oligochaetes *Paranais litoralis* and *Nais elinguis* were of extremely high abundances (maximum of 225 and 85 ind./10 sqcm). These values have not been recorded for a habitat of a comparable structure. Meiofauna occurrence could neither be correlated to the amount of microphytobenthos cells, nor to the chlorophyll content of the sediment.

Macrofauna was nearly exclusively formed by chironomidlarvae of *Chironomus salinarius* and *Chironomus halophilus*.

The total benthic biomass ranged from 1 to 9 ($x = 5$) g/sqm ashfree-dry-weight. Chironomidlarvae and *Paranais litoralis* mainly contributed to this value. The portion of meiobenthos to the total biomass ranged between 60–90%.

The small number of species and the low diversity are referred to the fresh-water face of the »Kronenloch« from 1978 to 1983. The species are either marine and extremely euryhaline or brackish-water ememics with an extremely reproductive potential. The major foodrelations of the biocoenosis (fig. 6) are discussed. The foodweb is mainly composed of short foodchains (2–3 steps).

A comparison between the »Meldorfer Bucht« and the »Kronenloch« revealed a drop of 90% of benthic biomass between the sides. Comparing the »Kronenloch« with other brackish-water basins along the North Sea coast (Rantumbecken/Sylt; saltwaterlake in the Margrethen-Koog/Danmark) as well with lagoons along the western Baltic shores, the biocoenosis of the »Kronenloch« exhibits a better similarity to the Baltic lagoons.

After the reconnection of the »Kronenloch« with the wadden-biocoenosis of the »Meldorfer Bucht« (autumn 1985), the settlement of a impoverished wadden-sea-community is expected.

7. Literatur

- BAKKER, C. (1964): Planktonuntersuchungen in einem holländischen Meeresarm vor und nach der Abdeichung. – Helg. wiss. Meeresunters. 10: 456–472.
- BAKKER, C., W. F. PHAFF, M. v. EWIJK-ROSIER u. N. DE PAUW (1977): Copepod biomass in an estuarine and a stagnant brackish environment of the SW Netherlands. – Hydrobiologica 52 (1): 3–13.
- BEUKEMA, J. J. (1976): Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. – Neth. J. Sea Res. 10: 236–261.
- BEUKEMA, J. J. (1981): Quantitative data on the benthos of the wadden sea proper. – In: DANKERS, N., H. KÜHL u. W. J. WOLFF: Invertebrates of the Wadden Sea; Report 4 of the Wadden Sea Working Group, Leiden.
- BRUNCKHORST, H. (1985): Ökologische Untersuchungen der benthischen Fauna im »Kronenloch«, Speicherkoog Dithmarschen. – Dipl.-Arbeit, Univ. Hamburg.
- BUCHANAN, J. B. u. J. M. KAIN (1971): Measurement of the physical and chemical environment. In: N. A. HOLME u. A. D. MCINTYRE (eds.): Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook No. 16. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh: 30–58.
- BUCHHOLZ, H. A. (1952): Das Brackwasserzoo-plankton der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. – Diss. Univ. Kiel.
- CLAUSSEN, U. (1985): Ökologische Untersuchungen am Plankton und zur Hydrochemie des »Kronenloches«, Speicherkoog Dithmarschen. – Dipl.-Arbeit, Univ. Hamburg.
- DUMONT, H. J., I. van de VELDE u. S. DUMONT (1975): The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. – Oecologia 19: 75–92.
- DYBERN, B. I., H. ACKEFORS u. R. ELMGREN (1976): Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. – The Baltic Marine Biologists Publ. No. 5.
- FAUBEL, A. (1982): Determination of individual meiofauna dry weight values in relation to definite size classes. – Cah. Biol. Mar. 23: 339–345.
- FIGGE, K., R. KÖSTER, H. THIEL u. P. WIELAND (1980): Schlickuntersuchungen im Wattmeer der Deutschen Bucht – Zwischenbericht über ein Forschungsprojekt des KFKI. – Die Küste 35: 187–204.
- GAST, R., R. KÖSTER u. K. H. RUNTE (1984): Die Wattedimente in der nördlichen und mittleren Meldorfer Bucht. – Die Küste 40: 165–258.
- GERLACH, S. A. (1971): On the importance of marine meiofauna for benthos communities. – Oecologia 6: 176–190.
- GIERE, O. u. O. PFANNKUCHE (1982): Biology and ecology of marine Oligochaeta, a review. – Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 20: 173–308.
- HEIP, C. u. N. SMOL (1976): On the importance of Protohydra leuckarti as a predator of meiobenthic populations. – In: PERSOONE, G. u. E. JASPERS (eds.): Proc. 10th Eur. Mar. Biol. Sympos. 2: 285–296.
- HOLM-HANSEN, O., C. J. LORENZEN, R. W. HOLMES u. J. D. H. STRICKLAND (1965): Fluorometric determination of chlorophyll. – J. Cons. Int. Explor. Mer 30: 3–15.
- HULINGS, N. C. u. J. S. GRAY (eds.) (1971): A manual for the study of meiofauna. – Smithsonian Contrib. Zool. 78: 1–83.
- HUTCHINSON, G. E. (1967): A treatise on limnology. Vol. II – Wiley & Sons, New York.
- KELDERMAN, P. (1980): Phosphate budget and sediment-water exchange in Lake Grevelingen (SW Netherlands). – Neth. J. Sea Res. 14 (3/4): 229–236.
- KIEFER, F. (1978): Das Zooplankton der Binnengewässer. – In: Die Binnengewässer Bd. 26/2. Stuttgart.
- MUUS, B. J. (1967): The fauna of Danish estuaries and lagoons. Medd. Danm. Fisk.-Havunders. (N.S.), 5 (1): 1–316.
- NICHOLS, J. A. (1979): A simple technique for separating meiobenthic nematodes from fine-grained sediments. – Trans. Amer. Micros. Soc. 98 (1): 127–130.
- NIENHUIS, P. H. (1978): Lake Grevelingen: A case study of ecosystem changes in a closed estuary. – Hydrobiol. Bull. 12: 246–259.
- OVERBECK, J. (1962): Das Nannoplankton (μ -Algen) der Rügenschens Binnengewässer als Hauptproduzent in Abhängigkeit vom Salzgehalt. – Kieler Meeresforsch. 18, 3. Sonderheft: 157–171.
- PAHNKE, J. (1981): Begleitende Untersuchung der gewässerkundlichen Entwicklung, Benthologie und Planktologie bei der Entwicklung des NSG »Rantumbecken/Sylt« zu einem Salzwasserbiotop. – Gutachten im Auftrag des MELF des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- PETERSEN, W. (1984): Der Bestand im Rantumbecken/Sylt rastender Zugvogelarten vor dem Salzwassereinstau im Juli 1982. – Seevögel 5, Sonderband: 45–55.
- PLATT, H. M. u. R. M. WARWICK (1980): The significance of free-living Nematodes to the littoral ecosystem. – In: PRICE, J. H., D. E. G. IRVINE u. W. F. FARNHAM (eds.): Systematics Association Special Vol. 17 (b): The Shore Environment, Vol. 2: 729–759. London.
- REISE, K. (1979): Forschungsvorhaben zur Bodenfauna im Gebiet der Nordstrander Bucht. – Gutachten des II. Zoologischen Inst. d. Univ. Göttingen.
- REISE, K. u. P. AX (1979): A meiofaunal »Thiobios« limited to the anaerobic sulfide system of marine sand does not exist. – Mar. Biol. 54: 225–237.
- REMANE, A. (1934): Die Brackwasserfauna. – Verh. Deutsch. Zool. Ges. 36: 34–74.
- REMANE, A. (1940): Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. Lief. 34 von: GRIMPE u. WAGLER: Tierwelt der Nord- und Ostsee. Akadem. Verlagges. Leipzig.
- REVSBECH, N. P., J. SØRENSEN, T. H. BLACKBURN u. J. P. LOMHOLT (1980): Distribution of oxygen in marine sediments measured with microelectrodes. – Limnol. Oceanogr. 25 (3): 403–411.
- RUYTER van STEVENINCK, E. de (1978): Begraazing van benthische diatomeen door oligochaeten in het Eems-Dollard estuarium. – Biologisch onderz. Eems-Dollard Est., Publ. en Versl. 5–1978.
- SICK, F. (1931): Die Fauna der Meeresstrandtümpel des Bottsandes (Kieler Bucht). – Arch. Naturgesch. N. F. 2, H. 1: 54–96.
- SOKAL, R. u. J. ROHLF (1973): Introduction to biostatistics. – Freeman & Comp., San Francisco.
- THANE-FENCHEL, A. (1968): Distribution and ecology of nonplanctonic brackish-water Rotifers from scandinavian waters. – Ophelia 5: 273–297.
- THIEL, H., M. GROSSMANN u. H. SPYCHALA (1984): Quantitative Erhebungen über die Makrofauna in einem Testfeld im Büsumer Watt und Abschätzung ihrer Auswirkungen auf den Sedimentverband. – Die Küste 40: 259–314.
- THIENEMANN, A. (1918): Lebensgemeinschaft und Lebensraum. – Naturwiss. Wochenschr. N. F. 17: 282–290 u. 297–303.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – Mitt. int. Ver. Limnol. 9: 1–39.
- WIDBOM, B. (1984): Determination of average individual dry weights and ash-free dry weights in different sieve fractions of marine meiofauna. – Mar. Biol. 84: 101–108.

Anschriften der Verfasser

Dipl.-Biol. Hendrik Brunckhorst
Dipl.-Biol. Ulrich Claussen
Gerichtstr. 21
2000 Hamburg 50

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Seevögel - Zeitschrift des Vereins Jordsand zum Schutz der Seevögel und der Natur e.V.](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [6_SB_1985](#)

Autor(en)/Author(s): Brunckhorst Volker, Claussen Ulrich

Artikel/Article: [Zur Ökologie des neu entstandenen Salzwasserbiotopes »Kronenloch« im Speicherkoog Dithmarschen 102-111](#)